

فرآوری زیستی زباله تر و تولید محصولات سالم

مهدی ضرابی*، زهرا خمسه^۱، بهاره کریمی دونا^۲، سید احمد فیروز آبادی^۳

چکیده

امروزه انباشت و دفع زباله تر خانگی در مناطق شهری و روستایی کشور معضل بزرگی است که باعث آلودگی آب، خاک و هوا، زنجیره غذا و نیز بروز انواع بیماری‌ها می‌شود. این در حالی است که می‌توان با استفاده از روش‌های فرآوری زیستی آن را به مواد با ارزش بیوارگانیک تبدیل نمود که ضمن حفاظت منابع محیط‌زیست باعث درآمدزایی باشد. مقاله حاضر به جوانب مختلف آلودگی‌های ناشی از انباشت و دفع غیراصولی زباله شهری و روستایی در ایران پرداخته و سعی دارد امکان‌پذیر بودن تبدیل زباله‌های تر خانگی به کودهای بیوارگانیک به شیوه زیستی را نشان دهد. این شیوه در دسترس و بسیار کم‌هزینه موجب رفع بحران زباله تر در مناطق روستایی می‌شود. این فرآوری در حقیقت استفاده از قابلیت‌های شگفت‌انگیز کرم‌خاکی و میکروبیوم‌های همزیست است که طی آن پسماندهای فسادپذیر تجزیه شده و انواعی از بهترین کودهای بیوارگانیک را می‌سازند. کاربرد این کودها علاوه بر حل مشکلاتی چون فقر ماده آلی خاک و آلودگی منابع آب و خاک به باقیمانده کودهای شیمیایی، باعث افزایش راندمان آبیاری شده و همچنین به دلیل جایگزینی آنها با کودهای شیمیایی، ظرفیت تولید محصولات سالم و ارگانیک را بالاتر برده که خود باعث افزایش درآمد کشاورزان و نیز کاهش هزینه‌ها در کشور است. آموزش و ترویج این فرآیند حتی در مناطق شهری نیز برای کاهش مخاطرات تولید زباله تر خانگی وجود دارد.

واژگان کلیدی: زباله تر، آلودگی محیط‌زیست، آلودگی زنجیره غذا، کودهای بیوارگانیک، محصولات سالم و ارگانیک

* عهده دار مکاتبات، استادیار، تلفن: ۸۶۰۹۳۰۴۲، نمابر: ۸۸۴۹۷۳۲۴، آدرس الکترونیکی: mzarabi@ut.ac.ir

^۱ استادیار گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون دانشگاه تهران

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مطالعات توسعه، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

^۴ دانشیار گروه مطالعات توسعه، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران

مقدمه

سالانه ۱/۳ میلیارد تن زباله تر در جهان تولید می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ به ۲/۲ میلیارد تن می‌رسد. این نشان‌دهنده افزایش چشمگیر تولید سمرانه زباله از ۱/۲ به ۱/۴۲ کیلوگرم در سال‌های آینده است. اکنون تولید سالانه زباله در کشورهای آفریقایی ۲۶، خاورمیانه و آفریقای شمالی ۶۳، آسیای جنوبی ۷۰، آسیای مرکزی و میانه ۹۳، آمریکای لاتین و کارائیب ۱۶۰، آسیای شرقی و منطقه اقیانوسیه ۲۷۰ و کشورهای OECD (استرالیا، بلژیک، کانادا، شیلی، دانمارک و غیره) ۵۷۲ میلیون تن است [a]. در ایران هر فرد روزانه به‌طور میانگین ۶۰۰ گرم زباله تولید می‌کند [b]. سمرانه تولید زباله تهران ۳۲۰ گرم (در شمال تهران ۱۲۰۰ گرم) و متوسط روزانه آن ۸۵۰۰ تن است [c]. همچنین در ۳۲ هزار روستای کشور روزانه ۱۰ هزار تن زباله تر تولید می‌شود [d]. آمار زباله شهرها و روستاهای گردشگری شمال، نگران‌کننده‌تر است. برای نمونه در روستاهای گیلان روزانه ۶۰۰ تن زباله تولید می‌شود [e].

زباله‌های تر

اگرچه امروزه بازیافت زباله‌های خشک منبع درآمد مدیریت های شهری است، اما زباله‌های تر به دلیل آلوده کردن منابع حیات و زنجیره غذا معضلی بزرگ به شمار می‌آیند. این زباله‌ها شامل زباله تر خانگی، پسماندهای کشاورزی و پسماندهای بیمارستانی هستند. درحالی‌که دو دسته اول بهترین مواد برای کسب ثروت‌اند عملاً به دلیل رها کردن، انباشت و دفن غیراصولی و سوزاندن به معضل تبدیل شده‌اند [۱].

انباشت زباله تر در محیط زیست

انتشار شیرابه زباله مواد معلق و محلول، غلظت بالایی از نمک‌ها و عناصر سنگین خطرناک را در آب و خاک جابجا می‌کند. قدرت فساد شیرابه در محل‌های دفن ۱۰ تا ۲۰ برابر قدرت گنداب است. تولید آب اسیدی از شیرابه و اختلاط آن با آب‌های سالم، آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی را جابجا می‌کند [۲]. فلزات سنگین نظیر سرب از شیرابه به خاک و سپس زنجیره غذا وارد می‌شوند [۳]. این آلاینده‌ها سوخت و ساز گیاه را تغییر داده باعث کاهش محصول می‌شوند [c].

شیرابه زباله تهران (آراد کوه کهریزک) در وسعت ۳۵۰ هزار مترمربع و ۲ متر عمق، حاصل دفن میلیون‌ها تن پسماند طی ۵۰ سال است [f]. علاوه بر شیرابه، انباشت، سوزاندن و رها کردن زباله‌های تر نیز آلودگی مستقیم هوا و تولید گازهای گلخانه‌ای را به دنبال دارد. گازی که دارای دی‌اکسید کربن، متان و ترکیبات فرار آلی است [۳]. تنفس چنین هوایی باعث بروز بیماری‌های کشنده است [۴]. گسترش بیماری‌های تنفسی و خونی ساکنان مجاور مناطق دفن و کارخانه‌های بازیافت یک معضل سنگین اجتماعی و بهداشتی است [f]. فن‌آوری‌های پاک سازی زباله‌های زیستی مانند کمپوست و ورمی کمپوست به‌عنوان یک روش تمیز و پایدار برای مدیریت زباله‌های زیستی به‌حساب می‌آیند. مطالعه لیم و همکاران در سال ۲۰۱۶ بر روی ارزیابی امکان کمپوست و ورمی کمپوست به‌عنوان وسیله‌ای برای بازیافت مواد مغذی از مواد زائد آلی و بازگرداندن آن‌ها به محیط زیست بوده است. این بررسی نشان می‌دهد که کمپوست و ورمی کمپوست قادر به تجزیه انواع مختلف زباله‌های آلی هستند، به‌طوری‌که می‌توان آن‌ها را به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار داد. همچنین نشان می‌دهند که گازهای گلخانه‌ای در طی فرآیند کمپوست و ورمی کمپوست منتشر می‌شوند. باین‌حال، با معرفی هوادهی متناوب، عوامل انباشت و فراوانی کرم‌های خاکی انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد [۵]. این واقعیت که این حجم پسماند عملاً در کشور چگونه مدیریت می‌شود نکته بسیار مهمی است. در حال حاضر پسماندهای تر به دو روش فرآوری صنعتی (در شهرهای بزرگ) و روش‌های دفن و دفع غیراصولی (در مناطق دور و اکثر روستاهایی که امکان حمل به محل جمع‌آوری شهر یا شهرستان نزدیک نیست) مدیریت می‌شوند. فرآوری صنعتی تنها روش مدیریت پسماندهای تر در شهرهای بزرگ است که احداث کارخانه‌های بازیافت و صرف هزینه‌های گزاف از الزامات آن می‌باشد و کمپوست صنعتی تولیدی آنها نیز کیفیت لازم را برای مصرف در کشاورزی و حتی فضای سبز ندارد؛ اما در روستاها و مناطق کوچک‌تر به‌جای روش‌های غیراصولی که در زیر شرح داده شده، می‌توان با توجه به حجم کمتر زباله تر نسبت به شهرها از روش‌های زیستی استفاده کرد.

۱- دفن و یا رهاسازی

در دفن که مرسوم‌ترین شیوه است، پسماندها به‌مرور در داخل گودال‌های طبیعی یا مصنوعی متراکم شده و روی آن با خاک پوشیده می‌شود. البته در بسیاری از مکان‌ها به‌جای دفن، زباله فقط رها می‌شود. برای نمونه به شرایط چند منطقه کشور توجه کنید: دفن یا رهاسازی در مناطق کوهستانی جنگلی، روش سرایشی باعث نابودی جنگل و مناطق پایین‌دست است [۶]. دفن زباله سوادکوه (مازندران) در وسعت ۵ کیلومتر منطقه جنگلی کوهستانی از این دست است [g]. به دلیل محدودیت زمین این منطقه، عملاً عمده زباله در روستاها رها می‌شود [h]. اطراف پارک جنگلی در ساری هم همین وضع را دارد [i]. حمل غیراصولی زباله به این مناطق هم باعث انتشار شیرابه در مسیر است [j]. چهل سال است که زباله رشت و شهرها و روستاهای نزدیک آن به محل دفن در جنگل سراوان منتقل می‌شود. امروزه ۲۰۰۰ تن زباله به این جایگاه حمل می‌شود که ۶۰۰ تا ۷۰۰ تن آن فقط از رشت و حدود ۸۰۰ تن از روستاهای مجاور است [e].

انباشت زباله در سراوان باعث آلودگی هوا، نشست شیرابه به آب‌های زیرزمینی و انتشار آن در خاک و خشک شدن درختان جنگلی شده است [k]. در شهرستان‌ها و روستاهای دورتر که فاقد طرح جانمایی محل دفن هستند، روزانه فقط سه هزار تن زباله در جنگل‌ها انباشته می‌شود که در ازای هر یک هکتار جنگل پر زباله، ۲۰ هکتار اراضی پایین‌دست نیز نابود می‌گردد [j]. بخش زیادی از این زباله‌ها در کنار رودخانه‌ها و حاشیه ساحل انباشته می‌شوند. گزارش نشست شیرابه سراوان به آب‌های زیرزمینی که باعث آلودگی رودخانه‌های سیاهرود، گوهر رود و زرجوب شده و پیامد آن تالاب انزلی و دریای خزر را آلوده کرده تکان دهنده است [k].

در مناطق دشت و بیابان هم وضع خوب نیست. روزانه ۳۲۰ تن زباله کاشان و آران و بیدگل در بیش از ۱۶۰ هکتار (چاله زباله ابوزیدآباد) غیراصولی دفع می‌شود. حجم بالای انباشت و چشم‌انداز زنده آن مانع توسعه و ورود سرمایه‌گذاری در منطقه شده است. همچنین به دلیل آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی در این محدوده، آب شرب شهرستان‌های مجاور آلوده شده است. از طرفی این انباشت در نزدیکی زیستگاه جبیر و گربه‌سانان

نادری همچون یوزپلنگ آسیایی و کاراکال، زیست این گونه‌ها را هم متأثر کرده است [l]. اوضاع استان‌های غربی نیز دردآور است. کردستان سال‌هاست معضل جایگاه دفع زباله را دارد. در سنجندج روزانه ۱۸۰ تن پسماند تر پس از ارسال به کارخانه بازیافت، تفکیک شده و به میزان ۸۵ تن آن بازیافت و بقیه به جایگاه دفع (به مساحت بیش از ۳۰ هکتار در روستای کیلک) منتقل می‌شود [d]. در استان‌های نظیر سیستان و بلوچستان، همه نوع پسماند به صورت نادرست دفن یا رها می‌گردند که در اکثر شهرها و روستاها با توجه به وزش باد در بیشتر اوقات، باعث مشکلات زیست‌محیطی و بروز بیماری‌های حاد شده است [m].

۲- سوزاندن

این روش که عموماً برای مقادیر کم زباله استفاده می‌شود، با وجود دستگاه‌های زباله‌سوز به روشی صنعتی برای دفع زباله شهری و خصوصاً زباله‌های بیمارستانی تبدیل شده که البته بسیار حساس و گران‌قیمت است [۶]. کار این دستگاه‌ها در کهریزک تهران که ساخت کشور چین است به دلیل نداشتن حتی استانداردهای قدیمی (سال ۲۰۰۶) مسائل زیست‌محیطی بسیاری را به وجود آورده و این در حالی است که شرکت‌های سازنده زباله‌سوز دنیا از استانداردهای روز برخوردارند [j]. در منطقه سراوان نیز بهره‌برداری از زباله‌سوز باعث انتشار بوی نامطبوع، کاهش سطح زندگی و بروز بیماری‌های خطرناک ساکنین شده است [k].

اثرات انباشت زباله تر بر سلامت انسان

دفن، رهاسازی و سوزاندن زباله تر، باعث بروز و گسترش بیماری‌های حاد در انسان به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم با ورود آلاینده‌های آن به زنجیره غذا می‌شود. هر ساله بیش از ۵ میلیون نفر در کشورهای جهان سوم، به دلیل بیماری‌های مرتبط با جمع‌آوری نامناسب زباله می‌میرند [۶]. هر ساله در هند ۱/۵ میلیون کودک با بیماری‌های ناشی از آب‌های آلوده به زباله می‌میرند [۴]. محققان همچنین در آب‌های آشامیدنی آلوده به شیرابه، مواد بسیار سمی و ماندگار مانند فلزات سنگین،

POPs (مثلاً PAHs و PCBs) و حتی آلاینده های نوظهور با سمیت ژنتیکی، سمیت تولیدمثلی (ناباروری) و سقط دهنده جنین در برخی داروها، محصولات مراقبت شخصی و نانو ذرات یافته‌اند [۷].

تنفس دود حاصل از سوختن زباله و یا بوی دستگاه‌های بازیافت صنعتی که حاوی دی اکسین‌ها هستند، باعث تحریک اعصاب، حساسیت سیستم تنفسی، تضعیف دستگاه ایمنی بدن و شیوع بالای سرطان خصوصاً در ساکنان مجاور مکان‌های دفن یا کارخانه‌های بازیافت و زباله سوزها می‌شود. بر اساس مطالعات حتی مقادیر بسیار کمی از دی اکسین می‌تواند اثرات نامطلوبی بر تولیدمثل، کبد، سیستم دفاعی بدن و فرایند رشد داشته باشد. ترکیبات کلرینه نیز سبب ناراحتی پوستی شدید، اختلال در توانایی جنسی و جهش های ژنتیکی می‌گردند. بسیاری از ترکیبات سمی مثل جیوه، سرب و دی اکسین‌ها می‌توانند در بافت‌های بدن جمع شده و تا ده‌ها سال مشکلات ایمنی و بهداشتی ایجاد کنند [۶،۸]. برای نمونه گاز خروجی زباله سوز کهریزک تهران دارای سرب است که از باطری‌های دورریز وارد دستگاه زباله‌سوز می‌شود [۹] و موجب بیماری‌های پوستی و تنفسی می‌شود [f].

زباله می‌تواند محصولات کشاورزی را نیز آلوده نموده و بر سلامت ما اثر بگذارد. دود حاصل از زباله پس از تماس با خاک و گیاه، جذب پیکره گیاه می‌شود که پیامد آن انسان، دام و آبزیان را در معرض آلودگی قرار می‌دهد [۶]. همچنین مواد سمی شیرابه از خاک یا آب، وارد گیاهانی می‌شوند که مورد تغذیه انسان و دام‌ها هستند. حتی گاز متان حاصل از تخمیر شیرابه با حل شدن در آب وارد محصولات کشاورزی شده و آن‌ها را آلوده می‌کند [۹]. فلزات سنگین شیرابه مستقیماً یا با ورود به بدن باکتری‌های خاک، جذب گیاهان شده و سپس وارد چرخه غذایی می‌شوند. دام‌هایی که مستقیماً زباله می‌خورند و یا در زمین‌هایی چرا می‌کنند که علوفه آنها با آب‌های آلوده رشد کرده و یا با چنین علوفه‌ای در دامپروری‌ها تغذیه می‌شوند، به انواع بیماری‌هایی مبتلا می‌شوند که این

بیماری‌ها با مصرف گوشت و لبنیات آن‌ها به انسان منتقل می‌شود [۶].

تبدیل تهدید به ثروت

زباله تر "طلای سیاه" نامیده می‌شود، چون با فرآوری زیستی قابل تبدیل به ثروت است. تبدیل بدی‌ها به خوبی‌ها (يُبَدِّلُ اللَّهُ سَيِّئَاتِهِمْ حَسَنَاتٍ، خداوند بدی‌های ایشان را به نیکی‌ها تبدیل می‌نماید، سوره فرقان آیه ۷۰) از دستورات دینی است. پس هر اقدامی برای کاهش این تهدید و یافتن ثروت بسیار مادی و معنوی خدا پسندانه است. درحالی‌که دفع زباله تر شهرها هنوز یک معضل است، انباشت حدود ۵۰ هزار تن زباله روستایی [e] و ۶ برابر شدن سرانه زباله در روستاهای گردشگری عملاً یک تهدید بزرگ است [d]. درحالی‌که راه‌حل در دسترس "فرآوری زیستی زباله تر" با تولید مواد بیو ارگانیک از آن بسیار ثروت ساز است. در واقع به‌جای مشکل پیچیده تفکیک و جمع‌آوری در روستاها، می‌توان با تغییر فرهنگ مصرف‌گرایی و آموزش شیوه فرآوری زیستی به زنان روستایی، مشکل پسماند روستایی را حل کرده و منابع درآمد نیز ایجاد نمود [۱۰،۱۱].

امروزه پس از تغییر مدیریت روستا از "کدخدایی" به "دهیاری‌ها"، ساماندهی مشکل زباله از مهم‌ترین وظایف دهیاری‌ها است؛ اما این وظیفه تنها به جمع‌آوری، دفع غیراصولی و نهایتاً انتقال به جایگاه‌های استانی خلاصه می‌شود. در صورت آموزش روستاییان، فرآوری زیستی به‌آسانی در هر خانه امکان‌پذیر بوده و نه تنها نیازی به جمع‌آوری، حمل و دفع زباله نیست، بلکه تولید مواد بیوارگانیک از زباله و در نتیجه تولید محصولات ارگانیک و توسعه گردشگری ارگانیک درآمد سرشاری برای روستاییان و کشور دارد [۱۱،۱۲].

دفع زباله‌های جامد آلی شهری یک مشکل جدی در سراسر جهان است. کمپوست، به دلیل درصد بالای مواد آلی در ترکیب زباله، یکی از بهترین روش‌های ترجیحی برای مدیریت زباله‌های جامد است. کمپوست به علت کمتر بودن هزینه‌های عملیاتی، آلودگی محیط‌زیستی کمتر، استفاده مفید از محصول

¹ persistent organic pollutants

² polycyclic aromatic hydrocarbons

³ polychlorinated biphenyls

نهایی، رطوبت بالا و محتوای آلی زباله‌های خانگی، مزایایی را نسبت به دفن کردن در زمین و سوزاندن دارد. ورمی کمپوست یک روش نسبتاً پیشرفته در کمپوست است و شامل تثبیت زباله‌های جامد آلی از طریق تغذیه کرم خاکی است [۱۳].

فرآوری زیستی زباله تر تا تولیدات با ارزش زیستی و ارگانیک

این فرآوری در حقیقت استفاده از قابلیت‌های شگفت‌انگیز میکروارگانیسم‌ها، حشرات خاکزی و کرم خاکی (کرم قرمز بارانی) است که طی آن پسماندهای فسادپذیر تجزیه شده و انواعی از بهترین کودهای بیوارگانیک را می‌سازند. این کودها در دو گروه اصلی بیوکمپوست^۱ و ورمی کمپوست^۲ قرار می‌گیرند که بهترین مواد مغذی گیاهان هستند. تولید و مصرف این کودها عملاً مشکلات بزرگ کشاورزی و محیط‌زیست کشور مانند فقر ماده آلی خاک، خطر آلاینده‌های آب‌و‌خاک و نیز کمبود آب‌های کشاورزی را حل می‌کنند [۱۴]. همچنین جایگزینی آن‌ها با کودهای شیمیایی، به معنی بالا بردن ظرفیت تولید محصولات سالم و ارگانیک و در واقع افزایش درآمد کشاورزان و نیز کاهش هزینه ابتلا به بیماری‌ها در کشور است. در بهترین شکل برای افزایش کارایی روند فرآوری زیستی از فناوری پرورش کرم خاکی^۳ استفاده می‌شود. این فناوری با روش‌های متنوع ولی بسیار دقیق عموماً در دنیا با نگهداری و پرورش گونه‌ی *Eisenia fetida* انجام می‌شود. حضور فلور میکروبی قدرتمند برای تجزیه انواع مواد آلی در دستگاه گوارش کرم عملاً قوی‌ترین بیوراکتور تجزیه پسماندهای فسادپذیر را شکل می‌دهد. ورمی کمپوست، یعنی مدفوع این کرم، به‌عنوان یک مکمل زیست‌محیطی سالم و غنی، حاوی هورمون‌ها، آنزیم‌ها و جمعیت میکروبی مفیدی است که با افزودن به خاک باعث رشد بهتر گیاه و اصلاح آن می‌شود [۱۵].

از ورمی کمپوست پایه، می‌توان کودهای بیوارگانیک با ارزش تری نظیر ورمی‌واش^۴ و چای کمپوست^۵ که مایع هستند، تولید کرد [۱۶]. علاوه بر اینها با انجام فرآیندهای

تخمیری و غنی‌سازی میکروبی بر روی ورمی پایه می‌توان انواع "کودهای کامل بیولوژیک" ویژه محصولات ارگانیک را که ارزش افزوده بیشتری دارند نیز تولید کرد [۱۷]. استفاده از ورمی کمپوست ضایعات جامد شهری (MSW)^۶ که غنی از مواد مغذی گیاهی و عاری از ارگانیه‌سم‌های بیماری‌زا است به دلیل کاهش مصرف کودهای شیمیایی به رشد اقتصاد کشورها کمک می‌کند [۱۸]. ورمی کمپوست به‌طور قابل توجهی باعث افزایش تنوع جوامع باکتریایی و قارچی نیز می‌شود [۱۹]. مطالعه هانس و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان داده که فرایند ورمی کمپوست قادر به کاهش وزن و حجم مواد اولیه پسماند به ترتیب به مقدار ۶۵ درصد و ۸۵ درصد است [۲۰]. اختلاط و فرآوری چنین کودهایی با برخی مواد آلی و طبیعی، به‌نوبه خود تولید محصولات با ارزش دیگری به نام "بسترهای کشت"^۷ را امکان‌پذیر می‌کند. بستر BAGA (بستر آماده گیاهان ارگانیک) یک محصول فناورانه داخلی از این گروه است [۲۱]. همچنین در فرآوری زیستی با فناوری کرم، تنها دو محصول اصلی توده بدن کرم و مدفوع آن به‌دست نمی‌آید، بلکه از بدن کرم و ترشحات داخل بستر پرورش آن محصولات با فناوری بالای با ارزش تری نیز قابل تولید است که انواع آفت‌کش‌های طبیعی جایگزین سموم خطرناک شیمیایی، ترکیبات پایه دارویی، مواد پایه لوازم آرایشی بهداشتی طبیعی و پروتئین پایه خوراکی (انسان و حیوانات) از آن جمله‌اند [۲۲].

تولید محصولات سالم و ارگانیک

همان‌گونه که بحث شد، فرآوری زیستی زباله تر محصولات با ارزشی تولید می‌کند که به‌خودی‌خود ثروت سازند؛ اما اگر روستاییان کود پایه ارگانیک، کودهای بیوارگانیک و یا مواد ضد آفات تولیدی از این فرآیند را خود در مزارع و باغات مصرف کنند، به محصولات سالم و ارگانیک دست می‌یابند [۲۳، ۲۴]. محصولات ارگانیک هم ارزش غذایی بیشتری داشته و هم به دلیل نداشتن باقیمانده مواد شیمیایی خطرناک، سالم بوده و ارزش تجاری بیشتری هم دارند؛ اما تولید محصولات ارگانیک در روستاها می‌تواند به گردشگری ارگانیک بیانجامد. یعنی اگر

¹ Bio-compost

² Vermi-compost

³ Vermitechnology

⁴ Vermi wash

⁵ Tea compost

⁶ Municipal Solid Waste

⁷ Growth Media

زباله‌های تر با فرآوری زیستی در روستاها به کودهای پایه بیوارگانیک و محصولات جانبی قابل استفاده در کشاورزی ارگانیک تبدیل شوند، علاوه بر حفظ جلوه‌های بصری طبیعی روستا، تولید انواع محصولات ارگانیک زمینه گردشگری ارگانیک را نیز فراهم می‌کند که این فرصت ابزار مهمی برای توسعه پایدار روستاها خصوصاً در مناطق بکر طبیعی است [۲۵].

خوشبختانه تجارب ارزشمندی در فرآوری زیستی زباله تر روستایی با فناوری کرم‌در کشتور وجود دارد. از جمله طرح‌های کاربردی در روستاهای حمیدیه خوزستان، پاکدشت تهران، قره قباد قزوین و شیخ محله گیلان با عنوان "توانمندسازی زنان روستایی جهت فرآوری زیستی زباله‌های تر با استفاده از فناوری کرم زباله‌خوار به منظور تولید کود پایه بیوارگانیک و محصولات ارگانیک" توسط نگارنده اول انجام شده است. این گونه طرح‌ها بر اساس الگوهای توسعه روستایی با استفاده از شیوه مشارکتی زنان روستایی و اصل آموزش و ترویج به روش TOT^۲ (آموزش آموزش‌دهندگان) چرخه فرآوری زیستی زباله‌های تر تا ایجاد فضای کسب و کار ارگانیک انجام می‌شود [۲۶]. در این روش توده کرم خالص مولد گونه *Eisenia fetida* در اختیار افراد قرار داده شده و آنان آموزش‌های لازم شیوه‌های پرورش و برداشت کودهای پایه را دریافت می‌نمایند. پس از برداشت کود نیز چگونگی کاربرد آن‌ها و جایگزینی کودهای شیمیایی برای تولید محصولات سالم را می‌آموزند.

در شرایطی که در هر خانه روستایی امکان استقرار یک جعبه تا ساخت یک کرت (باغچه) کوچک برای پرورش کرم‌ها وجود دارد پس افراد می‌توانند انواع زباله تر خانگی را روزانه به این ظروف و کرت‌ها اضافه کرده و با مراقبت از کرم‌ها امکان فرآوری سریع مواد پسماند را فراهم نمایند. این کار عملاً باعث توقف انباشت، پراکندگی و دفع غیراصولی زباله‌ها در اطراف روستاها شده و یا مانع صرف هزینه گزاف انتقال و فرآوری صنعتی زباله‌های تر خواهد شد. ضمن آنکه کارآفرینی ساده و مؤثری است که طی آن علاوه بر امکان فروش کود تولیدی،

محصولات سالم در الگوهای کوچک تا بزرگ قابل تولید و فروش خواهند بود.

از سوی دیگر افزودن این کودها به خاک در مدیریت کشاورزی ارگانیک درست برعکس تأثیر کودهای شیمیایی که باعث سختی و به هم ریختگی بافت خاک می‌شوند عمل می‌کند و باعث افزایش میزان ماده آلی مفید خاک و اصلاح بافت خاک می‌شود. متأسفانه در ایران غالب مناطق خاک‌های بسیار ضعیفی از بابت مواد آلی داشته غیر حاصلخیز یا کم‌حاصل‌اند که به این ترتیب و با کمترین هزینه می‌توان آن‌ها را بهبود بخشید. همچنین خصوصیت سفنجی ساختمان کودهای بیوارگانیک جامد می‌تواند آب را به خوبی برای طولانی مدت در خود نگه دارد و به همین دلیل باعث افزایش ذخیره آب و حفظ رطوبت خاک می‌شود که به نوبه خود به معنی صرفه‌جویی در آبیاری و بهره‌وری راندمان نهایی محصول با حداقل مصرف آب است. این خصوصیت مهم در شرایط کنونی کشور به لحاظ غلبه خشک سالی‌ها نیز کاملاً نجات‌بخش کشاورزی کشور است [۲۲]. تجارب شخصی نگارنده اول از اجرای طرح‌های یادشده، رفته‌رفته ایده اجرای فرآوری زیستی در الگوهای کوچک خانگی در فضاهای اندک منازل شهری را هم تقویت کرد و خوشبختانه این کار نیز اگر به حداقل فضاهای بالکن، انباری، پارکینگ، حیاط‌ها و حتی سقف آپارتمان‌ها توجه شود کاملاً می‌تواند عملی شده و حداقل حجم قابل تأملی از جمع‌آوری و انتقال زباله تر و مشکلات تولید شیرابه و گازهای مسموم حاصل از انباشت را در شهرها و حتی کلان‌شهرها بکاهد. اگر تنها در شهر تهران یک میلیون خانوار بتوانند در روز حداقل ۱۰۰ گرم زباله خود را در منزل فرآوری نمایند این به معنی حذف جمع‌آوری و انتقال و انباشت ۱۰۰ تن زباله تر روزانه است. در حالی که طی آن حداقل ۵۰ تن کود بیوارگانیک برای پرورش گیاهان آپارتمانی و یا سبزیجات خانگی سالم نیز به دست می‌آید. البته غالب مردم گمان می‌کنند که این کار باعث انتشار بوی زننده و تجمع حشرات است اما به دلیل ماهیت کرم‌ها که ترشحاتی را در حین خوردن زباله‌ها به جا می‌گذارند که باعث دور شدن حشرات موزی است، عملاً ظروف پرورش فقط بوی خاک نم‌زده می‌دهند. طبیعتاً چنانچه این فناوری در

¹ Vermitechnology

² Training of Trainers

[7]. Xu, Y., Xue, X., Dong, L., Nai, C., Liu, Y., & Huang, Q. (2018). Long-term dynamics of leachate production, leakage from hazardous waste landfill sites and the impact on groundwater quality and human health. *Waste Management*, 82, 156-166.

[8]. Mahdeloei, S., Pournasrkhaz, P., Heidari, A. (2012). Soil Pollution Control Management Techniques and Methods, *Journal of Scholars Research Library*, 3 (7), 3101-3109.

[9]. سروش، سیما. (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف‌گرایی روستائیان مطالعه سه روستا: کوشک هزار، نقندر و تنگسرخ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه تهران

[۱۰]. اکبرزاده، عباس و طلا، حسین و منشوری، محمد و بشیری، سعید. (۱۳۸۸). بررسی وضعیت مدیریت پسماندهای روستایی در روستاهای شهر تهران، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ص ۲-۳

[۱۱]. ضرابی، مهدی و فیروزآبادی، سیداحمد و خمسه، زهرا. (۱۳۹۱). مدیریت آلاینده های آلی محیط زیست بر مبنای فرآوری پسماندها در جوامع روستایی، فصلنامه مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، سال دوم شماره چهار زمستان ۹۱ ص ۶۹-۷۳.

[12]. Ahuja, M.K. (2016). Organic Food-Way ahead for Healthy Life and a Smarter Choice, *Journal of Business and Management*, 19(9), 46 – 51.

[13]. Mohee, Romeela, and Nuhaa Soobhany. "Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: Past and present." *Resources, Conservation and Recycling* 92 (2014): 206-213.

[14]. Biernbaum, J.A., Fogiel, A. (2006). Compost Production and Use, *Journal of Michigan State University*, 7(3), 1-11.

[15]. Gajalakshmi, S., Abbasi, S.A. (2003). Earthworms and vermicomposting, *Indian Journal of Biotechnology*, 3, 486-494.

[16]. Ajzen, I. (2002). Perceived behavioral control, self-efficacy, locus of control and the theory of plant behavior, *Journal of Applied Science Psychology*, 32 (4), 20-27.

[17]. Sedaghatbaf, R., Samih, M.A., Zohdi, H., Zarabi, M. (2017). Vermicompost of Different Origins Protect Tomato Plants Against the Sweet potato Whitefly, *Journal of Economic Entomology*, 111(1), 146-153.

[18]. Singh, R. P., Singh, P., Araujo, A. S., Ibrahim, M. H., & Sulaiman, O. (2011). Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(7), 719-729.

[10]. Huang, K., Li, F., Wei, Y., Chen, X., & Fu, X. (2013). Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*, 150, 235-241.

[20]. Hanc, A., & Chadimova, Z. (2014). Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology*, 168, 240-244.

می‌شود می‌توان ظروف پرورش را بسیار شکیل و عملاً به صورت بسته‌بندی طراحی نمود.

(به استحضار می‌رساند این مقاله کل یا بخشی از آن در جایی به چاپ نرسیده است.)

وبگاه‌های مرور شده در این مقاله:

[a]. <http://www.worldbank.org>

[b]. <http://www.asiran.com>

[c]. <http://www.atlas.tehran.ir>

[d]. <http://www.mehrnews.com>

[e]. <http://www.isna.ir>

[f]. <http://www.jambaran.ir>

[g]. <http://www.yic.ir>

[h]. <http://www.farsnews.com>

[i]. <http://www.iribnews.ir/fa/services/37/277>

[j]. <http://www.irna.ir>

[k]. <http://www.qudsonline.ir>

[l]. <http://www.mokhbernews.ir>

[m]. <http://www.tasnimnews.com>

[n]. <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentidonly=true&contentid=organic-agriculture.html>.

منابع و مؤاخذ

[۱]. ابراهیمی، اصغر و پور علاقه بندان، حمیدرضا و خزائلی، شهاب و شهسواری، علی و صالحی، اعظم، ۱۳۸۷، اولین مرجع کامل مدیریت کیفیت تولید کود آلی، تهران، انتشارات موسسه علمی دانش پژوهان برین، ص ۳-۵ و ۹-۲۰ و ۲۹-۳۰

[2]. Karim, S., Chaudhry, M.N., Ahmed, K., Batool, A. (2010). Impact of Solid Waste Leachate on Ground water and Surface Water Quality, *J. Chem. Soc. Pak.*, 32 (5), 606-612.

[3]. Hong-gui, D., Teng-feng, G., Ming-hui, L., Xu, D. (2012). Comprehensive Assessment Model on Heavy Metal Pollution in Soil, *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 5286-5296.

[4]. Murty, M.N., Kumar, S. (2011). Water Pollution in India an Economic Appraisal, *India Infrastructure Report*, 285-298

[5]. Lim, S. L., Lee, L. H., & Wu, T. Y. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111, 262-278.

[6]. Kimani, N.G. (2007). Environmental Pollution and Impacts on Public Health: Implications of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi, Kenya, report summery, UNEP

- [25]. Ugurlu, K. (2014). Organic tourism as a tool to raise healthy tourism destinations: an investigation in Turkey, *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 8(4), 69–76.
- [26]. Zarabi, M., Firouzabadi A., Khamseh, Z. (2013). Environmental protection based on organic waste materials management by rural women's community empowerment, 3rd International Conference on Environmental Protection and Remediation (ICEPR), Canada, Paper No. 61 (1-6)
- [27]. ضرابی، مهدی. ۱۳۸۸. ثبت اختراع بستر آماده گیاه ارگانیک با نام باگا BAGA، به شماره ۶۱۱۱۷، سازمان ثبت اسناد و املاک کشور، اداره ثبت اختراعات، ۷۴۰۴.
- [28]. ضرابی، مهدی و جعفری فرجام، سیده نازیلا و حاتمیان زارمی، اشرف السادات. (۱۳۹۶) کرم خاکی، کرم پالایی و سایر فناوری‌ها. سال هشتم شماره اول. دیماه ۹۶ ص ۴۰-۵۰.
- [23]. Voon J.P., Sing, N.K., Agrawal, A. (2011). Determinations of Willingness to purchase organic food: an exploratory study using structural equation modeling, *International Food and Agribusiness Management review*, 14 (2), 114-120.
- [24]. Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G.B., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: A systematic literature review and meta-analyses. *Br. J. Nutr.*, 14 (5), 794–811.