

مخاطرات ناشی از تولید کمپوست مخلوط از پسماندهای شهری و نقش آن در آلودگی خاک

علی اصغر نجف پور^۱، محمد پذیرا^۲، رمضانعلی شورابی^۳

۱- دکتری مهندسی بهداشت محیط، استادیار گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تلفن: ۰۹۱۵۳۰۱۶۷۴۳ Najafpoor@mums.ac.ir

۲- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کارشناس خدمات شهری شهرداری مشهد

۳- مدیر برنامه ریزی و نظارت بر امور خدمات شهری شهرداری مشهد

چکیده:

در سرتاسر تاریخچه زندگی بشر به نظر می رسد که بین امراض و مواد زاید جامد رابطه ای وجود داشته است. از زمانی که بشر برای تهیه غذای مورد نیاز خود تلاش کرده است از مواد جامد به عنوان کود برای محصولات کشاورزی استفاده نموده است. کمپوست از کلمه لاتین **compositus** گرفته شده که به معنای مرکب یا مخلوط و گاهی در فارسی به کود آمیخته مشهور است. (۱) در طی فرایند کمپوست کردن بر اثر فعالیت میکروارگانیسمها مواد آلی تجزیه شده و گرما تولید می شود. گرمای تولید شده قادر است تا عوامل بیماریزا نظیر باکتریها، ویروسها و تخم انگلها را نابود کند. هم اکنون در بسیاری از کشورهای جهان، کمپوست با در نظر گرفتن شرایط عملی و مسائل زیست محیطی و بهداشت محیطی، جنبه های اقتصادی، میزان و کیفیت زباله بطرق مختلف صنعتی و غیر صنعتی تهیه می گردد بطوریکه در سالهای اخیر صنعت تولید کمپوست در جهان بسیار گسترده و پیشرفته شده است. وجود سموم آلی و معدنی، پس ما ند های پزشکی و صنعتی. اندازه ذرات. وجود سنگریزها. شیشه. پلاستیک غلظت بالای فلزات سنگین از مهمترین معایب تولید کمپوست مخلوط در مقایسه با بیو کمپوست و یا ورمی کمپوست میباشد.

روش مطالعه:

در این مقاله با بررسی مقالات مختلف نویسندگان داخلی و خارجی و مراجعه به کتب لاتین و سایت های EPA و WHO و غیره اقدام به جمع آوری اطلاعات گردید.

بحث و نتیجه گیری:

تولید کمپوست مخلوط حاصل از زباله های شهری در سالهای اخیر در ایران با احداث کارخانه های تولید کمپوست با صرف هزینه های گزاف بالغ بر میلیاردها تومان رونق یافته است، عدم آشنایی با بهره برداری، مشکلات ناشی از جمع آوری سنتی پسماندها و ناآشنایی با ترکیب زباله شهری باعث گردیده است. کنترل حرارت و بو. موارد ایمنی و حفظ سلامت کارکنان و نیز برنامه و روشهای نمونه برداری و آزمایش از یک سو و محاسبه جنبه های اقتصادی آن در مناطق مختلف کشور از جمله مواردی است که می بایستی به وضوح و طبق یک برنامه ضربتی در توسعه، ایجاد و یا کارائی صنایع کمپوست موجود مورد توجه قرار گیرد. با توجه به تنوع جمعیت های مصرف کننده کمپوست - از کشاورز استفاده کننده از کود تا فرد مصرف کننده محصولات گیاهی که با کمپوست رشد کرده اند - و خطرات بالقوه آلاینده های موجود در آن که سلامت انسان را به خطر می اندازد لازم است تا خطرات ناشی از مصرف کمپوست مخلوط زباله های شهری بر روی سلامت عمومی جامعه و محیط زیست بررسی شود.

کلمات کلیدی: کمپوست مخلوط، آلودگی، پسماند

مقدمه :

با افزایش تقاضا برای غذا، که در نتیجه افزایش جمعیت و کاهش قدرت حاصلخیزی خاک را به وجود می‌آورد، اهمیت استفاده از مواد زاید جامد به عنوان کود برای برداشت محصول بیش از پیش مشهود بوده است. در کشور ما بهره‌گیری از کود آلی در مصارف کشاورزی به شیوه‌ای سنتی از طریق دفن برگ و خاشاک باغها و مزارع درون زمین، از پیشینه‌ای کهن برخوردار است. (۷)

مصرف سموم شیمیایی در کشاورزی و تهدیدات پنهان زیست محیطی، اقتصادی و بهداشتی آن در کشور ما یکی از اثرات پنهان استفاده از کودهای شیمیایی میباشد. کودهای شیمیایی از دهه ۱۸۳۰ پا به عرصه جهان گذاشته‌اند و در ایران نیز از سال ۱۳۲۵ این موضوع مورد توجه قرار گرفت که بر اساس گزارشات در حال حاضر ۴ میلیون تن کود شیمیایی در کشور مصرف می‌شود.

مواد زائد جامد یکی از آلاینده‌های مهم زیست محیطی می‌باشند. مشخصات زباله‌های شهری در ایران نشان می‌دهد که بیش از ۷۰ درصد از زائدات را مواد فساد پذیر تشکیل می‌دهد. کمپوست کردن زائدات آلی یکی از مناسبترین روشهای دفع زباله‌ها در کشور ما به شمار می‌رود. (۷۶)

تهیه کمپوست از مواد آلی سابقه بسیار طولانی دارد و با توجه به شرایط جوی، مقدار و نوع زباله‌ها و ... به روشهای مختلف سنتی، تهیه و در امر کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. (۱۰) در تهیه کمپوست چینی‌ها از جمله مللی بودند که ۴۰۰۰ سال قبل از مواد زاید گیاهی و انسانی کود مناسبی تهیه کرده و برای حاصلخیزی خاک مورد استفاده قرار داده‌اند. (۱۳)

شیوه‌های مختلف تولید کمپوست با بهره‌گیری از تجهیزات و ماشین‌آلات پیشرفته به همراه کنترل فرآیند، باران‌دماهای بالا و ظرفیت‌های قابل توجه در کشورهای اروپایی و آمریکایی و سایر نقاط جهان به سرعت در حال توسعه می‌باشد. تا دهه ۱۹۳۰ تهیه کمپوست از زباله به صورت گسترده متداول نبود. در این سالها کمپوست خانگی رواج پیدا کرد. (۸۶)

در کشور ما نیز سابقه استفاده از زباله‌های شهری جهت تهیه کود به سال ۱۳۴۸ هجری شمسی در شهر اصفهان باز می‌گردد. در این سال شهرداری اصفهان بر اساس قراردادی که با بخش خصوصی منعقد نمود موجبات تأسیس کارخانه‌ای با ظرفیت دریافت ۲۲۰ تن زباله در یک شیفت روزانه را فراهم کرد. (۷) در سال ۱۳۵۱ دومین کارخانه کمپوست با ظرفیت

۵۰۰ تن زباله در یک شیفت در جنوب شهر تهران (منطقه صالح آباد) با سیستمی بسیار پیچیده و مدرن احداث گردید. البته این کارخانه طی قراردادی با کمپانی نیوسویل ۱ انگلستان احداث شد. (۶) سیستم کارخانه کمپوست تهران از نوع راکتوری است که عمل تجزیه و تثبیت مواد آلی در یک سری راکتور انجام می شود. یکی از معایب اساسی سیستم های راکتوری - علت عدم کار آیی آن در ایران - عدم کار آیی آنها برای زباله هایی با رطوبت بالا است. (۵)

در سال ۱۳۶۸ کارخانه جدید کمپوست اصفهان با ظرفیت ۵۰۰ تن در روز آماده بهره برداری گردید که فرآیند مورد استفاده در این کارخانه به روش غیر راکتوری ویندور یا کپه پشته ای می باشد. این کارخانه در سال ۱۳۶۱ توسط شرکت بولر سوئسی طراحی شد. (۶ و ۱۵)

کارخانه کمپوست اصفهان به نوعی صنعتی ترین واحد کمپوست در ایران است از ویژگیهای این کارخانه کامل بودن مرحله پیش فرآیند و مرحله پس فرآیند است. استفاده از ماشینهای ویندور برای زیرو رو کردن و هوادهی توده های کمپوست به جای لودرهای معمولی تاثیر زیادی در سرعت تجزیه مواد دارد و هوازی بودن فرآیند در سیستم را تضمین می کند. (۲۱ و ۷)

در سال ۱۳۶۰ در شهر همدان با همکاری شهرداری و دانشگاه بوعلی اقدام به تهیه کمپوست از فضولات کشتارگاه ها ، برگهای درختان و پسماندهای گیاهی با روش حوضچه ای شد که طی این عملیات بررسی جنبه های بهداشتی و کشاورزی کود حاصله نیز انجام گرفت. (۶)

در سال ۱۳۶۸ مطالعاتی در ارتباط با تهیه کمپوست از مخلوط زباله های شهری و کشتارگاه در شهر سمنان توسط دانشگاه تهران انجام شد که در این تحقیقات ۴ حوضچه آزمایش با بلوکهای سوراخدار طراحی و ساخته شده است که طی این مطالعه خصوصیات کمپوست تولیدی از این روش مشخص و مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفت. (۷ و ۶)

در شهر مشهد کارخانه کمپوست در سال ۱۳۷۵ راه اندازی شد و هم اکنون با ظرفیت ۱۰۰ تن در حال کار می باشد که فرآیند در سالنهای سر پوشیده به روش هوازی انجام می شود و هوادهی به صورت مکانیکی انجام می شود (۲۱).

در کرمانشاه نیز در سال ۱۳۷۷ شرکت بازیافت مواد تولید کود آلی به صورت سهامی خاص با مشارکت شهرداری کرمانشاه تأسیس گردید. پروژه بیوکمپوست کرمانشاه برای ظرفیت ۴۰۰ الی ۴۵۰ تن در روز است .

در سال ۱۳۸۵ نیز کمپوست کرج با ظرفیت ۵۰۰ تن در سال به مرحله بهره برداری رسید . تأسیس کارخانه کمپوست رشت به ظرفیت ۵۰۰ تن در روز در مرحله بهره برداری آزمایش است و در تبریز نیز کارخانه کمپوست با

ظرفیت ۵۰۰ تن در روز در مرحله بهره برداری آزمایش قرار دارد. کارخانه کمپوست در بابل نیز با ظرفیت ۱۲۰ تن در روز در حال احداث است. (۲۱)

۲- انواع روشهای تولید کمپوست :

الف:ورمی کمپوست :

VERMI در لاتین به معنای کرم است، بنابراین VERMICOMPOSTING به زبان ساده یعنی کمپوستی که توسط کرمها تولید میشود. کرمهای خاکی برای تبدیل زایدات آلی به محصول تیره و غنی از مواد غذایی به اسم هوموس استفاده میشوند روش تولید کود توسط کرمها چرخه ای است که طی آن ضایعات خوراکی به کود تبدیل میشود، این کود برای غنی سازی زمینهای کشاورزی بسیار مفید خواهد بود (۲). در این روش بیشتر از کرم های خاکی قرمز RED WORM به همراه باکتری ها و قارچها، پروتوزوآها، نماتودها و هزار پایان میباشد. با رشد این موجودات در نهایت کمپوستی غنی از ارگانوسمهای سودمند بدست می آید، یعنی خیلی بیشتر از آنچه در خاک کشاورزی به صورت طبیعی وجود دارد. (۱۰ و ۳)

دمای مناسب برای کرمها ۲۵-۱۵ درجه سانتی گراد است. در دمای پایینتر از ۱۰ درجه سانتیگراد فعالیت کرمها کم شده و تولیدات آنها به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. به طور کلی میزان مناسب رطوبت ۵۰ درصد در نظر می گیرند. میزان مناسب رطوبت برای کرمها ۶۰-۷۰ درصد می باشد (۱۲ و ۱۳)

تهیه کمپوست توسط کرم خاکی (ورمی کمپوست) یک صنعت جدید بوده که در بعضی از کشورهای جهان به آن توجه ویژه ای شده است. (۱۷) استفاده از کرمهای خاکی برای تثبیت لجن فاضلاب و مواد زائد آلی در کشورهای فیلیپین، کوبا و هند که به عنوان کشورهای در حال توسعه قلمداد میشود و به عنوان یک صنعت تجاری باعث اشتغال بسیاری گردیده است. (۱۳) در بعضی از کشورها مثل استرالیا به صورت صنعتی و در حجم وسیعی از این روش برای تثبیت مواد زائد آلی و لجن فاضلاب استفاده می نمایند. (۱۴) تهیه کمپوست توسط کرم خاکی در ایران به صورت پراکنده در تهران و کرج انجام شده ولی یا نیمه کاره رها شدند و یا به صورت دقیق مراحل کار تا پایان ادامه ندادند. (۶ و ۵)

ب: بیو کمپوست :

در این روش از ضایعات آلی به تنهایی در تولید کمپوست استفاده میگردد. ضایعات حاصل از تفکیک از مبدا میدانهای میوه و تره بار، فروشگاههای میوه فروشی پراکنده در سطح شهر، ضایعات کشاورزی و سایر محصولات گیاهی از زمره مواد جهت تولید این نوع کمپوست میباشد. در تعداد معدودی از شهرها مثل شیراز از ضایعات گیاهی تفکیک شده از مبدا به مصرف تولید این نوع کمپوست میرسد. (۲۱)

ج: کمپوست مخلوط:

در این روش تولید کمپوست از زباله های جمع آوری شده از سطح شهر اقدام به تولید کمپوست میگردد. با توجه به وجود موادی مانند عوامل بیماریزا مانند پوشک بچه، دستمال کاغذی و مدفوع حیوانات اهلی عوامل غیر قابل تجزیه مانند استخوان، شیشه، پلاستیک و غیره و مواد زاید خطرناک مانند ضایعات آغشته به مواد سمی، باتریها، باتری اتومبیل، اجزاء الکترونیکی، لامپها، مواد چربی، شیشه آلات و سرامیکها آزیست که منبع اصلی فلزات سنگین می باشند را میتوان نام برد.

بر طبق قانون مدیریت پسماندها، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران موظف است با همکاری وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سایر دستگاهها حسب مورد، استاندارد کیفیت و بهداشت محصولات و مواد بازیافتی و استفاده های مجاز آنها را تهیه نماید ولی پس از گذشت ۳ سال از تصویب این قانون تا زمان حال هیچگونه استانداردی در این زمینه تدوین نشده است. (۲۲)

بر طبق نظر Gray (۱۹۹۱) منابع اولیه تولید کمپوست عبارتند از فضولات انسانی، فضولات حیوانی، فضولات کشتارگاهی، لجن فاضلاب، مواد زاید صنایع غذایی مثل سبزی، پوست میوه و...، زباله های رستورانها و فروشگاههای مواد غذایی و زباله آلی خانگی که با توجه به این نظریه به هیچ عنوان از زباله مخلوط به عنوان منبع تولید کمپوست اشاره نگردیده است. (۳ و ۱۰) دولت آلمان فدرال نیز در سال ۱۹۸۹ تولید کمپوست مخلوط را ممنوع اعلام نموده است. (۱۵)

بحث و نتیجه گیری:

کیفیت کمپوستهای تولیدی از دو لحاظ قابل ارزیابی است:

۱- ارزش کشاورزی

۲- عدم وجود عوامل آلاینده مثل آلاینده های شیمیایی و بیولوژیکی (۵)

Sczabolcs در سال ۱۹۵۶ بیان نمود که شیوه دقیق و سریعی برای تعیین کیفیت کمپوست (تا آن زمان) وجود ندارد. او اندازه گیری ویژگیهای مهم فیزیکی کمپوست را پیشنهاد کرد مثل مقدار مواد آلی، خاکستری، رطوبت، مقادیر N, P, K، و اسیدیته. البته او خاطر نشان کرد که این ویژگیها به تنهایی برای تعیین کیفیت کمپوست کافی نیست و باید کمپوستها با منشاها متفاوت باهم مقایسه شوند. مهم ترین ویژگی کمپوست رسیده، داشتن کمپلکسهای ارگانو - مینرال است که نسبت به تجزیه میکروبی مقاومند. مقدار مواد غذایی موجود در کمپوست نیز تعیین کیفیت کمپوست موثر است. (۵، ۱۱ و ۲۰)

فرآیند تولید کمپوست در اثر فقدان کنترل مناسب در بهره برداری و موادی که به تولید کمپوست میرسند باعث

ایجاد آلودگیهای هوا، آب، خاک و پخش عوامل بیماریزا و سوانح دیگر می شود. (۵)

یکی از مهمترین معایب کمپوست مخلوط حاصل از زباله های شهری بالا بودن غلظت فلزات سنگین در آنها است که سبب آلودگی محیط زیست می شود. (۶) فلزات سنگین از لحاظ بیوشیمیایی و میکرو بیولوژیکی بر روی کیفیت خاک مثل بیومس میکروبی ، درصد کربن آلی و فعالیت آنزیمی میکروبهای موجود در کمپوست تاثیر می گذارند فلزات سنگین مثل کادمیم ، مس و..... تاثیر منفی بر روی آنزیمهای میکروبی اوره از فسفومونو استراز اسیدی و قلیایی دارند. (۵) از این رو یکی از اساسی ترین شاخصهای در امکان سنجی احداث کارخانجات کمپوست، آنالیز کیفیت و کمیت موادشیمیایی موجود در زباله میباشد چرا که این مواد بر بهداشت و سلامت محصول تولیدی و همچنین استفاده از کمپوست تولیدی در مناطق مختلف تاثیر مستقیمی دارد. (۱۵) این مطلب در سالهای اخیر در هیچ یک از احداث کارخانجات کمپوست تولیدی از زباله های مخوط شهری رعایت نگردیده است و تنها به کمیت مواد آلی و فساد پذیر که در اکثر شهرهای ایران مواد زائد آلی قابل تبدیل به کمپوست حدود ۷۰ و حتی در برخی شهرها شمالی کشور ۸۰ درصد مواد زائد شهری را تشکیل میدهد اکتفا نموده و هیچگونه آنالیز در خصوص پارامترهای شیمیایی تشکیل دهنده نگردیده است. (۴ و ۶)

در خصوص استفاده از کمپوست ، آزمایش فلزات سنگینی و قلیلی مانند B, Ca, Fe, K, Mg, Na, Cd, Cr,

Cu , Mn, Ni, P, Pb, S ,Zn یکی از مهمترین آنالیز های قابلیت مصرف کمپوست را نشان میدهد. (۸ و ۴)

جدول (۱) : ماکزیمم میزان ذرات خارجی مجاز موجود در کمپوست - استانداردهای کشورهای مختلف

استاندارد کشور	سنگریزه بر حسب وزن خشک (درصد)	مواد خارجی ساخت انسان(شیشه، پلاستیک، فلزات) بر حسب درصد وزن خشک
استرالیا	بایستی کمتر از ۰.۵٪ اندازه اش بیشتر از ۵ میلی متر باشد	Fracnon ۲ mm < ۰.۵٪ for >
اتریش	بایستی کمتر از ۰.۳٪ اندازه بیش از ۱۱ میلی متر باشد	Fracnon ۲ mm < ۲٪ of >
بلژیک	۰.۲٪ <	آلودگی نبایستی مشاهده شود، ۰.۵٪ > ۲ mm
فرانسه	-	ماکزیمم آلودگی ۰.۲۰٪ of ۵ mm > Fracnon < ۶٪
آلمان	بایستی کمتر از ۰.۳٪ بیش از ۵ میلیمتر اندازه داشته باشد	Fracnon ۲ mm < ۰.۵٪ for >
ایتالیا	-	۳٪ Total <
هلند	بایستی کمتر از ۰.۳٪ اندازه بیش از ۵ میلی متر داشته باشد	Fracnon ۲ mm < ۰.۵٪ for >
اسپانیا	-	بدون هیچ آلودگی
سوئیس	بایستی کمتر از ۰.۵٪ اندازه بیش از ۵ میلی متر داشته باشد	max ۰.۱٪ Plastrc < ۰.۵٪ for > ۲ mm Fracnon

انگلستان	بایستی کمتر از ۵٪ اندازه بیش از ۵ میلی متر داشته باشد	۲ mm > ۱٪ Plastrc < ۰.۵٪
----------	---	--------------------------

آلاینده های شیمیایی نظیر فلزات سنگین مثل کادمیم ، سرب ، روی و و ترکیبات آلی مثل PAH(پلی آروماتیکهای حلقوی) ، PBC (پلی بی کلرینیتدها) آلاینده های بیولوژیک - میکرو ارگانیسم های بسیار ریز هستند که احتمالاً از لباسهای چرک دور ریخته، لاشه حیوانات خانگی ، نوار های بهداشتی یا غذاهای فاسد شده - وارد زباله ها میشوند. (۵ و ۶) توسط آزمایشات اثبات شده است که کلر و پیریفوز ، ایرو فننوز ، دیا زنیون (بعنوان آفت کش) و پندی متیلین موجود در زوائد گیاهان در فرایند کمپوست کاملاً تجزیه می شوند . (۱۷) مطالعات دیگر نشان داده که ۶ درصد حشره کشها کلرینه و ۴۵٪ PCB ها حین عمل کمپوست تجزیه می شوند . (۱۰ و ۳) از طرفی وقتی کمپوست نرسیده بعنوان کود استفاده شود تجزیه مواد در خاک ادامه پیدا می کند و واسطه های متابولیکی آلی سمی موجود در آن مثل فنل ها ، اسید استیک ، اسید پرو پیونیک ، اسید بوتریک و اسید ایزوبوتریک و حتی آمونیاک وارد خاک می شوند. (۵ و ۲۰)

در مورد استفاده از کمپوست مخلوط بایستی به اثرات سوء وجود مواد سمی در کود بخصوص نمک ها و فلزاتی از قبیل جیوه ، کادمیوم ، مس و روی و همچنین بورات (نمک های اسید بوریک) مورد توجه قرار گیرند. Lenihan و Wainered عقیده دارند که امروزه بیش از ۶۰ ماده شیمیایی در صنایع، مورد استفاده قرار می گیرند که نقش آنها در سیستم های حیاتی گیاه و حیوان، ناشناخته است. (۷) از دیدار فلزات سنگین مثل جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در کمپوست و در نتیجه در خاک، باعث مسمومیت های زیاد و بیماری های گوناگونی در انسان می شود. ذیل به اهم موادی که در کمپوست مخلوط وجود دارند اشاره می شود. (۱۶)

مس: وجود مس برای کلیه گیاهان و حیوانات عالی ضروری می باشد. مس در آنزیمهای متنوعی ،از جمله مراکز مس cytochrome coxidase و آنزیم حاوی Cu-Zn به نام superoxide dismutase وجود دارد و فلز اصلی در رنگدانه حامل اکسیژن hemocyanin است RDA. برای مس در بزرگسالان سالم ۰/۹ mg/L میباشد. یک حالت ارثی که بیماری ویلسون نامیده می شود موجب باقی ماندن مس در بدن و عدم ورود آن به صفرا توسط کبد شود. این بیماری در صورت عدم درمان می تواند منجر به آسیبهای کبدی و مغزی شود. (۴ و ۱۶)

در کمبود مس محدودیت رشد ، کوتاهی میان گره ها ، کوچک شدن برگها دیده می شود در ابتدا سفیدی بین رگبرگها در برگهای بالغ ظاهری شود سپس این علائم بطرف بالا روی گیاه پیشرفت می کند این برگها برنزه شده و لبه آنها بطرف بالا و داخل خمیده می شود و در نهایت حاشیه برگها نکروزه شده و کل برگ سوخته و خشک می گردد بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط سنگ سفیدی و همکاران (۵) مقدار مس در کمپوست مخلوط حاصل از

زباله های شهری در مشهد - تهران و کرج و ورمی کمپوست جهاد دانشگاهی تهران بسیار بالاتر از حد مجاز است و فقط ورمی کمپوست شیراز در حد مطلوب می باشد. مس آزاد تبدیل O_2 یا H_2O_2 را به رادیکال بسیار فعال OH کاتالیز کرده و طیف وسیعی از آسیبهای DNA را باعث می شوند همچنین این عنصر در بیماری آلزایمر و هر یک از بیماریهای تحلیل برنده مغز با کمک پرویونها نقش دارد. (۱۶ و ۲۰)

جدول (۲): آنالیز ترکیبات پر مصرف و غلظت فلزات سنگین در کمپوست شهرهای ایران (۵)

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵
مشخصات	ورمی کمپوست تهران (جهاد دانشگاهی)	ورمی کمپوست مشهد	ورمی کمپوست تهران MSW	ورمی کمپوست شیراز	ورمی کمپوست کرج MSW
o.c %	۱۶/۳۲	۱۰/۱۲	۶/۵۶	۱۰/۱۶	۱۰/۲
N% total	۱/۶۷	۱/۵۱	۱/۲۷	۱/۳	۱/۲۴
C:N	۹/۷۷	۶/۷۰	۵/۱۶	۸/۱۵	۸/۲۲
P% total	۰/۷۴	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۵
K% total	۳/۳۹	۲/۰۷	۲/۱۸	۱/۶۸	۲/۶۵
Cu mg/Kg	۱۰۵/۱	۳۱۰/۹	۳۶۵/۸	۸۶/۶	۳۱۳/۳
Mn mg/Kg	۵۳۲/۵	۳۱۳	۵۰۳/۱	۳۳۲/۸	۳۶۸/۹
Zn mg/Kg	۱۹۴	۵۰۰	۹۰۹	۱۱۹	۱۱۷
Pb mg/Kg	۱۹/۶	۱۳۰/۶	۲۴۹/۸	۱۶	۲۵۰
Fe mg/Kg	۳۴۱۵	۷۹۲۵	۱۴۱۴۰	۲۲۷۲	۷۷۳۶
Cd mg/Kg	۰	۰	۱/۳	۰	۰/۵

Zn	۱۶۲	۱۱۰۷	۶۳/۶	۲۱۲	۲۵۲
mg/kg					

منگنز: یک جز تشکیل دهنده کلروپلاست است و همانند آهن یک عنصر غیر متحرک است تجمع آن در برگهای پائین تر انجام می شود. علائم مسمومیت با Mn در گیاه (در اثر بالا بودن مقدار آن در خاک) بصورت زردی بین رگبرگی در برگهای مسن تر است همچنین رگبرگها به رنگ قرمز - قهوه ای در آمده و لکه های ارغوانی متعددی روی ساقه ها - دمبرگها و رگبرگهای سطح زیرین برگها به چشم می خورد. (۷ و ۱۰)

روی: در ساختار چندین آنزیم در گیاه شرکت دارد. از علائم بارز مسمومیت با Zn در گیاه کوچکی برگها بازرردی بین رگبرگها، ارغوانی شدن زیر برگها- رگبرگهای قهوه ای متمایل به قرمز - نکروزه شدن رگبرگها در برگهای مسن، زرد و قهوه ای شدن و داشتن ظاهری پیچ خورده برای ریشه ها و ریزش زود رس برگها است. حساسیت گیاهان به Zn بیشتر از حیوانات است. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط سنگ سفیدی و همکاران (۵) بالا بودن بیش از حد مجاز آن (بیش از حد کمپوست) در کمپوست مخلوط حاصل از زباله های شهری در شهرهای تهران - کرج و مشهد دیده می شود. افزایش بیش از حد اندازه آن در رژیم غذایی باعث استفراغ و تهوع می شود همچنین بالا بودن این عنصر در بدن انسان باعث تخریب عملکرد های مستقیم ایمنی و کاهش کلسترول HDL در جریان خون می شود. (۹، ۵، ۱۳)

سرب: از عناصر غیر ضروری گیاه است و بیشتر سبب آلودگی خاکهای سطحی می شود. جابجایی سرب در گیاه ناچیز است. مقدار جذب آن توسط گیاه کم است. میزان جذب Pb در اندامهای هوایی گیاه شنبلیله بیشتر از ریشه آن است (۱۷). به طوریکه افزایش مقدار جذب آن در اندامهای هوایی تا ۱۱۰ دیده می شود. (۱۸). افزایش مقدار Pb در انسان باعث خستگی شدید، ناراحتی های خفیف شکمی، کم خونی، اختلال در تنفس سلولی می شود. (۷). همچنین این فلز بر روی سیستم عصبی تاثیر می گذارد و در کودکان باعث تغییرات رفتاری و عقب ماندگی می شود بر اساس جدول (۱) مقدار سرب در کمپوست مخلوط حاصل از زباله های شهری در تهران و کرج و مشهد بیش از حد مجاز است ولی مقادیر Pb در ورمی کمپوست شیراز و تهران در حد مطلوب است. (۵)

کادمیم: این عنصر مورد نیاز گیاه - حیوان و انسان نیست. Cd یافت شده در کمپوست به شدت محصولات کشاورزی را آلوده می نماید زیرا بین مقادیر کادمیم موجود در خاک با کادمیم موجود در محصول رابطه خط وجود دارد و این رابطه بدون حد آستانه است. غلظت Cd ذخیره شده در بافتهای مختلف متفاوت است ذخیره این عنصر در برگها بیشتر از ریشه و در ریشه بیشتر از میوه و دانه است (۱۰). کادمیم به شدت در بدن انسان باقی می ماند و

نیمه عمری حدود ۳۰-۱۷ سال دارد. مقدار Cd در کمپوست MSW تهران نسبت به بقیه نمونه ها بالاتر است که لازم است در استفاده از آن احتیاط شود. (۵) منبع اصلی کادمیم در کمپوست مخلوط باطری می باشد. (۷و۵)

جیوه: سازمان جهانی بهداشت (W.H.O) حداکثر مجاز جیوه را در گیاهان مورد مصرف انسان را ۰/۵ ppm تعیین کرده است. مقدار مجاز این فلز در کمپوست و یا فاضلابهای مصرفی در کشاورزی حدود ۵ ppm و حداکثر میزان مصرفی آن در سال ۴۰۰ گرم در هکتار تعیین شده است. (۷)

آهن: یکی از عناصری است که به مقادیر کم برای گیاه ضروری است و در ساخت کلروفیل نقش دارد. همچنین آن در ساختار بسیاری از آنزیمها و ناقلین الکترون شرکت دارد. حرکت این عنصر در گیاه بسیار کند است. مقدار آهن در نمونه کمپوستهای مورد آزمایش افزایش مقدار آهن در بدن انسان با بیماریهای قلبی و سرطان ارتباط دارد. (۴ و ۸)

بالا بودن مقدار آهن در انسان ایجاد مسمومیت می کند و اگر این عنصر برای طولانی مدت بیش از حد لازم وارد بدن شود به کبد و قلب آسیب می رساند و باعث تغییرات پوستی و دیابت میشود. همچنین از عوارض بالا بودن Fe کمک به ایجاد آترواسکلروز (سفت شدن رگها)، بیماریهای قلبی و کاهش جذب روی است. (۵)

نیکل: این عنصر به آسانی جذب گیاه می شود و همانند هر فلز دو ظرفیتی جذب سطحی هوموس می گردد. برخی مطالعات نشان میدهند که نیکل باعث مسمومیت گیاه نمی شود در حالی که برای محصولات گیاهی سمی است. مقدار Ni در کمپوست مخلوط زباله های شهری مشهد و تهران بیش از حد مجاز است. (۵ و ۱۶) افزایش نیکل در بدن انسان باعث التهاب پوست، آسم، آلرژی، سرطان لوز المعده و سرطان ریه می شود. (۱۶)

جدول (۳): میزان فلزات سنگین در کمپوست در کشورهای مختلف اروپا (mg/kg) (۶)

عناصر	استرالیا	بلژیک کشاورزی	بلژیک پارک	سوئیس	دانمارک	فرانسه	آلمان	ایتالیا	هلند	اسپانیا	کانادا
As	--	--	--	--	۲۵	--	--	۱۰	۲۵	--	۱۳
B	۱۰۰	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Cd	۴	۵	۵	۳	۱/۲	۸	۱/۵	۱/۵	۲	۴۰	۳
Cr	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۵۰	--	--	۱۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۷۵۰	۲۱۰
Co	--	۱۰	۲۰	۲۵	--	--	--	--	--	--	۳۴
Cu	۴۰۰	۱۰۰	۵۰۰	۱۵۰	--	--	۱۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۷۵۰	۱۰۰
Pb	۵۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰	۱۲۰	۸۰۰	۱۵۰	۱۴۰	۲۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰
Hg	۴	۵	۵	۳	۱/۲	۸	۱	۱/۵	۲	۲۵	۰/۸
Ni	۱۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۴۵	۲۰۰	۵۰	۵۰	۵۰	۴۰۰	۶۲
Se	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	۲

۵۰۰	۴۰۰۰	۹۰۰	۵۰۰	۴۰۰	--	--	۵۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	Zn
-----	------	-----	-----	-----	----	----	-----	------	------	------	----

در فرآیند کمپوست چون یک فرآیند بیولوژیکی هوازی است حرارت تولید می شود که قادر است در یک زمان معین پاتوژن ها را از بین ببرد. که این تأثیر بستگی به زمان و درجه حرارت تولیدی دارد. درجه حرارت کافی برای یک مدت زمان طولانی می توانند باکتریها ، ویروسها ، پروتوزئوها و تخم انگل ها را به پایین حدود تعیین شده ناشی دهند. (۹) اما تخم انگل در درجه حرارت بالا مقاومت بیشتری می کند. (۷) جدول (۳) خلاصه درجه حرارت و زمان مورد نیاز برای تولید محصول را نشان می دهد .

جدول (۴) : استاندارد بهداشتی برای کمپوست های انتخابی در کشورهای مختلف اروپایی (۶)

کشور	روش کمپوست	درجه حرارت / پاتوژنها
استرالیا	تمام روشهای کمپوست	بیش از ۵۵°C برای حداقل ۳ روز
آلمان	ویندرو باز ویندرو بسته / در مخزن	برای ۲ هفته ۵۵°C > یا برای ۱ هفته ۶۵°C > برای ۱ هفته ۶۰°C >
اتریش	برای تمام روشهای کمپوست	برای ۶ روز ۶۰°C > برای ۳ روز ۶۵°C >
سوئیس	برای تمام روشهای کمپوست	برای ۳ هفته ۵۵°C > برای ۳ روز ۶۰°C >
دانمارک	برای تمام روشهای کمپوست	برای ۲ هفته ۵۵°C >

نتیجه گیری:

در کشور ما روزانه سرانه تولید زباله هر نفر ایرانی به طور متوسط ۶۰۰ گرم در روز می باشد که از این مقدار بالغ بر ۲۹ هزار تن مواد آلی و ضایعات گیاهی می باشد که به طور متوسط میتوان ۱۰ هزارتن کود کمپوست آلی در صورتی که از مبدا ضایعات گیاهی و مواد آلی تفکیک شده جمع اوری شود بدست می آید که سالانه میتوان بالغ بر ۳۰۶۵ میلیون تن کود کمپوست آلی تولید نمود که این کود فاقد عوارض نامطلوب کود های شیمیایی می باشد و موجب تقویت بافت خاک میگردد.

عدم آشنائی با بهره برداری ، مشکلات ناشی از جمع آوری سنتی پسماندها و ناآشنائی با ترکیب زباله شهری باعث گسترش بدون ضابطه کارخانجات کمپوست مخلوط گردیده است.

کنترل حرارت و بو . موارد ایمنی و حفظ سلامت کارکنان و نیز برنامه و روشهای نمونه برداری و آزمایش از یک سو و محاسبه جنبه های اقتصادی آن در مناطق مختلف کشور از جمله مواردی است که می بایستی بو ضوح و طبق یک

برنامه ضربتی در توسعه، ایجاد و یا کارائی صنایع کمپوست موجود مورد توجه قرار گیرد. با توجه به تنوع جمعیت های مصرف کننده کمپوست - از کشاورز استفاده کننده از کود تا فرد مصرف کننده محصولات گیاهی که با کمپوست رشد کرده اند - و خطرات بالقوه آلاینده های موجود در آن که سلامت انسان را به خطر می اندازد لازم است تا خطرات ناشی از مصرف کمپوست مخلوط زباله های شهری بر روی سلامت عمومی جامعه و محیط زیست بررسی شود.

وجود سموم آلی و معدنی، پس ماند های پزشکی و صنعتی. اندازه ذرات. وجود سنگریز ها. شیشه. پلاستیک. و سودجویی عده های از افراد در ترغیب شهرداری ها به تولید کمپوست مخلوط، دوری و عدم احساس مسئولیت دانشگاهها و فقدان دانش علمی مناسب در خصوص مدیریت پسماند، اشکالات موجود در قانون مدیریت پسماندها، عدم وجود نیروهای کارآمد علمی در خصوص مسائل مرتبط با کمپوست و مواد زاید، عدم برنامه ریزی مناسب توسط وزارت بهداشت و ادارات محیط زیست در جهت تدوین استانداردهای کمپوست تولیدی همه و همه دست به دست هم داده است تا افرادی به راحتی از این غفلت استفاده نمایند و تولید کمپوست مخلوط را در کشور رواج دهند.

سنجش کیفیت بیو کمپوست در مقایسه با کمپوست مخلوط به وسیله چند عامل صورت می گیرد که مهمترین آنها آلاینده های فیزیکی و شیمیایی و بویژه ترکیبات هیدروکربنه آلی و فلزات سنگین است. گفتنی است، یافته های بدست آمده وجود عناصر سنگین در بیو کمپوست تولید شده در شهر باواریای آلمان در مقایسه با کمپوست مخلوط در چه یک تولید شده در شهر تهران برتری مرغوبیت بیو کمپوست را نسبت به کمپوست مخلوط به خوبی روشن می سازد. با توجه به پژوهش های انجام شده در سایر کشورها تهیه بیو کمپوست از زایدات میائین میوه و تره بار و زایدات حاصل از فروش گلهای شاخه ای به مراتب از کمپوست مخلوط مرغوب تر بوده و آلاینده های فیزیکی از جمله، شیشه، پلاستیک، چرم و غیره را ندارد. همچنین عناصر سنگین و فلزات کمیاب در بیو کمپوست نسبت به کمپوست تهیه شده از زایدات مخلوط کمتر می باشد و برای استفاده در مراکز تولید و تکثیر نهال، اصلاح و حاصلخیزی خاک و امور کشاورزی و باغبانی و پرورش گل مناسب تر می باشد.

اهم پیشنهادات در خصوص مدیریت تولید کمپوست شامل موارد ذیل میباشد.

- ۱- انجام مطالعات لازم جهت بررسی وضعیت جمع آوری و دفع زباله در شهرهای مختلف کشور با توجه خاص به اصول تولید زباله کمتر
 - ۲- تهیه مقدمات تدوین، ارائه و تصویب قوانین و استانداردهای لازم در این زمینه با توجه خاص بر مواد زاید سمی و خطرناک بویژه زباله مراکز بهداشتی درمانی کشور
 - ۳- برگزاری سمینارها و آموزش های لازم جهت کادر خدمات شهری در شهرداری های کشور
 - ۴- تامین اعتبارات لازم جهت بهبود بهداشت محیط شهرها از طریق وزارت کشور بویژه توسعه صنایع بیو کمپوست
 - ۵- انجام اقدامات اساسی در جهت تامین ماشین آلات مورد نیاز به منظور مکانیزه نمودن روش های جدید جمع آوری و دفع مواد زاید
 - ۶- انجام هماهنگی های لازم جهت تامین اعتبارات مورد نیاز جهت احداث کارخانه های بیو کمپوست و بازیافت مبدأ تولید از طریق سیستم بانکی کشور
- با توجه به فواید ناشی از گسترش تولید کمپوست خانگی و بیو کمپوست در شهرهای مختلف و نیاز به کمپوست در مکانهای مختلف حتی در فضای سبز مجتمع های آپارتمانی گسترش این روند می تواند دارای جنبه های مثبتی از لحاظ کاهش هزینه های جمع آوری زباله در شهرها، ایجاد انگیزه در تولید کنندگان مواد زاید در خصوص بازیافت تولیدات و کاهش هزینه های دفن زباله و کارایی موثر و عدم تولید کمپوست نامرغوب از مزایای تولید کمپوست خانگی می باشد. طراحی های کارخانجات کمپوست بایستی در مکانهایی که خاکهای زراعی نیاز به کود دارند، ایجاد شوند.

منابع و ماخذ:

- ۱- سنگ سفیدی، ز ، احمدی .ع و قورچیان . ه " خطرات زیست محیطی استفاده از کمپوست مخلوط حاصل از زباله های شهری در شهرهای ایران " هشتمین همایش ملی بهداشت محیط ایران ۱۳۸۴
- ۲- تکدستان .ا ، جعفر زاده . ن و علوی .ن " مقررات و استانداردهای فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی کمپوست " هشتمین همایش ملی بهداشت محیط ایران ۱۳۸۴
- ۳- عمرانی .ق " مواد زاید جامد " ج ۱ . انتشارت دانشگاه آزاد اسلامی ۱۳۷۷
- ۴- عمرانی ، ق : مدیریت بازیافت و کمپوست مواد زاید : جزوه درسی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تهران ۱۳۸۳
- ۵- اکبریان مریم (۱۳۸۰) بررسی اثر کمپوست و ورمی کمپوست کاه و کلش بر قابلیت جذب آهن و منگنز روی در خاکهای آهکی . پایان نامه ارشد . دانشگاه تهران
- ۶- چراغی مهرداد و ندافی کاظم و شایسته کامران (۱۳۸۰) اثر لجن فاضلاب بر تجمع سرب و کادمیم در گیاه شنبلیله . چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط . یزد
- ۷- شریعتی . م (۱۳۷۳) ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب و استفاده از آن در آبیاری .
- ۸- عبدلی ، م " بازیافت مواد زاید جامد شهری " چاپ اول ، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۸۴
- ۹- قانون مدیریت پسماندها

- 1- Linder. M. C(1996) Lopper biochemistry molecular biology.Am.J.chin.Nutr.63(5) pp:797
- 2- Linere.M,Petruzzelli.G(1988)Some enuironmental problems connected with the use of town refuse compost. Commission of European communities Publisher 235pp;125-135
- 3- Pahren H .R,Clarck. C. S(1987) Microorgnaism in municipal Solid waste and public health implication. Crit.Rev.Envion.Contom.17(3)pp:187-228
- 4 -Ryan.J.A,Pahren.H.R,Lucas.J.B(1982) Controlling cadmium in the human food chain:a reuiew & rationale based on health effect. Environ.Resourc28pp:251-302
- 5- Tchobanoglous, G.(2003) ." handbook of solid waste management". Mac Graw-Hill
- 6- Herbert Insam and et al.(2002). " Microbiology of composting". Springer

- 7- USEPA.(1999).” **Composting yard and municipal waste**”
- 8- Cheftz Benny.(1996).” **Chemical and Biological charactrization of organic matter during composting of municipal solid waste**”. Environ. Qual. 25/ 776-785.
- 9- Cracas, P. 2000. **Vermicomposting Cuban style**. Worm Dig. Iss., 25 - online articles.
- 10- FAO. 1980. **A manual of rural composting**. FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004 Field Document No. 15. Rome.
- 11- FAO. 2002. **Biofertilizer production plant**, Myanmar (FAO/UNDP Project), by H. Hiraoka. Back to Office Report. Bangkok, FAO-RAP
- 12-www.agius.com(2000)Nickel in the environmental &health.HE&W
- 13-Vogtmann. H,Fricke. K(1992)**Organic chemical in Compost :how revelant are they for the use of it?**commission of Eurpean communities Publisher 429 pp:227-236