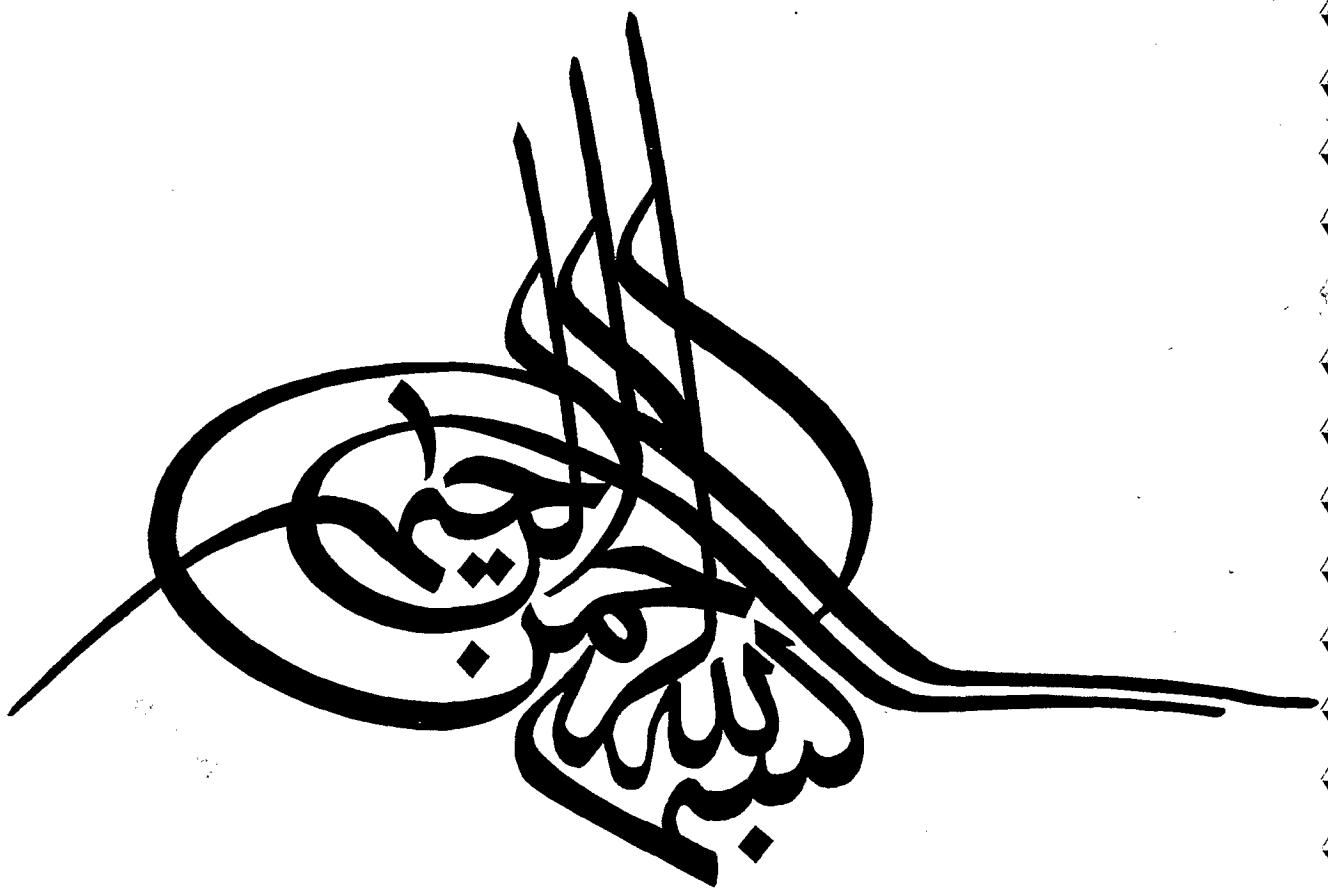

١٠٤٠٩٠

دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم

گروه زیست‌شناسی

تولید کود بیوکمپوست از ضایعات گیاهی با استفاده از روش بیولوژیک

پایان‌نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته زیست‌شناسی (بیوشیمی)

مؤلف

زهره سنگ سفیدی

استاد راهنما

دکتر علیرضا احمدی

۱۳۸۷/۲/۱۹

اساتید مشاور

دکتر هدایت‌الله قورچیان

دکتر بهزاد لامع راد

آبان ۱۳۸۵

۱۰۴۰۹۰

دانشگاه پیام نور – کتابخانه مرکزی
بخش نشریات
شماره ثبت QH
شماره مرکزی ۹۳۰
شماره مرکزی ۸۵/۱۱/۲۲

دانشگاه پیام نور

تصویب نامه

پایان نامه تحت عنوان

تولید کود بیوکمپوست از ضایعات گیاهی با استفاده از روش بیولوژیک

تاریخ دفاع :۸۵ / ۸ / ۳۰ نمره: ۱۹/۵ درجه: عالی

اعضای هیات داوران

نام و نام خانوادگی	هیات داوران	مرتبه علمی	امضاء
۱- جناب آقای دکتر علیرضا احمدی	استاد راهنما		
۲- جناب آقای دکتر بهزاد لامع راد	استاد راهنما		
۳-جناب آقای دکتر قور چیان	استاد راهنما		
۴- سر کار خانم دکتر قربانلی	استاد داور خارجی		
۵- جناب آقای دکتر حاج حسینی	استاد داور داخلی		
۶-جناب آقای دکتر ناظم	نماینده گروه		

سپاسگزاری و تقدیر

از شهرداری کرج به ویژه ریاست محترم آن جناب آقای مهندس ترکاشوند ، سازمان پارک ها و شهرداری کرج جناب آقای مهندس زارع، جناب آقای مهندس جلالیان ،جناب آقای مهندس پوررستمی ، خانم مهندس خوشبخت و سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری کرج و جناب آقای اسدی مدیر عامل محترم شرکت بهسامان شیراز که به همت آنان این طرح انجام گردید و هم چنین از زحمات اساتید گرامی ام جناب آقای دکتر احمدی ، جناب آقای دکتر قورچیان و جناب آقای دکتر لامع راد که با صبر و درایت مرا در طی این مسیر یاری نموده اند تشکر و قدردانی می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان

فهرست مطالب الف
فهرست تصاویر، اشکال و نمودارها ج
فهرست جداول خ

فهرست مطالب

مقدمه..... ۲

فصل اوّل: بررسی منابع

۱-۱- مواد آلی..... ۴
۱-۱-۱- تجزیه هوازی..... ۴
۱-۱-۲- تجزیه بی هوازی..... ۴
۱-۲ تعریف کمپوست..... ۴
۱-۳- تاریخچه تولید کمپوست..... ۵
۱-۳-۱- تاریخچه تولید کمپوست در ایران..... ۵
۱-۴- سیستم های تولید کمپوست..... ۶
۱-۴-۱- سیستم های بسته یا راکتوری..... ۶
۱-۴-۲- سیستم های باز یا غیر راکتوری ۷
۱-۴-۳- سیستم های بسته با جریان افقی..... ۷
۱-۵- انواع کود آلی..... ۷
۱-۵-۱- کود حیوانی..... ۸
۱-۵-۲- ورمی کمپوست..... ۸
۱-۵-۳- کمپوست مخلوط زباله های جامد شهری..... ۱۵
۱-۵-۴- کود سبز..... ۱۶
۱-۶- شرایط مکانی مناسب تولید کمپوست..... ۱۶
۱-۷- میزان و شیوه مصرف کمپوست..... ۱۹
۱-۷-۱- نوع و شرایط کمپوست..... ۱۹
۱-۷-۲- شرایط آب و هوایی منطقه مصرف کننده کمپوست..... ۱۹
۱-۷-۳- خصوصیات و شرایط خاک و نحوه کود دهی..... ۱۹
۱-۷-۴- نوع محصولات و کشت آن..... ۲۰
۱-۷-۵- زمان استفاده از کمپوست..... ۲۰

۱-۸- مزایای کمپوست نمودن ضایعات آلی ۲۰
۱-۹- مراحل مختلف تهیه کمپوست ۲۱
۱-۹-۱- آماده سازی مواد خام ۲۲
۱-۹-۲- تخمیر ۲۱
۱-۹-۳- آماده سازی جهت فروش ۲۳
۱-۱۰- عوامل مؤثر در تولید کمپوست ۲۳
۱-۱۰-۱- مواد آلی ۲۳
۱-۱۰-۲- دما ۲۴
۱-۱۰-۳- رطوبت ۲۴
۱-۱۰-۴- هوادهی ۲۴
۱-۱۰-۵- pH ۲۵
۱-۱۰-۶- مایه تلقیح ۲۵
۱-۱۱- منابع تولید کمپوست ۲۷
۱-۱۱-۱- کربوهیدرات ها ۲۷
۱-۱۱-۲- چربی ها ۳۲
۱-۱۱-۳- پروتئین ها ۳۲
۱-۱۱-۴- اسیدهای آلی ۳۳
۱-۱۱-۵- لیگنین ۳۳
۱-۱۲- میکروبیولوژی کمپوست ۳۵
۱-۱۲-۱- باکتری ها ۳۵
۱-۱۲-۲- اکتینومیست ها ۳۵
۱-۱۲-۳- قارچ ها ..... ۳۶.
۱-۱۳- آنزیم های مؤثر در فرآیند تولید کمپوست ۳۸
۱-۱۳-۱- مکانیسم های هیدرولیز پیوندهای گلیکوزیدی ۳۹
۱-۱۳-۲- سلولازها ۴۰
۱-۱۳-۳- همی سلولازها ۴۲
۱-۱۳-۴- لیگنیناز ۴۳
۱-۱۳-۵- لاکّاز ۴۴
۱-۱۳-۶- آریل سولفاتاز ۴۴
۱-۱۳-۷- فسفاتاز ۴۵
۱-۱۳-۸- آمیدوهیدرولاز، پروتئاز و اوره آز ۴۵
۱-۱۴- ارزیابی کیفیت کمپوست ۴۶
۱-۱۴-۱- پایداری کمپوست و روش های اندازه گیری آن ۴۷
۱-۱۴-۲- بلوغ کمپوست و نحوه ارزیابی آن ۴۷
۱-۱۴-۳- هوموس ۵۰
۱-۱۵- بررسی استانداردهای کمپوست و کمپوست سازی در دنیا ۵۱
۱-۱۶- اثر کمپوست در مهار بیماری های گیاهی ۵۳

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱- وسایل، دستگاه ها و مواد شیمیایی ۵۵
۲-۲- آماده سازی مواد خام ۵۶
۲-۳- ترکیب تیمارهای آزمایش و آماده سازی آنها ۵۸
۲-۴- تهیه مایه تلقیح ۵۹
۲-۴-۱- تهیه محیط کشت NA ۵۹
۲-۴-۲- تهیه محیط کشت GA ۵۹
۲-۴-۳- تهیه قارچ *Pleurotus ostreatus* ۶۰
۲-۵- اندازه گیری ها و کنترل های اعمال شده ۶۰
۲-۶- تجزیه های آزمایشگاهی ۶۰
۲-۶-۱- اندازه گیری کربن آلی ۶۰
۲-۶-۲- اندازه گیری نیتروژن کل ۶۱
۲-۶-۳- تعیین نسبت C:N ۶۲
۲-۶-۴- اندازه گیری فسفر ۶۳
۲-۶-۵- اندازه گیری پتاسیم ۶۳
۲-۶-۶- اندازه گیری عناصر ریز مغذی و فلزات سنگین ۶۳
۲-۶-۷- اندازه گیری پروتئین ۶۳

فصل سوم: نتایج، بحث و پیشنهادات

۳-۱- اثر کنترل دما در پروسه کمپوست سازی ۶۶
۳-۱-۱- اثر دما بر فعالیت تنفسی میکروارگانیسم ها ۶۸
۳-۱-۲- تأثیر دما بر فعالیت آنزیمی ۶۸
۳-۱-۳- اثر دما بر سرعت رشد ویژه ۶۹
۳-۱-۴- تأثیر دما در از بین بردن عوامل بیماریزا ۶۹
۳-۲- تأثیر رطوبت و pH بر فرآیند تولید کمپوست ۷۱
۳-۳- تأثیر استفاده از عوامل بیولوژیک کمپوست ساز در روند تولید ۷۳
۳-۳-۱- کرم خاکی *Eisenia feotida* ۷۴
۳-۳-۲- قارچ *Trichoderma* ۷۴
۳-۳-۳- قارچ *Pleurotus ostreatus* ۷۵
۳-۳-۴- قارچ *Chaetumium thermophilium* ۷۵
۳-۴- ویژگی های بیوکمپوست تولیدی ۷۵
۳-۵- مقایسه ارزش غذایی عناصر پر مصرف در کمپوست های مورد بررسی ۷۷
۳-۵-۱- کربن آلی ۷۷
۳-۵-۲- نیتروژن ۷۸
۳-۵-۳- تعیین نسبت C:N ۸۰
۳-۵-۴- فسفر ۸۱
۳-۵-۵- پتاسیم ۸۲

۳-۶- مقایسه ارزش غذایی عناصر ریز مغذی در کمپوست های مورد بررسی..... ۸۳
۳-۶-۱- آهن..... ۸۳
۳-۶-۲- روی..... ۸۵
۳-۶-۳- مس..... ۸۷
۳-۶-۴- منگنز..... ۸۹
۳-۷- بررسی مقدار پروتئین در کمپوست های مختلف..... ۹۰
۳-۸- بررسی وجود آلاینده های شیمیایی و بیولوژیک در کمپوست ها..... ۹۱
۳-۸-۱- آلاینده های بیولوژیک..... ۹۲
۳-۸-۲- آلاینده های شیمیایی..... ۹۴
پیشنهادات..... ۱۰۱
منابع و مآخذ..... ۱۰۳

فهرست تصاویر، اشکال و نمودارها

فصل اوّل: بررسی منابع

عکس ۱- نحوه تولید ورمی کمپوست از ضایعات گیاهی..... ۱۰
عکس ۲- نحوه تولید ورمی کمپوست از کود گاوی..... ۱۵
نمودار ۱-۱- مراحل مختلف پروسه تولید کمپوست به صورت باز یا غیر راکتوری..... ۱۸
نمودار ۱-۲- روند بیولوژیک تولید کمپوست..... ۲۲
تصویر ۱-۱- ساختار سلولز و همی سلولز..... ۲۹
تصویر ۱-۲- ساختار لیگنین..... ۳۵
تصویر ۱-۳- مکانیسم هیدرولیز پیوندهای گلیکوزیدی در آنزیم سلولاز..... ۴۰
تصویر ۱-۴- شکل آنزیم اوره آز..... ۴۶

فصل دوم: مواد و روشها

عکس ۳- ترکیب اولیه بیوکمپوست..... ۵۷
عکس ۴- نحوه آماده سازی تیمارها..... ۵۸
نمودار۱-۲- منحنی استاندارد اندازه گیری پروتئین به روش لوری..... ۶۵

فصل سوم: نتایج، بحث و پیشنهادات

نمودار ۳-۱- روند تغییرات دما در بیوکمپوستهای تولیدی..... ۶۷
نمودار ۳-۲- روند تغییرات pH در طول کمپوست سازی..... ۷۲
نمودار ۳-۳- درصد کربن آلی در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی..... ۷۸
نمودار ۳-۴- درصد نیتروژن در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی..... ۷۹
نمودار ۳-۵- نسبت C:N در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی..... ۸۰
نمودار ۳-۶- درصد فسفر در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی..... ۱۲۱
نمودار ۳-۷- درصد پتاسیم در کمپوستهای مختلف در شهرهای ایران
و بیوکمپوستهای تولیدی..... ۸۲
نمودار ۳-۸- مقدار آهن در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی بر حسب ppm..... ۸۴
نمودار ۳-۹- مقدار روی در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی بر حسب ppm..... ۸۷
نمودار ۳-۱۰- مقدار مس در کمپوستهای مختلف در شهرهای ایران
و بیوکمپوستهای تولیدی بر حسب ppm..... ۸۸

نمودار ۳-۱۱- مقدار منگنز در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی بر حسب ppm ۹۰
نمودار ۳-۱۲- مقدار پروتئین موجود در کمپوست های مختلف ۹۱
نمودار ۳-۱۳- مقدار نیکل در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی بر حسب ppm ۹۷
نمودار ۳-۱۴- مقدار سرب در کمپوست های شهرهای مختلف ایران
و بیوکمپوست های تولیدی بر حسب ppm ۹۹

فهرست جداول

فصل اوّل: بررسی منابع

جدول ۱-۱- قارچ های گرما دوست دارای تجزیه لیگنین موجود در کمپوست ها ۳۶
جدول ۱-۲- فعالیت آنزیم های برون سلولی در نمونه کمپوست کود مرغی+ ضایعات باغی در مراحل
مختلف کمپوست ۳۹
جدول ۱-۳- میکروارگانیسم های تولید کننده آنزیم های سلولاز ۴۲
جدول ۱-۴- موجودات تجزیه کننده لیگنین ۴۴
جدول ۱-۵- استانداردهای اندازه و مقدار مواد خارجی موجود در کمپوست کشور کانادا ۵۲
جدول ۱-۶- مقادیر استاندارد Echo تعدادی از عناصر کمیاب ۵۲
جدول ۱-۷- مقادیر استاندارد عناصر موجود در کمپوست کشور فرانسه ۵۲
جدول ۱-۸- مقادیر استاندارد عناصر موجود در کمپوست کشور انگلستان ۵۳

فصل دوم: مواد و روش ها

جدول ۲-۱- ویژگی های شیمیایی ضایعات گیاهی شهر کرج ۵۷
جدول ۲-۲- تیمارهای مورد آزمایش ۵۸
جدول ۲-۳- محلول های استاندارد اندازه گیری پروتئین به روش لوری ۶۴

فصل سوم: نتایج، بحث و پیشنهادات

جدول ۳-۱- شرایط کُشنده برای عوامل بیماریزای معمولی و انگل ۷۰
جدول ۳-۲- مقادیر اولیه pH در تیمارهای مختلف ۷۲
جدول ۳-۳- طبقه بندی کمپوست ها از لحاظ مقدار عناصر پر مصرف ازت،
فسفر و پتاسیم ۷۷
جدول ۳-۴- مقادیر استاندارد عناصر پرمصرف در کمپوست زباله های شهری کشور فرانسه ۷۷
جدول ۳-۵- غلظت آلاینده های آلی PAH در کمپوست های مخلوط زباله های جامد شهری ۹۵

نام خانوادگی دانشجو: سنگ سفیدی نام : زهره

عنوان پایان نامه : تولید کود بیوکمپوست با استفاده از روش بیولوژیک

استاد راهنما: دکتر علیرضا احمدی

اساتید مشاور : دکتر هدایت ا... قورچیان – دکتر بهزاد لامع راد

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد رشته : زیست گرایش : بیوشیمی

دانشگاه پیام نور – مرکز تهران دانشکده علوم تاریخ فارغ التحصیلی: آبان ۸۵

تعداد صفحه :۱۰۰ صفحه

کلید واژه ها: بیو کمپوست – ورمی کمپوست – ضایعات گیاهی

چکیده:

انسان و سایر موجودات زنده زباله ساز هستند و سلامتی آنان به کنترل این مواد بستگی دارد. روش های مختلفی هم چون دفن بهداشتی ، سوزاندن (به منظور تولید انرژی در کشورهای صنعتی) بازیافت و تهیه کود آلی یا کمپوست برای کنترل و حذف زباله های جامد استفاده می شود . روش های دفع به استثنای تولید کمپوست مثل سوزاندن زباله معمولا" هزینه ای معادل ۶- ۴ برابر عملیات دفن دارند و بدون در آمد هستند. کمپوست ، تبدیل پسماند مواد زاید جامد یعنی مواد آلی زباله به کود است . در طی روند تولید کمپوست بقایای گیاهی و جانوری ، زباله های شهری ، لجن فاضلاب به ماده ای سیاه و غنی به نام هوموس تبدیل می شود که مکملی سودمند برای خاک است. کمپوست قادر است مواد مغذی مورد نیاز گیاه را فراهم نماید.

یکی از گروههای مهم مواد زاید جامد ، ضایعات کشاورزی و باغی است. انهدام این مقادیر بالای مواد آلی مشکلات زیست محیطی زیادی را به همراه دارد و سبب از بین رفتن منابع غذایی ارزشمندی می شود. متأسفانه ارزش غذایی و فواید استفاده از کمپوست حاصل از ضایعات آلی برای کشاورزان مشخص نیست . کمپوست سازی علاوه بر کنترل زباله و بازیافت ، از لحاظ اقتصادی نیز ارزش ویژه ای دارد.

در ایران هر شهروند تهرانی روزانه ۷۰۰ گرم ، هر شهروند کرجی در روز ۶۰۰ گرم و هر شهروند مشهدی روزانه ۵۰۰ گرم زباله تولید می کند و به طور متوسط با احتساب جمعیت ۶۰ میلیونی برای کشور ایران بیش از ۳۸ هزار تن زباله تولید می شود که اگر کلیه زباله های شهرهای ایران به کمپوست تبدیل شوند (حدود ۷۰٪ زباله های ایران قابلیت تبدیل به کمپوست را دارند) سالانه دو میلیون تن کمپوست حاصل می شود که نیاز به کود آلی ۳ میلیون هکتار از اراضی زراعی کشور را تأمین خواهد نمود. در این تحقیق به بررسی روش های بیولوژیک تولید کمپوست و مقایسه نمونه کمپوست های تولید شده از این تحقیق با کمپوست های دیگر از جمله کمپوست مخلوط زباله های جامد شهرهای تهران ، مشهد ، کرج ، اصفهان و ورمی کمپوست جهاد دانشگاهی تهران و ورمی کمپوست شرکت بهسامان شهر شیراز از لحاظ مقدار مواد غذایی مورد نیاز گیاه (عناصر پر مصرف N ، P و K و عناصر کم مصرف Mn ، Cu ، Zn ، Fe) و غلظت فلزات سنگین Pb ، Cd و Ni پرداخته شده است . در این مطالعه از ضایعات گیاهی تفکیک شده از مبدأ و عوامل بیولوژیک کمپوست ساز مانند قارچ ها و باکتری های تجزیه کننده سلولز و لیگنین و کرم خاکی *Eisenia feotida* استفاده شده است. در طول روند تولید کمپوست، دما و pH محیط بسترهای گذارده شده کنترل گردید. پس از گذشت ۴۵ روز کمپوست به دست آمد. در این تحقیق مشخص گردید که غلظت فلزات سنگین سرب ، نیکل و... در کمپوست مخلوط زباله های جامد شهرهای تهران ، مشهد ، کرج و اصفهان بیش از حد مجاز استاندارد (استاندارد Echo و کشور فرانسه و انگلستان) است و با توجه به تجمع این عناصر در زنجیره غذایی و به ویژه در انسان لازم است تولید و مصرف این کمپوست ها ممنوع شود ؛ زیرا تجمع فلزات سنگین در بدن انسان و به خصوص در کودکان سبب اختلالات و آسیب های جبران ناپذیری چون عقب ماندگی

می شود. هم چنین مشخص شد که مقدار عناصر پر مصرف N ، P و K در بیوکمپوست های تولید شده در این تحقیق در محدوده غلظت عناصر پر مصرف کمپوست های غنی می باشد و غلظت فلزات سنگین در آنها در حد مجاز استاندارد Echo ، کشور فرانسه و انگلستان است .

خطرات زیست محیطی استفاده ازکمپوست حاصل ازمخلوط زباله های شهری

زهره سنگ سفیدی[۱و۲]، دکتر علیرضا احمدی[۳]، دکتر هدایت اله قورچیان[۴]
۱- دانشگاه پیام نور مرکز تهران۲- شهرداری کرج ۳- گروه بیومدیکال دانشگاه الزهراء ۴- مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیو فیزیک دانشگاه تهران

نیاز روزافزون بشر به غذا موجب شده است تا تلاش خود را جهت افزایش محصول در واحد سطح بیشتر نموده و در این راستا یکی از مواردی که بشر برای افزایش محصول درواحد سطح طی چند دهه اخیر ازآن بهره گرفته است کودهای شیمیایی می باشد. باافزایش مصرف کودهای شیمیایی تاثیر نامطلوب این کودها بر کیفیت محصولات کشاورزی ونابودی بافت خاک به وضوح نمود پیدا کرده و به همین جهت بشر بدنبال جایگزین مناسب برای این کودهاست .درکشور ما روزانه سرانه تولید زباله هر نفر ایرانی به طور متوسط۶۰۰ گرم در روز می باشدکه از این مقدار بالغ بر۲۹ هزار تن مواد آلی وضایعات گیاهی می باشد که به طور متوسط می توان۱۰ هزارتن کود کمپوست آلی در صورتی که از مبدأ ضایعات گیاهی ومواد آلی تفکیک شده جمع آوری شود به دست می آید که سالانه می توان بالغ بر۶۵ /۳ میلیون تن کود کمپوست آلی تولید نمود که این کود فاقد عوارض نامطلوب کود های شیمیایی می باشد و موجب تقویت بافت خاک می گردد. طی سالهای اخیر در کشور ما ایران روند احداث کارخانه های تولید کمپوست مخلوط از زباله های شهری با صرف میلیاردها تومان رونق فراوانی یافته است وکمتر به موضوع فرهنگ سازی تفکیک و جمع آوری موادآلی ازمبدأ اهمیت داده شده است. موضوع این تحقیق بررسی کیفیت و ارزش غذایی کمپوستهای تولیدی در کلانشهرهای تهران، مشهد، اصفهان، کرج و شیراز به همراه ورمی کمپوست جهاد دانشگاهی تهران می باشد. در این مقاله هم چنین غلظت فلزات سنگین Fe,Pb,Zn,Cu,Ni و مقدار عناصرپر مصرف مورد نیاز گیاه مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقدار عناصر Pb,Zn,Cu,Ni در نمونه های مورد آزمایش بیش از حد مجاز است .

مقدمه

انسان و سایر موجودات کره زمین زباله ساز هستند و سلامتی آنان به کنترل این مواد بستگی دارد. مطالعه جامعی که توسط W.H.O بر روی مواد زائد جامد انجام شده است مؤید این است که عدم توجه به جمع آوری و دفع مواد زائد جامد، سی و دو معضل زیست محیطی را به دنبال دارد که با گذشت زمان ، مقابله با آن به سادگی امکانپذیر نیست(۱۰) . تداخل زباله های خانگی با بسیاری از مواد زائد شیمیایی و خطرناک که به اشکال گوناگون در صنایع و منازل مورد استفاده قرار می گیرند سبب شده است مشکلات جمع آوری و دفع زباله دو چندان شود. روش هایی که برای کنترل و حذف زباله های جامد استفاده می شوند عبارتند از :

الف– دفن بهداشتی

ب– سوزاندن

ج– بازیافت

د– تهیه کود آلی یا کمپوست

کمپوست، تبدیل پسمانده مواد زائد جامد یعنی مواد آلی زباله به کود است(۱۰) . یکی از گروههای مهم مواد زائد جامد، ضایعات کشاورزی و باغی است. انهدام این مقادیر بالای مواد آلی مشکلات زیست محیطی زیادی را به همراه دارد و سبب از بین رفتن منابع غذایی ارزشمندی می شود. کودهای آلی یا مواد پرورش دهنده گیاهان که از کمپوست این زباله ها حاصل می شود می تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد(۴۱) .

متأسفانه نتایج خوب و درآمد حاصل از تولید کمپوست برای کشاورزان مشخص نیست. کمپوست سازی علاوه بر کنترل زباله و بازیافت، از لحاظ اقتصادی نیز ارزش ویژه ای دارد. روش های دیگر دفع همچون سوزاندن زباله معمولا" هزینه ای ۶- ۴ برابر عملیات دفن دارند وبدون درآمد هستند(۱۰).

در ایران هر شهروند تهرانی روزانه ۷۰۰gr، هر شهروند کرجی روزانه ۶۰۰ گرم و هر شهروند مشهدی در روز ۵۰۰ gr زباله تولید می کند و به طور متوسط با احتساب جمعیت ۶۰ میلیونی برای کشور ایران روزانه بیش از ۳۸۰۰۰ تُن زباله تولید می شود که اگر کلیه زباله های شهرها ایران به کمپوست تبدیل شوند (حدود ۷۰٪ زباله های شهری ایران قابلیت تبدیل به کمپوست را دارند) دو میلیون تُن کمپوست حاصل می شود که نیاز به کود آلی ۳ میلیون هکتار از اراضی زراعی کشور را تأمین خواهد نمود. استفاده از کمپوست در مزارع کشاورزی و تاکستان ها به میزان ۱۴٪ عملکرد زمین را افزایش می دهد(۱۹) .

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱- مواد آلی در خاک

مواد آلی خاک حاصل فساد و تجزیه باقیمانده های گیاهی و حیوانی توسط موجودات ذره بینی شامل باکتریها، قارچها، اکتینومیستها و سایر موجودات هستند. معمولا" سرعت فساد مواد آلی ساده سریعتر است و بعضی از ترکیبات آلی مانند لیگنین و هوموس به سهولت تجزیه نمی شوند و در نتیجه بیشتر مواد آلی خاک از این دسته هستند. به نظر می رسد که ماده آلی خاک از ترکیب لیگنین و پروتئین ساخته شده است که ساختمان مولکولی ثابتی ندارد. میزان عملکرد گیاهان زراعی، تابع مقدار مواد آلی خاک است. با شروع عملیات کشاورزی مقدار مواد آلی و میزان عملکرد محصول کاهش می یابد(۳۴) .

کودهای آلی محتوی موادغذایی هستند که همراه با مواد آلی می باشند. وقتی که میکروبها مواد آلی را در خاک تجزیه می کنند موادغذایی آزاد می گردند. درصد مواد غذایی با توجه به نوع منبع تولید کمپوست متفاوت است. زیرا کودهای آلی به عمل میکروب ها برای آزادسازی موادغذایی نیاز دارند. به همین دلیل است که این کودها را کودهایی با سرعت پایین رهاسازی موادغذایی می نامند.

عوامل مؤثر بر رهاسازی موادغذایی عبارتند از :

الف– نوع مواد آلی

ب– اندازه ذرات

ج– دمای محیط

د– جمعیت میکروب ها

هر چه رهاسازی موادغذایی کندتر باشد برای گیاه مفیدتر است زیرا مواد غذایی در دوره زمانی طولانی تری در اختیار گیاه قرار می گیرد این موضوع به ویژه در هنگام بارندگی و آبیاری بیش از اندازه زمین اهمیت بیشتری پیدا می کند(۷۱) .

مواد آلی به دو صورت هوازی و بی هوازی تجزیه می شوند. در این پروسه باکتری ها، قارچ ها، مخمرها واکتینومیست ها روی مواد آلی اثر می گذارند(۱۷) .

۱-۱-۱- تجزیه هوازی

وقتی مواد آلی در حضور اکسیژن تجزیه می شوند فرآیند هوازی گفته می شود. در تجزیه هوازی موجوداتی که اکسیژن مصرف می کنند، از مواد آلی تغذیه نموده و رشد می نمایند. معادله کلی تجزیه هوازی به صورت زیر است :

$$\text{ماده آلی} + O_2 + \text{باکتری} \longrightarrow \text{ماده آلی مقاوم} + \text{باکتریهای جدید} + SO_4^{2-} + CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{گرما} + \ldots$$

قسمت عمده کربن به شکل منبع انرژی توسط میکروبها مصرف می شود و به صورت CO_2خارج می شود .

در بسیاری از حالات NH_3اکسید شده و به نیترات تبدیل می شود(۱۸) . طبق واکنش زیر :

$$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow H_2O + HNO_3$$

۱-۱-۲- تجزیه بی هوازی

فاسدشدن مواد آلی بدون اکسیژن را تخمیر گویند. موجودات بی هوازی با تجزیه مواد غذایی ترکیبات آلی را احیاءمی کنند و همانندتجزیه هوازی ازت، فسفر و سایر مواد آلی را برای رشد و نمو پروتوپلاسمشان مصرف می نمایند اما ازت آلی را به اسیدهای آلی و آمونیاک تبدیل می کنند. در این روش کربن به شکل متان احیاء و آزاد می شود. احیاء مواد آلی گوگرد دار نظیر مرکاپتانها در اثر گندیدن با بوی نامطبوع همراه است. آزاد نشدن حرارت در طی تجزیه بی هوازی باعث می شود تا عوامل بیماریزا موجود در کمپوست از بین نرود(۱۸) .

۲-۱- تعریف کمپوست

کمپوست از واژه لاتین Compositus به معنای " آمیخته، مخلوط و یا ترکیب " گرفته شده است. کمپوست به اشکال زیر تعریف می شود :

الف– تجزیه بیواکسیداتیو حرارت زای کنترل شده مواد آلی به وسیله میکروارگانیسم های بومی در یک محیط هوازی گرم و مرطوب که منتهی به تولید CO_2 و H_2O و مواد آلی تثبیت شده و مواد معدنی می شود(۷۱) .

ب– محصول تجزیه مواد آلی نامتجانس است که توسط میکروارگانیسم های مختلف در حضور گرما و رطوبت در یک محیط هوازی انجام می گیرد.

ج– یک دوره زیست شناختی گیاهی و تغییر یافته است که به وسیله میکروارگانیسم های هوازی در درون توده انجام می شود و دمایی نزدیک به $^{\circ}C$ ۷۵- ۶۵ را پدید می آورد.

د– بقایای گیاهی و جانوری، زباله های شهری، لجن و فاضلاب است که تحت شرایط پوسیدگی شکل اولیه خود را از دست داده و بصورت پودری بنام کمپوست در می آید.

ه– تبدیل مواد آلی به ماده ای سیاه و غنی بنام هوموس[1] را گویند که مکملی بسیار سودمند برای خاک است(۱۲) .

و- بقایای موجودات زنده اعم از جانوران و گیاهان که در نتیجه فعالیت میکروارگانیسم ها به کمپوست تبدیل می شود که می تواند به عنوان غذای گیاهان مورد استفاده قرار گیرد. در واقع پدیده تولید کمپوست یک فرآیند کاتالیتیکی است که دارای توانایی تهیه مواد مغذی برای گیاه می باشد(۲۶) .

۳-۱- تاریخچه تولید کمپوست

اولین بار در قدیمی ترین دست نوشته های جهان یعنی کتاب" **دانه های خاک امپراتوری آکادین**[2]" به برگشت کودهای حیوانی به خاک اشاره شده است. واژه کمپوست اولین بار توسط یونانیان و مصریان قدیم به کار گرفته شد. در کتب کشاورزی مسلمانان، پروسه تولید کمپوست نشان داده شده است و در آنها بیان شده که کمپوست باعث حاصل خیزی خاک می شود. کاربرد کمپوست به سالهای قبل از میلاد مسیح بر می گردد بطوری که سرخ پوستان بومی قاره آمریکا از زمانهای قبل، از کمپوست برای افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده می کردند و این شیوه را به مهاجران اولیه این قاره آموختند. رومیان کمپوست را می شناختند به این علت که آنها از کود حیوانی پوسیده در خاک استفاده می نمودند. اولین بار کمپوست توسط یک سیاست مدار رومی بنام Marcus Cato بیش از دو هزار سال قبل استفاده گردید(۷۱) .

در اواسط قرن نوزدهم یکی از شیمیدانان آلمانی به نام Justus Von Leibig از استحصال خاکستر گیاهان به ازت، فسفر و پتاس دست یافت. در سال ۱۹۸۹ Peter Tomkins و Christopher Bird در کتاب" **اسرار خاک**" این موضوع را مطرح کردند. ده سال بعد Leibig به این حقیقت واقف شد که مواد حاصل شده (ازت، فسفر و پتاس) مواد شیمیایی نبوده اند بلکه مواد آلی به نام هوموس یا لیگنو پروتئین ها می باشند. با ظهور کشاورزی مدرن و ازدیاد تولید محصولهای زراعی میزان ضایعات کشاورزی به شکل بی سابقه ای افزایش یافت؛ بطوری که این ضایعات بصورت توده های عظیم، اراضی وسیعی را اشغال کردند و به عنوان یکی از مشکلات کشاورزی مدرن تلقی شدند. در نتیجه محققان تصمیم گرفتند تا راه حل منطقی برای تبدیل ضایعات به کمپوست اتخاذ نمایند(۲۶) .

بین سالهای ۱۹۳۴- ۱۹۰۵اولین بار در هندوستان فردی بنامSir Albert Howard به شیوه امروزی به تولید کمپوست دست زد(۲۶) .

---

[1] Humus

[2] clay tablets of the Accadian Empire

۱-۳-۱- تاریخچه تولید کمپوست درایران

در کشور ما بهره گیری از کود آلی در مصارف کشاورزی به شیوه سنتی از طریق دفن برگ و خس و خاشاک باغها و مزارع، از پیشنه ای کهن برخوردار است. همچنین استفاده از برجهای لانه کبوتری که از دیر باز در شهرهای مختلف ایران معمول بوده نشانه اهمیت بکار گیری مدفوع این پرندگان بعنوان کود آلی در مصارف کشاورزی است. در ایران تخلیه مستراحها به انضمام دیگر فضولات انسانی و دامی و مصرف آنها در مزارع کشاورزی نیز سابقه ای طولانی دارد(۳۱) .

در ایران متأسفانه طی سالهای گذشته بدون مطالعه مناسب در سیستم تولید کمپوست و نوع کمپوست اقدام به ساخت کارخانه می شد. سابقه استفاده از زباله های شهری درتولید کود به سال ۱۳۴۸بر می گردد. دراین سال اولین کارخانه تبدیل زباله به کود آلی در اصفهان راه اندازی شد. این کارخانه با ظرفیت ۱۰۰ تن زباله در روز احداث گردید. این کارخانه در جنوب شرقی زاینده رود فعالیت خود را آغاز و قریب به بیست سال کارکرد. در ابتدا محصول این کارخانه به علت نداشتن بازار فروش مناسب با مشکلات مالی روبرو بود اما پس از مدتی محصول آن مورد توجه کشاورزان قرارگرفت بطوریکه مدتها برای خرید آن در انتظار می ماندند. اقدام های اولیه برای احداث کارخانه جدید کمپوست اصفهان در سال ۱۳۶۰ آغاز شد و در سال ۱۳۶۸ این کارخانه با ظرفیتی معادل ۵۰۰ تن در یک شیفت روزانه شروع به کارنمود. این کارخانه در شمال شرق اصفهان واقع است(۱۷) . سیستم تولید کمپوست کارخانه اصفهان ازنوع غیر راکتوری و به صورت ویندرو معمولی است . مشکل این سیستم ایجاد بوی نامطلوب به دلیل بی هوازی بودن بخشی از فرآیند تولید است .

در سال ۱۳۵۱ شهرداری تهران یک کارخانه تولید کمپوست ازشرکت نیوسویل انگلستان خریداری نمود و در سال ۱۳۵۴ آماده بهره برداری گردید. طراحی کارخانه بر مبنای شهرهای بزرگ انگلستان انجام شده بود و چون به ترکیب فیزیکی و شیمیایی زباله های شهر تهران توجهی نشده بود این کارخانه با مشکلات فنی روبرو شد و از کار افتاد(۲۶،۱۴) . در سال ۱۳۷۰ قراردادی با یک شرکت ایرانی منعقد گردید و ساخت کارخانه ای در دو واحد ۱۰۰تنی در دو شیفت یعنی معادل دویست تن زباله در روز با رطوبت ۷۰٪ در اراضی کهریزک و در زمینی به مساحت ۵۰ هکتاراحداث گشت. این کارخانه قادر است روزانه ۴۰۰ تن کمپوست با رطوبت ۲۵٪ تولید نماید. کارخانه تولید کمپوست تهران از نوع راکتوری است و عمل تخمیر در برج های هاضم انجام می گیرد. کارخانه تهران به علت بالا بودن رطوبت زباله های شهر تهران دارای مشکل فنی است(۳۱) .

امروزه در شهرهای کرج، کرمانشاه و مشهد و... کارخانه های تولید کمپوست به طور صنعتی وجود دارد. در این شهرها از سیستم باز یا غیر راکتوری استفاده می شود(۱۸) . در مشهد تاریخچه احداث کارخانه به سی سال قبل بر می گردد که متأسفانه تا سال ۱۳۶۸ اجرای آن به طور جدی پیگیری نشده بود در سال ۱۳۷۵ شهرداری این شهر با عقد قراردادی با یک شرکت داخلی کارخانه ای را با ظرفیت ۲۵۰ تن زباله در هر شیفت را طراحی و اجرا نمود(۱۰) .

۴-۱- سیستم های تولید کمپوست

کمپوست را می توان به دو روش سنتی و صنعتی تولید نمود. در روش سنتی که بدون استفاده از شیوه های مکانیکی به اجرا در می آید زمان تخمیر طولانی تر است و از مواد کاملا" تجزیه پذیر استفاده می شود. در روش صنعتی دوره تخمیر کوتاه شده و از شیوه های مکانیکی جهت پردازش مواد و آماده سازی آنها استفاده می شود(۱۵) . به طور کلی سیستم های تولید کمپوست را به سه گروه زیر تقسیم می کنند:

۱-۴-۱- سیستم های بسته یا راکتوری

در سیستم های بسته عمل هضم و تجزیه مواد آلی در یک سری راکتور انجام می گیرد. در این سیستم ها، مهار عوامل مؤثر در کمپوست سازی مثل رطوبت، دما، pH و ... به سادگی امکانپذیر است(۱۵) . به دلیل کنترل بهتر پروسه، تهیه کمپوست در مدت زمان کمتری انجام می گیرد. البته باید کمپوست دو هفته در محیط روباز باقی بماند تا برای بسته بندی و فروش آماده گردد(۱۰) . سیستمهای بسته دارای انواع و اقسام زیادی هستند مانند بشکه ای، تونلی، برجی، ظرفی و .... ولی به طور کلی آنها را به دو دسته زیر تقسیم می نمایند:

الف- با بستر جامد: که به طور مرتب هم زده می شود .

ب- با بستر فشرده متحرک(۱۵)

از مزایای تهیه کمپوست در برجهای هاضم سهولت کنترل شرایط، زمان کوتاه تولید، اشغال فضای کم و کنترل آلودگی محیط زیست است. لیکن این سیستم دارای معایب زیر است:

- به کار گیری سیستم لاهای پیچیده مکانیکی و الکتریکی و سرمایه گذاری زیاد
- مصرف بالای برق و هزینه زیاد تعمیرات و نگهداری
- خوردگی جدار داخلی برجها به دلیل اسیدی بودن محیط
- هزینه زیاد راهبرد و نیاز به وجود کادر مجرب و متخصص
- عدم دسترسی کامل به کود در طی دوران تخمیر
- عدم کارآیی آن برای زباله های مرطوب

کارخانه کمپوست تهران سیستم کمپوست سازی از نوع بسته است(۳۱،۱۰) . لازم به ذکر است که مقدار رطوبت زباله در ایران به طور میانگین بالا است و استفاده از این سیستم در ایران کارآیی لازم را ندارد .

۲-۴-۱- سیستم های باز یا غیر راکتوری

این شیوه متداول ترین روش در تولید کمپوست در جهان است و همانطور که از نام آن بر می آید، فرآیند در محیط کاملا" باز انجام می گیرد. تعداد زیادی کارخانه در اروپا به این سیستم کمپوست تولید می نمایند مثلا"۱۰۰ کارخانه در آلمان، ۹۰کارخانه در فرانسه و ۲۰کارخانه در ایتالیا و...(۱۵) . در این روش مواد به صورت توده هایی منظم با ارتفاع ۱/۳- ۱ متر و عرض دامنه ۰/۸- ۱/۵ متر روی هم در فضای آزاد تلنبار می شوند. باید محل سیستم در تمام طول سال برای خودروها قابل عبور و مرور باشد و محل تولید کمپوست باید دارای شیب۳ – ۱درصد باشد تا در زمان بارندگی، آب باران به سادگی از درون توده ها خارج شود و خشک شدن کف توده تضمین شود. پایه توده نیازمند آماده سازی است زیرا نقش مهمی درزهکشی و فرآیندهای هوادهی دارد(۳۵) . عمل هوادهی در این سیستم به وسیله هم زدن و یا زیر و رو کردن انجام می شود. این سیستم از نظر تأمین اکسیژن به دو گروه تقسیم می گردد:

الف- روش ویندرو: پشته های مواد هر چند وقت یک بار هم زده می شود.

ب- روش بستر جامد ثابت: در این روش مواد کمپوست شونده ثابت بوده و هوادهی با کمک پنکه هایی به صورت معمولی یا تحت فشار انجام می شود(۱۵).

چون این سیستم نسبت به سیستم بسته ساده تر است لذا سرمایه اولیه کمتری نیاز دارد و هزینه نگهداری و تعمیرات آن کمتر است(۱۰) .

معایب تولید کمپوست به این روش عبارتند از:

- کند بودن نسبی فرآیند
- نیاز داشتن به سطح زیاد
- ایجاد شیرابه
- داشتن بوی نامطبوع، در صورت بی هوازی شدن فرآیند
- آزاد شدن بدون مهار گاز(۱۵)

این سیستم کمپوست سازی در شهرهای اصفهان، مشهد، شیراز، کرج و کرمانشاه دیده می شود.

۳-۴-۱- سیستم بسته با جریان افقی

در این شیوه تجزیه و هضم مواد در راکتورهای چرخشی استوانه ای شکل انجام می شود. در این راکتورها مواد جامد هم زده شده و به سمت جلو حرکت می نمایند(۱۵) .

۵-۱- انواع کود آلی

کود آلی در نتیجه فعالیت موجودات زنده حاصل می شود. کود آلی از لاشه و بقایای حیوانی، گیاهی، فضولات حیوانات و انسان و زواید زندگی آنها به وجود می آید. (۱۱) واژه " **آلی** " شامل کودهای ساخته شده از منابع غیر زنده نمی شود. کودهای آلی مانند جلبک های دریایی، کود مرغی یا کود گاوی، آرد پنبه دانه، لجن فاضلاب، آرد استخوان و کمپوست(۷۱) . به کود آلی حاصل از لاشه گیاه " **کمپوست** " گویند و در صورتی که گیاه سبز و تازه را در خاک دفن کنند " **کود سبز** " گویند. لاشه حیوانات کودهای خوبی تولید می نماید مثل آرد ماهی که در پسته کاریهای کرمان استفاده می شود. " **کود دامی یا اصطبلی** " که از فضولات دامها و طیور حاصل می شود. فضولات انسانی، کود رایج در صیفی کاری های اصفهان است. مواد زاید زندگی انسان، خاکروبه و فاضلاب در غالب کشورها به صورت کود در می آورند(۱۱) .

۱-۵-۱- کود حیوانی

کودهای حیوانی به دو دسته تقسیم می شوند:

الف– کودهایی که از فضولات حیوانات هستند مثل کودهای دامی که درصد عظیمی از کودهای آلی مصرفی دنیا را به خود اختصاص می دهد. اهمیت آن نسبت به سایر کودها آنقدر زیاد است که تقریبا" تمامی زارعین منظورشان از کود حیوانی، کود اصطبلی است.

ب- مرده تمام یا قسمتی از بدن حیوان مثل شاخ، مو، استخوان وآرد ماهی که در ایران دو مورد آخر مصرف زیادی دارند(۱۱) .

کود دامی فضولات مایع یا جامد حیوانات و کاه وکلشی است که برای تهیه بستر دام به کار رفته است و از دوقسمت جامد (۳ : ۲ وزن کل) و مایع (۳ : ۱ وزن کل) تشکیل شده است. تقریبا" نصف ازت، تقریبا" تمامی فسفر و ۵ : ۲ پتاس موجود در کود دامی در بخش جامد آن متمرکز است ولی قسمت مایع به علت داشتن مقدار زیاد ازت قابل جذب گیاه ارزش زیادی دارد. قسمت جامد کود دامی در واقع قسمتی از علوفه مورد مصرف جانور است که تحت تأثیر شیره لوله گوارش قرار گرفته ولی به صورت قابل جذب برای حیوان در نیامده است و برای آنکه توسط گیاه مورد استفاده قرار بگیرد باید ابتدا پوسیده شده و موادآلی آن به شکل ترکیبات معدنی در آید. در صورتی که قسمت مایع کود دامی از مواد حاصل از فعالیت سلولی بدن حیوان است و قسمت عمده ازت و پتاس آن قابل جذب است. چند کود دامی مهم عبارتند از:

۱- کوداسبی : از کود گاوی خشک تر است و به همان نسبت عناصر غذایی آن بیشتر است
۲- کود گاوی : کود گاوی و اسبی ترکیب مشابهی دارند
۳- کود گوسفندی: کود گوسفندی از کود اسبی و گاوی خشک تر است و از لحاظ غذایی غنی تر است
۴- کود مرغی: از کلیه کودهای فوق غنی تر است

ارزش کود دامی به خاطر سه ویژگی مهم آن است:

- تغذیه ای و شیمیایی