

بررسی کیفیت شیمیایی و ارزش کودی ورمی کمپوست تهیه شده از لجن فاضلاب شهری اصفهان

لیلا حمیدیان**

حسین موحدیان عطار*

عبدالرحیم پرورش*

(دریافت ۸۲/۷/۱۸ پذیرش ۸۳/۴/۲۰)

چکیده

استفاده از منابع مختلف مواد زائد آلی به ویژه لجن فاضلاب شهری و خانگی، برای بهبود حاصل خیزی خاک‌های کشاورزی رو به گسترش است؛ اما برای کاهش خطرات بهداشتی و محیطی لجن، بایستی قبل از کاربرد بر روی زمین آن را تثبیت نمود. امروزه فرایند کمپوست به کمک کرم‌های خاکی، برای تثبیت مواد زائد مورد توجه قرار گرفته است. از آن جا که گزارش‌های متناقضی راجع به مقادیر مواد مغذی (K,P,N) در ورمی کمپوست‌ها وجود دارد، این تحقیق به تعیین مقادیر مواد مغذی (K,P,N) و مواد آلی و نسبت C/N ورمی کمپوست حاصل از لجن فاضلاب شهری می‌پردازد و مقادیر مواد مغذی در کودهای دامی و ورمی کمپوست حاصل را با یکدیگر مقایسه می‌نماید. غذای مورد نیاز یک‌ماه کرم‌های خاکی، از اختلاط ۸۵ درصد لجن فاضلاب خام آب‌گیری شده و ۱۵ درصد عامل حجیم کننده، آماده شد. مقادیر مواد آلی فرار، نیتروژن، فسفر کل، پتاسیم کل، خاکستر و pH موجود در سوبسترای اولیه و ورمی کمپوست حاصل به ترتیب به روش سوزاندن خشک، ماکروکجلدال، کالری متری، فلیم فتومتری، گوتاس و روش اصلاح شده ارهارت و بورین تعیین گردیدند. مقادیر مواد آلی ورمی کمپوست، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و نسبت C/N به ترتیب ۳۶/۴۲، ۱/۰۴، ۱۱/۰، ۰/۶۲، ۷/۵ و ۲۲/۶۲ درصد بود. ورمی کمپوست حاصل، اصلاح کننده آلی مناسبی برای بهبود حاصل خیزی خاک‌های کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزش کودی، کمپوست لجن، ورمی کمپوست، کیفیت شیمیایی

Survey of Chemical Quality and Fertilizer Value of Vermicomposted Municipal Wastewater Sludge

Parvaresh, A. (Ph.D) ., Movahedian, H. (Ph.D), and Hamidian, L. (M.Sc.)
School of Pubic Health, Isfahan Univ. of Med. Sciences.

Abstract

Using of organic waste resources especially municipal wastewater sludges for improvement of agricultural soils' fertility is increasing, but in order to decrease environmental and health risks sludge must be stabilized before using in farms. Nowadays, vermicomposting process has been considered for stabilizing organic wastes. As, there is contravercial reports about concentration of nutrients (P,K.N), organic matters and C/N ratio in vermicomposts, this research study is performed to determine concentration of nutrients organic matters and C/N ratio in vermicomposts derived from municipal wastewater sludge. The concentration of nutrients in manure and vermicompost was compared with each other.

Eighty five percent of dewatered raw sewage sludge and 15% bulking agent were mixed to provide earthworms' food for a one month period. Concentrations of volatile organic matters, total nitrogen, total phosphorous, total potassium, Ash and pH in initial substrate and vermicomposted sludge were determined by dry agitation, macrokageldal, colorimetry, flamephotometry, Gotas, modified Burian and Erhart methods, respectively. Concentrations of organic matter, nitrogen phosphorous, potassium, pH and C/N ratio in vermicomposted sludge were 36.42%, 1.04%, 0.11%, 0.62, 7.5 and 22.62 respectively. The obtained vermicompost is a suitable organic amender for fertilizing of agricultural soils.

مقدمه*

*عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

**کارشناس ارشد شرکت آب و فاضلاب استان بوشهر

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک که بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را در ایران تشکیل می‌دهند، از نظر مواد آلی فقیر می‌باشند. برای بهبود باروری و حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی، افزودن مواد آلی به آن‌ها ضروری است، اما منابع محدود سنتی مواد آلی هم‌چون کودهای حیوانی، جوابگوی نیاز روز افزون بخش کشاورزی به کود آلی نیست [۱]. از این رو استفاده از مواد زائد مختلف دیگر هم‌چون مواد زائد جامد آلی، لجن فاضلاب، زائدات کشاورزی و مواد زائد صنعتی، به عنوان منبع مواد آلی رو به گسترش است. بعضی از این مواد زائد، قبل از استفاده بر روی زمین‌های کشاورزی و به منظور کاهش خطرات بهداشتی محیطی آن‌ها، بایستی پردازش شوند. اخیراً فرایند کمپوست با استفاده از کرم‌های خاکی کمپوست‌کننده، به عنوان یک فناوری آسان و یک فرایند طبیعت دوست، برای به دست آوردن کود آلی از مواد زائد و تثبیت مواد زائد به ویژه لجن فاضلاب خانگی و شهری و صنایع، مورد توجه قرار گرفته است [۵]. کود ورمی کمپوست حاصل از این فرایند، متشکل از فضولات کرم‌های خاکی، مواد بستری، مواد زائد آلی در مراحل مختلف تجزیه، کرم‌های خاکی در مراحل مختلف تکامل، و هم‌چنین میکروارگانیسم‌های مربوط به فرایند کمپوست می‌باشد [۶]. از آنجا که راجع به مقدار مواد مغذی موجود در این نوع کمپوست گزارش‌های متناقضی وجود دارد [۷]، در این پژوهش با توجه به گسترش استفاده از لجن فاضلاب در کشاورزی، به بررسی ارزش کودی و مقدار مواد مغذی موجود در ورمی کمپوست حاصل از آن پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

ابتدا کلیدهای شناسایی کرم‌های خاکی^۱ شامل روشن‌تر بودن انتهای دم نسبت به دیگر قسمت‌های بدن، ظاهر راه راه نوارهای تیره و روشن به صورت یک در میان، ترشح مایع بدبوی زرد رنگ در اثر تحریک کرم، مشخص گردید [۹ و ۸ و ۲]. سپس با توجه به این مشخصات کرم‌های خاکی از محل تجمع فضولات گاوی روستای شیر خوار کلای قائم شهر مازندران، به روش دستی جمع‌آوری، و به بستر اولیه (ارتفاع ۲۱ سانتی متر) متشکل از مخلوط کود گاو (محل طبیعی زندگی‌شان) و خاک برگ وارد شد و در این بستر با کاهو تغذیه

گردید. سپس برای عادت دادن کرم‌های خاکی به خوردن لجن فاضلاب شهری، به غذای آن‌ها به تدریج لجن در مقادیر ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۸۵ درصد اضافه شد.

برای جایگزینی برگ درخت به جای کاهو، ۲۰ درصد برگ نیمه پوسیده به بستر غذایی کرم‌ها اضافه شد. پوسیده بودن برگ‌ها سبب از بین رفتن ترکیبات بد مزه پلی فنولیک برگ‌ها و خوشمزه شدن آن‌ها می‌شود [۳]. لجن خام مورد استفاده برای تغذیه کرم‌های خاکی از خروجی حوضچه تغلیظ تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان برداشت گردید و به منظور افزایش غلظت جامدات آن، با استفاده از بسترهای شنی آب‌گیری شد. به این ترتیب که در دو سطل پلاستیکی ۱۰ لیتری با کف مشبک به ترتیب شن ریز به ضخامت حدود ۱۰ cm و ماسه ریز به ضخامت حدود ۵ cm و سپس لجن خام ریخته شد. ۲۴ ساعت بعد رطوبت لجن به حدود ۸۰ درصد رسید. سپس هر مخلوط غذایی با توجه به میزان تغذیه اپتیمیم ۰/۷۵ کیلوگرم غذا به ازاء هر کیلوگرم کرم خاکی در روز [۱۰]، برای تغذیه ۳ روز کرم‌های خاکی از اختلاط لجن با کاهو و برگ پوسیده آماده گردید.

مطالعه پایلوتی:

ابتدا با توجه به میزان دانسیته استوک ۱/۶ کیلوگرم کرم خاکی به ازای هر متر مربع [۱۰]، سبدی به مساحت ۰/۱ مترمربع برای زندگی ۱۶۱/۵ گرم کرم خاکی بالغ خو گرفته شده به خوردن لجن تهیه شد، سپس با توجه به میزان تغذیه اپتیمیم ۰/۷۵ کیلوگرم غذا به هر کیلوگرم کرم خاکی در روز، سوپسترای متشکل از ۸۵ درصد لجن فاضلاب شهری خام آب‌گیری شده (۳/۰۸ کیلوگرم) و ۷/۵ درصد کاه (۲۷۲ گرم) و ۷/۵ درصد برگ پوسیده درختان انجیر، گردو، بسک، کبوده و چنار برای تغذیه یک ماه کرم‌های خاکی فراهم گردید و در سبد ریخته شد. برای تلقیح میکروبی و فراهم کردن بستر مناسب برای کرم‌های خاکی، در هنگام گریز از شرایط نامساعد محیط مواد غذایی [۱۱]، سبد کوچکی حاوی ورمی کمپوست حاصل از مراحل خو گرفتن کرم‌ها، بر روی سوپسترا قرار داده شد و کرم‌های خاکی به آن اضافه گردید. برای ایجاد محیط تاریک و مناسب برای فعالیت کرم‌ها، روی سبد با مقوا پوشانده شد. مدت زمان پایلوت ۵۶ روز در نظر گرفته شد که در این مدت دما، به صورت روزانه و pH به صورت هفتگی، اندازه‌گیری و کنترل گردید و برای حفظ رطوبت بستر در حد

^۱ Eisenia Fetida

مناسب (۶۰ تا ۸۰ درصد) سطح بستر در مواقع مناسب آب پاشی گردید.

آنالیز شیمیایی

مقادیر مواد آلی فرآر، رطوبت، خاکستر، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم کل موجود در سوبسترای اولیه (مخلوط لجن خام و عامل حجیم کننده) قبل از شروع فرایند و در ورمی کمپوست حاصل، پس از ۹ هفته، اندازه‌گیری شد.

مقدار رطوبت به روش خشک کردن نمونه در ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ الی ۲۳ ساعت [۱۲]، مقدار مواد آلی فرآر به روش سوزاندن باقی‌مانده خشک در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت [۱۲] و مقدار کربن کل به روش سوزاندن باقی‌مانده خشک در ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت و اندازه‌گیری خاکستر، با استفاده از فرمول (درصد خاکستر = $100 - 1/8C$) تعیین مقدار گردید [۱۳]. میزان نیتروژن کل به روش ماکر و کجلدال اندازه‌گیری شد [۱۴]. برای اندازه‌گیری مقادیر فسفر و پتاسیم کل، ابتدا نمونه‌ها در ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک [۴] و سپس تا $2 \text{ mm} \leq$ آسیاب شد و به روش سوزاندن

خشک و ترکیب با اسید کلریدریک عصاره‌گیری گردید [۴] و [۱۵]. آن‌گاه پتاسیم کل به روش فلیم فتومتری [۴] و فسفر کل به روش کالری متری (اندازه‌گیری با اسید آسکوربیک) تعیین شد [۱۵]. pH نیز به روش اصلاح شده ارهات و بورین [۱۶] اندازه‌گیری شد؛ بدین ترتیب که ابتدا سوسپانسیون (w/v) ۱:۱۰ نمونه با آب دیونیزه تهیه و به مدت نیم ساعت شیکر شد سپس pH آن تعیین گردید.

نتایج

همان‌طور که در جدول ۱ مشهود است، مقدار مواد آلی فرآر از ۴۴/۶۲ به ۳۶/۴۲ درصد رسید. مقدار نیتروژن کل از ۰/۹۳ درصد در سوبسترای اولیه مورد تغذیه کرم‌ها پس از ۹ هفته به میزان ۱/۰۴ درصد در ورمی کمپوست رسید و نسبت C/N نیز از ۳۲/۷۳ به ۲۲/۶۲ کاهش یافت. مقدار پتاسیم کل و فسفر کل در ورمی کمپوست نسبت به سوبسترای اولیه به ترتیب ۷/۵۵ درصد و ۴/۵۷ درصد کاهش یافت. در طول این مطالعه دما از ۱۲ درجه سانتی‌گراد تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد تغییر نموده و pH سوبسترای اولیه ۷ و pH ورمی کمپوست ۷/۵ بود.

جدول ۱- کیفیت فیزیکی شیمیایی مواد مورد استفاده در سوبسترای مورد تغذیه کرم‌ها، سوبسترای اولیه و ورمی کمپوست حاصل

نمونه	مواد آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	نسبت کربن به نیتروژن	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	pH	رطوبت (درصد)
برگ پوسیده (۱)	۹۱/۷۲	۰/۹	۴۲/۶	۰/۰۵	۲/۴	-	۶/۷
کاه	-	۰/۲۳	۲۰۰	۰/۱۷	۲/۵	-	۴/۶
لجن فاضلاب شهری خام مورد استفاده در تهیه غذای کرم‌ها	۴۸/۶	۳/۹	۵/۸	۰/۳۸	۰/۱۳	۷	۸۴/۸
سوبسترای اولیه مورد تغذیه کرم‌های خاکی (۲)	۴۴/۶۲	۰/۹۳	۳۲/۷۳	۰/۱۲	۰/۶۷	۷	۶۴/۷
ورمی کمپوست حاصل	۳۶/۴۲	۱/۰۴	۲۲/۶۲	۰/۱۱	۰/۶۲	۷/۵	۵۹/۶

۱- منظور از برگ پوسیده مخلوطی از برگ‌های پوسیده درختان انجیر، بسک، کیوده، گردو و چنار می‌باشد.

۲- سوبسترای اولیه مخلوطی از لجن فاضلاب خام شهری و ۷/۵ درصد کاه و ۷/۵ درصد برگ پوسیده می‌باشد.

بحث

می‌شود [۲۰ و ۲۱]، کرم‌های خاکی نیز قبل از آنالیز از ورمی کمپوست جدا می‌شوند به همین علت غلظت فسفر در ورمی کمپوست کاهش می‌یابد. بر خلاف این مطالعه، هارتستین و هارتستین، [۲۰] الویرا و همکارانش [۱۹]، نجوا و تامپسون [۱۰] شاهد افزایش غلظت فسفر در ورمی کمپوست نسبت به سوبسترای اولیه بوده‌اند که علت این تفاوت‌ها می‌تواند مدت زمان فرایند، کیفیت مواد مورد مصرف کرم‌ها، شرایط آزمایش و ... باشد.

طبق جدول ۲ در مقایسه مقادیر فسفر و پتاسیم و نیتروژن ورمی کمپوست با استانداردهای اروپایی کمپوست و رهنمون NSDOE مقدار پتاسیم و نیتروژن از حد اقل مقدار توصیه شده NSDOE بیشتر است و مقدار نیتروژن ورمی کمپوست حاصل از نظر استاندارد اروپایی، کمپوست قابل قبول می‌باشد.

همان طور که در جدول ۲ مشخص است، مقدار مواد مغذی موجود در ورمی کمپوست تهیه شده از لجن خام فاضلاب شهری، در گستره مقدار مواد مغذی موجود در اکثر کودهای دامی [۲۲] قرار دارد.

مقدار مواد آلی فرار در اثر تجزیه کاهش یافت که با توجه به استاندارد اروپایی قابل کاربرد برای کمپوست [۱۷] و رهنمون NSDOE^۱ مقدار آن در حد مطلوب می‌باشد. کاهش نسبت کربن به نیتروژن نیز نشان دهنده، معدنی شدن مواد آلی می‌باشد، که مطابق استاندارد کانادا (نسبت C/N کمتر از ۲۵) و رهنمون NSDOE مقدار آن مناسب می‌باشد. مقدار pH ورمی کمپوست نیز در گستره توصیه شده از سوی NSDOE [۱۸] قرار دارد و مقدار رطوبت فراورده‌های حاصل از نظر استاندارد اروپایی کمپوست [۱۷] قابل پذیرش است (جدول ۲). پتاسیم یک عنصر محلول در آب می‌باشد، که توسط آب اضافی خروجی از بستر شسته می‌شود [۱۹]؛ بنابراین غلظت آن در ورمی کمپوست نسبت به سوبسترای اولیه، کاهش یافته است. الویرا و همکارانش [۱۹] هارتستین و هارتستین [۲۰] و میشل آلن [۲۱] نیز همانند این مطالعه به کاهش غلظت پتاسیم دست یافتند. در طی این فرایند، فسفر آزاد شده به شکل معدنی، جذب بافت کرم‌های خاکی

¹ Nova Scotia Department Environment.

جدول ۲- مقایسه کیفیت ورمی کمپوست حاصل با استانداردهای کمپوست و کیفیت کودهای حیوانی [۱۷، ۲۲، و ۲۳]

استانداردها	کودهای حیوانی							ورمی کمپوست تهیه شده از لجن	نمونه پارامتر
	NSDOE [۱۸]	اروپا [۱۷]	گوسفند [۲۳]	جوجه آب پز [۲۲]	جوجه کبابی [۲۲]	خوک [۲۲]	گاو [۲۲]		
>۳۰	بیشتر از ۲۰	-	-	-	-	-	-	۳۶/۴۲	مواد آلی (درصد)
۲۲		-	-	-	-	-	-	۲۲/۶۲	C/N
حداقل ۰/۶ درصد وزن خشک	کمتر از ۲ درصد کل جامدات	۰/۶۵	۱/۵	۰/۹	۰/۲	۰/۶	۱/۲	۱/۰۴	نیتروژن کل متوسط (درصد)
۰/۲۵	-	۰/۱۶	۰/۵	۰/۹	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۰/۱۱	فسفر کل متوسط (درصد)
۰/۲	-	۰/۸۶	۰/۶	۱/۱	۰/۲	۰/۵	۰/۷	۰/۶۲	پتاسیم کل متوسط (درصد)
۳۰-۵۰ درصد	کمتر از ۷۵ درصد	-	۶۶	۳۲	۹۷	۷۶	۵۵	۵۹/۶	رطوبت متوسط (درصد)
۵/۵-۸/۵	-	-	-	-	-	-	-	۷/۵	pH متوسط

نتیجه گیری

نظر مواد مغذی قابلیت رقابت با کودهای حیوانی را داشت که با توجه به فقر اکثر خاک‌های کشاورزی از نظر مواد آلی (کمتر از ۱ درصد) محصول حاصل، اصلاح کننده آلی مناسبی برای بهبود حاصل خیزی خاک‌های کشاورزی می‌باشد؛ اما از آنجا که مقدار فلزات سنگین موجود در لجن از نگرانی‌های عمده کاربرد لجن در کشاورزی است، قبل از کار برد ورمی کمپوست حاصل از لجن بر روی زمین، بایستی مقدار فلزات سنگین کل و قابل دسترس موجود در آن تعیین شود و برای حفظ بهداشت محیط و سلامت انسان‌ها عوامل بیماری‌زای موجود در آن اندازه‌گیری شود.

طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق، ورمی کمپوست حاصل از لجن خام فاضلاب شهری، از نظر مواد آلی نسبت به لجن خام و مخلوط لجن خام و عامل حجیم کننده، پایدارتر (ثبات شده‌تر) می‌باشد. نسبت کربن به نیتروژن فاکتور مهمی در تعیین کیفیت کودی است که با لا بودن آن باعث مصرف نیتروژن خاک و کاهش حاصل خیزی خاک و پایین بودن آن، باعث از دست رفتن نیتروژن به صورت آمونیاک می‌شود. آزمایش‌ها نشان داد که لجن خام و مخلوط لجن خام با عامل حجیم کننده، به ترتیب دارای نسبت‌های C/N بسیار پایین و نسبتاً بالا می‌باشند. در حالی که C/N ورمی کمپوست حاصل از لجن در حد مطلوب بود. هم‌چنین ورمی کمپوست حاصل، از

منابع

- ۱- پای بورده، ی. م.، ملکوئی، م. ج.، امیرمکری، ه.، نفیسی، م. (۱۳۷۹). "تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار" نشر آموزش کشاورزی.
- ۲- آشوری، ی. "شناسایی گونه‌های کرم‌خاکی در استان مازندران با توجه به گونه کمپوست *Eisenia fetida*". پایان نامه فوق لیسانس دانشکده محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۳- نوربخش، ف.، حاج عباسی، ع. (۱۳۷۷). "بیولوژی خاک". چاپ اول، انتشارات عزل.
- ۴- امامی، ع. (۱۳۷۵). "روش‌های تجزیه گیاه"، وزارت کشاورزی و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه آب و خاک، نشریه شماره ۹۸۲.
- 5-Jeabel, A., Kuppaswamy, G. (2001). "Recycling of Organic Waste for Production of Vermicomposting and its Response in Rice Legume Cropping System and Soil Fertility", European Journal of Agronomy, 15: 153-170.
- 6-Dickerson. G.W., "Vermicomposting Guide", (1999). Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University <http://www.cahe.nmsu.edu/PUBS/H/H-164.HTML.
- 7-Bansal, S., Kapoor, K.K. (2000). "Vermicomposting of Crop Residues and Cattle Dung with *Eisenia Foetida*", Bioresource Technology, 73: 95-98.
- 8-Pearce, T., "Species. Identification", (2000). (http://www.nurturingnature. Co. Uk /main/education a. htm).
- 9-Key to Reproductively Mature Earthworms Found in Canada. (Members. aol. com / ksmith 9526/Tecweek 10. htm_23k).
- 10-Ndgwa, P.M., Thompson. S. A., Das, K.C. (2000). "Effects of Stocking Density and Feeding Rate on Vermicomposting of Biosolids", Bioresource Technology; 71: 5-12.
- 11-Benitez, E. (1999). " Enzymes Activites as Indicators of the Stabilization of Sewage Sludge Composting with *Eisenia Fetida* ", Bioresource Technology, 67: 297-303.
- 12-APHA, AWWA, WPCF. (1995). " Standard Method for Examination of Water and Wastewater", 19th ed. Washington.
- 13-Gotas, H.B. "Composting", (1956). " Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes ", WHO. Geneva.
- 14-Theroux, F.R., Eldring, E.F., Manhan, W.L. (2001). " Laboratory Manual for Chemical and Bacterial Analysis of Water and Sewage ", 3rd ed, Michigan, McGraw – Hill.
- 15-Taye, A.L. (1986). "Methods of Soil Analysis: part II, Chemical and Microbiological Properties ". Madison, Wisconsin, ESA, American Society of Agronomy Inc., Soil Sci., Soc., Am.
- 16-Erhart, E., Burian, K. (1997). "Evaluation Quality and Suppressive of Austrian Biowaste Compost", Compost Sci. Utilization, 5(3) : 15-24.
- 17-Brinton, W. (2001). "An International Look at Compost Standard", Biocycle, 42 (4) : 74-76.
- 18-Nova Scotia Organic Grower Association. (2002). "Compost Quality", March, 6< www. Gks. Com/ NSOGA/compost. Php3 – 14K. (file : //A: compost 4. Htm).
- 19-Elvira, C. Sampedro, L., Benitez, E., Nogales, R. (1998). "Vermicomposting of Sludges from Paper Mill and Dairy Industries with *Eisenia Andrei*: a pilot – Scale study", Bioresource Technology, 63: 205-211.
- 20-Hartenstein, R. Hartenstein, F. (1981). "Physicochemical Changes Effected in Activaed Sludge by the Earthworm *Eisenia Fetida* ", J. Environ. Qual, 10: 377-382.
- 21- Mitchell, A. (1997). "Production of *Eisenia Fetida* and Vermicompost from Feed Cattle Manure ", Soil Biol Biochem, 29(3/4) : 763-766.
- 22-Briggs, D., Courtney, F., (1989). "Agriculture and Enviromment ", Singapore, Longman Scientific Technical.
- 23- EPA Organic Materials Management Strategies (1999). (www.epa . gov / epaoswer / non hw / compost / omns . pdf) EPA- 530-R-99, 16.