شماره ۹۳، زمستان ۱۳۹۰

نشریه زراعت

(پژوهش و سازندگی)

مقایسه خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست بدست آمده از کود گاوی تیمار شده با ملاس چغندر قند، تهویه و خاک

• **آتنا میربلوک** (نویسنده مسئول)

دانشجوی دوره کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

• **امیر لکزیان**

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

• **غلامحسین حق نیا**

استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ‌دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۶ تاریخ‌پذیرش: تیر ماه ۱۳۸۸

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۱۳۵۶۱۷

Email: alakzian@yahoo.com

چکیده

استفاده از کرم های خاکی برای تبدیل ضایعات آلی و فضولات دامی به عنوان یک راه حل مناسب مورد توجه محققین و برنامه ریزان شـهری و حافظین محیط زیسـت قرار گرفته اسـت. هضم ضایعات آلی در لوله گوارش کرم های خاکی تغییرات شیمیایی و فیزیکی قابل توجهی را در ورمی کمپوست حاصله بوجود می آورد. در این مطالعه تاثیر عواملی نظیر ملاس چغندر قند، تهویه و خاک بر روی تغییرات شیمیایی، فیزیکی و شاخص های رسیدگی ورمی کمپوست بدست آمده از کود گاوی در نه تیمار مختلف در قالب یک طرح کاملا تصادفی در یک دوره ۱۰۰ روزه بررسی شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که کربن آلی کل(TOC) در همه تیمارهای آزمایش با گذشت زمان کاهش و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم کل افزایش یافت. همچنین افزایش معنی داری درغلظت نیترات، فسفر و پتاسیم قابل دسترس در همـه تیمارها در پایان دوره ۱۰۰ روزه مشـاهده شـد. اما میزان آمونیـوم در انتهای دوره کاهش قابل توجهی یافـت. در نتیجه فعالیت کرم های خاکی pH مواد اولیه کاهش وEC آن افزایش یافت. چگالی ظاهری و حقیقی در بین همه تیمارها افزایش و به دنبال آنها درصد منافذ کل کاهش پیدا کرد. در میان شـاخص های بلوغ ورمی کمپوسـت میزان کربن محلول در آب (WSC)، نسبت NH_4/NO_3، نسبت C/N و مجموع لیگنین و سلولز (ADF) در پایان دوره به طور معنی داری کاهش یافت.

کلمات کلیدی: *Eisenia fetida*، درجه رسیدگی ورمی کمپوست ، ملاس چغندر قند، خاک، تهویه

www.SID.ir

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 93 pp: 25-33

Comparison of chemical, physical characteristics and maturity of produced vermicompost from cow manure treated with sugar beet molasses, aeration and soil

By: A. Mirbolook, Msc Student in Agriculture Faculty of Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding Author; Tel: +989151135617) A. Lakzian, Assistant Professor, GH. Haghnia, Professor of Agriculture Faculty of Ferdowsi University of Mashhad.

It has been considered by environmental researchers and municipal managers, that earthworms can used to convert organic waste and animal excreta to vwermicompost. Organic matters change markedly in the earthworm`s digestion system. In this study, the effect of sugar beet molasses, aeration, and soil on chemichal-physical properties and maturity of vermicompost was investigated. This experiment was carried out using nine different treatment with three replication in a completely randomized design. The results showed that total organic carbon (TOC) decreased dut total nitrogen, phosphorus and potassium increased during 100 days of incubation. In addition, nitrate concentration and available phosphorous and potassium increased in all treatment at the end of 100 days incubation. The amount of ammonium decreased noticeably. Electrical conductivity (EC) of all treatment increased but their acidity decreased. Bulk and particle density increased but total porosity of all treatments decreased significantly. Water soluble carbon (WSC), ADF (Lignin + Cellulose), NH4:NO3 and C:N (maturity indices) decreased in all treatments.

Key words: *Eisenia fetida*, Sugar beet molasses, Aeration, Soil, Maturity, Vermicompost

مقدمه

در صنعت پرورش حیوانات اهلی بویژه گاوداری های صنعتی حجم عظیمی از ضایعات آلی تولید می شود که با بهره گیری مفید از این ضایعات آلی می توان امکان بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی و حفظ حاصلخیزی خاک را فراهم کرد(۲، ۶). امروزه از کرم های خاکی برای تبدیل این ضایعات استفاده می کنند(۱۱) زیرا کرم های خاکی ضمن مصرف مواد آلی بخش وسیعی از مواد آلی را به شکل ماده آلی سیاه رنگ (Cast) دفع می کنند که به کمپوست حاصله از فعالیت های کرم خاکی ورمی کمپوست می گویند(۲۴). به دلیل تغییرات شیمیایی و فیزیکی و تغییر میکروفلورای مواد دفعی ورمی کمپوست از ویژگی های منحصر به فردی برای رشد گیاه برخوردار است (۱، ۲۸). شاید بتوان گفت از مهم ترین مزایای مواد دفعی کرم های خاکی در مقایسه با کمپوست معمولی، فراهمی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه می باشدکه این عمل با افزایش شدت معدنی شدن مواد آلی در لوله گوارش کرم های خاکی رخ می دهد. افزایش فرایند معدنی شدن به دلیل نقش های تحریک کننده کرم های خاکی در فرایندهای تجزیه و تبدیل مواد بوده و در نهایت ورمی کمپوست بدست آمده ترکیبی پایدار و یکنواخت است و آلودگی های کمتری نسبت به مواد اولیه دارد(۲۹). ورمی کمپوست به عنوان یک ماده اصلاح کننده خاک ها مطرح است و خصوصاً به عنوان یک ماده قابل استفاده در محیط های کشت گلدانی استفاده می شود.کاربرد ورمی کمپوست منجر به افزایش جوانه زنی، رشد، تولید بیشتر دانه و در کل افزایش عملکرد محصولات زراعی می شود. افزایش در رشد گیاه بعد از کاربرد ورمی کمپوست به دلیل ایجاد تغییرات مفیدی در بستر رشد گیاه است. این تغییرات شامل تغییر در ساختمان خاک، قابلیت دسترسی آب، افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف و پر مصرف، تحریک فعالیت های میکروبی، افزایش فعالیت های آنزیمی و تولید هورمون های محرک رشد است که همه این ها بر اثر رابطه متقابل بین میکروارگانیسم ها با کرم های خاکی به وجود می آیند(۳، ۱۴، ۲۷). نکته مهمی که در استفاده از ورمی کمپوست باید مورد توجه قرار گیرد ارزیابی پایداری و شاخص های رسیدگی ورمی کمپوست است. تغییرات زیستی و شیمیایی که در طول فرایند تولید ورمی کمپوست اتفاق می افتد، منجر به رسیدگی آن می شود(۲۱). شاخص های زیادی برای بررسی رسیدگی کمپوست و ورمی کمپوست وجود دارد. چا نیاساک و همکاران(۱۹۸۲) نسبت کربن آلی به نیتروژن (C/N) را در عصاره کمپوست بدست آمده از ضایعات شهری اندازه گیری کرده و عدد ۵/۶ بدست آمده را به عنوان یک شاخص برای رسیدگی این نوع کمپوست معرفی کردند. ولی بعدها مشخص شد که یک پارامتر به تنهایی نمی تواند بیانگر رسیدگی کمپوست باشد(۱۰). علاوه بر شاخص C/N، میزان کربن محلول در آب (WSC)، نسبت آمونیوم به نیترات و میزان سلولز و همی سلولز محصول نهایی از مهم ترین فاکتورهای رسیدگی کمپوست محسوب می شوند(۲۳، ۲۵). قطعاً تغییر فعالیت و رشد و نمو کرم های خاکی نیز روی رسیدگی ورمی کمپوست تاثیر گذار است اما تا کنون روی این موضوع گزارشی ارائه نشده است که عواملی نظیر غنی سازی بستر کرم خاکی، بهبود شرایط تهویه و هضم مواد آلی چه تغییراتی را در پروسه رسیدگی ورمی کمپوست ایجاد می کنند. به همین منظور در این مطالعه تاثیر عواملی مثل ملاس چغندر قند، تهویه و خاک روی تغییرات شیمیایی، فیزیکی و درجه رسیدگی ورمی کمپوست حاصله از کود گاوی در یک دوره ۱۰۰ روزه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

کود گاوی از یک گاوداری واقع در کیلومتر ۵ جاده کلات مشهد تهیه و به منظور خروج آمونیاک دو مرتبه با آب شهری شسته شده وسپس به آزمایشگاه منتقل گردید.کرم های خاکی گونه *Eisenia fetida* از موسسه

Archive of SID

تحقیقات آب و خاک تهران تهیه و به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی مشهد منتقل شد.آزمایش با نه تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از:

۱- ۱۰۰ درصد کود گاوی (C)،

۲- ۱۰۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی (CW)،

۳-۹۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰ درصد خاک (CWS)،

۴-۱۰۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + تهویه (CWA)،

۵-۹۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰ درصد ملاس چغندر قند (CWM)،

۶-۹۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰ درصد خاک + تهویه(CWSA)،

۷-۸۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰ درصد خاک + ۱۰درصد ملاس چغندر قند (CWSM)،

۸-۹۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰درصد ملاس چغندر قند + تهویه (CWAM)،

۹-۸۰ درصد کود گاوی + کرم خاکی + ۱۰درصد خاک + ۱۰درصد ملاس چغندر قند + تهویه (CWSAM). پس از تهیه تیمارها تعداد ۲۰ عدد کرم بالغ با مجموع وزن ۸/۵ گرم به هر گلدان دو کیلوگرمی از تیمارهای فوق اضافه شدند. همه گلدان ها در یک اتاق تاریک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با رطوبت ۷۵ درصد ظرفیت نگهداری آب به مدت ۱۰۰ روز نگهداری شد. برای اعمال تیمار هوادهی روزانه در دو نوبت (نیم ساعت) از یک کمپرسور استفاده شد.

در پایان هر دوره زمانی (۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز بعد از اینکوباسیون) نمونه ای یکنواخت از کود داخل گلدان ها برداشته و تجزیه های شیمیایی و فیزیکی بر روی نمونه های هوا خشک انجام شد. درصد کربن آلی کل با متد Walkley و Black (۱۹۳۴) و کربن محلول در آب(WSC) بعد از عصاره گیری با آب مقطر با دستگاه TOC متراندازه گیری شدند(۳۸). میزان نیتروژن کل بعد از هضم نمونه ها با اسید سولفوریک غلیظ با دستگاه کجلدال اندازه گیری شد(۷). نیترات بعد از عصاره گیری با سولفات مس با دستگاه یون متر مدل METROHM۷۸۱ و آمونیوم بعد از عصاره گیری با کلرید پتاسیم با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل WPA-S۲۰۰۰ اندازه گیری شد(۲۲). pH وEC درهمه نمونه ها با استفاده از آب مقطر در نسبت ۱:۱۰ (وزنی) اندازه گیری شدکه برای این منظور همه نمونه ها به صورت مکانیکی به مدت ۳۰ دقیقه شیک و از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۰ عبور داده شدند و به منظور تعیین فسفر و پتاسیم کل، نمونه ها با مخلوط اسید کلریدریک و اسید نیتریک غلیظ هضم شده وبه ترتیب با دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل WPA-S۲۰۰۰ در طول موج ۶۳۰ نا نومتر و دستگاه فلیم فوتومتر مدل JENWAY PFP۷ اندازه گیری شدند. فسفر قابل دسترس با متد Olsen (۱۹۵۴) و پتاسیم قابل دسترس با متد Simard (۱۹۹۳) تعیین شدند (۳۰، ۳۶). میزان لیگنین و سلولز با استفاده از متد Rowland (۱۹۹۴) تعیین شدند(۳۲). در بین پارامترهای فیزیکی وزن مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه مدرج، وزن مخصوص حقیقی به کمک پیکنومتر و درصد کل منافذ با فرمول Inbar (۱۹۹۳) تعیین شدند(۲۰). نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MINTAB بر مبنای طرح کاملا تصادفی مورد آنالیز قرار گرفت. میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن و مقایسات متعامد در سطح معنی داری ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار MSTATC مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که میزان pH در همه تیمارها به مرور زمان به طور معنی داری کم شده و به طرف شرایط اسیدی تغییرکرد(جدول۱). به نظر می رسد که کاهش pH در محصول نهایی به دلیل تولید CO_2 و اسیدهای آلی توسط میکرو ارگانیسم ها و کرم های خاکی باشد. از دیگر دلایل کاهش pH که توسط Gunadi در سال ۲۰۰۲ عنوان شده تبدیل بیولوژیکی مواد آلی به انواع مواد حد واسط و معدنی شدن شدید نیتروژن به نیترات، نیتریت و فسفر به ارتو فسفات می باشد(۱۸). Lee و Loh(۲۰۰۵) در بررسی تغییرات pH ورمی کمپوست کود گاوی و بزی تغییر pH را از حالت خنثی تا قلیایی به طرف شرایط اسیدی معرفی کردند(۲۴) که البته این نتایج توسط Ndgegwa و Gary نیز بدست آمد(۲۸،۱۶). افزایش تدریجی EC در تمامی تیمارها نیز مشاهده شد. به نظر می رسد که آزادی یون های قابل دسترس حاصل از تجزیه مواد آلی در طی فرایندهای هضم و دفع کرم های خاکی می تواند دلیلی بر افزایش EC در تیمارها باشد(جدول۱).

کربن آلی کل(TOC) به طور معنی داری با گذشت زمان در همه تیمارها نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۲). کربن به دلیل تنفس کرم های خاکی و میکروارگانیسم های موجود در بستر به صورت CO_2 متصاعد شده و از میزان آن کاسته می شود. کاهش کربن در تیمارهای مختلف بین ۲۳ تا ۳۶ درصد بود. تیمار شاهد کمترین میزان کاهش در کربن (۱۹/۸درصد) و ماکزیمم کاهش کربن هم در تیمار CWSAM با ۳۶ درصد مشاهده شد. به نظر می رسد به دلیل جمعیت و فعالیت بیشتر کرم های خاکی در اثر شرایط تغذیه ای مناسب در این تیمار میزان کربن آلی کاهش قابل توجهی پیدا کرده است. محققین دیگر نیز کاهش ۲۰تا ۴۰ درصدی کربن را در طول فرایند تولید ورمی کمپوست از انواع مختلف ضایعات گزارش کردند(۱۶،۱۳). نتایج حاصل از آزمایش Tripathi و Bhardwaj (۲۰۰۴) نیز نشان داد که میزان کربن در تیمار شاهد (بدون حضور کرم های خاکی) کمترین کاهش را داشته است (۳۷).

مقدار نیتروژن کل (TN) بر خلاف کربن آلی در تیمارهای مختلف آزمایش با گذشت زمان افزایش پیدا کرد. مقدار نیتروژن کل در گستره ای بین ۳/۵ تا ۹ گرم در کیلوگرم متغیر بود که این مقادیر به ترتیب متعلق به تیمار شاهد و تیمار CWSAM بود (جدول۲). به نظر می رسد که یکی از دلایل مهم افزایش تیتروژن کاهش میزان کربن کل باشد که بدلیل فعالیت کرم های خاکی و تجزیه مواد آلی حاصل می شود. وجود ملاس چغندر قند جمعیت و بیومس کرم های خاکی را افزایش می دهد که بیشترین مقدار افزایش نیتروژن هم در تیمارهای CWSAM وCWSM مشاهده شد. ترشح مواد نیتروژن دار، هورمون های محرک رشد و آنزیم های ترشحی توسط کرم های خاکی نیز از عوامل موثر در افزایش نیتروژن عنوان شده است(۳۵). Hartenstein (۱۹۸۱) گزارش کرد که کاهش pH فاکتور مهمی در حفظ نیتروژن است چراکه این عنصر در pH های قلیایی به صورت گاز آمونیاک تبخیر می شود (۱۹). اما به نظر می رسد مهم ترین دلیل افزایش در نیتروژن ورمی کمپوست، معدنی شدن مواد آلی باشد. برای بررسی این امر، تغییرات میزان نیترات و آمونیوم در کلیه تیمارها در طول مدت آزمایش در چهار نوبت اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که میزان نیترات در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش و میزان آمونیوم کاهش می یابد. افزایش در میزان نیترات بین ۳۱۰ تا ۶۱۰ میلی گرم در کیلوگرم

Archive of SID

www.SID.ir

در بین تیمارها متغیر بود که بیشترین آن در تیمار CWSM و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد. آمونیوم نیز در تیمار CWSAM بیشترین کاهش و در تیمار شاهد کمترین کاهش را نشان داد. Atiyeh و Edwards (۲۰۰۱) در مطالعه ای که بر روی ورمی کمپوست حاصل از کودهای خوک انجام دادند به نتایج مشابهی دست یافتند. و گزارش کردند که بیشتر نیتروژن معدنی در ورمی کمپوست در فرم نیترات بود در حالی که در شاهد بیشتر به فرم آمونیوم مشاهده شد(۱). از طرفی کاهش در میزان آمونیوم شاید یا به دلیل تبدیل شدن آن به نیترات باشد و یا به دلیل کم شدن pH ،که منجر به از دست رفتن بیشتر آمونیوم به صورت گاز آمونیاک می شود(۴). با توجه به این نتایج به نظر می رسدکه در فرایند تولید ورمی کمپوست عناصر غذایی به فرمهای قابل جذب برای گیاه تبدیل می شوند که در مورد نیتروژن فرم نیترات، شکل غالب این عنصر می باشد.

تغییرات میزان فسفر و پتاسیم تیمارهای مختلف در شروع و پایان آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان فسفر و پتاسیم قابل دسترس به طور معنی داری در همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافته است. فسفر قابل دسترس بین ۰/۷تا۳/۱۱ گرم در کیلوگرم به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار CWM در پایان ۱۰۰ روز افزایش یافت. Mansell (۱۹۸۱) در آزمایشی روی تبدیل بقایای گیاهی به ورمی کمپوست مشاهده کرد که مقدار فسفر قابل دسترس بعد از هضم بوسیله کرم های خاکی به طور معنی داری افزایش یافته است(۲۶). همچنین Satchell و Martein (۱۹۴۸) افزایش ۲۵ درصدی فسفر را در ضایعات صنعت کاغذ بعد از مصرف آنها توسط کرم های خاکی مشاهده کردند. دلیل آنها برای افزایش در فسفر به طور مستقیم به آنزیم های لوله گوارش کرم های خاکی و به طور غیر مستقیم بوسیله تحریک میکروفلورا معرفی شد(۳۳). از طرفی افزایش فسفر در طول فرایند تولید ورمی کمپوست می تواند به دلیل معدنی شدن و متحرک شدن فسفر براثر باکتری ها و فعالیت های آنزیمی از جمله آنزیم فسفاتاز درلوله گوارش کرم های خاکی نیز باشد(۱۲). با توجه به نتایج بدست آمده در این آزمایش در پایان ۱۰۰ روز بیشتر فسفر کل به فرم های قابل دسترس تبدیل شده است که این میزان از ۳۷ درصد در تیمار شاهد تا ۶۱ درصد در تیمار CWM متغیر بود. پتاسیم قابل دسترس نیز در ورمی کمپوست حاصله به طور معنی داری در همه تیمارها افزایش یافت. در همه تیمارها بین ۵۸ تا ۸۸ درصد از پتاسیم کل به فرم های قابل دسترس تبدیل شده است. چگالی ظاهری در طول دوره تولید ورمی کمپوست درهمه تیمارها به طور معنی داری با گذشت زمان افزایش یافت(جدول۴). به نظر می رسد که خرد شدن مواد در لوله گوارش کرم های خاکی در طی عمل هضم منجر به این افزایش شده است. الویرا و سامپدرو (۱۹۹۸) پس از بررسی تغییرات فیزیکی ورمی کمپوست، گزارش کردند که درصد ذرات کمتر از ۵ میلیمتر را مشاهده کرده که ۷۳ تا ۹۰ درصد کل ذرات را تشکیل می دادند. آنها گزارش کردند که یک واکنش مکانیکی در روده کرم های خاکی نسبت سطح به حجم ذرات را افزایش می دهد که این امر سبب افزایش چگالی می شود(۱۳). نتایج این تحقیق نشان داد که چگالی حقیقی بین ۰/۱۸ تا ۰/۲۴ گرم بر سانتی متر مکعب افزایش یافت(جدول۴) ولی میزان این افزایش کمتر از چگالی ظاهری بود. دلیل تغییرات چگالی حقیقی تغییر ماهیت مواد اولیه و تبدیل آنها به ورمی کمپوست با چگالی بیشتر می باشد. افزایش در چگالی ظاهری منجر به کاهش تدریجی میزان منافذ می شود که این امر منجر به تغییر توزیع فاصله منافذ در توده کود شده که نتیجه آن کاهش میزان منافذ دارای هوا و افزایش میزان نگهداری آب در ورمی کمپوست است. در بین شاخص های رسیدگی و پایداری ورمی کمپوست نسبت C/N، نسبت WSC، NH_4/NO_3 و ADF (مجموع لیگنین و سلولز) مورد ارزیابی قرار گرفتند . کربن محلول در آب (WSC) یکی از شاخص های ارزیابی رسیدگی کمپوست می باشد. معمولاً زمانی که کربن محلول در آب کمتر از ۰/۵ باشد کمپوست رسیده تلقی می شود(۱۵،۵). نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که مقدار کربن محلول در آب در همه تیمارهای آزمایشی با گذشت زمان تغییر می کند ولی میزان کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بود. تیمار شاهد با ۰/۱۴ درصد و تیمار CWSAM با ۰/۲۴ درصد به ترتیب کمترین و بیشترین کاهش را نشان دادند. سرعت کاهش کربن محلول در آب تا هفته هشتم بسیار شدید بود و سپس تا پایان آزمایش میزان کاهش کربن محلول در آب از سرعت کمتری برخوردار بود. میزان کربن محلول در آب درپایان دوره ۱۰۰ روزه در همه تیمارها کمتر از ۰/۴۲ بود. نسبت C/N یکی از مهم ترین شاخص های مورد استفاده برای رسیدگی ضایعات آلی است که توسط بسیاری از محققین مورد استفاده قرار می گیرد. در همه تیمارهای آزمایشی با گذشت زمان نسبت کربن به نیتروژن کاهش پیدا کرد. C/N نهایی در گستره ای بین ۱۶/۹۴تا ۲۹/۷۵ به ترتیب در تیمارهای CWSAM و شاهد مشاهده شد. شکل ۱ تغییرات نسبت کربن به نیتروژن را در تیمارهای مختلف آزمایش در زمان های صفر و ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز پس از آزمایش نشان می دهد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که حضور کرم خاکی در کاهش C/N بسیار تاثیر گذار بود اما تیمار تهویه و ملاس چغندرقند تاثیر کمتری بر روی C/N داشتند. کاهش نسبت C/N معمولاً با خروج CO_2 و افزایش نیتروژن بر اثر تولید مواد موکوسی و دفع مواد نیتروژنی در همه تیمارها مشاهده شد که این نتیجه خارج از انتظار نبود. طبق نظر Senesi و همکاران (۱۹۸۹) کاهش نسبت C/N به کمتر از ۲۰ نشان دهنده افزایش درجه پایداری و رسیدگی کمپوست است(۳۴). در آزمایشی که توسط Levi- Minzi و همکاران (۱۹۸۶) برای تولید کمپوست از ضایعات خانگی انجام شد، گزارش شد که نسبت C/N بعد ازگذشت سه ماه شروع به کاهش می کند، اما دراین آزمایش کاهش C/N بعد از گذشت ۳۰ روز از زمان شروع آزمایش در همه تیمارها مشاهده شد. دلیل این امر شاید سرعت تجزیه بیشتر وافزایش شدت معدنی شدن مواد آلی در حضور کرم های خاکی باشد(۲۳). مشاهدات مشابهی نیز بوسیله Bansal و همکاران (۲۰۰۰) در این زمینه گزارش شده است(۲). نسبت بین فرم های معدنی نیتروژن نیز به عنوان یک معیار برای ارزیابی رسیدگی ورمی کمپوست مطرح است. در ارزیابی پایداری کمپوست یا ورمی کمپوست از نسبت NH_4/NO_3 استفاده می شود که معمولاً این نسبت در پایان فرایند کمپوست شدن کاهش می یابد. Bernal و همکاران (۱۹۹۸) با مطالعه روی بیشتر ضایعات آلی عدد ۰/۱۶ را به عنوان حد شاخص رسیدگی کمپوست برای نسبت NH_4/NO_3 معرفی کرده اند(۵). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در تیمارهای آزمایش در همه موارد نسبت NH_4/NO_3 پس از گذشت ۶۰ روز به کمتر از این حد مجاز رسیده است. هر چه نسبت NH_4/NO_3 کمتر باشد یعنی فرایند نیتریفیکاسیون خیلی خوب در حال انجام است. شکل ۲ تغییرات نسبت

Archive of SID

NH_4/NO_3 را در زمان های مختلف نشـان می دهد. لیگنین و سـلولز از شـاخص های مهم ارزیابی رسیدگی ورمی کمپوست و کمپوست می باشد. میزان تجزیه این مواد در طول فرایند تولید ورمی کمپوسـت دارای اهمیت اسـت. لیگنین شـامل ترکیبات آروماتیک بوده که مقاومت بیشتری نسبت به تجزیه دارد و سلولز شامل قندها، پرئتئین ها و پلی ساکاریدها می باشد که به سـهولت تجزیه می شـوند(۸). میکروارگانیسم ها و کرم های خاکی موجود در بستر با کمک آنزیم های ویژه ای فرایند تجزیه این مواد را انجام مـی دهنـد. مجموع لیگنین و سـلولز با پارامتر جداگانـه ای تحت عنوان Acid Detergent Ffibre (ADF) تعریف می شـود. مقادیر ADF در چهار نوبت در تمامی تیمارهای آزمایش اندازه گیری شـد. نتایج نشان داد که میزان ADF با گذشت زمان کاهش پیدا کرد. شدت کاهش یا در واقع شـدت میزان تجزیه در تیمارهای دارای ملاس چغندرقند بیشـترین و در تیمارهـای دارای خـاک کمترین مقدار بود. کمتریـن کاهش با میزان ۱۹ درصـد در تیمار CWS و بیشـترین کاهش با مقـدار ۵۱ درصد در تیمار CWAM مشـاهده شـد. Ramos و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه تبدیل ضایعات کاه و کلش گندم به کمپوست به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۱). شـکل ۳ تغییرات ADF را در تیمارهای مختلف آزمایش در فواصل زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز نشان می دهد.

جدول ۱- تغییرات میزان pH وEC در تیمارهای مختلف درمواد اولیه (IM) و محصول نهایی (FP)

تیمارها	pH		EC	
	IM	FP	IM	FP
C	۸/۰۹ a	۷/۷۳ b	۱/۰۶ a	۲/۵ b
CW	۸/۱ a	۷/۶۸ b	۱/۰۶ a	۳/۱ b
CWS	۷/۸۴ a	۷/۴۳ b	۱/۰۸ a	۲/۹۸ b
CWA	۸/۰۸ a	۷/۴ b	۱/۰۶ a	۳/۳ b
CWM	۸/۱ a	۷/۴۱ b	۲/۴۵ a	۴/۸۶ b
CWSA	۷/۸۳ a	۷/۲۱ b	۱/۰۸ a	۲/۸۲ b
CWSM	۷/۸۸ a	۷/۳۳ b	۲/۰۴ a	۵/۲ b
CWAM	۸/۰۸ a	۷/۲۲ b	۲/۵ a	۵/۳۲ b
CWSAM	۷/۸۸ a	۷/۲۴ b	۲/۰۱ a	۵/۲۸ b

جدول ۲- تغییرات میزان عناصردر تیمارهای مختلف درمواد اولیه (IM) و محصول نهایی (FP)

تیمارها	TOC (gr/kg)		TN (gr/kg)		NO^{-3} (mg/kg)		NH^{+}_{4} (mg/kg)	
	IM	FP	IM	FP	IM	FP	IM	FP
C	۵۸۰/۲۳ a	۴۹۵/۳ b	۱۲/۷۷ a	۱۵/۶۴ b	۱۹۰ a	۵۲۰ b	۶۰/۲۶ a	۳۹/۶۵ b
CW	۵۸۰/۳۵ a	۴۴۱/۵ b	۱۲/۶۷ a	۲۰/۶۳ b	۱۹۰ a	۶۴۰ b	۶۰/۳۶ a	۳۵/۷۹ b
CWS	۵۷۳/۵ a	۴۰۵/۵ b	۱۱/۷ a	۱۸/۷۳ b	۲۸۰ a	۶۱۰ b	۶۱/۲۷ a	۳۲/۶۸ b
CWA	۵۷۹/۵۶ a	۴۱۰/۲ b	۱۲/۶۷ a	۱۶/۱ b	۱۹۰ a	۶۰۳ b	۶۰/۰۶ a	۲۹/۵ b
CWM	۵۸۵/۲ a	۴۰۲/۱ b	۱۴/۳ a	۱۸/۰۲ b	۳۵۰ a	۷۸۵ b	۶۴/۴۳ a	۳۲/۱ b
CWSA	۵۷۳/۵ a	۳۷۰/۱۲ b	۱۱/۷ a	۱۷/۸۱ b	۲۸۰ a	۸۰۵ b	۶۱/۲۸ a	۲۱ b
CWSM	۵۸۲/۳۵ a	۴۰۵/۲ b	۱۳ a	۲۱/۲۳ b	۲۹۰ a	۹۰۰ b	۶۹/۱۴ a	۳۷/۵ b
CWAM	۵۸۵/۸ a	۴۲۰/۲ b	۱۴/۱۱ a	۲۰/۷۵ b	۳۵۰ a	۸۴۱ b	۶۴/۶۴ a	۳۰ b
CWSAM	۵۸۱/۹۵ a	۳۷۰ b	۱۳/۱۱ a	۲۱/۸۴ b	۲۹۰ a	۸۲۵ b	۶۹/۳۶ a	۲۵/۳ b

www.SID.ir

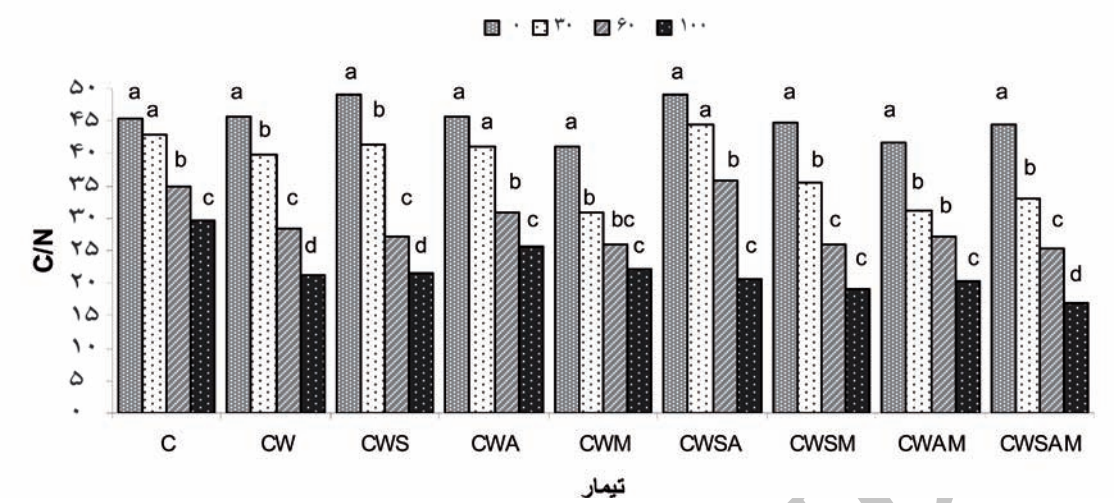
جدول۳- تغییرات میزان فسفر و پتاسیم کل و قابل دسترس در تیمارهای مختلف درمواد اولیه (IM) و محصول نهایی (FP)

تیمارها	TP (gr/kg)		PO_4^{-3} (gr/kg)		TK (gr/kg)		K+ (gr/kg)	
	IM	FP	IM	FP	IM	FP	IM	FP
C	۶/۶۲ a	۸ b	۲/۵ a	۳/۲ b	۱/۴۹ a	۲/۷۳ b	۱/۱۷ a	۱/۷ b
CW	۶/۶۲ a	۱۰ b	۲/۵ a	۳/۹ b	۱/۴۹ a	۳/۹۷ b	۱/۱۷ a	۲/۹ b
CWS	۷/۵۵ a	۹/۵ b	۲/۷ a	۳/۷ b	۱/۴۷ a	۳/۶۸ b	۱/۲۳ a	۲/۸۸ b
CWA	۶/۶۲ a	۸/۹ b	۲/۵ a	۳/۴ b	۱/۴۹ a	۵/۲۹ b	۱/۱۷ a	۴/۲۵ b
CWM	۵/۶۳ a	۱۱/۱۵ b	۲/۴ a	۵/۵ b	۵/۴ a	۹/۳۷ b	۴/۵۴ a	۷/۷۲ b
CWSA	۷/۵۵ a	۹/۱ b	۲/۷ a	۴/۳ b	۱/۴۸ a	۲/۸۶ b	۱/۲۲ a	۱/۹۳ b
CWSM	۴/۳۴ a	۷/۵ b	۱/۸ a	۳/۹ b	۳/۰۳ a	۷/۵۹ b	۲/۵۸ a	۶/۲۶ b
CWAM	۵/۶۳ a	۱۰/۰۳ b	۲/۴ a	۴/۹ b	۵/۲۴ a	۱۰/۴۸ b	۴/۵۲ a	۹/۲۴ b
CWSAM	۴/۳۴ a	۹/۴۲ b	۱/۸ a	۴/۱ b	۳ a	۵/۸۲ b	۲/۶۱ a	۳/۸۷ b

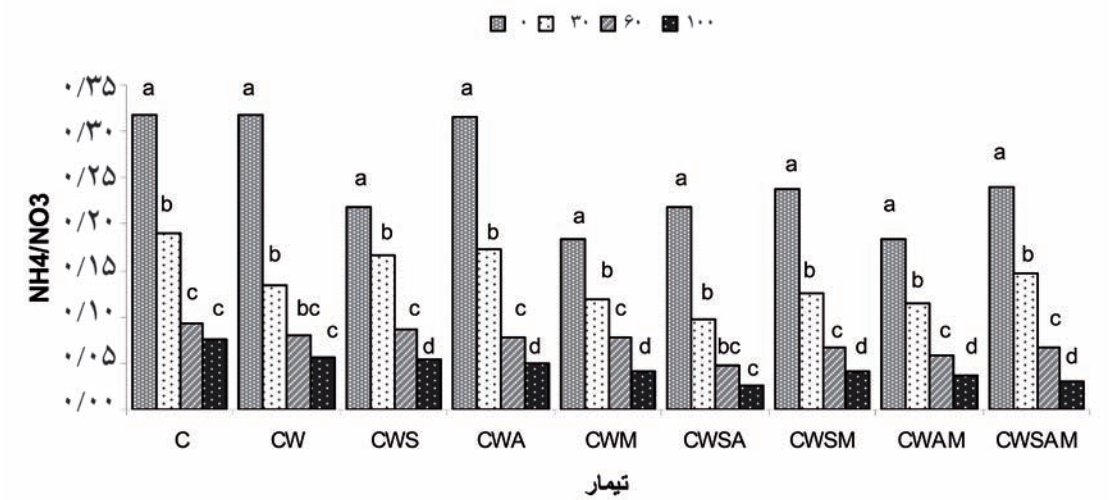
جدول۴- تغییر ویژگی های فیزیکی تیمارهای مختلف آزمایش درطول دوره تولید ورمی کمپوست

تیمارها	TP (gr/kg)				PO_4^{-3} (gr/kg)				TK (gr/kg)			
	۰	۳۰	۶۰	۱۰۰	۰	۳۰	۶۰	۱۰۰	۰	۳۰	۶۰	۱۰۰
C	۰/۳ c	۰/۳۶ b	۰/۴ b	۰/۴۹ a	۱/۷۲ b	۱/۷۳ b	۱/۸ b	۱/۹ a	۸۲/۵۶ c	۷۹/۱۹ b	۷۷/۷۸ b	۷۴/۲۱ a
CW	۰/۳۱ c	۰/۳۷ b	۰/۴۲ b	۰/۵۱ a	۱/۷ b	۱/۷۸ ab	۱/۸۲ ab	۱/۸۹ a	۸۱/۷۶ c	۷۹/۲۱ c	۷۶/۹۲ b	۷۳/۰۲ a
CWS	۰/۳۴ b	۰/۳۹ b	۰/۴۴ b	۰/۵۴ a	۱/۸ b	۱/۸۲ b	۱/۸۵ b	۱/۹۹ a	۸۱/۱۱ c	۷۸/۵۷ b	۷۶/۲۲ b	۷۲/۸۶ a
CWA	۰/۳۲ b	۰/۳۴ b	۰/۳۹ b	۰/۵ a	۱/۷۲ b	۱/۷۵ b	۱/۷۹ b	۱/۹۱ a	۸۱/b۴۰	۸۰/۵۷ b	۷۸/۲۱ b	۷۳/۸۲ a
CWM	۰/۴ b	۰/۴۲ b	۰/۴۶ b	۰/۶۹ a	۱/۹۱ b	۱/۹۴ ab	۱/۹۹ ab	۲/۲ a	۷۹/c۰۶	۷۸/۳۵ bc	۷۶/۸۸ b	۶۸/۶۴ a
CWSA	۰/۳۴ b	۰/۳۶ b	۰/۴۱ b	۰/۵۷ a	۱/۸ b	۱/۸۶ b	۱/a۹	۱/۹۸ a	۸۱/c۱۱	۸۰/۶۵ bc	۷۸/۴۲ b	۷۱/۲۱ a
CWSM	۰/۴۸ c	۰/۴۹ c	۰/۵۶ b	۰/۷۴ a	۱/۹۵ b	۱/۹۹ b	۲/۱ b	۲/۲ a	۷۵/c۳۸	۷۵/۳۸ c	۷۳/۳۳ b	۶۶/۳۶ a
CWAM	۰/۴ c	۰/۴۱ c	۰/۴۸ b	۰/۶۷ a	۱/۹۴ b	۱/۹۵ ab	۱/۹۸ a	۲ a	۷۹/c۳۸	۷۸/۷۹ c	۷۵/۷۶ b	۶۶/۵۰ a
CWSAM	۰/۴۸ c	۰/۵۱ c	۰/۵۸ b	۰/۸ a	۱/۹۶ b	۱/۹۸ b	۲ b	۲/۲ a	۷۵/c۵۱	۷۴/۲۴ c	۷۱/۰۰ b	۶۳/۶۴ a

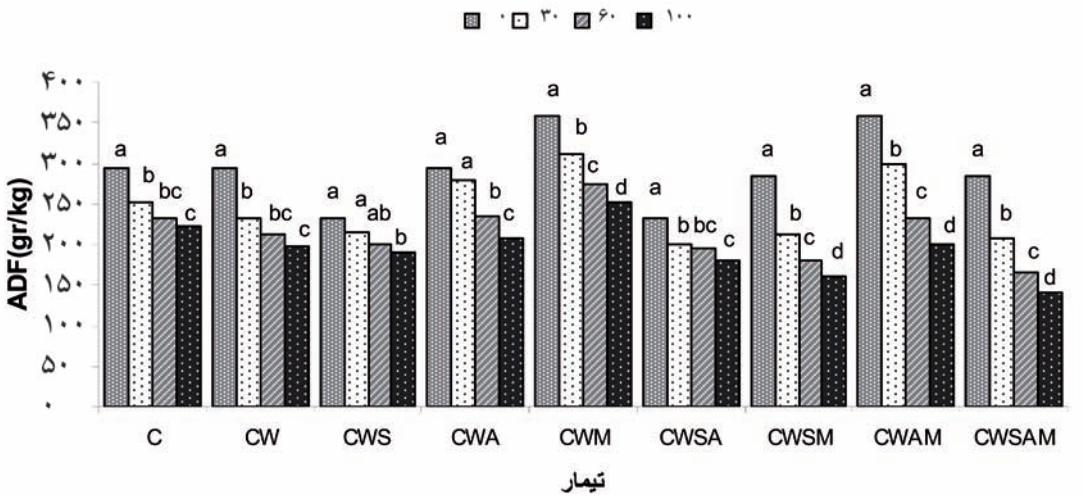
www.SID.ir



شکل ۱- تغییرات C/N ذر تیمارهای مختلف آزمایش در فواصل زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز



شکل۲- تغییرات NO_3/NH_4 در تیمارهای مختلف آزمایش درفواصل زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ روز



شکل۳- تغییرات ADF در تیمارهای مختلف آزمایش در فواصل زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و۱۰۰ روز

www.SID.ir

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و آزمایشگاه خاک شناسی دانشکده کشاورزی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

1- Atiyeh. R.M., Edwards. C.A., Subler. S. and Metzger. J.D. (2001) Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol*.78: 11-20.

2- Bansal. S. and Kapoor. K.K. (2000) Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia fetida*. *Biores. Technol*.73: 95-98.

3- Beeson Jr., R.C. (1996) Composted yard waste as a component of container substrate. *J. Environ. Hort*.14: 115-121.

4- Benito. M., Masaguer. A., Moliner. A., Arrigo. N. and palma. R. (2003) Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and Maturity of pruning wastes compost. *Boil. Fertil. Soil*.37: 184-189.

5- Bernal. M.P., Paredes. C., Sanehez. M.A. and Cegarra J. (1998) Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Biores. Technol*.63: 91-99.

6- Bhardwaj. K.K.R. (1995) *Recycling of crop residues oilcakes and other plant products in agriculture*. In: Tandon, H.L.S. (Ed.), Recycling of crop, Animal, Human nad Industrial Wastes in Agriculture. Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, pp.9-30.

7- Bremner. J.M. and Mu Lvaney. R.G. (1982) Nitrogen total. In: Page, A.L., Miller. R.H., Keeny. D.R. (Eds), Method of soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison.pp.575-624.

8- Brown. A. (1985) Review of lignin in biomass. *J. Appl. Biochem*. 7: 371-387.

9- Buckerfield. J.C. and Doube. B.M. (1991) Effects of tillage, crop rotation and stubble management on earthworms. S. *Aust. Dept Agric.* Tech. Pub. Pp.52-53.

10- Callahan. C.A. (1988) *Earthworms as ecoloxicological assessment tools,in Earthworms in waste and Enivironmental Management*, SPB Acacl. Publ. The Hague. The nether lands,pp.295-30.

11- Dminguez. J., Edwards. C.A. and Webster. M. (2000) Vermicomposting of sewage sludge: Effect of *Pedobiol*.44: 24-32.

12- Edwards. C.A. and Lofty. J.R. (1975) *The influence of cultivation on soil animal populations,in progress in soil zoology*, Academia publishing House, Prague,pp. 408.

13- Elvira. C., Sampedro. L., Benitez. E. and Nogales. R. (1998) Vermicomposting of sludge from paper mill and dairy industrial with *Eisenia andrei* :Apilot-Scale study. *Biores Technol*.63: 205-211.

14- Gallardo-Lara. F. and Nogales. R. (1987) Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: A review. *Biolog. Wast*.19: 35-62.

15- Garcia. C., Hernandez. T. and Costa. F. (1991) Changes in carbon fraction during composting and maturation of arganic wastes. *Environ. Manage*.15: 433-439.

16- Garg. V.k. and Kaushik. P. (2005) Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poulty droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida. Biores. Technol*.96: 1063-1071.

17- Goyal. S., Dhull. S.k. and Kapoor K.K. (2005) chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Biores. Technol*.96: 1584-1591.

18- Gunadi. B., Blount. C. and Edward. C.A. (2002) The growth and fecundity of *Eisenia fetida* in cattle solids pre-composted for different periods. *Pedobiol*.46: 15-23.

19- Hartenstein. R. (1981) Production of earthworms as a potentially economic source of protein. *Biotechnol. Bioengg*.23: 1797-1811.

20- Inbar. Y., Hadar. Y. and Chen. Y. (1993) Recicling of cattle manure: the composting process and characterization of maturity. *J. Environ. Qual*.22: 857-863.

21- Kale. R.D., Bano. K. (1986) *Field trials with vermicompost [Vee comp. E.83 USA] an organic fertilizer*. In: Dash, M.C,Senapati, B.K., Mishra, P.C.(Eds.), Proc. Natl. Sem. Org. Waste utilize. Vermicompost. Part B: Verms and vermicomposting. Fire Star Printing Press, Burla, India.pp.151-156.

22- Keeney. D.R. and Nelson. D.W. (1982) *Nitrogen-inorganic forms. In: page AL, miller RH, Kenney DR (eds)*. Methods of soil analysis, part2. Chemical and microbiology properties, 2nd edn. ASA, SSSA, Madison, Wis., pp.648-649.

23- Levi-Minzi. R., Riffaldi. R. and Saviozzi. A. (1986) Organic matter and nutrients in fresh and mature farmyard manure. *Agric. Wastes*.16: 225-236.

24- Loh. T.C., Lee. Y.C., Liang. J.B. and Tan. D. (2005) Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia fetida* and their growth and reproduction performance. *Biores Technol*.96: 111-114.

25- Maboeta. M.S. and Rensberg V.L. (2003) Vermicomposting of industrially produced woodchips and sewage sludge utilizing *Eisenia fetida*. Ecotoxi. Environ. *Safety*.56: 265-270.

26- Mansell. G.P., Syers. J.K. and Gregg. P.E.H. (1981) Plant availability of phosphorous in dead herbage ingested by surface-casting earthworms. *Soil Biol. Biochem*.13: 163-167.

Archive of SID

www.SID.ir

methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*.25: 269-277.

33- Satchell. K.J. and Martein. K. (1948) Phosphate activity in earthworm faeces. *Soil Biol. Biochem*.16: 191-194.

34- Senesi. N. (1989) Composted materials as organic fertilizers. *Sci. Total Environ*.81/82,521-524.

35- Shiraishi. K. (1954) *On the chemotaxis of the earthworm to carbon dioxide.* Sci. Rep. Töhohu Univ.20: 356-361.

36- Simard. R.R. (1993) *Ammonium acetate expectable elements.* In: Martin, R., Carter, S. (Eds), soil sampling and method of Analysis. Lewis publisher, Florida,USA, pp.39-43.

37- Tripathi. G. and Bhardwaj P. (2004) Decompostion of kitchen wastes amended with cow manure using an epigeic species (*Eisenia fetida*) and an anecic species (*Lampito mauritti*).Biores. *Technol*.92: 215-218.

38- Walkley. A. and Black. I.A. (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and prepared modifications of the chromic acid titration method. *Soil Sci*.34: 29-38.

27- Marinari. S., Masciandaro. G., Ceccanti. B. and Grego. S. (2000) Influence of organic nad material fertilizer on soil biological and physical properties. *Biores. Technol*.72: 9-17.

28- Ndegwa. P.M., Thompson. S.A. and Das K.C. (1999) Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol*.71: 5-12.

29- Ndeywa. P.M. and Thompson. S.A. (2001) Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion ofbiosolids. *Biores. Technol*.76: 107-112.

30- Olsen. S.R., cole. C.V., Watanabe. F.S. and Dean. L.A. (1954) Estimation22) of available phasphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Cire. U.S.Dep. *Agric*. 939.

31- Ramos. D., Bernal. N., Tapia. L. (2004) Composting of tannery effluent with cow manure and wheat straw. *Biores. Technol*. 94: 223-228.

32- Rowland. A.P., and Robert. J.D. (1994) Lignin and cellulose fraction in decomposition studies using acid-detergent fibre

Archive of SID