

蚯蚓对秸秆-污泥混合物的消解转化效果

蔡玉琪¹, 蔡树美², 倪圣亚³, 郎莎莎², 于斌², 吴晶², 钱晓晴²

(1. 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042; 2. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225009; 3. 盐城市农业环境监测站, 江苏 盐城 224000)

摘要:为了探明蚯蚓对秸秆与污泥混合物的消解转化效果,在实验室条件下进行了模拟培养试验。试验共设不同配比混合物料6个处理,即水稻秸秆与城市生活污水泥的质量比分别为0/100、10/90、20/80、30/70、40/60和50/50,各处理混合物料接种蚯蚓后在常温下培养。根据物料的消耗情况进行计量补充,并根据需要及时补充水分,始终维持培养料湿润。培养6星期后,去除未被消解的混合物料,分离并计测蚯蚓重量与蚓粪有机肥重量及养分含量,计算混合物料的消解量。结果表明,在本试验条件下,掺入10%~30%秸秆显著提高蚯蚓对混合物料的消解速率。掺入10%和20%秸秆的处理蚯蚓生物量的增长速率显著高于掺入50%秸秆的处理。掺入10%~50%秸秆均显著提高蚯蚓转化污泥-秸秆混合物料形成有机肥的速率。蚓粪有机肥的有机质含量随着掺入秸秆比例的增加而提高;全氮和全钾含量无显著影响;与单纯采用污泥相比,当掺入秸秆比例达40%和50%时,蚓粪全磷含量显著降低。

关键词:蚯蚓;秸秆;污泥;有机肥

中图分类号:X712 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)06-1284-04

Efficiency of Using Earthworms to Assimilate and Transform Straw-Sludge Mixture

CAI Yu-qi¹, CAI Shu-mei², NI Sheng-ya³, LANG Sha-sha², YU Bin², WU Jing², QIAN Xiao-qing²

(1. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China; 2. College of Environmental Science and Engineering of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 3. Yancheng Station of Agricultural Environment Monitoring, Yancheng 224000, China)

Abstract: In order to explore the effect of earthworms assimilating and transforming straw-sludge mixture, a simulated cultivation experiment was carried out in laboratory. Six treatments were designed in the experiment, different in ratio of rice straw and municipal sewage sludge, that was, 0/100, 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 and 50/50. Inoculated with earthworms, the mixtures were incubated at normal temperature. The mixtures were maintained duly in volume and moisture by replenishing the material and water in light of their consumptions. After 6 weeks of incubation, unassimilated materials were removed, weight of earthworms, their cast and nutrient content were measured, and hence assimilation of the mixture was calculated. Results showed that assimilation rate in treatments 10/90, 20/80 and 30/70 were much higher than that in other treatments. Biomass of earthworm in treatments 10/90 and 30/70 were significantly higher than that in treatment 50/50. Obviously addition of straws significantly increased the transformation rate of the mixture into bio-manure. Besides, organic matter instead of total nitrogen and total potassium content of earthworm cast bio-manure was positively related to the ratio of straws. However, total P dropped significantly when the ratio of straws reached 40% and 50% as compared with CK and treatment 0/100.

Keywords: earthworm; straw; sludge; organic fertilizer

我国农作物秸秆数量巨大,其中约50%未得到有效处理和利用,部分秸秆被直接焚烧,这不但浪费资源,而且还导致严重的大气污染,甚至引发火灾和影响高速公路与民航的运行安全^[1]。作物秸秆含碳、氮、

磷、钾、硅、钙、镁、硫和多种微量元素,富含纤维素、半纤维素和蛋白质等有机物质^[2-3],可用于青贮、气化、还田和用于生物肥、建筑原料等^[4-6]。利用蚯蚓对秸秆进行消解转化,生产优质有机肥料是一种有益的尝试^[7-8]。但已有的有关蚯蚓处理秸秆的方法效率均不高,而且需要将秸秆先进行腐解。近期试验发现,秸秆不经腐解同样可被蚯蚓分解,其消解转化效率不高的主要原因是养分与水分条件不能满足蚯蚓的生长要求。生活污水好氧生物处理过程中产生的剩余污泥养分和水

收稿日期:2008-10-14

基金项目:农业部948项目(2006-G60);江苏省社会发展计划(BS2007040, BS2007144)

作者简介:蔡玉琪(1962—),女,副研究员,主要从事生态环境方面的研究。E-mail:caiyuqi@163.com

分含量丰富。本研究以水稻秸秆与污泥混合物料作饵料培养蚯蚓,探讨不同配比秸秆-污泥混合物料对蚯蚓消解秸秆的影响,为秸秆消解与资源化利用技术提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验采用“太平二号”蚯蚓,由扬州大学实验农牧场蚯蚓繁殖基地提供。水稻秸秆与污泥取自农户和生活污水处理厂,其部分理化性状见表 1。

表 1 供试材料理化性状

Table 1 Physical and chemical properties of tested materials

材料	养分和水分含量/g·kg ⁻¹				
	有机质	全氮	全磷	全钾	水分
污泥	38.1	2.65	1.42	0.696	734
秸秆	75.4	0.606	0.115	0.977	246

1.2 方法

预先在自制的以 0.2 mm 孔径尼龙筛网为底的木制培养框(100 cm×100 cm×40 cm)中放入蚯蚓(2 kg,以湿基计)和蚓粪 84.7 kg(合干基 50 kg)混合物。将污泥与事先磨碎、过 0.85 mm 孔径筛的水稻秸秆按质量比(干基)100/0、90/10、80/20、70/30、60/40 和 50/50 充分混匀(混合物料折合干重均为 50 kg)加于其上,待混合物料表面 1/4 被消解转化为蚓粪时,再覆盖添料 50 kg(以干基计)。如此反复,直至培养结束。各处理均设 3 次重复,整个试验培养期为 6 周。培养期间,不补充水分,仅在框顶覆盖塑料薄膜保湿。

1.3 分析测定与数据处理

培养结束后,先将未被分解的秸秆-污泥混合物料去除,再将蚯蚓与蚓粪分离,分别称重,并测定混合物料和蚓粪水分含量。

混合物料消解速率=(加入的混合物料总量-未消解混合物料量)/培养时间,单位 kg·m⁻²·周⁻¹,混合物料量以干重计;

蚯蚓生物量增长速率=蚯蚓生物量净增加量/培养时间,单位 g·m⁻²·周⁻¹,蚯蚓生物量以鲜重计;

蚓粪有机肥产生速率=蚓粪有机肥净增加量/培养时间,单位 kg·m⁻²·周⁻¹,蚓粪增加量以干重计。

取蚯蚓、蚓粪样品,参照有机肥测定方法分析其部分养分含量^[9]。各处理均设 3 次重复,试验结果取 3 次重复的平均值。数据处理与分析采用 Microsoft Office Excel 2003 办公软件。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓对污泥-秸秆混合物料的消解速率

生活污水与水稻秸秆成分差异很大,它们对蚯蚓的营养价值以及为蚯蚓提供的生长环境有所不同,因对蚯蚓的取食、生长与繁殖等均有不同影响。从表 2 可以看出,与单纯采用污泥处理相比,掺入 10%~30% 秸秆显著提高蚯蚓对混合物料的消解速率,说明此养分及水分比例比较有利于蚯蚓的生长,其取食消解秸秆的速率也就高。进一步添加秸秆则促进效果减弱,当掺入秸秆的比例在 40% 以上时,与单纯采用污泥已无显著差异。

表 2 不同质量比污泥-秸秆混合物料对蚯蚓消解速率的影响

Table 2 Effect of the ratio of straw and sludge on assimilation rate of the mixture by earthworm

污泥/秸秆 (干基)	消解速率/kg·m ⁻² ·周 ⁻¹		
	总量	污泥	秸秆
100/0	50.7±4.3 bcA	50.7	0.0
90/10	61.4±4.7 abA	55.3	6.1
80/20	62.0±5.8 aA	49.6	12.4
70/30	60.1±6.5 abA	42.1	18.0
60/40	55.8±5.9 abcA	33.5	22.3
50/50	49.4±6.4 cA	24.7	24.7

注:同列中小写字母相同表示处理间无显著差异($P>0.05$),大写字母相同表示无显著差异($P>0.01$)。下同。

进一步分析可知,掺入 10% 秸秆,不仅污泥与秸秆混合物料总的消解速率提高,而且蚯蚓对污泥本身的消解速率也得到提高。

2.2 蚯蚓生物量增长速率

掺入秸秆后,污泥与秸秆混合物料对蚯蚓生物量增长速率的影响见表 3。由表 3 可知,与单纯采用污泥处理相比,掺入不同比例秸秆对蚯蚓生物量的增长速率均无显著影响。但掺入 50% 秸秆处理生物量增长速率显著低于掺入 10% 和 20% 秸秆处理,这可能是因为随着掺入秸秆量的增多,混合物料的水分含量相对减少的缘故。

2.3 蚓粪有机肥产生速率

由于混合物料中污泥与秸秆的比例影响蚯蚓的营养状况与生长条件,造成蚯蚓的生活、生长与取食状况改变,这无疑会导致蚯蚓排泄物数量的变化。研究中发现,无论污泥与秸秆的比例如何,在试验条件下,掺入不同比例秸秆均显著提高蚓粪有机肥的产生速率(表 4)。其中,掺入 20%~40% 秸秆处理蚓粪有机

表 3 不同质量比污泥-秸秆混合物料对
蚯蚓生物量增长速率的影响

Table 3 Effect of the ratio of straw and sludge
on growth rate of earthworm biomass

污泥/秸秆(干基)	生物量增长速率/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{周}^{-1}$
100/0	71.1±5.9 abA
90/10	73.5±6.5 aA
80/20	73.3±7.7 aA
70/30	70.2±8.1 abA
60/40	65.9±9.4 abA
50/50	59.5±7.9 bA

表 4 不同质量比污泥-秸秆混合物料对
蚓粪有机肥产生速率的影响

Table 4 Effect of the ratio of straw and sludge on transformation
rate of the mixture into earthworm cast bio-manure

污泥/秸秆(干基)	蚓粪产生速率/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{周}^{-1}$
100/0	16.8±1.5 bB
90/10	20.6±1.9 abAB
80/20	22.7±2.1 aA
70/30	23.1±2.5 aA
60/40	22.2±2.7 aA
50/50	21.1±2.3 aAB

肥产生速率极显著高于单纯采用污泥处理,以及掺入 10%、50%秸秆处理,说明适量掺入秸秆有利于蚓粪有机肥的产生。

2.4 蚓粪有机肥养分含量

混合物料中污泥与秸秆的比例影响蚯蚓排泄物数量,也在一定程度上影响蚓粪有机肥的品质。表 5

表 5 不同质量比污泥-秸秆混合物料对
蚓粪有机肥养分含量的影响

Table 5 Effect of the ratio of straw and sludge on nutrient content
of the earthworm cast bio-manure

污泥/秸秆 (干基)	蚓粪养分含量/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$			
	有机质	全氮(N)	全磷(P_2O_5)	全钾(K_2O)
100/0	308±26 cB	19.5±2.1 aA	15.7±1.7 aA	12.1±1.4 aA
90/10	320±29 cB	19.2±1.7 aA	15.1±1.5 aA	11.9±0.9 aA
80/20	336±31 bcAB	19.1±2.7 aA	14.5±1.9 abA	12.3±1.5 aA
70/30	354±36 abAB	18.5±3.1 aA	13.7±2.2 abcA	12.7±1.7 aA
60/40	379±33 aA	17.8±2.6 aA	12.2±1.7 bcA	12.9±1.5 aA
50/50	410±39 aA	17.2±3.4 aA	11.3±2.4 cA	13.7±2.1 aA

数据显示,在试验条件下,随着秸秆掺入比例的增加,蚓粪有机肥的有机质、全氮和全磷含量均呈规律性变化。其中,蚓粪有机质含量随着秸秆掺入比例的增加显著提高。与单纯采用污泥处理相比,当秸秆掺入量达 30%时,蚓粪有机质含量显著增加;当秸秆掺入量达 40%时,蚓粪有机质含量极显著增加。而掺入秸秆对全氮和全钾含量均无显著影响。与单纯采用污泥处理相比,当秸秆掺入量达 40%时,蚓粪全磷含量显著降低,这可能与蚯蚓吞食的秸秆含磷量低有关。

3 讨论与结论

3.1 讨论

本试验结果表明,蚯蚓可以秸秆和生活污泥为食源,通过吞食、过腹等行为对秸秆起到分解、破碎作用,使秸秆颗粒变小,C/N 比降低,湿度增大,更容易被微生物浸染和繁殖^[10]。将秸秆与污泥按适当比例混合后,蚯蚓对秸秆与污泥混合物的消解速率提高。这是因为蚯蚓生长不仅需要养分丰富的食源,同时对水、气环境也有一定的要求^[11-12]。城市生活污泥具有相当丰富的营养物质,有利于蚯蚓摄取充足的养分,但水分含量往往高达 70%~80%,甚至更多,成半流体状,填充作物秸秆后既改善了透气状况,又改善了含水状况,有利于蚯蚓的生长,这与以往的一些研究结果一致^[13]。污泥中掺入秸秆后蚯蚓生物量的增长速率并未表现出显著影响,这可能是培养时间还不够长,因此蚯蚓数量和大小变化不明显;但蚓粪有机肥的产生速率显著提高,说明蚯蚓的活性及代谢活动已明显提高,与以往研究结果一致^[10]。

3.2 结论

(1)与单纯采用污泥相比,掺入 10%~30%秸秆显著提高蚯蚓对污泥-秸秆混合物料的消解速率;进一步加大秸秆掺入比例消解速率有所下降,但尚未达显著水平。

(2)与单纯采用污泥处理相比,掺入不同比例秸秆对蚯蚓生物量的增长速率均无显著影响。但掺入 50%秸秆处理生物量增长速率显著低于掺入 10%和 20%秸秆处理。

(3)试验条件下,掺入不同比例的秸秆均显著提高蚯蚓转化污泥-秸秆混合物料形成有机肥的速率,其中掺入 20%~40%秸秆效果更好。

(4)蚓粪有机肥的有机质含量随污泥中掺入秸秆比例的增加而提高,而全氮和全钾含量均无显著影响。与单纯采用污泥处理相比,当掺入秸秆比例达

40%时,蚓粪全磷含量显著降低。

参考文献:

- [1] 周中仁, 吴文良. 生物质能研究现状及展望[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 12-15.
ZHOU Zhong-ren, WU Wen-liang. Status quo and prospects of biomass energy[J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(12): 12-15.
- [2] 范 华, 裴彩霞, 董宽虎. 试验研究秸秆的水溶性碳水化合物营养评价[J]. 畜牧兽医杂志, 2008, 27(2): 1-5.
FAN Hua, PEI Cai-xia, DONG Kuan-hu. The value evaluation of water soluble carbohydrate of straw[J]. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2008, 27(2): 1-5.
- [3] 边四辈, 卢 旺, 王加启, 等. 提高秸秆营养价值的研究进展[J]. 国外畜牧科技, 1999, 26(5): 13-18.
BIAN Si-bei, LU Wang, WANG Jia-qi, et al. Treatments to improve the nutritive value of cereal straw: a review[J]. *Animal Science Abroad*, 1999, 26(5): 13-18.
- [4] 孙丁贺, 杨培权, 张允政. 农作物秸秆的综合利用研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(35): 11587-11590.
SUN Ding-he, YANG Pei-quan, ZHANG Yun-zheng. Study on the comprehensive utilization of the crops straw[J]. *Journal of the Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(35): 11587-11590.
- [5] 张亚丽, 张 娟, 沈其荣, 等. 秸秆生物有机肥的施用对土壤供氮能力的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1575-1578.
ZHANG Ya-li, ZHANG Juan, SHEN Qi-rong, et al. Effect of combined application of bioorganic manure and inorganic nitrogen fertilizer on soil nitrogen supplying characteristics[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(12): 1575-1578.
- [6] 丁占来, 任德亮, 郑凤山. 玉米秸秆制作建筑装饰复合板的研究[J]. 石家庄铁道学院学报, 2004, 17(3): 47-49.
DING Zhan-lai, REN De-liang, ZHENG Feng-shan. Research on the maize stalk board for building decoration[J]. *Journal of Shijiazhuang Railway Institute*, 2004, 17(3): 47-49.
- [7] GARG P, GUPTA A, SATYA S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study[J]. *Bioresource Technology*, 2006, 97(3): 391-395.
- [8] SUTHAR S. Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus* (Perrier) during recycling of some agriculture wastes[J]. *Bioresource Technology*, 2007, 98(8): 1608-1614.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 424-428.
LU Ru-kun. Analysis method of soil agricultural chemistry[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1999: 424-428.
- [10] 王丹丹, 李辉信, 胡 锋, 等. 蚯蚓-秸秆及其交互作用对黑麦草修复 Cu 污染土壤的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1922-1299.
WANG Dan-dan, LI Hui-xin, HU Feng, et al. Roles of earthworm-straw interactions on phytoremediation of Cu contaminated soil by ryegrass[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1292-1299.
- [11] 李典友. 蚯蚓的生物学特性及其对土壤环境质量的指示和改造作用[J]. 现代农业科学, 2008, 15(5): 36-37.
LI Dian-you. Biological characteristics of earthworm and effects of indication and transformation of it on soil environmental quality[J]. *Modern Agricultural Sciences*, 2008, 15(5): 36-37.
- [12] 全先庆. 蚯蚓的生物学特性及养殖技术[J]. 特种经济动植物, 2001(6): 9.
QUAN Xian-qing. Biological characteristics and breeding technology of earthworm[J]. *Special Economic Animal and Plant*, 2001(6): 9.
- [13] 向迎洪, 张清东, 庄景宏. 污水厂剩余污泥的生物小循环多级处理研究[J]. 西南科技大学学报, 2004, 19(3): 71-74.
XIANG Ying-hong, ZHANG Qing-dong, ZHUANG Jing-hong. Using bio-recycling to process excess sludge of sewage plants[J]. *Journal of Southwest University of Science and Technology*, 2004, 19(3): 71-74.