

邓 惠,陈 森,刁晓平,等. 蚯蚓处理甘蔗渣和牛粪混合废弃物的初步研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):329-331.

# 蚯蚓处理甘蔗渣和牛粪混合废弃物的初步研究

邓 惠<sup>1,3</sup>, 陈 森<sup>1,2</sup>, 刁晓平<sup>1</sup>, 俞花美<sup>4</sup>, 葛成军<sup>1,3</sup>, 陈 键<sup>1,3</sup>

[1. 海南大学/海南省海口市环境毒理学重点实验室, 海南海口 570228; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101; 3. 海南大学环境与植物保护学院, 海南海口 570228; 4. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083]

**摘要:**采用室内模拟培养的方法,利用蚯蚓堆制处理甘蔗渣和牛粪的混合废弃物,研究堆制处理过程中蚯蚓生长繁殖及处理前后混合废弃物的理化性质。结果表明,热带农业废弃物甘蔗渣和牛粪的不同配比基质中赤子爱胜蚓的生长繁殖良好,赤子爱胜蚓的平均体重由初始的 140 mg/条左右增加到 250 mg/条左右,其在 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣处理中繁殖情况最好,产茧数量最多。同时,赤子爱胜蚓对此类热带农业废弃物也具有较好的处理效果,不同配比基质经蚯蚓处理后速效氮和速效磷的含量明显增加。

**关键词:**蚯蚓;甘蔗渣;牛粪;堆制处理;农业废弃物

**中图分类号:** X705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0329-03

我国是一个农业大国,随着我国现代农业集约化和规模化的发展,农业废弃物大量积累,同时由于农业生产水平和农民生活水平的不断提高,对传统农业中用作肥料和燃料的农业废弃物的循环利用逐渐减少,因此农业废弃物越来越多。据有关文献报道,我国产生农业废弃物 40 多亿 t/年,其中农作物秸秆 7.0 亿 t/年,畜禽粪便排放量 26.1 亿 t/年,废弃农膜等塑料 2.5 万 t/年,蔬菜废弃物 1 亿~1.5 亿 t/年,乡镇生活垃圾和人类便 2.5 亿 t/年,肉类加工厂废弃物 0.5 亿~0.65 亿 t/年,饼粕类 0.25 亿 t/年,林业废弃物约 3 700 万 m<sup>3</sup>/年<sup>[1]</sup>。传统的焚烧、还田等处理方式已较难满足农业废弃物可持续利用的需要,而蚯蚓处理有机废弃物作为一种古老而又新生的生物技术应运而生。蚯蚓堆制处理具有处理效果高、可操作性强、成本低、不会产生二次污染等优点<sup>[2-3]</sup>。蚯蚓消化吸收农业废弃物产生的蚯蚓粪,不仅是一种优质、高效的生物有机复合肥,同时还因其具有高孔隙率和比表面积

是各种臭气的高效吸附剂<sup>[4]</sup>。产生的蚯蚓体本身富含蛋白质、氨基酸等营养物质,可作为动物性饲料,而蚯蚓液中含有丰富的矿物元素和维生素,此外蚯蚓及其制品中还含有丰富的抗菌肽,具有广谱抗菌作用、增强免疫力和抗肿瘤的特效<sup>[5]</sup>。关于蚯蚓堆制处理有机废弃物虽然已有较多研究,但关于蚯蚓处理热带地区农业废弃物的研究鲜见报道。本研究探讨了蚯蚓在 2 种热带农业废弃物的物料组合中的生长繁殖情况,以及蚯蚓处理前后物料的理化性质变化情况,以期为热带农业废弃物的资源化利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

蚯蚓赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*)取自海南大学环境与植物保护学院蚯蚓养殖基地。牛粪和甘蔗渣,分别取自海南大学农学院秀英养殖场和海南省某糖厂,新鲜牛粪和甘蔗渣在试验前预先堆制 30 d,堆肥完成后风干,剔除杂物,破碎,过 5 mm 孔径尼龙筛。堆制后的牛粪和甘蔗渣的基本理化性质见表 1。

表 1 牛粪和甘蔗渣的理化性质

| 物料  | 含水率 (%) | pH 值 | 总有机碳含量 (g/kg) | 速效氮含量 (mg/kg) | 速效磷含量 (mg/kg) |
|-----|---------|------|---------------|---------------|---------------|
| 牛粪  | 8.22    | 7.17 | 43.7          | 433.86        | 484.67        |
| 甘蔗渣 | 46.20   | 6.01 | 87.9          | 453.69        | 156.72        |

收稿日期:2013-06-06

基金项目:海南省海口市重点科技计划(编号:2009-47);海南省自然科学基金(编号:413123);海南大学本科生创新科研课题(编号:HDCX2012011);海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室开放基金(编号:2012hckled-5)。

作者简介:邓 惠(1988—),女,贵州贵阳人,硕士研究生,从事环境污染修复等方面的科研工作。E-mail: denghui88@sina.cn。

通信作者:葛成军,博士,副教授,从事环境污染控制与资源化等方面的科研工作。Tel: (0898)66162259; E-mail: gcj3007@163.com。

[13]王 梅,江丽华,刘兆辉,等. 石油污染物对山东省三种类型土壤微生物种群及土壤酶活性的影响[J]. 土壤学报,2010,47(2):154-167.

[14]李 慧,陈冠雄,杨 涛,等. 沈抚灌区含油污水灌溉对稻田土壤微生物种群及土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1355-1359.

[15]陈晓东,常文越,邵春岩. 土壤污染生物修复技术研究进展[J]. 环境保护科学,2001,27(5):23-25.

[16]曹 慧,孙 辉,杨 浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指

示研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(1):105-109.

[17]Bekins, B A, Godsy E M, et al. Distribution of microbial physiologic types in an aquifer contaminated by crude oil[J]. Microbial Ecology, 1999, 37(4): 263-275.

[18]Li H, Zhang A Y. The significance of microorganisms to environment protection in mine engineering[J]. Mine Running in Femd Metal Mine, 1998, 35(4): 18-31.

[19]Atlas R M. Microbial hydrocarbon degradation and bio degradation of oils Pills[J]. Chem Tech, 1991, 529(8): 149-156.

1.2 试验设计

分别测定堆制后的牛粪和甘蔗渣的含水率,按干物质重量(共 60.0 g)对牛粪和甘蔗渣两两组合进行不同比例混合,共分为 6 个组合:100% 甘蔗渣、20% 牛粪 + 80% 甘蔗渣、40% 牛粪 + 60% 甘蔗渣、60% 牛粪 + 40% 甘蔗渣、80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣、100% 牛粪,每个组合设置 3 个重复和 3 个空白对照(不放入蚯蚓),含水率调至 70%,放入 PVC 塑料盒中,每盒接种 10 条,个体重量约 140 mg/条、带有环带的蚯蚓。所用 PVC 塑料盒规格为:上口 16.5 cm × 10.0 cm,下底 13.5 cm × 8.0 cm,高 = 6.5 cm,底部留有透水孔,上部留有多个透气孔。试验期间每隔 1 ~ 2 d 浇 1 次水,物料湿度控制在 70% 左右,温度 25 ℃,每 7 d 将蚯蚓挑出,称重、记录后放回;同时挑出蚓茧并记录个数,处理周期 35 d。将蚯蚓处理过的各组合废弃物自然风干,取适量样品,按照分析测定数据的要求研磨过筛,留作分析用。

1.3 测定与分析方法

1.3.1 生长繁殖的测定方法 日增重倍数 = (养殖一段时间后的蚯蚓总重 - 初始蚓重) / (初始蚓重 × 养殖时间);日繁殖倍数 = (养殖一段时间后的蚯蚓总数 - 初始蚯蚓数) / (初始蚯蚓数 × 养殖时间)。其中蚯蚓总数包括成蚓数、幼蚓数和蚓茧数,每个蚓茧按 1 条蚯蚓计算,处理时间以天计,蚓重以 mg 计。

1.3.2 样品分析方法 样品总有机碳(TOC)、速效磷和速效氮含量的测定方法参见文献[6]。

1.4 数据分析方法

采用 Excel 2003 和 SPSS17.0 分析数据。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓生长繁殖特征分析

2.1.1 蚯蚓生长情况 由图 1 可知,经过 35 d,6 个组合中蚯蚓重量与初始重量相比极显著提高( $P < 0.01$ ),部分处理中蚯蚓平均体重呈现先升高后降低的变化趋势,蚯蚓的平均体重由初始的 140 mg/条左右增加到 250 mg/条左右。随着饲养时间的增加,除个别处理在 14 d 后出现 1 ~ 2 条蚯蚓死亡外,其余处理全部蚯蚓生长状况良好,活动较活跃,无逃逸,

并有一定数量的蚓茧产生,且各个时期间的平均蚓重差异极显著( $P < 0.01$ ),不同配比基质组合中的平均蚓重也存在显著差异( $P < 0.05$ )。蚯蚓平均体重在牛粪和甘蔗渣混合物中有显著差异( $P < 0.05$ ),说明牛粪和甘蔗渣的性质差异对蚯蚓生长有显著影响,但二者间不存在显著的交互作用( $P > 0.05$ )。这表明赤子爱胜蚓较适合在牛粪与甘蔗渣的混合物环境中生存和繁殖,且能够处理发酵后的牛粪与甘蔗渣混合物。

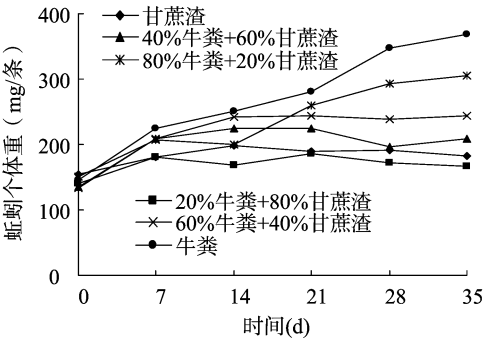


图1 甘蔗渣和牛粪不同配比基质对蚯蚓个体重的影响

由图 1 还可以看出,6 个组合中的蚯蚓生长状况随时间变化呈现出较一致的趋势。纯牛粪饲养条件下的蚯蚓体重增加最多,随着甘蔗渣比例的增加,蚯蚓增重幅度减小。在前 7 d,各处理中蚯蚓个体重均呈增加的趋势;但 7 d 后,当甘蔗渣比例大于 40% 时,体重变化较小。从表 2 可知,随着牛粪比例增加,日增重倍数总体在增大。各处理中蚯蚓日增重倍数在处理 7 d 时最大,明显大于其他各时间段,后期甚至出现负增长。这可能是因为刚开始时蚯蚓摄入的营养物充足且蚯蚓处于未完全发育成熟阶段,但随着时间的延长,营养物逐渐减少,基质中的环境对蚯蚓生长不利;之后增重的减缓则由于混合物中营养的分解、消耗以及蚯蚓本身已经发育完全。蚯蚓体重在试验结束前迅速减轻,一方面是因为养分不足,另一方面更主要的可能是此时蚯蚓大量产茧,供给蚯蚓的营养全部用于蚓茧生产,导致蚯蚓体内物质消耗<sup>[7-9]</sup>。综上所述,牛粪和甘蔗渣的性质是影响蚯蚓生长的 2 个主要因素,混合物比例则为非主要因素。

表 2 不同配比混合基质中蚯蚓日增重倍数

| 物料组合             | 日增重倍数         |                 |                |                |                |
|------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | 7 d           | 14 d            | 21 d           | 28 d           | 35 d           |
| 甘蔗渣              | 0.022 ± 0.030 | 0.0240 ± 0.057  | -0.009 ± 0.033 | 0.004 ± 0.015  | -0.005 ± 0.014 |
| 20% 牛粪 + 80% 甘蔗渣 | 0.041 ± 0.009 | -0.0090 ± 0.015 | 0.013 ± 0.021  | -0.007 ± 0.027 | -0.003 ± 0.018 |
| 40% 牛粪 + 60% 甘蔗渣 | 0.077 ± 0.024 | 0.0070 ± 0.032  | 0.001 ± 0.012  | -0.018 ± 0.007 | 0.008 ± 0.002  |
| 60% 牛粪 + 40% 甘蔗渣 | 0.081 ± 0.014 | 0.0230 ± 0.014  | 0.002 ± 0.018  | -0.002 ± 0.005 | 0.005 ± 0.017  |
| 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣 | 0.055 ± 0.055 | 0.0004 ± 0.059  | 0.050 ± 0.042  | 0.020 ± 0.007  | 0.008 ± 0.018  |
| 牛粪               | 0.077 ± 0.019 | 0.0170 ± 0.006  | 0.015 ± 0.021  | 0.039 ± 0.039  | 0.008 ± 0.005  |

2.1.2 蚯蚓繁殖情况 本试验采用蚓茧产量来衡量蚯蚓在不同物料混合物中的繁殖状况。从表 3 可知,蚯蚓产茧量总体呈递增趋势。在试验初期,蚯蚓产茧量较低,在后期个别处理产茧量高。各处理中蚯蚓的繁殖状况在产茧数量上和随时间变化规律上均有很大的差异。35 d 中 5 次测得蚓茧数量均显示,甘蔗渣含量过高不利于蚯蚓的繁殖,蚯蚓繁殖状况最好的是 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣处理,这与甘蔗渣和牛粪不同配

比基质的 C/N 有关。Ndegwa 等研究发现,当 C/N = 25 时,蚯蚓的生殖率和摄食能力较好<sup>[10]</sup>。Loehr 等也认为,C/N 较高时,蚯蚓繁殖率较高,同时更有利于提高蚯蚓堆肥处理效果<sup>[11]</sup>。此外,Kaplan 等曾研究发现,NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 浓度对赤子爱胜蚓生长有一定的影响,当 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 浓度超过 1 000 mg/kg 时,蚯蚓全部死亡<sup>[12]</sup>。因此,在利用蚯蚓堆制处理甘蔗渣和牛粪的混合废弃物时,应当控制好甘蔗渣和牛粪在前处理中的堆肥时

表 3 蚯蚓在不甘蔗渣和牛粪混合基质中的繁殖状况

| 物料               | 蚓茧数(条)        |               |               |               |                 |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|                  | 7 d           | 14 d          | 21 d          | 28 d          | 35 d            |
| 甘蔗渣              | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000   |
| 20% 牛粪 + 80% 甘蔗渣 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000   |
| 40% 牛粪 + 60% 甘蔗渣 | 0.000 ± 0.000 | 0.000 ± 0.000 | 1.000 ± 1.000 | 5.000 ± 5.568 | 10.000 ± 13.229 |
| 60% 牛粪 + 40% 甘蔗渣 | 0.000 ± 0.000 | 0.333 ± 0.577 | 1.667 ± 2.082 | 4.333 ± 2.309 | 6.000 ± 2.646   |
| 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣 | 0.000 ± 0.000 | 3.667 ± 5.508 | 0.333 ± 0.577 | 6.667 ± 5.774 | 13.000 ± 11.358 |
| 牛粪               | 0.000 ± 0.000 | 2.000 ± 4.242 | 4.333 ± 7.506 | 2.333 ± 4.041 | 5.500 ± 11.314  |

间,降低 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 浓度对后续蚯蚓处理的影响,同时调节甘蔗渣和牛粪混合废弃物的 C/N,提高蚯蚓转化效率。

2.2 蚯蚓转化前后基质的理化性质分析

由表 4 可知,经蚯蚓处理 35 d 后,牛粪和甘蔗渣的 pH 值无明显变化,不同配比基质的 pH 值随着牛粪添加量的增加而升高,这与牛粪本身 pH 值高于甘蔗渣有关。而处理前后不同配比基质中总有机碳含量无明显差异,当牛粪添加量 ≤ 60% 时,蚯蚓堆制处理后基质的有机碳含量降低;而当牛粪添加量 > 60% 时,基质中有机碳含量升高。李辉信等研究发现,牛粪经蚯蚓处理后矿质氮和速效钾均高于腐熟牛粪<sup>[13]</sup>。

表 4 蚯蚓处理前后基质理化性质变化情况(处理 35 d)

| 物料组合             | pH 值 |      | 总有机碳含量(g/kg) |       | 速效氮含量(mg/kg) |        | 速效磷含量(mg/kg) |          |
|------------------|------|------|--------------|-------|--------------|--------|--------------|----------|
|                  | 处理前  | 处理后  | 处理前          | 处理后   | 处理前          | 处理后    | 处理前          | 处理后      |
| 甘蔗渣              | 6.01 | 6.25 | 87.90        | 85.96 | 453.69       | 818.63 | 156.72       | 291.43   |
| 20% 牛粪 + 80% 甘蔗渣 | —    | 6.67 | 79.06        | 78.09 | 449.72       | 412.69 | 222.31       | 365.82   |
| 40% 牛粪 + 60% 甘蔗渣 | —    | 6.93 | 70.22        | 69.09 | 445.76       | 594.76 | 287.90       | 483.89   |
| 60% 牛粪 + 40% 甘蔗渣 | —    | 6.58 | 61.38        | 70.78 | 441.79       | 625.11 | 353.49       | 435.20   |
| 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣 | —    | 7.17 | 52.54        | 54.75 | 437.83       | 631.18 | 419.08       | 499.59   |
| 牛粪               | 7.17 | 7.41 | 43.70        | 43.74 | 433.86       | 520.63 | 484.67       | 1 035.18 |

3 结论

热带农业废弃物甘蔗渣和牛粪的不同配比基质中赤子爱胜蚓的生长繁殖良好,赤子爱胜蚓的平均体重由初始的 140 mg/条左右增加到 250 mg/条左右,其在 80% 牛粪 + 20% 甘蔗渣处理中繁殖情况最好,产茧数量最多。同时,赤子爱胜蚓对此类热带农业废弃物也具有较好的处理效果,经蚯蚓处理后,不同配比基质速效氮和速效磷的含量明显增加,从而可实现蚓粪资源化高效利用。

参考文献:

[1] 孙振钧,孙永明. 我国农业废弃物资源化与农村生物质能源利用的现状与发展[J]. 中国农业科技导报,2006,8(1):6-13.

[2] 李天珠. 试析我国垃圾处理技术与发达国家的差距[J]. 黑龙江史志,2006(12):49-50.

[3] 高志强,朱启红. 有机固体废物的生物处理技术研究[J]. 农机化研究,2007(3):216-217,220.

[4] 邱江平. 蚯蚓及其在环境保护上的应用 Ⅲ. 蚯蚓在处理有机废弃物和生活污水上的应用[J]. 上海农学院学报,2000,18(1):53-58,66.

速效氮和速效磷是能够被植物直接吸收利用的重要形态,是影响蚯蚓消化吸收农业废弃物中的有机物产生的蚯蚓粪肥效的主要因素。由表 4 可知,与蚯蚓处理前相比,除 20% 牛粪 + 80% 甘蔗渣配比组合外,其余不同配比基质中的速效氮含量经蚯蚓处理后均明显提高,其中以甘蔗渣速效氮含量增幅经蚯蚓处理后最高。而蚯蚓处理前后速效磷含量的变化情况与速效氮含量基本一致,处理后基质中速效磷的增幅在 19% ~ 114% 之间,其中以牛粪中速效磷含量增幅最高,且并不具有明显的规律性。说明速效氮、速效磷含量的变化与物质配比无明显的相关关系。

[5] 许永利,张俊英,李富平. 蚯蚓粪的综合利用研究现状[J]. 安徽农业科学,2007,35(23):7179-7180.

[6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[7] 赵小鲁,谢炳庚. 动物生态地理研究[M]. 成都:成都地图出版社,1996:224-506.

[8] 曾中平,张国城,徐 芹. 蚯蚓养殖学[M]. 武汉:湖北人民出版社,1982.

[9] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 北京:北京师范大学出版社,1987:23-129.

[10] Ndegwa P M, Thompson S A. Effects of C - to - N ratio on vermicomposting of biosolids[J]. Bioresource Technology,2000,75(1):7-12.

[11] Loehr R C, Neuhauser E F, Maiecki, M R. Factor affecting the vermicomposting process: Temperature, moisture content and polyculture[J]. Water Research,1985,19(10):1311-1317.

[12] Kaplan D L, Hartenstein R, Neuhauser E F, et al. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida* [J]. Soil Biology and Biochemistry,1980,12(4):347-352.

[13] 李辉信,胡 锋,仓 龙,等. 蚯蚓堆制处理对牛粪性状的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(3):588-593.