

发酵猪粪对黑水虻转化率的影响及黑水虻幼虫和虫沙营养成分测定

杨树义¹, 李卫娟², 刘春雪², 胡文锋^{3*}

(1. 太仓安佑生物科技有限公司, 江苏太仓 215437; 2. 安佑生物科技集团股份有限公司, 江苏太仓 215437; 3. 华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

摘要 研究了发酵猪粪与新鲜猪粪对黑水虻转化率的影响, 并对新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫及虫沙的营养成分进行了测定。结果表明, 发酵猪粪与新鲜猪粪对黑水虻转化率的影响不显著。新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫粗蛋白及粗脂肪的含量分别为 40.2% 和 33.7%, 含有丰富的氨基酸及脂肪酸。转化后残渣的有机质含量为 71.88%, 总氮含量为 2.32%, 总磷(以 P_2O_5 计)含量为 5.19%, 总钾(以 K_2O 计)含量为 1.25%, pH 为 7.3, 符合有机肥料标准。

关键词 黑水虻; 猪粪; 幼虫; 虫沙

中图分类号 S821.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)21-069-02

Effects of Fermented Swine Manure on the Conversion Ratio of *Hermetia illucens* and Nutritional Components Detection of *Hermetia illucens* Larva and Sandworm

YANG Shu-yi¹, LI Wei-juan², LIU Chun-xue², HU Wen-feng^{3*} (1. Taicang Anyou Biological Technology Co., Ltd., Taicang, Jiangsu 215437; 2. Anyou Biological Technology Group Co. Ltd., Taicang, Jiangsu 215437; 3. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract Effects of the fermented swine manure and fresh manure on the conversion ratio of *Hermetia illucens* were researched. And we also tested the nutrients of *Hermetia illucens* larvae and its derived compost. The results showed that whether the swine manure was fermented or not would not influence the conversion ratio of *H. illucens*. *H. illucens* larva reared by fresh manure was rich in protein, crude fat, amino acids and fatty acids. The content of protein and crude fat were 40.2% and 33.7% respectively. The insect derived compost had 71.88% organic matter, 2.32% nitrogen, 5.19% phosphorus (P_2O_5), 1.25% potassium (K_2O) with pH 7.3. These results were in accordance with the standard of organic fertilizer.

Key words *Hermetia illucens*; Swine manure; Larvae; Sandworm

随着畜牧业的发展壮大,我国每年都会产生大量的畜禽粪便。猪粪便中含有大量未消化的蛋白、钙、磷、钾以及某些微量元素、维生素等。直接还田通常会由于粪便发酵产热造成烧苗现象,另外施用过多粪便也会对环境造成污染。采用堆肥法或蚯蚓处理法也存在一定的弊端。堆肥法历时较长,在堆肥过程中需要进行翻堆,堆肥过程中会造成部分营养物质的流失,翻堆堆肥系统中产生的厌氧区是产生甲烷的主要原因。蚯蚓处理法的弊端在于当温度高于 35℃ 时,蚯蚓会死,若温度未达到,则不能有效控制病原菌^[1],蚯蚓肠道中的反硝化菌会导致蚯蚓堆肥系统中 N_2O 升高。

生物转化是指将有机固体废弃物通过黑水虻取食转化成昆虫生物量及其他产物的过程^[2]。黑水虻在昆虫分类学上隶属双翅目水虻科,原产于美洲,是一种营腐生性昆虫,在畜禽粪便及其他有机固体废弃物处理中具有重要作用^[3]。黑水虻幼虫可以减少约 50% 的畜禽粪便^[4],降低粪便中氮含量及大肠杆菌的数量^[5-6],转化后获得的黑水虻幼虫含有丰富的蛋白质,含量高达 42%,是畜禽或鱼类养殖良好的饲料蛋白源。笔者研究了发酵猪粪与新鲜猪粪对黑水虻转化率的影响,并对新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫的营养成分和虫沙营养价值进行了测定。

1 材料与方法

1.1 材料 黑水虻虫卵和发酵剂,由安佑微生物研究所提

供;猪粪,由太仓种猪场提供;饲养盒,购自江苏盐城永佳塑业有限公司;人工饲料为安佑 102 乳猪料。

1.2 卵孵化 将黑水虻虫卵置于人工饲料上方 2~5 cm 处的防蝇网上,置于 30℃ 恒温恒湿箱中(湿度 80%)孵化。

1.3 预发酵猪粪对黑水虻转化率的影响 取新鲜猪粪,按照 2% 的比例接种发酵剂,室温发酵 2 d。

将孵化后的 100 g 6 日龄幼虫分别投至 7.5 kg 发酵的猪粪及新鲜猪粪中,饲养 10 d 后分离虫体和虫沙,称量虫体质量,计算干物质转化率^[7]。

1.4 新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫的营养成分测定 分离新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫,清水冲洗残渣后微波干燥至水分 10% 以下,粉碎后测定水分(GB/T 6435—2014)、灰分(GB/T 6438—2007)、粗蛋白(GB/T 6432—1994)、粗脂肪(GB/T 6433—2006)、氨基酸(GB/T 18246—2000)和脂肪酸(GB/T 17377—2008)。

1.5 虫沙的营养成分测定 新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫经分离后的残渣即为虫沙。随机抽取 500 g 虫沙混合,按照有机肥料标准(NY 525—2012)测定水分、有机质、总氮、总磷(P_2O_5)、总钾(K_2O)和 pH。

2 结果与分析

2.1 预发酵猪粪对黑水虻转化率的影响 试验表明,黑水虻转化率为 23%,新鲜猪粪组黑水虻转化率为 28%,预发酵猪粪组与新鲜猪粪组黑水虻转化率差异不显著,即猪粪发酵与否不会影响黑水虻对猪粪的消化吸收。转化过程中臭味明显减少,转化后的猪粪疏松无臭味。

2.2 新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫的营养成分 将分离获得的黑水虻幼虫在微波炉中干燥至水分 10% 以下,粉碎后测定

基金项目 江苏省重点研发计划社会发展项目面上项目(BE2015650)。
作者简介 杨树义(1987-),男,河南周口人,从事微生物发酵及昆虫养殖研究。*通讯作者,副教授,博士生导师,从事发酵工艺学和废弃物资源化利用研究。
收稿日期 2016-06-06

其营养成分。从表1~2可以看出,黑水虻粗蛋白占干基质的40.6%,粗脂肪占干基质的33.7%,含17种不同的氨基酸。从表3可以看出,黑水虻幼虫脂肪酸种类繁多,饱和脂肪酸中以月桂酸(24.84%)和棕榈酸(13.88%)为主。不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸主要是油酸(22.42%),多不饱和脂肪酸主要是亚油酸(24.41%)。

表1 黑水虻幼虫(干燥)的营养成分分析

Table 1 Nutrients analysis of dried *Hermetia illucens* larvae

| 营养成分 Nutritional components | 含量 Content % | 营养成分 Nutritional components | 含量 Content % |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| 水分 Water | 7.3 | 灰分 Ash content | 11.6 |
| 粗蛋白 Crude protein (以干基计) | 40.6 | 粗脂肪 Crude fat (以干基计) | 33.7 |

表2 黑水虻幼虫的氨基酸分析

Table 2 Analysis of amino acid of *Hermetia illucens* larvae

| 氨基酸种类 Type of amino acid | 含量 Content % | 氨基酸种类 Type of amino acid | 含量 Content % |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| 天冬氨酸 Asp | 3.35 | 苯丙氨酸(Phe) | 1.73 |
| 谷氨酸 Glu | 4.80 | 异亮氨酸 Ile | 1.34 |
| 丝氨酸 Ser | 1.62 | 亮氨酸 Leu | 2.47 |
| 组氨酸 His | 0.92 | 赖氨酸 Lys | 1.87 |
| 甘氨酸 Gly | 1.97 | 脯氨酸 Pro | 1.97 |
| 苏氨酸 Thr | 1.46 | 胱氨酸 Cys | 0.12 |
| 精氨酸 Arg | 1.90 | 缬氨酸 Val | 2.09 |
| 丙氨酸 Ala | 2.73 | 甲硫氨酸 Met | 0.65 |
| 酪氨酸 Tyr | 2.19 | | |

表3 黑水虻幼虫的脂肪酸组成

Table 3 The fatty acids composition of *Hermetia illucens* larvae

| 脂肪酸种类 Type of fatty acid | 含量 Content % | 脂肪酸种类 Type of fatty acid | 含量 Content % |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| 癩酸 Decanoic acid | 0.39 | 十七碳一烯酸 | 0.20 |
| 月桂酸 Lauric acid | 24.84 | Heptadecenoic acid | |
| 豆蔻酸 Myristic acid | 3.89 | 硬脂酸 Stearic acid | 1.88 |
| 棕榈酸 Palmitic acid | 13.88 | 油酸 Oleic acid | 22.42 |
| 棕榈一烯酸 Palmitoleic acid | 0.58 | 亚油酸 Linoleic acid | 24.41 |
| 十七烷酸 Heptadecanoic acid | 2.70 | 亚麻酸 Linolenic acid | 1.19 |

2.3 虫沙的营养成分 取新鲜猪粪经黑水虻转化后的残渣(虫沙)分别测定水分、有机质、总氮、 P_2O_5 和 K_2O 含量。由表4可知,虫沙营养丰富,有机质含量高达71.88%,总养分($N + P_2O_5 + K_2O$)含量为8.76%,pH为7.3,符合有机肥标准。虫沙水分含量较高,可通过调节料层厚度、室内空气流动及后续风或烘干等方式解决。

3 讨论

该试验中黑水虻对新鲜猪粪和预发酵猪粪的取食转化率的影响不显著,表明猪粪发酵与否不影响黑水虻转化率。新鲜猪粪中含有大量未被消化的营养物质,黑水虻通过口器摄食进入肠道消化吸收来实现虫体的增长。发酵猪粪中微生物生长消耗部分营养物质,产生活性代谢产物,使猪粪中的病原微生物和臭味减少,但黑水虻转化率与新鲜猪粪组相比略低,可能与营养物质的消耗有关。

表4 黑水虻转化猪粪后产生的虫沙的营养成分测定

Table 4 Nutrients detection of sandworm derived from fresh swine manure converted by *Hermetia illucens*

| 营养成分 Nutritional components | 测定值 Detection value | 有机肥标准 Standard for organic fertilizer |
|--------------------------------|------------------------|--|
| 水分 Water//% | 43.50 | ≤30 |
| 有机质 Organic matter (以干基计)//% | 71.88 | ≥45 |
| 总氮 Total N(以干基计)//% | 2.32 | 总养分($N + P_2O_5 + P_2O_5$ (以干基计)//% |
| | 5.19 | K_2O (以干基计)≥5 |
| K_2O (以干基计)//% | 1.25 | |
| pH | 7.30 | 5.5~8.5 |

新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫蛋白质含量为40.6%,脂肪含量为33.7%,含有17种不同的氨基酸及多种脂肪酸。由于黑水虻的高营养特性,使其可作为一种具有较高经济价值的饲料添加剂使用。烘干的预蛹粉已被用于为猪、鸡、鱼的养殖,并取得了较好的效果,但也存在一定的问题。因此,一般以黑水虻部分替代饲料中的蛋白源或经过提油等后加工处理后使用^[3]。St-Hilaire等^[8]评估了蝇蛆预蛹及黑水虻预蛹在虹鳟鱼饲料中的重要性,结果表明以黑水虻替代25%鱼粉组虹鳟鱼增重及蛋白质含量与对照组相比差异不显著,当替代比例提高至50%时会使虹鳟鱼增重减少。

经测定,黑水虻取食猪粪后的残渣(虫沙)的有机质含量高达71.88%,总养分($N + P_2O_5 + K_2O$)含量为8.76%,pH为7.3,符合有机肥标准。大量研究表明,黑水虻虫沙对植物生长具有促进作用。Choi Y等^[9]曾研究了黑水虻转化食品垃圾后产生的虫沙对种植大白菜的影响,结果表明虫沙与商品肥组大白菜的生长速度和营养成分组成基本一致,因而可替代商品肥作为有机肥使用。刘巧林^[10]以黑水虻转化奶牛粪便的残渣作为盆栽基质,种植多花黑牧草和小麦,结果表明,与商业盆栽土壤相比,提高了其出苗率、生物量干重及粗蛋白含量。

4 结论

该试验中新鲜猪粪与发酵猪粪对黑水虻转化率的影响不显著。采用新鲜猪粪饲养的黑水虻幼虫含有丰富的蛋白质及脂肪,黑水虻转化猪粪后的残渣养分含量高,符合作为有机肥料的标准。

参考文献

- [1] NDEGWA P M, THOMPSON S A. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids [J]. *Bioresource technology*, 2001, 76(2): 107-112.
- [2] BARRY T. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly [D]. University of North Texas, 2004.
- [3] NEWTON G L, SHEPPARD D C, WATSON D W, et al. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure [M]. Tifton, GA: Animal and Dairy Science Department, University of Georgia, 2005.
- [4] SHEPPARD C. House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens [J]. *Environmental entomology*, 1983, 12(5): 1439-1442.
- [5] SHEPPARD D C, NEWTON G L, THOMPSON S A, et al. A value added manure management system using the black soldier fly [J]. *Bioresource technology*, 1994, 50(3): 275-279.

型材料、生物技术等领域的发展^[12]。保定市政府应对绿色企业给予政策支持,形成以重点产品为支撑、以重大工程科技项目为动力的产业发展格局,不断扩展产业群的规模,带动相关产业的靠拢,从而形成具有较强市场竞争力的产业。

③改变传统企业的运营方式,革新传统企业的生产力,尤其是一些占据市场较重的传统企业,应加快其生产技术清洁化进程,提升企业创新能力,增强企业创新意识。

4.2.2 促进农业发展产业结构的转变。政府应加大力度扶持绿色无公害农产品的种植、生产、加工等,并推行优惠政策支持农业产业链的建设,大力提倡现代农业建设,进而更好地服务城市^[13]。由此,可以根据城市居民生活需要,大力发展观光休闲农业。通过采用有机肥料种植绿色有机蔬菜,扶持绿色食品加工企业,培育观光休闲农业新产业,促成新农村建设过程中的可循环农业经济链条的建成。

4.3 完善循环经济技术政策 技术是循环经济发展的一个前提,应增加资金支持力度,加大用于新型技术研究和循环经济技术生产力创新方面的资金投入,鼓励在校大学生参与创新,鼓励广大民众积极参与创新,增强社会力量创新^[14]。作为政府,应根据地域经济发展现状分别设置相关机构,从事技术管理与开发工作。给参与创新实践的企业和个人以财政支持,例如减免税收、补贴投入资金、贷款优惠政策等,从而激发科技研发者、环保企业的创新积极性。

4.4 完善循环经济金融政策

4.4.1 做好金融投资决策。通过恰当的金融投资决策,继而确立正确的支持目标,要保证以下4个方面的联合:①通过联系金融投资策略与发展循环经济的产业政策,使金融投资的目标成为国家产业政策的目标,从而高效率地指导利于加快循环经济进程的产业和结构调整。②必须结合金融投资决策和财务战略,加大对循环经济发展的财政政策支持力度。③要结合金融决议与地方政府和相关部门整体规划、实施方案和政策措施,继而做到战略配套与措施和谐^[15]。④把金融决策与地区经济的特点联系起来。在这样的基础上,再结合决策管理程序,对产业、企业及产品进行分类排序,从中选出所支持的目标,并拟出相对应的主次有序的一系列金融措施。

4.4.2 建立循环经济信用担保机制。帮助循环经济企业办理贷款担保是循环经济担保机构的重要职责。信用担保机

构应主要由政府出资投建,并保障这些信托担保机构能够独立运行并为需要贷款的循环经济类企业提供担保^[16]。通过改善目前的产业政策及投资政策,吸引大型外来投资力量,比如一些大型集团企业、商业银行、大财团的资金力量,并且从政策上放开外资、独资、合资的信用担保结构,为区域循环经济类企业提供担保信用帮助。

完善补充风险补偿机制,确保信用担保机构的顺畅发展。①政府给予补偿,也就是合法的信用担保机构一旦出现风险代偿,地区财政应对其进行相应比例额度的补偿或代偿;②建立再担保组织,以财政捐款为主要基金,通过向担保单位收取适量的股份额,形成在利益方面的联动体,从而为信用担保组织的风险代偿解决适量比例的补偿^[17];③财税上的补偿措施对于新成立的信用担保机构实施优惠税收措施。前3年,对于循环经济产业运营过程中产生的所得税、印花税和营业税先留存,实行先征后返的政策,随后通过政府政策优势对其进行补偿。

参考文献

- [1] 曲向荣,李辉,王俭. 循环经济[M]. 北京:机械工业出版社,2012.
- [2] 吴大华. 中国特色的循环经济发展研究[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [3] 张磊. 循环经济与产业政策的调整路径[J]. 江汉论坛,2005(7): 40-42.
- [4] 鲍健强,黄海风. 循环经济概论[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [5] 李赶顺. 发展循环经济实现经济与环境的“双赢”[J]. 河北大学学报(哲学社会科学版),2002(3): 36-40.
- [6] 李颖. 发展区域循环经济的问题与对策[J]. 湖南冶金职业技术学院学报,2009(1): 40-42.
- [7] 李云燕,张彪. 中国重点行业发展循环经济的产业政策探析[J]. 中国发展,2013(2): 18-22.
- [8] 郝静. 循环经济目标下我国的产业政策:日本的经验与启示[J]. 理论学刊,2009(5): 61-64.
- [9] 齐建国,王红,彭绪庶,等. 中国循环经济发展的进程与政策建议[J]. 经济纵横,2010(10): 25-31.
- [10] 全妍妍,王立红. 发展循环经济,优化山东省工业结构[J]. 科技经济市场,2011(6): 54-55.
- [11] 黄继忠. 区域内经济补平衡增长理论[M]. 北京:经济管理出版社,2001.
- [12] 罗希. 区域循环经济的产业政策分析[D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [13] 吴大华. 中国特色的循环经济发展研究[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [14] 郝永勤,杨欣. 我国循环经济政策体系的优化与设计[J]. 集美大学学报(哲学社会科学版),2012(2): 61-67.
- [15] 谢海燕. 中国循环经济政策体系研究报告[M]. 北京:知识产权出版社,2010.
- [16] 李健,邱立成. 循环经济发展的原则及运行模式研究[J]. 现代财经:天津财经学院学报,2004(6): 3-5.
- [17] 尹晓菲. 基于金融支持的保定市循环经济发展模式研究[J]. 重庆与世界,2012(3): 22-23.

(上接第70页)

- [6] ERICKSON M C, ISLAM M, SHEPPARD C, et al. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* in chicken manure by larvae of the black soldier fly[J]. Journal of food protein, 2004, 67(4): 685-690.
- [7] 徐齐云,龙静池,叶明强,等. 黑水虻幼虫的发育速率及食物转化率研究[J]. 环境昆虫学报,2014, 36(4): 561-564.

- [8] ST-HILAIRE S, SHEPPARD C, TOMBERLIN J K, et al. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*[J]. Journal of the world aquaculture society, 2007, 38(1): 59-78.
- [9] CHOI Y, CHOI J Y, KIM J G, et al. Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens*[J]. International journal of industrial entomology, 2009, 19(1): 171-174.
- [10] 刘巧林. 黑水虻在奶牛粪便中生长对大肠杆菌的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2008.