

文章编号:1674-7054(2011)03-0287-04

利用黑水虻生物转化热带农业废弃物的应用前景

李志刚^{1,2}, 谭乐和^{1,2}, 赖剑雄^{1,2}, 龙宇宙^{1,3}, 王干¹

(1. 中国热带农业科学院 香料饮料研究所, 海南 兴隆 571533; 2. 海南省热带香料饮料作物工程技术研究中心, 海南 兴隆 571533; 3. 中国热带农业科学院 开发处, 海南 海口 570100)

摘 要: 对利用黑水虻处理植物纤维性废弃物和畜禽粪便的应用前景进行了分析。热带地区光热水及物种资源丰富, 植物生长迅速, 加之近年来海南省养殖业发展迅速, 农业生产的发展带来了农业废弃物大量累积、生态环境污染等问题。热带地区丰富的气候资源、生物质资源使得黑水虻在热带农业废弃物生物转化方面的应用具有广阔的前景。

关键词: 农业废弃物; 生物转化; 黑水虻

中图分类号: X 712

文献标志码: A

黑水虻(black soldier fly *Hermetia illucens* L.) 是一种世界广泛分布的双翅目水虻科昆虫, 幼虫在自然界以动物粪便、腐烂的有机物(如腐肉、腐烂的水果、蔬菜和植物性垃圾)为食, 可用于畜禽粪便的无害化处理^[1]。农业废弃物是指在整个农业生产过程中被丢弃的有机类物质, 主要分为植物纤维性废弃物和畜禽粪便。为适应海南省建设国际旅游岛、生态岛的政策, 有效地处理农业废弃物, 建立循环生态经济系统, 已成为海南省农业发展的迫切需要。黑水虻幼虫可通过取食农业废弃物, 转化为虫体生物量, 不但可以减少废弃物累积, 还可以将转化后的底料和虫体作为作物肥料和动物饲料。因此, 将黑水虻用于处理热带农业废弃物具有较好的应用前景。

1 海南省农业废弃物资源化利用状况

海南省农业废弃物利用历史悠久, 但是整体水平并不高。目前, 植物纤维废弃物的资源化利用技术主要有秸秆还田、加工饲料、固化炭化、气化、制复合材料、制化学品等, 畜禽粪便资源化利用技术目前主要有肥料化技术、饲料化技术和燃料化技术等^[2]。

1.1 植物纤维性废弃物的资源化利用状况 我国热带地区光热、物种资源十分丰富, 热带作物、经济作物种类繁多。热带地区终年长夏无冬, 雨水充沛, 植物全年生长旺盛, 干物质的形成速度一般比温带地区快2~3倍^[3]。作为我国最大的热带农业生产基地, 海南终年可以进行农业生产, 以至于全年均有大量农业废弃物产生。据测算, 海南植物纤维性废弃物年产不少于1 000万t, 这些农业废弃物包括粮食作物秸秆、冬季瓜菜茎秆、香蕉茎秆、甘蔗叶、甘蔗渣、菠萝叶、林产品加工下脚料、蔬菜加工下脚料、水果加工下脚料等^[4]。

1.1.1 秸秆还田 秸秆还田是主要的利用方法之一, 其方法分为整株还田技术、有根茬粉碎还田技术和传统沤肥还田技术^[5]。

1.1.2 加工饲料 一些植物纤维性废弃物因其营养价值低, 或者可消化性低, 不能直接用作饲料。但如

收稿日期: 2011-08-12

基金项目: 海南省自然科学基金项目(309056)

作者简介: 李志刚(1981-), 男, 内蒙古赤峰人, 中国热带农业科学院香料饮料研究所研究实习生。

通信作者: 赖剑雄(1961-), 男, 副研究员, E-mail: ljx619@163.com

果经过适当处理,即可大大提高其营养价值和可消化性。目前的做法是通过秸秆的氨化、青贮和微生物发酵处理后用作饲料^[6]。

1.1.3 材料化 秸秆材料化主要是作为生产原料利用,如海南当地开发出的椰衣制床垫、木糠培养食用菌、咖啡果皮酿酒技术等^[4]。

1.1.4 能源化 海南省政府已确定我省生物燃料产业将重点发展以麻疯树(小桐子)为原料的生物柴油和以木薯为原料的燃料乙醇,大力推进低碳液体生物燃料的应用^[7]。

1.2 畜禽粪便资源化利用状况 近年来,海南省非常重视发展畜牧业,畜牧业的快速发展带来的畜禽粪便污染问题日益严重。据海南省 2008 年统计,由于继续实施扶持政策,克服饲料价格上涨等不利等因素影响,生猪饲养规模进一步扩大。全省生猪存栏 416.25 万头,增长 28.7%,与往年相比,总体呈增长趋势。牛羊生产持续增长,牛存栏 86.72 万头,羊存栏 70.79 万只,分别增长 10.1% 和 12.1%。家禽养殖规模与出栏增加。家禽存栏 4459.4 万只,增长 4.1%;家禽出栏 1.13 亿只,增长 12.3%^[8]。受畜禽粪便处理技术和成本的限制,全省畜禽粪便处理水平不高,有的农户甚至直接将粪便冲入水塘中,污染了自然水体,增加了水体自然净化的压力。

1.2.1 肥料化 畜禽粪便经发酵后就地还田作为肥料使用,是减轻其环境污染、充分利用农业资源的有效措施之一^[9]。

1.2.2 饲料化 畜禽粪便中所含的氮素、矿物质、纤维素等能作为取代饲料中某些营养成分的物质。畜禽粪使用作饲料,亦即粪便资源的饲料化,是畜禽粪便综合利用的重要途径^[10]。

1.2.3 燃料化 畜禽粪便发酵产生沼气可直接为农户提供能源,沼液可以直接肥田,沼渣还可以用来养鱼,形成养殖与种植和渔业紧密结合的物质循环的生态模式^[11-12]。

2 黑水虻的应用研究

黑水虻在生物分类学上属于昆虫纲,双翅目,短角亚目,水虻科,扁角水虻亚科,扁角水虻属,亮斑扁角水虻种^[13]。黑水虻成虫外形看上去和蜂类似,世代发育经历卵、幼虫、蛹和成虫 4 个虫态。黑水虻幼虫在自然界经常会以动物粪便或尸体和腐烂的有机物为食,如变坏的水果、蔬菜和腐败的海产品等^[14]。

国内外学者的研究结果表明,黑水虻幼虫处理畜禽粪便,不但可以减少粪便累积,控制家蝇和有害微生物的孳生,而且转化后的底料可以作为热带经济作物的肥料或地表根系覆盖物,收获虫体营养物质丰富,可以作为动物饲料^[15]。

2.1 减少粪便堆积和污染 黑水虻对粪便的转化效率高,通过黑水虻幼虫的取食,在 14 d 内,能够将 55 kg 的新鲜粪便干物质降解成 24 kg 粪便干物质,减少了 56% 的粪便堆积。处理后的粪便干物质所含的各种营养元素,不仅得到不同程度的降低,而且还消除了粪便的臭味,极大地减少了粪便对环境的影响。研究表明,黑水虻处理猪粪,能够降低猪粪中 55.1% 的 N, 44.1% 的 P, 52.8% 的 K^[16]。

2.2 控制家蝇孳生 Bradley 发现黑水虻幼虫可能产生对家蝇有驱避作用的信息素^[17]。黑水虻幼虫取食过的粪便不适合家蝇的幼虫生长,家蝇的成虫不在黑水虻幼虫生活的粪便里产卵,利用黑水虻处理粪便,能够解决畜禽集约化养殖过程中家蝇孳生的问题。在夏季黑水虻大量发生的季节,黑水虻对鸡粪中生长的家蝇控制率达到 100%,对小家蝇控制率达到 99.9%^[18]。

2.3 抑制有害生物 利用绿色荧光蛋白标记大肠杆菌 O157: H7 和沙门氏肠杆菌,并按 10^7 cfu · g⁻¹ 分别接种到牛粪、猪粪和鸡粪中,然后在粪便中加入 10 或 11 日龄的黑水虻幼虫(7 ~ 10 g),在 23 °C、27 °C 或 32 °C 培养 3 ~ 6 d 后,可使鸡粪中大肠杆菌和沙门氏肠杆菌的量降低 2 000 倍以上^[19]。

2.4 黑水虻幼虫和预蛹的饲料价值 利用畜禽粪便饲养的黑水虻幼虫干重达到 42% ~ 43%,其中粗蛋白含量占干重的 42% ~ 44%,脂肪含量占干重的 31% ~ 35%,灰份占干重的 11% ~ 15%,钙质占干重的

4.8%~5.1%, 磷占干重的0.60%~0.63%。使用粪便饲养的幼虫和预蛹, 含有丰富的必需氨基酸和矿物质, 是家禽、家畜和鱼类养殖的良好饲料来源^[1]。

另外, 还有黑水虻幼虫处理其他农业废弃物的相关报道, 比如奶牛粪便、咖啡渣和棕榈籽粕等^[20-22]。这些处理系统一般都比较简单, 且大多使用野生黑水虻种群。目前, 黑水虻人工饲养和处理农业废弃物技术的研究基本都停留在小规模状态, 并且很多都是使用野生黑水虻, 受气候和地域的限制。

3 热区开展黑水虻生物转化农业废弃物的优势

3.1 农业废弃物资源丰富 热区物种资源丰富, 热带作物、经济作物种类繁多, 植物生长旺盛, 存在大量的枯枝落叶以及作物更新后的秸秆。养殖业的快速发展使得畜禽粪便资源也十分丰富。

3.2 气候条件优势 自然条件下, 在美国东南部的佐治亚州, 黑水虻1年可以繁殖3代^[23]。在新西兰, 从11月中旬到翌年5月都可以采集到黑水虻成虫, 1年大约发生3代^[14], 也就是说, 高纬度地区冬季的低温限制了黑水虻的繁殖。笔者于2009年起在海南省万宁市兴隆热带植物园开展黑水虻的连续化人工繁育的研究中发现: 在海南兴隆地区的热带季风条件下, 黑水虻可以实现全年连续传代。因此, 在海南开展黑水虻的饲养和废弃物转化, 有着高纬度地区不可比拟的气候条件。冬季低温和连续的阴雨天气是导致产卵量变少的重要原因, 在冬季可以使用塑料温棚饲养黑水虻, 在连续阴雨天气使用碘钨灯来刺激成虫交配^[24]。

目前, 国内外学者对黑水虻幼虫转化畜禽粪便开展了大量的研究, 但对于植物纤维性废弃物转化的研究较少, 这必将成为今后热带地区农业发展研究的热点问题。热带地区的光热资源以及温暖潮湿的气候, 非常适合开展黑水虻的饲养, 并以其幼虫来处理大量的农业废弃物, 应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 喻国辉, 陈燕红, 喻子牛, 等. 黑水虻幼虫和预蛹的饲料价值研究进展[J]. 昆虫知识, 2009, 46(1): 41-45.
- [2] 卞有生. 生态农业中废弃物的处理与再生利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [3] 侯宪文, 李勤奋, 邓晓, 等. 热带地区农业有机废物利用途径及存在问题的对策分析[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(增刊): 310-313.
- [4] 李志刚, 谭乐和. 海南省热带农业废弃物资源化利用状况及对策[J]. 热带农业科学, 2009, 29(8): 47-50.
- [5] 吕兴玉. 农作物秸秆的综合开发利用[J]. 现代农业, 2011(3): 80.
- [6] 庄乾明. 秸秆青贮、氨化、微生物发酵3种方法的比较及其相关性的研究[J]. 草食家畜, 1999(1): 40-41.
- [7] 中国新能源编辑部. 2009—2010年中国生物质能源产业发展报告[R]. 广州: 中国科学院广州能源研究所, 2009.
- [8] 海南省统计局. 2009年海南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [9] 王宇. 畜禽粪便高效堆肥技术及资源化利用[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [10] 周望平. 畜禽粪便用于生产饲料的方法概述[J]. 中国畜禽种业, 2008, 8(4): 64-65.
- [11] 朱海生, 陈志宇, 栾冬梅. 畜禽粪便的综合利用[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004(4): 59-60.
- [12] 罗艳, 孙波. 养殖场畜禽粪便沼气发酵的无害化综合利用[J]. 内蒙古农业科技, 2010(4): 122.
- [13] 杨再华. 中国水虻科分类研究(双翅目)[D]. 华中农业大学, 2007.
- [14] MAY, B. The occurrence in New Zealand and the life-history of the soldier fly *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae)[J]. NZJ Sci, 1961(4): 55-65.
- [15] 安新城, 李军, 吕欣. 黑水虻处理养殖废物的研究现状[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(4): 113-116.
- [16] NEWTON, G L, SHEPPARD D C, WATSON D W, et al. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool[J]. State of the Science, Animal Manure and Waste Management, 2005(1): 5-7.
- [17] BRADLEY S W, SHEPPARD D C. House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly[J]. Journal of Chemical Ecology, 1984, 10(6): 853-859.

- [18] 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: 1439 – 1442.
- [19] 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.
- [20] LARD G. Recycling of coffee pulp by *Hermetia illucens*(Diptera: Stratiomyidae) larvae [J]. *Biological Wastes* , 1990 , 33: 307 – 310.
- [21] TOMBERLIN J K. Using the black soldier fly to reduce manure accumulation in dairy calf facilities in comanche county [J]. *Texas* , 2003 , 121: 345 – 350.
- [22] HEM S , TOURE S. Bioconversion of palm kernel meal for aquaculture: Experiences from the forest region (Republic of Guinea) [J]. *African Journal of Biotechnology* , 2008 , 7(8) : 1192 – 1198.
- [23] SHEPPARD D C , NEWTON G L. A value added manure management system using the black soldier fly [J]. *Biores Tec* , 1994 , 50: 275 – 279.
- [24] 李志刚 杨森 赖剑雄 等. 海南兴隆地区黑水虻的人工繁育技术研究初报 [J]. *热带农业科学* 2001 31(6) : 1 – 4.

Application Prospects of the Tropical Agricultural Waste Biotransformation using Black Soldier Fly

LI Zhi-gang^{1 2} , TAN Le-he^{1 2} , LAI Jian-xiong^{1 2} , LONG Yu-zhou^{1 3} , WANG Gan¹

(1. Spice and Beverage Research Institute , CATAS , Xinglong 571533 , China;

2. Hainan Provincial Engineering Research Center for Tropical Spice and Beverage Crops , Xinglong 571533 , China;

3. Development Department of Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences , Haikou 570100 , China)

Abstract: Based on the abundant light , thermal , water and specie resource , and the accumulation of agricultural wastes from development of agricultural production in tropical regions , the application prospects of the tropical agricultural waste biotransformation using black soldier fly were estimated and the positive conclusions were obtained.

Key words: tropical agricultural waste; biotransformation; black soldier fly