

基于白星花金龟幼虫转化玉米秸秆的微循环农牧场模式研究

刘玉升, 张大鹏 (山东农业大学植物保护学院, 山东泰安 271018)

摘要 [目的]建立一套纳入昆虫养殖的微型生态循环农牧场模式,为解决我国农业生产困境提供依据。[方法]2007年,在山东农业大学实验站园建立0.80 hm²微型生态循环农牧场;设计玉米种植、柴鸡养殖、白星花金龟养殖3个环节;运用生态学原理,利用白星花金龟幼虫的腐食性,以其3龄幼虫取食玉米秸秆转化为虫体蛋白和虫粪沙,分别应用其虫体养鸡和虫粪种粮,构建生态循环农牧场模式。[结果]连续7年试验结果表明,散养条件下1 m²土地能饲养柴鸡4只;温室中,1 m²养殖池饲养白星花金龟3龄幼虫5.00 kg,1.00 kg白星花金龟幼虫可处理18.75 kg发酵玉米秸秆。能实现年产值45万元/hm²的纯经济收入,并能处理掉周边2.67 hm²地产生的玉米秸秆,同时解决6~10人的就业问题。[结论]以白星花金龟幼虫取食转化玉米秸秆为关键环节的循环农业模式是一套值得大力推广的模式。

关键词 白星花金龟幼虫;玉米秸秆;虫体养鸡;虫粪种粮;微型生态循环农牧场

中图分类号 S186 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)31-085-03

Study on the Model of Microcirculation Farm and Ranch on the Corn Straw Transformed by Larval of *Potosia brevitarsis* Lewis

LIU Yu-sheng, ZHANG Da-peng (College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018)

Abstract [Objective] The aim was to establish a microcirculation farm model to lay the basis for solve production problem in agriculture. [Method] In 2007, the corn straw were transformed by larval of *P. brevitarsis* Lewis and a model of micro-ecological cycle farms and ranches had been built in a 0.80 hm² of plots, Shandong Agricultural University. Three sectors of maize growing, chicken breeding and *P. brevitarsis* Lewis breeding were designed. Based on the theory of ecology, using *P. brevitarsis* Lewis larvae saprophagous its third instar larvae of corn stalks into the parasite protein and frass sand, their larvae were applied to grain chicken and insect feces. As a biological transformation through the *P. brevitarsis* Lewis, will be the combination of the three links. [Result] After seven consecutive years of testing, results showed that; under free-range conditions, 1 m² of land could raise four chickens; in the greenhouse, 1 m² land could rear 5.00 kg the third instar larvae of *P. brevitarsis* Lewis, and 1.00 kg larval of *P. brevitarsis* Lewis could handle 18.75 kg fermented corn stalks. The modes could realize the value of 450 000 yuan/hm² pure income per year, and dispose of the surrounding 2.67 hm² land to produce corn stalks, while addressing the problem of employment 6-10 people. [Conclusion] The model of microcirculation farm and ranch on the corn straw transformed by larval of *P. brevitarsis* Lewis is worthy to generalize.

Key words Larval of *Potosia brevitarsis* Lewis; Corn stalks; Insect fed chicken; Insect dung sand fed grain; Micro-ecological cycle farms and ranches

我国是玉米种植大国,年秸秆产量达2亿t^[1]。在传统农业生产中,玉米秸秆一部分用作农村生活能源,如直燃烧水、做饭、转化为沼气^[2],一部分用作牲畜饲料^[3],其余大部分被直接丢弃或露天焚烧^[4],既浪费资源、污染环境,又加剧了温室效应。从生物转化途径分析,饲料化主要是草食牲畜,沼气化、有机肥化主要是微生物,而对环境昆虫转化则研究较少。随着农业面源污染治理工作的开展和农业产业链的衔接需要,亟待一个转化玉米秸秆的新技术途径。

白星花金龟(*Potosia brevitarsis* Lewis)是鞘翅目金龟甲总科花金龟科的一个种类^[5],其幼虫为腐食性,以自然腐烂的秸秆、杂草及畜禽粪便为食。研究基于白星花金龟幼虫的腐食性,模拟自然界玉米秸秆的腐烂状况,通过规模化生产养殖,实现对玉米秸秆的转化,可以解决农业产业链断裂的问题。鉴于此,笔者于2007年在山东农业大学实验站园建立0.8 hm²微型生态循环农牧场,设计玉米种植、柴鸡养殖、白星花金龟养殖3个环节,运用生态学原理,利用白星花金龟幼虫的腐食性,以其3龄幼虫取食玉米秸秆转化为虫体蛋白和虫粪沙,分别应用其虫体养鸡和虫粪种粮,构建了生态循环农牧场模式,旨在为探索出一套纳入昆虫养殖的微型生态循环农牧场模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 鱼粉购自山东兴港鱼粉有限公司,为秘鲁进口鱼粉。白星花金龟幼虫粉由山东农业大学植物保护学院经初级干燥、二次干燥、研磨制得。玉米秸秆由生态循环农牧场内自产及山东农业大学农学院提供。柴鸡幼苗购于山东泰安市德泰家禽育种有限公司。柴鸡配合日粮购于山东泰安市泰山区南上高兽医站,饲料基础配方:65%玉米+20%豆粕+10%麦麸+1%食盐+2%微量元素。白星花金龟幼虫试验养殖池:规格为1.0 m×1.0 m×0.5 m,四周密封,顶部罩网,共15个。白星花金龟规模养殖大棚6个,规格为20.0 m×5.0 m×3.0 m,每个棚内设置2个水泥池,水池长、宽、高分别为15.0、2.0、0.5 m。

1.2 方法

1.2.1 白星花金龟幼虫饲养密度的确定。试验共设5个处理,每个处理3次重复。分别放置白星花金龟3龄幼虫3.00、4.00、5.00、6.00、7.00 kg,随机排列。定期投放同等重量(保持30 cm厚的饲料层)同等状态玉米秸秆。以每5 d取食量作为评价标准,连续饲养15 d后,分离虫体、虫粪、剩余饲料、死虫,记录最终虫重、虫粪产生量、剩余饲料干重,计算白星花金龟幼虫的成活率及取食率。

1.2.2 白星花金龟幼虫对玉米秸秆的取食状况研究。试验设发酵秸秆、新鲜秸秆、干秸秆3个处理,每个处理3次重复,随机排列。试验开始前,测量不同状态玉米秸秆的水分、pH、粗蛋白、脂肪和纤维含量。向每个处理投放白星花金龟

基金项目 国家“十二五”课题(2014BAI04B05)。

作者简介 刘玉升(1964-),男,山东莒南人,教授,博士,从事生态植物保护学、昆虫生产学和生态循环农业的理论与实践研究。

收稿日期 2015-09-28

3龄幼虫 1.00 kg。试验期间以每 5 d 取食量作为评价标准,连续饲养 15 d 后,分离虫体、虫粪、剩余饲料、死虫,记录最终虫重、虫粪产生量、剩余饲料干重,计算虫体生物量增长率、幼虫成活率、秸秆取食率。

1.2.3 白星花金龟幼虫粉作为柴鸡饲料蛋白添加量的确定。设配合日粮添加 1%、2%、3% 白星花金龟幼虫粉作为 3 个处理,每个处理 10 次重复,以添加 2% 鱼粉添加量的配合日粮作为对照。饲喂体重均为 0.50 kg 的健康柴鸡,每天分 2 次喂,每次饲喂 50 g。预饲期为 5 d,正试期为 30 d。以每 6 d 取食量作为评价标准,测量柴鸡的体重(初重、终重)、剩余饲料量、鸡粪量,计算平均日采食量、平均日增重、料肉比。

平均日增重 = 终重 - 初重 / 正试天数

1.2.4 柴鸡饲养密度的确定。在散养条件下,选取生长状态一致(体重 1.00 kg)的柴鸡 90 只进行饲喂试验,试验共设计 15 个区,每个区的平面面积为 1 m²,四周都设置围网,以防逃逸,区内所有饲喂、管理条件都一致,区内分设 2、4、6、8、10 只/m² 5 个处理,每个处理 3 次重复,预饲期为 5 d,正试期为 30 d。每 6 d 测量一次柴鸡的体重(初重、终重)、剩余饲料量、鸡粪量,计算平均日采食量、平均日增重。

1.2.5 玉米秸秆成分测定。水分含量测定采用烘干法;pH 测定采用 pH 计;粗蛋白质含量测定采用凯氏定氮法(AACC,20000), $PC(mg/g \cdot dm) = N \times 5.7$;粗脂肪和粗纤维含量测定参照赵世杰的方法^[6]。

1.2.6 生物量测定。

虫体生物量增长率 = (最终虫体干重 - 初始虫体干重) / 初始虫体干重 × 100%

饲料利用率 = (添加饲料干重 - 剩余饲料干重) / 添加饲料干重 × 100%

死亡率 = 死亡虫体干重 / 初始虫体干重 × 100%^[7]

1.3 数据处理 用 DPS 7.05 软件对数据进行方差分析和差异显著性分析,应用 Excel 2003 软件进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同饲养密度下白星花金龟幼虫成活及取食状况 由图 1 可知,随着白星花金龟幼虫饲养密度的增加,其成活率及取食率呈现先增加后下降的趋势,在饲养密度低于 5.0 kg/m² 时,其成活率及取食率逐渐升高;当饲养密度高于 5.0 kg/m² 时,其成活率及取食率逐渐下降;当饲养密度处于 5.0 kg/m² 时,成活率和取食率最高,分别达到 95.8% 和 94.2%,白星花金龟幼虫饲养密度以 5.0 kg/m² 为宜。

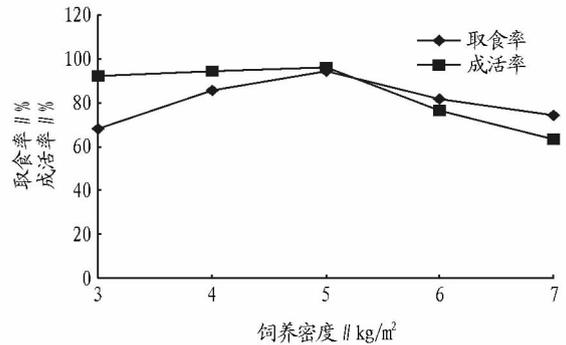


图 1 白星花金龟幼虫饲养密度与其成活率及取食率的关系

2.2 白星花金龟幼虫对不同状态玉米秸秆取食状况 从白星花金龟幼虫成活率、取食量、幼虫生物量增长率、秸秆取食率 4 个方面进行比较,3 种不同状态的玉米秸秆间差异显著,发酵秸秆处理都显著高于新鲜秸秆和干秸秆,上述 4 个指标发酵秸秆依次是新鲜秸秆的 1.72、2.80、2.21、2.49 倍,是干秸秆的 3.06、3.61、4.69、4.84 倍(表 1),表明白星花金龟幼虫嗜食发酵玉米秸秆。白星花金龟幼虫生物量每增加 1.00 kg 可以转化处理发酵秸秆 18.75 kg。

表 1 白星花金龟幼虫对不同状态玉米秸秆的取食状况

处理	幼虫成活率//%	取食量//kg	幼虫生物量增长率//%	虫粪量//kg	秸秆取食率//%
干秸秆	32 ± 0.1 aA	5.20 ± 0.8 aA	16 ± 1.0 aA	4.1 ± 0.5 aA	19 ± 0.3 aA
新鲜秸秆	57 ± 0.2 abB	6.70 ± 0.9 aAB	34 ± 0.9 bB	5.3 ± 0.8 aA	37 ± 0.2 bAB
发酵秸秆	98 ± 0.6 cC	18.75 ± 1.4 bC	75 ± 0.4 cC	15.6 ± 1.2 bB	92 ± 0.6 cC

注:表中数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误差;同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间在 0.01、0.05 水平差异显著。

2.3 不同状态玉米秸秆的营养成分 由表 2 可知,发酵秸秆与新鲜秸秆之间在水分含量、粗蛋白、脂肪、纤维含量上无显著差异,pH 显著降低,白星花金龟幼虫对发酵玉米秸秆消

化率为 22.1% ± 3.1%,分别是新鲜玉米秸秆和干玉米秸秆的 3.25 和 4.33 倍。可见,白星花金龟喜欢取食发酵好的玉米秸秆,这与白星花金龟的取食习性(腐食性)有关。

表 2 不同状态玉米秸秆的营养成分

处理	水分//%	pH	粗蛋白//%	脂肪//%	纤维//%	消化率//%
干秸秆	12.2 ± 1.3 bB	8.0 ± 1.1 aA	5.7 ± 0.1 bB	1.1 ± 0.1 bB	40.2 ± 4.1 aA	5.1 ± 2.6 bB
新鲜秸秆	75.9 ± 1.2 aA	5.5 ± 0.7 bB	6.2 ± 0.1 aA	1.7 ± 0.2 aA	34.9 ± 2.1 bB	6.8 ± 4.6 bB
发酵秸秆	72.8 ± 0.9 aA	4.2 ± 0.6 cC	6.3 ± 0.2 aA	2.3 ± 0.2 aA	31.8 ± 2.6 bB	22.1 ± 3.1 aA

注:表中数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误差;同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间在 0.01、0.05 水平差异显著。

2.4 在基础日粮中添加白星花金龟幼虫粉对柴鸡生长状况的影响 由表 3 可知,以 2% 鱼粉添加量作为对照,在白星花金龟幼虫粉 1%、2%、3% 添加量的处理中,柴鸡的平均日增

重和日采食量在 1% 和 2% 处理间差异显著,2% 处理显著高于 1% 处理,料肉比 2% 处理显著低于 1% 处理,平均日增重在白星花金龟幼虫粉 2%、3% 添加量的处理之间无显著差

异。由此表明,白星花金龟幼虫粉作为饲料蛋白添加量以 2% 为宜。

2.5 柴鸡饲养密度的确定 由表 4 可知,随着单位面积内饲养密度的增大,柴鸡的平均日增重和日取食量总体呈先增

加后减少的趋势,在饲养密度达 4 只/m² 时平均日增重和日采食量都达到最大,分别为 25.00 和 95.47 g,是合适的散养柴鸡饲养密度。

表 3 白星花金龟幼虫粉不同添加量对柴鸡的生长状况

处理	始重 kg	终重 kg	平均日增重 g/d	日采食量 %	料肉比 %
2% 鱼粉	0.75	1.21 ± 0.010 bB	46.25 ± 1.20 bB	80.04 ± 1.08 dC	1.74 ± 0.017 cC
1% 白星花金龟幼虫粉	0.76	1.18 ± 0.014 cC	42.41 ± 1.60 abAB	85.11 ± 1.67 cB	2.02 ± 0.015 aA
2% 白星花金龟幼虫粉	0.75	1.27 ± 0.012 aA	52.18 ± 1.00 cC	90.43 ± 1.42 bA	1.73 ± 0.010 cC
3% 白星花金龟幼虫粉	0.74	1.26 ± 0.009 aA	52.33 ± 1.00 cC	92.15 ± 1.40 aA	1.77 ± 0.012 bB

注:表中数据为 10 次重复的平均值 ± 标准误差;同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间在 0.01、0.05 水平差异显著。

表 4 不同饲养密度对柴鸡生长及取食的影响

饲养密度 只/m ²	始重 kg	终重 kg	平均日增重 g/d	平均日采食量//g/d
2	1.00	1.70 ± 0.010 bB	23.33 ± 1.28 bB	92.26 ± 1.01 dC
4	1.00	1.75 ± 0.014 bB	25.00 ± 1.64 abAB	95.47 ± 1.68 cB
6	1.00	1.43 ± 0.012 aA	14.33 ± 1.12 cC	93.18 ± 1.42 bB
8	1.00	1.41 ± 0.027 aA	13.67 ± 1.00 cC	90.07 ± 1.25 aA
10	1.00	1.36 ± 0.041 aA	12.00 ± 1.00 cC	86.11 ± 1.37 aA

注:表中数据为 10 次重复的平均值 ± 标准误差;同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间在 0.01、0.05 水平差异显著。

2.6 综合效益分析 设计的小型生态循环农牧场面积为 0.80 hm²,其中柴鸡养殖区 0.20 hm²,玉米种植区 0.30 hm²,白星花金龟养殖区 0.06 hm²,玉米秸秆发酵处理区 0.04 hm²,虫粪基生物肥加工区 0.02 hm²,基础设施(房屋、道路等)0.18 hm²。

根据上述试验结果分析,以生产一批柴鸡 10 个月(平均体重为 1.75 kg)出售作为衡量标准,全年共计养殖 7 500 只柴鸡,每只柴鸡售价 118 元,成本价为 70 元,净收入 48 元。可以卖到 36 万元,该模式全年可以实现 36 万元的经济收入,平均收益为 45 万元/hm²;解决 6~10 人(2 名技术人员,4~8 名农民)的就业问题;处理 45 t 玉米秸秆,解决 2.67 hm² 地玉米种植产生的玉米秸秆处理难等问题。与目前割裂开来的种植业、养殖业相比,该模式能产生巨大的效益差额。

3 讨论

2015 年中央 1 号文件《关于加大改革创新力度 加快农业现代化建设的若干意见》对如何在经济发展新常态下实现农业农村的新发展指出了明确的方向。在转变农业发展方式上寻求新突破。尽快从主要追求产量和依赖资源消耗的粗放经营转到数量质量效益并重、注重提高竞争力、注重农业科技创新、注重可持续的集约发展上来,走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代农业发展道路。其中,农作物的秸秆综合利用及生态循环农业模式的实践是贯彻执行中央 1 号文件的重要举措,如何就两者有机结合,是该研究的重要议题。

该研究表明,每生产 1.00 kg 白星花金龟幼虫可处理 18.75 kg 发酵玉米秸秆,表现出巨大的转化力,这与杨诚等^[8]的研究结果吻合,每生产 3.00 kg 白星花金龟幼虫就可以满足 1 只柴鸡正常生长 10 个月所需要的蛋白质;农牧场

内生产的虫粪基生物肥完全可以满足玉米种植所需要的肥料,且能提高土壤有机质含量,改善土壤的团粒结构。

近年来,全球蛋白资源危机越来越重^[9],鱼粉产量逐年下降,肉骨粉的同源性危害逐渐凸显,对于新型蛋白源的需求十分迫切。白星花金龟老熟幼虫所制虫粉,作为一种新型蛋白源,可应用于柴鸡养殖;虫粪沙可作为虫粪生物肥返还农田,提高土壤有机质含量^[10]。该研究探索出一条玉米秸秆处理的资源化利用新技术途径,通过利用白星花金龟幼虫取食转化玉米秸秆获得新型蛋白源,作为高品质柴鸡生产的基础,构成一种新型循环农业模式,可为我国农村的生态发展和安全农产品生产发挥良好的示范作用,并产生巨大的经济效益。因此,以白星花金龟幼虫取食转化玉米秸秆为关键环节的循环农业模式是一套值得大力推广的模式。

参考文献

- [1] 高梦洋,许育彬,熊雷锋,等. 玉米秸秆的综合利用途径[J]. 陕西农业科学(自然科学版),2000(7):29-31.
- [2] 韩捷,向欣,程红胜,等. 好氧预处理对干法沼气发酵产气量的影响及能量损失[J]. 农业工程学报,2011,27(12):34-36.
- [3] 张桂荣,秦广军. 肉仔鸡饲喂玉米秸秆粉发酵饲料初探[J]. 中国家禽,2003,25(14):17-18.
- [4] 徐玉宏. 我国秸秆焚烧污染与防治对策[J]. 环境与可持续发展,2007(3):31-33.
- [5] 王菲菲,刘玉升. 白星花金龟成虫肠道微生物研究[J]. 中国微生物学杂志,2009,21(9):687-689.
- [6] 赵世杰. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.
- [7] 刘宁,付卫东,张国良,等. 饲喂黄顶菊对黄粉虫生长发育及繁殖的影响[J]. 生物安全学报,2012,21(2):163-166.
- [8] 杨诚,刘玉升,徐晓燕,等. 白星花金龟幼虫对酵化玉米秸秆取食效果的研究[J]. 环境昆虫学报,2015,37(1):122-127.
- [9] 车景涛,周安国. 解决我国蛋白质资源缺乏的途径[J]. 饲料工业,2006,27(9):56-59.
- [10] 刘怀如,杨兆芬,檀东飞,等. 黄粉虫虫粪的肥效研究[J]. 泉州师范学院学报(自然科学版),2003,21(4):68-71.