

## 黄粉虫对丝羽乌骨鸡的饲养效果研究

马群<sup>1</sup>, 周宇燊<sup>2,3</sup>, 俞晓刚<sup>4</sup>, 王栋<sup>3</sup>, 郑雄<sup>4</sup>, 周祖基<sup>3</sup> (1. 山西省大同市园林管理局, 山西大同 037004; 2. 四川农业大学风景园林学院, 四川成都 610000; 3. 四川农业大学林学院, 四川成都 610000; 4. 四川省德阳市林业局, 四川德阳 618000)

**摘要** [目的] 研究昆虫蛋白黄粉虫对丝羽乌骨鸡的饲喂效果。[方法] 以黄粉虫成虫、幼虫和虫粪为主要饲料添加剂, 替代鱼粉, 探讨其对丝羽乌骨鸡的日增重、日采食量、料肉比、腹泻率、死亡率和粗蛋白消化率的影响。[结果] 6~13 和 3~13 周龄, 在饲料中添加黄粉虫成虫、幼虫、虫粪后, 丝羽乌骨鸡的日增重和日采食量均有明显提高; 在饲料中添加黄粉虫虫粪后, 丝羽乌骨鸡料肉比有明显改善。[结论] 黄粉虫可替代鱼粉, 用作饲料添加剂。

**关键词** 黄粉虫; 昆虫蛋白; 饲料添加剂; 丝羽乌骨鸡

**中图分类号** S816.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)09-0107-03

Feeding Effects of *Tenebrio molitor* Linnaeus on Silky Fowl

MA Qun<sup>1</sup>, ZHOU Yu-jue<sup>2,3</sup>, YU Xiao-gang<sup>4</sup> et al (1. Datong Gardens Bureau, Datong, Shanxi 037004; 2. College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 610000; 3. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 610000; 4. Forestry Bureau of Deyang City, Deyang, Sichuan 618000)

**Abstract** [Objective] To study the feeding effects of *Tenebrio molitor* Linnaeus as insect protein on silky fowl. [Method] The adult, larvae and feces of *T. molitor* were used as main feed additives to replace fish meal. And its effects on the daily weight gain, daily feed intake, feed-gain ratio, digestibility of crude protein of silky fowl were discussed. [Result] At 6-13 week-old and 3-13 week-old, the daily weight gain and daily feed intake of silky fowl were obviously increased after silky fowl were fed with adult and larvae of *T. molitor*. The feed-gain ratio of silky fowl was obviously improved after silky fowl were fed with feces of *T. molitor*. [Conclusion] *T. molitor* can replace fish meal and be used as a kind of feed additive.

**Key words** *Tenebrio molitor* Linnaeus; Insect protein; Feed additives; Silk fowl

黄粉虫 (*Tenebrio molitor* Linnaeus) 别名大黄粉虫、黄粉甲, 俗称面包虫, 是一种大型的仓储害虫<sup>[1]</sup>。据报道, 黄粉虫含 30% 脂肪和 50% 以上蛋白质, 此外还有 P、K、Fe、Na、Al 等常量元素和多种微量元素及动物生长所必需的 16 种氨基酸<sup>[2]</sup>, 是一种优质的蛋白质来源。

丝羽乌骨鸡是我国古老的鸡种之一, 属于药用型鸡, 因其具有洁白如雪的丝状羽, 皮肤、肌肉、骨膜皆乌, 具有独特的药用价值而闻名国内外<sup>[3]</sup>。

以前通常用鱼粉作为畜禽饲料的营养添加剂, 但随着其产量的不断下降和价格的提升, 探索新的营养源已引起人们的高度关注。虽然已有不少对黄粉虫营养价值的研究报道, 但其对乌骨鸡的饲喂效果则鲜见报道。笔者以黄粉虫成虫、幼虫和虫粪为饲料添加剂, 探讨其对丝羽乌骨鸡日增重、日采食量、料肉比、腹泻率、死亡率和粗蛋白消化率的影响。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 丝羽乌骨鸡选取 20 日龄雏鸡, 产自四川省雅安市名山县。黄粉虫的添加方式分为不宜商售的新鲜活幼虫、初死成虫和干虫粪(要求干燥、没有受潮、没有发霉)。幼虫和虫粪直接添加到饲料中即可, 死成虫需要粉碎成粉状再使用。不同周龄的丝羽乌骨鸡需要各种虫态的用量都不同, 具体饲料配方组成见表 1。

对照组不添加黄粉虫(包括幼虫、成虫和虫粪), 用鱼粉作为蛋白饲料添加剂, 其余成分与试验组 I、II 和 III 一致。丝羽乌骨鸡和黄粉虫均由名山县佳满虫业有限公司提供; 豆粕、玉米粉(粒)、麦麸、鱼粉和南瓜均为市购; 碳酸钙、碳酸氢钙、食盐、胆碱、多维、矿物质添加剂(Cu、Fe、Mn、Zn、I、Se)、土霉素、苏氨酸(Thr)、赖氨酸(Lys)、蛋氨酸(Met)均由四川农业大学动物营养研究所提供。

表 1 饲料配方组成

Table 1 The composition of feed formula

周龄 Week-old	组别 Group	豆粕 Soybean meal	玉米 Corn	麦麸 Wheat bran	南瓜 Pumpkin	碳酸钙 Calcium carbonate	碳酸氢钙 Calcium bicarbonate	食盐 Salt	胆碱 Choline	多维 Multi-vitamin
3~5	对照组	35.0	30.02	23.14	5.18	1.30	1.40	0.35	0.1	0.015
	试验组 I	23.4	42.43	16.00	4.40	1.30	1.40	0.35	0.1	0.015
	试验组 II	23.0	40.30	20.00	5.26	1.30	1.40	0.35	0.1	0.015
	试验组 III	26.8	36.22	11.00	3.00	1.30	1.40	0.35	0.1	0.015
6~13	对照组	15.0	50.00	17.00	12.00	1.10	1.10	0.35	0.1	0.015
	试验组 I	4.0	62.00	12.50	8.31	1.18	1.14	0.35	0.1	0.015
	试验组 II	7.3	53.00	10.00	18.87	1.00	1.30	0.35	0.1	0.015
	试验组 III	8.0	48.00	5.67	16.00	1.22	0.27	0.35	0.1	0.015

接下表

**基金项目** 国家级星火计划推广项目(2009NH47)。

**作者简介** 马群(1982—), 女, 北京人, 工程师, 硕士, 从事昆虫应用研究。

**收稿日期** 2016-12-28

续表 1

周龄 Week-old	组别 Group	矿物质添加剂 Ore additive	土霉素 Tetramycin	Thr	鱼粉 Fish meal	成虫 Adult	幼虫 Larvae	虫粪 Feces	Met	Lys
3~5	对照组	0.2	0.05	0	3.08	0	0	0	0.16	0
	试验组 I	0.2	0.05	0	0	0	9.81	0	0.24	0.2
	试验组 II	0.2	0.05	0	0	7.82	0	0	0	0.1
	试验组 III	0.2	0.05	0	0	0	0	20.13	0	0.3
6~13	对照组	0.2	0.05	0	3.00	0	0	0	0.13	0
	试验组 I	0.2	0.05	0.13	0	0	9.81	0	0.22	0
	试验组 II	0.2	0.05	0	0	7.82	0	0	0	0
	试验组 III	0.2	0.05	0	0	0	0	20.13	0	0

## 1.2 试验方法

**1.2.1 试验分组及饲养场地。**选择 240 羽 3 周龄丝羽乌骨鸡,按体质健康、雌雄各半、体重相近的原则,随机分为对照组和试验组 I、II、III,试验组 I 添加黄粉虫幼虫,试验组 II 添加黄粉虫成虫,试验组 III 添加黄粉虫虫粪。每组 6 个重复,每个重复 10 只。

将 3~5 周龄丝羽乌骨鸡分别置于一间面积 9 m<sup>2</sup> 的房间用模板预先隔成 4 个空间。房间预先进行消毒,确保通风、照明情况良好。同时,给 4 个处理组的丝羽乌骨鸡分别做好标识:对照组不做任何标记,试验组 I、II、III 分别用红色塑料绳、黑色塑料和袋透明保鲜袋扎系单只鸡爪,以示区分。

**1.2.2 饲料配制。**各处理组均按照一定蛋白比例进行饲料的配制。对照组仔鸡日粮的蛋白质由鱼粉提供,各试验组日粮中蛋白质由黄粉虫提供;乌骨鸡肉仔鸡日粮参照 NRC 标准(2004 年)3~13 周龄乌骨鸡肉仔鸡的营养需要,并结合该地区饲养状况进行配制。试验最后 1 周的前 2 d 进行粪便,采集。

豆粕和玉米粉(粒)粉碎成比粉末稍大的颗粒;南瓜切成小块、煮熟,用于饲喂 3~7 周龄仔鸡,8 周后改饲生料:碳酸钙、碳酸氢钙、食盐、胆碱、多维、矿物质添加剂(Cu、Fe、Mn、Zn、I、Se,按所需比例自配)、土霉素、苏氨酸(Thr)、赖氨酸(Lys)、蛋氨酸(Met)按比例混合;麦麸和鱼粉购得后可直接使用;青饲料(白菜叶和萝卜叶)切成小块饲喂。

**1.2.3 饲养管理。**采用散养方式,10 周龄前日光照时间为 24 h,用 250 W 的红外灯为光源;3 周龄时温度控制在 28.0℃,以后每周龄的第 1 天下降 0.5℃。3~5 周龄饲喂粉料,自由采食和饮水,饮用温开水,并在饮水中添加强力霉素或泰乐菌素(每种药连加 3 d,3 d 后换另一种,以此类推)。按时定量略超量给料(以供给乌骨鸡吃饱后还剩余一些饲料为宜),补给充足新鲜的自来水,经常换水,勤通风。6 周龄后每天 08:00 放出,17:00 收舍(雨天除外)。每 3 d 清粪 1 次,保证鸡舍内卫生。免疫程序为第 7 天接种鸡新支二联苗,第 14 天接种鸡法氏囊病疫苗。

试验期间,记录各组鸡生长前、中、后期的体重、采食量、腹泻情况、死亡情况等。腹泻标准如下:以水样稀粪便、粪便有异常颜色(白色)为依据,记录每天各组的腹泻只数。

**1.2.4 测定项目方法。**饲养期间,于 21、35、49、63、77 日龄 07:30 分别对各组乌骨鸡进行称重(清晨空腹称重),于 35、49、63、77 日龄统计各重复乌骨鸡的耗料量,分别计算各处理

组肉仔鸡的体重、平均日增重、平均日采食量和料肉比。肉仔鸡的体重分别于 35、49、63、77 日龄的早晨空腹称重,将鸡放进纸箱内用台秤称重,每次各处理全部逐只称重;每次各处理的总重除以生长天数(此次称重距上次称重的天数),计算出平均日增重(ADG);采食量也分别于 35、49、63、77 日龄统计,即总采食量除以采食天数计算出平均日采食量(ADFI)。试验最后 1 周,以处理为单位,除称重外还收集新鲜粪样,连续收粪 2 d,剔除毛屑、杂物,每 100 g 鲜粪加入 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 mL,充分混匀后置于 75℃ 烘箱中烘干至恒重,回潮,粉碎后制成风干样品,用于饲料粗蛋白含量的测定。采用 GB/T 5009.5—1985 凯氏定氮法测定粗蛋白含量。

粗蛋白含量 =  $\{[(V - V_0) \times 0.014 \times 6.25] / W\} \times 100\%$

按照以下公式计算腹泻率和死亡率:

腹泻率 =  $[(\text{腹泻只数} \times \text{腹泻天数}) / (\text{总只数} \times \text{饲养天数})] \times 100\%$

死亡率 =  $(\text{死亡只数} / \text{总只数}) \times 100\%$

## 2 结果与分析

**2.1 黄粉虫对丝羽乌骨鸡日增重的影响** 由表 2 可知,3~6 周龄,试验组 I、II、III 日增重与对照组相比分别提高了 0.49%、7.87%、5.18%,差异不显著( $P > 0.05$ );6~13 周龄,试验组 I、II、III 日增重与对照组相比分别提高了 20.36%、17.90%、12.62%,差异均极显著( $P < 0.01$ );3~13 周龄,试验组 I、II、III 日增重与对照组相比分别提高了 14.13%、14.55%、10.13%,差异均极显著( $P < 0.01$ )。

表 2 黄粉虫对丝羽乌骨鸡日增重的影响

Table 2 The effects of *T. motitor* on the daily weight gain of silky fowl

组别 Group	g/只		
	3~6 周龄	6~13 周龄	3~13 周龄
	3-6 week-old	6-13 week-old	3-13 week-old
对照组(CK) Control group	28.34 ± 1.58	55.83 ± 2.55	41.74 ± 1.70
试验组 I Experiment group I	28.56 ± 2.24	67.15 ± 3.03	48.11 ± 1.03
试验组 II Experiment group II	30.03 ± 2.46	65.97 ± 4.06	48.25 ± 1.34
试验组 III Experiment group III	29.86 ± 1.35	62.95 ± 3.67	46.46 ± 1.89

**2.2 黄粉虫对丝羽乌骨鸡日采食量的影响** 由表 3 可知,3~6 周龄,试验组 I、II、III 日采食量与对照组相比分别下降了 2.88%、0.90%、5.52%,差异均不显著( $P > 0.05$ );6~13 周龄,试验组 I、II、III 日采食量与对照组相比分别提高了 9.57%、6.92%、7.33%,差异均极显著( $P < 0.01$ );3~13 周

龄, 试验组 I、II、III 日采食量与对照组相比分别提高 6.24%、4.81%、3.88%, 其中试验组 I、II 日采食量与对照组差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

表 3 黄粉虫对丝羽乌骨鸡日采食量的影响

Table 3 The effects of *T. motitor* on the daily feed intake of silky fowl

组别 Group	3~6 周龄	6~13 周龄	3~13 周龄
	3-6 week-old	6-13 week-old	3-13 week-old
对照组(CK) Control group	41.48 ± 2.17	114.03 ± 6.56	77.92 ± 2.82
试验组 I Experiment group I	40.27 ± 3.38	67.44 ± 3.20	82.84 ± 4.19
试验组 II Experiment group II	41.09 ± 2.38	122.27 ± 3.69	81.71 ± 1.79
试验组 III Experiment group III	39.24 ± 1.37	122.69 ± 2.06	80.96 ± 1.49

2.3 黄粉虫对丝羽乌骨鸡料肉比的影响 由表 4 可知, 3~6 周龄, 试验组 I、II、III 料肉比与对照组相比均有所下降, 仅试验组 III 与对照组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 其余各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 6~13 周龄, 试验组 I、II 料肉比与对照组相比下降 9.27% 和 9.27%, 差异均极显著 ( $P < 0.01$ )。试验组 III 料肉比与对照组相比下降了 4.88% ( $P > 0.05$ ); 3~13 周龄, 试验组 I、II、III 料肉比与对照组相比分别下降了 7.03%、8.65%、5.94%, 差异均极显著 ( $P < 0.01$ )。各试验组间差异不显著。

表 4 黄粉虫对丝羽乌骨鸡料肉比的影响

Table 4 The effects of *T. motitor* on the feed-gain ratio of silky fowl

组别 Group	3~6 周龄	6~13 周龄	3~13 周龄
	3-6 week-old	6-13 week-old	3-13 week-old
对照组(CK) Control group	1.38 ± 0.06	1.97 ± 0.87	1.81 ± 0.02
试验组 I Experiment group I	1.36 ± 0.07	1.79 ± 0.68	1.69 ± 0.06
试验组 II Experiment group II	1.30 ± 0.08	1.81 ± 0.63	1.65 ± 0.03
试验组 III Experiment group III	1.28 ± 0.04	1.89 ± 0.69	1.71 ± 0.06

2.4 黄粉虫对丝羽乌骨鸡腹泻率和死亡率的影响 从表 5 可以看出, 丝羽乌骨鸡腹泻率随着不同虫态黄粉虫的添加量呈下降趋势, 试验组 I、II、III 腹泻率与对照组相比分别下降了 19.89%、17.27%、62.55%, 其中试验组 III 腹泻率仅为 2.58%。对照组死亡率最高(33.3%), 其次为试验组 I, 而试验组 II 死亡率最低。

表 5 黄粉虫对丝羽乌骨鸡腹泻率和死亡率的影响

Table 5 The effects of *T. motitor* on the diarrhea rate and death rate of silky fowl

组别 Group	腹泻率	死亡率
	Diarrhea rate	Death rate
对照组(CK) Control group	6.89	33.3
试验组 I Experiment group I	5.52	25.0
试验组 II Experiment group II	5.70	18.3
试验组 III Experiment group III	2.58	21.7

2.5 黄粉虫对丝羽乌骨鸡粗蛋白消化率的影响 试验结果表明, 试验组 I 和 III 丝羽乌骨鸡粗蛋白消化率与对照组相比分别提高 7.65% 和 7.21%, 差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 试验组 II 丝羽乌骨鸡粗蛋白消化率与对照组相比提高了 12.20%, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 3 结论与讨论

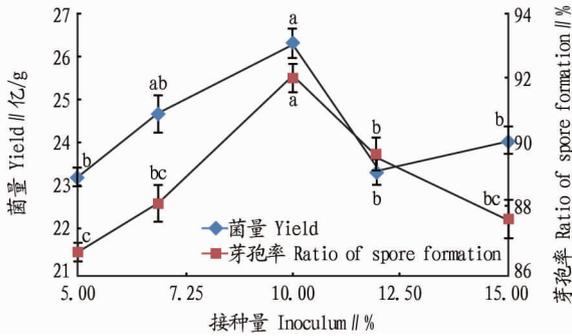
3.1 黄粉虫对丝羽乌骨鸡生长性能的影响 随着不同虫态黄粉虫在日粮中的添加, 试验组在各阶段不同程度提高了丝羽乌骨鸡的日采食量与日增重量, 降低了料肉比, 并且在饲养后期增重效果非常显著 ( $P < 0.01$ )。陈彤等<sup>[4]</sup>、杨兆芬等<sup>[5]</sup>、黄琼等<sup>[6]</sup>研究表明, 黄粉虫活性蛋白不仅含有大量对动物有特殊作用的几丁质、抗菌肽防御素和外源性凝集素, 而且富含脊椎动物必需的多种氨基酸和蛋白质、游离氨基酸、维生素、矿物质、不饱和脂肪酸等多种营养成分, 且与它们体内的正常比例一致, 很容易被吸收和利用。黄粉虫体内的活性蛋白质是一种含有降解多肽、小肽、氨基酸等的优质蛋白原料, 其吸收消化速率比鱼粉蛋白更佳, 可促进动物生长。黄粉虫富含小肽等多种活性物质<sup>[7]</sup>, 还能直接或间接发挥生理作用, 促进营养物质的吸收, 使丝羽乌骨鸡的生长潜能得到更好发挥, 同时改善适口性、提高采食量。

随着不同虫态黄粉虫的添加, 试验组 III 各生长性能(日增重、采食量、料肉比)并未表现出增加趋势, 反而略低于试验组 I、II。究其原因, 可能包括以下方面: 黄粉虫虫粪所含营养成分(蛋白质、钙、磷、赖氨酸等)不及幼虫、成虫。该试验在饲粮总氮一致的原则下, 则各组饲粮中完整蛋白氮含量从高到低依次为试验组 II、I、III, 游离氨基酸的含量从高到低依次为试验组 III、I、II。现代肽营养理论认为, 当动物采食以理想氨基酸模式配制的纯合日粮或按氨基酸平衡的低蛋白日粮时, 并不一定都能获得最佳的生产性能, 日粮中必须提供一定比例的完整蛋白质或小肽, 才能保持正常的生长。因此, 当日粮中的游离氨基酸比例过高时, 肠道吸收氨基酸需要消耗大量能量, 减缓了肉鸡的生长速度, 体内营养物质的降解率有所提高, 料肉比增加。由于时间所限, 该试验各组完整蛋白氮、肽氮、游离氨基酸氮占饲粮总氮及它们之间的比例尚不清楚, 不能进一步探讨其在肉鸡饲粮中的最佳比例, 因而只能确定在肉鸡中最适宜添加黄粉虫成虫。

3.2 黄粉虫对丝羽乌骨鸡腹泻率和死亡率的影响 该试验中对对照组腹泻率最高, 究其原因可能是由于对照组饲粮中含有较高比例的抗营养因子引起过敏性腹泻。试验组随着不同虫态的黄粉虫在日粮中的添加, 腹泻率呈现降低趋势, 这可能是由于不同虫态的黄粉虫中的抗营养因子, 尤其是小分子多肽有利于肉鸡的消化吸收, 从而降低了腹泻率。此外, 不同虫态的黄粉虫含有多种有益活性物质, 也可能导致肉鸡腹泻率下降。试验组 III 腹泻率最低, 可能是因为饲粮中易消化的营养物质恰好适应幼龄乌骨鸡消化道发育不完善的需求。由此可见, 黄粉虫虫粪能改善乌骨鸡的肠道状况, 降低腹泻率, 促进其生长发育。

对照组死淘指数高, 究其原因可能是由于饲养室漏水将鸡淋湿, 造成对照组抵抗力普遍下降, 体质较弱。此外, 还可能与天气变化较大有关, 这是散养鸡都面临的问题之一。

3.3 黄粉虫对丝羽乌骨鸡粗蛋白消化率的影响 试验组粗蛋白消化率高于对照组, 且试验组 II 显著高于对照组, 这是



注:不同小写字母表示处理间在0.05水平差异显著

Note: Different lowercase indicated that there was significant difference at 0.05 level

图7 接种量对DN-1菌株产菌量和芽孢率的影响

Fig.7 Effect of inoculum on yield and ratio of spore formation of DN-1 strain

的固态发酵工艺进行优化,最终确定最适培养基配比为15%稻壳、40%玉米粉、20%马铃薯、10%茶渣饼、15%水、0.1%磷酸氢二钾、0.2%硫酸锰,最适发酵条件为发酵时间72h,发酵温度37℃,初始pH 6.5~7.0,接种量10%。

试验发现, DN-1菌株对玉米粉和稻壳利用显著高于其他碳源,稻壳的空隙可能为菌体发酵提供必要的通气量,马铃薯和茶渣饼的组合氮源、锰离子更有利于提高菌量和芽孢率,目前多粘类芽孢杆菌固态发酵培养基中加入锰离子的报道较少。DN-1菌株在72h时菌量和芽孢率达到高峰,而后芽孢率开始下降,说明芽孢随着发酵时间的延长开始逐步转化为菌体。温度在37℃以上时菌量和芽孢率开始下降,说明该菌株发酵温度不应高于40℃。最适初始pH为6.5~7.0,可能弱酸条件有利于菌体生长和芽孢率的提高。多粘

(上接第109页)

由于黄粉虫成虫含有小分子蛋白、寡肽、小肽和游离氨基酸,改变了日粮的营养品质,在动物消化道中被充分消化分解、更快吸收和利用,减少了蛋白质在消化道中未被完全消化分解的机会,从而增加了丝羽乌骨鸡对粗蛋白的吸收,加快体蛋白的合成,促进生长。试验组Ⅲ粗蛋白消化率低于试验组Ⅱ、Ⅰ,可能原因是由于试验组Ⅲ饲料中完整蛋白可被消化分解为肽类物质的较少,因此其在肠道的消化吸收与试验组Ⅱ相比减少,氮消化率较低。

**3.4 黄粉虫可替代鱼粉使饲养的经济效益显著提高** 该试验对照组丝羽乌骨鸡日粮的营养指标与我国肉鸡饲养标准相当。从饲养效果来看,无论增重还是饲料转化率对照组均显著低于试验组,且其经济效益也低于试验组。该试验中对对照组日粮的采食量与试验组Ⅱ、Ⅲ相比也略有降低,这可能与对照组日粮中添加鱼粉,同时粗纤维水平稍高有一定的关

系。由此可见,不适宜作为商品出售的黄粉虫因其低价优势完全可替代鱼粉,作为新的鸡用饲料营养添加剂,由于虫粪也有良好的利用效果,因此可考虑采用成虫+虫粪的混合配方会更加经济、实用。

类芽孢杆菌DN-1其他同类菌株发酵条件不同,它们之间的差距可能由菌株本身的特性决定的,所以针对不同的菌株应选择最适的培养条件。

研究多粘类芽孢杆菌固态发酵工艺等具有十分重要的意义,可为与井冈霉素A复配加工成可湿性粉剂提供技术支持。发酵过程是一个动态变化的过程,该研究对发酵条件的筛选只涉及室内中试条件,所得数据只能作为实际生产参考,规模化生产还必须进行工业化生产工艺的研究。

## 参考文献

- [1] WANG Z W, LIU X L. Medium optimization for antifungal active substances production from a newly isolated *Paenibacillus* sp. using response surface methodology [J]. *Bioresource technology*, 2008, 99 (17): 8245 - 8251.
- [2] 赵新海, 钟丽娟, 徐冲, 等. 康地蕾得对黄瓜枯萎病的室内毒力测定及田间防效试验[J]. *农药*, 2008, 47(9): 696 - 698.
- [3] 魏鸿刚, 李淑兰. 防治作物青枯病和枯萎病的微生物农药——0.1亿cfu/g多粘类芽孢杆菌细粒剂[J]. *世界农药*, 2008, 30(1): 52 - 53.
- [4] 郭芳芳, 谢镇, 卢鹏, 等. 一株多粘类芽孢杆菌的鉴定及其生防促生效果初步测定[J]. *中国生物防治学报*, 2014, 30(4): 489 - 496.
- [5] 章四平, 刘圣明, 王建新, 等. 枯草芽孢杆菌生防菌株NJ-18的发酵条件优化[J]. *南京农业大学学报*, 2010, 33(2): 58 - 62.
- [6] 方传记, 陆兆新, 孙力军, 等. 淀粉液化芽孢杆菌抗菌脂肽发酵培养基及发酵条件的优化[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(2): 533 - 539.
- [7] 李文鹏, 蔡磊, 毕廷菊, 等. 冻冻样芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*)的分离、筛选及其发酵培养基研究[J]. *土壤通报*, 2001, 32(2): 70 - 72.
- [8] 纪明山, 王毅婧. 地衣芽孢杆菌生防菌株SDYT-79发酵条件优化[J]. *沈阳农业大学学报*, 2011, 42(2): 164 - 169.
- [9] 张文芝, 王云鹏, 刘红霞, 等. 蜡质芽孢杆菌AR156发酵培养基及发酵条件的优化[J]. *微生物学通报*, 2010, 37(6): 803 - 810.
- [10] 官宇飞, 乔红萍, 魏国荣, 等. 内生枯草芽孢杆菌E1R-J发酵条件的优化[J]. *西北农业学报*, 2008, 17(1): 61 - 64.
- [11] 王哲, 曹成亮, 左飞, 等. 杨树变色真菌生防细菌KLBP033发酵条件优化[J]. *林业实用技术*, 2011(11): 3 - 7.
- [12] 周青, 王笑, 苏婷, 等. 青枯病和根肿病生防细菌BS2004的发酵培养基和培养条件优化[J]. *中国生物防治学报*, 2012, 28(4): 537 - 544.

系。由此可见,不适宜作为商品出售的黄粉虫因其低价优势完全可替代鱼粉,作为新的鸡用饲料营养添加剂,由于虫粪也有良好的利用效果,因此可考虑采用成虫+虫粪的混合配方会更加经济、实用。

## 参考文献

- [1] 陈耀溪. 仓库害虫[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989: 87.
- [2] 李东, 元珊, 陈婕, 等. 黄粉虫营养成分分析及黄粉虫应用开发可行性研究[J]. *食品工业科技*, 1999(S1): 114 - 117.
- [3] 吴连芹. 乌骨鸡的饲养与管理[J]. *农村养殖技术*, 2006(18): 35.
- [4] 陈彤, 王克. 黄粉虫等昆虫的营养价值与食用性研究[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 1997, 25(4): 78 - 82.
- [5] 杨兆芬, 林跃鑫, 陈寅山, 等. 黄粉虫幼虫营养成分分析和保健功能的实验研究[J]. *昆虫知识*, 1999, 36(2): 97 - 100.
- [6] 黄琼, 周祖基, 周定刚, 等. 黄粉虫蛹的营养成分分析[J]. *四川动物*, 2006, 25(4): 809 - 813.
- [7] 韩润林, 孙庆林, 额尔敦夫, 等. 黄粉虫幼虫中抗菌肽的诱导及其抗菌活性的初步研究[J]. *内蒙古农牧学院学报*, 1998, 19(3): 114 - 117.