

饲喂猪肉对黄粉虫生长发育的影响

田翠云¹, 高彬¹, 王涛², 司增志¹, 蔡爱军³, 王艳敏⁴, 吉志新^{1,5*}, 乔亚科^{1,6}, 刘杨⁷, 李欣玥¹

(1. 河北科技师范学院农学与生物科技学院/秦皇岛市经济昆虫开发利用工程技术研究中心, 河北秦皇岛 066004; 2. 河北环境工程学院经济与管理系, 河北秦皇岛 066102; 3. 河北科技师范学院海洋资源与环境学院, 河北秦皇岛 066004; 4. 河北中薯农业科技集团股份有限公司, 河北秦皇岛 066400; 5. 河北省特色动物种质资源挖掘与创新重点实验室, 河北秦皇岛 066004; 6. 河北省(秦皇岛)甘薯产业技术研究院, 河北秦皇岛 066400; 7. 河北科技师范学院教务处, 河北秦皇岛 066004)

摘要 [目的] 研究饲喂猪肉对黄粉虫生长发育的影响。[方法] 将猪肉与麦麸按不同比例配制成混合饲料, 对黄粉虫进行饲喂试验。对黄粉虫幼虫体长、体重、历期、死亡率、蛹历期、化蛹率、饲料系数进行了测定。[结果] 添加 70% 猪肉、100% 猪肉的处理黄粉虫幼虫体长、体重极显著低于对照(CK)及其他处理组($P < 0.01$); 添加 30% 猪肉处理黄粉虫幼虫历期显著短于对照(CK) ($P < 0.05$); 添加 30% 猪肉处理黄粉虫化蛹率显著低于对照(CK) ($P < 0.05$); 添加 30% 猪肉处理的黄粉虫幼虫死亡率、蛹历期、饲料系数与对照(CK) 相比没有显著差异($P > 0.05$)。[结论] 黄粉虫饲料中添加 30% 猪肉对黄粉虫的生长发育具有促进作用。

关键词 黄粉虫; 猪肉; 麦麸; 生长发育

中图分类号 S899 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)04-0079-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.04.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Feeding with *Nyctereutes procyonoides* Meat on the Growth and Development of *Tenebrio molitor*

TIAN Cui-yun¹, GAO Bin¹, WANG Tao² et al (1. College of Agronomy and Biotechnology, Hebei Normal University of Science and Technology/Qinhuangdao Economic Insect Development and Utilization Engineering Technology Research Center, Qinhuangdao, Hebei 066004; 2. Department of Economics and Management, Hebei University of Environmental Engineering, Qinhuangdao, Hebei 066102)

Abstract [Objective] To study the effects of feeding with *Nyctereutes procyonoides* meat on the growth and development of *Tenebrio molitor*. [Method] *N. procyonoides* meat and wheat bran were mixed at different proportions as mixed diet to feed *T. molitor*. The larval length, body weight, duration, mortality rate, duration of pupae, pupation rate and feed coefficient of *T. molitor* were measured. [Result] The body length and body weight of *T. molitor* larvae in the treatments of feeding with 70% and 100% *N. procyonoides* meat were extremely significantly lower than those in control(CK) and other treatments ($P < 0.01$). The larvae duration of *T. molitor* in the treatment of feeding with 30% *N. procyonoides* meat was significantly shorter than that in CK. The pupation rate of *T. molitor* in the treatment of feeding with 30% *N. procyonoides* meat was significantly lower than that in CK. The larvae mortality rate, pupae duration, feed coefficient in the treatment of feeding with 30% *N. procyonoides* meat had no significant difference with those in CK. [Conclusion] Adding 30% *N. procyonoides* meat in the diet can promote the growth and development of *T. molitor*.

Key words *Tenebrio molitor*; *N. procyonoides* meat; Wheat bran; Growth and development

黄粉虫(*Tenebrio molitor*)幼虫经常在特种经济动物养殖中用作活体蛋白饲料^[1], 干虫体内蛋白质含量在 50% 以上, 脂肪含量约 30%。农业部 2013 年已经将黄粉虫及其制品纳入饲料原料目录, 但饲料成本偏高成为制约黄粉虫养殖业发展的重要原因。黄粉虫食性广、环境适应性强, 可将玉米秸秆^[2-3]、紫红薯藤^[4]、畜禽粪便^[5-6]、餐厨垃圾^[7]等废弃物转化利用, 黄粉虫甚至可以降解不同种类的塑料^[8]。秦梦晗等^[9]研究发现饲料中添加 40% 甘薯黄粉的处理黄粉虫幼虫体重、体长、羽化率显著高于饲喂 100% 麦麸的处理。

随着貉养殖业的不断扩大, 市场毛皮需求量不断增加, 导致貉屠体的数量剧增, 貉屠体被迫采用焚烧的方法进行常规处理, 由此产生的负面因素促使貉屠体急需资源化利用。新鲜猪肉含粗蛋白 14.17%、粗脂肪 9.02%, 但由于脊椎动物蛋白的同源性污染问题^[10]等原因, 猪肉被限制用作脊椎动

物的饲料。李敬华等^[11]研究了猪肉与菌糠复配对亮斑扁角水虻生长发育的影响, 结果表明 10% 菌糠+90% 猪肉处理亮斑扁角水虻的生长发育最佳, 说明猪肉可用于饲喂资源昆虫。目前用麦麸与猪肉饲喂黄粉虫的研究尚未见报道。笔者研究了饲喂猪肉对黄粉虫生长发育的影响, 以期为貉屠体的资源化利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料及饲养条件 供试虫源为 1 龄黄粉虫幼虫, 由河北科技师范学院植保实验室提供; 猪肉由河北华夏新农业科技股份有限公司毛皮动物养殖场提供; 麦麸和土豆从市场上购买。试验在温度(25±3)℃、相对湿度 60%~70% 的培养箱中进行。

1.2 试验设计 试验共设置 7 个处理: ①T₁, 30% 猪肉+70% 麦麸; ②T₂, 40% 猪肉+60% 麦麸; ③T₃, 50% 猪肉+50% 麦麸; ④T₄, 60% 猪肉+40% 麦麸; ⑤T₅, 70% 猪肉+30% 麦麸; ⑥T₆, 100% 猪肉; ⑦对照 CK(100% 麦麸)。猪肉与麦麸配比为重量比。

每个处理选取 200 头供试黄粉虫, 3 次重复, 每天检查并保证足量饲料供应。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 幼虫体重和体长的测定。 待各处理黄粉虫幼虫长到老熟时, 每个处理随机选取 30 头, 使用 CP214 型万分之一电

基金项目 河北省重点研发计划项目(17227302D, 19226335D, 213273-10D); 河北科技师范学院海洋专项(2018HY019); 河北省(秦皇岛)甘薯产业技术研究院科研专项; 河北省重大科技成果转化专项(20286701Z)。

作者简介 田翠云(1997—), 女, 河北衡水人, 硕士研究生, 研究方向: 资源昆虫开发与利用。* 通信作者, 教授, 硕士, 从事资源昆虫开发与利用研究。

收稿日期 2022-01-06; 修回日期 2022-05-30

子天平对每个处理的幼虫进行称重,重复3次,计算单头老熟幼虫的平均体重。

待各处理幼虫达到老熟后,每个处理随机选取30头幼虫,置于70℃热水中烫死,取出后使用游标卡尺测量体长,重复3次,计算单头老熟幼虫的平均体长。

1.3.2 幼虫历期和死亡率的计算。统计30头黄粉虫从初孵幼虫到老熟幼虫所经历的时间,计算其平均值,即幼虫历期。

按照以下公式计算幼虫死亡率:

$$\text{死亡率} = \text{老熟幼虫死亡数量} / \text{虫体总数量} \times 100\% \quad (1)$$

1.3.3 蛹历期、化蛹率、饲料系数的计算。选取15头已知化蛹具体时间的黄粉虫,计算其从化蛹开始到羽化所经历的时间,求其平均值,即蛹历期。

按照以下公式计算化蛹率和饲料系数:

$$\text{化蛹率} = \text{化蛹数量} / \text{虫体总数量} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{饲料系数} = \text{饲料消耗量} / \text{虫体重量} \quad (3)$$

1.4 数据处理 使用DPS 7.05软件对试验数据进行单因素方差分析,再采用最小显著差数法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 饲喂猪肉对黄粉虫幼虫体长、体重的影响 由表1可知, T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 处理黄粉虫幼虫体长极显著高于 T_5 、 T_6 处理($P < 0.01$),与对照(CK)相比没有显著差异($P > 0.05$); T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 处理黄粉虫幼虫体重极显著高于 T_5 、 T_6 处理($P < 0.01$),与对照(CK)相比没有显著差异($P > 0.05$)。

表1 饲喂猪肉对黄粉虫幼虫体长和体重的影响

Table 1 Effects of feeding with *N. procyonoides* meat on the body length and body weight of *T. molitor* larvae

处理 Treatment	体长 Body length//cm	体重 Body weight//g
T_1	2.04±0.03 aA	0.147 9±0.002 0 aA
T_2	2.07±0.04 aA	0.134 3±0.000 1 aA
T_3	2.30±0.32 aA	0.125 6±0.003 5 aA
T_4	1.82±0.02 aA	0.127 9±0.003 1 aA
T_5	0.93±0.13 bB	0.010 2±0.001 1 bB
T_6	0.92±0.05 bB	0.036 9±0.028 6 bB
CK	2.28±0.22 aA	0.147 3±0.001 5 aA

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different small letters in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P < 0.01$).

2.2 饲喂猪肉对黄粉虫幼虫历期、死亡率的影响 由表2可知,与对照(CK)相比 T_1 处理黄粉虫幼虫历期显著缩短($P < 0.05$), T_1 处理黄粉虫幼虫历期与 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理差异极显著($P < 0.01$); T_1 处理黄粉虫幼虫死亡率显著低于 T_2 处理($P < 0.05$),极显著低于 T_3 、 T_4 、 T_5 、 T_6 处理($P < 0.01$),与对照(CK)间没有显著差异($P > 0.05$)。 T_6 处理在饲喂到第10天时全部死亡,不能完成幼虫发育整个历期。

2.3 饲喂猪肉对黄粉虫化蛹率、蛹历期、饲料系数的影响 由表3可知, T_1 处理黄粉虫化蛹率极显著高于 T_2 、 T_3 、 T_4 处理($P < 0.01$),显著低于对照(CK) ($P < 0.05$);随着猪肉添加量的增加,黄粉虫化蛹率极显著降低。 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 处理黄

粉虫蛹历期没有显著差异($P > 0.05$),与对照(CK)相比也没有显著差异($P > 0.05$)。 T_1 处理黄粉虫饲料系数极显著低于 T_5 和 T_6 处理($P < 0.01$),与 T_2 、 T_3 、 T_4 处理和对照(CK)相比没有显著差异($P > 0.05$)。 T_5 、 T_6 处理幼虫在饲喂过程中发育到中期全部死亡,因此无化蛹率和蛹历期数据。

综上所述,饲料中添加30%猪肉+70%麦麸最适宜黄粉虫的生长发育。

表2 饲喂猪肉对黄粉虫幼虫历期和死亡率的影响

Table 2 Effects of feeding with *N. procyonoides* meat on the duration and mortality rate of *T. molitor* larvae

处理 Treatment	幼虫历期 Larvae duration//d	死亡率 Mortality rate//%
T_1	151.8±4.0 dC	0.85±2.64 eD
T_2	181.0±4.0 bB	15.01±7.43 dCD
T_3	186.3±2.2 abAB	30.14±0.71 dBC
T_4	194.8±1.0 aA	61.01±2.12 cB
T_5	192.3±4.5 aAB	91.74±8.51 bA
T_6	10.3±2.3 eD	100.0±0.00 aA
CK	163.2±0.6 cC	0.79±2.82 eD

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different small letters in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P < 0.01$).

表3 饲喂猪肉对黄粉虫化蛹率、蛹历期和饲料系数的影响

Table 3 Effects of feeding with *N. procyonoides* meat on the pupation rate, pupae duration and feed coefficient of *T. molitor*

处理 Treatment	化蛹率 Pupation rate//%	蛹历期 Pupae duration//d	饲料系数 Feed coefficient
T_1	75.89±0.84 bA	10.5±0.5 abAB	2.85±1.17 cB
T_2	48.34±6.71 cB	21.3±9.8 aA	4.19±0.04 abcAB
T_3	26.00±1.05 dC	12.4±1.2 aAB	4.15±0.12 abcAB
T_4	6.34±0.38 eD	12.3±0.8 aAB	4.07±0.10 abcAB
T_5	—	—	5.16±0.40 abA
T_6	—	—	5.63±0.63 aA
CK	88.15±2.11 aA	10.0±0.7 abAB	3.58±0.04 bcAB

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);同列不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

Note: Different small letters in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P < 0.01$).

3 讨论

黄粉虫的生长发育受生长环境与饲料营养水平等因素的影响。齐乃萍等^[12]研究表明饲料中加入各种熟制猪肉、鸡肉、鱼肉与饲喂全麦麸相比存在显著差异,熟制的猪肉、鸡肉、鱼肉的添加比例均为30%,与该试验中猪肉的最佳添加比例(30%)相一致。最佳配比下饲喂熟制猪肉、鸡肉、鱼肉处理的黄粉虫幼虫死亡率分别为14.25%、8.37%和5.87%,均高于该试验最佳配比下的幼虫死亡率;饲喂熟制猪肉、鸡肉和鱼肉处理的饲料系数均与该试验中的饲料系数相近。由此可见,将猪肉添加到黄粉虫饲料中既可以降低黄粉虫养殖的饲料成本,又可为猪尸体资源化利用提供新途径,进一步减少了面源污染。

样受体信号通路、趋化因子信号通路、B 细胞受体信号通路、补体和凝血级联反应、Fc 蛋白 RI 信号通路、自然杀伤细胞介导的细胞毒性、T 细胞受体信号通路、toll 样受体信号通路、rig-i 样受体信号通路、血小板激活、造血细胞系通路和抗原的处理和呈递等免疫信号通路以及大量与方斑东风螺免疫相关的候选基因,如 *Birc3*、*Rac1*、*hsp-1*、*Serpina1b*、*Casp8*、*BIRC2*、*TPK3*、*TP02_0244*、*ACT1*、*Fcer2*、*Diap2*、*Cdc42*、*CARD11*、*actc1* 和 *HSP70* 等。该研究结果丰富了方斑东风螺的基因资源,可为方斑东风螺的免疫研究提供基础数据。

参考文献

- [1] 蔡英亚,张英,魏若飞.贝类学概论[M].上海:上海科学技术出版社,1995.
- [2] 杨蕊,吴开畅,于刚,等.养殖模式对方斑东风螺生长及主要环境因子的影响[J].水产科学,2019,38(5):610-615.
- [3] 吴开畅,赵旺,杨蕊,等.方斑东风螺主要病害及防治技术研究[R].中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心,2017-06-13.
- [4] 刘巧红,王世锋,蔡岩,等.海南养殖方斑东风螺暴发性疾病病原分离鉴定及药敏分析[J].渔业科学进展,2014,35(1):74-81.
- [5] 王江勇,王瑞旋,苏友禄,等.方斑东风螺“急性死亡症”的病原学研究[J].南方水产科学,2013,9(5):93-99.
- [6] 李淑芳,邱德全,张继东,等.脱壳病和吻肿病东风螺体内致病菌及条件致病菌菌相研究[J].海洋科学进展,2013,31(2):266-272.
- [7] PULIDO-SALGADO M, VIDAL-TABOADA J M, BARRIGA G G D, et al. RNA-Seq transcriptomic profiling of primary murine microglia treated with LPS or LPS+ IFN γ [J].Scientific reports,2018,8(1):1-21.
- [8] 朱璐璐,脂多糖,肽聚糖和聚肌胞苷酸在凡纳滨对虾中的免疫增强作用研究[D].湛江:广东海洋大学,2021.
- [9] 周妍英,王兰.脂多糖对河南华溪蟹免疫能力的调节作用[J].安徽农学通报,2020,26(16):128-131,139.
- [10] WANG Z, GERSTEIN M, SNYDER M. RNA-Seq: A revolutionary tool for transcriptomics[J].Nature reviews genetics,2009,10(1):57-63.
- [11] 罗辉,叶华,肖世俊,等.转录组学技术在水产动物研究中的运用[J].水产学报,2015,39(4):598-607.
- [12] 崔晓琳,丁志雯,米浩宇,等.瑞士乳杆菌对泥鳅肠道转录组基因表达的影响[J].水产科学,2022,41(3):352-361.
- [13] 江虹霞,刘慧芬,冯晓,等.转录组测序筛选克氏原螯虾卵巢发育、免疫和生长相关基因[J].水产学报,2021,45(3):396-414.
- [14] 杨二军,杨林桐,王维政,等.军曹鱼响应低氧胁迫转录组 SNP 位点鉴定及其功能注释分析[J].海洋学报,2022,44(1):113-124.
- [15] 吴勇,张野,许尤厚,等.马氏珠母贝(*Pinctada fucata*)血细胞 RNA-Seq 转录组数据中补体样组分分析[J].海洋与湖沼,2019,50(6):1343-1353.
- [16] 张中日.转录组测序技术分析靛羧草酯暴露后斑马鱼胚胎的肝毒性和免疫毒性[D].南昌:南昌大学,2020.
- [17] 张恒泽,高丽婷,万里,等.假单胞菌减毒活疫苗免疫后的大黄鱼脾脏转录组分析[J].基因组学与应用生物学,2020,39(1):123-131.
- [18] GRABHERR M G, HAAS B J, YASSOUR M, et al. Full-length transcrip-

tome assembly from RNA-Seq data without a reference genome[J].Nature biotechnology,2011,29(7):644-652.

- [19] ALTSCHUL S F, MADDEN T L, SCHÄFFER A A, et al. Gapped BLAST and PSI-BLAST: A new generation of protein database search programs[J].Nucleic acids research,1997,25(17):3389-3402.
- [20] LI R Q, YU C, LI Y R, et al. SOAP2: An improved ultrafast tool for short read alignment[J].Bioinformatics,2009,25(15):1966-1967.
- [21] CHEN Y S, LUN A T, SMYTH G K. From reads to genes to pathways: Differential expression analysis of RNA-Seq experiments using Rsubread and the edgeR quasi-likelihood pipeline[J].F1000research,2016,5:1-51.
- [22] 吴宁,陈梦玫,王素芳.贝类免疫机制的研究进展[J].药物生物技术,2017,24(1):68-71.
- [23] 李喜莲,顾志敏,慎佩晶,等.基于 RNA-seq 技术的罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)不同组织转录组比较分析[J].海洋与湖沼,2021,52(1):231-241.
- [24] 王菁,刘付柏,许尤厚,等.基于转录组测序的方斑东风螺单核苷酸多态性位点挖掘及功能注释[J].广东海洋大学学报,2021,41(1):111-118.
- [25] THORNBERRY N A, LAZEBNIK Y. Caspases: Enemies within [J].Science,1998,281(5381):1312-1316.
- [26] 章琼,团头鲂 g 型溶菌酶和 caspase 家族基因的全长 cDNA 克隆及在氨氮胁迫下的表达分析[D].南京:南京农业大学,2015:7-8.
- [27] SRINIVASULA S M, AHMAD M, FERNANDES-ALNEMRI T, et al. Auto-activation of procaspase-9 by Apaf-1-mediated oligomerization[J].Molecular cell,1998,1(7):949-957.
- [28] LI M, LIU Y, WANG Q L, et al. *BIRC7* gene in channel catfish (*Ictalurus punctatus*): Identification and expression analysis in response to *Edwardsiella tarda*, *Streptococcus iniae* and channel catfish Hemorrhage Reovirus [J].Fish & shellfish immunology,2012,33(1):146-153.
- [29] HUANG W B, REN H L, GOPALAKRISHNAN S, et al. First molecular cloning of a molluscan caspase from variously colored abalone (*Haliotis diversicolor*) and gene expression analysis with bacterial challenge [J].Fish & shellfish immunology,2010,28(4):587-595.
- [30] 叶博,李燕,牛东红,等.鳃丝 HSP90 基因的鉴定及其在不同盐度下的表达分析[J].基因组学与应用生物学,2021,40(S2):2414-2421.
- [31] 李佳.温度和盐度对菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)热休克蛋白家族基因表达的影响[D].大连:大连海洋大学,2016.
- [32] LUSTER A D. Chemokines: Chemotactic cytokines that mediate inflammation [J].New England journal of medicine,1998,338(7):436-445.
- [33] 范婷婷.短鲍幼体对鳃细菌感染应答的关键免疫基因挖掘[D].上海:上海海洋大学,2019.
- [34] WANG Y, GUO F Z. Group I PAKs in myelin formation and repair of the central nervous system: What, when, and how [J].Biological reviews,2022,97(2):615-639.
- [35] CARON E, HALL A. Identification of two distinct mechanisms of phagocytosis controlled by different Rho GTPases [J].Science,1998,282(5394):1717-1721.
- [36] REN Y P, XUE J L, YANG H H, et al. Transcriptome analysis of *Ruditapes philippinarum* hepatopancreas provides insights into immune signaling pathways under *Vibrio anguillarum* infection [J].Fish & shellfish immunology,2017,64:14-23.

(上接第 80 页)

处理的虫体转化率分别为 28.25%、27.35%、28.94%,均与该试验中的饲料系数相近。由此可见,将猪肉添加到黄粉虫饲料中,既可以降低黄粉虫的养殖饲料成本,又为貉屠体资源化利用提供了新途径,进一步减少了面源污染。

参考文献

- [1] 刘玉升,王付彬,崔俊霞,等.黄粉虫资源研究利用现状与进展[J].环境昆虫学报,2010,32(1):106-114.
- [2] 吉志新,温晓蕾,余金咏,等.喂食玉米秸秆对黄粉虫经济指标的影响[J].安徽农业科学,2011,39(33):20520-20522.
- [3] XU S, XI Z, SHEN X, et al. Feed production for *Tenebrio molitor* L. by fermentation of corn stalks [J].Animal husbandry and feed science,2013,5(Z1):244-248.
- [4] 温晓蕾,郑国勇,李汉臣,等.饲喂紫红薯藤对黄粉虫营养指标的影响

[J].安徽农业科学,2012,40(28):13835,13864.

- [5] 曾祥伟,王霞,郭立月,等.发酵牛粪对黄粉虫幼虫生长发育的影响[J].应用生态学报,2012,23(7):1945-1951.
- [6] 陈建兴,萨如立,李静,等.驴粪作为黄粉虫饲料的研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2017,33(17):9-11.
- [7] 陈美玲,凌源智,黄儒强,等.响应面法优化黄粉虫幼虫处理餐厨垃圾饲养条件的研究[J].环境工程学报,2015,9(5):2455-2461.
- [8] 郭存雨,黄世臣,张诗焱.黄粉虫幼虫降解不同塑料的研究进展[J].科学技术创新,2019(13):149-150.
- [9] 秦梦哈,司增志,曹丽娟,等.饲料中添加甘薯黄粉对黄粉虫生长发育的影响[J].安徽农业科学,2021,49(13):95-97,107.
- [10] 徐长勇,宋薇,赵树青,等.餐厨垃圾饲料化技术的同源性污染研究[J].环境卫生工程,2011,19(1):9-10,15.
- [11] 李敬华,温晓蕾,王长青,等.猪肉与菌糠复配对亮斑扁角水虻生长发育的影响[J].中国农业科技导报,2019,21(9):143-148.
- [12] 齐乃萍,秦铭璐,李增安,等.黄粉虫对三种肉类的转化效果研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2019,50(6):950-953.