

Rearing Condition and Effects of Growth and Development of *Tenebrio molitor* Larvae by Feeding Herb Residue Named Yunlingbao

Shuwen Hua¹, Chenlu Yang¹, Guiwei Rao^{1*}, Lin Xu²

¹College of Biology and Environmental Engineering, Zhejiang Shuren University, Hangzhou Zhejiang

²Suzhou Hybiome Biomedical Engineering Co., Ltd., Suzhou Jiangsu

Email: 862619281@qq.com, *xiankelaifeng@163.com

Received: Apr. 6th, 2020; accepted: Apr. 20th, 2020; published: Apr. 27th, 2020

Abstract

Herb residues are rich in many kinds of nutrients. And *Tenebrio molitor* larvae (TML) are tenacious omnivorous insects. This study makes use of the characteristics of TML and HR to clarify the rearing condition and effects of growth and development of TML by feeding herb residue. The death rate, weight gain rate, growth rate, protein content, crude fat content, ash content of TML were compared in the laboratory under the conditions of different feeding densities, temperatures, photoperiods, moisture contents, proportion of herb residue and wheat bran. There's no negative effect for TML to add herb residue in wheat bran. When the content of herb residue in the wheat bran is 70%, the weight gain rate, growth rate, and protein content of TML are the best, which is the best ratio. The results showed that the conditions for TML growth are density of 0.4 offspring per cubic centimeter, photoperiod of 0 L:24 D, moisture contents of 20%, and temperatures of 30°C. Compared with TML eating wheat bran, death rate of TML eating herb residue is reduced by 43% in the same environment condition. In conditions of 70% herb residue and optimum growth environment, TML's growth rate is the fastest when the diameter is from 1.0 to 2.0cm. When it grow to 2.5 cm, compared with TML eating wheat bran, its weight of single larvae increased by 57%, protein content increased by 1.8%, crude fat content increased by 7.4%, and ash content increased by 5.0%. Feeding herb residue benefits the growth and development of TML, and it's better than wheat bran.

Keywords

Tenebrio molitor Larvae, Herb Residue, Growth and Development

保灵孕宝口服液中药渣饲喂黄粉虫幼虫条件及其生长发育的影响

华姝雯¹, 杨晨璐¹, 饶桂维^{1*}, 许林²

*通讯作者。

¹浙江树人大学生物与环境工程学院, 浙江 杭州
²苏州长光华生物医学工程有限公司, 江苏 苏州
Email: 862619281@qq.com, *xiankelaifeng@163.com

收稿日期: 2020年4月6日; 录用日期: 2020年4月20日; 发布日期: 2020年4月27日

摘要

本文利用中药渣含有丰富的营养物质的特性和黄粉虫幼虫生命力强, 并且生性食杂特点, 研究中药渣饲喂黄粉虫幼虫的条件及其生长发育的影响。采用单因素实验法, 改变饲养密度、温度、光周期、饲料含水量和中药渣与麦麸的比例, 测定黄粉虫幼虫的死亡率、增重率、增长率、水溶性蛋白含量、粗脂肪含量和灰分含量。用含有中药渣的麦麸饲料饲喂黄粉虫幼虫, 均不对其生长发育产生负影响, 其中中药渣与麦麸比为7:3时, 其增长率、增重率、蛋白质增长率最大, 为最佳配比。用中药渣饲养的最优条件为密度0.4头/cm³; 光暗比0:24; 饲料含水量20%; 温度30℃, 且与相同条件下麦麸饲养的幼虫相比, 死亡率降低了43%。在最佳配比和最优条件下饲喂黄粉虫幼虫, 在幼虫直径为1.0~2.0 cm时增长速度最快, 在直径2.5 cm时, 与麦麸饲养的黄粉虫幼虫相比, 虫单体质量增加57%, 水溶性蛋白含量提高了1.8%, 粗脂肪含量增加7.4%, 灰分含量提高5.0%。本研究表明利用中药渣饲喂黄粉虫幼虫的方法是有利于黄粉虫生长发育的, 且优于麦麸。

关键词

黄粉虫幼虫, 中药渣, 生长发育

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中药渣是中药制药企业原料经蒸煮提取有效活性成分后的剩余残渣, 富含纤维素、蛋白质及多糖等组分。近年来, 随着中医学越来越受欢迎, 我国中医药行业的迅速发展, 中药加工业的增加使中药渣的排放量也逐年增加, 据统计, 全国每年产生的中药药渣多达 3000 万吨。但是中药渣往往采用焚烧及填埋等方式处理, 粗放式处理中药渣, 导致环境污染。为使中药渣得到合理的资源化利用, 目前比较低碳的处理方式有作为有机肥料种植植物[1] [2], 利用中药渣中丰富的营养物质来改善土质, 从而促进植物的生长。但常因气味过于浓烈而用量不大, 且该方式分解时间较长。可以作为菌质材料培养菌类[3] [4] [5], 利用中药渣富含纤维, 且纤维的空隙率高, 能够使菌丝易于着生, 有利于菌类的生长。但是培养完菌类后仍有大量营养物质有剩余未能得到充分利用。

中药渣还可以作为饲料添加剂来养殖动物, 可以提高畜禽类的肉质: 蔺军[6]发现在日粮中添加中药渣, 能降低己酸、辛酸、癸酸这三种致膻物质的相对含量, 从而减轻羊肉的膻味。聂铭等[7]发现中药渣能够代替抗生素, 提高生产性能, 肉鸡的腿肌率、胸腺指数。李华伟等[8]得出给母猪饲喂中药渣可增加仔猪初生窝重。且不同原材料制成的中药渣饲喂动物, 对其功能的影响也不同: 姜黄渣饲喂蛋鸡, 不仅能使蛋鸡的合格蛋率提高, 还能降低蛋黄中胆固醇和丙二醛含量[9]。发酵五味子药渣饲喂断奶仔猪可促进增重[10]。藿香正气药渣饲料不仅能提高泌乳獭母兔的泌乳量、断奶重, 还能促进仔兔的生长发育[11]。

用红参药渣饲喂雌鼠，可以增强雌性大鼠的抗氧化能力和繁殖能力[12] [13]。

黄粉虫(*Tenebrio molitor*)又叫面包虫，属鞘翅目拟步甲科(*Tenebrionidae*)昆虫，原产于北美洲。黄粉虫原属于一种仓储害虫，但随着粮食储藏害虫防治技术的进步以及发现其含有丰富的蛋白质和多种常量及微量元素，被誉为“蛋白质饲料宝库”，故黄粉虫作为动物饲料，被大规模养殖。目前主要以麦麸作饲料进行规模化饲养，但成本较高，经济效益低。根据调查，黄粉虫幼虫生性食杂，除麦麸外还可取食畜禽粪便[14] [15]，甚至可以以塑料薄膜和聚苯乙烯泡沫塑料[16] [17] [18]等作为饲料。黄粉虫幼虫适应性广，生命力强，曾被用于处理农业废弃物，如秸秆[19]杂草[20]、厨房废弃物[21]和城市污泥[22]，在重金属环境下也有一定适应能力[23]。最近人们发现黄粉虫中所富含的多种营养成分与人体所需的正常比例一致且很容易被吸收利用，具有较高的食用和药用价值[24]，因此用黄粉虫做各种食品、保健品[25]大受欢迎，不仅味道鲜美，而且营养价值高，有提高人体免疫力、抗疲劳、延缓衰老、降低血脂、抗癌的功效[26]。

目前对如何提高黄粉虫幼虫对中药渣的适应性？是否可利用黄粉虫幼虫生命力强，且生性食杂的优点和中药渣含有丰富的营养物质的特性，达到理想效果，即中药渣的合理化利用和是否有利于黄粉虫幼虫的生长发育？这些研究鲜有报道，本实验研究中药渣饲喂黄粉虫幼虫的条件及其对生长发育的影响，探索黄粉虫饲喂中药渣后，化蛹率、成虫率、增重率、水溶性蛋白含量、粗脂肪含量和灰分含量等指标的变化，以期了解以中药渣为饲料对黄粉虫生理变化影响，为中药渣的低碳绿色利用提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 供试虫源与饲料

试验所用的黄粉虫幼虫采集于福建黄粉虫专业养殖场，采用长宽高为 $6 \times 6 \times 6$ 的塑料盒为饲养容器，在生化培养箱(宁波莱福科技有限公司)中进行培养，试虫饲养条件为温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，光周期 12 L:12 D，密度 0.8 头/ cm^3 ，饲料含水量 10%，饲料厚度 3.5 cm。让它发育继代繁殖 10 代后，作为供试虫源。饲养黄粉虫幼虫用的麦麸市购；中药渣采自杭州澳医保灵药业有限公司生产的保灵孕宝口服液中药渣。

2.2. 试剂与仪器

试剂：硫酸为优级纯，五水硫酸铜，硫酸钾，氢氧化钠，对硝基苯酚，无水乙酸钠，37% 甲醛，乙酰丙酮，石油醚等其他试剂均为分析纯，水为 GB/T 6682 规定的三级水。

仪器：DGG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱上海森信实验仪器有限公司；L65 紫外可见分光光度计上海精科；SXT-02 型索氏提取器上海洪纪仪器设备；L9/13/P330 型高温箱式电阻炉 Nabertherm GmbH 公司，德国；JK-100 型超声波清洗器合肥金尼机械制造有限公司；C 型 30 玻璃仪器快速烘干机长城科工贸有限公司；HH-1 型电热恒温水浴锅常州国华电器；SC-2.4-4 型电热板跃进电器；ME204E 型电子天平梅特勒-托利多仪器有限公司。

2.3. 实验方法

2.3.1. 材料处理

将麦麸放入微波炉中，高温加热 2 min，以消灭麦麸中可能存在的螨虫或其他生物。选取筛孔尺寸为 1.40 mm 和 1.00 mm 的筛网筛选黄粉虫幼虫，直径大约在 0.7~0.8 cm 之间。实验前停喂一天。

将中药渣放入电热鼓风干燥箱(DGG-9140A) 105°C 干燥 2 h，冷却后剪碎。将剪碎的药渣及麦麸置于微波炉中加热杀菌，青菜洗净后擦干表面水分。根据中药渣在麦麸中的比重，设置药渣含量分别为 100%、90%、80%、70%、60%、50% 6 个处理以及青菜含量 50% 的对照处理[27]，每个处理三个平行组(编号为 1、2、3)。各实验组饲料构成见表 1。

Table 1. Composition of feed in each experimental group
表 1. 各实验组饲料构成

实验组	饲料比例: 中药渣	麦麸	青菜叶
A	0%	50%	50%
B	100%	0%	0%
C	90%	10%	0%
D	80%	20%	0%
E	70%	30%	0%
F	60%	40%	0%
G	50%	50%	0%

2.3.2. 实验设计

中药渣最佳含量的研究: 按照表 1 比例, 设置 7 个实验组在密度为 0.4 头/cm³、光暗比为 12:12、饲料含水量为 20%、温度为 25℃ 饲养条件下[28]饲养黄粉虫幼虫, 每隔 1 天对虫体进行测量体重、直径、个数, 每隔 3 天测水溶性蛋白含量, 观察并记录黄粉虫幼虫的死亡率、增重率、增长率、蛋白质增长率, 得出最佳中药渣配比。

中药渣饲喂黄粉虫幼虫的生长条件的研究: 用最佳比例饲料饲喂黄粉虫幼虫, 改进幼虫的生长条件: 密度(0.2 头/cm³、0.4 头/cm³、0.8 头/cm³、1.2 头/cm³); 光周期(0 L:24 D, 6 L:18 D, 12 L:12 D, 18 L:6 D); 饲料含水量(16%, 18%, 20%, 22%); 温度(20℃, 25℃, 30℃, 35℃), 每隔 1 天对虫体进行测量体重、直径、个数, 观察并记录黄粉虫幼虫的死亡率、增重率、增长率, 优化饲养条件。

中药渣对不同虫龄段生理指标的影响研究: 设置 5 个不同虫龄段: I 龄(0.5 cm) II 龄(1.0 cm) III 龄(1.5 cm) IV 龄(2.0 cm) V 龄(2.5 cm)。用最佳饲料比和最优生长条件饲养 I 龄黄粉虫幼虫并设置对照组, 每隔 1 天对虫体体重、直径、个数进行测量, 测定比较 II 龄、III 龄、IV 龄、V 龄时水溶性蛋白、粗脂肪、灰分含量、化蛹率和成虫率。

2.3.3. 考察指标与方法

生长指标的测定生长指标包括黄粉虫幼虫的死亡率(D) (%)、体长直径(L) (cm)、直径增长率(ΔX_1) (%) 单体重量(M) (g)和体重增重率(ΔX_2) (%)。 ΔX_1 , D , ΔX_2 分别按式(1)~(3)计算

$$D = \frac{X_D}{X_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$\Delta X_1 = \frac{X_3 - X_2}{X_2} \times 100\% \quad (2)$$

$$\Delta X_2 = \frac{X_5 - X_4}{X_4} \times 100\% \quad (3)$$

式中, X_D : 死虫的个数(个); X_1 : 幼虫总数(个); X_2 : 幼虫初始直径(cm); X_3 : 饲喂后幼虫直径(cm); X_4 : 幼虫初始重量(g); X_5 : 饲喂后虫体重量(g)。

生理指标的测定生理指标包括黄粉虫幼虫的水溶性蛋白含量、粗脂肪含量和灰分含量。

前处理: 称取黄粉虫幼虫准确至 0.0001 g, 在电热鼓风干燥箱中于 100℃ ± 5℃ 干燥 30 min 后, 取出放入干燥器中冷却 30 min。

水溶性蛋白质含量的测定采用由食品安全国家标准 GB/T 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定第二法分

光光度法。

粗脂肪含量的测定结合王文亮等的油脂提取工艺和食品安全国家标准 GB/T 5009.6-2016 食品中脂肪的测定第一法索氏提取法。

黄粉虫灰化含量的测量采用由食品安全国家标准 GB/T 5009.6-2016 食品中灰化的测定第一法食品中总灰分的测定。

3. 结果与分析

3.1. 中药渣的添加量对黄粉虫生长发育的影响

由图 1(A)~(B)可知中药渣与麦麸比为 7:3 的单虫体重和直径增长最快。除 100%组增长率和增重率与对照组相近外,其他实验组均高于对照组。从死亡率看(图 1(C)),用中药渣喂养黄粉虫,死亡率下降,其中添加量为 60%的死亡影响最小,随添加量的增加,死亡影响越大。从水溶性蛋白含量增长率看(图 1(D))第二次测量前(结合图 1(B)虫体直径小于 1.5 cm) 80%实验组增长最快,大于 1.5 cm 时 70%实验组最快。结合黄粉虫幼虫的体重、直径增长量,死亡率和水溶性蛋白含量增长率得出,中药渣与麦麸比为 7:3 的饲料最适合黄粉虫幼虫。

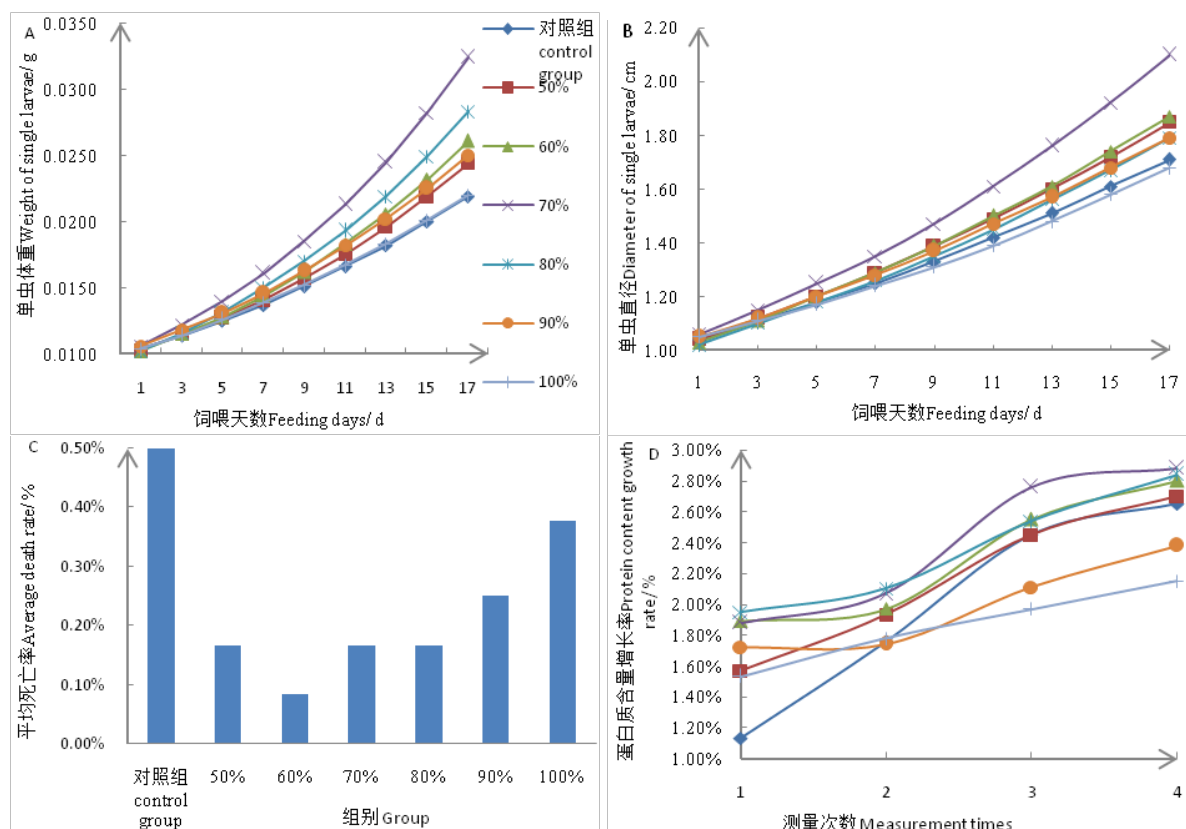


Figure 1. Effects of growth and development of *Tenebrio molitor* larvae by feeding different ratios herb residue

图 1. 不同比例的中药渣对黄粉虫幼虫生长发育的影响

3.2. 饲养密度对黄粉虫生长发育的影响

由图 2(B)可知中药渣组密度为 0.4 头/cm³的黄粉虫幼虫增重率最大,且中药渣实验组的增重率远大于麦麸组。由图 2(A)可得出密度越小,死亡率越低,用中药渣饲喂黄粉虫幼虫大大降低了其死亡率。实

验中发现在 1.2 头/cm³ 麦麸实验组经常有半截尸体的黄粉虫(如图 3 所示), 由此可推断密度过大导致黄粉虫之间互相残杀。麦麸实验组中发现有蜕皮未成功的死亡现象(如图 4 所示)而中药渣实验组中极少出现, 推测麦麸组黄粉虫幼虫的死亡可能是蜕皮失败导致的, 说明中药渣能够帮助黄粉虫顺利蜕皮生长。综合黄粉虫幼虫在不同密度下的死亡率和增重率的结果, 得出最适合其生长的密度为 0.4 头/cm³。

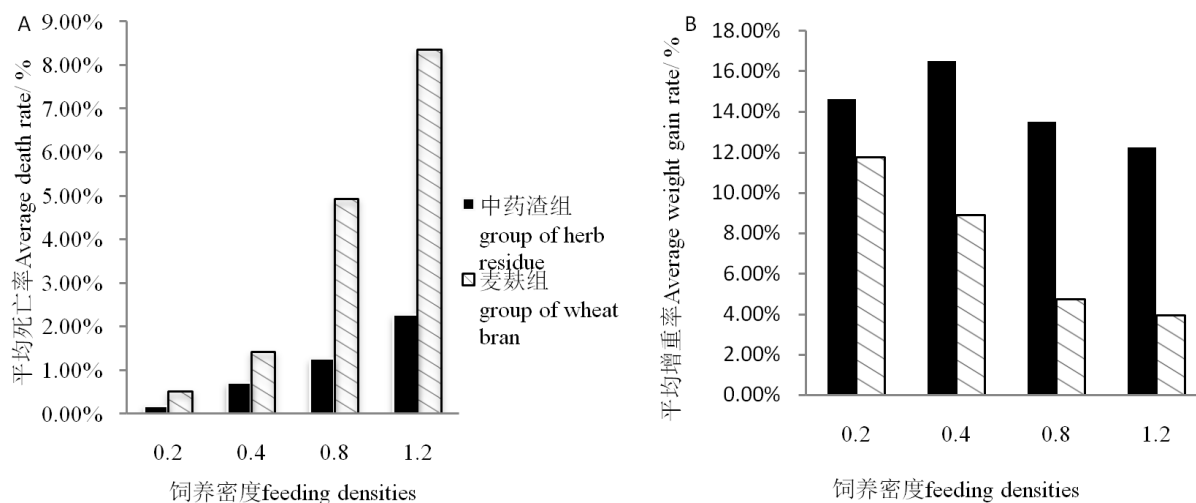


Figure 2. Effects of density on the death rate (A) and weight gain rate (B) of *Tenebrio molitor* larvae

图 2. 饲养密度对黄粉虫幼虫死亡率(A)和增重率(B)的影响



Figure 3. Half body

图 3. 半截尸体



Figure 4. Remains of unsuccessful molting

图 4. 蜕皮未成功的尸体

3.3. 光照时间对黄粉虫生长发育的影响

中药渣组黄粉虫幼虫在光暗比 0:24 时增重率最大, 故光暗比 0:24 为最优光照时间, 与麦麸组相比更能适应无光亮环境(图 5(A)), 最不理想的均是光暗比 18:6, 说明黄粉虫幼虫喜欢在阴暗的环境下生存。麦麸组体重增长差距小且极不稳定, 而在 70% 中药渣条件下光暗比 18:6 组的黄粉虫幼虫最小增重率与光暗比 0:24 最大增重率相差约 3% (图 5(B)), 两组黄粉虫幼虫的体重差距较大。

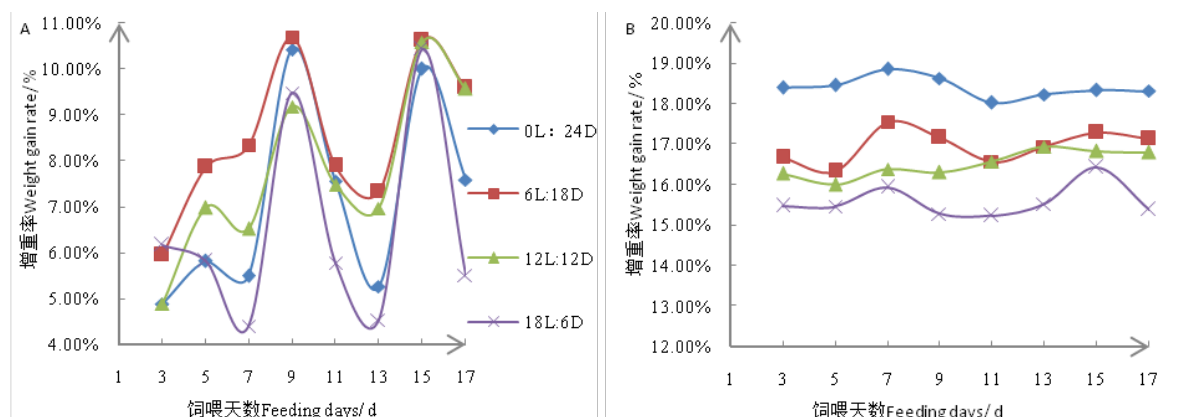


Figure 5. Effect of photoperiod on the weight gain rate of *Tenebrio molitor* larvae (A for eating wheat bran, B for eating herb)
图 5. 光周期对黄粉虫幼虫增重率的影响(A 为麦麸组, B 为中药渣组)

3.4. 饲料含水量对黄粉虫生长发育的影响

由图 6 看出麦麸条件下含水量为 18% 的黄粉虫幼虫体重和直径最大, 可得出麦麸条件下最佳含水量为 18%, 而 70% 中药渣条件下最优含水量为 20%。中药渣组的重量增加量远大于麦麸组(图 6(A)), 而直径增长量与麦麸组相近(图 6(B))。说明中药渣对黄粉虫直径影响不大, 对重量影响显著。

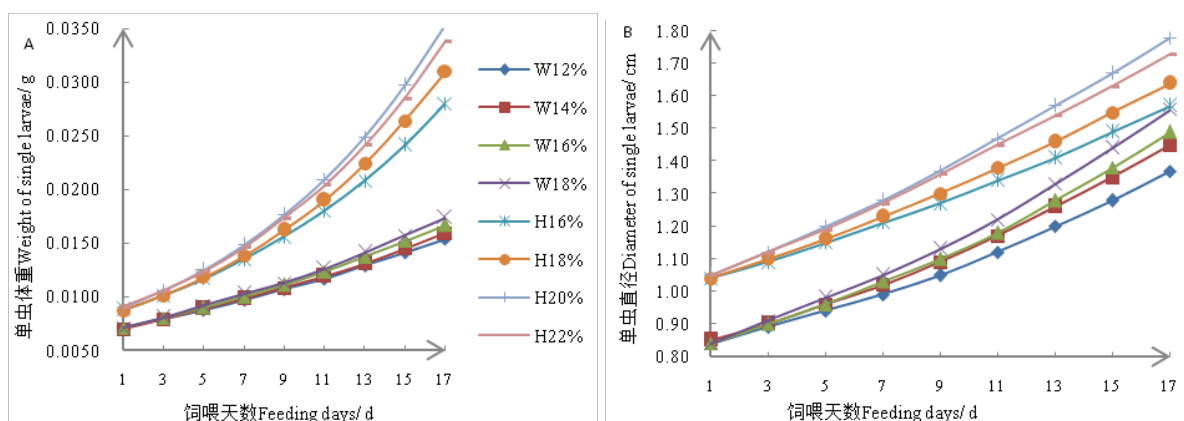


Figure 6. Effect of moisture contents on the weight (A) and diameter (B) of *Tenebrio molitor* larvae
图 6. 饲料含水量对黄粉虫幼虫体重(A)和直径(B)的影响

3.5. 温度对黄粉虫生长发育的影响

由图 7(A)各组的增重率可得出麦麸组和中药渣组均在 30℃ 时虫体增重率最大, 为最优温度, 温度越高增长率越大, 但大于 30℃ 增重率下降。麦麸条件下饲养的黄粉虫的增长率在第九天时逐渐下降, 而中药渣条件下增长率在逐渐上升(图 7(B))。温度对黄粉虫幼虫的增重率无明显影响, 但影响其增长率。

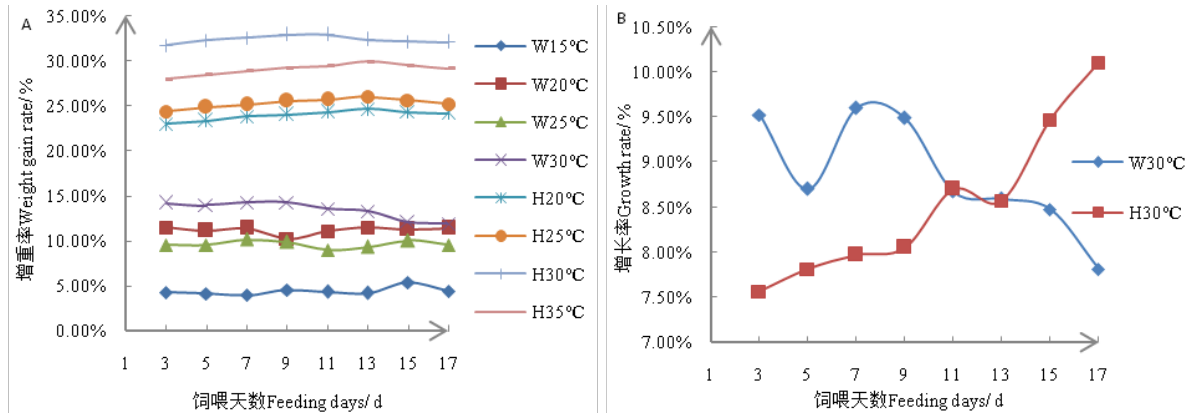


Figure 7. Effect of temperatures on the weight gain rate (A) and growth rate (B) of *Tenebrio molitor* larvae
图 7. 温度对黄粉虫幼虫增重率(A)和增长率(B)的影响

3.6. 中药渣对不同虫龄段黄粉虫幼虫生长发育的影响

3.6.1 对生长指标的影响

中药渣实验组黄粉虫从第 13 天即 0.84 cm 起零死亡, 麦麸组从第 17 天即 0.80 cm 起零死亡, 由此得出黄粉虫幼虫在 0.8 cm 前易死亡(图 8(A)). 15 天时中药渣组的增重速率加快, 黄粉虫幼虫进入快速增长期; 而麦麸组的增重率是持续缓慢增长(图 8(B)). 同样是长至 2.5 cm 的 V 龄黄粉虫幼虫, 中药渣组的平均单体重量比麦麸组重 0.0622 g, 增长 57% (图 8(C)). 麦麸组的生长周期比中药渣组长 12 天, 其中 0.5~1.5 cm

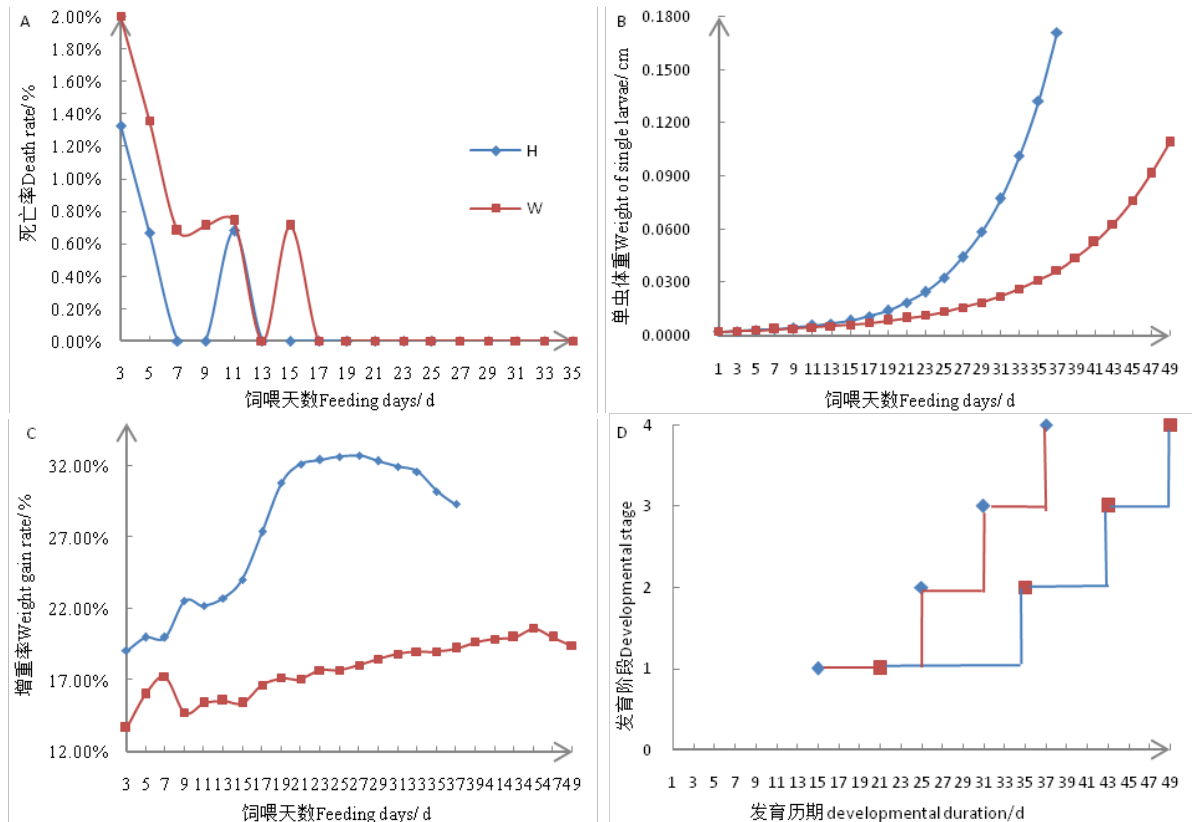


Figure 8. Effects of growth and developmental duration of *Tenebrio molitor* larvae by feeding herb residue
图 8. 中药渣对黄粉虫幼虫生长和发育历期的影响

延长了 10 天, 1.5~2.5 cm 延长 2 天(图 8(D)), 得出结论, 以 1.50 cm 为分界点, 1.50 cm 前中药渣对黄粉虫幼虫直径的影响较大, 对体重影响较小; 1.50 cm 后, 中药渣对其直径影响不大, 对重量有较大影响。

3.6.2. 对各项生理指标的影响

用中药渣饲养黄粉虫幼虫, 与 II 龄相比, V 龄时的水溶性蛋白含量提高了 12.54%, 麦麸组 12.47% (图 9(A)); 粗脂肪含量提高了 44.04%, 对照组 39.04% (图 9(B)); 灰分含量提高 22.63%, 对照组 20.30% (图 9(C))。表明中药渣对黄粉虫粗脂肪影响最大, 灰分其次, 对水溶性蛋白基本无影响。经计算, 虫龄 II~III 时蛋白质含量增长最快, 虫龄 III~IV 时灰分含量增长最快, 虫龄 IV~V 时粗脂肪含量增长最快。从图 9(D) 可知用中药渣饲养的黄粉虫幼虫化蛹率为 100%, 成虫率 98%, 与对照组相比, 成活率大大提高。

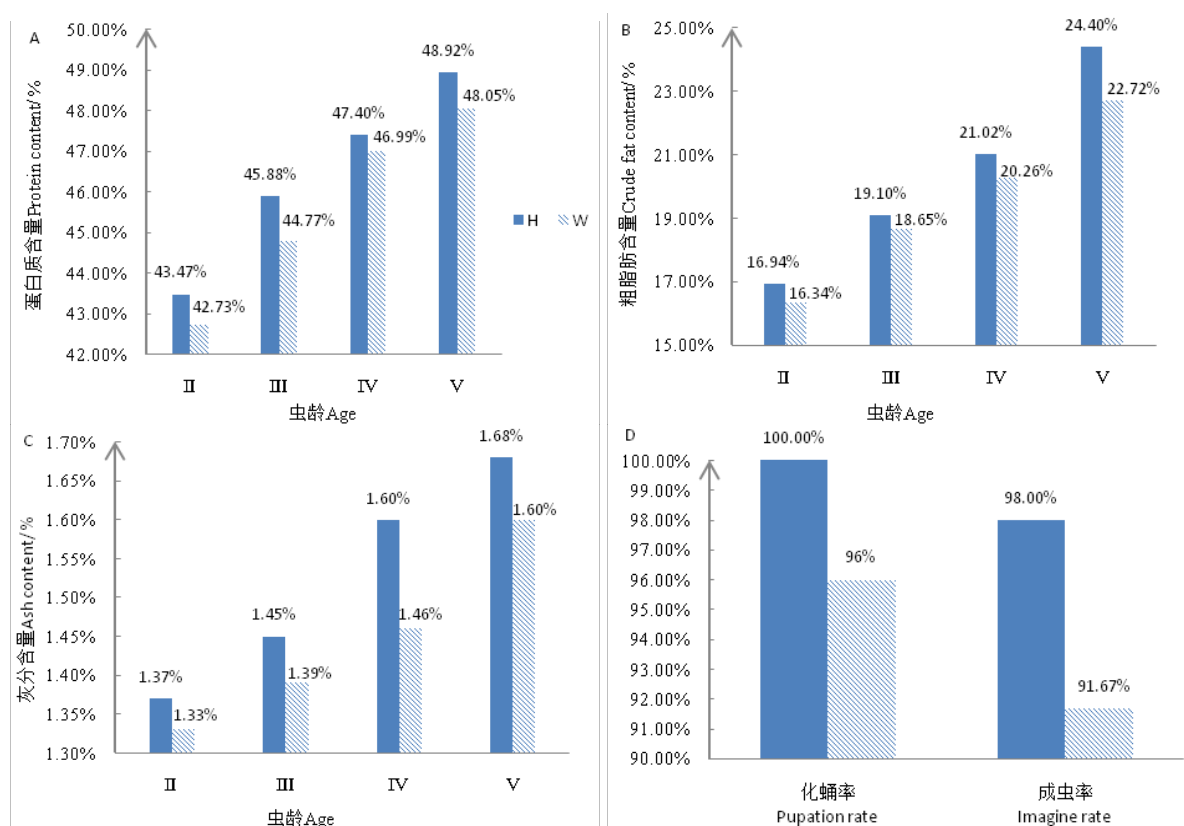


Figure 9. Effects of herb residue on the physical signs of *Tenebrio molitor* larvae

图 9. 中药渣对黄粉虫幼虫生理指标的影响

4. 结论与讨论

当中药渣与麦麸比为 7:3 时, 最适合黄粉虫幼虫生长, 其饲养条件为密度 0.4 头/cm³; 光暗比 0:24; 饲料含水量 20%; 温度 30℃。与麦麸饲养的相比, 死亡率大大降低, 增长率增重率提高。说明黄粉虫幼虫对中药渣有良好的适应能力, 低死亡率和生长速度提高了经济效益, 为大规模饲养黄粉虫打下坚实的基础。中药渣对黄粉虫直径和蛋白质含量的影响不大, 但对体重、灰分、粗脂肪、化蛹率、成虫率的影响较大, 尤其是对粗脂肪的影响, 与麦麸饲养的黄粉虫幼虫相比, 中药渣饲养的色泽更加光亮。中药渣喂养的 V 龄的黄粉虫幼虫与对照组相比, 单体质量增加 57%, 水溶性蛋白含量提高了 1.8%, 粗脂肪含量提高了 7.4%, 灰分含量提高 5.0%。

综上可得出, 中药渣作为黄粉虫饲料具有可行性。用中药渣饲养黄粉虫幼虫对其生长发育有良好的

影响, 不仅使中药渣变废为宝, 大量营养物质能提高黄粉虫幼虫的质量, 蛋白质、灰分、粗脂肪含量, 使黄粉虫幼虫营养价值提高, 还可以极大的降低饲料成本, 提高经济效益, 用中药渣饲喂黄粉虫幼虫实现了中药渣的资源化利用。

本研究仅观察了黄粉虫幼虫物理变化和水溶性蛋白、粗脂肪、灰分含量, 然而中药渣大多为草本植物, 其中某些草本植物中有重金属富集现象, 食取中药渣的黄粉虫幼虫是否对重金属产生富集现象还有待深入研究。

基金项目

基金项目名称及项目号: 浙江树人大学省属高校基本科研业务费专项资金项目资助(2020XZ011)。

参考文献

- [1] Zhou, Y., Selvam, A. and Wong, J.W.C. (2014) Evaluation of Humic Substances during Co-Composting of Food Waste, Sawdust and Chinese Medicinal Herbal Residues. *Bioresource Technology: Biomass, Bioenergy, Biowastes, Conversion Technologies, Biotransformations, Production Technologies*, **168**, 229-234. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.070>
- [2] 贺超, 王文全, 侯俊玲. 中药渣生物有机肥的研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(24): 5286-5292.
- [3] 程青海, 方媛, 郭相, 等. 药渣栽培食用菌研究概述[J]. 中国食用菌, 2018, 37(1): 1-5.
- [4] 王建芳, 徐春, 徐萌萌, 等. 利用香菇发酵中药废渣提高利用价值的研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2007, 44(2): 451-454.
- [5] 杨本寿, 孔艳娥, 曹云莉. 巨菌草混合中药渣栽培茶树菇 YBS408 的营养成分分析及营养价值评定[J]. 科技通报, 2018, 34(2): 58-61.
- [6] 蔺军. 日粮中添加党参、黄芪渣对羊肉挥发性风味化合物影响的研究[J]. 中国草食动物科学, 2015, 35(2): 24-28.
- [7] 聂铭, 胡留杰, 孙志洪, 等. 中药渣滤液发酵制剂对肉鸡生长性能和免疫功能的影响[J]. 南方农业, 2018, 12(34): 12-16.
- [8] 李华伟, 黎智华, 祝倩, 等. 饲料添加中药渣和发酵中药渣对母猪繁殖性能与子代发育的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(1): 257-263.
- [9] 张旭, 蒋桂韬, 王向荣, 李昊帮, 黄璇, 李闯, 戴求仲. 姜黄渣对蛋鸡生产性能、蛋品质及蛋黄胆固醇和丙二醛含量的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(9): 2795-2801.
- [10] 贺晓玉. 蛹虫草菌固体发酵五味子药渣工艺的优化及其产物对断奶仔猪肠道形态结构和功能的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [11] 李艳军, 苏双良, 倪俊芬, 等. 藿香正气药渣对泌乳獭兔生产性能的影响[J]. 中国饲料, 2011, (11): 38-39+42.
- [12] 黄树平, 古江, 杨茜茜, 等. 枯草芽孢杆菌发酵红参药渣对雌性大鼠血清生化指标及部分实质器官的影响[J]. 中国兽医杂志, 2017, 53(7): 89-91.
- [13] 杨东川, 古江, 咎述海, 等. 枯草芽孢杆菌发酵红参药渣产物对小鼠生长和繁殖性能的影响[J]. 四川农业大学学报, 2014, (4): 446-450.
- [14] 熊晓莉, 邵承斌, 李宁, 等. 黄粉虫处理鸡粪[J]. 环境工程学报, 2013, 7(11): 4564-4568.
- [15] 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.
- [16] 张可, 胡芮绮, 蔡珉敏, 等. 黄粉虫取食和消化降解 PE 塑料薄膜的研究[J]. 化学与生物工程, 2017, 34(4): 47-49.
- [17] 孔芳, 洪康进, 徐航, 等. 基于嗜食泡沫塑料黄粉虫肠道菌群中聚苯乙烯生物降解的探究[J]. 微生物学通报, 2018, 45(7): 1438-1449.
- [18] Yang, Y., Yang, J. and Jiang, L. (2016) Comment on "A Bacterium that Degrades and Assimilates Poly(Ethylene Terephthalate)". *Science*, **353**, 759. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8305>
- [19] 王圣印, 骆伦伦, 丁筠, 等. 不同秸秆对黄粉虫生长及海藻糖含量变化的研究[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 52-57.
- [20] 符百文, 林叶邦, 杨振德, 等. 核桃叶饲料对黄粉虫幼虫生长及消化酶活性的影响. 湖北农业科学, 2018, 57(22): 54-56+59.

-
- [21] 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.
- [22] 李双喜, 周文宗, 吕卫光. 黄粉虫幼虫降解城市污泥环境影响因子研究[J]. 生态环境学报, 2017, 26(10): 1761-1767.
- [23] 高红莉, 张砾, 李洪涛, 等. 黄粉虫幼虫对城市污泥重金属的积累作用[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(1): 150-154.
- [24] Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shelby, K.S. and Coudron, T.A. (2016) Nutritional Value of Pupae versus Larvae of *Tenebrio Molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as Food for Rearing *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, **109**, 564-571. <https://doi.org/10.1093/jee/fov338>
- [25] 山东省农业科学院农产品研究所. 一种黄粉虫氨基酸口服液及其制备方法[P]. 中国专利, CN201110299242.1. 2012-02-08.
- [26] 叶韵. 黄粉虫丝氨酸胰蛋白酶样酶基因克隆与原核表达研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广东工业大学, 2012.
- [27] 郑燕玲, 赖锦洪, 杨靖, 等. 浮萍饲喂黄粉虫的效益分析[J]. 草业科学, 2015, 32(3): 458-463.
- [28] 陈光道, 王鹤, 栾雪, 等. 不同饲养条件对黄粉虫幼虫生长发育的影响[J]. 中国林副特产, 2017, 146(1): 22-23.