

饲料蛋白质含量对黄粉虫生长繁殖 及川硬皮肿腿蜂寄生能力的影响*

黄 雄** 叶 萌*** 周祖基 何倩倩

(四川农业大学林学院, 成都 611130)

摘 要 【目的】筛选出适宜川硬皮肿腿蜂 *Scleroderma sichuanensis* Xiao 寄生的黄粉虫 *Tenebrio molitor* 饲料配方。【方法】用 10 种不同蛋白质含量的饲料饲喂黄粉虫, 并观察各虫态生长繁殖情况, 再用川硬皮肿腿蜂接种各配方黄粉虫蛹后置于培养箱中培养, 5 d 后计数雌蜂产卵量, 并通过显著性分析、相关性分析及一元回归分析进行数据处理。【结果】各配方黄粉虫生长繁殖情况正常, 指标间存在一定的显著性和相关性且与一元回归分析所得相关性一致。川硬皮肿腿蜂对黄粉虫蛹寄生率没有显著性, 为 86.25%~96.97%, 表现出较高寄生率。寄生产卵量较高且蛋白质含量为 14.09% 和 13.73% 配方组显著高于其他配方组。【结论】黄粉虫饲料中蛋白质含量在 14% (13.73%~14.09%) 时川硬皮肿腿蜂寄生能力最强。

关键词 黄粉虫, 蛋白质, 川硬皮肿腿蜂, 寄生能力

Effects of feeding foods with different protein contents on the growth of *Tenebrio molitor* and its parasitism by *Scleroderma sichuanensis* Xiao

HUANG Xiong** YE Meng*** ZHOU Zu-Ji HE Qian-Qian

(Forestry College, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130, China)

Abstract [Objectives] To find a formula that promotes both the growth and reproduction of *Tenebrio molitor*, and its parasitism by *Scleroderma sichuanensis* Xiao. [Methods] The growth and reproduction of *Tenebrio molitor* populations provided with food with different protein content, were monitored and compared. *T. molitor* pupae were inoculated with *S. sichuanensis* Xiao and put in an incubator. After 5 days, the amount of *S. sichuanensis* in each treatment group was quantified and the statistical significance of between-group differences analyzed. [Results] Each of the ten feeds tested supported normal *T. molitor* growth and reproduction and there were significant correlations between these variables. The results of correlation and regression analysis were the same. The rate of parasitism of *T. molitor* by *S. sichuanensis* varied from 86.25% to 96.97% and there were no significant differences between treatment groups. However, significantly higher fecundity of *S. sichuanensis* was recorded in treatment groups that received food with protein contents of 14.09% and 13.73%. [Conclusion] Feeding *T. molitor* feeds containing about 14% (13.73%-14.09%) protein resulted in significantly higher fecundity of *S. sichuanensis*.

Key words *Tenebrio molitor*, protein, *Scleroderma sichuanensis* Xiao, parasitic ability

川硬皮肿腿蜂 *Scleroderma sichuanensis* Xiao 属膜翅目肿腿蜂科硬皮肿腿蜂属。黄粉虫 *Tenebrio molitor* L. 又叫黄粉甲、面包虫, 隶属于

鞘翅目拟步行虫科粉甲虫属(李元, 1990; 张传溪和胡萃, 2000; 张生芳, 2000), 因黄粉虫干品含蛋白质高达 50% 以上, 被誉为“蛋白质饲料

* 资助项目 Supported projects: 2013 年校级大学生创新性实验计划项目 (1310626024)

**第一作者 First author, E-mail: 452442789@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: yemeng5581@yahoo.com.cn

收稿日期 Received: 2015-04-20, 接受日期 Accepted: 2015-10-20

宝库”。研究发现,黄粉虫幼虫的蜕皮和粪具有较高的蛋白质和脂肪含量,黄粉虫生长生殖各时期受饲料中蛋白质与脂肪含量差异的影响且蛋白质含量影响更大(申红等,2004)。川硬皮肿腿蜂是我国继管氏肿腿蜂(邹庆旭和王日龙,2001)后于1994年在四川泸县发现的又一肿腿蜂种(萧刚柔,1995),其具有攻击力强,寄主范围广,寄生率高,繁殖力强等特点,是防治天牛及部分钻蛀性害虫的理想天敌(周祖基,1999),具有重要生物防治价值。

川硬皮肿腿蜂可寄生经特殊处理的黄粉虫蛹,且生产上大多以黄粉虫蛹作为寄主的人工繁殖方式对该蜂进行大规模生产。目前关于川硬皮肿腿蜂生物学、环境适应性、人工繁育技术、林间放蜂防治效果及寄生繁殖等研究报道较多(周祖基和曾垂惠,1996,1997;曾垂惠和叶伟军,1997;周祖基等,1997),但在不同蛋白质含量的饲料配方下饲喂的寄主对肿腿蜂寄生能力的影响尚未见报道。因此,以不同蛋白质含量的饲料饲喂的黄粉虫蛹为寄主,研究其对川硬皮肿腿蜂寄生能力的影响,得出适合川硬皮肿腿蜂寄生的黄粉虫饲料配方,旨在为提高人工繁殖川硬皮肿腿蜂效率提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源、饲料

供试川硬皮肿腿蜂和黄粉虫1龄幼虫由四川农业大学肿腿蜂繁育中心提供。

供试饲料为大豆粉、玉米粉和麦麸,蛋白含

量分别经凯氏定氮法(张厚锋和张淑萍,2008)检测为3.8%、36.3%和15.8%。

1.2 实验方法

1.2.1 配方设计 依据周舟(2008)和吴海阳(2012)研究结果,本实验采用玉米粉、大豆粉和麦麸作为饲料成分,将饲料中总蛋白质含量控制在14%左右,根据蛋白含量梯度设置10个饲料配方组,第10组为对照组(室内常规饲养),详见表1。以总蛋白质含量作为饲料配方的主要指标。

1.2.2 黄粉虫的分组及饲养管理 将3000头健康且大小基本一致黄粉虫随机分为10组,每组300头且设置3个重复组,各重复组100头。在温度为 $(20\pm 3)^{\circ}\text{C}$,RH为60%~65%相同适宜环境下饲养,定时定量饲喂,保证饮水。饲养过程中若出现死亡,立即取出,防止病害传染并做好统计,且不再重新放置新的幼虫。整个饲养过程为60d(幼虫-化蛹-羽化-产卵)。

1.2.3 接蜂方法 选取个体粗壮、经过交尾并发育成熟的川硬皮肿腿蜂雌蜂,用毛笔轻轻地将雌蜂放入指形管中,每管1头,并提供1头刚化蛹并经75%酒精消毒6min的黄粉虫。当黄粉虫开始化蛹即可接蜂,各组的每个重复组接蜂10管(若出现寄生失败,则重新接种,直至成功寄生)。接蜂后以脱脂棉塞封口后置于 25°C ,RH75%的培养箱。箱底部放置水盘,以保持湿度。

1.2.4 相关指标及测定方法 肿腿蜂寄生率:肿腿蜂成功寄生黄粉虫蛹管数(本实验固定为10管/接蜂总管数);

表1 不同蛋白质含量的饲料配方
Table 1 Different feed formula feeding spreads

配方 Formula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
成分 Composition										
玉米粉 Corn flour (g)	65	60	65	60	55	65	60	55	55	0
大豆粉 Soy flour (g)	15	15	20	20	15	25	25	20	25	0
麦麸 Wheat bran (g)	20	25	15	20	30	10	15	25	20	100
总蛋白质*Total protein (%)	11.07	11.68	12.1	12.7	13.07	13.13	13.73	14.09	15.12	15.8

*表示各个配方玉米粉、大豆粉和麦麸所含蛋白质总含量。

*indicate the total protein in corn flour, soy flour and wheat bran of each formula.

肿腿蜂产卵量: 接蜂后 5 d, 计数单个雌蜂产卵量取平均值;

黄粉虫化蛹率: 黄粉虫成虫化蛹数/黄粉虫总数;

黄粉虫蛹重: 随机取 30 头黄粉虫虫蛹, 用分析天平测定单个重量取平均值;

黄粉虫羽化率: 黄粉虫蛹羽化数/黄粉虫总蛹数;

黄粉虫产卵量: 待黄粉虫成雌虫产卵完毕, 计数单个产卵量取平均值;

黄粉虫产卵期: 记录单个成雌虫从产卵开始到结束的时间取平均值;

黄粉虫寿命: 记录单个成虫羽化到死亡的时间取平均值。

1.3 数据处理

利用统计软件 SPSS20.0 数据统计分析。对黄粉虫生长繁殖各指标进行差异显著性、相关性及一元回归分析; 对川硬皮肿腿蜂对黄粉虫蛹的寄生率及其产卵量进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质含量的饲料对黄粉虫生长繁殖的影响

对不同蛋白质含量的饲料饲喂黄粉虫后的生长繁殖情况观察, 由表 2 可知各虫态生长繁殖和存活情况为: 平均蛹重、产卵量和寿命分别为 0.146 g、198.8 粒和 40.8 d, 情况良好。将各配方组各指标与对照组 (配方 10) 进行差异显著性比较 (表 2), 可以看出配方 8 蛹重 0.165 g 显著高于对照 0.148 g, 产卵量 210.3 粒显著高于对照 195.2 粒, 寿命 43 d 极显著高于对照 41 d; 配方 3 蛹重 0.124 g 显著低于对照 0.148 g, 产卵量 189.7 粒显著低于对照 195.2 粒, 寿命 39 d 显著低于对照 41 d。

对黄粉虫各指标进行相关分析 (表 3) 发现, 蛹重与产卵量、寿命呈极显著正相关, 与产卵期呈显著正相关; 产卵量与产卵期、寿命呈极显著正相关; 化蛹率与产卵量呈显著负相关。

表 2 不同蛋白质含量饲料饲喂黄粉虫的生长繁殖情况

Table 2 The growth and reproduction condition of *Tenebrio molitor* fed on different content of protein

配方 Formula	化蛹率 (%) Pupation rate	蛹重 (g) Pupal weight	羽化率 (%) Emergence rate	产卵量 (粒) Spawning amount	产卵期 (d) Spawning time	寿命 (d) Survival time
1	94.7±2.08	0.141±0.03	88.67±1.15	185.6±1.87*	20±0.50	39±0.60*
2	94.3±3.21	0.137±0.04	92.67±2.31	191.3±1.01	21±1.00	38±0.50*
3	94.3±2.08	0.124±0.04*	90.00±4.00	189.7±1.42*	20±0.80	39±1.00*
4	94.0±1.00	0.137±0.05	94.67±2.31	192.4±0.61	20±0.40	41±0.30
5	93.7±3.06	0.145±0.08	90.00±4.00	205.0±0.36*	22±0.50*	40±0.20
6	94.0±2.00	0.158±0.05*	92.67±3.06	203.2±0.40*	21±1.00	42±0.50*
7	94.3±2.52	0.157±0.03*	88.00±4.00	205.6±0.53*	22±0.40*	43±1.00*
8	92.7±1.53	0.165±0.03*	90.00±4.00	210.3±0.87*	22±0.30*	43±1.00*
9	93.3±2.31	0.152±0.02*	90.00±4.00	209.5±0.44*	21±1.00	42±0.50*
10	93.0±2.00	0.148±0.02	90.67±1.41	195.2±0.42	20±0.71	41±0.14
平均值 Mean	93.83	0.146	90.74	198.8	20.9	40.8

*表示显著水平为 0.05 (显著相关)。

*indicate significant correlation at 0.05 level.

表 3 黄粉虫各指标相关系数
Table 3 The correlation coefficient of each index of *Tenebrio molitor*

	化蛹率 Pupation rate	蛹重 Pupal weight	羽化率 Emergence rate	产卵量 Spawning amount	产卵期 Spawning time	寿命 Survival time
化蛹率 Pupation rate	1					
蛹重 Pupal weight	-0.558	1				
羽化率 Emergence rate	-0.013	-0.230	1			
产卵量 Number spawning	-0.635*	0.805**	-0.224	1		
产卵期 Spawning time	-0.289	0.660*	-0.331	0.807**	1	
寿命 Survival time	-0.555	0.837**	-0.163	0.800**	0.493	1

**表示显著水平为 0.01 (极显著相关), *表示显著水平为 0.05 (显著相关), -表示负相关。

**indicate extremely significant correlation at 0.01 level ; *indicate significant correlation at 0.05 level ; “-” indicate negative correlation.

表 4 黄粉虫各项指标间一元回归分析
Table 4 *Tenebrio molitor* among the indicators of a regression analysis

对应指标 $y-x$ Corresponding indicator	回归方程 The regression equation	R^2 值 R^2	相关性 Correlation
化蛹率-产卵量 Pupation rate-Number spawning	$y = -0.0005x + 1.029$	0.403	-
蛹重-产卵量 Pupal weight-Number spawning	$y = 0.001x - 0.072$	0.648	++
蛹重-产卵期 Pupal weight-Spawning time	$y = 0.009x - 0.046$	0.436	+
蛹重-寿命 Pupal weight-Survival time	$y = 0.006x - 0.091$	0.701	++
产卵量-产卵期 Number spawning-Spawning time	$y = 8.229x + 26.794$	0.651	++
产卵量-寿命 Number spawning-Survival time	$y = 4.078x + 32.387$	0.639	++

-表示显著负相关, +表示显著正相关, ++表示极显著正相关。

- indicate significant negative correlation ; + indicate significant positive correlation ; ++ indicate extremely significant positive correlation.

通过一元回归分析 (表 4), 黄粉虫各指标的回归分析得出的相关性与相关分析的结果一致。化蛹率-产卵量的回归方程表明, 产卵量每增加 1 个单位, 化蛹率减少 0.0005 个单位; 蛹重-产卵量的回归方程表明, 产卵量每增加 1 个单位, 蛹重增加 0.001 个单位……依此类推。回归方程能更直观、数量化的表明 2 个指标之间的关系。

2.2 不同蛋白质含量的饲料对川硬皮肿腿蜂寄生能力的影响

接蜂后, 通过观察川硬皮肿腿蜂对黄粉虫蛹的寄生情况、寄生率, 主要观察其对黄粉虫蛹的攻击、取食等情况以及成功寄生率发现: 接蜂后

不久 (一般在 20 min 以内), 大部分雌蜂便开始攻击黄粉虫蛹。各配方川硬皮肿腿蜂的寄生率无显著性差异 (图 1), 寄生率最低 86.25%, 最高达 96.97%。通过接种观察表明: 影响寄生失败有很多原因, 主要有两个方面, 第一是川硬皮肿腿蜂错过最佳的攻击时间 (即黄粉虫蛹体壁还未变硬); 第二是人为因素, 如麻醉不彻底引起蛹动, 人为对指形管扰动过大, 黄粉虫蛹体壁硬或有损坏。

从接蜂开始, 待雌蜂产卵 5 d 后, 将黄粉虫从管内取出, 计数各配方雌蜂的产卵量 (表 5), 配方 6、7、8、9 显著高于配方 10 (对照); 配方 8 显著高于配方 6、9; 配方 8 (45.83 粒) > 配方 7 (45.27 粒) > 配方 9 (44.77 粒) > 配方 6 (44.2 粒)

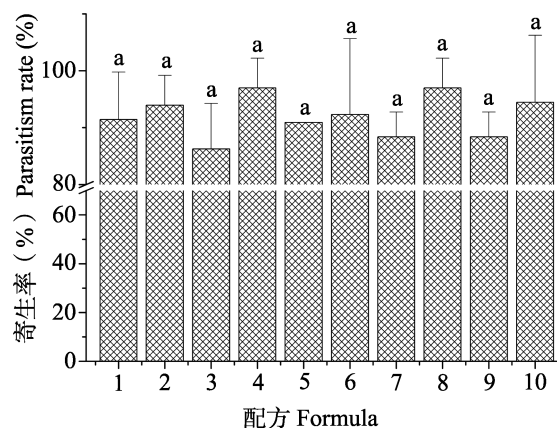


图 1 川硬皮肿腿蜂的寄生率

Fig. 1 Parasitism rate of *Scleroderma Sichuanensis* Xiao
柱上标有相同字母表示无显著性差异。

Histograms with the same letters indicate no significant difference.

>配方 10 (43.23 粒); 最终确定配方 7、8 为佳, 饲料中蛋白质含量在 13.73%~14.09%较好。

3 讨论

不同蛋白质含量的饲料饲喂黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂产卵量的结果表明: 饲料蛋白质含量为 14% (13.73%~14.09%) 配方较好, 肿腿蜂的产卵量相对其他配方高, 为室内人工饲养黄粉虫和加大川硬皮肿腿蜂繁殖提供理论依据。对于总蛋白含量高于 14% 的配方, 肿腿蜂产卵量反而变

低这一现象, 从动物营养学的观点看, 采用不同比例混合的饲料喂养, 饲料中蛋白质和脂肪的含量不同, 黄粉虫体内吸收的营养含量不同, 饲料经其消化, 没有完全吸收而排出体外, 生长生殖则会受到一定的影响, 则出现了蛋白质含量虽高, 但黄粉虫吸收利用的蛋白质少, 黄粉虫蛹质量不高, 可能会影响肿腿蜂的产卵量。

本实验中, 配方组蛹重、产卵量、寿命三项指标有一致性的趋势, 即三项指标显著大于对照、或小于对照或与对照差异不明显, 原因可能为: 该配方营养蛋白合理, 正适合黄粉虫的生长繁殖所需, 因而黄粉虫蛹较重, 蛹内所含营养成分高, 则化蛹后产卵量较大且化蛹成虫寿命更长, 反之亦成立。也存在某个配方不一致的现象, 如配方 1, 蛹重与对照不显著, 而产卵量、寿命显著低于对照, 以及配方 2 中, 蛹重、产卵量与对照不显著, 寿命显著低于对照, 原因可能为: 这两个配方的饲料中蛋白质含量较低, 无法满足黄粉虫正常的生长和繁殖, 导致其营养物质吸收少, 产卵能力下降, 故产卵量降低或寿命变短。

对于实验中化蛹率与产卵量呈显著负相关, 分析其原因: 可能与黄粉虫自身的生物学特性有着直接的关系, 黄粉虫的化蛹和产卵等一些能力可能会随世代的变化而不同程度的衰减, 影响化蛹率和产卵量。

表 5 川硬皮肿腿蜂产卵量
Table 5 Spawning amount of *Scleroderma sichuanensis*

配方 Formula	总蛋白质含量 (%) Total protein content	平均产卵量 (粒) Average spawning amount	P=0.05	P=0.01
8	14.09	45.83±4.09	a	A
7	13.73	45.27±4.76	ab	AB
9	15.12	44.77±4.35	bc	AB
6	13.13	44.20±4.75	c	BCD
10	15.80	43.23±4.57	de	CDE
1	11.07	43.10±4.77	e	DE
3	12.10	43.00±4.03	e	DE
4	12.70	42.77±4.03	e	E
5	13.07	42.67±4.48	e	E
2	11.68	42.43±4.28	e	E

参考文献 (References)

- Li Y, 1990. How to breed *Tenebrio molitor*. *Science and Technology of Sichuan Agriculture*, 5: 23–24. [李元, 1990. 怎样养殖黄粉虫. 四川农业科技, 5: 23–24.]
- Shen H, Pan XL, Wang JG, 2004. *Tenebrio molitor* nutrients measurement and analysis. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 11: 53–54. [申红, 潘晓亮, 王俊刚, 2004. 黄粉虫的营养成分测定与分析. 黑龙江畜牧兽医, 11: 53–54.]
- Wu HY, 2012. *Tenebrio* feed formulation. *Agriculture Knowledge*, 1: 51. [吴海阳, 2012. 黄粉虫饲料配方. 农业知识, 1: 51.]
- Xiao GR, 1995. Two new beetle parasitoids-*Scleroderma sichuanensis* Xiao and *Scleroderma hainanensis* Xiao (Hymenoptera, Scleroderma Branch). *Forest Research*, 8: 1–5. [萧刚柔, 1995. 天牛的两新寄生天敌-川硬皮肿腿蜂及海南硬皮肿腿蜂(膜翅目, 肿腿蜂科). 林业科学研究, 8: 1–5.]
- Zeng CH, Ye WJ, 1997. Preliminary study on *Scleroderma sichuanensis* Xiao environmental adaptability. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 18(3): 14–17. [曾垂惠, 叶伟军, 1997. 川硬皮肿腿蜂的人工繁育技术研究. 四川林业科技, 18(3): 14–17.]
- Zhang CX, Hu C, 2000. Insects use of resources and industrialization retrospect and prospect. *Entomological Knowledge*, 37(2): 89–96. [张传溪, 胡萃, 2000. 昆虫资源利用及其产业化的回顾与展望. 昆虫知识, 37(2): 89–96.]
- Zhang SF, 2000. Some species of beetles scientific name warehousing revised. *Plant Quarantine*, 14(4): 232–235. [张生芳, 2000. 我国仓储物甲虫某些种学名的订正. 植物检疫, 14(4): 232–235.]
- Zhou QX, Wang RL, 2001. *Scleroderma* breeding and applied technology. *Forestry Shanxi*, 5: 24–25. [邹庆旭, 王日龙, 2001. 肿腿蜂繁育及其应用技术. 山西林业, 5: 24–25.]
- Zhou ZJ, 1999. *Scleroderma sichuanensis* Xiao research overview. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 20(3): 59–61. [周祖基, 1999. 川硬皮肿腿蜂研究概述. 四川林业科技, 20(3): 59–61.]
- Zhou ZJ, Yang W, Zeng CH, 1997. The *Scleroderma sichuanensis* Xiao biological characteristics of study (Hymenoptera, Scleroderma Branch). *Scientia Silvae Sinicae*, 33(5): 475–479. [周祖基, 杨伟, 曾垂惠, 1997. 川硬皮肿腿蜂生物学特性的研究(膜翅目: 肿腿蜂科). 林业科学, 33(5): 475–479.]
- Zhou ZJ, Zeng CH, 1996. Preliminary study on *Scleroderma sichuanensis* Xiao environmental adaptability. *Forest Pest and Disease*, 3: 4–6. [周祖基, 曾垂惠, 1996. 川硬皮肿腿蜂环境适应性的初步研究. 中国森林病虫, 3: 4–6.]
- Zhou ZJ, Zeng CH, 1997. Fir beetles comparative tests with chemicals and *Scleroderma sichuanensis* Xiao prevention. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 18(3): 50–54. [周祖基, 曾垂惠, 1997. 用化学药剂和川硬皮肿腿蜂防治杉天牛对比试验. 四川林业科技, 18(3): 50–54.]
- Zhang HF, Zhang SP, 2008. A comparative study of the determination of the protein content of the diet reduced the double pulse method and Kjeldahl method. *China Feed*, 7: 34–38. [张厚锋, 张淑萍, 2008. 双缩脉法和凯氏定氮法测定饲料中蛋白质含量的比较研究. 中国饲料, 7: 34–38.]
- Zhou Z, 2008. How to prepare *Tenebrio* feed. *Rural Animal Production Technology*, 22: 32. [周舟, 2008. 如何配制黄粉虫饲料. 农村养殖技术, 22: 32.]