

饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫生长发育的影响

高红莉, 周文宗*, 张 砾, 李洪涛

(河南省科学院地理研究所, 河南郑州 450052)

摘要: 室内研究了饲料种类、饲养密度对黄粉虫幼虫生长速度、死亡率、化蛹率和虫体营养成分的影响。结果表明: (1) 黄粉虫幼虫平均每头增重大小顺序为: C 组(麦麸 + 菜叶) > B 组(麦麸) > A 组(白菜叶) > D 组(饥饿), 密度 1 ~ 4 头/cm² 的黄粉虫幼虫平均每头增重幅度大于 6 ~ 8 头/cm² 的处理组。 (2) 黄粉虫幼虫总死亡率的大小顺序分别为: A 组、C 组 > D 组 > B 组, 8 头/cm² > 2 ~ 6 头/cm² > 1 头/cm²; 自然死亡率的大小顺序分别为: B 组、C 组 > A 组 > D 组, 8 头/cm² > 1 ~ 6 头/cm²; 自相残杀死亡率的大小顺序分别为: A 组、C 组、D 组 > B 组, 8 头/cm² > 4 ~ 6 头/cm² > 1 ~ 2 头/cm²; 自相残杀死亡率占总死亡率比例的大小顺序分别为: D 组 > A 组、C 组 > B 组, 4 ~ 8 头/cm² > 2 头/cm² > 1 头/cm²。 (3) 黄粉虫幼虫化蛹率的大小顺序分别为: C 组 > A、B、D 组, 1 ~ 2 头/cm² > 4 头/cm² > 6 ~ 8 头/cm²。 (4) 黄粉虫幼虫干物质含量的大小顺序分别为: B 组 > C 组 > D 组 > A 组, 8 头/cm² > 6 头/cm² > 1 头/cm², 4 头/cm² > 2 头/cm²; 不同饲料条件下虫体中氮、磷含量的大小顺序为: D 组、A 组 > B 组、C 组; 饲养密度对黄粉虫幼虫氮、磷含量均没有明显的影响。 (5) 在生产中, 饲料以精饲料和青饲料合理搭配为宜, 如果考虑化蛹繁殖, 密度以 2 头/cm² 为宜; 如果不考虑化蛹繁殖, 则黄粉虫幼虫密度可以提高到 4 头/cm²。

关键词: 黄粉虫幼虫; 生长速度; 自相残杀死亡率; 化蛹率; 营养成分

文章编号: 1000-0933(2006) 10-3258-07 **中图分类号:** Q143, Q968. 1, S899. 9 **文献标识码:** A

Effect of different fodders and breeding densities on the larva growth and development of *Tenebrio molitor* L.

GAO Hong-Li, ZHOU Wen-Zong*, ZHANG Luo, LI Hong-Tao (Institute of Geography, Academy of Sciences of Henan Province, Zhengzhou 450052, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3258 ~ 3264.

Abstract: This paper focused on the larva growth rate, mortality, pupation rate, nutritional component of *Tenebrio molitor* L. at different fodders and breeding densities. They were evaluated in laboratory by the test of two factors (fodder and density) and multi-levels. The results showed that: (1) The order of average body weight increase in mg/per larva of *Tenebrio molitor* respectively was: Group C (wheat bran + Cabbage) > Group B (wheat bran) > Group A (Chinese cabbage) > Group D (Starvation), 1 ~ 4 larva/cm² > 6 ~ 8 larva/cm². (2) The order of total larval mortality respectively was: Group A, Group C > Group D > Group B, 8 larva/cm² > 2 ~ 6 larva/cm² > 1 larva/cm²; The order of natural mortality respectively was: Group B, Group C > Group A > Group D, 8 larva/cm² > 1 ~ 6 larva/cm²; The order of cannibalism mortality respectively was: Group A, Group C, Group D > Group B, 8 larva/cm² > 4 ~ 6 larva/cm² > 1 ~ 2 larva/cm²; The order of the proportion of cannibalism mortality to total mortality respectively was: Group D > Group A, Group C > Group B, 4 ~ 8 larva/cm² > 2 larva/cm² > 1 larva/cm². (3) The order of larva pupation rate of *Tenebrio molitor* respectively was: Group C > Group A, Group B, Group D, 1 ~ 2 larva/cm² > 4 larva/cm² > 6 ~ 8 larva/cm². (4) The order of larva dry matter content of *Tenebrio molitor* respectively was: Group B > Group C > Group D > Group A, 8 larva/cm² > 6 larva/cm² > 1, 4 larva/cm² > 2 larva/cm²; Larva nitrogen (crude protein)

基金项目: 河南省科技攻关资助项目 (0424030058)

收稿日期: 2005-11-28; **修订日期:** 2006-04-20

作者简介: 高红莉 (1969 ~), 女, 河南新郑人, 高级工程师, 主要从事食物链与食品安全研究. E-mail: hong4800@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhouwz001@163.com

Foundation item: The project was supported by the Key Project of Science and Technology of Henan Province (No. 0424030058)

Received date: 2005-11-28; **Accepted date:** 2006-04-20

Biography: GAO Hong-Li, Senior engineer, mainly engaged in food chain and food security. E-mail: hong4800@yahoo.com.cn

content and phosphorus content of *Tenebrio molitor* were not affected by breeding densities while affected by fodders from high to low: Group A, Group D > Group B, Group C. (5) It was appropriate to feed larva under the reasonable proportion of concentrated feed to succulence, and to culture larva at 2 larva/cm² if pupation and propagation were considered while at 4 larva/cm² if pupation and propagation were not considered in practice.

Key words: *Tenebrio molitor* L.; growth rate; cannibalism mortality; pupation rate; nutritional component

黄粉虫幼虫(*Tenebrio molitor* L.)食性杂,大多发生于各种农林产品库房中,凡是具有营养成分的物品都可以作为它的饲料。黄粉虫幼虫、蛹、成虫均含有丰富的蛋白质、多种氨基酸和对人体有益的微量元素^[1~3],已被作为饲料用和食用昆虫广泛养殖。

国内外关于黄粉虫幼虫的生物学特性、温湿度对生长历期的影响、饲养条件对黄粉虫幼虫生长等研究已经有不少报道^[4~8],但环境条件与幼虫死亡率(包括自相残杀死亡率和因病引起的自然死亡率)、老熟幼虫化蛹率和虫体营养成分的关系尚未见研究。本文采用二因素(饲料和密度)多水平试验,研究饲料种类、饲养密度对黄粉虫幼虫生长速度、死亡率、化蛹率和虫体营养成分的影响,探讨黄粉虫幼虫生长发育的适宜条件,为实际生产提供定量依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料和条件

黄粉虫幼虫购自郑州市花鸟市场,在室内饲养 5d 后,用 10~20 目筛子筛选个体大小接近的虫体进行试验,黄粉虫幼虫规格 $49.04 \pm 4.04(\text{mg})$ (Mean $\pm$ SD),试验前后分别停喂 1d。试验容器用一次性塑料杯,上口径为 6.5cm,下口径为 5.2cm,底面积为 21.2cm²。饲料为从郑州市市场购买的小麦麸和大白菜(*Brassica pekinenses* Rupr.)。试验在室内进行,温度 24~29℃,湿度 50%~70%,光照条件为自然光照(光照度小于 300lx),试验时间 25d。

1.2 试验设计

试验按照二因素(饲料和密度)多水平进行设计。饲料设置 4 个水平:A 组为足量白菜叶,B 组为足量麦麸,C 组为足量麦麸和白菜叶(2:1),D 组保持饥饿水平。密度设置 5 个水平:1、2、4、6、8 头/cm²,即每杯放幼虫 21、42、85、127 头和 170 头。试验共 20 个处理,每个处理设 3 个重复。

试验前测定白菜叶、麦麸、黄粉虫幼虫含水量、N 和 P(P₂O₅)含量以及黄粉虫幼虫体重。每天投喂足量的饲料,及时捞出蛹和因病自然死亡的虫体,并统计其数量。试验结束后测定黄粉虫幼虫体重、含水量和氮、磷含量。相关指标的计算方法为:(1)总死亡数(头)=试验开始时的幼虫数-试验结束后存活的幼虫数;(2)自相残杀数(头)=总死亡数-自然死亡幼虫数;(3)总死亡率(%)=100×总死亡数/试验开始时的幼虫数;(4)自然死亡率(%)=100×自然死亡数/试验开始时的幼虫数;(5)自相残杀死亡率(%)=100×自相残杀数/试验开始时的幼虫数;(6)自相残杀死亡率占总死亡率的比例(%)=100×自相残杀数/总死亡数;(7)化蛹率(%)=100×幼虫化蛹数/试验开始时的幼虫数。

1.3 检测方法

1.3.1 干物质含量(%) 检测黄粉虫幼虫、麦麸、白菜叶、粪便的含水量,需先将相关样品称重(W_1),然后放入恒温箱中,在(70±1)℃下烘 24h 后再次称重(W_2),计算干物质含量(%)=(W_2/W_1)×100,含水量(%)=100-干物质含量。

1.3.2 含氮量(N,%) 将烘干的样品经过硫酸-双氧水消化后,用凯氏定氮仪测定样品含氮量,进一步换算出黄粉虫幼虫粗蛋白质含量。

1.3.3 含磷量(P₂O₅,%) 将烘干的样品经过硫酸-双氧水消化后,用钼锑抗比色法测定样品含磷量。

1.4 数据统计分析

所得数据在 Excel 和 SPSS11.5 软件上进行统计分析,以饲料种类和饲养密度为自变量,分别以试验结束

时幼虫平均增重量、总死亡率、自然死亡率、自相残杀死亡率、自相残杀死亡率占总死亡率的比例、老熟幼虫化蛹率、幼虫干物质含量、幼虫氮(粗蛋白质)含量、幼虫磷含量等指标为因变量,进行多因素方差分析,采用 *Duncan* 法进行平均数差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 试验前样品检测

在试验开始前,将黄粉虫幼虫、麦麸、白菜叶的含水量、含氮量、含磷量(干物质)进行检测,结果见表 1,麦麸和白菜叶(2:1)的含水量为 34.33%。

2.2 饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫生长速度的影响

试验期间(25d),饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫个体体重(鲜重)增加的影响结果见表 2。方差分析表明,饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫个体体重增加作用极显著($p < 0.01$),并且两者交互作用明显($p < 0.05$),饲料的影响显得更大。不同饲料组的黄粉虫幼虫平均每头增重大小顺序为:C 组 > B 组 > A 组 > D 组。其原因很好解释,精饲料如糠麸的营养价值比青饲料如菜叶高,麦麸的无氮浸出物、P、V_B 等含量高^[9],而菜叶能补充水分和 V_C,两者合理搭配投喂能提高黄粉虫幼虫的生长速度,但是关于精饲料和青饲料的最佳比例有待研究。

黄粉虫的生长速度表现出明显的密度效应,密度 1~4 头/cm² 的黄粉虫幼虫平均每头增重幅度大于 6~8 头/cm² 的处理组,但在密度超过 4 头/cm² 以后,随着密度的增加,幼虫个体的体重增加幅度没有显著差异($p > 0.05$)。密度拥挤效应不明显,可能与高密度下黄粉虫自相残杀死亡率提高,个体营养得到加强有关系。相关报道在密度为 3 头/cm² 时即表现出拥挤效应^[10],这可能与虫体发育阶段不一样有关。

表 1 试验用黄粉虫幼虫、麦麸、白菜叶营养成分

项目 Item	黄粉虫幼虫 <i>Tenebrio molitor</i> larva	麦麸 Wheat bran	白菜叶 Cabbage
干物质含量 Content of dry matter (%)	30.94	90.53	16.02
氮 Content of nitrogen (%)	7.52	1.16	2.51
磷 Content of phosphorus (%)	0.88	0.64	0.54

表 2 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的平均增重量(mean ±SD)

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	39.87 ±0.87	37.29 ±2.77	65.49 ±7.77	- 12.51 ±3.10	a
2	28.46 ±1.44	41.82 ±0.97	60.57 ±2.56	- 10.43 ±0.95	a
4	25.35 ±1.62	33.34 ±0.85	58.67 ±3.84	- 7.52 ±1.13	ab
6	19.93 ±0.23	32.01 ±1.49	56.89 ±0.29	- 7.49 ±0.61	b
8	16.66 ±1.20	23.82 ±7.00	52.04 ±2.80	- 7.21 ±0.55	b
	c	b	a	d	

* 密度指直径为 5.2cm 的培养杯中,每平方厘米饲养的幼虫数;用 SPSS11.5 统计软件作方差分析和 Duncan 多重比较,行中字母表示密度差异显著性,列中字母表示饲料种类差异显著性,同列或同行中有相同字母者表示差异不显著($\alpha = 0.05$);下同 Density indicates the number of larva per cm² in culturing cup with 5.2cm diameter; Analysis of variance and Duncan multiple comparison are realized by SPSS11.5. Letters in row show deviation significance of density, while those in column show deviation significance of fodder. The same letter in row or in column means deviation is not significant ($\alpha = 0.05$); the same below

2.3 饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫死亡率的影响

饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫总死亡率的影响结果见表 3。方差分析表明,黄粉虫幼虫总死亡率极显著地受到饲料种类、饲养密度以及其交互作用的影响($p < 0.01$)。饲料的影响顺序为:A 组、C 组 > D 组 > B 组。饲养密度的影响顺序为:8 头/cm² > 2~6 头/cm² > 1 头/cm²。

表 3 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的总死亡率(mean ±SD)

Table 3 Total larval mortality(%) of *Tenebrio molitor* L. at different fodders and breeding densities

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	12.70 ±7.27	7.94 ±2.75	15.87 ±5.50	23.81 ±6.25	c
2	18.25 ±5.99	29.37 ±3.64	29.37 ±4.96	15.08 ±9.02	b
4	17.65 ±3.11	20.78 ±6.48	33.60 ±4.34	30.20 ±5.30	b
6	38.06 ±8.95	14.70 ±3.88	44.31 ±4.75	25.72 ±5.43	b
8	64.51 ±15.02	20.59 ±2.94	52.94 ±3.58	24.71 ±3.14	a
	a	c	a	b	

黄粉虫幼虫的自然死亡率见表 4。方差分析表明,黄粉虫幼虫自然死亡率极显著地受到饲料种类的影响($p < 0.01$),饲养密度效应显著($p < 0.05$),两者交互作用不明显($p > 0.05$)。饲料的影响顺序为:B 组、C 组 > A 组 > D 组。黄粉虫是一种仓储害虫,长期适应于干燥的生长环境,干燥环境下可以保持较高的种群数量,饲料含水量过高容易得软腐病,含水量过低容易得干枯病,饲料的适宜含水量为 13.48 % ~ 17.48 %^[5]。本试验 A 组、B 组、C 组饲料含水量分别为 83.98 %、9.47 %、34.31 %,不在适宜的含水量范围内,因此其幼虫自然死亡率比饥饿组即 D 组高。8 头/cm² 密度下幼虫自然死亡率最高,与 2 头/cm²、4 头/cm² 的差异不显著,1 ~ 6 头/cm² 的饲养密度对幼虫自然死亡率的影响不显著。

表 4 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的自然死亡率(mean ±SD)

Table 4 Natural larval mortality(%) of *Tenebrio molitor* L. at different fodders and breeding densities

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	4.76 ±4.76	7.94 ±2.75	6.35 ±2.75	9.52 ±16.50	b
2	13.49 ±4.96	15.08 ±3.64	14.29 ±2.38	0.79 ±1.37	ab
4	5.10 ±7.83	12.55 ±5.80	18.43 ±6.04	0.00 ±0.00	ab
6	2.10 ±0.45	8.92 ±1.82	12.86 ±1.20	2.62 ±1.64	b
8	10.98 ±7.83	13.73 ±2.38	22.94 ±4.67	3.33 ±0.90	a
	b	a	a	c	

饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫自相残杀死亡率的影响结果见表 5。方差分析表明,黄粉虫幼虫自相残杀死亡率极显著地受到饲料种类、饲养密度和两者交互作用的影响($p < 0.01$)。饲料的影响顺序为:A 组、C 组、D 组 > B 组,B 组幼虫自相残杀死亡率低可能与麦麸营养丰富和含水量较低有关系;A 组、C 组、D 组幼虫自相残杀死亡率相近,看来饥饿不是黄粉虫幼虫自相残杀的主要原因。饲养密度的影响顺序为:8 头/cm² > 4 ~ 6 头/cm² > 1 ~ 2 头/cm²,与总死亡率发展趋势一致。

黄粉虫幼虫群体生活,其生长速度和蜕皮时间不一致,致使黄粉虫幼虫自相残杀很严重,即使在食物充足的情况下其自相残杀死亡率也达到 20 % ~ 30 %^[11]。自相残杀可能是黄粉虫维持种群平衡的一种机制,吃食同类的个体营养得到加强,生长速度加快,这可能是黄粉虫个体生长不一致的根本原因。据报道,在相同的饲养条件下,在一个饲养群体内,通常约有 10 % ~ 20 % 的个体发育特别慢^[12]。关于黄粉虫自相残杀的机理和生态条件有待进一步研究。

表 6 为自相残杀死亡率占总死亡率的比例。方差分析表明:黄粉虫幼虫自相残杀死亡率占总死亡率的比例受饲料的影响极为显著($p < 0.01$),影响顺序为 D 组 > A 组、C 组 > B 组,在 D 组、A 组、C 组中,黄粉虫幼虫自相残杀是其死亡的主要原因,3 组自相残杀死亡率占总死亡率的比例高达 75.53 % ±27.73 %。密度对幼虫自相残杀死亡率占总死亡率比例的影响也明显($p < 0.05$),影响顺序为 4 ~ 8 头/cm² > 2 头/cm² > 1 头/cm²。

表5 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的自相残杀死亡率(mean $\pm$ SD)Table 5 Cannibalism larval mortality(%) of *Tenebrio molitor* L. at different fodders and breeding densities

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	7.94 $\pm$ 7.27	0.00 $\pm$ 0.00	9.52 $\pm$ 4.76	14.29 $\pm$ 8.25	c
2	4.76 $\pm$ 2.38	14.29 $\pm$ 2.38	15.08 $\pm$ 3.64	14.29 $\pm$ 10.91	c
4	12.55 $\pm$ 7.19	8.24 $\pm$ 2.35	25.88 $\pm$ 8.24	30.20 $\pm$ 5.30	b
6	35.96 $\pm$ 9.39	5.77 $\pm$ 3.18	20.73 $\pm$ 3.28	23.10 $\pm$ 8.67	b
8	53.53 $\pm$ 11.75	6.86 $\pm$ 2.38	30.00 $\pm$ 3.86	21.37 $\pm$ 4.72	a
	a	b	a	a	

表6 黄粉虫幼虫自相残杀死亡率占总死亡率比例(mean $\pm$ SD)Table 6 The proportion of cannibalism larval mortality to total larval mortality(%) of *Tenebrio molitor* L.

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	50.00 $\pm$ 50.00	0.00 $\pm$ 0.00	58.33 $\pm$ 14.43	71.43 $\pm$ 49.49	b
2	25.83 $\pm$ 10.10	48.88 $\pm$ 8.29	51.10 $\pm$ 5.58	97.22 $\pm$ 4.81	ab
4	73.04 $\pm$ 41.71	41.75 $\pm$ 15.44	57.89 $\pm$ 15.96	100.00 $\pm$ 0.00	a
6	94.12 $\pm$ 2.31	37.27 $\pm$ 14.67	61.58 $\pm$ 2.29	88.29 $\pm$ 8.40	a
8	83.52 $\pm$ 8.96	33.17 $\pm$ 9.09	56.78 $\pm$ 7.30	86.60 $\pm$ 21.81	a
	b	c	b	a	

2.4 饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫化蛹率的影响

随着喂养时间的延长,逐渐有老熟的黄粉虫幼虫化蛹,将其及时检出,记录数量,结果见表7。

表7 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的化蛹率(mean $\pm$ SD)Table 7 Larval pupation rate (%) of *Tenebrio molitor* L. at different fodders and breeding densities

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	0	0	47.6 $\pm$ 1.3	0	a
2	2.4 $\pm$ 0.7	7.9 $\pm$ 1.1	46.0 $\pm$ 2.4	0	a
4	0	4.7 $\pm$ 2.7	27.4 $\pm$ 4.4	0	b
6	0	0	12.6 $\pm$ 5.3	0.8 $\pm$ 0.4	c
8	0	0	8.2 $\pm$ 2.7	0	c
	b	b	a	b	

方差分析表明,试验期间黄粉虫幼虫化蛹率极显著地受到饲料种类、饲养密度以及其交互作用的影响($p < 0.01$)。从表6可以看出,C组黄粉虫幼虫化蛹率最高($p < 0.05$),A、B、D组化蛹率相近但都非常低,这是由于黄粉虫幼虫在不同饲料喂养条件下生长速度差异显著。显然,麦麸和白菜叶合理搭配可以提高黄粉虫幼虫的生长速度,缩短生长历期。

比较表3、5、7可以看出,随着密度的提高,黄粉虫幼虫化蛹率逐步降低,幼虫总死亡率、自相残杀死亡率则呈提高趋势,密度效应非常明显。这是因为在高密度条件下,幼虫蜕皮、预蛹及化蛹时容易被其它幼虫所伤害,自相残杀死亡率提高,导致黄粉虫幼虫化蛹率下降。

2.5 饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫干物质以及氮、磷含量的影响

饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫干物质含量的影响结果见表8。方差分析表明,黄粉虫幼虫干物质含量极显著地受到饲料种类、饲养密度以及其交互作用的影响($p < 0.01$),其中饲料影响更大。不同饲料条件下黄粉虫幼虫干物质含量的大小顺序为:B组 > C组 > D组 > A组,饲料含水量高,黄粉虫幼虫的含水量相应提

高。不同饲养密度下黄粉虫幼虫干物质含量的大小顺序为 :8 头/cm² > 6 头/cm² > 1 头/cm²、4 头/cm² > 2 头/cm² ,这可能与密度提高后幼虫生长速度降低有关系。

表 8 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的干物质含量(mean ±SD)

密度 Density (larva/cm ²)	饲料 Fodder				
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation	
1	20.16 ±0.31	42.80 ±0.52	35.02 ±0.29	27.18 ±0.29	c
2	17.15 ±0.33	40.74 ±0.61	36.21 ±0.52	27.35 ±0.41	d
4	17.27 ±0.38	41.64 ±0.43	37.18 ±0.44	28.98 ±0.48	c
6	19.91 ±0.43	41.63 ±0.48	33.84 ±0.49	35.07 ±0.44	b
8	22.53 ±0.45	41.63 ±0.44	34.72 ±0.37	33.09 ±0.53	a
	d	a	b	c	

表 9 数据表明 ,饲养密度对黄粉虫幼虫(干物质)氮(粗蛋白质)、磷含量均没有明显的影响 ($p > 0.05$)。饲料种类对黄粉虫幼虫氮、磷含量的影响极为显著 ,并且表现出相同的趋势 ,虫体虫氮、磷含量的大小顺序为 :A 组、D 组 > B 组、C 组 ,这与 D 组和 A 组幼虫自相残杀率较高和黄粉虫幼虫氮、磷含量比菜叶、麦麸的氮、磷含量高有关系(见表 1)。

表 9 不同饲料种类和饲养密度下黄粉虫幼虫的粗蛋白质、磷含量(mean ±SD)

Table 9 Larva crude protein and phosphorus content (%) of Tenebrio molitor L.at different fodders and breeding densities				
密度 Density (larva/cm²)	饲料 Fodder			
	大白菜 Cabbage	麦麸 Wheat bran	麦麸 + 菜叶 Wheat bran and cabbage	饥饿 Starvation
	粗蛋白质含量 Crude protein content of larva			
1	52.51 ±1.52	49.32 ±1.22	47.73 ±2.45	58.46 ±1.66 a
2	55.00 ±1.32	47.72 ±2.13	42.76 ±1.56	56.37 ±1.95 a
4	57.46 ±2.44	49.89 ±1.44	47.88 ±1.49	55.87 ±1.65 a
6	55.23 ±2.33	44.31 ±1.38	50.49 ±2.34	53.06 ±1.51 a
8	53.78 ±1.29	47.72 ±2.32	51.46 ±1.37	51.44 ±2.42 a
	a	b	b	a
	磷含量 Phosphorus content of larva			
1	0.88 ±0.12	0.61 ±0.05	0.56 ±0.03	1.18 ±0.07 a
2	0.96 ±0.11	0.55 ±0.04	0.49 ±0.04	1.07 ±0.09 a
4	1.15 ±0.09	0.56 ±0.05	0.52 ±0.04	0.99 ±0.08 a
6	1.05 ±0.07	0.63 ±0.04	0.56 ±0.05	0.99 ±0.06 a
8	1.01 ±0.08	0.62 ±0.04	0.56 ±0.04	0.92 ±0.04 a
	a	b	b	a

3 结论

麦麸和菜叶合理搭配喂养可以增加黄粉虫幼虫生长速度 ,含水量过高(纯菜叶喂养)或过低(纯麦麸喂养)均不利于其快速生长 ,喂养密度则以 2 ~ 4 头/cm² 为宜。

自相残杀和病害导致黄粉虫幼虫死亡 ,其中前者起主要作用。因此 ,控制黄粉虫自相残杀是提高黄粉虫成活率和产量的一个关键技术。为了降低黄粉虫幼虫的总死亡率和自相残杀死亡率 ,提高其成活率 ,必须保证饲料充足并且营养价值高 ,不能让幼虫处于饥饿状态 ,饲料含水量要适宜 ,青饲料的搭配量不能过高 ,饲养密度以低于 6 头/cm² 为宜。

试验期间合理搭配青饲料和精饲料能提高黄粉虫幼虫生长速度 ,缩短生长历期 ,提高化蛹率 ;密度为 1 ~ 2 头/cm² 时 ,幼虫化蛹率最高。

在温度和空气相对湿度适宜的情况下 ,提高黄粉虫幼虫生长速度和化蛹率、降低其死亡率是提高黄粉虫规模生产经济效益的关键技术之一。在生产中 ,饲料以精饲料和青饲料合理搭配为宜 ,如果考虑化蛹繁殖 ,密

度以 2 头/cm² 为宜,这样既能提高黄粉虫幼虫生长速度和化蛹率又能降低其死亡率;如果在生产中不考虑化蛹繁殖,则黄粉虫幼虫密度可以提高到 4 头/cm²,并且虫体的氮、磷含量均没有影响,而其干物质的含量有所提高。

References:

- [1] Xie B L. Study on assaying nutrition component of *Tenebrio molitor* L. Entomological Knowledge, 1994, 31(3) :175 ~ 176.
- [2] Zhao D J. Nutritional component and edible value of *Tenebrio molitor* L. Food and Oil Science and Technology, 2000, 8(2) :41 ~ 42.
- [3] Feng Y B. Mensuration and research of inorganic elements and vitamins of *Tenebrio molitor* L. Food Research and Development, 2002, 23(2) :57 ~ 59.
- [4] Hua H X, Yang C J, Yu C, et al. The effects of different ecological factors on rearing efficiency of *Tenebrio molitor* L. Journal of Huazhong Agricultural University, 2001, 20(4) :337 ~ 339.
- [5] Xiao Y B, Zhou Z J, Yang W, et al. The effects of different ecological factors on rearing efficiency of *Tenebrio molitor* L. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(4) : 673 ~ 680.
- [6] Barnes A I, Siva-Jothy M T. Density-dependent prophylaxis in the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) : cuticular melanization is an indicator of investment in immunity. Proc. Biol. Sci., 2000, 267(1439) :177 ~ 182.
- [7] Richardson M S, Goff M L. Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculatus* (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Medical Entomology, 2001, 38(3) :347 ~ 351.
- [8] Gray T, Luyten Y A, MacPherson M, et al. Physiological bases of genetic differences in cannibalism behavior of the confused flour beetle *Tribolium confusum*. Evolution, 2001, 55(4) :797 ~ 806.
- [9] Liu D F. Study on formula feed. Beijing: Chinese Agriculture University Publishing Company, 1998. 68 ~ 69.
- [10] Chai P Ch, Zhang R J. Effects of rearing density on growth and development of larvae of *Tenebrio molitor* L. Entomological Knowledge, 2001, 38(6) :452 ~ 455.
- [11] Zhou W Z, Sun Y CH, Bai Y. Research on the characteristics of *Tenebrio molitor* L 's killing each other. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2002, 24(4) :27 ~ 28.
- [12] Chen G F, Liu T J. Studies on the bionomics and breeding of yellow mealworm. Journal of Fujian Normal University (Natural Science), 1992, 8(1) :66 ~ 74.

参考文献:

- [1] 谢保令. 黄粉虫幼虫营养成分的分析研究. 昆虫知识, 1994, 31(3) :175 ~ 176.
- [2] 赵大军. 黄粉虫幼虫的营养成分及食用价值. 粮油食品科技, 2000, 8(2) :41 ~ 42.
- [3] 冯彦博. 黄粉虫幼虫中无机元素和维生素的测定与研究. 食品研究与开发, 2002, 23(2) :57 ~ 59.
- [4] 华红霞, 杨长举, 余纯, 等. 饲养条件对黄粉虫幼虫生长的影响. 华中农业大学学报, 2001, 20(4) :337 ~ 339.
- [5] 肖银波, 周祖基, 杨伟, 等. 饲养条件对黄粉虫幼虫生长及存活的影响. 生态学报, 2003, 23(4) :673 ~ 680.
- [9] 刘德芳主编. 配合饲料学. 北京: 中国农业大学出版社, 1998. 68 ~ 69.
- [10] 柴培春, 张润杰. 饲养密度对黄粉虫幼虫生长发育的影响. 昆虫知识, 2001, 38(6) :452 ~ 455.
- [11] 周文宗, 白宇, 孙玉传. 黄粉虫自相残杀特性研究. 特产研究, 2002, 24(4) :27 ~ 28.
- [12] 陈根富, 刘团举. 黄粉虫的生物学特性及养殖技术的研究. 福建师范大学学报(自然科学版), 1992, 8(1) :66 ~ 74.