

饲料种类和密度对大麦虫生长发育的影响

胡尊瑞^{1,2}, 李志强¹, 姜 娜¹, 吴晓云¹, 张翌楠¹, 韩振芹¹

(1. 北京农业职业学院园艺系, 北京 102442; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

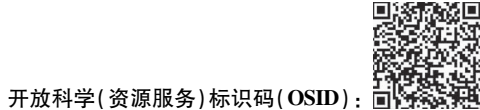
摘要 研究不同种类饲料、饲养密度对大麦虫体重、死亡率、化蛹率和蛹重的影响。结果表明: 低龄幼虫期, 采用饲料 F (麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉), 当饲养密度为 0.5~2.0 头/cm² 时, 大麦虫幼虫生长发育好, 其饲喂大麦虫幼虫的体重和死亡率与其他组差异显著; 老熟幼虫期, 采用饲料 F (麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉), 当饲养密度为 0.5~1.0 头/cm² 时, 大麦虫生长发育效果最好, 其饲喂大麦虫老熟幼虫的化蛹率和蛹重与其他组差异显著。

关键词 大麦虫; 人工饲养; 饲养密度; 生长发育

中图分类号 S 899.9 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)08-0086-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.08.023



Effect of Feed Kinds and Feeding Density on the Growth and Development of *Zophobas atratus*

HU Zun-rui^{1,2}, LI Zhi-qiang¹, JIANG Yuan¹ et al (1. Department of Horticulture, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193)

Abstract The effects of different feed kinds and feeding density on the body weight, mortality, pupation rate and pupae weight of *Zophobas atratus* were studied. The results showed that, in low-age larvae period, when *Z. atratus* larvae were fed by formulation F (wheat bran + soybean meal + corn powder + fish meal) under the feeding density of 0.5-2.0 head/cm², the growth and development of *Z. atratus* larvae were good, their body weight and larvae mortality had significant difference with other groups. In mature larvae period, *Z. atratus* larvae fed by formula F (wheat bran + soybean meal + corn meal + fish meal) under the feeding density of 0.5-1.0 head/cm² had the best growth and development effects, the pupation rate and pupa weight had significant difference with other groups.

Key words *Zophobas atratus*; Artificial feeding; Feeding density; Growth and development

大麦虫 (*Zophobas atratus* Fab) 隶属节肢动物门 (Arthropoda) 昆虫纲 (Insecta) 鞘翅目 (Coleoptera) 拟步甲科 (Tenebrionidae) 昆虫, 原产于中南美洲, 是近几年我国才从东南亚国家引进的一种新型资源昆虫^[1]。大麦虫幼虫和蛹所含的营养成分较高, 幼虫体内含水分 57.9%、蛋白质 19.7%、脂肪 17.7%、无氮浸出液 1.1%、中性洗涤剂纤维 3.9%、酸性洗涤剂纤维 2.7%, 可代谢能量为 10 142 kJ/kg, 同时还富含各种矿物质、氨基酸、维生素和脂肪酸^[2]。大麦虫是人工养殖最理想的饲料昆虫, 幼虫蛋白含量较高、营养丰富, 被广泛用于爬虫类、鸟类及鱼类的饲养、食品开发、化妆品研制等^[3-6], 市场前景广阔。大麦虫饲养条件的相关研究报道较多^[7-8], 但对大麦虫养殖饲料的研究却鲜有报道, 因此研制合理的饲料配方、提高繁殖效率、降低幼虫死亡率是当前亟待解决的问题。笔者研究了不同种类饲料和饲养密度对大麦虫幼虫体重、死亡率、化蛹率和蛹重的影响。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 仪器与耗材。一次性纸杯、干湿温度计、电子天平 (HAMGPI MG JA5003)、60 目分样筛、空调 (GREE KFR-50LW)、空气加湿器 (YADU KJG100G)、订制木质培育盒 (20 cm×15.5 cm×10 cm)、毛笔、镊子。

1.1.2 试验材料。大麦虫幼虫由北京农业职业学院生物防治研究所繁育。试验用大麦虫为虫龄 45 日龄的幼虫。

饲料及储藏条件: 麦麸、大豆粉、玉米粉、鱼粉同一批次

采购、含水量相同、在阳光下晒干后室温密封储藏, 使用前于 60 ℃ 下消毒灭菌处理。各饲料配方如下: 饲料 A 为纯麦麸, 饲料 B 为 80% 麦麸+20% 大豆, 饲料 C 为 80% 麦麸+20% 玉米, 饲料 D 为 90% 麦麸+8% 大豆粉+2% 鱼粉, 饲料 E 为 90% 麦麸+8% 玉米粉+2% 鱼粉, 饲料 F 为 88% 麦麸+5% 大豆粉+5% 玉米粉+2% 鱼粉。添加青饲料补充水分。

设置 5 个不同饲养密度梯度, 分别为 0.5、1.0、2.0、4.0 和 8.0 头/cm², 即分别投入培育盒 78、155、310、620 和 1 240 头幼虫。

1.2 试验方法

1.2.1 饲料投喂方法。参照吴书侠等^[9-11]的试验方法, 随机选取 45 日龄的健康大麦虫幼虫, 用电子天平精确称重后, 放入塑料培育盒 (20 cm×15.5 cm×10 cm) 内, 置于 26 ℃、相对湿度 65% 的培养箱内饲养。试验期间, 根据饲养密度每盒中加入饲料, 每次根据虫口密度投喂青饲料, 每周筛除虫粪并添加新饲料。每天检查试虫的取食及死亡情况, 发现死虫立即检出。饲喂 60 d 后, 随机称取 20 头大麦虫的体重, 重复 3 次, 计算不同饲料和饲养密度对幼虫体重和幼虫死亡率的影响。

$$\text{幼虫死亡率} = \frac{\text{死亡幼虫数}}{\text{供试幼虫数}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.2 老熟幼虫蛹重与化蛹率。随机取大麦虫的健康老熟幼虫 (15 龄以上) 100 头, 按 1 头/杯, 单独放入一次性的纸杯中。加入适量麦麸, 置于 28 ℃、相对湿度 60%~70%、自然散射光条件下, 及时补充饲料并且每天更换青词料, 每个处理重复 3 次。每天观察并记录 1 次幼虫的化蛹情况, 称取 15 头大麦虫蛹重, 再计算出单头蛹重, 重复 3 次。最后, 统计其化蛹率和蛹重:

基金项目 北京农业职业学院科研项目 (XY-YF-18-10)。

作者简介 胡尊瑞 (1985—), 男, 山东临沂人, 讲师, 博士, 从事植物保护研究。

收稿日期 2020-09-01

$$\text{化蛹率} = \frac{\text{累计化蛹数}}{\text{供试幼虫数}} \times 100\%$$

(2)

1.3 数据统计与分析 所有试验数据使用 Excel 2007 软件进行整理,然后再使用 SPSS 19.0 统计软件对试验数据进行方差分析,采用 Duncan 法进行平均数差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 不同饲料和密度对低龄大麦虫幼虫体重的影响 不同饲料和密度对大麦虫体重的影响见表 1。由表 1 可知,不同饲料对大麦虫幼虫体重有显著影响($P<0.05$)。饲料 F 组体重最大,D 和 E 组次之,A 组体重最小。饲料 D、E 组与 F 组

之间差异不显著;饲料 B、C 组之间差异不显著。由此可见,3 种复配饲料的饲喂效果要好于 2 种复配和单一饲料的饲喂效果。

由表 1 可知,饲养密度对大麦虫幼虫的体重有明显影响。大麦虫幼虫具有群集生活的习性,幼虫体表会分泌防御性化学物质——苯醌^[12],群集会使它们分泌防御性化学物质这一功能得到加强,但当大麦虫幼虫的饲养密度超过 2.0 头/cm² 时大麦虫表现出密度效应,大麦虫幼虫生长就会受到一定的抑制。这种密度效应在黄粉虫饲养中也存在^[6,13]。

表 1 不同饲料和饲养密度培育下大麦虫低龄幼虫平均体重的比较

组别 Group	饲养密度 Feeding density // 头/cm ²				
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
饲料 A 组 Feed A group	84.87±4.02 c	86.14±3.15 b	88.21±2.60 b	68.20±6.15 c	60.16±5.23 c
饲料 B 组 Feed B group	108.82±2.12 b	110.87±4.16 a	104.00±7.05 a	92.35±3.06 b	88.26±7.12 ab
饲料 C 组 Feed C group	106.60±6.75 b	109.37±3.06 a	110.58±4.11 a	97.33±6.15 a	86.07±4.25 b
饲料 D 组 Feed D group	123.53±7.57 a	125.29±14.16 a	119.38±12.31 a	105.27±5.03 a	96.72±5.15 a
饲料 E 组 Feed E group	127.37±11.15 a	124.00±7.21 a	123.66±7.38 a	106.08±6.06 a	96.35±4.15 a
饲料 F 组 Feed F group	136.23±8.70 a	132.25±7.13 a	134.47±5.28 a	119.38±8.34 a	102.69±6.17 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note:Different small letters in the same column indicated significant difference($P<0.05$)

2.2 不同饲料和饲养密度对低龄大麦虫幼虫死亡率的影响 不同饲料和饲养密度对大麦虫低龄幼虫死亡率的影响见表 2。由表 2 可知,饲料对大麦虫幼虫死亡率有显著影响($P<0.05$)。饲料 A 组大麦虫幼虫死亡率最高,其次为饲料 B、C 组,饲料 F 组死亡率最低。造成大麦虫幼虫死亡率高的原因是饲料 A 组饲料种类单一,麦麸不能满足大麦虫生长发育过程所需的全部营养;大麦虫取食同类来补充营养,所以大麦虫打斗受伤,造成因伤口感染而死或者直接被同类取食掉,造成大麦虫的死亡率高。其他组饲料添加了玉米粉、大

豆粉、鱼粉等营养物质,保证大麦虫幼虫的生长发育,更能满足大麦虫生长发育的需求,从而降低大麦虫的自相残杀行为和死亡率,饲料 F 组营养相对均衡,死亡率最低。

由表 2 可知,随着饲养密度的增加,大麦虫幼虫死亡率逐渐升高。大麦虫幼虫具有群集生活的习惯,饲养密度过低不利于幼虫生长,而且会浪费空间资源;若饲养密度过大,则容易导致自相残杀,从而引起个体死亡。一些前期试验结果表明,大麦虫即使在饲料充足的情况下,饲养密度过高也会出现严重的自相残杀现象^[6,13]。

表 2 不同饲料和饲养密度培育下大麦虫低龄幼虫死亡率的比较

组别 Group	饲养密度 Feeding density // 头/cm ²				
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
饲料 A 组 Feed A group	24.03±0.86 a	26.34±0.54 a	28.15±1.04 a	38.45±1.33 a	42.61±2.36 a
饲料 B 组 Feed B group	21.97±1.13 a	22.32±1.05 b	22.68±0.87 b	34.07±2.42 b	38.53±3.05 a
饲料 C 组 Feed C group	22.56±1.26 a	22.87±1.21 b	23.16±1.78 b	34.66±1.75 b	39.24±2.00 a
饲料 D 组 Feed D group	13.82±0.52 b	13.23±1.25 c	14.12±1.52 c	27.72±1.34 c	37.00±1.00 ab
饲料 E 组 Feed E group	13.53±0.46 b	14.14±0.33 c	14.29±0.52 c	28.68±0.83 c	36.93±0.57 b
饲料 F 组 Feed F group	11.73±0.35 c	11.26±0.29 d	12.07±1.12 d	22.26±0.42 d	30.32±1.75 c

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note:Different small letters in the same column indicated significant difference($P<0.05$)

2.3 不同饲料和饲养密度对老熟大麦虫的化蛹率及蛹重的影响 不同饲料和饲养密度对大麦虫化蛹率的影响见表 3。由表 3 可知,饲料对老熟大麦虫化蛹率有显著影响($P<0.05$)。饲料 F 组老熟大麦虫的化蛹率最高,饲料 B、C 组次之,饲料 A 组化蛹率最低。饲料 F 组营养均衡全面,能保证老熟幼虫在化蛹时有充足的营养,所以化蛹率最高。蛋白质含量高的饲料 D 组或糖类含量高的饲料 E 组老熟大麦虫的化蛹率稍低,而饲料种类单一、以粗纤维为主要成分的饲料 A 组老熟大麦虫的化蛹率最差。

麦虫具有自相残杀的习性,在高饲养密度下加剧自相残杀,相互咬伤,造成虫体感染,幼虫阶段虫体抵抗力较强,但在化蛹阶段特别容易由于前期感染导致大批老熟幼虫死亡,所以当饲养密度为 8.0 头/cm² 时大麦虫化蛹率最低,当饲养密度为 0.5~1.0 头/cm² 时大麦虫化蛹率最高。

不同饲料和饲养密度对老熟大麦虫蛹重的影响见表 4。由表 4 可知,不同饲料对大麦虫蛹重有显著影响($P<0.05$)。饲料 F 组大麦虫蛹重最大,其次为饲料 D、E 组,饲料 A 组大麦虫蛹重最低。

由表 4 可知,饲养密度越大,大麦虫对食物竞争就越激烈,

由表 3 可知,饲养密度对大麦虫化蛹率有明显影响。大

个体发育受饲养密度的影响也就越大。当饲养密度为 8.0 头/cm² 时大麦虫蛹重最低,其次为饲养密度为 4.0 头/cm² 时。当饲养密度为 2.0 头/cm² 时,大麦虫蛹重增加受饲养密度的影响。

表 3 不同饲料和饲养密度培育下老熟大麦虫的化蛹率比较

Table 3 Comparison of the pupation rate of mature *Z. atratus* with different feed at different feeding density

%

组别 Group	饲养密度 Feeding density//头/cm ²				
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
饲料 A 组 Feed A group	55.62±4.05 c	52.06±6.62 c	46.42±5.87 c	28.19±3.15 c	12.00±7.68 b
饲料 B 组 Feed B group	68.00±1.73 b	67.37±3.78 b	61.77±3.51 b	35.00±3.96 b	26.58±1.54 a
饲料 C 组 Feed C group	70.62±4.55 b	69.00±5.03 b	61.43±3.23 b	37.27±3.06 ab	25.69±2.38 a
饲料 D 组 Feed D group	78.33±4.05 a	76.74±2.36 a	70.00±7.47 a	48.17±8.02 a	32.67±6.15 a
饲料 E 组 Feed E group	84.34±2.34 a	82.00±3.07 a	73.26±5.85 a	50.69±2.35 a	33.32±4.50 a
饲料 F 组 Feed F group	85.63±3.17 a	83.17±3.62 a	75.45±2.29 a	51.26±4.58 a	34.78±3.77 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note:Different small letters in the same column indicated significant difference($P<0.05$)

表 4 不同饲料和饲养密度培育下老熟大麦虫蛹重的比较

Table 4 Comparison of the pupa weight of mature *Z. atratus* with different feed at different feeding density

mg/头

组别 Group	饲养密度 Feeding density//头/cm ²				
	0.5	1.0	2.0	4.0	8.0
饲料 A 组 Feed A group	875.53±39.29 b	888.42±27.02 b	835.07±28.80 ab	753.33±30.41 b	718.33±28.93 b
饲料 B 组 Feed B group	884.67±18.52 b	918.33±43.59 ab	848.80±35.29 ab	797.01±32.65 b	756.67±29.02 a
饲料 C 组 Feed C group	898.00±26.22 ab	913.00±25.57 ab	852.33±18.08 ab	812.00±37.55 ab	772.67±30.29 a
饲料 D 组 Feed D group	946.27±15.03 a	965.33±28.06 a	903.00±34.36 a	878.00±26.00 a	824.33±33.21 a
饲料 E 组 Feed E group	939.86±25.15 a	958.58±34.22 a	904.54±48.47 a	880.11±22.31 a	819.00±35.70 a
饲料 F 组 Feed F group	976.84±36.58 a	988.46±23.36 a	932.67±37.87 a	874.33±32.01 a	825.00±44.08 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note:Different small letters in the same column indicated significant difference($P<0.05$)

3 结论与讨论

大麦虫具有自相残杀的习性,在同一饲养水平下,随着饲养密度的增加,幼虫自相残杀行为加剧,导致幼虫死亡率升高。大麦虫在同一饲养密度下,饲料营养全面,配方科学,其幼虫体重增加越快,幼虫死亡率越低。幼虫期,当饲养密度为 0.5~2.0 头/cm² 时,饲料 F(麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉)对大麦虫生长发育效果最好,其饲喂大麦虫幼虫在体重、幼虫死亡率与其他组差异显著。

随着大麦虫的生长,其对食物和空间需求加剧,且大麦虫具有自相残杀的习性,在高饲养密度下加剧自相残杀行为,特别是在化蛹阶段,由于前期幼虫咬伤导致大批老熟幼虫死亡。饲养密度越低,化蛹率越高,推荐饲养密度为 0.5~1.0 头/cm²。在相同虫口密度下,饲料营养全面,老熟幼虫化蛹的重量也会随之增加。饲料 F 组营养较均衡,既有蛋白质含量丰富的大豆粉,又有糖类含量较高的玉米粉,而且鱼粉中富含维生素,能满足大麦虫在生长中的营养物质需求。其饲养效果较仅含有麦麸、大豆粉、玉米粉或两两组合效果好。单一饲料配方饲喂大麦虫生长发育效果差,且容易导致大麦虫自相残杀而出现较高的死亡率。当饲养密度为 0.5~1.0 头/cm² 时,饲料 F(麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉)对大麦虫生长发育效果最好,其饲喂大麦虫老熟幼虫在化蛹率、蛹重与其他组差异显著。

综上所述,在低龄幼虫期,推荐饲养密度为 0.5~2.0 头/cm²,饲料 F(麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉)对大麦虫幼

虫生长发育效果最好,其饲喂大麦虫幼虫在增重、幼虫死亡率与其他组差异显著。老熟幼虫期,当饲养密度为 0.5~1.0 头/cm² 时,饲料 F(麦麸+大豆粉+玉米粉+鱼粉)对大麦虫生长发育效果最好,其饲喂大麦虫老熟幼虫在化蛹率、蛹重与其他组差异显著。

参考文献

[1] 陈晓鸣.中国资源昆虫利用现状及前景[J].世界林业研究,1999,12(1): 46-52.

[2] 许齐爱,彭伟录,李小玺,等.经济昆虫黄粉虫与大麦虫研究进展[J].安徽农学通报,2008,14(21):158-160.

[3] FINKE D M.Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores[J].Zoo biology,2002,21(3):269-285.

[4] 陈智毅,叶柱良.大麦虫养殖效益分析[J].畜牧与饲料科学,2013,34(1):78-80,105.

[5] 王孝妮.大麦虫生物学及人工饲养条件研究[D].雅安:四川农业大学,2012.

[6] 王利娟.大麦虫的人工饲养条件研究及生长发育性状评价[D].雅安:四川农业大学,2014.

[7] 杨学训,杨伟,杨春平,等.大麦虫的营养成分分析与评价[J].营养学报,2013,35(4):394-396.

[8] 何伟灵,容庭,刘志昌,等.大麦虫幼虫营养成分分析[J].广东农业科学,2014,41(6):122-126.

[9] 吴书侠,林华峰,李茂业,等.黄粉虫饲养中几个重要技术参数的测定[J].经济动物学报,2009,13(1):28-31.

[10] 夏淑春,王学武,孙丽娟,等.几种饲料对黄粉虫幼虫生长发育的影响[J].湖北农业科学,2013,52(17):4117-4118,4122.

[11] 高红莉,周文宗,张璐,等.饲料种类和饲养密度对黄粉虫幼虫生长发育的影响[J].生态学报,2006,26(10):3258-3264.

[12] 强承魁,杨兆芬,杜予州,等.黄粉虫防御性分泌物抑菌活性的研究[J].生物技术,2006,16(1):22-24.

[13] 柴培春,张润杰.饲养密度对黄粉虫幼虫生长发育的影响[J].昆虫知识,2001,38(6):452-455.