

养殖密度对黑水虻生长及体成分的影响

窦永芳^{1,2} 吉红^{1*} 徐歆歆¹

1.西北农林科技大学动物科技学院,陕西杨凌 712100;2.青海畜牧兽医职业技术学院,西宁 812100

摘要 试验选择 7 日龄黑水虻幼虫(初始重 8.26 mg、体长 5.48 cm、体宽 0.2 cm)22 500 只,随机按 5 个养殖密度类型分配到尺寸统一的 15 个饲养盒后用餐厨垃圾米饭进行饲养,直到密度最小组(D500 组)化蛹达 5%时结束试验。试验共历时 18 d,随后检测幼虫生长指标和概略养分含量,以期探究不同养殖密度下黑水虻的生长状况及体成分情况,弄清黑水虻大规模处理餐厨垃圾时的合理密度。试验结果显示,D500 组(0.13 只/cm³)的超低密度不利于黑水虻幼虫生长发育,D1000 组(0.25 只/cm³)也不适合黑水虻幼虫生产。试验条件下,D2000 组(0.51 只/cm³)和 D2500 组(0.64 只/cm³)更适合于 19 日龄前幼虫养殖,D1500 组(0.38 只/cm³)较适合于 19 日龄后大龄幼虫及蛹虫的养殖。在工厂化生产中,D2000 组(0.51 只/cm³)密度适合于小规模选育;D2500 组(0.64 只/cm³)适合于幼虫在餐厨垃圾中的工厂化生产。

关键词 黑水虻;养殖密度;生产性能;体成分

黑水虻(*Hermetia illucens* L.)又名亮斑扁角水虻,属双翅目水虻科昆虫,原产于南美洲的热带草原,现广泛分布于 45° N 40° S 的热带和暖温带区域。黑水虻幼虫营腐生性,取食范围广,繁殖力强,能够迅速将餐厨垃圾、动物粪便等有机废弃物转化为自身的生物量,是一种重要的资源性环保昆虫。目前,黑水虻在动物蛋白源开发和有机废物处理方面已经得到公认^[1]。而随着黑水虻人工养殖技术的

不断提高,工厂化养殖已成为一种普遍模式,为提高幼虫单位面积的产量,有人选择盲目增加养殖密度。过高的养殖密度会使黑水虻产生应激胁迫,出现生长减缓、饲料利用率降低、病害增多等系列问题。所以,选择合适的养殖密度对于提高黑水虻养殖的经济效益具有重要意义。国外研究表明,黑水虻幼虫密度和喂食速度对其生物转化有着重要影响,而国内这方面的研究很少。因此,本试验通过探

收稿日期:2020-07-02

* 通讯作者

窦永芳,女,1986 年生,硕士研究生在读,讲师。

木糖 + 抗菌肽组相比,增重、耗料、料肉比都差异不大,而单独添加低聚木糖组和单独添加抗菌肽组生产性能都较对照组有所改善,这说明低聚木糖 + 抗菌肽这种组合对仔猪生长性能并没有起到加倍改善的作用。

4 结 论

在仔猪日粮中添加低聚木糖能替代抗生素的促生长功能,与允许使用的药物饲料添加剂一起配合使用有正向的协同效果。低聚木糖作为一种无公

害、无残留的绿色饲料添加剂优势产品,在未来的畜牧养殖中有着无比广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 王继成,潘灵辉,李淑云,等.低聚木糖对断奶仔猪生产性能、肠道菌群及免疫水平影响的研究[J].中国畜牧兽医,2006(5):3-7.
- [2] 许正宏,熊筱晶,陶文沂,等.低聚木糖的生产及应用研究进展[J].食品与发酵工业,2002,28(1):56-59.
- [3] 刘红健,徐雅萍,倪涌城,等.抗菌肽对母猪生产性能及仔猪生长性能的影响[J].农学学报,2014(8):77-80.

【责任编辑:胡 敏】

究不同养殖密度下黑水虻的生长状况及体成分变化,旨在弄清黑水虻大规模处理餐厨垃圾时的合理密度,以便为其选育和工厂化生产提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

取新鲜合格的黑水虻卵,置于环境温度为 28~30 ℃、相对湿度为 70%~80%的孵化装置,孵化 3~5 d,准备一批幼虫。幼虫饲养盒(小号规格为 280 mm×190 mm×80 mm、大号规格为 370 mm×250 mm×110 mm)、养殖架由安康水产试验示范站提供。试验用的麦麸(粒径为 150 μm)和大米均购于陕西省安康市周边地区;麦麸含水量 12.65%、粗蛋白 18.56%,投喂前按 1:1 比例将风干麦麸和水混合拌匀;生米经煮熟后晾凉使用,含水量 66.76%,粗蛋白 7.6%,投喂前确保食料要新鲜安全。试验地点为陕西省安康市西北农林科技大学水产试验示范站有机废弃物循环利用实验室,试验时间 2018 年 8~9 月。

1.2 试验分组与设计

用沙网筛选出虫龄整齐、规格相近的幼虫若干只,然后挑选健康活跃、规格均一的 7 日龄幼虫(初始重 8.26 mg、体长 5.48 cm、体宽 0.2 cm)22 500 只,随机分配到尺寸统一的 15 个小号饲养盒(下径 280 mm×190 mm×80 mm,上径 350 mm×250 mm×80 mm)中,为防止幼虫逃跑,每个小号盒子外套一个大号饲养盒(规格为 370 mm×250 mm×110 mm)。试验共设 5 个养殖密度组,分别是 D500、D1000、D1500、D2000、D2500 组,初始放虫依次为 500、1 000、1 500、2 000、2 500 只,每个密度组设 3 个重复。试

验正式开始前,所有幼虫饥饿 24 h。正式试验第 1 天,每盒加入 200 g 潮麦麸(风干麦麸与水的比例 1:1),作为幼虫的过度食物、添加物载体和活动及隐蔽的场所;第 2 天起每天上午 10:00 按各密度组幼虫数等比例饱食投喂米饭,后期随虫体长大、摄食变化灵活增减并记录投喂量。试验过程中,严格放置食料到常温冷却状态,每个饲养盒保持同温同湿同光照状态;每 3 d 测定 1 次幼虫体重、体长、体宽并记录数据;同时掌握幼虫的生长发育状态、活动及死亡情况;保持养殖室温 28~30 ℃,湿度 60%~70%,饲养盒上方用沙网盖住,以防家蝇产卵。当 D500 组出现化蛹时停止加料,静置 48 h 后结束试验^[2]。随后,分离所有幼虫蛹虫并马上保存在 -20 ℃冰箱待用,收集残渣烘干。

1.3 数据采集与成分测定

试验结束后,采集所有的幼虫、蛹虫分别计数、称重,并计算成活率、化蛹率、增重率、特定生长率等指标。然后,分批次将幼虫、蛹虫在 103 ℃烘箱中烘干 2 h,烘掉虫体大量水分,再调制 65 ℃烘干 4 h,烘干过程中多次翻动以保持均匀受热、烘干彻底^[3]。最后将烘干样品粉碎后用塑封袋分类包装,置于 4 ℃冰箱冷藏备用。

用制备好的样本,及时检测试验原料及虫体样品的水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分等常规成分组成。具体参考标准:水分采用 105 ℃常压干燥恒重法(GB/T 6435-1986),粗蛋白质采用凯氏定氮法(GB/T 6432-1994),粗脂肪采用索氏抽提法(GB/T 6433-2006),灰分采用 550 ℃灼烧法(GB/T 6438-1992)。

1.4 数据统计分析

本试验结果均采用“平均数±标准差(mean±

表 1 养殖密度对黑水虻生长性能的影响

指标	D500 组	D1000 组	D1500 组	D2000 组	D2500 组
虫体初重/mg	8.24±0.82	8.55±0.16	8.32±0.46	8.13±0.21	8.07±0.03
虫体末重/mg	205.44±4.06b	218.82±13.99ab	235.15±6.50a	236.39±11.30a	219.94±4.89ab
虫体增重/%	23.93±0.58b	23.77±1.09b	27.27±0.77a	28.08±1.42a	26.22±0.85ab
特定生长率/(%/d)	17.88±0.63	17.83±0.35	18.57±0.33	18.72±0.41	18.35±0.17
成活率/%	90.40±0.57c	95.03±0.86b	98.59±0.16a	99.30±1.21a	99.58±0.59a
化蛹率/%	5.14±0.35b	16.71±0.06a	15.13±1.12a	15.89±0.37a	16.10±0.25a
料重比(干重)	7.34±0.24a	6.98±0.31ab	6.74±0.21bc	6.44±0.12bc	6.17±0.18c
单产量/(g/cm ²)	0.08±0.01e	0.17±0.01d	0.28±0.01c	0.42±0.01b	0.58±0.01a

注:同行标注的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母表示差异不显著($P>0.05$),下同。

SD)”表示,用 SPSS 22.0 软件对试验数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),若存在差异显著进一步做 Duncan's 多重比较来确定检验组间差异显著性;若差异显著($P<0.05$)或差异极显著($P<0.01$),则在同行数据做相应肩标区别。所有图表均采用 Microsoft Excel 软件绘制。

2 结果与分析

2.1 养殖密度对黑水虻生长性能的影响

养殖密度对黑水虻生长性能的影响见表 1。试

验期 5 个密度组间特定生长率无显著差异($P>0.05$)。虫体增重率 D1500 组及 D2000 组显著大于 D500、D1000 组 ($P<0.05$),D2500 组与其他各组间无显著差异($P>0.05$)。成活率 D1500 组、D2000 组和 D2500 组显著高于 D1000 组($P<0.05$),D1000 组显著高于 D500 组 ($P<0.05$)。化蛹率 D1000 组、D1500 组、D2000 组和 D2500 组显著高于 D500 组($P<0.05$)。料重比随密度增加呈下降趋势,D500 组显著高于 D1500 组、D2000 组和 D2500 组($P<0.05$),D1000 组显著高于 D2500 组 ($P<0.05$),而 D1500 组、D2000

表 2 养殖密度对黑水虻常规成分的影响(% ,干重)

指标	D500 组	D1000 组	D1500 组	D2000 组	D2500 组
幼虫					
水分	11.94±0.99a	13.78±0.33a	7.50±1.38b	7.91±1.14b	6.37±0.82b
粗蛋白	33.16±0.20e	34.22±0.12c	33.80±0.06d	34.61±0.13b	35.17±0.12a
粗脂肪	36.99±1.08c	39.96±1.23bc	40.55±0.45b	43.85±0.21a	40.55±0.08b
粗灰分	2.39±0.51	2.66±0.30	3.32±0.32	2.70±0.16	3.22±0.38
蛹虫					
水分	15.17±0.42a	12.59±0.06ab	9.70±0.28ab	8.80±0.06b	8.52±0.84b
粗蛋白	38.05±0.18c	39.72±0.13ab	39.85±0.04ab	39.50±0.25b	40.47±0.57a
粗脂肪	33.60±0.56	33.98±1.03	35.71±0.38	35.63±0.42	34.62±1.16
粗灰分	2.06±0.38b	2.15±0.05b	3.80±0.63a	3.79±0.25a	3.17±0.37ab

组和 D2500 组间差异不显著($P>0.05$)。单产量随密度增加稳呈上升趋势,且各组间差异显著($P<0.05$)。从基础生长数据来看,前期 D2000 组和 D2500 组的黑水虻幼虫生长较快,后期 D2500 组幼虫生长变慢。

2.2 养殖密度对黑水虻体成分的影响

养殖密度对黑水虻体成分的影响见表 2。黑水虻幼虫各组间虫体蛋白含量差异显著($P<0.05$),且随密度增加呈上升趋势;体脂肪含量 D2000 组显著高于其他组($P<0.05$),D1500 组及 D2500 组显著高于 D500 组 ($P<0.05$),D1000 组与 D500 组、D1500 组及 D2500 组间无显著差异($P>0.05$);各组间粗灰分含量无显著差异($P>0.05$)。蛹虫体蛋白 D2500 组显著高于 D2000 组($P<0.05$),D1000 组、D1500 组和 D2000 组及 D2500 组间无显著差异($P>0.05$),D500 组显著低于其他组($P<0.05$);体脂肪各组间无显著差异($P>0.05$);粗灰分 D2500 组与其他各组间无显著差异($P>0.05$),而 D1500 组和 D2000 组的显著高于 D500 组和 D1000 组($P<0.05$)。对各组幼虫、蛹虫纵向比较发现,化蛹期虫体蛋白含量显著升高($P<0.05$),粗脂肪含量显著下降($P<0.05$),水分含量

随虫龄增加稍有增加。

3 讨论

3.1 养殖密度对黑水虻生长性能的影响

各类养殖密度试验结果表明,合理的养殖密度能获得最大的经济效益。养殖密度过低或过高,都不利于养殖对象的生长发育。在本研究中,5 个密度组转化率和单产量随密度增加呈上升趋势,且各组间存在显著差异($P<0.05$)。由此说明,黑水虻喜营群居生活、其对餐厨垃圾转化率较高^[4]。从虫体末重、虫体增重率和特定生长率 3 项指标能够看出:随虫体长大,D2500 组在后期出现了拥挤效应;但这并未影响黑水虻的成活率和化蛹率。D500 组的各项指标都较差,很显然 0.13 只/cm³ 的超低密度反而不利于黑水虻幼虫生长发育;D1000 组虫体末重、虫体增重率、特定生长率、成活率、单产量、转化率等指标都偏低,该密度(0.25 只/cm³)也不适合黑水虻幼虫生产;喻国辉等^[5]发现这还可能与投喂饲料量少、投喂食料类型、养殖湿度低有关。研究发现,黑水虻养殖密度还取决于转化对象,当转化牛粪时较为合理的

密度为 0.25 只 / cm^3 , 这与牛粪中粗纤维含量高、生物转化率低有关^[6]。由本试验基础数据可知, D2000 组(0.51 只 / cm^3)和 D2500 组(0.64 只 / cm^3)更适合于 19 日龄前幼虫养殖, D1500 组(0.38 只 / cm^3)较适合于 19 日龄后大龄幼虫及蛹虫的养殖。通过对生长数据相关性分析发现, 密度与体重、体长、体宽均不相关。所以整体来讲, D2000 组(0.51 只 / cm^3)适合于小规模选育; D2500 组(0.64 只 / cm^3)适合于幼虫在餐厨垃圾中的工厂化生产。

3.2 养殖密度对黑水虻体成分的影响

养殖密度对动物的生长发育和体成分的影响机制是较为复杂的; 目前有关黑水虻营养指标和养殖密度关系的研究报道也较少。有学者认为, 养殖密度对黑水虻生产性能产生影响的同时, 也改变了营养物质和能量在体内的积累过程。本研究主要采用餐厨垃圾米饭饲养黑水虻幼虫, 试验中检测得到虫体粗蛋白含量 33.16%~40.47%, 粗脂肪含量 33.60%~40.55%, 这与胡俊茹等^[3]的研究结果一致。Zhu 等^[7]用豆渣(粗蛋白 22.3%, 粗脂肪 9.2%)饲喂黑水虻幼虫, 经测幼虫粗蛋白含量 52.3%、粗脂肪含量 22.6%。何钊等^[8]用鸡粪(粗蛋白 15.0%~31.7%、粗脂肪 2.34%~5.13%)饲喂黑水虻幼虫, 发现幼虫粗蛋白含量为 46.9%、脂肪含量为 5.1%。由此可知, 采食不同有机废弃物对黑水虻生长及体组成有着显著影响^[9]。而本研究中, 随着养殖密度的适度增加, 虫体干物质、粗蛋白和粗脂肪的含量呈逐渐升高的趋势, 而且单产量和食料转化率也呈现增加趋势; 可能是虫体代谢产热使所处环境温度升高, 促进了机体对营养物质的转化和积累; 这一研究结果与前人在鱼类等动物上的研究结果基本一致。试验中, 虫体粗蛋白、粗脂肪含量在 D2500 组有所下降, 可能是幼虫在后期生长中出现空间胁迫造成的, 高密度造成了虫体内大量的能量消耗, 进而需要分解体脂肪用以产能抵抗外界刺激^[10]。研究表明, 利用牛粪饲喂黑水虻幼虫时, 粗蛋白和粗脂肪在适宜的低密度(0.25 只 / cm^3)下富集都较好, 而高密度下粗脂肪含量会受影响^[6], 这说明黑水虻在同密度条件下对废弃物营养素转化和富集还取决于食料特点^[3]。纵向比较幼虫和蛹虫的营养成分发现, 随着虫体日龄的增加, 虫体内水分、粗蛋白、粗灰分都得到不同程度的富集, 但粗脂肪含量却在下降, 这可能与虫体受环境胁迫和后期采食下降有关系。

4 结 论

养殖密度对黑水虻生产性能产生影响的同时, 也影响着虫体内营养物质的积累。养殖食料的特点决定着黑水虻幼虫合适的养殖密度。从试验中 5 个密度组的虫体发育情况和营养物质转化来看, 密度大小不利于幼虫发育和生物转化, 密度较大时黑水虻在后期会出现空间胁迫而导致生长受阻。通过 5 个密度组的养殖结果得出: 试验条件下, D2000 组(0.51 只 / cm^3)和 D2500 组(0.64 只 / cm^3)更适合于 19 日龄前幼虫养殖, D1500 组(0.38 只 / cm^3)较适合于 19 日龄后大龄幼虫及蛹虫的养殖。在工厂化生产中, D2000 组(0.51 只 / cm^3)密度适合于小规模选育; D2500 组(0.64 只 / cm^3)及以上适合于幼虫在餐厨垃圾中的工厂化生产。

参 考 文 献

- [1] 吉红, 李森林, 徐歆歆. 昆虫资源在水产饲料中的应用研究进展 [J]. 饲料工业, 2016, 37(22): 1-9.
- [2] 徐齐云, 龙镜池, 叶明强, 等. 黑水虻幼虫的发育速率及食物转化率研究 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(4): 561-564.
- [3] 胡俊茹, 何飞, 莫文艳, 等. 采食不同有机废弃物黑水虻幼虫饲料价值分析 [J]. 中国饲料, 2017(15): 24-27.
- [4] 安新城, 李军, 吕欣. 黑水虻处理养殖废物的研究现状 [J]. 环境科学与技术, 2010, 33(3): 113-116.
- [5] 喻国辉, 李一平, 杨玉环, 等. 低含水量饲料对黑水虻生长发育的影响 [J]. 昆虫报, 2014, 57(8): 943-950.
- [6] 字晓, 和培铨, 刘龙, 等. 不同饲养密度对亮斑扁角水虻幼虫生长发育及新鲜牛粪转化率的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(2): 282-286.
- [7] ZHU Y P, LI X T, LIU R S. Antioxidant activity and nutritional characterization of okara fermented by various microorganisms [J]. Chinese Institute of Food Sci & Tech, 2014, 14(9): 20-27.
- [8] 何钊, 赵敏, 孙龙, 等. 三种食物喂养的黑水虻幼虫营养测定与比较 [J]. 生物资源, 2018, 40(3): 240-245.
- [9] TSCHIRNER M, SIMON A. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of the *Hermetia illucens* L. larvae destined for animal feed [J]. Journal of insects as food and feed, 2015, 1(4): 249-259.
- [10] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖密度瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分分析与评价 [J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(19): 6637-6644.

【责任编辑: 胡 敏】