

李景龙,刘广东,尚东维,等.黑水虻不同的投喂策略对鸚鵡鱼生长及肠道消化酶指标的影响[J].江苏农业科学,2019,47(1):171-173.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.041

黑水虻不同的投喂策略对鸚鵡鱼生长及肠道消化酶指标的影响

李景龙¹,刘广东²,尚东维¹,徐晓燕³,王小波³,孙学亮²

(1.天津农垦渤海农业集团有限公司,天津 301823; 2.天津农学院水产学院/天津市水产生态及养殖重点实验室,天津 300384;
3.天津农学院农学与资源环境学院,天津 300384)

摘要:以鸚鵡鱼为研究对象,探究黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼生长及肠道消化酶的影响。共设 6 个处理组,分别为持续投喂配合饲料(S 组);3 次饲料,1 次黑水虻(S3H1 组);2 次饲料,2 次黑水虻(S2H2 组);3 次黑水虻,1 次饲料(S1H3 组);持续投喂黑水虻(H 组);1 天黑水虻,1 天饲料(SH 组)。每组 2 个平行,每天饱食投喂 4 次,周期 60 d。结果表明,各组之间成活率无显著差异($P>0.05$)。随黑水虻投喂比例增加,增质量率、特定增长率呈下降趋势,H 组增质量率、特定增长率最低,显著低于其他组($P<0.05$),其他各组之间无显著差异($P>0.05$)。随黑水虻投喂比例增加,饵料系数逐渐升高,饲料效率逐渐降低,各组之间均有显著差异($P<0.05$)。鸚鵡鱼中肠、后肠 H 组蛋白酶活性显著低于其他组($P<0.05$),S3H1 组活性最高,且显著高于 H 组($P<0.05$)。前肠、中肠、后肠中 S3H1 组淀粉酶活性均显著高于 H 组($P<0.05$)。中肠、后肠各组间脂肪酶活性差异不显著($P>0.05$)。以上研究结果得出 H 组鸚鵡鱼生长最差,S3H1 组消化酶活性最高,黑水虻最适合投喂比例在 25%~50% 之间。

关键词:黑水虻;投喂策略;鸚鵡鱼;生长;消化酶

中图分类号:S963.21⁺9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)01-0171-03

黑水虻(*Hermetia illucens* L.)属双翅目昆虫,别称亮斑扁角水虻,原产于美洲,现已分布在世界各地,是腐食性的水虻科昆虫,食物范围广阔,可以以动物粪便、餐厨垃圾、动物腐烂尸体等有机质为食物,也可以米糠、麦麸等为食物^[1-2]。黑水虻是一种完全变态昆虫,整个生活史包括卵、幼虫、蛹、成虫 4 个时期,黑水虻幼虫呈暗白色,可生长到 20 mm 长、6 mm 宽。黑水虻体内含有丰富的营养物质,粗蛋白含量为 42%,脂肪含量达到 35%,粗灰分为 16%,粗纤维含量约占 7%,氨基酸含量均衡,与鱼粉接近^[3],能够用于鱼类的养殖。胡俊茹等研究表明,在豆粕用量为 35% 的基础饲料中,黑水虻幼虫培养基可替代豆粕用量的 16% 而不影响罗非鱼生长^[4]。Bondari 等用黑水虻幼虫单独、黑水虻幼虫和不同含量蛋白的商品饲料混合饲养斑点叉尾鲷和罗非鱼,结果也证明了黑水虻幼虫能够用于饲养鱼类^[5]。

鸚鵡鱼系雄性红魔鬼鱼和雌性紫红火口鱼杂交培育成的淡水观赏鱼,体副宽厚,呈椭圆形,寿命 4~5 年,体长可达 20 cm^[6],鸚鵡鱼喜欢清澈水质,适宜温度 26~31℃,水质要

求 pH 值 6.5 左右、溶氧 8 mg/L。鸚鵡鱼食性较杂,人工饲料,丰年虾、黄粉虫、黑水虻都可作为饵料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验鱼 试验鱼取自天津嘉禾田源观赏鱼养殖公司,2016 年 7 月 9 日随机挑选规格整齐,体质健壮,移入实验地点(该厂打包车间)暂养、驯化,进行粗盐浸泡消毒处理,待其适应环境后,测量体长并称重体质量。鸚鵡鱼个体平均体长为(8.0±0.7) cm,平均体质量为(21.6±0.5) g。

1.1.2 基础饵料 鸚鵡鱼的配合饲料购自天津天祥饲料有限公司,配合饲料置于阴凉处存放。黑水虻幼虫由天津嘉禾田源观赏鱼养殖公司繁育。

1.2 试验鱼分组、饲养管理与样品的提取

待鸚鵡鱼完全适应后,取 2 400 尾实验鱼随机分至 12 个 2.0 m×2.0 m×0.8 m 的池中饲养,分为 6 个组,分别为持续投喂配合饲料(S 组);3 次饲料,1 次黑水虻(S3H1 组);2 次饲料,2 次黑水虻(S2H2 组);3 次黑水虻,1 次饲料(S1H3 组);持续投喂黑水虻(H 组);1 天黑水虻,1 天饲料(SH 组)。每组 2 个平行。试验鱼饱食投喂,每天投喂 4 次(08:00、11:00、13:00、17:00),每次持续 30 min,30 min 后捞出残饵,每日记录投饲量、水温,每天换水 1/3~1/2,发现死鱼及时捞出测量体长和体质量,试验期水温 29~31℃,pH 值为 7.2~7.5,溶氧>5 mg/L,氨氮控制在 0.5 mg/L 以下。周期 60 d,测量鸚鵡鱼的体质量并取样。

采样前,饥饿 24 h,全池称质量,每池取 5 条鱼单独称质量,对内脏、肝脏称重,取前肠、中肠、后肠。每池取 10 尾鱼静

收稿日期:2017-09-15

基金项目:天津市科技支撑计划(编号:14ZCZDNC00010);国家星火计划(编号:2014GA610001);天津市科技计划(编号:14ZCDGNC00029、14ZXNZNC00044、16ZXBFCNC00060);科技型中小企业创新项目(编号:14ZXCXNC00058);天津市农业科技成果转化与推广项目(编号:201701160)。

作者简介:李景龙(1963—),男,北京人,高级工程师,研究方向为水产养殖。E-mail:18920229066@163.com。

通信作者:孙学亮,硕士,实验师,研究方向为水产养殖。E-mail:sunxueliang12345@163.com。

脉采血,4 ℃ 静置 12 h 后离心(4 500 r/min,4 ℃,10 min),取上清液(即血清),血清和肠道置于 - 80 ℃ 保存,以分析血清生化指标和组织各项指标。

1.3 生长指标

增质量率(WGR) = 100% × (终末体质量 + 死亡体质量 - 初始体质量)/初始体质量;

饵料系数(FCR) = 摄食量/(终末体质量 + 死亡体质量 - 初始体质量);

特定生长率(SGR) = 100% × (ln 终末体质量 - ln 初始体质量)/饲养天数;

存活率(SR) = 100% × 终末体质量/初始体质量;

肝体指数(HIS) = 肝脏质量(g)/鱼体质量(g) × 100%;

脏体指数(viscerosomatic index, VSI, %) = 内脏质量/全鱼质量 × 100%;

饲料效率(feed efficiency, FE, %) = 体增质量/饲料消耗干质量 × 100%。

1.4 样品的测定

本试验共测定蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶 3 个消化酶指标。试验中蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶中蛋白含量,均采用江苏南京

建成生物工程技术研究所提供的试剂盒进行测定。

1.5 数据处理与统计分析

所得数据用“平均值 ± 标准差”($\bar{x} \pm s$) 表示,用 Excel 2003 及 SPSS 18.0 进行分析处理。利用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼生长性能和饲料利用效率的影响

由表 1 可知,H 组成活率最高,各组之间成活率无显著差异($P>0.05$)。随着黑水虻投喂比例增加,增质量率、特定增长率、末质量呈下降趋势,H 组增质量率、特定增长率、末质量最低,显著低于其他组($P<0.05$)。S、S3H1、S2H2、S1H3、SH 组之间无显著差异($P>0.05$)。各组之间脏体指数和肝体指数差异不显著($P>0.05$)。随黑水虻投喂比例增加,饵料系数逐渐升高,饲料效率逐渐降低,各组之间差异均显著($P<0.05$)。

表 1 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼生长性能和饲料利用效率的影响

组别	初质量	末质量	成活率 (%)	增质量率 (%)	特定增长率 (%/d)	脏体指数	肝体指数	饵料系数	饲料效率 (%)	摄食量 (g)
S	21.59 ± 1.08a	45.30 ± 2.55b	97.43 ± 1.41a	109.82 ± 11.79b	1.27 ± 0.10b	7.75 ± 1.26a	2.00 ± 0.18a	1.43 ± 0.03a	69.81 ± 1.29f	130.68 ± 8.32a
S3H1	21.59 ± 1.21a	43.30 ± 1.70b	97.45 ± 0.78a	100.56 ± 7.86b	1.22 ± 0.01b	8.11 ± 0.78a	1.72 ± 0.02a	1.86 ± 0.05b	54.00 ± 1.36e	154.17 ± 2.50b
S2H2	21.59 ± 1.03a	44.15 ± 0.92b	96.13 ± 1.13a	101.14 ± 4.19b	1.20 ± 0.07b	8.61 ± 0.18a	1.71 ± 0.21a	2.27 ± 0.01c	44.12 ± 2.32c	185.42 ± 5.6c
S1H3	21.59 ± 0.98a	42.95 ± 1.2b	97.73 ± 1.71a	96.67 ± 5.47b	1.18 ± 0.00b	8.98 ± 0.85a	1.90 ± 0.08a	2.69 ± 0.06d	37.20 ± 0.71b	215.94 ± 2.95e
H	21.59 ± 1.12a	36.90 ± 1.41a	98.44 ± 0.78a	70.91 ± 6.55a	0.92 ± 0.00a	7.17 ± 0.55a	1.78 ± 0.00a	3.47 ± 0.06e	28.90 ± 0.56a	202.71 ± 0.74d
SH	21.59 ± 1.18a	43.65 ± 0.35b	96.14 ± 0.66a	98.86 ± 1.61b	1.30 ± 0.01b	8.62 ± 0.06a	1.79 ± 0.04a	2.01 ± 0.03b	49.75 ± 0.64d	183.65 ± 0.29c

注:同列不同小写字母表示各组之间差异显著($P<0.05$)。下表同。

2.2 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道蛋白酶活性的影响

由表 2 可知,前肠中 SH、S1H3、H 组蛋白酶活性显著低于其他 3 组($P<0.05$),S 组活性最高且显著高于 S3H1、S2H2 组($P<0.05$),SH、S1H3、H 组差异不显著($P>0.05$)。中肠中 S3H1 组蛋白酶活性最高且显著高于其他组($P<0.05$),H 组显著低于其他组($P<0.05$),S2H2、SH 组差异不显著($P>0.05$),S、SH 组差异不显著($P>0.05$)。后肠中 H 组蛋白酶活性显著低于其他组($P<0.05$),S3H1、SH、S、S2H2 组显著高于 S1H3 组($P<0.05$),S3H1、SH、S、S2H2 组之间差异不显著($P>0.05$)。

表 2 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道蛋白酶活性的影响				
组别	蛋白酶活性(μg/g)			
	前肠	中肠	后肠	
S	2 862.09 ± 187.89d	1 803.79 ± 116.16d	794.77 ± 34.92c	
S3H1	1 887.58 ± 148.62c	2 184.31 ± 98.98e	844.97 ± 14.85c	
S2H2	1 271.90 ± 451.34b	1 416.99 ± 148.04c	794.25 ± 96.46c	
S1H3	410.61 ± 100.06a	643.14 ± 61.26b	617.52 ± 31.02b	
H	185.62 ± 52.95a	82.35 ± 6.79a	165.49 ± 19.42a	
SH	704.58 ± 115.82a	1 542.4 ± 307.09cd	812.29 ± 72.25c	

2.3 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道淀粉酶活性的影响

由表 3 可知,前肠中 S、S3H1 组淀粉酶活性显著高于 SH、

S2H2、S1H3、H 组($P<0.05$),S、S3H1 组差异不显著($P>0.05$),SH、S2H2、S1H3、H 组差异不显著($P>0.05$)。中肠中 H、S1H3 组淀粉酶活性显著低于其他组($P<0.05$),S、S3H1、SH 组显著高于 S2H2 组($P<0.05$),S、S3H1 组差异不显著($P>0.05$)。后肠中 S2H2、H、S1H3 组淀粉酶活性显著低于 S3H1、SH 组($P<0.05$),S3H1 显著高于 SH 组($P<0.05$),S2H2、H、S1H3 组差异不显著($P>0.05$)。

表 3 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道淀粉酶活性的影响			
组别	淀粉酶活性(U/g)		
	前肠	中肠	后肠
S	1.56 ± 0.14b	0.60 ± 0.06d	0.57 ± 0.06bc
S3H1	1.35 ± 0.46b	0.59 ± 0.08cd	1.25 ± 0.04d
S2H2	0.55 ± 0.06a	0.27 ± 0.03b	0.41 ± 0.19ab
S1H3	0.41 ± 0.07a	0.12 ± 0.03a	0.24 ± 0.03a
H	0.25 ± 0.02a	0.06 ± 0.00a	0.39 ± 0.02ab
SH	0.56 ± 0.08a	0.50 ± 0.04c	0.66 ± 0.08c

2.4 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道脂肪酶活性的影响

由表 4 可知,前肠中 H 组脂肪酶活性最低,显著低于其他组($P<0.05$),SH、S3H1、S1H3、S2H2、S 组之间差异不显著($P>0.05$)。中肠、后肠中各组之间脂肪酶活性差异不显著($P>0.05$)。

表 4 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼肠道脂肪酶活性的影响

组别	脂肪酶活性(U/g)		
	前肠	中肠	后肠
S	33.75 ± 6.10b	17.18 ± 2.15a	23.97 ± 14.53a
S3H1	30.12 ± 2.57b	28.63 ± 1.96a	26.20 ± 5.26a
S2H2	28.11 ± 5.81b	19.77 ± 7.18a	28.60 ± 5.36a
S1H3	29.19 ± 4.48b	18.55 ± 7.9a	20.61 ± 0.83a
H	6.92 ± 2.55a	20.07 ± 12.69a	30.60 ± 3.08a
SH	30.71 ± 6.10b	15.15 ± 2.33a	17.57 ± 1.46a

3 讨论

3.1 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼生长指标的影响

本研究各组之间成活率无显著差异($P>0.05$),H 组显著降低鸚鵡鱼末质量、增质量率和特定增长率($P<0.05$),限制鸚鵡鱼生长,S、S3H1、S2H2、S1H3、SH 组之间无显著差异($P>0.05$),因此黑水虻不可完全代替基础饲料喂养鸚鵡鱼。H 组饵料系数最高,显著高于其他组($P<0.05$),随黑水虻投喂量增加,饵料系数逐渐增大,各组之间差异显著($P<0.05$)。黑水虻幼虫在大菱鲂饲料中的应用试验显示,随着黑水虻幼虫替代鱼粉比例的上升,试验鱼的末质量以及特定增长率出现了显著降低的情况^[7],与试验结论相符。胡俊茹等利用黑水虻幼虫替代鱼粉饲喂黄颡鱼的试验显示,30% 以上的替代比例限制了黄颡鱼的生长,且 30% 替代组的血清谷丙转氨酶显著低于对照组,从而得到黑水虻幼虫在黄颡鱼饲料中替代鱼粉的适宜比例为 30% 的结论^[8]。结果表明,黑水虻只能部分代替饲料。

脏器系数又称脏体比,即某脏器的质量与动物总体质量的比值,是试验动物主要生物学特性之一,是判断试验动物机体功能状态和健康状况是否正常的主要指标之一^[9]。脏器系数在正常状态下一般都会保持恒定。脏体指数随黑水虻代替饲料比例增加先增大再减小,在 S1H3 组达到最大值,但各组间无显著差异($P>0.05$)。各组间肝体指数也差异不显著($P>0.05$)。

3.2 黑水虻不同投喂策略对鸚鵡鱼消化酶活性的影响

鱼类摄食会引起消化酶活性的变化,在人工养殖条件下,投喂不同营养成分饲料会影响鱼类消化酶的分泌^[10]。黑水虻体内含粗蛋白 42%,脂肪含量达到 35%,粗灰分为 16%,粗纤维含量约占 7%,氨基酸含量均衡,与鱼粉接近^[3]。

鸚鵡鱼前肠中 S2H2 组蛋白酶活性显著高于 H 组($P<0.05$),S3H1 组显著高于 S2H2 组($P<0.05$),中肠、后肠中 H 组蛋白酶活性最低,显著低于其他组($P<0.05$),S3H1 组活性最高,且显著高于 H 组($P<0.05$)。鱼类蛋白酶活性与饵料中蛋白质含量密切相关^[11],并进而影响鱼类摄食和生长^[12],一般鱼类蛋白酶活性的增加与其生长正相关^[10],而 H 组的增质量率也显著低于 S3H1 组($P<0.05$),符合此结论。

前肠 S、S3H1 组淀粉酶活性显著高于 H 组($P<0.05$),中肠 S2H2 组显著高于 H 组($P<0.05$),S3H1 组显著高于 S2H2 组($P<0.05$),后肠中 SH 组显著高于 H 组($P<0.05$),S3H1 组显著高于 SH 组($P<0.05$)。一般来说,鱼类淀粉酶活性与其所摄食饵料的淀粉含量呈现正相关^[11,13],本试验中各组之间淀粉酶活性随黑水虻代替饲料比例增加而减小,因

为配合饲料中的淀粉含量要多于黑水虻,与试验结果一致。

前肠 H 组脂肪酶显著低于其他组,S、S3H1、S2H2、S1H3、SH 组之间无显著差异($P>0.05$),中肠、后肠脂肪酶活性各组之间无显著差异($P>0.05$)。鱼类体内的脂肪酶活性与饲料中的脂肪含量没有明显的相关性,而有些鱼呈正相关,有些鱼呈负相关。逯尚尉等用配合饲料、鱼肉、混合饵料分别投喂点带石斑鱼,研究表明各组之间脂肪酶活性差异不显著($P>0.05$)^[11]。

4 结论

本研究 H 组鸚鵡鱼生长最差,S3H1 组消化酶活性最高。黑水虻可以部分代替饲料饲养鸚鵡鱼,黑水虻最适合投喂比例在 25% ~ 50% 之间。

参考文献:

[1] Callan E M. *Hermetia illucens*, a cosmopolitan American species long established in Australia and New Zealand[J]. Entomol Month Mag, 1974,109:232-234.

[2] 李来刚. 优质活体饵料生物[J]. 科学养鱼,2016,45(7):68-69.

[3] Newton G L, Sheppard D C, Thompson S A, et al. The soldier fly, a beneficial insect: house fly control, manure volume reduction and nutrient recycling [C]//Proceedings nuisance concerns in animal manure management. Gainesville: University of Florida, 1995, PRO107:106-116.

[4] 胡俊茹,王绥涛,邱世殿,等. 黑水虻幼虫培养基替代豆粕对吉富罗非鱼生长、体组成和血清生化指标的影响[J]. 淡水渔业, 2016,46(6):98-103.

[5] Bondari K, Sheppard D C. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production[J]. Aquaculture,1981,24:103-109.

[6] 刘万学. 鸚鵡鱼的饲养及日常管理[J]. 黑龙江水产,2008(3):35-36.

[7] Kroeckel S, Harjes A G E, Roth I, et al. When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*) [J]. Aquaculture, 2012,364/365:345-352.

[8] 胡俊茹,王国霞,黄燕华,等. 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能、体组成和血清生化指标的影响[C]//中国畜牧兽医学动物营养学会分会第七届中国饲料营养学术研讨会论文集. 北京:中国农业出版社,2014.

[9] 孙建新,安娟,连军. 影响实验动物脏器重量及脏器系数因素分析[J]. 实验动物科学,2009,26(1):49-51.

[10] 杨代勤,严安生,陈芳,等. 不同饲料对黄鳝消化酶活性的影响[J]. 水产学报,2003,27(6):558-563.

[11] 逯尚尉,刘兆普,余燕. 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、营养成分及组织消化酶活性的影响[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(5):648-653.

[12] 李芹,刁晓明. 不同饵料对瓦氏黄颡鱼稚鱼生长和消化酶活性的影响[J]. 水生态学杂志,2009,2(1):98-102.

[13] Le R P, Alexandre J C, Thébaud L, et al. Marine fish larvae feeding formulated diets or live prey[J]. Journal of the World Aquaculture Society,1993,24(2):211-224.