

doi: 10.7541/2013.13

投喂水平对长吻鲩仔稚鱼生长和存活的影响

刘变枝^{1,2} 朱晓鸣¹ 韩冬¹ 杨云霞¹ 金俊琰¹ 解绶启¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;

2. 河南农业大学牧医工程学院, 郑州 450002)

摘要: 以长吻鲩仔鱼为实验对象, 探讨不同投喂水平对 7—14 日龄阶段和 21—29 日龄阶段的长吻鲩仔稚鱼存活、生长以及鱼体组成的影响。7—14 日龄阶段设计 6 个投喂水平, 分别为: 20、30、40、50、60 和 70 % IBW/d (IBW: initial body weight); 21—29 日龄阶段设计 6 个投喂水平: 10、20、30、40、50、60 % IBW/d。实验结果表明: (1) 投喂水平显著影响长吻鲩仔稚鱼的存活和生长 ($P < 0.05$)。7—14 日龄阶段, 投喂水平为 30%—60% IBW/d 处理组的仔鱼存活率显著高于 20% 与 70 % IBW/d 投喂组 ($P < 0.05$)。特定生长率随投喂水平的增加显著上升, 以 60% IBW/d 投喂组最高 ($P < 0.05$)。21—29 日龄期间, 10% IBW/d 投喂组存活率显著低于 50% IBW/d 投喂组 ($P < 0.05$), 特定生长率 (SGR) 则显著低于其他各处理组 ($P < 0.05$); (2) 鱼体体长体重变异系数未受投喂水平的显著影响。鱼体产出与饲料投入之比、鱼体水分含量随投喂水平升高显著下降 ($P < 0.05$), 粗蛋白含量则显著上升 ($P < 0.05$); 粗脂肪和粗灰分含量无显著差异; (3) 分别通过存活率和投喂水平做一元二次回归、特定生长率与投喂水平做折线回归得到 7—14 日龄阶段的仔鱼最适投喂水平为 43 % IBW/d; 通过仔鱼存活率和特定生长率与饲料投喂水平做折线回归得到 21—29 日龄阶段的仔鱼最适投喂水平分别为 30.62% IBW/d 和 28.41% IBW/d。

关键词: 长吻鲩; 投喂水平; 仔稚鱼; 生长

中图分类号: S965 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2013)02-0261-08

投喂水平、水温和鱼体大小是影响鱼体生长最主要的三个因素^[1]。鱼体的生长、饲料转化效率、营养物质的储积、鱼体的化学组成等均受到投喂水平的影响^[2-7]。鱼类对营养物质的需求也受投喂水平的影响^[8,9]。投饵不足危害鱼类的健康^[6]或者减缓生长^[5, 10, 11], 过量投喂则增加鱼体胃肠道的负担, 降低消化和吸收的效率^[12], 从而降低饲料的利用率^[5, 6]。合适的投喂水平能够使得饲料的利用最大化, 减少饲料浪费, 降低水体污染和养殖成本。最适投喂水平因鱼规格的大小、水温、投喂策略和养殖条件的不同而不同^[6, 13, 14]。相对于成鱼而言, 仔鱼一方面需要充足的食物来满足正常生长和发育, 另一方面更容易遭受投饵过度、或者投饵不足所造成的影响,

从而影响苗种产出率。目前, 在长吻鲩苗种培育中, 长吻鲩幼鱼体重、水温、投喂水平对其生长的影响本实验室已有所研究^[15, 16], 而关于长吻鲩仔鱼最适投喂水平的研究尚未见报道。本文旨在研究投喂颗粒饲料的情况下, 不同投喂水平对长吻鲩仔鱼生长、存活以及鱼体组成的影响。

1 材料与方法

1.1 实验鱼和饲养条件

实验在室内循环水养殖系统内进行, 系统有 27 个圆形平底玻璃纤维缸组成 (直径: 70 cm, 容积: 90 L)。实验缸底部出水口处包有一绢筛 (孔径 550 mm), 用以防止仔鱼逃逸。因鱼类仔鱼阶段生长速度较快,

收稿日期: 2011-12-05; 修订日期: 2012-10-31

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-46-19); 公益性行业 (农业) 专项“水产养殖动物营养需求与高效配合饲料开发 (201003020) 资助

作者简介: 刘变枝 (1981 -), 女, 河南开封人; 博士研究生; 研究方向为鱼类生理生态学。E-mail: liubianzhi@126.com

通信作者: 解绶启, E-mail: sqxie@ihb.ac.cn

短期内体重变化较大, 为方便管理以及保证以初始体重为表述的投喂水平结果的真实性, 我们对长吻鮠仔鱼期最适投喂水平的需求进行分阶段实验: 实验用仔鱼于 6 日龄时由石首长吻鮠良种场运回本所, 一部分放入暂养缸内暂养(110 L 水体, 作为二期实验用鱼)。一部分直接入实验缸进行一期实验(7—14 dph, days post hatching), 养殖密度为 500 尾/缸。同时随机取样 20 组鱼(每组 10 尾), 沥干水分称重, 用以计算初始平均体重(约 9.8 mg)。二期(21—29 dph)实验用鱼于 20 日龄时转入实验系统, 每缸放置 200 尾。同时随机取样 150 尾鱼, 沥干水分称重, 用以计算初始平均体重(约 42 mg)。两期实验的投喂环境和投喂条件相同。

每期实验均设 6 个投喂水平(表 1), 一期: 20、30、40、50、60、70% IBW/d; 二期: 10、20、30、40、50、60% IBW/d。每个处理 4 个重复。实验期间每天投喂三次(09: 00; 13: 00; 17: 00)。每次投喂量约为总投喂量的 1/3。每次连续投喂 1h, 用以减少微颗粒饲料在水中的营养流失, 同时保证仔鱼能够较好的摄食。1h 后, 未被摄食的饲料、死鱼和粪使用虹吸管及时移出。

每期实验结束时, 计数每缸鱼数量, 整缸鱼沥干水分称重, 用于计算鱼体终末平均体重。同时, 每缸随机取样 10 尾, 滤纸吸干水分后, 单尾测量体重体长, 计算终末变异系数。取样后鱼样入-20℃冰箱保存, 用于体成分分析。

实验期间连续充气, 每天两次测定并记录水温、余氯和 pH, 每周检测一次氨氮和溶氧含量。实验缸水流调整至(500 mL/min), 光亮周期为 08: 00—21: 00, 氨氮 \leq 0.5 mg/L, 水体溶氧 \geq 5 mg/L, pH 保持在 7.0—7.2。

1.2 实验饲料

实验用饲料为武汉市高龙饲料有限公司生产的 100#稚甲配合饲料粉料。饲料蛋白含量 52.25%、脂肪含量为 5.23%。将粉料加水, 用手揉搓成颗粒状, 然后过筛分级, 制成粒径在 40 到 60 目之间(投喂

7—14 日龄阶段仔鱼)和 40 到 30 目之间(21—29 日龄阶段仔鱼)的颗粒。放入-20℃冰箱中待用。实验饲料在水中的稳定性较好, 投喂后先在水面分散, 然后慢慢下沉, 有利于鱼苗充分摄食。

1.3 样品测定方法

样品用冷冻干燥机干燥, 然后在碾钵内充分研磨成粉状用于鱼体成分测定。实验鱼体样品的干物质、粗蛋白、粗脂肪、灰分的测定均参照 AOAC(1984)的方法。干物质含量通过在 105℃下烘烤至恒重测得。粗蛋白含量用凯氏定氮仪(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS TECATOR, Sweden)测定; 粗脂肪用氯仿-甲醇抽提法测得; 灰分在马福炉中 550℃下充分灼烧测得。

1.4 统计方法

实验鱼的存活率(Survival)、特定生长率(Specific growth rate, SGR)、终末体重变异系数 Coefficient of variation for final body wet weight, CV_{BWW} 、终末体长变异系数(Coefficient of variation for final body length, CV_{BL})计算公式如下:

$$\text{存活率(Survival, \%)} = 100 \times \frac{\text{终末存活}}{\text{初始鱼数}}$$

$$\text{特定生长率(SGR, \% / d)} = 100 \times [(\ln \text{ 鱼体末重}) - (\ln \text{ 鱼体初重})] / \text{天数}$$

$$\text{终末体重变异系数}(CV_{BWW}) = \frac{\text{标准差}_{\text{体重}}}{\text{平均值}_{\text{体重}}}$$

$$\text{终末体长变异系数}(CV_{BL}) = \frac{\text{标准差}_{\text{体长}}}{\text{平均值}_{\text{体长}}}$$

所有实验结果均采用 Statistica 6.0 软件进行分析。齐性检验(Homogeneity of variances)后做一元方差分析(One-way ANOVA), $P < 0.05$ 为差异显著。若结果显著再进行邓肯多重比较(Duncan's multiple range test)。

2 结果

2.1 存活、生长和鱼体组成

投喂水平显著影响长吻鮠仔稚鱼的存活(图 1A, $P < 0.05$)。7—14 日龄阶段仔鱼, 投喂水平在 30% 到 60% IBW/d 时, 存活率显著高于 20% 与 70% IBW/d 处理组($P < 0.05$), 存活率随着投喂水平的增加呈现

表 1 实验设计和实验条件

Tab. 1 The experimental design and rearing conditions

实验分期 Experiment stage	投喂水平 Feeding level (% IBW/d)						初始体重 Initial body weight (mg)	水温 Water temperature (°C)
	20	30	40	50	60	70	9.8	24.5—25
7—14 dph	20	30	40	50	60	70	9.8	24.5—25
21—29 dph	10	20	30	40	50	60	42	26.1—29.1

上升的趋势。21—29 日龄阶段仔鱼, 50% IBW/d 投喂组的存活率显著高于 10% IBW/d 投喂组($P<0.05$), 其他各处理组无显著性差异($P>0.05$)。

7—14 日龄阶段, 特定生长率随投喂水平增加显著上升, 以 60% IBW/d 投喂组最高(图 1B, $P<0.05$)。21—29 日龄阶段, 特定生长率以 10% IBW/d 投喂组最低(图 1B, $P<0.05$), 其他各处理组间随投喂水平增加而增加, 但无显著差异($P>0.05$)。

在本实验中, 仔鱼鱼体分化未受投喂水平显著影响(表 2, $P<0.05$)。各期仔鱼鱼体产出与饲料投入

之比随投喂水平升高显著下降(图 2, $P<0.05$)。

鱼体水分、蛋白显著受投喂水平的影响($P<0.05$), 脂肪和灰分含量在各处理间无显著性差异(表 3、表 4, $P>0.05$)。7—14 日龄阶段仔鱼(表 3)鱼体水分含量随投喂水平增加而上升, 以 70% IBW/d 投喂组最高, 显著高于 20% IBW/d 处理组($P<0.05$)。粗蛋白含量以 60% 和 70% IBW/d 投喂组最高, 显著高于 10% 和 20% IBW/d 处理组($P<0.05$)。21—29 日龄阶段仔鱼(表 4)投喂 10% IBW/d 投喂组仔鱼鱼体水分、粗蛋白含量均显著低于其他处理组($P<0.05$)。

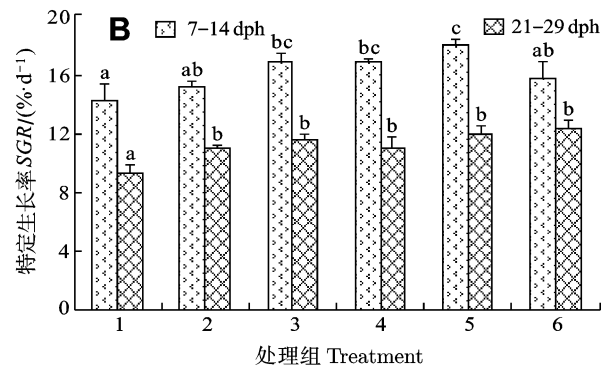
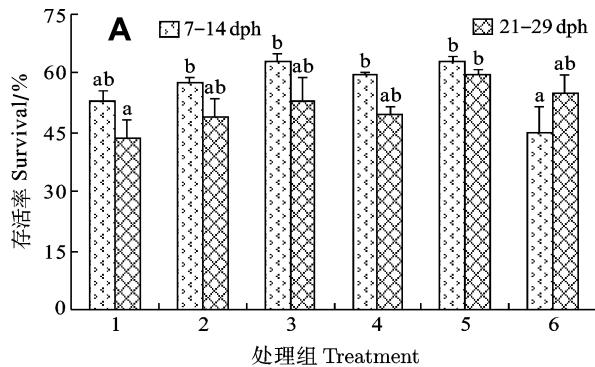


图 1 不同投喂水平对长吻鲢仔稚鱼存活率和特定生长率的影响(平均值±标准误)

Fig. 1 Survival rate and growth of Chinese longsnout catfish larvae at different feeding levels (mean±SE)

不同字母代表各投喂水平组之间差异显著($P<0.05$), 横坐标 1—6 代表投喂水平: (7—14dph)20、30、40、50、60、70% IBW/d; (21—29 dph)10、20、30、40、50、60% IBW/d; 下同

Different letters denote significant differences between groups ($P<0.05$); the same below

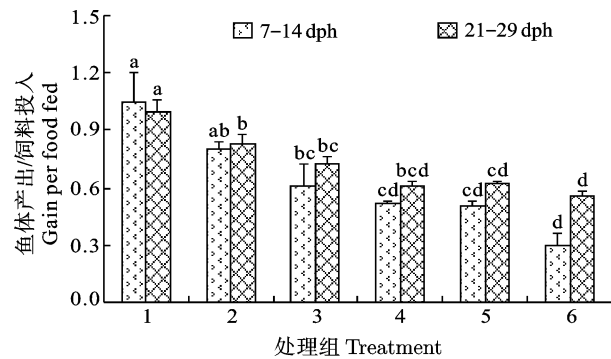


图 2 单位饲料鱼体产出比值

Fig. 2 Ratio of weight gain and feed consumption in Chinese longsnout catfish larvae fed at different feeding levels (mean±SE)

2.2 最适投喂水平

7—14 日龄阶段 将 7—14 日龄阶段仔稚鱼存活率和投喂水平做二次回归得到存活率与饲料投喂水平的关系为: $y = -0.022x^2 + 1.905x + 21.96$ ($R^2 = 0.766$, $n = 6$, $P < 0.05$) 其中 y 表示为 7—14 日龄长吻鲢仔稚鱼的存活率, x 表示为饲料投喂水平。二者曲线关系(图 3), 曲线最高处对应的饲料投喂水平为 43.29%

IBW/d, 表明满足 7—14 日龄仔鱼最大存活的饲料投喂水平为 43.29% IBW/d。

将 7—14 日龄仔鱼各处理组的特定生长率与饲料投喂水平做折线回归(Broken-line regression), 得到特定生长率和饲料投喂水平之间的关系如下: 1. $y = 0.09x + 12.59$ $R^2 = 0.932$, $n = 5$, $P < 0.05$ ($20 < x < 60$) 2. $y = 16.47$, $n = 5$ ($30 < x < 70$) 特定生长率和饲料投喂水平之间关系的折线图(图 4), 两条折线相交点即为长吻鲢仔稚鱼最适投喂水平: 43.1% IBW/d。

21—29 日龄阶段 将 21—29 日龄仔鱼各处理组的存活率与饲料投喂水平做折线回归(Broken-line regression), 得到存活率和饲料投喂水平之间的关系如下: 1. $y = 0.462x + 38.95$ $R^2 = 0.993$, $n = 3$, $P < 0.05$ ($10 < x < 30$) 2. $y = 53.1$, $n = 5$ ($20 < x < 60$) 存活率和饲料投喂水平之间关系的折线图(图 5), 两条折线相交点即为长吻鲢仔稚鱼最适投喂水平: 30.62% IBW/d。将 21—29 日龄仔鱼各处理组的特定生长率与饲料投喂水平做折线回归(Broken-line regression), 得到特定生长率和饲料投喂水平之间的关系如下: 1. $y =$

表 2 不同投喂水平对长吻鲩仔鱼体长、体重分化的影响(平均值±标准误)
Tab. 2 The dispersion of growth and length in Chinese longsnout catfish larvae at different feeding levels(Mean±SE)

投喂水平 Feeding level (% IBW/d)	仔鱼日龄 7—14 dph		投喂水平 Feeding level (% IBW/d)	仔鱼日龄 21—29 dph	
	终末体重变异系数 ¹ CV _{BWW}			终末体长变异系数 ² C _{BL}	
20	0.21±0.02		10	0.41±0.03	
30	0.10±0.06		20	0.43±0.05	
40	0.20±0.03		30	0.39±0.06	
50	0.18±0.04		40	0.32±0.04	
60	0.27±0.04		50	0.40±0.04	
70	0.41±0.26		60	0.35±0.04	

注: 1. CV_{BWW} 终末体重变异系数 Coefficient of variation of final body weight; 2. C_{BL} 终末体长变异系数: Coefficient of variation of final body length

表 3 不同投喂水平对 7—14 日龄阶段长吻鲩仔鱼体组成的影响(%湿重)(平均值±标准误)*
Tab.3 Effects of feeding level on body composition in Chinese longsnout catfish larvae of 7—14dph fed with microdiet(% wet weight)(Mean±SE)

投喂水平 Feeding level (% IBW/d)	7—14dph			
	水 Moisture	粗蛋白 Protein	粗脂肪 Fatty	灰分 Ash
20	91.69±0.27 ^a	5.54±0.16 ^a	1.63±0.07	0.82±0.08
30	91.54±0.40 ^{ab}	5.62±0.28 ^a	1.61±0.08	0.84±0.07
40	90.90±0.46 ^{ab}	6.30±0.09 ^{ab}	1.58±0.05	0.98±0.06
50	90.92±0.18 ^{ab}	6.03±0.11 ^{ab}	1.12±0.57	0.99±0.03
60	90.83±0.35 ^{ab}	6.02±0.23 ^b	1.68±0.07	1.01±0.06
70	90.52±0.24 ^b	6.45±0.22 ^b	1.82±0.09	0.92±0.06

注: *表中同列数值后不同的字母上标代表差异显著(n=4, P<0.05)

Note: Means with different superscripts in the same column are significantly different (n=4, P<0.05)

表 4 不同投喂水平对 21—29 日龄阶段长吻鲩仔鱼体组成的影响(%湿重)(平均值±标准误)*
Tab. 4 Effects of feeding level on body composition in Chinese longsnout catfish larvae of 21—29dph (% wet weight) (mean±SE)

投喂水平 Feeding level (% IBW/d)	21—29 dph			
	水分 Moisture	粗蛋白 Protein	粗脂肪 Fatty	灰分 Ash
10	90.64±0.56 ^a	6.24±0.34 ^a	1.52±0.19	1.37±0.09
20	88.86±0.57 ^b	7.49±0.38 ^b	1.21±0.40	1.19±0.20
30	89.17±0.29 ^b	7.35±0.21 ^b	1.61±0.06	1.42±0.07
40	88.82±0.28 ^b	7.45±0.19 ^b	1.41±0.48	1.45±0.03
50	88.67±0.51 ^b	7.49±0.36 ^b	1.80±0.04	1.46±0.07
60	88.77±0.38 ^b	7.47±0.24 ^b	1.83±0.20	1.45±0.05

注: *表中同列数值后不同的字母上标代表差异显著(n=4, P<0.05)

Note: Means with different superscripts in the same column are significantly different (n=4, P<0.05)

0.114x+8.361 R²=0.936, n=3 P<0.05 (10<x<30); 2. y=11.60, n=5 (30<x<60) 特定生长率和饲料投喂水平之间关系的折线图(图 6), 两条折线相交点即为长吻鲩仔鱼最适投喂水平: 28.41% IBW/d。

3 讨论

在本研究中, 不同投喂水平下, 长吻鲩仔鱼的存活率范围为 42%—63%, 较本实验室 2009 年对长

吻鲩仔鱼进行转食策略得到的存活率稍低(66%—88%)。这可能是由于转食实验所用饲料和本实验饲料的品质差异所致, 也有可能和不同批次仔鱼的养殖环境、体质、亲本的营养状况^[17]、年龄^[18]等相关。Gisbert, *et al.*^[19]曾经报道来自 20 个不同母本的西伯利亚鲟鱼仔鱼, 其死亡率波动范围为 4.6%—21.6%。Herold^[20]报道在投喂相似饲料的三个不同实验中, 高首鲟鱼开口后 24d 的存活率不同(23.6%—31.4%)。

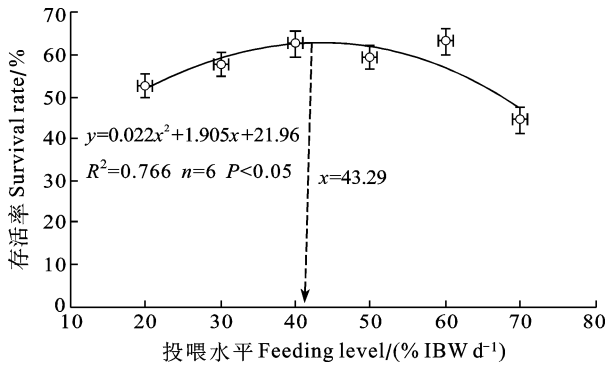


图3 投喂水平对 7—14 日龄长吻鲈仔稚鱼存活率的影响

Fig. 3 Effect of feeding level on the survival rate of 7—14dph larvae

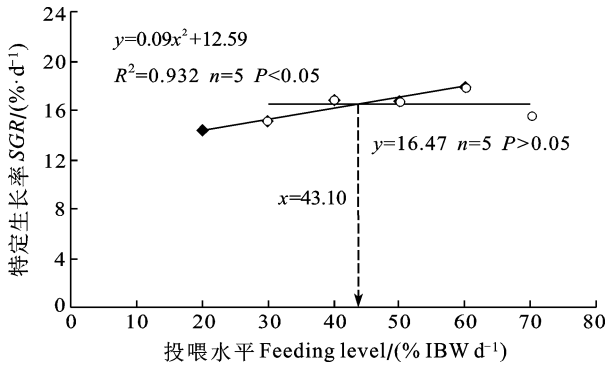


图4 投喂水平对 7—14 日龄段仔鱼特定生长率的影响

Fig. 4 Effect of feeding level on specific growth rate (SGR) of 7—14dph larvae

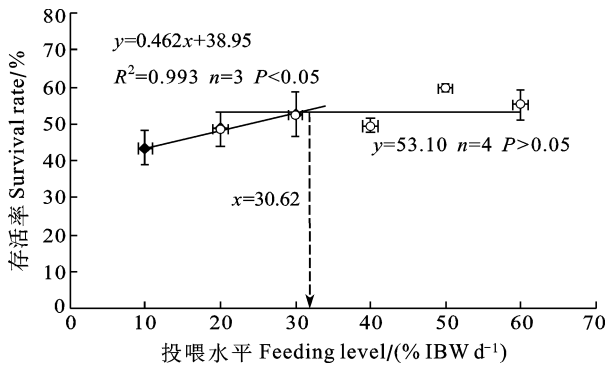


图5 投喂水平对 21—29 日龄段仔鱼存活率的影响

Fig. 5 Effect of feeding level on the survival rate of 21—29dph larvae

在研究中发现, 7—29 日龄段长吻鲈仔鱼生长速度很快, 实验结束时, 其体重约为初始体重的 2—3 倍, 这结果和许多投喂人工配合饲料的仔鱼研究中的结果相类似。Deng, *et al.*^[21]发现在开口后 4 周内的高首鲟仔鱼中, 7d 内仔鱼可增重 2 倍。在本实验中 7—14 日龄仔鱼的 SGR 范围为 14.23%—17.93%/d; 21—29 日龄仔鱼的 SGR 的为 9.33%—12.37%/d。这一结果同本实验室 2009 年不同转食策略中长吻鲈仔鱼的特定生长率相类似。这种随着仔

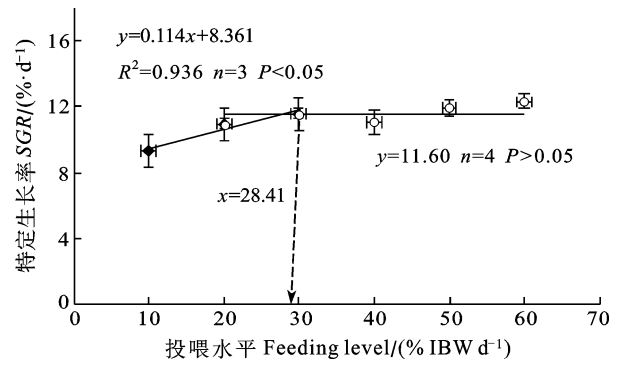


图6 投喂水平对 21—29 日龄段仔鱼特定生长率的影响

Fig. 6 Effect of feeding level on specific growth rate (SGR) of 21—29dph larvae

鱼日龄的增大, 仔鱼特定生长率降低的现象可能是由于较大日龄的仔鱼初始体重较大造成的^[21]。在本实验中, 投喂水平高到一定程度后, 特定生长率不再显著增高。这和许多研究结果相吻合^[2, 3, 7, 22—24]。在本实验中, 通过投喂水平和存活率二次回归分析得到 7—14 日龄仔鱼最适投喂水平为 43.29% IBW/d, 通过投喂水平和特定生长率做折线回归得到 7—14 日龄仔鱼最适投喂水平为 43.1% IBW/d; 通过投喂水平分别与存活率和特定生长率做折线回归得到 21—29 日龄仔鱼最适投喂水平分别为: 28.41% 和 30.62% IBW/d。实验结束时, 鱼体产出总量与每缸饲料投入总量之比做方差分析, 发现无论在二期还是一期仔鱼中, 二者比值均随着投喂水平的增加而下降。鱼体产出/饲料投喂即单位重量饲料产出鱼体重量, 这可以看作是鱼体的饲料转化效率。随着投喂水平增加而出现的鱼体产出比值的降低, 可以认为是随着投喂水平的升高, 鱼体对饲料的利用效率逐渐下降。当投喂水平高于最适投喂水平后, 生长和饲料转化效率不再增加, 这在很多研究中均有报道^[5, 6, 10], Du, *et al.*^[25]发现草鱼的饲料效率、蛋白质效率随着投喂水平的增加显著下降。Deng, *et al.*^[21]发现高首鲟仔鱼中低于最适投喂水平下的单位饲料鱼体产出显著高于高水平投喂组, 这或许是由于鱼体自身水分含量的增加所致。当投喂水平低于鱼体基础活动水平需求的时候, 饲料转化效率随着投喂水平的增加而增加, 当投喂水平高于基础活动需求 (Maintenance ration level) 时, 饲料转化效率随投喂水平增加而降低^[6, 7, 10]。在本实验中, 鱼体产出与饲料投入之比在投喂水平为 20%—40% IBW/d (7—14 日龄) 和 10%—30% IBW/d (21—29 日龄) 时显著下降,

说明对于 7—14dph 阶段仔鱼和 21—29dph 阶段仔鱼而言, 投喂水平为 20% IBW/d 和 10% IBW/d 均能满足鱼体基础活动的需要, 在这两个最低投喂水平下, 长吻鲢仔鱼仍然达到 2 倍的增重。这和 Ballestrazzi, *et al.*^[14]在舌齿鲈中得到的结果相一致。本文作者认为, 高于最适投喂水平时, 鱼体产出与饲料投入之比显著低于低投喂水平时的另一个影响因素是由于高于饱食投喂水平下的饲料浪费造成的。在本文中没能确定仔鱼饱食下的摄食率, 微颗粒饲料极易溶失的特性使得很难确定长吻鲢仔鱼饱食状态下的摄食量。

在本实验中, 随着饲料投喂水平的增加鱼体水分显著降低、粗蛋白含量显著升高。粗脂肪含量随着投喂水平的增加而上升, 但各处理组间无显著的差异。投喂水平对鱼体成分的影响在很多文献中已经报道^[3, 6, 14, 25—32]。投喂水平的升高导致鱼体水分降低、脂肪水平升高^[3, 6]。Ahmed^[33]报道高投喂水平组囊鳃鲈的体蛋白含量显著高于低投喂水平组, 体脂肪含量随投喂水平增加直线上升, 水分含量则呈直线下降的趋势。Gatlin, *et al.*^[34]报道鲶鱼稚鱼鱼体水分含量随投喂水平增加而下降。Storebakken 和 Austreng^[7]认为鱼体水分组成的变化与饲料投喂水平直接相关。在本实验中, 各日龄阶段仔鱼的体蛋白和体脂肪含量均随投喂水平增加而增加, 这种鱼体蛋白和脂肪随投喂水平增加而增加的趋势和在虹鳟^[6]、革胡子鲈^[29]中的研究结果一致。Rasmussen 和 Ostefeld^[35]也证明脂肪在高投喂水平下快速生长的鱼体内更容易沉积。在低投喂水平下, 尽管鱼体能够储备较初始鱼体含量多的体蛋白, 鱼体脂肪沉积却处在较低的水平, 这也正说明脂肪是鱼体最先被动员的能量来源。这种在饵料不足的情况下, 脂肪最先被动员的现象在高首鲟^[5]、clariid catfish hybrid^[30]、*Clarias batrachus*^[36]的研究中得到了证实。有研究认为鱼体灰分含量随投喂水平的增加而降低^[34], 在本实验中未观察到灰分与投喂水平之间的显著关系, 可能是由于本实验中样本量较少, 测定误差所致。

4 小结

结合本实验中存活率和特定生长率, 得出 7—14 日龄仔鱼每天最适投喂水平范围为: 43.1%—43.29% 鱼体初始湿重; 21—29 日龄仔鱼每天最适投

喂水平分别为: 28.41%—30.62% 鱼体初始湿重。

参考文献:

- [1] Brett J R. Environmental Factors and Growth [M]. In: Hoar W S, Randall D J, Brett J R (Eds.), *Fish Physiology*. Academic Press, New York, USA. 1979, 599—675
- [2] Huisman E A. Food conversion efficiencies at maintenance, and production levels for carp. *Cyprinus carpio* L. and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson [J]. *Aquaculture*, 1976, **22**: 279—288
- [3] Reinitz G. Relative effect of age, diet, and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. *Aquaculture*, 1983, **35**: 19—27
- [4] Henken A M, Kleingeld D W, Tijssen P A T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) [J]. *Aquaculture*, 1985, **51**(1): 1—11
- [5] Hung S S O, Lutes P B. Optimum feeding rate of hatchery produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) at 20°C [J]. *Aquaculture*, 1987, **65**(3-4): 307—317
- [6] Storebakken T, Austreng E. Ration level for salmonids. I. Growth, survival, body composition and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings [J]. *Aquaculture*, 1987a, **60**(3—4): 189—206
- [7] Storebakken T, Austreng E. Ration level for salmonids. II. Growth, feed intake, protein digestibility, body composition, and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5—1.0 kg [J]. *Aquaculture*, 1987b, **60**(3—4): 207—221
- [8] Tacon A G J, Cowey B C. Protein and amino acid requirements [A]. In: Tytler P, Calow P (Eds.), *Fish Energetics: New Perspectives* [C]. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. 1985, 155—183
- [9] Talbot C. Laboratory methods in fish feeding and nutritional studies [A]. In: Tytler P, Calow P (Eds.), *Fish Energetics: New Perspectives* [C]. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. 1985, 125—154
- [10] Hung S SO, Lutes P B, Conte F S, *et al.* Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub-yearling at different feeding rates [J]. *Aquaculture*, 1989, **80**(1—2): 147—153
- [11] Fontaine P, Gardeur J N, Kestemont P, *et al.* Influence of feeding level on growth, intraspecific weight variability and sexual growth dimorphism of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared in a recirculation system [J]. *Aquaculture*, 1997, **157**(1—2): 1—9
- [12] Jobling M. Gastrointestinal overload—A problem with formulated feeds [J]? *Aquaculture*, 1986, **51**(3—4): 257—263
- [13] Hung S S O, Lutes P B, Shqueir A A, *et al.* Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white stur-

- geon (*Acipenser transmontanus*) [J]. *Aquaculture*, 1993, **115**(3—4): 297—303
- [14] Ballestrazzi B, Lanari D, D'Agaro E. Performance, nutrient retention efficiency, total ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea-bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) as affected by diet processing and feeding level [J]. *Aquaculture*, 1998, **161**(1—4): 55—65
- [15] Han D. Modeling for feeding system and pollution evaluation in Chinese longsnout catfish. PHD. Thesis. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. Wuhan. 2005 [韩冬. 长吻鲩投喂管理和污染评估动态模型的研究. 中国科学院水生生物研究所博士学位论文. 武汉. 2005]
- [16] Liu H Y, Lei W, Zhu X M, *et al.* Effects of different dietary vitamin C levels on Chinese longsnout catfish (*Leiostichus longirostris* Günther) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, **33**(4): 681—689 [刘海燕, 雷武, 朱晓鸣, 等. 饲料中不同维生素 C 含量对长吻鲩的影响. 水生生物学报, 2009, **33**(4): 681—689]
- [17] Chambers R C, Leggett W C, Brown J A. Egg Size, Female Effects, and the Correlations Between Early Life History Traits of Capelin, *Mallotus villosus*: An Appraisal at the Individual Level [J]. *Fishery Bulletin*, 1989, **87**: 515—523
- [18] Berkeley S A, Chapman C, Sogard S M. Age as a determinant of larval growth and survival in a marine fish. *Sebastes melanops* [J]. *Ecology*, 2004, **85**(5): 1258—1264
- [19] Gisbert E, Williot P, Castello´-Orvay F. Influence of egg size on growth and survival of early stages of Siberian sturgeon (*A. baeri*) larvae under small scale hatchery conditions [J]. *Aquaculture*, 2000, **183**(1—2): 83—94
- [20] Herold M A. Lipid Nutrition in White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Larvae During Ontogeny. PhD Thesis, University of California, Davis. 1996
- [21] Deng D F, Koshio S, Yokoyama S, *et al.* Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) larvae [J]. *Aquaculture*, 2003, **217**(1—4): 589—598
- [22] Staples D J, Nomura M. Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson [J]. *Journal of Fish Biology*, 1976, **9**(1): 29—43
- [23] Wurtsbaugh W A, Davis G E. Effects of temperature and ration level on the growth and food conversion efficiency of *Salmo gairdneri*, Richardson [J]. *Journal of Fish Biology*, 1977a, **11**(2): 87—98
- [24] Wurtsbaugh, W A, Davis, G E. Effects of fish size and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson [J]. *Journal of Fish Biology*, 1977b, **11**(2): 99—104
- [25] Du Z Y, Liu Y J, Tian L X, *et al.* The influence of feeding rate on growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Aquaculture International*, 2006, **14**(3): 247—257
- [26] Parazo M M. Effect of dietary protein and energy level on growth, protein utilization and carcass composition of rabbitfish, *Siganus guttatus* [J]. *Aquaculture*, 1990, **86**(1): 41—49
- [27] Lovell R T. Comparison of satiate feeding and restricted feeding in channel catfish with various concentrations of dietary proteins in production ponds [J]. *Aquaculture*, 1992, **103**(2): 165—175
- [28] Jobling M, Baardvik B M. The influence of environmental manipulation on inter- and intra-individual variation in food acquisition and growth performance of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* [J]. *Journal of Fish Biology*, 1994, **44**(6): 1069—1087
- [29] Panda S, Mishra K, Samantaray K. Effect of feeding rate on the growth performance of *Channa punctatus* (Bloch) fry, and protein and energy requirement for their maintenance and maximum growth [J]. *Journal of Aquaculture*, 1999, **7**: 37—42
- [30] Adebayo O T, Balogun A M, Fagbenro O A. Effect of feeding rates on growth, body composition and economic performance of juvenile clariid catfish hybrid (*Clarias gariepinus* × *Heterobranchus bidorsalis*) [J]. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 2000, **15**(2): 109—117
- [31] Khan M A, Ahmed I, Abidi S F. Effect of ration size on growth, conversion efficiency and body composition of fingerling mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2004, **10**(1): 47—53
- [32] Ahmed I. Effect of ration size on growth, body composition, and energy and protein maintenance requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2007, **33**(3): 203—212
- [33] Ahmed I. Response to the ration levels on growth, body composition, energy, and protein maintenance requirement of the Indian catfish (*Clarias gariepinus*—Bloch 1974) [J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2010, **36**(4): 1133—1143
- [34] Gatlin D M III, Poe W E, Wilson R P. Protein and energy requirements of fingerling channel catfish for maintenance and maximum growth [J]. *The Journal of Nutrition*, 1986, **116**(11): 2121—2131
- [35] Rasmussen R S, Ostefeld T H. Effect of growth rate on quality traits and feed utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) [J]. *Aquaculture*, 2000, **184**(3—4): 327—337
- [36] Hassan M A, Jafri A K. Optimum feeding rate, and energy and protein maintenance requirements of young *Clarias batrachus* (L.), a cultivable catfish species [J]. *Aquaculture Research*, 1994, **25**(4): 427—438

EFFECTS OF FEEDING LEVEL ON GROWTH PERFORMANCE OF CHINESE LONGSNOUT CATFISH (*LEIOCASSIS LONGIROSTRIS* GÜNTHER) LARVAE

LIU Bian-Zhi^{1,2}, ZHU Xiao-Ming¹, HAN Dong¹, YANG Yun-Xia¹, JIN Jun-Yan¹ and XIE Shou-Qi¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Henan Agricultural University, College of Animal Science and Veterinary Medicine, Zhengzhou 450002)

Abstract: Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* Günther is a high value aquaculture species in China. This study was carried out to investigate the optimal feeding level on the growth, survival, body composition, coefficient of variation of body wet weight and body length for Chinese longsnout catfish larvae of 7—14 dph and 21—29 dph, and for a need to determine the optimal feeding level in the commercial larviculture operations. Six feeding levels of 20, 30, 40, 50, 60 and 70% initial body weight (IBW)/d for 7—14 dph larvae, and 10, 20, 30, 40, 50 and 60% IBW/d for 21—29 dph larvae were adopted, respectively. The results showed that growth performance and survival rate was significantly higher in 7—14 dph larvae fed at the feeding levels of 30%—60% IBW/d than 20% and 70% IBW/d ($P < 0.05$). Specific growth rate (*SGR*) increased with the increasing feeding levels and reached the highest level at the 60% IBW/d group ($P < 0.05$). For 21—29 dph larvae, the survival rate and *SGR* were significantly lower in the 10% IBW/d group than in the 50% IBW/d group ($P < 0.05$). In both trials, differentiations of body wet weight and body length in larvae were not affected by the feeding level ($P > 0.05$). Body crude fat and ash content were also not affected by the different feeding level. Ratio of weight gain to feed consumption and body moisture contents in larvae significantly decreased while body protein contents increased with the increasing feeding levels ($P < 0.05$). Based on quadratic linear regression analysis of survival rate and broken line analysis of *SGR* in relation to the feeding level, the optimal feeding level for 7—14 dph larvae was 43% IBW/d. Based on the broken line analysis between the survival rate or specific growth rate and the feeding level, the optimal feeding levels for 21—29 dph larvae were 30.62% IBW/d and 28.41% IBW/d, respectively.

Key words: *Leiocassis longirostris* Günther; Feeding level; Larvae; Growth performance