

丁立云, 饶毅, 陈文静, 等. 投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能、形体指标和肌肉品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(19): 228–231.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.19.053

投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能、形体指标和肌肉品质的影响

丁立云, 饶毅, 陈文静, 章海鑫, 徐先栋, 李彩刚, 邓勇辉, 张桂芳

(江西省水产科学研究所, 江西南昌 330039)

摘要:为了探讨彭泽鲫幼鱼的适宜投喂频率, 试验选用平均初始体质量为 (55.25 ± 0.61) g 的彭泽鲫幼鱼 240 尾, 随机分为 4 组, 每组 3 个重复, 每个重复 20 尾鱼。4 组试验鱼以不同的投喂频率(分别为 4、3、2、1 次/d)投喂, 试验期为 6 周。结果表明, 随着投喂频率的增加, 彭泽鲫的终末体质量、增质量率和特定生长率呈现升高的趋势, 3 次/d 组增质量率和特定生长率为最高, 显著高于 1 次/d 组和 2 次/d 组($P < 0.05$), 但与 4 次/d 组无显著性差异($P > 0.05$)。不同投喂频率对彭泽鲫幼鱼的饲料系数未产生显著性影响($P > 0.05$)。1 次/d 组的肝脏指数和内脏指数显著性的低于 2 次/d 组和 3 次/d 组($P < 0.05$), 2 次/d 组和 3 次/d 组的肥满度显著高于 1 次/d 组和 4 次/d 组($P < 0.05$)。肠道指数不受投喂频率的影响($P > 0.05$)。1 次/d 组肌肉水分含量显著高于其余各组, 脂肪含量和水分含量呈现相反的趋势, 显著低于其余各组($P < 0.05$)。3 次/d 组肌肉粗蛋白含量显著高于 2 次/d 组($P < 0.05$), 与 1 次/d 组、4 次/d 组无显著差异($P > 0.05$)。综合考虑生长性能、饲料利用、形体指标与肌肉品质, 彭泽鲫幼鱼的适宜投喂频率为 3 次/d。

关键词:彭泽鲫幼鱼; 投喂频率; 生长性能; 形体指标; 肌肉成分

中图分类号: S965.117 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)19-0228-03

投喂频率是影响水产养殖的重要因子之一。研究表明, 合理的投喂频率可以提高鱼类的增质量率与饲料效率, 降低饲料浪费污染养殖环境, 减少个体生长差异, 从而提高养殖经济效益与生态效益^[1]; 不合理的投喂频率通常会降低鱼类的生长速度, 使个体间规格分化严重, 而一味追求更高的生产效益采取过量的投喂方式, 不仅会浪费饲料, 同时还会造成养殖水体的污染, 水体环境变差不仅会使鱼类生长受阻, 甚至会暴发疾病导致鱼类死亡^[2-3]。确定适宜的投喂频率对研究鱼类摄食、生长以及现代集约化养殖都有着重要的意义。

彭泽鲫(*Carassius auratus* var. *Pengze*) 隶属鲤形目、鲤科、鲤亚科、鲫属, 为鲫鱼的一个品种。彭泽鲫是江西省水产科学研究所和九江市水产科学研究所从野生鲫鱼中, 经过 7 年 6 代的选育而获得的一个优良养殖品种。1989 年通过农业部的鉴定和命名。它具有生长快、性情温顺、耐低氧、抗病力强、适应性广、不易脱鳞、肉质鲜嫩、营养价值高等优良性状。自 1990 年以来, 该良种已推广到全国各地养殖, 深受养殖户和消费者的欢迎, 已成为我国鲫鱼养殖的重要品种之一。2015 年, 彭泽鲫院士工作在江西省彭泽县挂牌, 将进一步促进彭泽鲫产业的发展。国内外已有投喂频率对尼罗罗非鱼

(*Tilapia nilotica* L.)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)、杂交鲟(*Acipenser schrenckii* Brandt ♀ × *A. baeri* Brandt ♂)^[6]及大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)等鱼类摄食与生长影响的相关报道^[2,4-6]。蔡春芳等研究认为, 增加投喂频率可改善彭泽鲫对饲料糖的利用, 但并未研究彭泽鲫适宜的投喂频率^[7]。本研究拟通过 4 种不同投喂频率的生长试验, 探讨投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能、形体指标和肌肉品质的影响, 确定其最佳日投喂频率, 为合理投喂策略提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以鱼粉和膨化大豆为主要蛋白源, 豆油和猪油为主要脂肪源, 配制成粗蛋白水平约为 34%, 粗脂肪水平约为 9% 的膨化颗粒料(粒径 2 mm), 试验配方及营养水平见表 1。

1.2 试验鱼与饲养管理

试验用的彭泽鲫幼鱼来自江西省水产科学研究所养殖池塘, 选取健康无病规格相近的彭泽鲫幼鱼 240 尾, 平均初始体质量 (55.25 ± 0.61) g, 分为 4 个处理组, 每个处理组设 3 个重复, 每个重复 20 尾鱼, 随机放养于 12 个网箱中, 网箱放置在同一水泥池中(5 m × 20 m), 养殖周期 6 周, 试验设置不同的投喂频率和时间, 具体如下, 4 次/d(08:30、11:00、13:30、17:00)、3 次/d(08:30、13:30、17:00)、2 次/d(08:30、17:00)和 1 次/d(08:30)。每天以鱼质量的 2.00%~4.00% 进行饱食投喂, 每次投喂时观察摄食情况, 使其饱食而无饲料剩余, 整个试验期间水质监测情况为: 水温 (26.5 ± 1.5) °C, 溶解氧浓度不低于 7 mg/L, pH 值为 7.53 ± 0.12 , 氨氮和亚硝酸浓度不高于 0.2 mg/L。光周期为自然周期, 试验结束前 1 d 停止投喂。

收稿日期: 2016-05-19

基金项目: 江西省现代农业产业技术体系建设项目(编号: JXARS-03); 江西省科技支撑计划(编号: 20161ACF60020); 江西省农牧渔业科研项目(编号: 2016123-15)。

作者简介: 丁立云(1981—), 男, 江西丰城人, 博士研究生, 助理研究员, 主要从事水生动物营养与饲料研究。E-mail: dingliyun2008@163.com。

通信作者: 陈文静, 研究员, 主要从事淡水鱼养殖技术研究。E-mail: wjchen87@126.com。

表 1 试验饲料组成及营养水平(%干物质)

原料	含量 (%)
鱼粉	28.00
膨化大豆	19.00
菜饼	9.00
棉粕	8.0
小麦	5.00
玉米蛋白粉	2.00
次粉	20.00
豆油	1.00
猪油	2.00
预混料	6.00
总计	100.00
主要成分	
粗蛋白含量(DM)	34.46
粗脂肪含量(DM)	8.92

注:预混料购自南昌大佑农生物科技有限公司,1 kg 饲料提供维生素 A 6 000 IU,维生素 D 2 000 IU,维生素 C 500.00 mg,维生素 E 50.00 mg,维生素 K 5.00 mg,维生素 B₁ 10.00 mg,维生素 B₂ 15.00 mg,泛酸钙 50.00 mg,维生素 B₆30.00 mg,生物素 0.20 mg,叶酸 3.00 mg,维生素 B₁₂ 0.03 mg,肌醇 100.00 mg。1 kg 饲料提供矿物质:Zn 80.00 mg,Fe 150.00 mg,Cu 4.00 mg,Mn 20.00 mg,I 0.40 mg,Co 0.10 mg,Se 0.10 mg,Mg 250.00 mg。

1.3 样品采集与计算分析

饲养试验结束后,禁食 24 h,对各组试验鱼计数、称质量,计算其增质量和特定生长率。统计饲料投喂量,计算饲料系数。6 周生长试验结束后,每试验组 3 个平行网箱随机各取 6 尾鱼,共 18 尾鱼,分别称质量、量体长,解剖取内脏、肠道和肝脏称质量,计算肥满度、内脏指数、肠道指数与肝脏指数;随后采集鱼体背部肌肉,将每网箱 3 尾鱼体的背肌混合后 -20 ℃ 冷冻保存,用于鱼体肌肉常规营养成分的测定。

表 2 投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能的影响

投喂频率 (次/d)	初始体质量 m_0 (g)	终末体质量 m_t (g)	增质量率 (%)	饲料系数	摄食率 (%)	特定生长率 (%/d)
4	55.18 ± 0.61a	86.78 ± 0.58a	57.27 ± 1.72a	1.88 ± 0.12a	3.18 ± 0.20b	1.08 ± 0.02a
3	55.26 ± 1.50a	86.83 ± 3.38a	57.08 ± 1.94a	1.82 ± 0.14a	3.07 ± 0.18b	1.07 ± 0.03a
2	55.25 ± 0.96a	83.35 ± 2.42a	50.84 ± 2.00b	1.83 ± 0.11a	2.88 ± 0.19b	0.98 ± 0.03b
1	55.25 ± 0.61a	76.72 ± 1.92b	38.85 ± 1.96c	1.74 ± 0.17a	2.27 ± 0.19a	0.78 ± 0.04c

注:表中数据为 3 个重复的平均值。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 投喂频率对彭泽鲫幼鱼形体指标的影响

由表 3 可知,不同投喂频率对彭泽鲫幼鱼的肝脏指数、内脏指数和肥满度产生了显著性影响($P < 0.05$)。随着投喂频率的增加,肝脏指数和内脏指数呈现先增加后平稳的趋势,1 次/d 组的肝脏指数和内脏指数明显低于 2 次/d 组和 3 次/d 组($P < 0.05$)。肥满度则随投喂频率的增加呈现先增后降的趋势,2 次/d 组和 3 次/d 组明显高于 1 次/d 组和 4 次/d 组($P < 0.05$)。肠道指数不受投喂频率的影响($P > 0.05$)。

2.3 投喂频率对彭泽鲫幼鱼肌肉品质的影响

由表 4 可知,1 次/d 组肌肉水分含量明显高于其余各组,脂肪含量和水分含量呈现相反的趋势,明显低于其余各组

肌肉及饲料常规营养成分委托江西省分析测试中心进行检测,水分含量采用 105 ℃ 恒质量法测定,粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定,粗脂肪含量采用索氏抽提法测定(石油醚为溶剂),粗灰分含量采用 550 ℃ 灼烧法测定。

相关指标计算公式如下:

$$\text{增质量率} = (m_t - m_0) / m_0 \times 100\%;$$

$$\text{饲料系数} = FI / (m_t - m_0);$$

$$\text{特定生长率} (\%/d) = (\ln m_t - \ln m_0) / t \times 100;$$

$$\text{内脏指数} = m_e / m_b \times 100\%;$$

$$\text{肝脏指数} = m_h / m_b \times 100\%;$$

$$\text{肠道指数} = m_i / m_b \times 100\%;$$

$$\text{肥满度} = m_b / L^3 \times 100\%;$$

$$\text{摄食率} = FI / [(m_0 + m_t)] / 2 \times t \times 100\%。$$

式中: m_t 为试验结束时体质量(g); m_0 为试验开始时体质量(g); FI 为摄食量(g); m_e 为内脏质量(g); m_h 为肝脏质量(g); m_i 为肠道质量(g); m_b 为鱼体质量(g); t 为试验时间(d); L 为鱼体长(cm)。

1.4 数据统计与分析

试验所得数据用 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析,差异达到显著($P < 0.05$)时,采用 Duncan's 法进行组间的多重比较。试验结果以“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果

2.1 投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能的影响

由表 2 可知,不同投喂频率的各组幼鱼经过 6 周养殖后均获得生长。养殖结束后,随着投喂频率的增加,终末体质量、增质量率、摄食率和特定生长率呈升高的趋势,3 次/d 组增质量率和特定生长率为最高,明显高于 1 次/d 组和 2 次/d 组($P < 0.05$),但与 4 次/d 组无明显差异($P > 0.05$)。不同投喂频率对彭泽鲫幼鱼的饲料系数未产生显著性影响($P > 0.05$)。

表 3 投喂频率对彭泽鲫幼鱼形体指标的影响

投喂频率 (次/d)	肝脏指数 (%)	内脏指数 (%)	肠道指数 (%)	肥满度 (%)
4	3.08 ± 0.19a	7.14 ± 0.20ab	3.32 ± 0.22	2.68 ± 0.03a
3	3.40 ± 0.44a	7.89 ± 0.57a	3.74 ± 0.25	2.77 ± 0.03b
2	3.36 ± 0.40a	7.60 ± 0.45a	3.22 ± 0.46	2.82 ± 0.06b
1	2.26 ± 0.45b	6.53 ± 0.55b	3.06 ± 0.55	2.60 ± 0.02c

($P < 0.05$)。3 次/d 组肌肉粗蛋白质含量显著性的高于 2 次/d 组($P < 0.05$),与 1 次/d 组、4 次/d 组无显著性差异($P > 0.05$)。各组鱼体肌肉中粗灰分含量差异不显著($P > 0.05$)。

表 4 投喂频率对彭泽鲫幼鱼肌肉品质的影响(湿重基础)

投喂频率 (次/d)	水分 (%)	粗蛋白质 (%)	粗脂肪 (%)	粗灰分 (%)
4	77.70±0.26a	18.44±0.07a	1.01±0.08a	1.23±0.04
3	77.97±0.15a	18.42±0.34a	1.02±0.02a	1.23±0.03
2	77.67±0.12a	17.86±0.24b	1.04±0.09a	1.21±0.02
1	78.67±0.32b	18.29±0.22ab	0.88±0.02b	1.24±0.04

3 讨论

3.1 投喂频率对彭泽鲫幼鱼生长性能的影响

大量研究显示,较高的投喂频率可以改善养殖鱼体的生长性能。孙瑞健等研究发现,投喂频率对大黄鱼幼鱼增质量率、特定生长率和饲料转化率均有显著影响,2次/d投喂组大黄鱼的特定生长率明显高于1次/d投喂组^[8]。王武等对瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)的研究也显示,瓦氏黄颡鱼幼鱼的特定生长率随投喂频率的增加而显著升高^[9]。杨帆等报道投喂4次/d黄鳊(*Monopterus albus*)幼鱼特定生长率显著高于投喂2次/d和3次/d^[10]。虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)投喂频率为3次/d时,其生长性能高于投喂1次/d和2次/d时^[11]。本试验中,投喂频率3次/d组增质量率和特定生长率为最高,并明显高于1次/d组和2次/d组,表明彭泽鲫幼鱼的饲料投喂频率为3次/d时,可取得最佳生长效果;然而随着投喂频率进一步增加到4次/d时,彭泽鲫幼鱼的增质量率并没有得到升高,与星斑川鲮(*Platichthys stellatus*)^[12]、许氏平鲈(*Sebastes schlegelii*)^[13]和团头鲂^[5]的研究结果相似。这可能是因为较低的投喂频率不能满足鱼体获得足够的能量和营养用于体质量增加^[14],适当增加投喂频率对养殖鱼类的生长性能有促进作用,但当投喂次数过多时,由于鱼类摄食活动等行为频繁,鱼体能量消耗过量,导致用于生长的能量贮存减少,不利于正常生长,且会增加投饲成本^[15]。本试验中,随着投喂频率的改变,彭泽鲫幼鱼的饲料系数各组之间差异不显著,这与星斑川鲮^[12]、麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)和南亚野鲮(*Labeo rohita*)^[3]的研究结果相似。已有研究表明^[13],投喂频率对饲料系数的影响主要有3种可能:摄食率随投喂频率的改变而变化,从而促进鱼类的生长,与饲料系数不相关;鱼类特定生长率随投喂频率的提高而增加,饲料系数随之降低;随着投喂频率的增加,饲料系数增加。在本试验中,随着投喂频率的增加,彭泽鲫的摄食率呈现增高的趋势,导致其体质量增加,与饲料系数不相关。

3.2 投喂频率对彭泽鲫幼鱼形体指标的影响

肝脏被视为水产动物脂肪和糖原沉积的主要场所^[16],内脏指数和肝脏指数一般作为内脏或者肝脏中脂肪或者糖原蓄积的表观指标。本研究中,不同投喂频率对彭泽鲫幼鱼的内脏指数和肝脏指数产生了显著性影响,1次/d组的肝脏指数和内脏指数显著低于2次/d组和3次/d组,推测可能是较高投喂频率使得脂肪在彭泽鲫幼鱼内脏或肝脏中沉积。肥满度是一个衡量养殖鱼体能量储备水平的粗略指标,肥满度的变化一般能预示着鱼体营养状态的改变。在本研究中,当投喂频率从1次/d增加到3次/d时,彭泽鲫幼鱼肥满度呈明显增加的趋势,2次/d组和3次/d组显著高于1次/d组,类似结果在大黄鱼^[8]、奥尼罗非鱼^[17]等鱼类上有发现;当投喂频率

进一步增加到4次/d时,肥满度不增反降,这可能是由于在较高投喂频率下,彭泽鲫幼鱼可以摄入更多的饲料,过量的部分转化为脂肪而蓄积,表现为肥满度更大,而更高的投喂频率,使得鱼类活动频繁,不利于能量的储备^[7,12]。

3.3 投喂频率对彭泽鲫幼鱼肌肉品质的影响

本试验测定了彭泽鲫幼鱼肌肉水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分含量,其中粗蛋白质和粗脂肪的含量是衡量鱼类肌肉品质的重要指标^[15]。本研究结果显示,不同投喂频率对彭泽鲫幼鱼肌肉成分的影响不同,随投喂频率的增加,彭泽鲫幼鱼肌肉粗蛋白质含量呈现增长的趋势,这与孙丽慧等对星斑川鲮的研究结果^[12]相似。投喂频率1次/d组彭泽鲫幼鱼肌肉水分含量显著高于其余各组,而粗脂肪含量和水分含量呈现相反的趋势,显著低于其余各组。罗波研究发现,吉富罗非鱼幼鱼随着投喂频率的增加鱼体粗脂肪含量呈现上升趋势,水分含量呈现相反的趋势^[18]。彭泽鲫幼鱼肌肉脂肪含量随着投喂频率增加而升高,与其他很多鱼类的研究结果一致,如条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)^[19]、黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)^[20]、许氏平鲈^[13]、虹鳟^[21]、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[22]、大黄鱼^[8]和赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)^[23]等。在养殖生产中,可通过增加投喂频率来提高其脂肪含量,为鱼种的越冬提供足够的能量,也可提高成鱼的品质。

参考文献:

[1] Wang Y, Kong L J, Li K, et al. Effects of feeding frequency and ration level on growth, feed utilization and nitrogen waste output of cuneate drum (*Nibea mitchthoides*) reared in net pens [J]. Aquaculture, 2007, 271 (1): 350 - 356.

[2] Xie F, Ai Q, Mai K, et al. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* Richardson) larvae [J]. Aquaculture, 2011, 311 (1): 162 - 167.

[3] Biswas G, Jena J K, Singh S K, et al. Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in mrigal, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing [J]. Aquaculture, 2006, 254 (1): 211 - 218.

[4] Huang Q, Huang K, Ma Y Q, et al. Feeding frequency and rate effects on growth and physiology of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia [J]. North American Journal of Aquaculture, 2015, 77 (4): 503 - 512.

[5] Tian H Y, Zhang D D, Li X F, et al. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala* [J]. Aquaculture, 2015, 437: 60 - 66.

[6] Luo L, Li T, Xing W, et al. Effects of feeding rates and feeding frequency on the growth performances of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt ♀ × *A. baeri* Brandt ♂ [J]. Aquaculture, 2015, 448: 229 - 233.

[7] 蔡春芳, 陈立侨, 叶元土, 等. 增加投喂频率改善彭泽鲫对饲料糖的利用 [J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2009 (2): 88 - 95.

[8] 孙瑞健, 张文兵, 徐 玮, 等. 饲料蛋白质水平与投喂频率对大黄鱼生长、体组成及蛋白质代谢的影响 [J]. 水生生物学报, 2013, 37 (2): 281 - 289.

[9] 王 武, 周锡勋, 马旭洲, 等. 投喂频率对瓦氏黄颡鱼幼鱼生长及蛋白酶活力的影响 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16 (3): 224 - 229.

[10] 杨 帆, 张世萍, 韩凯佳, 等. 投喂频率对黄鳊幼鱼摄食、生长及

董印丽,杜云良,翟新国,等. 高镁诱发山羊尿石症的防控研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(19):231-234.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.19.054

高镁诱发山羊尿石症的防控研究

董印丽,杜云良,翟新国,王慧真,蒋万春

(河北工程大学农学院,河北邯郸 056038)

摘要:将 18 只 60 日龄阉割波杂山羊,随机分为 3 组,即对照组、诱发组和防控组,每组各 6 只。对照组饲喂精料和稻草;诱发组饲喂精料和稻草的同时,加喂精料量 1.5% 的氧化镁;防控组在饲喂精料、稻草及添加精料量 1.5% 的氧化镁的同时,再加喂精料量 1.0% 的碳酸钙和 0.5% 氯化钠。经预饲期后试验期为 30 d。结果表明,(1)对照组和防控组均未发现临床型尿石症;(2)添加氧化镁的诱发组山羊有 5 只发生临床型尿石症。由此推断,高镁日粮是诱发山羊尿石症的重要因素,在疑有高镁的日粮中添加适量的碳酸钙和氯化钠可以有效防止尿石症的发生。

关键词:山羊;尿石症;镁;钙;钠

中图分类号: S858.27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)19-0231-04

我国肉羊产业自上世纪 90 年代以来发展快速,借助于良种和饲养模式的改变,生产水平不断提高,目前已经成为世界上绵羊、山羊存栏量、出栏量和羊肉产量最多的国家。根据国家肉羊产业技术体系岗位专家张英杰教授 2009 年的调研,河北省绵羊、山羊总数为 1 600 万只,出栏 1 800 万只,居全国第五位。据行业统计,2013 年和 2014 年河北肉羊存栏量分别为 1 913 万、2 048 万只,出栏量分别是 1 910 万、2 070 万只。河北肉羊养殖多以玉米、饼粕、麸皮为精饲料,秸秆、牧草、青贮、糟渣为粗饲料进行舍饲和半舍饲,为提高肉羊生长速度,

饲料中精料用量比例逐渐加大,导致一些营养代谢病不断发生,特别是尿路结石问题较为突出,甚至在某些养殖场育肥阶段出现 20.0%~30.0% 结石病例,这已经成为制约当地肉羊养殖的新问题之一。

Munakata 等通过试验发现,当饲喂的精料量达到阉牛、羔羊体质量的 1.5% 时,尿中开始出现尿沉渣;达到 2.5% 时,饲喂 2 个月便出现大量的尿沉渣,并形成尿结石^[1];Wang 等和 Huang 等研究指出饲喂占水牛体质量 1.5% 的棉饼可引起水牛的尿石症,认为结石的发生与饲料矿物质不平衡高磷低钙等多方面因素有关^[2-3]。潘晓亮等、周恩库等报道,棉粕和棉籽壳诱发雄性细毛羊尿结石^[4-5]。王金勇等研究发现,高磷高镁日粮是诱发山羊尿结石的主要因素^[6]。黄有才等研究证实,在饲喂棉饼的山羊日粮中添加 4% 棉饼量的氯化钠可有效防止尿沉渣和尿结石的形成^[7]。国内外学者试验研究结

收稿日期:2016-04-28

基金项目:河北省科技支撑计划(编号:14226601D);河北省邯郸市科技支撑计划(编号:1322101073-5)。

作者简介:董印丽(1966—),女,河北滦南人,副教授,研究方向为动物代谢疾病防治。Tel:(0310)8571071;E-mail:dyljn@163.com。

饵料利用效率的影响[J]. 淡水渔业,2011,41(3):50-54,82.

[11] Ruohonen K, Vielma J, Grove D J. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring or dry pellets[J]. Aquaculture, 1998, 165(1): 111-121.

[12] 孙丽慧,王际英,丁立云,等. 投喂频率对星斑川鲮幼鱼生长和体组成影响的初步研究[J]. 上海海洋大学学报,2010,19(2): 190-195.

[13] 冒树泉,邹明好,王春生,等. 许氏平鲉幼鱼适宜投喂频率的研究[J]. 动物营养学报,2014,26(8):2379-2385.

[14] Biswas G, Thirunavukkarasu A R, Sundaray J K, et al. Optimization of feeding frequency of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fry reared in net cages under brackishwater environment[J]. Aquaculture, 2010, 305(1):26-31.

[15] 林 艳,缪凌鸿,戈贤平,等. 投喂频率对团头鲂幼鱼生长性能、肌肉品质和血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2015,27(9):2749-2756.

[16] Peres H, Oliva-Teles A. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquaculture, 1999, 179(1):325-334.

[17] 强 俊,李瑞伟,王 辉. 投喂频率对奥尼罗非鱼幼鱼生长效应研究[J]. 海洋与渔业,2008(4):23-25.

[18] 罗 波. 投喂频率对吉富品系尼罗罗非鱼幼鱼生长效益、体组成及胃排空的影响[D]. 南宁:广西大学,2011.

[19] Oh S Y, Maran B V. Feeding frequency influences growth, feed consumption and body composition of juvenile rock bream (*Oplegnathus fasciatus*) [J]. Aquaculture International, 2015, 23(1):175-184.

[20] 王 月,李广经,黄 勇,等. 植物蛋白替代鱼粉饲料中添加脱脂磷虾粉对黑鲟幼鱼生长及饲料利用的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2015,36(4):52-57.

[21] Grayton B D, Beamish F H. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. Aquaculture, 1977, 11(2):159-172.

[22] 潘 庆,刘 胜,梁桂英. 投喂频率对草鱼鱼种的生长、鱼体和组织营养成分组成的影响[J]. 上海水产大学学报,1998(7): 186-190.

[23] Kayano Y, Yao S, Yamamoto S, et al. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara* [J]. Aquaculture, 1993, 110(3):271-278.