

2 种饲料对褐菖鲉生长和消化及免疫能力的影响

蒋飞, 严银龙, 施永海*, 谢永德, 刘永士, 袁新程

(上海市水产研究所/上海市水产技术推广站, 上海 200433)

摘要: 分别用软性颗粒饲料(I组)和膨化颗粒饲料(II组)喂养褐菖鲉幼鱼 8 周, 比较 2 种饲料对褐菖鲉幼鱼生长、体成分、消化酶活性及非特异性免疫的影响。结果显示: I 组的相对增重率和饲料系数(分别为 145.67%和 1.77)都显著高于 II 组(分别为 110.73%和 1.67); II 组的蛋白质效率(130.90%)显著高于 I 组(119.41%); 2 组鱼的肥满度和成活率的差异均无统计学意义; II 组肌肉的水分和粗脂肪含量(分别为 75.68%和 2.37%)均显著高于 I 组(分别为 75.41%和 2.05%), 而灰分和粗蛋白含量的结果相反; I 组肠道中的胰蛋白酶活性显著高于 II 组, II 组肝和胃的胃蛋白酶活性、胰蛋白酶活性、脂肪酶活性及淀粉酶活性均显著高于 I 组; II 组肝组织中谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化氢酶、总超氧化物歧化酶的活性均高于 I 组, 且差异极显著。软性颗粒饲料对褐菖鲉幼鱼的生长有一定促进作用, 而膨化颗粒饲料降低了饲料系数, 提高了蛋白质效率以及消化酶和非特异性免疫酶活性, 两者对肌肉营养成分都有一定影响。

关键词: 褐菖鲉; 饲料; 生长; 营养成分; 消化酶; 非特异性免疫酶

中图分类号: S965.399 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2018)06-0655-06

Effect of two diets on the growth, digestion and immunity capacity of juvenile *Sebastiscus marmoratus*

JIANG Fei, YAN Yinlong, SHI Yonghai*, XIE Yongde, LIU Yongshi, YUAN Xincheng

(Shanghai Fisheries Research Institute/Shanghai Fisheries Technical Extension Station, Shanghai 200433, China)

Abstract: To investigate the effects on growth, nutritive composition and the activities of digestive enzyme, nonspecific immunity enzyme of juvenile *Sebastiscus marmoratus*, we fed with soft pellet feed(group I) and expanded pellet feed(group II) for 8 weeks. The results showed, the group I were in favor of the relative weight-growth rate and the feed conversion rate which were 145.67% and 1.77 in group I and 110.73% and 1.67 in group II; while the group II had advantages on the protein efficiency ratio which was 119.41% in group I and 130.90% in group II. No significant difference between the two groups showed in fatness and survival rate. The moisture content and the crude fat content of group II(75.68% and 2.37%) were significantly higher than those of group I (75.41% and 2.05%), however, the crude ash content and the crude protein content showed a contrary tendency. The activities of pepsin, trypsin, lipase and amylase in liver and stomach of group II were significantly higher than those of group I, while trypsin activity in intestine of group I was significantly higher than that of group II, the activities of glutathione peroxidase, catalase and superoxide dismutase in liver of group II were significantly higher than those of group I. In conclusion, soft pellet feed might play a role in promoting the growth of juvenile *Sebastiscus marmoratus*, expanded pellet feed reduced the feed conversion rate, enhanced the efficiency of protein, and increased the activities of digestive enzyme and nonspecific immunity enzyme of juvenile *Sebastiscus marmoratus*. Both of them had effects on muscle nutrition.

收稿日期: 2018-05-08

修回日期: 2018-05-25

基金项目: 上海市农业委员会种业项目(沪农科种字(2016)第 2-2 号); 上海长江口主要经济水生动物人工繁育工程技术研究中心项目(13DZ2251800)

作者简介: 蒋飞(1989—), 男, 江苏泰兴人, 硕士, 工程师, 主要从事水产养殖及育种研究, yglj214@163.com; *通信作者, 施永海, 教授级高级工程师, 主要从事水产养殖、水环境监测及繁殖生物学研究, yonghais@163.com

Keywords: *Sebastiscus marmoratus*; feed; growth; nutrition component; digestive enzyme; nonspecific immunity enzyme

褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)俗称虎头鱼、石九公,隶属硬骨鱼纲鲉形目鲉科菖鲉属,其肉质白嫩、味道鲜美,素有“假石斑鱼”之称,营养和经济价值较高,是一种颇受人们喜爱的海产品^[1]。采用不同饲料投饲鱼类时,因其消化、生长以及饲料系数等存在差异,导致养殖成本有所不同^[2-3]。在养殖生产中,如何选择合适的饲料对于提高褐菖鲉的养殖效益具有重要意义。国内外对褐菖鲉的营养需求、配合饲料的应用以及对褐菖鲉免疫力影响的研究仍较少。为此,本研究比较软性颗粒饲料和膨化颗粒饲料对褐菖鲉幼鱼生长、体成分、消化酶及非特异性免疫酶的影响,以期对褐菖鲉的人工养殖及配合饲料的研发提供依据。

表1 试验饲料主要营养成分

Table 1 Nutrition components of experimental diets				
饲料类型	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白
软性颗粒	(5.61±0.03)A	10.22±0.04	(3.16±0.27)A	(47.68±0.27)A
膨化颗粒	(9.62±0.04)B	10.20±0.15	(9.29±0.62)B	(45.51±0.60)B

同列不同大写字母示处理间差异极显著($P < 0.01$)。

1.2 试验设计与日常管理

养殖试验分2组,即软性颗粒饲料组(I组)和膨化颗粒饲料组(II组),每组3个重复,每个重复1个尼龙网箱。试验用鱼先暂养于2个20 m³的水泥池中,分别用软性颗粒饲料和膨化颗粒饲料进行引食;停食24 h后,分别拉网将体长3~4 cm,规格均匀的150尾幼鱼随机放入对应的尼龙网箱(50尾/网箱)。每天人工投饲2次,观察褐菖鲉的进食情况,随时调整投饲速度和投饲量,以表现饱食为准。每天吸污1次。每2周换水1次,换水量为池水的2/3。第4周倒池1次。自然水温(25.0~30.0 °C),连续曝气。水质指标:pH 7.86~8.09;溶解氧含量不小于7.26 mg/L;总氮、亚硝态氮含量分别不大于0.57、0.60 mg/L。养殖试验时间2017-06-30—08-25,历时8周。

1.3 样品制备

养殖试验结束,停止投喂24 h后,测量试验鱼的体长和体质量;每个重复取10尾鱼组成1个样本,用清水洗净后在冰盘上解剖,取鱼躯干部肌

1 材料与方法

1.1 试验材料

褐菖鲉采自上海市水产研究所奉贤科研基地,为当年人工繁殖的幼鱼。软性颗粒饲料是成鳗料和水按一定比例搅拌混合,再手工揉制成适口大小的颗粒;膨化颗粒饲料为常兴牌鱼类配合饲料。饲料常规营养成分见表1。试验用水是当地自然海水(盐度8~10)加适量浓缩海水调配成盐度为18~20的人工海水,经过蓄水池沉淀和孔径0.125 mm的筛绢网过滤。试验水槽为尼龙网箱(100 cm×70 cm×40 cm)。

肉,冷冻干燥后用来测水分、灰分、粗脂肪以及粗蛋白含量;取出肝脏、肠和胃,剔除附着物,用预冷的生理盐水冲洗并用滤纸吸干,将制备好的样品组织放到-80 °C冰箱保存,待测。测定酶活性前,先将冷冻样品置于0~4 °C冰箱解冻,放入预冷的离心管中,加入9倍体积预冷生理盐水,冰浴匀浆,高速冷冻离心机离心(0~4 °C, 2 500 r/min离心10 min),取上清液用于各酶活性测定。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 生长性能指标

生长效果测定指标:

相对增重率 $W_{GR} = (M_{末} - M_{初}) / M_{初} \times 100\%$;

饲料系数 $F_{CR} = S / (M_{末} - M_{初})$;

肥满度 $C_F = W / L^3 \times 100\%$;

蛋白质效率 $P_{ER} = (M_{末} - M_{初}) / S \times D \times 100\%$;

成活率 $S_R = C / T \times 100\%$ 。

式中: $M_{初}$ 为试验初质量; $M_{末}$ 为试验末质量; S 为摄食饲料总质量; W 为体质量; L 为体长; D 为饲料蛋白含量; C 为成活尾数; T 为总尾数。

1.4.2 饲料和肌肉营养成分

饲料和冷冻干燥样品于105 °C烘箱烘干，测定水分含量；采用马弗炉550 °C高温灼烧法测定粗灰分含量；用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量；用氯仿-甲醇提取法测定粗脂肪含量。

1.4.3 消化酶及非特异性免疫酶活性

采用考马斯亮兰法测定组织蛋白含量；采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定消化酶、非特异性免疫酶活性。

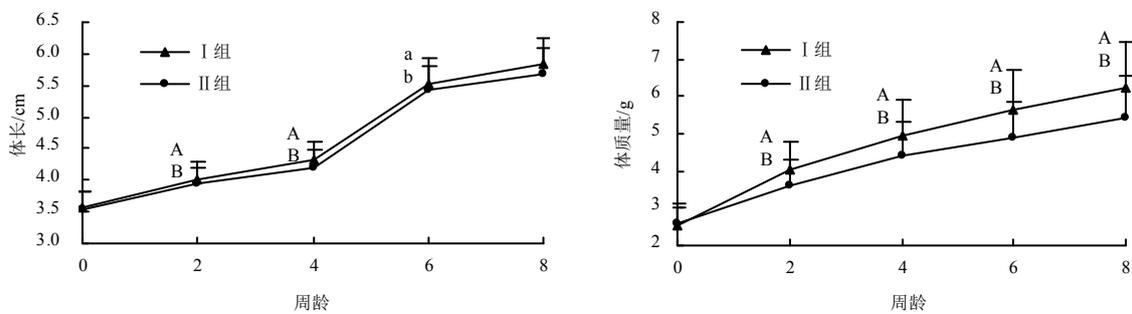
1.5 数据处理和统计

用SPSS 20处理试验数据；采用独立样本t-检验进行2个处理组之间的比较^[4]。

2 结果与分析

2.1 2 种饲料对褐菖鲉幼鱼生长指标的影响

由图1可知，I 组的体长、体质量的增长速度均优于 II 组。饲养2周时，2组鱼的体长和体质量均呈极显著差异($P<0.01$)，且在体长上的差异逐渐缩小，饲养8周时，体长已无显著差异；在8周的养殖试验期间，2组褐菖鲉幼鱼的体质量一直呈极显著差异($P<0.01$)。由表2可知，I 组的相对增重率高于 II 组，且差异极显著($P<0.01$)；II 组的饲料系数显著低于 I 组的($P<0.05$)；II 组的蛋白质效率显著高于 I 组($P<0.05$)；2处理组的肥满度和成活率的差异均无统计学意义($P>0.05$)。



大写字母示组间差异极显著($P<0.01$)；小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

图1 投喂不同饲料的褐菖鲉幼鱼的体长和体质量

Fig.1 The body length and weight of juvenile *Sebastiscus marmoratus* feeding different diets

表2 投喂不同饲料的褐菖鲉幼鱼的生长性能

Table 2 The growth performance of juvenile *Sebastiscus marmoratus* feeding different diets

组别	相对增重率/%	饲料系数	蛋白质效率/%	肥满度/%	成活率/%
I	(145.67±45.6)A	(1.77±0.04)a	(119.41±2.51)a	3.12±0.14	99.33±1.16
II	(110.73±3.57)B	(1.67±0.03)b	(130.90±2.28)b	2.95±0.06	98.67±2.31

同列不同大写字母示处理间差异极显著($P<0.01$)；不同小写字母示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.2 2 种饲料对褐菖鲉幼鱼肌肉体成分的影响

从表3可以看出，投饲软性颗粒饲料和膨化颗粒饲料8周后，褐菖鲉幼鱼肌肉常规营养成分差异显著。I 组肌肉中的水分含量显著低于 II 组

($P<0.05$)，而灰分含量要显著高于 II 组($P<0.05$)；II 组肌肉中的粗脂肪含量高于 I 组，但粗蛋白含量低于 I 组，且差异均极显著($P<0.01$)。

表3 投喂不同饲料的褐菖鲉幼鱼肌肉的常规营养成分

Table 3 The body muscle conventional nutrients of juvenile *Sebastiscus marmoratus* feeding different diets

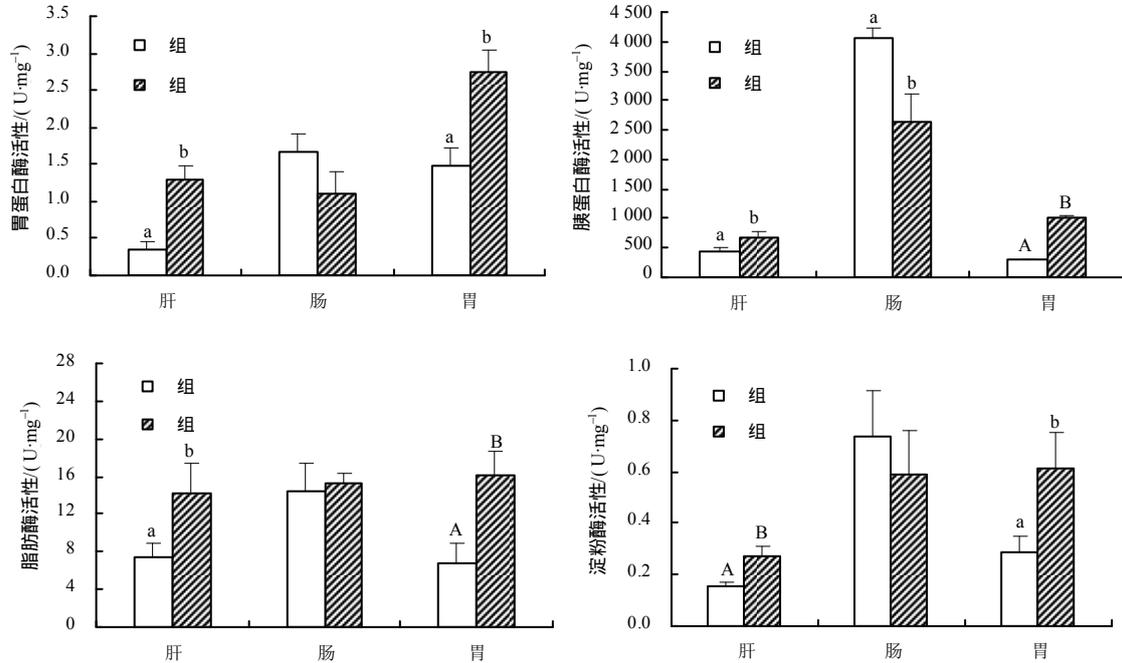
组别	水分含量	灰分含量	粗脂肪含量	粗蛋白含量
I	(75.41±0.11)a	(1.40±0.06)a	(2.05±0.12)A	(21.18±0.18)A
II	(75.68±0.13)b	(1.26±0.01)b	(2.37±0.20)B	(20.36±0.23)B

水分、灰分、粗蛋白和粗脂肪含量是占鲜质量的百分比；同列不同大写字母示处理间差异极显著($P<0.01$)，不同小写字母示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.3 2种饲料对褐菖鲉幼鱼内脏组织消化酶活性的影响

由图2可知, I组肠道中的胰蛋白酶活性显著高于II组($P<0.05$); II组肝和胃中的胃蛋白酶活

性、胰蛋白酶活性、脂肪酶活性及淀粉酶活性均显著高于I组的($P<0.05$), 且2处理组胃组织中的胰蛋白酶活性、脂肪酶活性和肝组织中的淀粉酶活性的差异达到极显著水平($P<0.01$)。



大写字母示组间差异极显著($P<0.01$); 小写字母示组间差异显著($P<0.05$)。

图2 投喂不同饲料的褐菖鲉幼鱼的消化器官中消化酶活性

Fig.2 The digestive enzyme activities in digestion organs of juvenile *S. marmoratus* feeding different diets

2.4 2种饲料对褐菖鲉肝组织非特异性免疫酶活性的影响

II组肝组织中谷胱甘肽过氧化物酶、过氧化

氢酶、总超氧化物歧化酶的活性均高于I组, 且差异极显著($P<0.01$)。

表4 投喂不同饲料的褐菖鲉幼鱼的肝脏非特异性免疫酶活性

组别	谷胱甘肽过氧化物酶活性	过氧化氢酶活性	总超氧化物歧化酶活性
I	(1.98±0.28)A	(26.51±1.57)A	(271.74±33.47)A
II	(6.41±0.82)B	(76.55±7.63)B	(548.73±60.34)B

同列不同大写字母示处理间差异极显著($P<0.01$)。

3 结论与讨论

不同饲料对鱼类的生长、摄食量、营养物质转化效率、消化率有一定的影响^[5-6]。如龙虎斑(*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E.lanceolatus*♂)^[7]、军曹鱼(*Rachycentron canadum* Linnaeus)^[8]、黄鳍(*Monopterus albus*)^[9]、瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)^[10]和西伯利亚鲟(*Acipenser baerii*)^[11]在投喂不同饲料后的生长差异有统计学意义。本研究结果显示, 褐菖鲉幼鱼的生长受饲料的影响较

大。褐菖鲉幼鱼经过8周的饲养, I组的生长速度优于II组, 饲料系数显著高于II组, 但I组的蛋白质效率显著低于II组。究其原因, 可能是软性颗粒饲料比较适合褐菖鲉的摄食习性, 适口性好, 因而褐菖鲉幼鱼摄食积极, 集群抢食性高, 摄食量高于II组, 相对提高了褐菖鲉幼鱼的生长速度; 也可能是饲料中适宜的脂肪水平可以提高幼鱼的饲料蛋白质效率, 降低饲料系数^[12-14]。本研究中, II组的蛋白质效率(130.90%)显著高于I组(119.41%), 可能是因为膨化颗粒饲料的粗脂肪

含量(干质量百分含量为9.29%)显著高于软性颗粒饲料(干质量百分含量为3.16%)。具体原因后续还需对饲料的适口性和科学配比进一步优化验证。

鱼类肌肉营养成分的含量与其生存环境、饲料、生长期都密切相关^[15-16]。GAYLORD和GATLIN^[17]研究发现,杂交条纹鲈(*Morone chrysops*♀×*M. saxatilis*♂)鱼体脂肪含量与饲料中脂肪含量存在正相关;逯尚尉等^[16]研究发现,点带石斑鱼投喂鱼肉组和混合饲料组的粗蛋白含量显著高于配合饲料组,粗脂肪含量则显著低于配合饲料组,与各组饲料中的粗蛋白和粗脂肪含量呈正相关关系。本研究结果表明,II组的粗脂肪含量极显著高于I组($P<0.01$),粗蛋白含量正好相反,与饲料中的粗脂肪和粗蛋白含量存在正相关。

翘嘴鲌(*Culter alburnus*)^[18]和南方鲇(*Silurus meridionalis*)^[19]的胃蛋白酶的活性随着饲料中蛋白质水平的提高而显著升高;而NAGASE^[20]研究证实莫桑比克罗非鱼(*Tilapia mossambica*)的胃蛋白酶活性并不受饲料的影响;汤保贵等^[8]在军曹鱼的投喂试验中发现,军曹鱼的蛋白酶活性与饲料中的粗蛋白含量间并不存在简单的正相关关系。本研究中,II组肝和胃组织的胃蛋白酶和胰蛋白酶活性均显著高于I组,但是II组的粗蛋白含量却极显著低于I组。这可能与养殖种类以及蛋白源有关。

NAGASE^[20]研究认为莫桑比克罗非鱼脂肪酶活性与饲料没有明显的相关性;CARA等^[21]研究发现,重牙鲷(*Diplodus sargus*)稚鱼在开始投喂配合饲料后,脂肪酶的活性有明显的增加趋势,表明脂肪酶的活性与饲料中的脂肪具有相关性;李芹和刁晓明^[10]对瓦氏黄颡鱼研究表明,稚鱼饲料组和驯化组的脂肪酶活性高于活饲料组,与饲料中的脂肪含量呈正相关关系;王重刚^[22]研究发现,真鲷(*Pagrosomus major*)稚鱼的脂肪酶活性与饲料中的脂肪含量呈负相关。本研究中,褐菖鲉幼鱼II组的肝和胃脂肪酶活性显著高于I组,其脂肪酶活性与饲料中的脂肪含量呈正相关。不同饲料对鱼类脂肪酶活性的影响比较复杂,还有待进一步研究。

已经证实鱼类的淀粉酶活性与饲料密切相关,并与其食性也有密切关系^[10,16]。肉食性动物主要以脂肪为主要的能源物质,其利用碳水化合物

的能力较差,因而淀粉酶活性也较低^[23]。褐菖鲉属于肉食性鱼类,其淀粉酶活性相对于其他消化酶活性最低。II组肝和胃组织中的淀粉酶活性显著高于I组,说明不同饲料的营养成分与褐菖鲉幼鱼的淀粉酶活性也有关联。

鱼类消化酶活性不仅能够反映基本的消化生理特征,而且其活性的高低决定鱼类对饲料营养物质消化吸收的能力^[24]。II组肝和胃的胃蛋白酶、胰蛋白酶、脂肪酶及淀粉酶的活性均显著高于I组($P<0.05$),说明褐菖鲉幼鱼对膨化颗粒饲料的消化吸收能力更强。

鱼类属于较低等的脊椎动物,兼具特异性免疫和非特异性免疫。由于特异性免疫还不完善,因而非特异性免疫在鱼类抵御外源微生物的作用极其重要^[25-26]。肝脏指标的变化是一种对短期或长期营养方式的直接反映,因而肝脏功能可作为考察鱼类健康状况的重要指标。本研究发现,褐菖鲉幼鱼投喂膨化颗粒饲料后,其GSH-PX、SOD和CAT活性均显著高于I组,且差异极显著($P<0.01$);可见,膨化颗粒饲料可在一定程度上提高褐菖鲉幼鱼肝脏组织的非特异性免疫酶的活性。

从本试验的养殖效果看,虽然软性颗粒饲料对褐菖鲉的生长效果相对更好,但膨化颗粒饲料能有效降低褐菖鲉幼鱼的饲料系数,提高蛋白质效率;在肌肉营养成分方面,投喂膨化颗粒饲料的褐菖鲉幼鱼的脂肪含量更高,在提高肌肉营养价值的同时,也使其肌肉具有了更好的口感;膨化颗粒饲料对褐菖鲉幼鱼的消化酶活性和非特异性免疫酶活性的提高更明显;因此,应按照养殖生产的需要,改进饲料配方,获得更加优质、高效的配合饲料,以满足褐菖鲉大规模人工养殖的需要。

参考文献:

- [1] 石戈,王健鑫,刘雪珠,等.褐菖鲉消化道的组织学和组织化学[J].水产学报,2007,31(3):293-302.
- [2] 白晓慧,熊传喜.不同饲料对鱼类消化酶活性的影响[J].中国饲料,2007(10):20-23.
- [3] 邵康,孟经宇,方银元,等.不同饲料对草鱼鱼种养殖效果试验[J].淡水渔业,2004,34(2):31-33.
- [4] 施永海,张根玉,刘永士,等.野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较[J].水产学报,2013,37(5):768-776.

- [5] PAGE J W, ANDREWS J W. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*)[J]. The Journal of Nutrition, 1973, 103(9): 1339-1346.
- [6] 施永海, 张根玉, 张海明, 等. 配合饲料和活饵料对刀鲚幼鱼生长、存活和消化酶、非特异性免疫酶、代谢酶及抗氧化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(12): 2029-2038.
- [7] 刘忠优, 张健东, 周晖, 等. 不同饵料强化剂对龙虎斑仔稚鱼生长、存活率、消化酶活力及体成分的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2014, 34(4): 27-32.
- [8] 汤宝贵, 陈刚, 张健东, 等. 饵料系列对军曹鱼仔鱼生长、消化酶活力和体成分的影响[J]. 水生生物学报, 2007, 31(4): 479-484.
- [9] 柯玉清, 胡武波, 陈会兰, 等. 不同饲料对黄鳍生长和肌肉营养组成的影响[J]. 长江大学学报自然科学版(农学卷), 2010, 7(1): 25-26, 31.
- [10] 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.
- [11] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 不同开口饵料对西伯利亚鲟仔鱼生长、存活和体成分的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 358-362.
- [12] 李伟东, 黄峰, 王贵英, 等. 饲料脂肪水平对黑尾近红鲷生长性能及鱼体成分的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2014(11): 56-60.
- [13] 朱婷婷. 俄罗斯鲟幼鱼适宜饲料脂肪源和脂肪水平的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2016.
- [14] 王贵英, 曾可为, 郑翠华, 等. 饲料脂肪水平对鳊鱼生长的影响[J]. 饲料研究, 2003(4): 38-39, 41.
- [15] 黄艳青, 高露姣, 陆建学, 等. 饲料中添加南极大磷虾粉对点带石斑鱼幼鱼生长与肌肉营养成分的影响[J]. 海洋渔业, 2010, 32(4): 440-446.
- [16] 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.
- [17] GAYLORD T G, GATLIN III D M. Dietary lipid level but not L-carnitine affects growth performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops*♀×*M. saxatilis*♂)[J]. Aquaculture, 2000, 190: 237-246.
- [18] 宋林, 樊启学, 胡培培, 等. 饲料蛋能比对翘嘴鲌幼鱼生长性能、肠道和肝胰脏消化酶活性的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(7): 1480-1487.
- [19] 黄峰, 严安生, 张桂蓉, 等. 不同蛋白含量饲料对南方鲇胃蛋白酶和淀粉酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2003, 27(5): 451-456.
- [20] NAGASE G. Contribution to the physiology of digestion in *Tilapia mossambica* Peters: digestive enzymes and the effects of diets on their activity[J]. Zeitschrift Für Vergleichende Physiologie, 1964, 49(3): 270-284.
- [21] CARA J B, MOYANO F J, CÁRDENAS S, et al. Assessment of digestive enzyme activities during larval development of white bream[J]. Journal of Fish Biology, 2003, 63(1): 48-58.
- [22] 王重刚. 不同饵料对真鲷稚鱼消化酶活性的影响[J]. 海洋学报, 1998, 20(4): 103-106.
- [23] 靳立兵, 张林林, 李荣华, 等. 不同饵料对管角螺生长、肝脏消化酶活性及软体部营养成分的影响[J]. 海洋科学, 2013, 37(6): 66-72.
- [24] FERNÁNDEZ I, MOYANO F J, DÍAZ M, et al. Characterization of α -amylase activity in five species of Mediterranean sparid fishes(Sparidae, Teleostei)[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, 262(1): 1-12.
- [25] JONES S R M. The occurrence and mechanisms of innate immunity against parasites in fish[J]. Developmental & Comparative Immunology, 2001, 25(8/9): 841-852.
- [26] 王纪亭, 万文菊, 康明江, 等. 复合酶制剂对草鱼生长性能、饲料养分消化率及免疫力的影响[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(5): 417-422.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳正