

冰鲜杂鱼与颗粒饲料对斜带石斑鱼的对比饲养效果

牛行健, 冯瀚墨, 赵兴巧, 覃应梅, 叶继丹

(集美大学水产学院, 厦门市饲料检测与安全评价重点实验室, 福建 厦门 361021)

[摘要] 选择冰鲜杂鱼和2个市场反映较好的石斑鱼配合饲料产品, 分别对斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)进行饲喂效果实验, 通过生长性能、体成分、群体离散度以及养殖成本分析, 评价冰鲜杂鱼和配合颗粒饲料在斜带石斑鱼养殖效果上的优劣。同一批培育的斜带石斑鱼幼鱼, 随机分成3组(冰鲜杂鱼组、石斑鱼颗粒饲料1组和石斑鱼颗粒饲料2组), 每组3个网箱, 每箱45尾。养殖实验为期7周, 每天定时定点投喂两次。结果表明: 冰鲜杂鱼组的增重率、特定生长率、摄食率均显著高于两种颗粒饲料组; 群体离散度则是冰鲜杂鱼组大于颗粒饲料组; 冰鲜杂鱼组粗蛋白含量显著高于两种颗粒饲料组, 但是粗脂肪含量显著低于颗粒饲料组; 斜带石斑鱼每增重1 kg所需的饲料成本, 饲喂冰鲜杂鱼要比饲喂两种颗粒饲料分别高3.25和4.26元, 性价比较低。这些说明: 冰鲜杂鱼在促进斜带石斑鱼生长和鱼体蛋白沉积方面虽然优于配合饲料, 但在性价比、便捷性以及鱼体规格一致性上, 冰鲜杂鱼则不如配合饲料。

[关键词] 斜带石斑鱼; 颗粒饲料; 冰鲜杂鱼; 生长性能; 成本效益

[中图分类号] S 963

The Effect Comparisons Between Frozen Trash Fish and Artificial Compound Feed for Grouper(*Epinephelus coioides*)

NIU Xingjian, FENG Hanmo, ZHAO Xingqiao, QIN Yingmei, YE Jidan

(Fisheries College of Jimei University, Xiamen Key Laboratory for Feed Quality Testing and Safety Evaluation, Xiamen 361021, China)

Abstract: A feeding trial was conducted to compare the difference between one kind of frozen trash fish (diet 1) and two artificial compound feeds (diet 2 and diet 3) in growth performance and cost-effectiveness in grouper *Epinephelus coioides*. Grouper juveniles with an initial body weight of 10.0 g were randomly divided into three groups with triplicate net cages at a stock density of 45 fish per cage. Fish were hand-fed one of the three diets to apparent satiation at each meal, twice a day across a feeding period of 7 weeks. The fish receiving frozen trash fish had better weight gain rate, specific growth rate and feeding rate as compared with diet 2 and diet 3; the group dispersion of frozen trash fish was greater than that of the two artificial compound feeds. The whole-body crude protein content was significantly higher, but the crude fat content significantly lower in fish fed with frozen trash fish than that of fish fed with the two artificial compound feeds; however, based on the feed cost per 1 kg of body weight gain, the feed cost of frozen trash fish raised by 3.25 yuan and 4.26 yuan respectively vs the two artificial compound feeds. The results showed that feeding frozen trash fish could achieve faster growth rate and body protein deposition in comparison with feeding artificial compound feeds, but the former is inferior to the latter in feed cost-effectiveness, accessibility, and the consistency of fish size.

[收稿日期] 2020-03-06

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31772861, 31372546); 福建省科技重大专项/专题(2016NZ0001-3)

[作者简介] 牛行健(1994—), 男, 硕士, 从事水产饲料与营养研究。通信作者: 叶继丹(1966—), 男, 研究员, 博导, 从事水产动物营养与代谢调控机理、水产饲料的研究与开发。E-mail: yjdwk@sina.com

Keywords: grouper (*Epinephelus coioides*); artificial compound feed; frozen trash fish; growth performance; cost-effectiveness

0 引言

斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 隶属鲈形目 (perciformes) 石斑鱼属 (*Epinephelus*)^[1], 主要生活在太平洋和印度洋的热带、亚热带地区。20 世纪 80 年代我国科技工作者开展了石斑鱼人工种苗培育研究, 先后实现了亲鱼模拟自然产卵、鱼卵的批量生产及规模化人工养殖等技术^[2]。其中主要的养殖品种有斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*)、点带石斑鱼 (*Epinephelus malabaricus*)、赤点石斑鱼 (*Epinephelus akaara*)、青石斑鱼 (*Epinephelus awoara*) 等多个品种。斜带石斑鱼由于具抗病性强、口感鲜美、生长迅速、价格高等特点^[3], 备受消费者和养殖户青睐。2018 年, 中国养殖石斑鱼的产量为 15.96 万 t^[1], 成为我国主要海水养殖鱼类之一^[4]。目前在石斑鱼的育苗和生产中, 主要采用冰鲜杂鱼和配合饲料交替使用的方式。冰鲜杂鱼诱食性好, 但来源复杂, 并受季节和资源量的限制, 存在价格不稳、易变质、质量难以保证等不足, 还可能是水产病原的重要来源^[5], 且作为饲料使用还需要人为切断剪碎, 操作费时、费工。配合饲料营养全面, 工艺先进, 鱼的生长速度较快, 但相比冰鲜杂鱼, 配合饲料在适口性、饲喂效果、市场价格等方面并不占优, 这是冰鲜杂鱼在石斑鱼养殖中仍受广大养殖户追捧, 而配合饲料未能完全普及的重要原因。加强饲料技术研发, 开发出可替代冰鲜杂鱼的高效配合饲料, 为石斑鱼养殖业的可持续发展提供内驱力才是重中之重。

目前养殖饵料已经开始逐渐向人工配合饲料转变^[6], 国内一些饲料企业均已开发出适口性佳、水稳定性好、促生长效果好的石斑鱼配合饲料, 并在石斑鱼养殖生产中推广应用, 取得了较好的饲喂效果。迄今还没有采用严谨的对比实验来比较冰鲜杂鱼和配合饲料在饲喂石斑鱼效果上的好坏, 孰优孰劣仍没有定论, 难以找到问题的症结之所在^[7-13]。为此, 本研究选择 2 个市场反映良好的石斑鱼饲料产品, 在相同养殖环境条件下, 将这 2 种配合饲料与冰鲜杂鱼做对比饲喂实验, 为石斑鱼配合饲料的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验鱼和实验设计

实验动物为斜带石斑鱼, 饲养实验在福建诏安大北农海康养殖基地进行。在实验前先将斜带石斑鱼暂养于海康养殖基地水泥池中, 在暂养期间投喂商用颗粒饲料。暂养 7 d 后, 挑选体质健康, 且无伤病、无畸形, 规格大小基本一致的斜带石斑鱼幼鱼共 405 尾, 随机分配到 9 个网箱 (120 cm × 80 cm × 50 cm) 中, 每箱 45 尾。将 9 个网箱随机分成 3 个处理组 (即冰鲜杂鱼组、颗粒饲料 1 组、颗粒饲料 2 组), 每组 3 个网箱。斜带石斑鱼幼鱼初重约为 (10.0 ± 0.02) g。

1.2 实验饲料

本实验使用的冰鲜杂鱼为福建诏安县沿海捕捞的海杂鱼, 2 个石斑鱼幼鱼颗粒饲料分别由两家水产饲料公司友情提供。饲料常规成分见表 1。

表 1 实验饲料常规营养成分 (湿重)
Tab. 1 Proximate composition of experimental diets (wet weight)

饲料 Diet	粗蛋白 Grude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	单位 Uint: %
				水分 Moisture
冰鲜杂鱼 Frozen trash fish	21.03	3.11	4.51	66.31
颗粒饲料 1 Compound feed 1	51.96	15.44	13.33	8.89
颗粒饲料 2 Compound feed 2	51.55	12.74	11.70	10.65

1.3 饲养管理

在实验过程中, 每日 7 时和 16 时投喂实验饲料, 每次投喂饲料至实验鱼达到其表观饱食为止。

投喂 30 min 后, 记录下各网箱鱼的摄食量和残料量。每 3 天换水 1 次, 换水量约为原池水量的 1/3, 每周清理一次网箱。实验期间养殖水温条件在 20 ~ 26 °C, 水体的溶氧量要在 7.5 mg/L 以上, 保持水体氨氮浓度低于 0.2 mg/L。养殖期间记录下各个网箱实验鱼的摄食情况、健康状况以及死亡情况, 养殖实验持续 7 周。

1.4 样品采集

养殖实验结束后, 统计各网箱实验用鱼的尾数和总重, 用以测定成活率和增重率。称重后放回网箱, 正常投喂饲料, 稳定 24 h 后用抄网从每箱随机捞取 15 尾鱼, 用丁香酚麻醉, 逐尾称重和测量体长, 用于测定肥满度和群体离散度; 然后用解剖工具迅速取其中 8 条鱼的肝脏并称重, 用于计算肝体比; 再将剩下的 7 尾鱼装入塑封袋, 存放于 -20 °C 冰箱中, 用于测定全鱼体常规成分。

1.5 指标测定

冰鲜杂鱼、颗粒饲料、全鱼样品的常规营养成分采用 AOAC (1995) 方法测定; 水分采用 105 °C 恒温烘箱烘干至恒重进行测定; 粗蛋白含量采用定氮仪进行测定; 粗脂肪含量采用索氏抽提法测定; 粗灰分采用马弗炉灼烧法, 550 °C 灼烧 8 h 测定。

生长指标采用以下公式计算:

增重率 (weight gain rate, WGR, %) = $100 \times (W_f - W_i) / W_i$;

特定生长率 (specific growth rate, SGR, %/d) = $100 \times (\ln W_f - \ln W_i) / t$;

摄食率 (feeding rate, FR, %/d) = $100 \times W / ((W_f + W_i) / 2) / t$;

饲料效率 (feed efficiency, FE) = $(W_f - W_i) / W$;

肝体比 (hepatosomatic index, HSI, %) = $100 \times W_h / W_c$;

肥满度 (condition factor, CF, g/cm³) = $100 \times W_c / L^3$;

成活率 (survival rate, SR, %) = $100 \times N_f / N_i$;

群体离散度 = $(L_{\max} - L_{\min}) / L$ 。

其中: W_i 为初始均重 (g/尾), W_f 为终末均重 (g/尾), t 为投喂天数 (d), W 为摄食饲料量 (g/尾), W_h 为样品鱼肝重 (g/尾), W_c 为样品鱼重 (g/尾), L 为样品鱼体长 (cm/尾), N_i 为初始鱼尾数, N_f 为终末鱼尾数, L_{\max} 为群体最大体长 (cm), L_{\min} 为群体最小体长 (cm), L 为群体平均体长 (cm)。

1.6 数据处理方法

结果以平均值 ± 标准误差来表示, 采用 SPSS22.0 统计软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA)。若实验数据存在显著性差异时, 运用 Student-Newman-Keuls 检验法进行多重比较, 显著性差异水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 生长性能

实验期间, 各组实验鱼摄食良好, 没有出现一例死亡。从表 2 可见, 冰鲜杂鱼组鱼的增重率、特定生长率和摄食率均明显高于两个颗粒饲料组, 但饲料效率明显低于两个颗粒饲料组 ($P < 0.05$); 颗粒饲料 1 组的饲料效率高于颗粒饲料 2 组 ($P < 0.05$); 肝体比和肥满度在各组之间无明显差异。

2.2 群体离散度

群体离散度结果见表 3。冰鲜杂鱼组最大个体的体长大于颗粒饲料组的最大个体体长, 而最小个体体长小于颗粒饲料组最小个体体长; 冰鲜杂鱼组的群体离散度也比颗粒饲料组大。

2.3 鱼体常规成分

从表 4 可见, 冰鲜杂鱼组粗蛋白和粗灰分含量明显高于两个颗粒饲料组 ($P < 0.05$), 但粗脂肪含量明显低于两个颗粒饲料组 ($P < 0.05$), 而水分含量各组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.4 饲料成本核算

单位饲料成本 (即实验鱼每增长 1 kg 所需要的饲料成本) 是按照当年原料鱼、颗粒饲料的销售

价格计算的。由表 2 可知, 颗粒饲料 1 组和颗粒饲料 2 组的饲料效率分别是冰鲜杂鱼组的 3.35 倍和 3.10 倍, 而这 3 个实验组的成活率均为 100%, 由此可以计算出冰鲜杂鱼组的单位饲料成本要比颗粒饲料 1 组、颗粒饲料 2 组分别高出 3.25、4.26 元 (见表 5)。

表 2 不同实验饲料对斜带石斑鱼生长指标的影响(湿重)
Tab. 2 Effects of three experimental diets on the growth performance of grouper(wet weight)

组别 Group	增重率 WGR /%	特定生长率 SGR/(%·d ⁻¹)	摄食率 FR /(%·d ⁻¹)	饲料效率 FE	肝体比 HSI /%	肥满度 CF /(g·cm ⁻³)
冰鲜杂鱼组 Frozen trash fish	156.15 ± 1.66 ^b	1.68 ± 0.01 ^b	13.16 ± 0.02 ^b	0.34 ± 0.04 ^a	2.12 ± 0.03	2.63 ± 0.02
颗粒饲料 1 组 Compound feed 1	129.76 ± 0.78 ^a	1.49 ± 0.01 ^a	3.92 ± 0.01 ^a	1.14 ± 0.02 ^c	2.63 ± 0.06	2.72 ± 0.01
颗粒饲料 2 组 Compound feed 2	126.94 ± 2.66 ^a	1.46 ± 0.02 ^a	4.24 ± 0.01 ^a	1.05 ± 0.02 ^b	2.15 ± 0.02	2.76 ± 0.01

注: 同列数据肩标小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: values with different small letter superscripts in the same column indicated significant difference ($P < 0.05$) .

表 3 3 组实验饲料对斜带石斑鱼的群体离散度的影响
Tab. 3 Effects of three kinds of experimental diets on the measures of dispersion of grouper

组别 Group	最大体长 Maximum length/cm	最小体长 Minimum length/cm	体长差值 Range/cm	群体离散度 Coefficient of variation
冰鲜杂鱼组 Frozen trash fish	11.8	9.4	2.4	0.22
颗粒饲料 1 组 Compound feed 1	11.3	9.5	1.8	0.17
颗粒饲料 2 组 Compound feed 2	11.7	9.7	2.0	0.19

表 4 3 组实验饲料对斜带石斑鱼全体常规营养成分的影响(湿重)
Tab. 4 Effects of three kinds of experimental diets on the whole-body composition of grouper(wet weight)
单位 Unit: %

组别 Group	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	水分 Moisture
冰鲜杂鱼组 Frozen trash fish	17.60 ± 0.74 ^b	5.33 ± 0.24 ^a	4.57 ± 0.05 ^c	72.00 ± 1.22
颗粒饲料 1 组 Compound feed 1	16.37 ± 0.37 ^a	6.53 ± 0.63 ^b	4.30 ± 0.11 ^b	71.34 ± 2.25
颗粒饲料 2 组 Compound feed 2	15.76 ± 0.71 ^a	6.35 ± 0.21 ^b	4.14 ± 0.04 ^a	72.59 ± 3.86

注: 同列数据肩标小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: values with different small letter superscripts in the same column indicated significant difference ($P < 0.05$) .

表 5 不同实验饲料的养殖成本核算
Tab. 5 The cost accounting for the three experimental diets

组别 Group	饲料单价 Feed sales price/(元 Yuan·kg ⁻¹)	单位饲料成本 Unit cost/元 Yuan
冰鲜杂鱼组 Frozen trash fish	4.2	12.35
颗粒饲料 1 组 Compound feed 1	10.4	9.10
颗粒饲料 2 组 Compound feed 2	8.5	8.09

3 讨论
饲料是集约化养殖鱼类的唯一营养来源, 其质量的高低决定了养殖鱼类的生长发育情况、健康状况及鱼肉品质。本实验比较了冰鲜杂鱼和市售的配合颗粒饲料对斜带石斑鱼的饲喂效果。结果表明, 尽管冰鲜杂鱼喂养实验鱼在成活率、肥满度及肝体比方面跟配合颗粒饲料没有差异, 但是投喂冰鲜杂

鱼比投喂两种配合颗粒饲料更能提高斜带石斑鱼的生长速度,提高了 20%,因此,斜带石斑鱼幼鱼摄食冰鲜杂鱼比摄食配合颗粒饲料的生长速度更快。这与陈度煌等^[14]对斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 和牛化欣等^[15]对大菱鲆 (*Scophthalmus maximus* L.) 的研究结果一致。本实验中,冰鲜杂鱼组粗蛋白含量为 62.42% (干物质基础),比 2 个颗粒饲料组高 4.73% ~ 5.4%,但冰鲜杂鱼组粗脂肪含量 (8.90%,干物质基础) 却低于 2 个颗粒饲料组 (分别为 16.94% 和 14.25%)。从摄食率 (以干物质基础计算) 看,冰鲜杂鱼组最高 (4.58%/d),颗粒饲料 2 组次高 (3.79%/d)、颗粒饲料 1 组最低 (3.57%/d),这说明摄食率受饲料脂肪含量的影响较饲料蛋白质更大一些,因为饲料蛋白质和脂肪的含量同样增加 1%,其贡献的饲料能量前者明显低于后者。从饲料效率 (按干物质基础计) 看,冰鲜杂鱼组 (1.00) 最低,颗粒饲料 2 组 (1.18) 次低、颗粒饲料 1 组 (1.25) 最高,这说明冰鲜杂鱼促进石斑鱼的生长主要是通过提高摄食量来实现的。李金秋等^[16]报道,投喂小杂鱼组赤点石斑鱼 (*Epinephelus akaara*) 的饲料效率和蛋白质效率都明显低于投喂混合饲料组,这与本实验结果一致。投喂前,冰鲜杂鱼先要化冻,化冻后再切成长短不一的小块或搅成鱼糜状,这种投喂方式极易造成部分小块冰鲜杂鱼沉入水底或直接溶入水体而被浪费掉,同时造成水体污染。因此,投喂冰鲜杂鱼导致较低的饲料效率是可预期的。

本实验没有观察到 1 例死亡病例,实验鱼整体摄食积极,健康状况良好,这可能是实验周期较短,实验鱼规格尚小,放养密度不大及养殖水体质量良好的原因^[17]。另一方面,颗粒饲料 1 组的增重率和饲料效率要优于颗粒饲料 2 组,尽管两组饲料蛋白含量接近,但是颗粒饲料 1 组的脂肪含量明显高于颗粒饲料 2 组,这说明斜带石斑鱼幼鱼对脂肪需求量较高,15.44% 的脂肪含量更有利于 10 g 左右规格的斜带石斑鱼的生长。可见给予饲料较高的蛋白质和脂肪含量对海水肉食性鱼类的生长发育更为有利^[18-19]。本实验结果表明,投喂冰鲜杂鱼的群体离散度大于投喂颗粒饲料组。由于石斑鱼摄食非常凶猛,加之冰鲜杂鱼切成的块状大小不一,体格健壮的鱼抢食能力强于体格弱小的鱼,导致前者抢食远多于后者,生长速度前者快于后者,从而个体规格差异自然拉大。相比投喂冰鲜杂鱼组,用颗粒饲料喂养出来的鱼个体规格差异就小得多了。这说明不同加工形态饲料会影响石斑鱼个体规格的均一性,在这方面,配合颗粒饲料优于冰鲜杂鱼。

研究表明,不同饲料营养水平可影响鱼体成分。在本实验中冰鲜杂鱼组鱼体粗蛋白含量明显高于 2 个颗粒饲料组,而其粗脂肪含量明显低于 2 个颗粒饲料组,这与冰鲜杂鱼中的蛋白质含量高于颗粒饲料,而其脂肪含量低于颗粒饲料有关。王广军等^[20]、高露姣等^[21]分别用冰鲜杂鱼投喂大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*) 和褐牙鲈 (*Paralichthys divaceus*) 也得到了类似的结果。由此可见,投喂配合颗粒饲料的斜带石斑鱼体蛋白质沉积低于颗粒饲料组,而其体脂沉积高于投喂颗粒饲料组。从长远来看,高脂高蛋白配合颗粒饲料是否有利于养成鱼的培育还有待进一步研究。

本实验表明,冰鲜杂鱼的饲料系数为 2.94。如果以 2018 年渔业年鉴提供的石斑鱼养殖产量 15.96 万 t 为准,按照目前使用冰鲜杂鱼养殖石斑鱼占比仍达 70% ~ 80%,则每年养殖石斑鱼所需冰鲜杂鱼 32.8 万 ~ 37.5 万 t。如前所述,尽管投喂冰鲜杂鱼的饲料效率并不优于配合颗粒饲料,其使用的便捷性和安全性也颇受诟病,但是一个显而易见的优点是投喂冰鲜杂鱼比投喂配合颗粒饲料可使鱼获得更快的生长速度。原料鱼的价格多年来一直处于低位运行,用原料鱼喂养石斑鱼获得的回报比用配合颗粒饲料要大得多;而使用配合饲料喂养石斑鱼的效果又不如冰鲜杂鱼,尽管投喂配合颗粒饲料的单位饲料成本低于冰鲜杂鱼,但总体养殖规模上形不成巨大的边际效应。因此,弃用原料鱼改用配合颗粒饲料的内在驱动力难以形成。另一方面,渔民习惯用原料鱼喂养石斑鱼也是传统的粗放养殖思维惯性的体现,这就是用冰鲜杂鱼养殖石斑鱼的方式在我国东南沿海渔民中仍极受推崇的主要原因。今后在大力加强饲料技术研发,提供优质高效的石斑鱼配合颗粒饲料的同时,还需进一步加大石斑鱼养殖新技术、新模式的宣传力度,使渔民改变传统养殖方式,减少养殖石斑鱼对原料鱼的依赖,促进石斑鱼养殖业的可持续发展。

4 结论

通过比较分析投喂冰鲜杂鱼和投喂配合颗粒饲料在斜带石斑鱼生长性能、鱼体成分、群体均一性及单位饲料成本等方面的差异,发现投喂冰鲜杂鱼比投喂配合颗粒饲料能获得更快的生长速度、更大的摄食率,但投喂配合颗粒饲料比投喂冰鲜杂鱼能获得更佳的饲料效率、更佳的群体均一性和使用便捷性。

[参考文献]

- [1] 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京:中国农业出版社, 2019.
- [2] 黄家琳, 卢飞龙. 石斑鱼人工育苗技术研究 [J]. 齐鲁渔业, 2006(2): 3-5.
- [3] PIERRE S, GAILLARD S, APOS P D, et al. Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials [J]. Aquatic Conservation Marine & Freshwater Ecosystems, 2010, 18(3): 297-308.
- [4] BOONYARATPALIN M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia [J]. Aquaculture, 1997, 151(1/2/3/4): 283-313.
- [5] 黄爱霞, 陈建明, 沈斌乾, 等. 摄食不同饲料对大口黑鲈全鱼及肌肉营养组成的影响 [J]. 科技通报, 2019, 35(2): 42-45.
- [6] 丛林梅. 商品饲料和冰鲜杂鱼对珍珠龙胆石斑鱼生长、抗氧化、脂质代谢、肠道菌群和品质的影响 [D]. 长春:吉林农业大学, 2016.
- [7] 范洪琼, 周亚, 薛小瑜, 等. 不同饵料对大鲵血清生化、免疫酶和消化酶活性的影响 [J]. 中国饲料, 2019(6): 71-74.
- [8] 贵玲芝, 李亚卉, 梁芸芝, 等. 不同配合饲料与冰鲜鱼的投喂对三疣梭子蟹生长性能和血液生化指标的影响 [J]. 河北渔业, 2018(11): 13-17.
- [9] 牟明明, 蒋余, 罗强, 等. 配合饲料和冰鲜鲢对大口黑鲈生长、血浆生化指标、抗氧化能力和组织学的影响 [J]. 水产学报, 2018, 42(9): 1408-1416.
- [10] 李志斐, 龚望宝, 王金林, 等. 冰鲜杂鱼和人工配合饲料对大口黑鲈肌肉品质及健康状况影响的评价 [J]. 动物营养学报, 2017, 29(11): 4180-4188.
- [11] 陈军, 邹鹏, 王煜恒, 等. 不同饵料对大鲵稚体生长性能、体组成和消化酶活性的影响 [J]. 动物营养学报, 2017, 29(10): 3726-3736.
- [12] 佟伟, 张劲松, 寇锋, 等. 大菱鲆养殖全程使用全价配合饵料与冰鲜杂鱼对比实验 [J]. 河北渔业, 2014(2): 38-39.
- [13] 黄明坚, 石和荣, 周勤勇, 等. 软颗粒饲料和冰鲜鱼在深水网箱养殖军曹鱼中投喂效果比较 [J]. 渔业现代化, 2013, 40(6): 20-23.
- [14] 陈度煌, 郑乐云, 林建斌, 等. 不同饲料与小杂鱼对斜带石斑鱼生长和免疫力影响的研究 [J]. 福建农业学报, 2013, 28(4): 309-314.
- [15] 牛化欣, 雷霖霖, 常杰, 等. 冰鲜野杂鱼和商品饲料对大菱鲆生长、脂质代谢及抗氧化功能的影响 [J]. 动物营养学报, 2013, 25(11): 2696-2704.
- [16] 李金秋, 林建斌, 朱庆国, 等. 人工配合饲料与小杂鱼饲养赤点石斑鱼效果的对比实验 [J]. 台湾海峡, 2004, 23(2): 167-173.
- [17] 王煜恒, 丁威, 陈军, 等. 投喂配合饲料和冰鲜杂鱼对大菱鲆生长速度和饲料成本的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(7): 282-285.
- [18] JOLY G, LUKE R, D. ALLEN DAVIS, et al. Effects of dietary lipid levels on growth performance of marbled spinefoot rabbitfish *Siganus rivulatus* [J]. Aquaculture, 2011, 310(3/4): 400.
- [19] STAVROS C, MARIA P, NIKOS P, et al. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles [J]. Aquaculture, 2010, 298(1/2): 117.
- [20] 王广军, 关胜军, 吴锐全, 等. 大口黑鲈肌肉营养成分分析及营养评价 [J]. 海洋渔业, 2008, 30(3): 239-244.
- [21] 高露姣, 楼宝, 毛国民, 等. 不同饵料饲养的褐牙鲈肌肉营养成分的比较 [J]. 海洋渔业, 2009, 31(3): 293-299.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄力行)