文章编号：1674－5566(2010)05－0648－06

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

逯尚尉[1]，刘兆普[1]，余 燕[1,2]

(1.江苏省海洋生物学重点实验室，南京农业大学资源与环境科学学院，江苏 南京 210095;
2.南京农业大学动物科技学院，江苏 南京 210095)

摘 要：将点带石斑鱼幼鱼 (15±0.5) g随机分为3组，每组投喂不同饵料，分别为鱼肉组、配合饲料组和混合饵料组(小杂鱼和配合饲料交替投喂)，每组3个重复，养殖6周后测定各组幼鱼生长指标、全鱼营养成分、肠胃消化酶活性及肝脏磷酸酶活性以研究这3种饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、消化功能及全鱼营养成分的影响。结果表明：鱼肉组和混合饵料组的相对增重率和特定生长率均显著高于配合饲料组 ($P<0.05$)。肠、胃蛋白酶活性呈现鱼肉组>混合饵料组>配合饲料组的趋势且差异显著 ($P<0.05$)，肠淀粉酶活性趋势相反且差异显著 ($P<0.05$)；各组肠、胃脂肪酶活性之间没有显著差异 ($P>0.05$)；鱼肉组肝脏碱性磷酸酶活性显著高于配合饲料组 ($P<0.05$)，鱼肉肝脏组酸性磷酸酶活性显著高于混合饵料组和配合饲料组 ($P<0.05$)。各组全鱼水分和灰分含量没有显著差异 ($P>0.05$)，粗蛋白含量为鱼肉组>混合饵料组>配合饲料组且差异显著 ($P<0.05$)；粗脂肪含量趋势相反，为鱼肉组<混合饵料组<配合饲料组且差异显著 ($P<0.05$)。因此，小杂鱼在各方面都要优于配合饲料，交替投喂小杂鱼和配合饲料是一种较好的投喂方式。

关键词：点带石斑鱼；饵料；生长；消化酶；磷酸酶；营养成分
中图分类号：S963.1 **文献标识码**：A

Effect of different diets on growth, nutritive composition and digestive enzyme activities of juvenile Epinephelus malabaricus

LU Shang-wei[1], LIU Zhao-pu[1], YU Yan[1,2]

(1. Key Laboratory of Marine Biology, Jiangsu Province, College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China;
2. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China)

Abstract: A 6-week feeding trial was conducted to evaluate effect of different diets on growth performance, digestive enzyme activitives, phosphatase activities and body composition of juvenile E. lineophelelus malabaricus. The juveniles (15±0.5) g were fed with raw fish (Group A), formulated diet (Group B), and Group C was fed with raw fish in the morning, formulated diet in the afternoon. The results showed: WG and SGR of Group A were found to be significantly higher ($P<0.05$) than those of other groups, and Group C was slightly higher ($P>0.05$) than Group B. Gastric and intestinal proteinase activities of Group A, and

收稿日期：2010-01-14
基金项目：江苏省海洋生物学重点实验室主任基金项目 (JSK008－01)
作者简介：逯尚尉 (1985－)，男，硕士，主要从事海水健康养殖方面的研究。E-mail: 2008103011@njau.edu.cn
通讯作者：刘兆普，Tel: 025－84396678, E-mail: sea@njau.edu.cn

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

amylase activities of Group B were the highest among the three groups but no significant difference in lipase activities was observed among the experiment groups ($P>0.05$); alkaline phosphatase activities of Group C were slightly lower than those of Group A and slighter higher than those of Group B ($P>0.05$), Group A was significantly higher than Group B ($P<0.05$), acid phosphatase activities of Group A were significantly higher($P<0.05$) than those of other experiment Groups. No significant difference in moisture content and crude ash content in whole fish was observed among the experiment groups but significant difference was found in crude protein content ($P<0.05$), respectively: Group A>Group C>Group B; however crude fat content showed a contrary tendency and the difference was also significant ($P<0.05$). Hence raw fish significantly outperform formulated diet for juvenile Epinephelus malabaricus and it is fairly good to feed the juvenile with raw fish and formulated diet alternately.

Key words: Epinephelus malabaricus; diets; growth; digestive enzymes; phosphatase; nutritive composition

目前,石斑鱼饵料的主要来源是海洋捕捞中附带捕捞的小杂鱼或者是一些经济价值较低的鱼类[1]。由于小杂鱼作为海洋性动物物种,自身会携带大量的病原细菌[2],易引发大规模传染病,所以一直备受争议。为此,国内外学者对石斑鱼的营养需求进行了一些研究,Shiau等[3]研究报道点带石斑鱼幼鱼蛋白质需求量约为50.2%,Chen等[4]的报道中认为其蛋白质最适量为47.8%;周立红和陈学豪等[5-6]认为在最适蛋白质含量下,青石斑鱼最适脂肪含量为9.87%。本文以点带石斑鱼(Epinephelus malabaricus)作为研究对象,分别投喂配合饲料和小杂鱼以及交替投喂两种饵料,研究了3种饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、消化酶活性及全鱼营养成分的影响,以期为点带石斑鱼饵料的进一步研究提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验鱼及饵料

试验在室内循环养殖系统中进行,共设3个组,每组3个重复。鱼肉组(A组)全部投喂小杂鱼;配合饲料组(B组)投喂配合饲料;混合饵料组(C组)交替投喂小杂鱼和配合饲料,上午投喂配合饲料,下午投喂小杂鱼。每缸放养20尾规格一致,体格健康的点带石斑鱼幼鱼,体重(15±0.5) g。试验共进行6周,其间水温为(28±0.5)℃,盐度为26±0.5,溶氧为5 mg/L。

试验所用配合饲料配方见表1,测得粗蛋白含量为45.29%,粗脂肪为10.43%。小杂鱼购自市场,试验前测得,小杂鱼的粗蛋白、粗脂肪含量分别为52.8%和8.5%(以干物质计)。饲喂前,先用清水洗净,并剪成碎块。试验期间每天分别8:00和18:00各投喂饵料1次,投饵量以实验鱼不再活跃摄食为度,每天及时清除缸内粪便和残余饵料。

表1　饵料配方

Fig.1　Formulation of the diets

原料	含量(%)
鱼粉	70.00
α淀粉	21.70
植物油	1.50
鱼油	1.50
磷酸二氢钙	1.80
预混料	1.30
沸石	2.20

注:1 kg预混料含有 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 2.5 g, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 28 g, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 22 g, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 9 g, Na_2SeO_3 0.045 g, KI 0.026 g, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 0.1 g, V_A 900 000 IU; V_D 250 000 IU; V_E 4 500 mg, V_K 3 220 mg, V_{B1} 320 mg, V_{B2} 1 090 mg, V_{B5} 2 000 mg, V_{B6} 500 mg, V_{B12} 1.6 mg, Pantothenate 1 000 mg, Folicacid 165 mg.

1.2　样品采集

试验结束时,每缸取3尾鱼,称量体重,取出肝脏、肠和胃,用盐度为8.6生理盐水冲洗后放入离心管中,于−70℃冰箱中冷冻保存。每缸再取3尾鱼致死后保留全鱼并冷藏,留作全鱼营养成分的分析。

1.3　分析方法

1.3.1　生长性能

试验开始和结束时分别称量各缸全部幼鱼体重,然后根据尾数求出平均重量,计算相对增重率(G_W)和特定生长率(R_{SG})。计算公式如下:

$$G_W = 100 \times (W_t - W_0) / W_0 \quad (1)$$

$$R_{SG} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t \quad (2)$$

式中:W_0为试验开始时试验鱼的平均鲜重(g);

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

W_t为结束时试验鱼的平均鲜重(g); t为试验天数(d); G_W为相对增重率(%); R_{SG}为特定生长率(%)。

1.3.2 组织消化酶活性测定

将点带石斑鱼幼鱼的肠、胃放入玻璃匀浆器中,加入4倍重量的生理盐水(盐度为8.6)进行匀浆,匀浆后用低温离心机(4 000 r/min, 4℃)离心30 min,吸取上清液,放入冰箱中冷藏,留作蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶活性测定。采用福林-酚法[7]测定蛋白酶活性。蛋白酶活性单位定义为:在28℃条件下,每分钟水解酪素产生相当于1 μg酪氨酸所需的酶量,规定为一个酶活性单位。采用碘-淀粉比色法[8]测定淀粉酶活性。淀粉酶活性单位定义为:每毫克蛋白在28℃与底物作用30 min,水解10 mg淀粉定义为1个淀粉酶活性单位。脂肪酶活性单位定义为:在28℃条件下,每克组织蛋白在反应体系中与底物反应1 min,每消耗1 μmol底物为1个酶活性单位。

1.3.3 组织碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性测定

将点带石斑鱼幼鱼肝脏放入玻璃匀浆器中,加入9倍重量的生理盐水(盐度为8.6)进行匀浆,匀浆后用低温离心机(4 000 r/min, 4℃)离心30 min,吸取上清液,放入冰箱中冷藏,留作碱性磷酸酶、酸性磷酸酶活性测定。磷酸酶活性单位定义为:每克组织蛋白在28℃与基质作用15 min产生1 mg酚为1个磷酸酶单位。

采用考马司亮兰法测定组织中蛋白质的含量。试验中,淀粉酶、脂肪酶、碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性测定所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.3.4 一般营养成分分析

采用105℃烘干法[9]测定全鱼的水分含量;粗蛋白采用凯氏定氮法[10]测定;粗脂肪采用索氏提取法[11]测定;灰分采用马福炉灼烧法[12]测定。

1.4 统计分析

试验数据采用SPSS 13.0统计软件,用单因子方差分析和Duncan's多重比较进行差异显著性检验,试验结果用平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长性能的影响

点带石斑鱼幼鱼经过6周的分组饲养后,各组生长性能如表2所示。试验结束后,鱼肉组和混合饵料组幼鱼平均体重显著高于配合饲料组($P<0.05$),同时鱼肉组又略高于混合饵料组,但差异不显著($P>0.05$)。各组的相对增重率和特定增长率也呈现相同的趋势,鱼肉组和混合饵料组的相对增重率和特定生长率均显著高于配合饲料组($P<0.05$),同时鱼肉组又略高于混合饵料组,但差异不显著($P>0.05$)。

表2 点带石斑鱼平均体重、相对增重率和特定生长率

Tab. 2 Average body weight, weight gain and specific growth rate in juvenile Epinephelus malabaricus

组别	平均初重(g)	平均末重(g)	相对增重(%)	特定生长(%)
A组	15.40±0.13[a]	29.01±0.65[b]	88.41±5.56[b]	1.51±0.07[b]
B组	15.43±0.14[a]	21.99±0.23[a]	42.46±1.43[a]	0.43±0.02[a]
C组	15.25±0.11[a]	26.13±1.68[b]	71.32±11.00[b]	1.28±0.55[b]

注:A组为鱼肉组,B组为配合饲料组,C组为混合饵料组;同一列数据上标字母相同者表示差异不显著($P>0.05$),不相同者表示差异显著($P<0.05$),表3,4,5同此。

2.2 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼肠胃消化酶活性的影响

各组点带石斑鱼幼鱼肠和胃中消化酶活性如表3所示。点带石斑鱼肠蛋白酶活性呈现鱼肉组>混合饵料组>配合饲料组的趋势,且各组之间差异显著($P<0.05$);胃蛋白酶活性也有类似的趋势,鱼肉组显著高于配合饲料组($P<0.05$),但是混合饵料组与鱼肉组以及配合饲料组之间的差异并不显著($P>0.05$)。各组肠、胃脂肪酶活性之间没有显著差异($P>0.05$)。各组肠淀粉酶活性呈现鱼肉组<混合饵料组<配合饲料组的趋势,且各组间差异显著($P<0.05$)。

2.3 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼肝脏碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性的影响

各组点带石斑鱼肝脏碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性如表4所示。碱性磷酸酶活性为鱼肉组>混合饵料组>配合饲料组,鱼肉组显著高于配合饲料组($P<0.05$),混合饵料组与鱼肉组以

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

及配合饲料组之间的差异并不显著 (P>0.05)。鱼肉组酸性磷酸酶活性显著高于混合饵料组和配合饲料组 (P<0.05),混合饵料组和配合饲料组之间没有显著差异 (P>0.05)。

表 3　点带石斑鱼蛋白酶,脂肪酶和淀粉酶比活性

Tab. 3　Protease, lipase and amylase activity in different digestion organs of the Epinephelus malabaricus

组别	蛋白酶 (U/gprot)		脂肪酶 (U/gprot)		淀粉酶 (肠) (U/gprot)
	肠	胃	肠	胃	
A组	246.77±6.00[c]	474.58±9.69[b]	75.58±1.88[a]	93.90±1.24[a]	1 091.72±118.12[a]
B组	229.52±3.15[a]	415.40±13.61[a]	77.04±1.30[a]	96.12±1.38[a]	1 963.84±100.59[c]
C组	239.42±2.63[b]	430.70±11.90[ab]	76.21±1.23[a]	95.31±1.51[a]	1 702.45±106.28[b]

表 4　点带石斑鱼肝脏碱性磷酸酶和酸性磷酸酶比活性

Tab. 4　Alkaline phosphatase and acid phosphatase activity in liver of the Epinephelus malabaricus

组别	碱性磷酸酶 (U/gprot)	酸性磷酸酶 (U/gprot)
A组	17.74±0.77[b]	4.27±0.17[b]
B组	13.22±0.81[a]	3.54±0.10[a]
C组	14.18±0.81[ab]	3.64±0.24[a]

2.4　不同饵料对点带石斑鱼幼鱼全鱼营养成分的影响

各组点带石斑鱼幼鱼一般营养成分如表 5 所示。各组全鱼水分和灰分含量没有显著差异 (P>0.05)。各组全鱼粗蛋白含量差异非常显著 (P<0.05),鱼肉组最高,与混合饵料组差异非常显著 (P<0.05),配合饲料组显著低于其他两组 (P<0.05);全鱼粗脂肪含量刚好相反,呈现鱼肉组<混合饵料组<配合饲料组的趋势且各组之间差异显著 (P<0.05)。

表 5　点带石斑鱼全鱼一般营养成分

Tab. 5　Nutrition components of the Epinephelus malabaricus

组别	水分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	粗灰分 (%)
A组	71.97±0.15[a]	65.59±0.34[c]	7.17±0.36[a]	18.47±0.18[a]
B组	70.77±0.55[a]	57.59±0.53[a]	11.38±0.64[c]	18.37±0.20[a]
C组	70.92±0.21[a]	62.49±0.68[b]	9.05±0.31[b]	18.23±0.03[a]

注:表中水分含量是水分占幼鱼鲜重的百分比,粗蛋白、粗脂肪和粗灰分是占干重的百分比。

3　讨论

3.1　不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长性能的影响

动物的增重受食物中蛋白质品质、氨基酸组成的影响较大,故当食物中蛋白质接近或相当于理想的蛋白时,动物的日增重最快,蛋白质的沉积量最大[13]。从本试验结果发现,点带石斑鱼的生长受饵料的影响较大。鱼肉组点带石斑鱼的相对增重率和特定生长率在 3个组中都是最高的,达到配合饲料组幼鱼的 2～3倍,与王建钢等[14]的研究结果一致。这可能是由于试验所用配合饲料的粗蛋白含量低于小杂鱼,无法满足点带石斑鱼对蛋白的需求;另一方面可能是由于小杂鱼适口性好,有较强的诱食作用,更利于点带石斑鱼幼鱼的摄食和吸收。张涛等[15]研究发现投喂配合饲料的西伯利亚鲟 (Acipenser baerii)仔鱼生长速度显著低于投喂野生饵料的各组。李芹等[16]认为配合饲料中缺乏生物活饵料所能提供的微量元素和外源消化酶是饲料组幼鱼生长缓慢的原因。

在水产饲料中,鱼粉是为肉食性鱼类提供蛋白的主要成分。从试验所用的配合饲料配方 (表 1)可以看出,在鱼粉添加量达 70.00%的情况下,仍然无法满足点带石斑鱼幼鱼对蛋白的需求,而此时再通过增加鱼粉添加量来提高粗蛋白含量来改善幼鱼的生长情况,会大幅增加养殖成本。本试验中,交替投喂小杂鱼和配合饲料的饲喂方

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

式收到比较好的效果，是一种较好的饲喂方式。

3.2 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼消化酶活性的影响

鱼虾类消化酶的分泌根据食性不同各有规律，但在养殖中用人工投喂饵料可以在一定程度上改变消化酶的分泌[17]。鱼类消化酶的活性与其饵料中各种营养成分的种类和含量有密切的关系。强俊等[18]研究发现投喂不同饵料对奥尼罗非鱼（Oreochromis niloticus）仔稚鱼的消化酶活性具有显著影响。本试验中，鱼肉组点带石斑鱼肠和胃蛋白酶活性都显著高于配合饲料组，这与两组投喂的饵料中粗蛋白含量呈正相关，这说明点带石斑鱼蛋白酶活性和饵料中蛋白含量有密切关系。Nagase[19]研究发现莫桑比克罗非鱼（Tilapia mossambica）胰蛋白酶活性与饵料中蛋白质含量呈正相关关系。王重刚等[20]对真鲷（Pagrosomus major）稚鱼采用不同饵料饲喂后，投喂配合饲料的真鲷稚鱼的蛋白酶活性显著低于投喂轮虫的蛋白酶活性。另外，Personle等[21]研究指出，活饵料的某些微量活性物质可能会促进鱼类蛋白酶分泌量的增加，而配合饲料中虽然也富含鱼类所需的营养成分，但由于缺乏这些诱导因子，导致蛋白酶活性低于活饵料组。

淀粉酶活性与蛋白酶情况相反，配合饲料组点带石斑鱼肠道淀粉酶活性最高，而鱼肉组最低，各组差异显著（$P<0.05$）。这说明点带石斑鱼淀粉酶活性与饵料有密切关系。鱼类淀粉酶活性与其食性有密切关系，一般来说，草食性鱼类淀粉酶活性高于肉食性鱼类。试验中配合饲料含有21.70%的a淀粉，这可能是诱导配合饲料组点带石斑鱼肠道淀粉酶活性偏高的原因。Nagase[19]用不同饵料喂饲莫桑比克罗非鱼，发现淀粉酶活性与饵料中淀粉含量呈正相关关系。

目前，关于鱼类脂肪酶活性和饵料关系的报道较少且存在较大分歧。Nagase[19]研究认为莫桑比克罗非鱼脂肪酶活性与饵料没有明显的相关性。饵料对鱼类脂肪酶活性的影响比较复杂，还有待进一步研究。本研究中，点带石斑鱼肠和胃的脂肪酶活性与饵料没有密切关系。

3.3 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性的影响

碱性磷酸酶是一种含锌的对底物专一性较低的磷酸单酯水解酶，在鱼类营养的吸收与利用中发挥着重要的作用[22]。据周永灿[23]报道，碱性磷酸酶等具有防御（抗菌）和消化的双重作用。环境因素（如盐度和温度等的改变）能够直接影响水生动物体内碱性磷酸酶的比活性[24]；饵料中某些微量元素（如锌等）对鱼类体内碱性磷酸酶的活性也有很大的影响[25-26]。刘树青等[27]研究发现，给中国对虾适量注射海藻多糖和北虫草多糖，能显著提高其血清中的碱性磷酸酶活性。本试验中，鱼肉组幼鱼碱性磷酸酶和酸性磷酸酶活性显著高于其他组，这可能是由于小杂鱼比配合饲料含有更丰富的微量元素。结合消化酶活性可以发现，小杂鱼更利于点带石斑鱼幼鱼的消化与吸收。各组幼鱼酸性磷酸酶的活性要低于碱性磷酸酶的活性，这可能跟点带石斑鱼自身特点及发育阶段有关。

3.4 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼营养成分的影响

鱼类肌肉营养成分的含量与其生存环境、饵料成分、生长期都密切相关[28]。庄平等[29]研究发现，转食配合饲料的野生中华鲟幼鱼肌肉中粗蛋白含量显著低于野生水平，粗脂肪含量则高于野生水平。张涛等[15]研究发现，摄食不同饵料西伯利亚鲟（Acipenser baerii）仔鱼体成分差异显著，配合饲料组仔鱼粗蛋白含量显著低于野生饵料组。高露姣等[30]研究发现摄食小杂鱼的褐牙鲆（Paralichthys olivaceus）肌肉粗蛋白和粗脂肪含量显著高于摄食人工饲料组，粗灰分含量在两组间差异不显著。本研究中，各组点带石斑鱼全鱼的水分没有显著差异，但是鱼肉组和混合饵料组的粗蛋白含量显著要高于配合饲料组，粗脂肪含量刚好相反，这与各组饵料中粗蛋白和粗脂肪含量呈正相关关系。因此，饲喂小杂鱼比配合饲料更利于保持点带石斑鱼优良的肉质。混合饵料组的幼鱼可能在投喂饵料时摄入了足够的蛋白，所以营养品质方面与鱼肉组差异不大。本试验是对幼鱼全鱼进行营养成分的分析，所以灰分含量偏高，但各组之间没有显著差异，这说明点带石斑鱼幼鱼粗灰分的含量与饵料没有密切关系。

参考文献：

[1] Kevin C W. A review of feeding practices and nutritional requirements of postlarval groupers[J]. Aquaculture 2009, 292: 141-152.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[2] 王印庚,张正,秦蕾,等.养殖大菱鲆主要疾病及防治技术[J].海洋水产研究,2004,25(6):61－68.

[3] Shiau S Y, Lan C W. Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (Epinephelus malabarics)[J]. Aquaculture 1996, 145: 259－266.

[4] Chen H Y, Tsai J C. Optimum dietary protein level for the growth of juvenile grouper Epinephelus malbaricus fed semipurified diets[J]. Aquaculture 1994, 119: 265－271.

[5] 周立红.青石斑鱼人工配合饵料中脂肪适宜含量的研究[J].厦门水产学院学报,1995,17(2):13－16.

[6] 陈学豪,林利民,洪惠馨.赤点石斑鱼人工配合饵料中蛋白质最适含量的研究[J].台湾海峡,1995,14(4):407－412.

[7] 中山大学生物系生化微生物学教研室.生化技术导论[M].北京:人民教育出版社,1978:53－59.

[8] 上海医学化验所.临床生化检验(上册)[M].上海:上海科学技术出版社,1979:336－368.

[9] 中国国家标准化管理委员会.GB/T5009.3－2003食品中的水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.

[10] 中国国家标准化管理委员会.GB/T5009.5－2003食品中的蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.

[11] 中国国家标准化管理委员会.GB/T5009.6－2003食品中的脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.

[12] 中国国家标准化管理委员会.GB/T5009.4－2003食品中的灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.

[13] 曹经哗.鱼类饲料中纤维质的研究动向[J].淡水渔业,1989,(3):43－45.

[14] 王建钢,乔振国,于忠利.点带石斑鱼幼苗驯食不同饵料的初步研究[J].现代渔业信息,2009,24(5):28－29.

[15] 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.

[16] 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,2009,72(1):98－102.

[17] 王义强,黄世蕉,赵为信,等.鱼类生理学[M].上海:上海科学技术出版社,1990.

[18] 强俊,王辉,李瑞伟,等.不同饵料对奥尼罗非鱼仔稚鱼生长发育及消化酶活力的影响[J].水产科学,2009,28(11):618－623.

[19] Nagase G. Contribution to the physiology of digestion in Tilapia mossambica digestive enzymes and the effects of diets on their activity[J]. Vergl Physiol 1964, 49: 270－284.

[20] 王重刚,陈品健,顾勇,等.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.

[21] Personle R J, Alexandre J C, Thebaud L, et al. Marine fish larvae feeding: Formulated diets or live pery[J]. World Aquaculture Soo 1993, 24(2): 211－224.

[22] 王宏田,徐永立,张培军.假雄牙鲆消化器官中碱性磷酸酶比活性的研究[J].海洋科学集刊,2001,43:157－160.

[23] 周永灿.海洋贝类病害及其研究进展[J].海南大学学报:自然科学版,2000,18(2):207－212.

[24] Chanmber J E. Variation inenzyme activities of the American oyster (Crassostrs virginca) relatiye to size and season[J]. Comp Biochem Physiol 1975, 51B: 145－150.

[25] Lan W G, Wong M K, Chee K K, et al. Orthogonal array design as a chemometric method for the optimizationog the analutical procedures part Five-level design and its application in polarographic reaction system for selenium determination[J]. The Analyst 1995, 120: 273－280.

[26] Maage A, Julshamn K. Assessment of Znic status in juvenile Atlantic salmon (salmo salar) by meaturement of whole body and tissue levels of zinc[J]. Aquaculture 1993, 117: 179－191.

[27] 刘树青,江晓路,牟海津,等.免疫多糖对中国对虾血清溶菌酶、磷酸酶和过氧化物酶的作用[J].海洋与湖沼,1999,30(3):178－283.

[28] Yin H B, Sun Z W, Sun D J, et al. Comparison of nutritive compositions in muscles among six farmed sturgeon species[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2004, 19(2): 92－96.

[29] 庄平,宋超,章龙珍,等.转食不同饵料对野生中华鲟幼鱼肌肉营养成分的影响[J].水生生物学报,2009,33(5):998－1004.

[30] 高露姣,楼宝,毛国民,等.不同饵料饲养的褐牙鲆肌肉营养成分的比较[J].海洋渔业,2009,31(3):293－299.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net