

李彩刚,章海鑫,傅义龙,等. 黄尾鲮亲鱼对饲料中蛋白质、脂肪需求量的研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):220-223.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.051

黄尾鲮亲鱼对饲料中蛋白质、脂肪需求量的研究

李彩刚,章海鑫,傅义龙,李 涵,李艳芳,万锦涛,黄安琪,张燕萍

(江西省水产科学研究所,江西南昌 330039)

摘要:以秘鲁鱼粉和豆粕为蛋白源、豆油为脂肪源配制 9 种试验饲料,在自制养殖装置(规格为 2 m×2 m×1 m)、水深约 80 cm 室外池塘中进行为期 60 d 的摄食生长试验。结果表明,从生长情况看,以蛋白质水平 34.42%、脂肪水平 7.60% 饲料投喂的黄尾鲮亲鱼终末体质量、增质量率最高,对黄尾鲮亲鱼的生长影响最显著($P<0.05$);从饲料利用能力看,以蛋白质水平为 34.42%、脂肪水平为 7.60% 饲料投喂的黄尾鲮亲鱼饲料利用率最优;从性腺发育情况看,以蛋白质水平为 34.42%、脂肪水平为 7.60% 饲料投喂的黄尾鲮性成熟系数、绝对怀卵量和相对怀卵量最大,明显高于其他试验组($P<0.05$);成活率和肥满度受不同蛋白和脂肪水平的影响不明显。

关键词:黄尾鲮;亲鱼;饲料;蛋白质;脂肪;需求量

中图分类号: S965.124 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)22-0220-03

黄尾鲮(*Xenocypris davidi* Bleeker)俗称黄尾、黄片、黄姑子、黄瓜鱼等,隶属于鲤科(Cyprinidae)鲮亚科(Xenocypri-ninae)鲮属(*Xenocypris*)^[1],是一种中小型淡水鱼类。近年,有关黄尾鲮的研究主要集中在人工繁殖^[2]、育苗^[3]、分子生物学^[4]及养殖技术^[5-6]等方面,对黄尾鲮亲鱼繁殖期营养需求的研究还未见报道。

蛋白质是决定鱼类生长的重要因子之一,同时饲料蛋白源也是鱼类饲料最重要的成本因素之一,多数鱼类饲料中的适宜蛋白质含量在 25%~55% 之间^[7]。脂肪是鱼类生长、代谢必需的重要营养物质,可为鱼类提供易于利用的代谢能和必需脂肪酸,及维持鱼体细胞结构和细胞膜的完整性等,是鱼体的重要组成部分。为探索黄尾鲮亲鱼繁殖期的营养需求状况,本试验对黄尾鲮亲鱼饲料中蛋白质、脂肪的适宜水平进行研究,旨在了解黄尾鲮亲本营养需求的特点和适宜需求量,为确立黄尾鲮亲本的营养标准和开发合理的配合饲料提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验鱼来自萍乡市水产科学研究所培育的黄尾鲮亲本鱼种,采用 5% 食盐水消毒后,驯养于 2 个长、宽、高为 3 m×2 m×2 m 的水泥池中 1 周。

1.2 试验饲料

试验饲料以秘鲁鱼粉和豆粕为蛋白源,豆油为脂肪源,采

用 3×3 双因子设计,配制成蛋白质水平为 26%、30% 和 34%,脂肪水平为 3%、5% 和 7% 的 9 种试验饲料。饲料制作前,先分析各种饲料原料的粗组分,作为饲料配方的依据。用饲料原料经粉碎后过 60 目筛,按配比精确称量后,加入新鲜豆油和适量水混合,搅拌均匀,并用小型饲料膨化机制成直径 3 mm 的膨化料,经 60℃ 烘干,存放于 -20℃ 冰箱中保存至使用。试验饲料配方及制成后的 9 种饲料营养组成见表 1。

1.3 试验分组

试验鱼驯养 1 周后,选择健康无伤病、规格整齐一致的个体,初始体质量为(148.9±5.6) g,随机分为 9 组,每组 3 个重复,每个重复 20 尾鱼,饲养于 27 个自制养殖装置(规格为 2 m×2 m×1 m)、水深约 80 cm 的池塘中进行正式试验。1~9 组分别投喂对应组别的饲料。

1.4 试验管理

养殖试验在室外进行,自然光照。试验期间,每天以体质量的 3%~4% 投喂自制试验膨化颗粒饲料,每天投喂 2 次,分别于每天 09:00、16:00 各投喂 1 次,每次投喂后 1 h 观察鱼的吃食情况并将残饵捞出,每日记录耗料,估算采食量。养殖池每 14 d 换水 1 次,换水量约为 1/3,试验期 60 d。试验期间水温为 17.8~26.5℃,水中溶氧量大于 4.5 mg/L, pH 值为 6.8~7.5。

1.5 试验指标测定

正式试验期结束后,停止喂食使鱼饥饿 24 h,测定各试验组鱼总质量和尾数,计算增质量率、饵料系数、成活率、性成熟系数和怀卵量。从每个重复内随机取 5 尾鱼,用纱布擦干鱼体表水分,依次测定体长、体质量和内脏质量,计算肥满度和脏体比。怀卵量采用质量取样法,即从卵巢中剪一小段性腺(0.1~0.5 g)放在干净载玻片上称质量,并在显微镜下计算含有卵黄颗粒的全部卵粒数。

相关指标计算公式如下:

增质量率 = (试验末鱼体质量 - 试验初鱼体质量) / 试验初鱼体质量 × 100%;

饵料系数 = 摄食量 / 鱼体增质量;

收稿日期:2018-07-05

基金项目:江西省科技计划(编号:20141BBF60036);国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303056-6)。

作者简介:李彩刚(1986—),男,江西新干人,硕士,水产师,主要从事水产养殖及渔业资源调查研究。Tel:(0791)88101682;E-mail:365995687@qq.com。

通信作者:张燕萍,博士,副研究员,主要从事鱼类育种、渔业资源调查及环境监测等研究。Tel:(0791)88101682;E-mail:zhangyanpingxie@163.com。

表 1 试验饲料配方及化学成分

| 类型 | 配方或化学成分 | 占比(%,干物质) | | | | | | | | |
|------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Diet1 | Diet2 | Diet3 | Diet4 | Diet5 | Diet6 | Diet7 | Diet8 | Diet9 |
| 原料 | 豆粕 | 16.0 | 25.0 | 35.0 | 16.0 | 25 | 35.0 | 16.0 | 25.0 | 35.0 |
| | 鱼粉 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 豆油 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 5.0 | 5 | 5.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| | 海藻酸钠 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 面粉 | 25.5 | 16.5 | 6.5 | 27.5 | 18.5 | 8.5 | 29.5 | 20.5 | 10.5 |
| | 菜粕 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| | 棉粕 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| | 卵磷脂 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 沸石粉 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 磷酸二氢钙 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 矿物盐预混物 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 维生素预混物 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | 诱食剂 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| | 氯化胆碱 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| | 总计 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 营养成分 | 粗蛋白质 | 26.26 | 30.97 | 34.42 | 26.23 | 30.70 | 34.33 | 26.30 | 30.68 | 34.38 |
| | 粗脂肪 | 7.50 | 7.70 | 7.60 | 5.80 | 5.60 | 5.60 | 3.20 | 3.10 | 3.00 |
| | 粗灰分 | 8.22 | 10.72 | 10.04 | 8.29 | 10.14 | 10.10 | 8.31 | 10.75 | 10.06 |
| | 粗纤维 | 3.40 | 3.80 | 4.20 | 3.30 | 3.80 | 4.30 | 3.40 | 3.70 | 4.40 |

肥满度 = 体质量(g)/体长 3(cm)；

脏体比 = 内脏质量/体质量 × 100%；

成活率 = 试验末鱼尾数/试验初鱼尾数 × 100%；

性腺成熟系数 = 卵巢/体质量 × 100%。

1.6 数据统计与分析

试验数据使用“平均值 ± 标准差”表示,采用 Microsoft Excel 和 SPSS 18.0 统计软件进行方差分析,用 Duncan’s 检验进行多重比较,显著水平为 α=0.05。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质脂肪水平对黄尾鲮亲本生长和饲料利用的影响

由表 2 可知,不同营养水平的饲料对黄尾鲮亲本的终末体质量、增质量率及饵料系数有一定的影响。从生长情况来看,3 试验组的终末体质量、增质量率为最高,其次为 6 试验组,7 试验组最低。从饲料利用能力来看,黄尾鲮亲本对 3 试验组配方的饲料利用率(与饵料系数成反比)、蛋白质效率最

优,而 7 试验组最低。

2.2 不同蛋白质脂肪水平对黄尾鲮亲本成活率的影响

由表 2 可知,不同营养水平的饲料对黄尾鲮亲本的成活率影响较小,各试验组黄尾鲮亲本的成活率为 96.70% ~ 100.00%,各试验组间差异不显著。

2.3 不同蛋白质脂肪水平对黄尾鲮亲本脏体比的影响

由表 3 可知,试验黄尾鲮亲本的脏体比受饲料中粗蛋白质和粗脂肪水平的影响较为明显。3 试验组黄尾鲮亲本脏体比最高,为 21.77%;其次是 6 试验组和 2 试验组,脏体比分别为 20.11% 和 19.95%,其他试验组脏体比均较低,在 18.50% 以下。

2.4 不同蛋白质脂肪水平对黄尾鲮亲本肥满度的影响

由表 3 可知,不同营养水平的饲料对黄尾鲮亲本的肥满度影响较小,各试验组黄尾鲮亲本的肥满度为 1.53 ~ 1.69,各试验组间差异不显著。

2.5 不同蛋白质脂肪水平对黄尾鲮亲本性腺发育的影响

由表 4 可知,3 试验组性成熟系数(16.43%)、绝对怀卵

表 2 黄尾鲮亲本的生长及饲料利用

| 组别 | 初始体质量(g) | 终末体质量(g) | 增质量率(%) | 饵料系数 | 成活率(%) |
|----------------|-------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| 1(26.26%,7.5%) | 149.5 ± 4.3 | 256.1 ± 13.1b | 71.1 ± 1.4c | 2.31 ± 0.10b | 96.7 ± 2.9 |
| 2(30.97%,7.7%) | 148.9 ± 5.4 | 258.6 ± 12.7b | 73.7 ± 1.3cd | 2.24 ± 0.18b | 100.0 ± 0.0 |
| 3(34.42%,7.6%) | 150.2 ± 3.8 | 290.4 ± 13.0c | 93.4 ± 1.7e | 2.06 ± 0.17a | 100.0 ± 0.0 |
| 4(26.23%,5.8%) | 149.1 ± 5.5 | 243.5 ± 12.4a | 63.5 ± 1.5ab | 2.43 ± 0.14bc | 98.3 ± 2.9 |
| 5(30.70%,5.6%) | 149.6 ± 5.2 | 245.2 ± 11.8a | 63.9 ± 1.4ab | 2.33 ± 0.20b | 96.7 ± 2.9 |
| 6(34.33%,5.6%) | 150.1 ± 4.2 | 262.9 ± 14.5b | 75.1 ± 1.6d | 2.20 ± 0.19b | 98.3 ± 2.9 |
| 7(26.30%,3.2%) | 150.4 ± 5.1 | 240.3 ± 13.2a | 59.8 ± 1.5a | 2.71 ± 0.13d | 100.0 ± 0.0 |
| 8(30.68%,3.1%) | 148.8 ± 4.6 | 240.6 ± 12.4a | 61.7 ± 1.6a | 2.63 ± 0.21d | 98.3 ± 2.9 |
| 9(34.38%,3.0%) | 150.0 ± 4.1 | 245.5 ± 13.1a | 63.7 ± 1.3ab | 2.56 ± 0.24cd | 96.7 ± 2.9 |

注:同列数据后相同字母表示差异不显著(P>0.05),不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同。

表 3 黄尾鲮亲本的形体指数

| 组别 | 肥满度 | 脏体比(%) |
|----------------|-----------|-------------|
| 1(26.26%、7.5%) | 1.59±0.10 | 17.63±0.56b |
| 2(30.97%、7.7%) | 1.58±0.06 | 19.95±0.73d |
| 3(34.42%、7.6%) | 1.58±0.09 | 21.77±0.75e |
| 4(26.23%、5.8%) | 1.57±0.07 | 16.32±0.39a |
| 5(30.70%、5.6%) | 1.57±0.04 | 18.36±0.51c |
| 6(34.33%、5.6%) | 1.60±0.08 | 20.11±0.64d |
| 7(26.30%、3.2%) | 1.58±0.10 | 16.26±0.52a |
| 8(30.68%、3.1%) | 1.59±0.09 | 16.44±0.54a |
| 9(34.38%、3.0%) | 1.58±0.08 | 17.66±0.32b |

表 4 黄尾鲮亲本的性腺发育指标

| 组别 | 性成熟系数(%) | 绝对怀卵量(粒/尾) | 相对怀卵量(粒/g) |
|----------------|--------------|---------------|------------|
| 1(26.26%、7.5%) | 8.63±0.79e | 33 833±1 721f | 163±13d |
| 2(30.97%、7.7%) | 13.17±0.34c | 52 344±1 410c | 231±27b |
| 3(34.42%、7.6%) | 16.43±0.90a | 72 977±5 963a | 263±29a |
| 4(26.23%、5.8%) | 4.75±0.29g | 18 876±1 315h | 109±15e |
| 5(30.70%、5.6%) | 12.18±0.17c | 42 932±1 899d | 211±21bc |
| 6(34.33%、5.6%) | 14.64±0.25b | 60 134±1 720b | 238±25b |
| 7(26.30%、3.2%) | 3.77±0.31g | 13 181±330i | 94±20e |
| 8(30.68%、3.1%) | 6.12±0.27f | 29 091±1 481g | 162±19d |
| 9(34.38%、3.0%) | 11.28±0.42cd | 39 948±1 727e | 198±25c |

为 26%~31% 时,鱼体增质量率差异不显著,当蛋白质超过 31% 时,黄尾鲮增质量率有明显上升,显著高于 26%~31%,表明 31%~35% 水平是引起鱼体增质量差异的主要水平段。从利用效率来看,随着蛋白质含量由 26%~31% 水平增加时,先出现一个平稳的上升阶段,当蛋白质超过 31% 时,鱼体增质量出现一个快速上升的阶段,同时在 31%~35% 水平时饵料系数差异不显著,超过 31% 时饵料系数明显下降,与前者差异显著,因此黄尾鲮亲鱼适宜的蛋白质为 31%~35%,此时饵料利用率也最优。试验结果低于亚东鲑(41%~48%)^[8]、加州鲈(42%)^[9]等肉食性淡水鱼类的蛋白质需求量,也低于杂食性黄颡鱼(38%~45%)^[10],但高于草鱼(22%~25%)^[11]等草食性鱼类。本试验中,各试验组黄尾鲮的肥满度和成活率结果差异不显著,受饲料蛋白质含量的影响较小;随着饲料蛋白质含量的增加,黄尾鲮的饵料系数逐步下降。

3.2 黄尾鲮亲鱼适宜脂肪水平

脂肪是鱼类所必需的营养物质,是鱼类能量的主要来源,主要有为鱼类提供能量、必须脂肪酸和提高饵料蛋白质利用率等作用。由试验结果和方差分析表明,随饲料中脂肪含量的提高,黄尾鲮亲鱼的体质量和增质量率逐步提高,当饲料粗脂肪为 3%~6% 时,鱼体增质量率差异不显著,当蛋白质水平超过 6% 时,黄尾鲮增质量率有明显上升,显著高于其他组。因此,黄颡鱼适宜粗脂肪水平为 6%~8%。这与一般鲤科淡水鱼类饲料中脂肪最适添加量为 6%~10% 的研究结果^[12]一致。

3.3 黄尾鲮亲鱼性腺发育影响

饲料中蛋白质含量、脂肪水平对鱼类的生殖性能和产卵

量(72 977 粒/尾)及相对怀卵量(263 粒/g)最高,显著高于其他试验组($P<0.05$),其次是 6 试验组,7 试验组最低,其性成熟系数为 3.77%,绝对怀卵量为 13 181 粒/尾、相对怀卵量为 94 粒/g,性成熟系数和相对怀卵量显著低于 1、2、3、5、6、8、9 试验组($P<0.05$),与 4 试验组差异不显著($P>0.05$),但绝对怀卵量显著低于其他试验组($P<0.05$)。

3 讨论与结论

3.1 黄尾鲮亲鱼适宜蛋白质水平

由试验结果和方差分析表明,随饲料中蛋白质含量的提高,黄尾鲮亲鱼的体质量和增质量率逐步提高,当饲料蛋白质

量有重要影响。有研究表明,饲料蛋白质水平不足时会降低亲鱼繁殖力^[13-14],适宜的饲料蛋白质水平可有效提高鱼类的繁殖力或产卵量。脂肪含量从 12.0% 增加至 18.0% 时,点斑蓝子鱼的产卵量增加^[15],饲料中 n-3 系列高度不饱和脂肪酸含量达到 1.6% 时,金头鲷的怀卵量明显增加^[16]。本试验中,当蛋白质含量为 34.0%、脂肪含量为 7.6% 时,黄尾鲮亲鱼的性成熟系数、绝对怀卵量及相对怀卵量最大,显著高于其他试验组($P<0.05$),这与上述研究结果一致。

本试验结果表明,适量的饲料蛋白质和脂肪水平,可以促进黄尾鲮亲鱼性腺发育,同时提高黄尾鲮亲鱼的生长性能。在本试验条件下,黄尾鲮亲鱼的适宜蛋白质需求量为 31.0%~35.0%,脂肪为 6.0%~8.0%。

参考文献:

[1] 付辉云,章海鑫,赵春来,等. 军山湖黄尾密鲮的形态生物学研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):247-249.
[2] 凌志勇. 黄尾密鲮人工孵化与养殖技术[J]. 河南水产,2002(1):23.
[3] 冯晓宇,杨仲景,李行先,等. 黄尾密鲮人工繁殖及鱼苗培育[J]. 杭州农业与科技,2005(1):19-21.
[4] 张燕萍,徐先栋,章海鑫,等. 黄尾鲮 6 种同工酶的组织特异性研究[J]. 中国农学通报,2016,32(35):10-14.
[5] 黄邦星. 黄尾密鲮生物学特性及其养殖技术[J]. 中国水产,2006,27(6):24-27.
[6] 张燕萍,范鸿潮,傅义龙,等. 池塘主养黄尾密鲮冬片鱼种高产高效养殖技术[J]. 江西水产科技,2016(2):25-26.
[7] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社,1996.

胡波,魏后军,范志宇,等. 兔 NF- κ B p50 蛋白质的原核表达及鉴定[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):223-225.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.052

兔 NF- κ B p50 蛋白质的原核表达及鉴定

胡波,魏后军,范志宇,仇汝龙,宋艳华,陈萌萌,朱伟峰,徐为中,王芳
(江苏省农业科学院兽医研究所/农业农村部动物疫病诊断与免疫重点开放实验室,江苏南京 210014)

摘要:为获得可溶性表达的兔 NF- κ B p50 蛋白,本研究对兔 p50 基因进行大肠杆菌密码子优化及合成,并连接于原核表达载体 pGEX-4T-1 中,转化大肠杆菌 Origami B(DE3)菌株,经异丙基- β -D-硫代半乳糖苷(IPTG)诱导表达,获得 GST-p50 融合蛋白。聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)结果显示,GST-p50 蛋白主要以可溶形式高效表达。经谷胱甘肽 S 转移酶(GST)磁珠纯化及蛋白免疫印迹(western blot)鉴定,所表达的 GST-p50 蛋白具有良好的反应原性。研究结果为进一步开展兔 NF- κ B 互作蛋白及信号通路的研究奠定了基础。

关键词:NF- κ B;p50 蛋白;原核表达;鉴定;兔

中图分类号:S858.291 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)22-0223-03

NF- κ B 家族是细胞中一类重要的转录调控因子,包含 RelA(p65)、RelB、C-Rel、NF- κ B1(p50)和 NF- κ B2(p52)5 个成员。该蛋白家族成员以同源或异源二聚体形式存在,包括 p50 同源二聚体、p65 同源二聚体和 p50/p65 异源二聚体等,其中 p50/p65 异源二聚体是 NF- κ B 最广泛的形式^[1]。NF- κ B 在免疫应答、炎症反应、细胞增殖和凋亡中均发挥重要的调控作用^[2-4],对其的研究一直是信号转导和免疫学研究领域的热点。

p50 蛋白含有大小为 24 ku 的 NF- κ B 同源结构域 Rel homology domain(RHD),具有 DNA 结合、二聚化及核转位等功能,在 NF- κ B 介导的调控作用中发挥重要作用^[5]。研究发现,p50 同源二聚体对机体的炎症反应有抑制作用,且

HDAC1 与 p50 的相互作用能抑制炎症相关基因的表达^[6]。此外,p50 在肾细胞癌及胶质母细胞瘤中也发挥重要的调控作用,p50 的缺失可降低肿瘤生长并延长生存期^[7-9]。

兔作为一种重要的试验动物,其 NF- κ B 分子及其调控机制的研究尚未展开,在各种病理状态下其 NF- κ B 通路的激活/抑制及其关键分子的作用研究均缺乏相应的基础和手段。本研究通过表达 NF- κ B p50 亚基,以期为研究兔 NF- κ B 通路调控机制及在相关疾病中的作用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 质粒和菌株

序列优化的 NF- κ B p50 基因由南京金斯瑞生物科技有限公司合成并连接于 pGEX-4T-1 载体;*E. coli* Origami B(DE3)感受态细胞购自上海唯地生物技术有限公司。

1.2 主要试剂和工具酶

Blue Plus II Protein Marker(蛋白分子量标准,北京全式金生物技术有限公司);SDS-PAGE 凝胶快速配制试剂盒(上海碧云天生物技术有限公司);兔抗人 NF- κ B p50 蛋白多克隆抗体(南京善本生物技术有限公司);酶标山羊抗兔 IgG(HRP-IgG)购自北京鼎国昌盛生物技术有限公司;GST 磁珠购自南京金斯瑞生物技术有限公司;氯化钠、磷酸氢二

收稿日期:2019-09-16

基金项目:国家自然科学基金(编号:31600130);现代农业产业技术体系建设专项资金(编号:CARS-43-C-1)。

作者简介:胡波(1982—),男,江苏南京人,博士,副研究员,主要从事畜禽疫病防控与兽医生物技术研究。E-mail:hubolshg@163.com。

通信作者:王芳,博士,研究员,主要从事畜禽疫病防控及免疫机理研究。E-mail:rwangfang@126.com。

[8]王常安,户国,孙鹏,等. 饲料蛋白质和脂肪水平对亚东鲑亲鱼生长性能、消化酶活性和血清指标的影响[J]. 动物营养学报,2017,29(2):571-582.

[9]钱国英. 饵料中不同蛋白质、纤维素、脂肪水平对加州鲈鱼生长的影响[J]. 动物营养学报,2000,12(2):48-52.

[10]陈曦飞,许洁,艾春香. 黄颡鱼的营养需求研究与配合饲料研发[J]. 饲料工业,2011,32(10):48-51.

[11]刘珂珂,王华朗. 草鱼饲料与营养需求研究进展[J]. 广东饲料,2008,17(3):36-38.

[12]张媛媛,刘波,周传朋,等. 团头鲂对营养需求的研究进展[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18239-18241.

[13]Chong A S C, Ishak S D, Osman Z, et al. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of female swordtails

Xiphophorus helleri(Poeciliidae)[J]. Aquaculture,2004,234(1/2/3/4):381-392.

[14]Masrizal Z, Udin M, Zein U, et al. Effect of energy, lipid and protein content in broodstock diets on spawning fecundity and eggs quality of giant gourami (*Ospheronemus gouramy* Lac)[J]. Pakistan J Nutr, 2015,14(7):412-416.

[15]Duray M, Kohno H, Pascual F. The effect of lipid-enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish (*Siganus guttatus*)[J]. Philippine Scientist,1994(31):42-57.

[16]Watanabe T. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream[J]. Nippon Suisan Gakkaishi,1984,50(3):495-501.