

4种饲料投喂对鲮(*Mugil cephalus*)生长及鱼体组成的影响*

郭永坚 罗昭林 阴晓丽 李俊伟 朱长波^① 颀晓勇

(中国水产科学研究院南海水产研究所 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室
广东省渔业生态环境重点实验室 广州 510300)

摘要 以初始体重(25.0±1.59) g的鲮为研究对象,通过8周的生长实验,研究不同饲料投喂对鲮的生长及鱼体生化组成的影响。处理组分别为面粉组(T1)、米糠组(T2)、虾料组(T3)和鱼料组(T4)。研究结果显示,在室内水族缸内单一地使用面粉或米糠投喂,鲮几乎不生长,但仍能维持较高的成活率(>80%)。虾料组的特定生长率(1.46%/d)和饲料效率(48.62%)均为各组最高,约为鱼料组的两倍,且两组的特定生长率和饲料效率均显著高于面粉组和米糠组($P<0.05$)。面粉组和米糠组的周均日摄食量在第4周后迅速降低(<0.80 g/d),而整个养殖期间虾料组和鱼料组普遍高于0.80 g/d,且在第8周明显升高。养殖结束时全鱼的粗蛋白以米糠组最高(18.62%±1.36%),粗脂肪以虾料组最高(10.52%±0.36%)。面粉组有较明显的粗脂肪积累(8.01%±0.42%)。研究结果表明,碳水化合物(面粉)水平的提高会促进鲮全鱼脂肪的积累,用米糠代替配合饲料投喂时可维持鲮的粗蛋白含量水平。

关键词 鲮; 饲料; 蛋白; 脂肪; 摄食

中图分类号 S965 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2015)01-0048-06

鲮(*Mugil cephalus*)为鲮科鱼类最主要的经济代表种,具有生长迅速、肉质鲜美、食性广杂、适应性强的特点,兼具较好的生态与经济价值,是中国沿海咸淡水池塘中鱼、虾混养的主要品种(邱丽华等, 2000; 陈雄杰, 2012)。目前在鲮的组织形态学(李静晶等, 2011; 李加儿等, 2014; 区又君等, 2014)、新陈代谢(于娜等, 2011; 吴庆元等, 2014)等方面开展的研究较多,但对鲮营养方面的研究工作仍不够系统和深入(彭士明等, 2008)。随着近年来凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)养殖业的病害频发(Dastridar *et al.*, 2013; 徐孝栋等, 2014; 葛红星等, 2014),鲮-虾混养模式病害少、水质优、效益高的特点受到业内重视(朱长波等, 2014; 郭永坚等, 2015),在此背景下,对鲮的营养因子开展进一步研究,探索不同饲料投喂下

的生长状况,有助于鲮-虾混养模式的改进和推广,为对虾产业健康发展提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验饲料

实验用的面粉、米糠采购自广西北海鑫宏东海蔬菜批发市场。虾料为“海轩”牌中虾3号料(广东粤海饲料有限公司)。鱼料为“健马”牌金鲳鱼膨化配合饲料(福建天马科技集团股份有限公司)。饲料主要组分见表1。

1.2 养殖系统及养殖条件

实验在16个装有进出水开关的长方形玻璃缸(80 L)内进行,上覆纱网防止鲮跳出。采用小型气泵

* 国家科技支撑计划(2011BAD13B03)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院南海水产研究所)(2013TS02; 2014ZD01)共同资助。郭永坚, E-mail: gyjidhx@scsfri.ac.cn

^① 通讯作者: 朱长波, 副研究员, E-mail: changbo@ecowin.org

收稿日期: 2014-08-25, 收修改稿日期: 2014-09-15

充气, 每 2 d 换水 1 次。每周采用 YSI 556 型多参数水质仪监测水温、溶氧、pH 和盐度。实验期间水温为(19.21–28.81)℃, 溶氧为 6.5–7.9 mg/L, pH 为 7.6–7.9, 盐度为 26.2–31.4。实验初始时, $\text{NH}_4\text{-N}$ <0.02 mg/L, $\text{NO}_2\text{-N}$ <0.001 mg/L。

表 1 实验饲料主要化学组成(%干物质)

Tab.1 Proximate composition of the experimental diets (% dry matter)

饲料 Diets	粗蛋白 Crude protein(%)	粗脂肪 Crude lipid(%)	灰分 Ash(%)
面粉 Flour	8.71	1.42	0.61
米糠 Rice bran	13.78	2.61	2.00
虾料 Shrimp feed	36.85	5.22	10.80
鱼料 Fish feed	30.14	2.09	7.32

1.3 实验用鱼及饲养

实验鲮苗种由广西海洋研究所提供, 分别用相应的饲料驯养 7 d, 于每天的 08:00 和 18:00 饱食投喂。实验开始时, 实验鱼经饥饿 24 h 后, 挑选平均尾重(25.0±1.59) g 的个体分别称重后随机放入 16 个鱼缸中, 每缸 5 尾。根据投喂饲料的不同, 分为 4 个处理组, 分别为面粉组(T1)、米糠组(T2)、虾料组(T3)、鱼料组(T4), 各设置 4 个重复。面粉用少量水和成面团并捏成细条投喂; 米糠组用少量水浸湿后捏成小团投喂; 虾料和鱼料直接投喂。生长实验持续 8 周, 实验期间投喂时间均为每天的 08:00 和 18:00, 投喂后 1 h 收集残饵。根据每日的残饵量酌情增减投喂量。

1.4 取样及样品分析

实验开始时, 随机取 10 尾作为初始样, 于-20℃保存用作鱼体生化组成分析。实验结束时, 将鱼饥饿 24 h 后再称重, 每缸取 3 尾鱼用作全鱼生化成分分析。

实验饲料和全鱼的粗蛋白、粗脂肪和灰分参照 AOAC(1984)的方法进行测定; 样品经 105℃烘箱干

燥后, 粗蛋白采用 FOSS 定氮仪(2300 Kjeltac Analyzer Unit)测定; 粗脂肪采用索氏抽提仪(Soxtec system HT6, Tecator, Hoganas, Sweden)进行测定; 灰分在马福炉中 550℃燃烧 5 h, 用失重法测定。主要计算公式:

存活率(Survival rate) (%) = $100 \times \frac{\text{终末实验鱼数量}}{\text{初始实验鱼数量}}$

饲料效率(Feed efficiency, FE) (%) = $100 \times \frac{\text{终末体重} - \text{初始体重}}{\text{摄食量}}$

特定生长率(Specific growth rate, SGR) (%/d) = $100 \times \frac{\ln(\text{终末体重}) - \ln(\text{初始体重})}{\text{实验天数}}$

摄食率(Feed intake, FI) (%/d) = $100 \times \frac{\text{摄食饲料干重} \times 2}{\text{终末体重} + \text{初始体重}} \times \text{实验天数}$

日摄食量(Daily food intake, DFI) (g/d) = $\frac{\text{投喂量} - \text{残饵量}}{\text{实验天数}}$

1.5 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件进行数据处理和统计分析。不同处理先做单因素方差分析(One-Way ANOVA), 再通过 Duncan 比对差异, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。百分比数据(如存活率、饲料效率等)对原数据进行反正弦转换后再进行显著性分析。

2 结果

2.1 生长及饲料利用

实验结束时, 鱼料组(T4)的存活率为 100%, 虾料组(T3)次之, 面粉组(T1)最低(80%)。各组的摄食率不存在显著差异, 但面粉组(T1)、米糠组(T2)的特定生长率和饲料效率均显著低于虾料组(T3)及鱼料组(T4) ($P < 0.05$)。整体而言, 虾料组(T3)生长情况最优, 而面粉组(T1)最差(表 2)。

由图 1 可知, 随着养殖周数的延长, 不同处理组鲮的每周平均(以下简称周均)日摄食量变化规律差异明显: 实验初始时, 面粉组(T1)和米糠组(T2)周均日

表 2 投喂 4 种不同饲料对鲮全鱼生长和饲料利用的影响(平均值±标准差)

Tab.2 Growth and feed utilization of *M. cephalus* fed with four diets (Mean±SD)

生长指标 Growth index	处理组 Treatments			
	T1	T2	T3	T4
终末体重 Final body weight(g)	27.45±2.17 ^a	26.76±4.34 ^a	54.35±5.92 ^b	42.81±8.01 ^c
存活率 Survival rate(%)	80.00±16.33 ^a	85.00±10.00 ^{ab}	95.00±10.00 ^{ab}	100.00±0.00 ^b
特定生长率 SGR(%/d)	0.23±0.06 ^a	0.24±0.16 ^a	1.46±0.14 ^b	0.79±0.14 ^c
摄食率 FI (%/d)	1.53±0.44	1.45±0.24	1.47±0.12	1.58±0.14
饲料效率 FE(%)	7.54±1.73 ^a	11.89±0.99 ^a	48.62±5.84 ^b	24.01±2.79 ^c

注: 表中同行数据后的不同上标英文字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different superscripts within each row represent significant differences ($P < 0.05$)

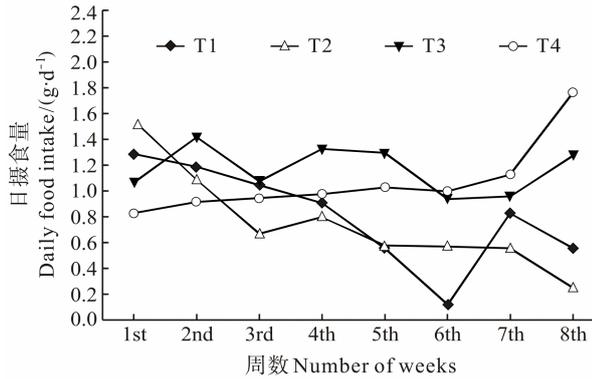


图1 投喂4种不同饲料时鲮的周均日摄食量
Fig.1 The weekly average daily food intake (DFI) of *M. cephalus* fed with four diets

摄食量水平较高,依次为(1.28±0.01)、(1.54±0.01) g/d,此后周均日摄食量迅速降低,第4周以后基本低于0.80 g/d。与之相比,虾料组(T3)和鱼料组(T4)的周均日摄食量普遍高于0.80 g/d。实验前中期虾料组(T3)的周均日摄食量较高,但呈波动起伏,而鱼料组(T4)较稳定;第6周以后鱼料组(T4)的周均日摄食量迅速升高,第8周时已达1.76 g/d。

2.2 生化组成

由表3可知,不同饲料投喂条件下,鱼体粗蛋白含量以面粉组(T1)最低(16.48%),而以米糠组(T2)最高(18.62%) ($P < 0.05$);粗脂肪含量则以米糠组(T2)最低(6.82%),虾料组(T3)最高(10.52%) ($P < 0.05$);虾料组(T3)灰分含量显著低于其他组 ($P < 0.05$),米糠组(T2)则显著高于其他组 ($P < 0.05$);各组的水分含量较为接近,差异性不显著。

3 讨论

3.1 不同饲料投喂对鲮生长的影响

多数研究认为(Vayan *et al.*, 1988; 李大鹏等,

表3 投喂4种不同饲料对鲮全鱼生化组分的影响
(平均值±标准差)

Tab.3 The body composition of *M. cephalus* fed with four diets (Mean±SD)

处理组 Treatments	粗蛋白 Crude protein(%)	粗脂肪 Crude lipid(%)	灰分 Ash(%)	水分 Moisture (%)
T1	16.48±1.09 ^a	8.01±0.42 ^a	4.39±0.75 ^a	70.99±0.52
T2	18.62±1.36 ^{bc}	6.82±0.11 ^b	4.83±0.70 ^b	65.56±8.70
T3	17.32±0.71 ^{ab}	10.52±0.36 ^c	3.43±0.23 ^c	70.65±6.10
T4	18.08±1.51 ^c	7.77±1.03 ^a	4.43±0.20 ^a	68.71±2.07

注:表中同列数据后的不同上标英文字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different superscripts within each column represent significant differences ($P < 0.05$)

2004; 邵邻相等, 2005), 鱼类的终末体重、特定生长率等生长指标随养殖密度的增加而显著降低,且初始体重越小特定生长率越高。不同养殖条件下(表4),单养实验中(王资勋等, 2011; 殷帅文等, 2007), 鲮的养殖密度往往较高,其特定生长率也相应较低;鲮-虾混养实验中(孔谦, 2011¹⁾; 朱长波等, 2014), 由于池塘以凡纳滨对虾为主养品种, 鲮的养殖密度通常较小,其特定生长率明显高于单养的结果。

与上述数据相比,本实验中室内养殖条件下面粉组和米糠组的鲮特定生长率较低,仅稍高于殷帅文等(2007)的实验结果,但虾料组的特定生长率(1.46%/d)则普遍高于文献报道。虾料组鲮的生长状况与鲮-虾混养池塘的鲮(以对虾残饵为主要食物来源)相近(孔谦, 2011¹⁾)。实验虾料与鱼料均为配合饲料,但虾料的粗蛋白及粗脂肪含量为各实验组最高,尤其是粗脂肪含量高达其他饲料的两倍以上,因此其生长指标相应最佳。

面粉中缺少赖氨酸且含有抗营养因子非淀粉多糖,可影响胃肠道的正常蠕动并减少消化液与食糜的

表4 鲮生长情况的文献比较

Tab.4 Growth performance of *M. cephalus* compared with references

养殖密度 Stocking density (ind/m ²)	初始体重 Initial body weight (g)	终末体重 Final body weight (g)	成活率 Survival rate (%)	特定生长率 SGR (%/d)	参考文献 Reference
13.3	150	450	-	0.55	王资勋等(2011)
60	220.6	240.3	-	0.15	殷帅文等(2007)
1	100-150	420	80.30	> 1.0	孔谦(2011) ¹⁾
0.07-0.24	300	500	62.00-65.67	0.91	朱长波等(2014)
12	67.8	123	-	0.85	Lupatsch等(2003)
1.5	0.55	39.50-95.71	76.4-83.2	2.84-3.44	Biswas等(2012)
41.7	25.0	26.76-54.35	80-100	0.23-1.46	本实验

1) 孔谦. 凡纳滨对虾与鲮鱼混养中精养池的理化生物因子的研究. 广东海洋大学硕士学位论文, 2010, 27-72

接触, 从而影响肠胃对营养元素的消化吸收(叶林等, 2013)。因此, 面粉不合作为主要饲料组分使用。米糠脂肪含量高(16%–18%)且多为不饱和脂肪酸, 是动物必需脂肪酸的良好来源(杨锁华等, 2006), 但不同鱼类对米糠的消化率相差极大: 韩庆伟等(2011)报道鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)对米糠的能量表观消化率与白鱼粉相当, 可达 98%; 而明建华等(2012)报道青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)对米糠的粗脂肪与总磷的表观消化率较低, 仅为 78.93%。由于面粉和米糠中蛋白及脂肪含量的不足, 鱼体需要通过大量摄食来满足其能量需求(宋益贞等, 2012), 因此两组鳊的周均日摄食量初期较高(图 1)。但作为单一饵料源的面粉和米糠只能提供不均衡的植物性蛋白, 难以满足鳊快速生长的需要, 养殖后期的周均日摄食量也迅速下降, 鳊的生长速度显著低于配合饲料组(虾料组和鱼料组), 饲料效率也相应降低, 这与朱耀强等(2012)进行的饲喂蚕豆(*Vicia faba* Linn.)对斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)生长的影响结果相似。

3.2 不同饲料投喂对鱼体组成的影响

限食实验(殷帅文等, 2007)显示, 在能源物质的利用方面, 鳊优先利用糖原, 其次为脂肪, 而非蛋白质。因此, 米糠组与虾料组粗蛋白含量无显著性差异($P > 0.05$), 但虾料组粗脂肪含量(10.52%)则显著高于米糠组(6.82%) ($P < 0.05$)。

鱼类在摄食较低水平的饲料蛋白的同时, 摄进较高水平的碳水化合物, 会促进糖原转变为脂肪并贮存于肝、腹腔内的脂肪组织及胴体等部位(Mohanty *et al.*, 1996)。谭肖英等(2005)发现, 较高的碳水化合物(面粉为主)水平(23%)会促进大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)的肌肉脂肪沉积。陈建明等(2014)通过增加糊精用量下调饲料蛋白水平, 摄食后青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)的全鱼脂肪显著升高($P < 0.05$)。因此, 本实验中, 投喂粗脂肪含量仅为 1.42%的面粉, 面粉组的鱼体粗脂肪含量显著高于米糠组($P < 0.05$)。

此外, 鳊的生长指标并不一定与鱼体主成分含量的高低呈正相关。Biswas 等(2012)的室外池塘养殖试验中, 尽管施肥-投喂综合处理(FE)的特定增长率等生长指标显著高于施肥处理(FR)、投喂处理(FD), 但该组的鱼体粗蛋白和粗脂肪含量均低于单一处理组(FR 和 FD), 且显著低于 FR 组($P < 0.05$)。

3.3 不同饲料投喂在混养模式中的应用潜力

高密度的对虾养殖造成营养物质及有机废物的过量积累, 远超过池塘沉积物的承载能力(Su *et al.*,

2011), 而残饵是对虾池塘有机物的主要来源, 池塘底部残饵的腐烂分解使 DO 下降, 硫化物大量释放, 导致水质恶化(杨庆霄等, 1999)。随着养殖活动的推移, 对虾池塘的投饵量持续增加, 养殖后期产生的残饵量极高。鳊主要吞食沉积物表层的碎屑(44.81%), 还可摄食水中的对虾类甲壳动物(6.49%)、微藻(5.06%)、底栖硅藻(4.09%) (Soyinka *et al.*, 2008)。混养模式下, 鳊可以充分利用残留的鱼料(Lupatsch *et al.*, 2003)和虾料(朱长波等, 2014), 满足自身生长, 提高饲料效率。鳊还能吞食病弱虾作为食物, 切断病害传染途径, 降低病害发生率。此外, 鳊可以通过摄食养殖池塘中的天然饵料来部分补充投喂饲料的不足, 以满足其生长(Tawwab *et al.*, 2005; Biswas *et al.*, 2012)。

在鳊-虾混养模式中, 混养开始前以面粉配鸡蛋制成面粉团, 粘在漂浮于水面的竹竿上作为鳊苗(体长 < 5 cm)饲料的暂养方式较为普遍(卢连明, 2011)。尽管本实验中面粉组及米糠组的增重率极小, 但其成活率仍高于 80%。鳊具有较强的饥饿耐受能力, 殷帅文等(2007)报道, 经过 28 d 的限食处理再进行 28 d 的正常投喂, 实验组鳊体重不断上升, 表现为完全补偿生长, 主要生长指标及鱼体生化组分与对照组(饱食组)相比不存在显著差异($P > 0.05$)。本实验前 28 d 各处理组鳊的周均日摄食量也较为接近, 若在养殖后期恢复适当投喂, 面粉组和米糠组的鳊生长及鱼体组成应可恢复至正常水平。因此, 在养殖前期采用面粉、米糠等低蛋白饲料投喂, 养殖后期依靠对虾池塘丰富的残饵辅以天然饵料, 鳊应当可以较好地生长并发挥其生态作用, 维持对虾的良好生长, 提高经济效益。

参 考 文 献

- 于娜, 李加儿, 区又君, 等. 盐度胁迫及昼夜变化对鳊鱼幼鱼消化酶活力的影响. 南方水产科学, 2011, 7(6): 52–57
- 王资勋, 黄帅. 鳊鱼都市型室外高密度循环水养殖模式与效益. 农技服务, 2011, 28(4): 503, 514
- 区又君, 李加儿, 谢菁, 等. 鳊早期发育阶段鳃的超微结构及其呼吸表面积的研究. 南方水产科学, 2014, 10(4): 52–57
- 卢连明. 南美白对虾与鳊鱼兑淡混养技术. 福建水产, 2011(12): 26–27
- 叶林, 杨小平, 陈冰玲, 等. 不同水平面粉替代对小鳄龟生长的影响研究. 当代水产, 2013(5): 88–89
- 朱长波, 郭永坚, 颜晓勇, 等. 凡纳滨对虾-鳊网围分隔混养模式下经济与生态效益评价. 南方水产科学, 2014, 10(4): 1–8
- 朱耀强, 李道友, 赵思明, 等. 饲喂蚕豆对斑点叉尾鲷生长性能和肌肉品质的影响. 华中农业大学学报, 2012, 31(6):

771-777

- 李大鹏, 庄平, 严安生, 等. 光照、水流和养殖密度对史氏鲟稚鱼摄食、行为和生长的影响. 水产学报, 2004, 28(1): 54-61
- 李加儿, 曹守花, 区又君, 等. 鲮鱼嗅囊的组织形态结构观察及功能探讨. 动物学杂志, 2014, 49(3): 399-406
- 李静晶, 刘森林, 王春红. 鲮鱼解剖学模型剂量计算机整体模型比较. 原子能科学技术, 2011, 45(2): 150-155
- 杨庆霄, 蒋岳文, 张昕阳, 等. 虾塘残饵腐解对养殖环境影响的研究. 海洋环境科学, 1999, 18(2): 11-15
- 杨锁华, 刘伟民, 杨小明, 等. 米糠应用研究进展. 粮油加工与食品机械, 2006(4): 70-75
- 吴庆元, 蒋玫, 李磊, 等. 低盐度胁迫对鲮鱼(*Mugil cephalus*)幼鱼耗氧率和排氨率的影响. 海洋环境科学, 2014, 33(2): 177-181
- 邱丽华, 吴进锋, 张汉华, 等. 海水池塘鲮鱼、斑节对虾混养的初步研究. 湛江海洋大学学报, 2000, 20(4): 69-71
- 宋益贞, 过世东, 牛华欣. 不同脂肪源对吉富罗非鱼生长和饲料利用的影响. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 200-202
- 陈建明, 沈斌乾, 潘茜, 等. 饲料蛋白和脂肪水平对青鱼大规格鱼种生长和体组成的影响. 水生生物学报, 2014, 38(4): 699-705
- 陈雄杰. 石斑鱼精养池套养鲮鱼、南美白对虾高产增效技术. 河北渔业, 2012(2): 21-24
- 邵邻相, 谢炜, 叶菲菲. 养殖密度对地图鱼幼鱼生长发育的影响. 水产科学, 2005, 24(4): 7-9
- 明建华, 叶金云, 张易祥, 等. 青鱼对 8 种饲料原料中营养物质的表观消化率. 动物营养学报, 2012, 24(10): 2050-2058
- 殷帅文, 林学群, 陈洁辉. 限食(含饥饿)以及再充分投喂对鲮鱼生理参数的影响. 水产科学, 2007, 26(7): 373-376
- 徐孝栋, 栾生, 罗坤, 等. 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)育种核心群体在连续排污养殖模式下的生长和存活性能分析. 渔业科学进展, 2014, 35(4): 32-38
- 郭永坚, 朱长波, 阴晓丽, 等. 凡纳滨对虾-鲮网围分隔混养池塘浮游植物群落结构特征的研究. 南方水产科学, 2015, 11(1): 45-54
- 彭士明, 施兆鸿, 陈超, 等. 鲮梭鱼营养与环境因子方面的研究现状及展望. 海洋渔业, 2008, 30(4): 356-362
- 韩庆炜, 梁萌青, 姚宏波, 等. 鲮鱼对 7 种饲料原料的表观消化率及其对肝脏、肠道组织结构的影响. 渔业科学进展, 2011, 32(1): 32-39
- 谭肖英, 刘永坚, 田丽霞, 等. 饲料中碳水化合物水平对大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)生长、鱼体营养成分组成的影响. 中山大学学报(自然版), 2005, 44(增刊): 258-263
- 葛红星, 李健, 陈萍, 等. 氨氮胁迫下凡纳滨对虾对副溶血弧菌的易感性. 渔业科学进展, 2014, 35(6): 76-82
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. 14th Ed, Arlington, Virginia: AOAC, 1984, 1184
- Biswas G, De D, Thirunavukkarasu AR, et al. Effects of stocking density, feeding, fertilization and combined fertilization-feeding on the performances of striped grey mullet (*Mugil cephalus* L.) fingerlings in brackishwater pond rearing systems. Aquaculture, 2012, 338-341: 284-292
- Dasriddar PG, Mallik A, Mandal N. Contribution of shrimp disease research to the development of the shrimp aquaculture industry: an analysis of the research and innovation structure across the countries. Scientometrics, 2013, 97(3): 659-674
- Lupatsch I, Katz T, Angel DL. Assessment of the removal efficiency of fish farm effluents by grey mullets: a nutritional approach. Aquaculture Research, 2003, 34(15): 1367-1377
- Soyinka, Olufemi O. The feeding ecology of *Mugil cephalus* (Linnaeus) from a high brackish tropical lagoon in Southwest, Nigeria. Afr J Biotechnol, 2008, 7(22): 4192-4198
- Su YP, Ma S, Lei JL. Assessment of pollutant reducing effect by poly-culture and bioremediation in sediment of marine shrimp ponds. Procedia Environmental Sciences, 2011, 10(Part B): 1559-1567
- Tawwab AM, Eid AHM, Abdelghany AE, et al. The assessment of water quality and primary productivity in earthen fishponds stocked with striped mullet (*Mugil cephalus*) and subjected to different feeding regimes. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2005, 5(1): 1-10
- Vayan MM, Leatherland JF. Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. Aquaculture, 1988, 75(1-2): 159-170

(编辑 冯小花)

Effects of Four Types of Diet on the Growth and Body Composition of *Mugil cephalus*

GUO Yongjian, LUO Zhaolin, YIN Xiaoli, LI Junwei, ZHU Changbo^①, XIE Xiaoyong

(Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangdong Province; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

Abstract Grey mullet (*Mugil cephalus*) grazes on plant detritus and microflora and is an omnivorous fish species of ecological importance in both mono- and poly-culture due to its unique feeding habit. However, little is known about the effects of different diets on the growth and body composition of *M. cephalus*. To address this question we carried out an 8-week feeding experiment on *M. cephalus* with initial weight of (25.0±1.59) g. The experimental subjects were fed with four groups of diets that were flour (T1), rice bran (T2), shrimp feed (T3) and fish feed (T4). The results showed that the specific growth rate (SGR) and the feed efficiency (FE) in T1 and T2 were significantly lower than those in T3 and T4 ($P < 0.05$). The SGR and FE in T3 were 1.46 %/d and 48.62% respectively which were 2-fold of those in T4. Fish fed with a single diet of either flour or rice bran barely grew in size but had higher survival rates (> 80%). The weekly average daily food intake (DFI) of T1 and T2 decreased to below 0.80 g/d after 4 weeks, whereas the weekly average DFIs of T3 and T4 were above 0.80 g/d and obviously increased in the 8th week during the experiment. The whole body crude protein was the highest in T2 (18.62%±1.36%), and crude lipid was the highest in T3 (10.52%±0.36%). There was apparent accumulation of crude lipid in T1 (8.01%±0.42%), which indicated that the higher carbohydrates (flour) level could enhance the lipid accumulation in the whole body of the fish. Moreover, the level of whole body crude protein could be well maintained when the formula feeds were replaced with rice bran. Flour or rice bran alone may not be sufficient to support the rapid growth of *M. cephalus* because of the lack of balanced proteins; however, they might help promote the survival rate at early rearing stage. Therefore a partial diet replacement with flour or rice bran in shrimp ponds could be a useful trial.

Key words *Mugil cephalus*; Diet; Protein; Lipid; Feeding

① Corresponding author: ZHU Changbo, E-mail: changbo@ecowin.org