

摄食水平对翘嘴鳊幼鱼体组成、生长、排粪、排泄及氮收支的影响

王乾 梁旭方 刘奕鸿 蒋浩 刘沫洋 易提林 张进

华中农业大学水产学院/农业部淡水生物繁育重点实验室/淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心, 武汉 430070

摘要 利用生物能量学的方法研究翘嘴鳊 [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)] 幼鱼(初始体质量 2.52~3.79 g, 平均体质量 3.11 g)在不同摄食水平(饥饿、1%、2%、3%、4%、饱食)下的体组成、生长、排泄、排粪及氮收支, 建立生长、氮排泄、排粪与摄食水平的回归方程。试验水温为 26.5~28.0 °C, 平均水温 27.3 °C。试验结果表明, 随着摄食水平的增加, 鱼体干物质、蛋白质、脂肪含量呈增加趋势, 灰分含量呈降低趋势。随着摄食水平的增加, 食物转化效率呈增大趋势, 吸收效率略微增加, 特定增长率呈线性增长趋势。排泄氮(U_N)、粪便氮(F_N)随着摄食水平增加显著增加, 排泄氮、粪便氮与摄食水平(L_R)的关系可分别用回归方程描述为: $U_N = 0.449 6L_R + 0.097 9$, $F_N = 0.078 1L_R + 0.019 2$ 。随着摄食水平的增加, 用于生长的氮所占比例呈增大趋势, 排泄氮和粪便氮比例呈减少趋势, 饱食时的氮收支方程为: $100C_N = 45.20G_N + 7.46F_N + 47.34U_N$ 。

关键词 翘嘴鳊幼鱼; 摄食水平; 体组成; 生长; 排粪; 排泄; 氮收支

中图分类号 S 963 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0089-06

鱼类是人类优质的食物蛋白源, 鱼体干物质的主要组成成分为蛋白质^[1-2], 鱼体的生长主要是一个蛋白质积累的过程。影响鱼类生长和氮收支的因素主要有饵料组成^[3-4]、摄食水平^[5]、温度^[6]、体质量^[6]等, 其中摄食水平是一个非常重要的因素, 且在实际养殖生产中可以人为控制。目前研究表明, 随着摄食水平的增加, 不同的鱼类生长呈现两种不同的增长趋势: 一种是减速曲线增长模式^[7-8], 一种是直线增长模式^[9-11]。对于两种不同生长模式的鱼类, 在实际生产养殖中应该采取不同的投喂策略。对于减速曲线上升模式的鱼类, 最大投喂量应该小于饱食量, 因为在最大摄食水平的时候食物转化效率会下降; 对于直线上升模式的鱼类, 最大的食物转化效率和生长速率在最大摄食水平时获得, 最大摄食水平可以作为最大投喂量^[5]。研究摄食水平对鱼类生长和氮收支的影响对于提高鱼类饵料效率及蛋白质转化效率、维持健康养殖环境等都具有很重要的意义。

翘嘴鳊 [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)] 隶属鲈形目(Perciformes)、真鲈科(Percichthyidae)、鳊

属(*Siniperca*), 又称鳊, 其生长速度快、肉质细腻鲜美、营养丰富, 是久负盛名的淡水名贵经济鱼类。目前, 国内鳊池塘和网箱养殖已经形成一定规模, 鳊幼苗主要依靠人工繁育。鳊自开口摄食起终生以活鱼虾为食^[12], 拒食浮游生物及人工饵料, 故鳊苗种成本较高。摄食水平是影响鳊幼鱼生长、排泄的一个很重要的因素, 不合理的投喂水平容易产生饵料利用率低、养殖环境恶化等问题。从鱼类生物能量学的角度研究鳊的生长—摄食关系和氮收支方程, 对于鳊规模化人工苗种培育阶段提高饵料利用率、降低育种成本、保证健康养殖环境等具有重要的理论指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验鱼及其驯养

鳊幼鱼(2.52~3.79 g, 平均体质量 3.11 g)购于湖北省武汉市鲁湖鳊鱼良种繁育场, 体质良好, 健康无病。初期每 30 尾放于 55 cm×60 cm×60 cm 水族箱中暂养 7 d, 然后每 3 尾移入一个 20 cm×40

收稿日期: 2012-11-30

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2012BAD25B04)、国家自然科学基金项目(31172420)和国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2009CB118702)

王乾, 硕士研究生, 研究方向: 水产动物营养与生理。E-mail: 815496962@qq.com

通讯作者: 梁旭方, 博士, 教授, 研究方向: 鱼类摄食与代谢机制及应用技术。E-mail: xufang_liang@hotmail.com

cm×30 cm 水族箱中驯养 7 d, 暂养期间每天过量投喂 2 次(08:00、18:00), 以确定其饱食量。饵料鱼为规格一致的体长约 2 cm 的草鱼幼鱼, 购于武汉市江夏区牛山湖渔场, 暂养于直径 2 m、高 0.8 m 的循环水系统中, 每天投以少量粉料, 以维持其基本代谢所需。

1.2 养殖系统

试验在室内进行, 试验缸为 20 cm×40 cm×30 cm 透明水族箱, 不间断曝气, 溶氧>6.0 mg/L, 日温差<1℃, 光暗周期为 10 h:14 h。正式试验时每缸保持水量为 12 L, 每 7 d 换水 1 次。

1.3 试验设计

鳊为非集群性鱼类, 喜好单个伏击摄食, 其摄食速度快且贪食, 为了准确控制摄食量, 精确地测定每条鱼的氮收支, 本试验采用单个试验的方式, 即每条试验鱼都单独放养于一个水族箱中。设置 6 个摄食水平: 饥饿、1%、2%、3%、4% (摄食水平为每天投喂饵料鱼干物质量占试验鱼湿质量的百分比)、饱食。随机选取体质量相近的健康鳊幼鱼 24 尾, 分别放入 24 个规格一致的水族箱中, 6 个摄食水平, 每组 4 个重复。试验开始前, 将所有试验鱼饥饿 48 h 以排空肠内容物。用滤纸小心吸干试验鱼的体表水, 放入已装水容器中差量法称其湿质量。从剩余的暂养鱼中随机挑选 10 尾称量湿质量, 于 70℃ 下烘干至恒质量, -20℃ 保存待测。

试验期间每天投喂 2 次(08:00、18:00), 通过控制饵料鱼的投喂数目来控制不同摄食水平。投喂的饵料鱼先饥饿 24 h, 然后挑选规格相同(个体间体质量差<5%)的个体单独暂养, 不投食使其排完粪便。每 2 d 换一批, 每批饵料鱼选取 50 尾称其湿质量, 烘干得其干质量并于 -20℃ 保存。每天投喂前用移液管收集粪便于 EP 管中, EP 管预先 70℃ 干燥并称质量, 将每尾鱼每天下午和次日上午的粪便收集到同一个 EP 管中, 记为同一天粪便产量, 烘干后于 -20℃ 保存, 差量法计算每尾试验鱼每日粪便干物质量产量。

养殖试验时间为 21 d, 由于试验鱼生长较快, 每 7 d 换水并同时差减法带水称量试验鱼粗湿质量, 以校准投喂量(饥饿组除外)。试验结束后将试验鱼饥饿 48 h, 排空肠内容物, 用高浓度的 MS-222 将鱼处死, 烘干待测。

1.4 生化分析

试验鱼、饵料鱼、粪便等样品均于 70℃ 烘干至

恒质量, 得干物质含量。研磨成细粉, -20℃ 保存。采用凯氏定氮法(hanon K9860 全自动凯氏定氮仪)测定各组分蛋白含量, 采用索氏抽提法(hanon SOX500 脂肪测定仪)测定脂肪含量, 采用灼烧法(550℃)测定灰分含量, 采用燃烧法(PARR 6200 全自动氧弹量热仪)测定饵料鱼能量含量。每份样品至少测定 2 次。

1.5 数据处理与分析

鱼类的氮收支方程^[9,13]为:

$$C_N = F_N + G_N + U_N$$

式中 C_N 为摄食氮, F_N 为粪便氮, G_N 为生长氮, U_N 为排泄氮。

根据每批饵料鱼的蛋白含量和试验鱼每天的摄食量求得 C_N , 饵料鱼蛋白值含量如图 1 所示, 各批次饵料鱼的蛋白质含量无显著差异($P>0.1$), 饵料鱼能量含量如图 2 所示, 各批次饵料鱼的能量含量无显著性差异($P>0.05$)。根据崔奕波等^[13]的方法求得 F_N 和 G_N , 根据 $U_N = C_N - F_N - G_N$ 求得排泄氮的量, 根据 $A_N = G_N - F_N$ 求得吸收氮(A_N)的量^[13]。

鱼体湿质量特定生长率($SGR_w, \%$)的计算公式:

$$SGR_w = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

式中 W_t 为试验结束时试验鱼湿质量, g; W_0 为试验鱼的初始体质量, g; t 为养殖试验周期, d。

食物干物质特定生长率($SGR_d, \%$)、蛋白质特定生长率($SGR_p, \%$)、脂肪特定生长率($SGR_l, \%$)、灰分特定生长率($SGR_a, \%$)算法亦同上式。

食物湿质量转化效率($FCE_w, \%$)的计算公式:

$$FCE_w = 100 \times (\Delta W_w / C_w)$$

式中 ΔW_w 为试验期间试验鱼的湿质量增加量, g; C_w 为试验期间的摄食饵料鱼总湿质量, g。

食物干物质转化效率($FCE_d, \%$)、蛋白质转化效率($FCE_p, \%$)、脂肪转化效率($FCE_l, \%$)、灰分转化效率($FCE_a, \%$)算法亦同上式。

食物干物质吸收效率($FAE_d, \%$)的计算公式:

$$FAE_d = 100 \times (C_d - F_d) / C_d$$

式中 C_d 为试验期间试验鱼摄食干物质总质量, F_d 为试验期间试验鱼粪便干物质总质量。

食物蛋白质吸收效率($FAE_p, \%$)的算法亦同上式。

试验数据使用 SPSS 10.0 和 Excel 2007 软件统计、计算、作图和分析, 所有数据均以平均值±标准差表示。

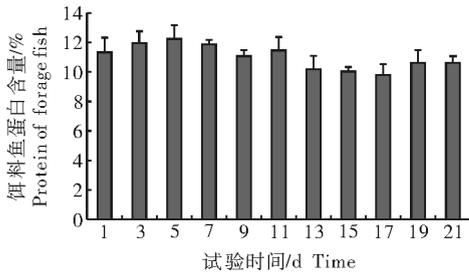


图 1 饵料鱼蛋白质含量
Fig. 1 Protein of forage fish

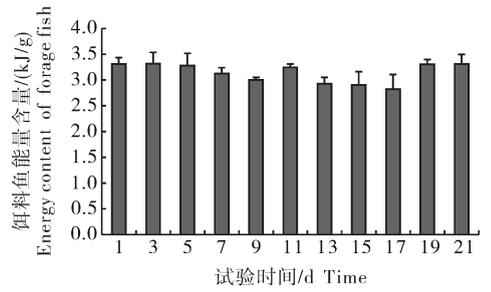


图 2 饵料鱼能量含量
Fig. 2 Energy content of forage fish

2 结果与分析

2.1 不同摄食水平下鳊幼鱼的体组成、食物转化效率、吸收效率及特定生长率

不同摄食水平下鳊幼鱼体组成如表 1 所示。随着摄食水平的增加,干物质、蛋白质、脂肪含量呈增加趋势,灰分含量呈降低趋势。饥饿组的鳊干物质、

蛋白质、脂肪含量显著低于初始水平和其他摄食水平,灰分含量显著高于初始水平和其他摄食水平 ($P < 0.05$)。1%至饱食水平鳊幼鱼干物质、蛋白质、灰分含量显著高于初始水平 ($P < 0.05$),而脂肪含量没有显著性差异 ($P > 0.05$)。1%至饱食水平鳊幼鱼蛋白质、脂肪含量组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 不同摄食水平下鳊幼鱼的体组成¹⁾

Table 1 Body composition of juvenile mandarin fish at different ration levels

摄食水平 Ration level	干物质 Dry matter	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid	灰分 Ash
初始 Early	19.54±0.34 b	13.52±0.14 b	2.40±0.44 b	3.95±0.05 a
饥饿 Starvation	17.47±0.34 a	10.09±0.50 a	1.61±0.10 a	6.33±0.60 d
1%	22.03±0.36 c	14.50±0.37 c	2.37±0.05 b	4.99±0.24 c
2%	22.45±0.14 cd	14.95±0.17 c	2.45±0.05 b	4.72±0.10 bc
3%	22.67±0.30 de	14.88±0.39 c	2.45±0.26 b	4.62±0.13 bc
4%	23.06±0.09 ef	14.94±0.50 c	2.67±0.17 bc	4.89±0.08 bc
饱食 Satiation	23.37±0.34 f	14.88±0.32 c	2.68±0.31 bc	4.56±0.46 b

1) 同列数据后面不同字母表示组间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。下同。Values (mean±SD) in the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$). The same as below.

表 2 不同摄食水平下鳊幼鱼的食物转化效率及吸收效率

Table 2 Food conversion efficiency and feed absorption efficiency of juvenile mandarin fish at different ration levels

摄食水平 Ration level	转化效率 Conversion efficiency					吸收效率 Absorption efficiency	
	FCE _w	FCE _d	FCE _p	FCE _l	FCE _a	FAE _d	FAE _p
1%	24.52±3.58 a	38.97±6.40 a	38.24±3.24 a	32.39±2.61 a	59.25±5.68 c	84.80±0.63 a	90.48±0.43 a
2%	28.98±0.53 ab	40.96±1.42 a	40.95±1.77 a	45.87±1.78 b	49.95±2.23 ab	85.78±0.44 ab	91.70±0.51 b
3%	29.02±1.58 ab	41.18±1.45 a	41.55±3.32 ab	46.98±7.03 b	47.68±3.24 ab	86.78±0.46 b	91.22±0.91 ab
4%	34.08±0.57 b	43.26±0.74 ab	43.54±1.81 b	52.40±3.86 b	51.93±2.32 b	87.06±0.50 b	91.60±0.32 ab
饱食 Satiation	37.10±0.77 c	49.54±4.27 b	45.19±7.75 b	63.67±1.13 c	43.34±3.16 a	88.49±1.27 c	92.54±0.72 b

不同摄食水平下鳊幼鱼食物转化效率及吸收效率如表 2 所示。湿质量、干物质、蛋白质、脂肪的转化效率随着摄食水平的增加呈增大趋势,灰分的转化效率随着摄食水平的增加呈减小趋势。干物质、蛋白质吸收效率变化范围分别为 84.80%~88.49%、90.48%~92.54%,两者都有随着摄食水平的增加而增大的趋势,但增加幅度都很小,某些摄

食水平之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

不同摄食水平下鳊幼鱼特定生长率如表 3 所示。随着摄食水平的增加,鳊幼鱼湿质量、干物质、蛋白质、脂肪、灰分特定生长率均呈显著增大趋势 ($P < 0.05$)。回归分析表明,鳊幼鱼的特定生长率 (SGR, %/d) 与摄食水平 (L_R , %/d) 之间表现为线性增长趋势,可采用一次函数定量描述(表 4)。

表 3 不同摄食水平下鳊幼鱼的特定生长率

Table 3 Specific growth rate for juvenile mandarin fish at different ration levels

%/d

摄食水平 Ration level	特定生长率 Specific growth rate				
	SGR _w	SGR _d	SGR _p	SGR _l	SGR _a
饥饿 Starvation	-2.26±0.13 a	-2.79±0.16 a	-3.65±0.13 a	-4.18±.134 a	-0.02±0.13 a
1%	1.19±0.04 b	1.76±0.10 b	1.52±0.14 b	1.11±0.12 b	2.16±0.04 b
2%	3.42±0.33 c	4.09±0.31 c	3.92±0.29 c	3.52±0.42 c	4.22±0.33 c
3%	5.36±0.53 d	6.07±0.52 d	5.82±0.66 d	5.55±0.74 d	6.22±0.60 d
4%	8.92±0.78 e	9.71±0.80 e	9.39±0.82 e	9.32±0.90 e	10.04±0.55 e
饱食 Satiation	11.58±1.16 f	12.43±1.23 f	12.05±1.16 f	12.07±1.41 f	12.11±1.45 f

1.2 不同摄食水平下鳊幼鱼的氮收支、排粪及氮排泄

不同摄食水平下鳊幼鱼的氮收支情况如表 5 所示。随着摄食水平的增加,鳊幼鱼的粪便氮和排泄氮均呈显著性增加趋势($P < 0.05$),回归分析表明,鳊幼鱼的粪便氮 [$F_N, \text{mg}/(\text{g} \cdot \text{d})$]、排泄氮 [$U_N, \text{mg}/(\text{g} \cdot \text{d})$]与摄食水平 ($L_R, \%/d$)之间表现为线性增长趋势,采用一次函数定量描述(表 4)。整个试验周期中不同摄食水平下鳊幼鱼粪便干物质总产量 (F_d, g)与摄食干物质总量 (C_d, g)呈现出显著线性关系,可采用一次函数定量描述(表 4),日排粪量

也随着摄食量的增加而增加,但没有显著的函数关系。鳊幼鱼从食物中摄取的氮约有 50% 排泄到体外,排泄氮所占的比例最大,其次约有 40% 的氮用于生长,排粪损失的氮所占的比例最小 ($< 10\%$)。随着摄食水平的增加,生长氮占摄食氮的比例有增加的趋势,排泄氮和粪便氮占摄食氮的比例都有减少的趋势。不同摄食水平下排泄氮占吸收氮的比例没有显著性差异 ($P > 0.05$),回归分析表明鳊幼鱼不同摄食水平下的排泄氮 [$U_N, \text{mg}/(\text{g} \cdot \text{d})$]与吸收氮 [$A_N, \text{mg}/(\text{g} \cdot \text{d})$]之间表现为线性关系,可采用一次函数定量描述(表 4)。

表 4 鳊幼鱼特定生长率、氮排泄、排粪与摄食的函数关系

Table 4 Relationship between specific growth rate, nitrogen excretion, defecation and food consumption for juvenile mandarin fish

项目 Items	回归方程 Regression equation	<i>n</i>	<i>R</i> ²	<i>P</i>
SGR _w	$\text{SGR}_w = 2.923 5L_R - 2.121 0$	18	0.985 6	0.01
SGR _d	$\text{SGR}_d = 3.180 1L_R - 2.233 5$	18	0.981 7	0.01
SGR _p	$\text{SGR}_p = 3.262 1L_R - 2.809 4$	18	0.976 1	0.01
SGR _l	$\text{SGR}_l = 3.381 5L_R - 3.364 9$	18	0.983 8	0.01
SGR _a	$\text{SGR}_a = 2.263 2L_R - 0.376 6$	18	0.974 6	0.01
U_N	$U_N = 0.449 6L_R + 0.097 9$	15	0.968 1	0.01
F_N	$F_N = 0.078 1L_R + 0.019 2$	15	0.962 0	0.01
U_N	$U_N = 0.477 2A_N + 0.108 4$	15	0.966 1	0.01
F_d	$F_d = 0.128 7C_d + 0.037 0$	15	0.991 6	0.01

表 5 不同摄食水平下鳊幼鱼的氮收支¹⁾

Table 5 Nitrogen budget of juvenile mandarin fish at different ration levels

摄食水平 Ration level	氮收支量/[mg/(g·d)] Nitrogen budget quantity				氮收支/% Nitrogen budget ration			
	C_N	G_N	F_N	U_N	G_N/C_N	F_N/C_N	U_N/C_N	U_N/A_N
饥饿 Starvation	0.000±0.000	-0.335±0.012	0.000±0.000 a	0.335±0.012 a	—	—	—	—
1%	0.901±0.094	0.340±0.037	0.086±0.006 b	0.475±0.121 b	38.24±7.24 a	9.52±0.44 c	52.25±7.66 b	57.72±8.18 a
2%	1.968±0.201	0.862±0.052	0.163±0.010 c	0.943±0.142 c	43.93±1.80 ab	8.30±0.52 b	47.77±2.29 ab	52.08±2.21 a
3%	2.902±0.106	1.208±0.134	0.255±0.034 d	1.439±0.079 d	41.54±3.32 a	8.78±0.91 ac	49.67±4.23 b	54.42±4.07 a
4%	3.894±0.135	1.696±0.113	0.327±0.011 e	1.871±0.064 e	43.20±1.81 ab	8.39±0.32 abc	48.06±1.50 ab	52.48±1.81 a
饱食 Satiation	4.593±0.249	2.003±0.336	0.447±0.073 f	2.143±0.247 f	45.20±7.75 b	7.46±0.72 ab	47.34±6.56 a	51.16±7.88 a

1) C_N 为摄食氮, G_N 为生长氮, F_N 为粪便氮, U_N 为排泄氮。 C_N was food nitrogen, G_N was growth nitrogen, F_N was faeces nitrogen, U_N was excretion nitrogen.

3 讨 论

3.1 摄食水平对鳊幼鱼体组成、特定生长率及食物转化效率、吸收效率的影响

许多因子影响鱼体的生化组成,其中摄食水平是主要的影响因子之一。一般来说,干物质、脂肪含量随着摄食水平的增加而增加,灰分随摄食水平的增加而减少,蛋白质含量与摄食水平的关系不明显^[7-8,10-11]。本研究中,随着摄食水平的增加,干物质、蛋白质、脂肪含量呈增加趋势,灰分含量呈降低趋势,这与一般鱼类的研究相似。饥饿组的鳊干物质、蛋白质、脂肪含量显著低于初始水平和其他摄食水平,灰分含量显著高于初始水平和其他摄食水平,说明在饥饿时鳊幼鱼消耗了体内大量的蛋白质和脂肪,而矿物质仍然留在体内。

本研究中鳊幼鱼湿质量、干物质、蛋白质、脂肪、灰分的特定生长率均与摄食水平呈直线关系,最大生长率在饱食时获得。这与草鱼^[9]、青石斑鱼^[10]、高首鲟^[11]等的研究结果相似。

很多鱼类如青石斑鱼^[10]、高首鲟^[11]的食物转化效率都随着摄食水平的增加而增大,在饱食时达到最大值。也有鱼的食物转化效率先随着摄食率的增加而增加,在亚饱食水平达到最大值,在饱食水平时又有所下降,如军曹鱼^[8],本研究中鳊幼鱼的湿质量、干物质、蛋白质、脂肪转化效率都有随着摄食水平增加而增大的趋势,且最大值都在饱食时获得。干物质、蛋白质吸收效率随着摄食水平的增加略微增加,某些摄食水平之间吸收效率相似,这与草鱼^[9]、青石斑鱼^[10]的研究结果相似。

3.2 摄食水平对鳊幼鱼排粪、氮排泄及氮收支的影响

鳊幼鱼粪便产量随着摄食水平的增加而增加,两者呈现直线关系,这跟很多研究结论相似,如褐牙鲈^[14]、青石斑鱼^[10]、梭鱼^[15]、金鱼^[16]、麦穗鱼^[16],产生这种结果的原因可能是不同摄食水平下干物质吸收效率变化幅度很小。但也有的鱼类粪便产量与摄食率呈曲线关系,如军曹鱼^[17]、南方大口鲶^[18]。

通常情况下,鱼类氮排泄率随摄食水平的增加而增加,之前的一些研究试图用线性函数^[10,16]、幂函数^[19]或指数函数^[17]来描述氮排泄与摄食水平的关系。鳊幼鱼的排泄氮随着摄食水平的增加显著增加,且呈现直线函数关系,这与青石斑鱼^[10]、金鱼^[16]等多种鱼类的研究结果相一致。同时,鳊幼鱼

的氮排泄与氮吸收之间也表现为直线增长趋势,这与草鱼^[13]等的研究结果一致。

由于氮收支方程受个体大小^[6]、试验温度^[6]、饵料成分^[4]等多种因素的影响,一般来说不同鱼类间很难进行准确比较。通常情况下,在摄入氮的分配中,排泄氮所占比例最高,粪便氮所占的比例最低^[4-6],鳊幼鱼的排泄氮占摄食氮的比例最大,约为50%,粪便氮所占比例小于10%。随着摄食水平的增加,鳊幼鱼用于生长的氮所占比例呈现增加的趋势,同时排泄氮、粪便氮比例呈现下降的趋势。

因此,在鳊幼鱼实际养殖生产中,在控制适当养殖密度的情况下,饱食投喂更有利于提高饵料转化效率,降低排泄物所占的比例,减轻对养殖水环境的负担,更有利于达到健康养殖的效果。

参 考 文 献

- [1] 王道尊,刘玉芳.青鱼、草鱼、团头鲂的肌肉及有关天然饲料的生化组成分析[J].水产科技情报,1987,1(4):11-16.
- [2] 梁银铨,崔希群,刘友亮.鳊肌肉生化成份分析和营养品质评价[J].水生生物学报,1998,22(4):386-388.
- [3] 赵巧娥,朱邦科,沈凡,等.饲料脂肪水平对鳊幼鱼生长、体成分及血清生化指标的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(3):357-363.
- [4] 杨严鸥,崔奕波,熊邦喜,等.建鲤和异育银鲫摄食不同质量饲料时的氮收支和能量收支比较[J].水生生物学报,2003,27(6):572-579.
- [5] 孙丽华,陈浩如,黄洪辉,等.摄食水平对几种重要海水养殖鱼类生长和氮收支的影响[J].水产学报,2009,33(3):470-478.
- [6] 线薇薇,朱鑫华.温度和体重对褐牙鲈氮收支的影响[J].海洋科学集刊,2002,44:199-205.
- [7] XIE S Q, CUI Y B, YANG Y X, et al. Energy budget of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to ration size[J]. Aquaculture, 1997, 154(1):57-68.
- [8] SUN L H, CHEN H R, HUANG L M, et al. Growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to ration[J]. Aquaculture, 2006, 257(1):214-220.
- [9] CUI Y B, CHEN S L, WANG S M. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val[J]. Aquaculture, 1994, 123(1):95-107.
- [10] SUN L H, CHEN H R, HUANG L M. Growth, faecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile yellow grouper (*Epinephelus arwoara*) relative to ration level[J]. Aquaculture, 2007, 264:228-235.
- [11] CUI Y B, HUNG S S O, ZHU X. Effect of ration and body size on the energy budget of juvenile white sturgeon[J]. Journal of Fish Biology, 1996, 49(5):863-876.
- [12] 蒋一珪.梁子湖鳊鱼的生物学[J].水生生物学集刊,1959,1(3):375-385.

- [13] 崔奕波,王少梅,刘肖芳,等. 摄食动物性饵料与摄食植物性饵料的草鱼幼鱼氮收支的比较[J]. 自然科学进展,1991,1(5):449-451.
- [14] 线薇薇,朱鑫华. 摄食水平对褐牙鲈幼鱼能量收支的影响[J]. 青岛海洋大学学报:自然科学版,2001,31(5):695-700.
- [15] 线薇薇,朱鑫华. 摄食水平对梭鱼的生长和能量收支的影响[J]. 海洋与湖沼,2001,32(6):612-620.
- [16] CUI Y B,LIU J K. Comparison of energy budget among six teleosts—I. Food consumption,faecal production and nitrogenous excretion[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A:Physiology,1990,96(1):163-171.
- [17] SUN L H,CHEN H R,HUANG L M, et al. Growth, faecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to feed type and ration level[J]. Aquaculture,2006,259(1):211-221.
- [18] XIE X J,SUN R Y. The faecal production and digestibility of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen), in relation to ration level, body weight and temperature[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica,1993,24(6):627.
- [19] SAVITZ J,ALBANESE E,EVINGER M J, et al. Effect of ration level on nitrogen excretion,nitrogen retention and efficiency of nitrogen utilization for growth in largemouth bass(*Micropterus salmoides*)[J]. Journal of Fish Biology,1977,11(2):185-192.

Effect of ration level on body composition, growth, faecal production, nitrogenous excretion and nitrogen budget of juvenile mandarin fish (*Siniperca chuatsi* (Basilewsky))

WANG Qian LIANG Xu-fang LIU Yi-hong JIANG hao LIU Mo-yang YI Ti-lin ZHANG Jin

College of Fisheries/Key Laboratory of Freshwater Animal Breeding, Ministry of Agriculture, Huazhong Agricultural University/Hubei Collaborative Innovation Center for Freshwater Aquaculture, Wuhan 430070, China

Abstract Body composition, growth, faecal production, nitrogenous excretion and nitrogen budget of juvenile mandarin fish [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)] (initial body weight 2.52-3.79 g, average 3.11 g) at different ration levels (starvation, 1%, 2%, 3%, 4% of initial body weight per day, and satiation) were investigated in this study. The relationships between growth, nitrogenous excretion, faecal production and ration were studied and the regression equations were established. Water temperature was controlled between 26.5 °C and 28.0 °C, and the average level was 27.3 °C. The results showed that with the ration level increasing, the contents of dry matter, protein and lipid increased, but ash content decreased. With the increasing of ration level, feed conversion efficiency (FCE, %) tended to increase, feed absorption efficiency (FAE, %) tended to increase within a narrow range and specific growth rate increased with a linear pattern. Excretion nitrogen [U_N , mg/(g · d)] and faecal nitrogen [F_N , mg/(g · d)] increased markedly with increased ration level (L_R , % per day), with the regression equations of $U_N = 0.4496L_R + 0.0979$ and $F_N = 0.0781L_R + 0.0192$, respectively. With the ration level increasing, allocation of nitrogen to growth increased, proportions of excretion nitrogen and faecal nitrogen decreased, and the nitrogen budget of juvenile mandarin fish at satiation was: $100C_N = 45.20G_N + 7.46F_N + 47.34U_N$.

Key words juvenile mandarin fish [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)]; ration level; body composition; growth; faecal production; nitrogenous excretion; nitrogen budget