

饲料质量对丰鲤和奥尼罗非鱼氮及能量收支的影响

杨严鸥^{1,2} 解绶启² 熊邦喜¹ 杨云霞²

(1 华中农业大学水产学院, 武汉 430070;

2 中国科学院水生生物研究所: 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要: 实验比较了丰鲤与奥尼罗非鱼摄食低质和高质两种等能饲料时的氮收支和能量收支。低质饲料的蛋白质含量为 34.25%、蛋白质主要来源为豆粕, 高质饲料的蛋白质含量为 45.44%、蛋白质主要来源为鱼粉。53d 的生长结果显示: 摄食低质饲料时, 奥尼罗非鱼通过降低排泄氮、排泄能和代谢能的比例, 使生长氮和生长能的比例显著高于丰鲤, 摄食高质饲料时, 则通过降低粪氮和粪能的比例取得快速生长的效果; 丰鲤生长氮和生长能比例不受饲料质量的显著影响, 但高质饲料使排泄氮和代谢能比例显著降低; 奥尼罗非鱼的氮收支不受饲料质量的显著影响, 但高质饲料使生长能和排泄能的比例显著增高, 代谢能的比例显著降低。结果表明, 在两种饲料条件下, 丰鲤利用氮和能量的能力显著低于奥尼罗非鱼。

关键词: 丰鲤; 奥尼罗非鱼; 氮收支; 能量收支; 饲料质量

中图分类号: S963 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)04 0337-07

在人工集约化养殖条件下, 鱼类所需的蛋白质和能量完全由配合饲料提供, 饲料成本是养殖成本重要的组成部分。研究饲料质量对鱼类氮收支和能量收支的影响, 对了解鱼类的蛋白质利用特点、探讨鱼类生长差异的能量学机制都有重要意义。

丰鲤和奥尼罗非鱼是我国重要的养殖品种, 前者是兴国红鲤(♀)与散鳞镜鲤(♂)经过杂交而产生的杂种一代^[1], 已在全国许多地区推广养殖。后者是尼罗罗非鱼(♀)与奥利亚罗非鱼(♂)经过杂交而产生的杂种一代, 俗称全雄罗非鱼, 具有个体大、生长快、起捕率高和产量高的特点^[2]。到目前为止, 尚未发现有关丰鲤和奥尼罗非鱼氮收支的报道, 对丰鲤和其他种类罗非鱼的能量收支则有过一些研究^[3-6], 但这些研究均未涉及饲料质量这一因子。因此, 本实验在低质和高质两种饲料条件下比较这两种鱼类的氮收支和能量收支, 以期为鱼类的定向育种提供新的证据, 并为其生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 饲养设备 实验在循环水养鱼系统中进行。

养殖水流经中央循环系统曝气、充氧和除氯后, 流入体积为 150L(120×50×25cm)的 12 只鱼缸中。鱼缸的补水量为 1500mL/min。实验期间, 养殖水溶氧大于 5mg/L, 氨氮小于 0.098mg/L。自然水温, 变幅为 24.2—28.5℃。自然光照。

1.2 实验步骤 丰鲤(*Cyprinus carpio* var. ♀ × *C. carpio* var. ♂)与奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂)均为当年鱼种。丰鲤取自水生所关桥实验场, 奥尼罗非鱼取自湖北省赤壁市温泉渔场, 移入实验室暂养 30d 以上。暂养期间投喂两种实验配合饲料的等量混和物, 实验前 1 周每天饱食投喂两次(9:00 和 15:00)。两种饲料均为沉性硬颗粒, 直径 2—3mm, 60℃烘干后置于 4℃的冰柜中保存。LQ 为低质饲料, HQ 为高质饲料, 配方及化学组成见表 1。

实验开始时, 将鱼饥饿 24h, 再随机分组称重, 每缸放入同种鱼 25 尾, 每一组合(鱼和饲料)含 3 个平行缸。同时对每种鱼取 3 组样品(每组 9 尾), 称重后 70℃烘干至恒重, 用以分析初始鱼体生化组成和能量含量。实验持续 53d, 每天于 9:00 和 15:00

收稿日期: 2003-02-24; 修订日期: 2003-05-29

基金项目: 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(9804E4); 中国科学院创新项目(KSCX2-1-04)资助

作者简介: 杨严鸥(1967—)男, 四川大邑人; 长江大学副教授, 华中农业大学博士; 主要从事鱼类营养学研究

通讯作者: 解绶启, sqxie@ihb.ac.cn

各过量投喂饲料一次, 1h 后回收残饵, 70℃烘干。残饵量通过饲料损失率校正。测定损失率时, 随机在6只无鱼的缸中各放入1份已称重的饲料, 1h 后

回收, 70℃烘干至恒重后称重。每天于 11: 00 和 16: 45 收集粪便, 70℃烘干。

表 1 实验饲料配方及化学组成

Tab. 1 Formulation and chemical composition of experimental diets

成分 Ingredient	含量 Content(% in wet weight)	
	LQ	HQ
豆饼 Soybean meal	36. 21	0
白鱼粉 White fishmeal(Russia)	12. 30	52. 90
小麦 Wheat	39. 60	38. 26
植物油 Plant oil	3. 05	0
维生素预混物 Vitamin premix ¹	0. 36	0. 36
维生素 C Vitamin C	0. 11	0. 11
矿物盐预混物 Mineral premix ²	7. 27	7. 27
氯化胆碱 Choline chloride	0. 10	0. 10
三氧化二铬 Chromic oxide	1. 00	1. 00
化学组成(干物质组成) Chemical composition (in dry matter)		
干物质 Dry matter(%)	92. 75	92. 90
粗蛋白 Crude protein(%)	34. 25	45. 44
粗脂肪 Crude lipid(%)	4. 36	3. 30
灰分 Ash (%)	13. 54	19. 26
总能量 Gross energy(J/mg)	17. 63	16. 80

注: 1, 2 见文献[19]表 1 注。

实验结束时, 将鱼饥饿 24h 后称取每缸鱼的总重, 再从每缸中随机取样 5—10 尾, 70℃烘干至恒重, 用以分析终末鱼体生化组成和能量含量。

1.3 生化分析 测定鱼样和饲料样品的干物质(%)、氮(%)和能量(J/mg)含量, 测定粪样的氮(%)和能量(J/mg)含量, 测定饲料样品和粪样的 Cr₂O₃ 含量。在 105℃下干燥样品至恒重测定干物质; 用凯氏定氮法测定含氮量; 用 Phillipson 微量能量计(Phillipson microbomb calorimeter, Gentry Instruments Inc., Aiken, U. S. A) 测定能值; 用 Bolin 等^[7]的方法测定 Cr₂O₃ 含量。

1.4 结果计算 氮收支式表示为 C_N = G_N + E_N + F_N = A_N + F_N, 式中 C_N 为摄食氮(mg/g/d), G_N 为生长氮(mg/g/d), F_N 为粪氮(mg/g/d), E_N 为排泄氮(mg/g/d), A_N 为吸收氮(mg/g/d)。能量收支式表示为 C = G + R + F + U, 式中 C 为食物能(J/g/d) 等于摄食量(g)与饲料能值(J/mg)的乘积; G 为生长能, 为终末鱼体能量与初始鱼体能值之差; F 为粪能, F = C(1 - De),

其中 De 为能量表观消化率, De = 100 - 100C₁N₂ / (N₁*C₂), 式中 C₁ 为饲料中 Cr₂O₃ 的百分含量, C₂ 为鱼粪中 Cr₂O₃ 的百分含量, N₁ 为饲料中能量的百分含量, N₂ 为鱼粪中能量的百分含量; U 为排泄能, 通过氮收支差值法计算, U = 24. 83(C_N - F_N - G_N); R 为代谢能, 通过差值法算得, R = C - G - F - U^[8]。

所有试验数据平均数用双因子方差分析后进行组间差异的多重比较(Duncan's procedure)。统计软件为 Statistica 5. 0。

2 结果

2.1 生长

表 2 显示, 在两种饲料条件下, 丰鲤的特定生长率均显著低于奥尼罗非鱼($P < 0.05$)。摄食高质饲料时, 丰鲤的末重以及特定生长率显著高于摄食低质饲料时($P < 0.05$), 而饲料质量对奥尼罗非鱼的生长没有显著影响($P > 0.05$)。

表 2 摄食不同质量饲料时丰鲤与奥尼罗非鱼的初重、末重和特定生长率 (mean \pm S. D.)

Tab. 2 Initial body weight, final body weight and specific growth rate in hybrid carp and hybrid tilapia fed diets with different quality

饲料 Diet	品种 Fish strain	始重 W ₀ (g)	终重 W _t (g)	终重干重率 Dry matter(%)	特定生长率 SGR(%/d)
LQ	丰鲤	3.85 \pm 0.07	9.37 \pm 0.63 ^{Xa}	29.87 \pm 0.54 ^{Xa}	1.67 \pm 0.14 ^{Xa}
	奥尼罗非鱼	3.13 \pm 0.08	18.68 \pm 0.39 ^Y	23.31 \pm 1.63 ^{Ya}	3.29 \pm 0.05 ^Y
HQ	丰鲤	3.87 \pm 0.07	15.71 \pm 2.16 ^{Xb}	26.32 \pm 1.56 ^b	2.63 \pm 0.24 ^{Xb}
	奥尼罗非鱼	3.16 \pm 0.01	17.24 \pm 1.85 ^Y	26.68 \pm 0.99 ^b	3.19 \pm 0.20 ^Y

方差分析 Result of ANOVA

总影响 Overall	0.0028	0.0148	0.0019
饲料 Diet	0.0311	0.9917	0.0055
品种 Fish strain	0.0463	0.2844	0.1677
饲料 \times 品种 Diet \times Fish strain	0.0016	0.0025	0.0016

注: 平均数后的上标字母表示 Duncan 检验的结果。大写字母(X, Y)不同表示摄食相同饲料时鱼类品种间存在显著差异, 小写字母(a, b)不同表示同种鱼类摄食不同饲料时存在显著差异。

Superscripts after means showed the result of multiple range test (Duncan's procedure). Different capital letters(X, Y) showed significant differences between fish strain for each diet while different litter letters (a, b) indicate significant differences between diets for each strain.

W₀(g): 初始体重 initial body weight

W_t(g): 终末体重 final body weight

SGR(%/d): 特定生长率 specific growth rate = 100($\ln W_t - \ln W_0$) / t

2.2 氮收支

由表 3 可知, 丰鲤和奥尼罗非鱼的氮收支有显著差异。在两种饲料条件下, 丰鲤的生长氮占摄食氮和吸收氮的比例均显著低于奥尼罗非鱼($P < 0.05$) ; 摄食低质饲料时, 丰鲤排泄氮占摄食氮的比例显著高于奥尼罗非鱼($P < 0.05$), 而粪氮所占比例与奥尼罗非鱼无显著差异($P > 0.05$) ; 摄食高质饲料时, 丰鲤粪氮占摄食氮的比例显著高于奥尼罗非鱼($P < 0.05$), 而排泄氮

所占比例与奥尼罗非鱼无显著差异($P > 0.05$) ; 用吸收氮形式表示时, 在两种饲料条件下, 丰鲤的生长氮占吸收氮的比例均显著低于奥尼罗非鱼, 而排泄氮的比例显著高于奥尼罗非鱼($P < 0.05$)。饲料质量对丰鲤的氮收支有显著影响: 摄食高质饲料时, 丰鲤排泄氮占摄食氮和吸收氮的比例显著降低, 生长氮占吸收氮的比例显著升高($P < 0.05$)。饲料质量对奥尼罗非鱼的氮收支无显著影响($P > 0.05$)。

表 3 摄食不同质量饲料时丰鲤与奥尼罗非鱼的氮收支 (mean \pm S. D.)

Tab. 3 Nitrogen budget in hybrid carp and hybrid tilapia fed diets with different quality

饲料 Diet	品种 Fish strain	摄食氮	粪氮/	排泄氮/	生长氮/	排泄氮/	生长氮/
		(mg/g/d)	摄食氮	摄食氮	摄食氮	吸收氮	吸收氮
LQ	丰鲤	3.44 \pm 0.24 ^{Xa}	8.54 \pm 1.85 ^{Xa}	78.18 \pm 2.34 ^{Xa}	13.28 \pm 1.13 ^X	85.45 \pm 1.32 ^X	14.53 \pm 1.32 ^X
	奥尼罗非鱼	1.31 \pm 0.08 ^{Ya}	7.42 \pm 1.11 ^X	64.45 \pm 0.04 ^Y	28.14 \pm 1.10 ^Y	69.61 \pm 0.83 ^Y	30.39 \pm 0.83 ^Y
HQ	丰鲤	2.99 \pm 0.15 ^{Xb}	17.35 \pm 2.87 ^{Yb}	68.03 \pm 3.45 ^{Yb}	14.62 \pm 1.24 ^X	82.29 \pm 1.79 ^X	17.71 \pm 1.79 ^X
	奥尼罗非鱼	1.75 \pm 0.12 ^{Yb}	9.97 \pm 1.89 ^X	62.93 \pm 3.65 ^Y	27.10 \pm 1.77 ^Y	69.86 \pm 2.57 ^Y	30.14 \pm 2.57 ^Y

方差分析 Result of ANOVA

总影响 Overall	0.0093	0.0062	0.0099	0.0692	0.0532	0.0532
饲料 Diet	0.9302	0.0027	0.0122	0.9515	0.2606	0.2606
品种 Fish strain	0.0480	0.6293	0.1022	0.0206	0.0337	0.0337
饲料 \times 品种 Diet \times Fish strain	0.0025	0.0289	0.0278	0.1768	0.1361	0.1361

表注同表 2。Annotation is the same as Tab. 2.

2.3 能量收支

由表 4 可知, 丰鲤和奥尼罗非鱼的能量收支有显著差异 ($P < 0.05$)。在两种饲料条件下, 丰鲤生长能占食物能的比例均显著低于奥尼罗非鱼 ($P < 0.05$) ; 摄食低质饲料时, 丰鲤的代谢能和排泄能占食物能的比例显著高于奥尼罗非鱼 ($P < 0.05$) , 而粪能占食物能的比例与奥尼罗非鱼无显著差异 ($P > 0.05$) ; 摄食高质饲料时, 丰

鲤粪能占食物能的比例显著高于奥尼罗非鱼 ($P < 0.05$) , 而代谢能和排泄能占食物能的比例与奥尼罗非鱼无显著差异 ($P > 0.05$)。高质饲料使丰鲤粪能和排泄能占食物能的比例显著增高 ($P < 0.05$) , 代谢能占食物能的比例显著降低 ($P < 0.05$) , 使奥尼罗非鱼生长能和排泄能占食物能的比例显著增高, 代谢能占食物能的比例显著降低 ($P < 0.05$)。

表 4 摄食不同质量饲料时丰鲤与奥尼罗非鱼的能量收支 (mean \pm S. D.)

Tab. 4 Energy budget in hybrid carp and hybrid tilapia fed diets with different quality

饲料 Diet	品种 Fish strain	食物能 (J/g/d)	生长能/ 食物能 G/C(%)	代谢能/ 食物能 R/C(%)	粪能 食物能 F/C(%)	排泄能/ 食物能 U/C(%)
LQ	丰鲤 Hybrid carp	1105.50 \pm 76.40 ^{Xa}	16.55 \pm 1.10 ^X	64.70 \pm 2.21 ^{Xa}	12.72 \pm 1.38 ^a	6.03 \pm 0.18 ^{Xa}
	奥尼罗非鱼 Hybrid tilapia	422.38 \pm 24.93 ^Y	23.13 \pm 3.17 ^{Ya}	58.89 \pm 3.23 ^{Ya}	13.01 \pm 0.28 ^a	4.97 \pm 0.00 ^{Ya}
HQ	丰鲤 Hybrid carp	690.16 \pm 33.57 ^{Xb}	18.94 \pm 1.35 ^X	52.66 \pm 3.27 ^b	21.09 \pm 2.30 ^{Xb}	7.30 \pm 0.37 ^b
	奥尼罗非鱼 Hybrid tilapia	404.03 \pm 26.59 ^Y	28.92 \pm 0.32 ^{Yb}	52.14 \pm 1.94 ^b	12.19 \pm 2.46 ^{Ya}	6.76 \pm 0.39 ^b

方差分析

总影响 Overall	0.0000	0.0156	0.0035	0.0074	0.0002
饲料 Diet	0.0001	0.0096	0.0009	0.0147	0.0000
品种 Fish strain	0.0386	0.1349	0.3851	0.9625	0.1379
饲料 \times 品种 Diet \times Fish strain	0.0002	0.1728	0.1422	0.0041	0.1518

注: 表注同表 2。Annotation is the same as Tab. 2

3 讨论与小结

研究显示, 在两种饲料条件下, 丰鲤利用氮和能量的能力均显著低于奥尼罗非鱼, 两种鱼的氮收支和能量收支受到饲料质量的影响不同。

目前尚未发现有关丰鲤和奥尼罗非鱼氮收支的研究报道, 而 Cui 等^[9]的研究显示, 草鱼在摄食高质饲料水蚯蚓时, 粪氮比例显著低于摄食低质饲料浮萍时 (分别为 4.87% 和 19.27%)。Carter 等^[10]也发现, 草鱼在摄食高蛋白饲料时的粪氮比例显著低于摄食高脂、高碳水化合物饲料时 (分别为 3.9%—6.0%, 12.6%—18.7%)。丰鲤摄食高质饲料时的粪氮比例反而高于摄食低质饲料时, 这可能是由于高质饲料中灰份含量过高, 降低了蛋白质消化率的缘

故^[11]。奥尼罗非鱼的粪氮比例没有受到饲料质量的显著影响, 这可能说明, 就对蛋白质的利用而言, 奥尼罗非鱼适应不同质量饲料的能力比丰鲤更强。

氮排泄物是蛋白质的代谢终产物, 而鱼类的代谢受到诸如鱼类种类、溶氧、体重、温度以及饲料质量等多种因素的影响, 因此, 在诸多条件都不相同的各个实验中, 鱼类的排泄氮占摄食氮的比例差别很大, 从 13.3% 到 84.8% 不等, 但多数都在 60%—85%^[12—15]。本实验中, 排泄氮占摄食氮的比例为 64.45%—78.18%, 与上述大多数研究的结果相符。

Cui 等^[9]的研究表明, 当摄食水蚯蚓和浮萍时, 草鱼生长氮占摄食氮的比例分别为 17.88% 和 17.34%, 二者无显著差异; 当摄食玉筋鱼和鹰爪糟对虾时, 黑生长氮占摄食氮的比例分别为 28.5%

和 26. 6%^[15], 而鮰鱼摄食不同饲料时, 该比例为 14. 6%—16. 7%^[14]。丰鲤和奥尼罗非鱼生长氮占摄食氮和吸收氮的比例分别为 13. 28%—28. 14% 和 14. 53%—30. 39%, 而且不受饲料质量的显著影响, 与上述研究的结果很相似(黑鮰和鮰鱼的实验结果未作统计分析, 但绝对值差异很小)。不过, 也有相反的结论: Rychly^[16]发现, 饲料蛋白质含量在一定范围内增加时, 鲤鱼的氮生长效率显著提高。不同的研究得出不同的结论, 可能与鱼类种类和实验条件的差异有关。

由于食物的类型不同, 鱼类的吸收效率变化很大^[17], 因此, 粪能占食物能的比例变化很大。丰鲤的粪能比例受到饲料质量的显著影响, 与黑鮰^[14]的结果相似, 而罗非鱼的粪能比例则未受到显著影响, 这也说明, 罗非鱼适应不同饲料的能力比丰鲤强。

鱼类排泄能占食物能的比例较小, 一般在 1. 2%—12% 之间^[18], 文献统计出 6 种鱼的平均值为 6. 8%^[17]。本实验的值为 4. 97%—7. 30%, 比解绶启^[3]研究尼罗罗非鱼得出的结果(1. 2%)和邹中菊^[4]、周萌^[6]研究丰鲤得出的结果(分别为 2. 8% 和 3. 4%)要高, 这可能与饲料质量、鱼体大小、实验条件等的不同有关。

代谢是鱼类能量支出的主要部分^[20]。奥尼罗非鱼的代谢能比例为 52. 66%—58. 89%, 与尼罗罗非鱼^[3]和奥利奥罗非鱼^[5](分别为 62. 3% 和 52. 89%)很接近, 丰鲤的值为 52. 66%—64. 70%, 与报道研究^[21]的值(54. 6%)相似, 但高于邹中菊研究^[4]的结果(44. 3%)。其研究^[4]是在小体积的呼吸仪中进行的, 较小的水体可能导致了鱼类活动及相关代谢耗能的减少。另外, 本实验中的代谢能为计算获得, 实验的各项误差均被包含在此成分中。实验中, 两种鱼在摄食高质饲料时代谢能比例显著降低, 这可能是因为高质饲料导致了能量用于 SDA 的比例减少, 或者是饲料质量改变了鱼类的活动水平(活动能), 或者是两种因子的综合作用。

奥尼罗非鱼在两种饲料条件下的摄食率显著低于丰鲤, 特定生长率却显著高于丰鲤, 这与奥尼罗非鱼较高的生长能分配比例有关。丰鲤在高质饲料条件下所获得的高生长率主要与两个因素有关: 一方面, 摄食高质饲料时, 生长能分配比例高于摄食低质时, 差异非常接近显著($P=0.075$), 这会导致较高的生长率, 另一方面, 摄食高质饲料时丰鲤的干重率显著低于摄食低质饲料时, 因此, 高质饲料条件下, 丰鲤的生长中包含了更多的水分的积累。相反, 奥

尼罗非鱼在两种饲料条件下特定生长率无显著差异, 摄食高质饲料时生长能分配比例却显著增高, 观察终末干重率可知, 摄食高质饲料时奥尼罗非鱼干物质的生长相对更多。这一结果也显示, 丰鲤和奥尼罗非鱼对饲料的利用特点不同。

参考文献:

- [1] Editorial Board of Acta Hydrobiologica Sinica. The applying of fresh water hybrid carp (mirror splintered carp ♂ × Xingguo red carp ♀) in cultivation [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1977, 6(2): 147—161 [水生生物学集刊编辑部等. 淡水鱼类养殖新对象散鳞镜鲤(♂)×兴国红鲤(♀)杂交一代(简称杂交鲤)在生产上的应用. 水生生物学集刊, 1977, 6(2): 147—161]
- [2] Chen Y L, Zhu X P, Liu Y H, et al. Hybridization and parental selection of *Oreochromis aumeus* and *O. niloticus* [J]. *Zhuijiang Fisheries*, 1999, (2): 1—8. [陈永乐, 朱新平, 刘毅辉, 等. 奥利亚和尼罗非鱼的杂交应用及亲本选育. 珠江水产, 1999, (2): 1—8]
- [3] Xie S Q. Supplementary feeding for cage cultured tilapia: a bioenergetics modeling approach [D]. The Chinese Academy of Science, 1997. [解绶启. 网箱养殖罗非鱼补充营养的能量学模型估算. 中国科学院水生生物研究所, 1997]
- [4] Zhou Z J. Growth and energetic characteristics in genetically modified gibel carp and common carp [D]. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, 1999. [邹中菊. 细胞工程改良鲤鲫品系生长及能量学特征评价. 中国科学院水生生物研究所, 1999]
- [5] Wang Y. Bioenergetics of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aumeus*) reared in seawater, in relation to compensatory growth [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, 32(3): 234—239. [王岩. 海水养殖罗非鱼补偿生长的生物能量学机制. 海洋与湖沼, 2001, 32(3): 234—239]
- [6] Zou M. The effects of exogenous and endogenous factors on several aquaculture fishes: comparative energetics approach [D]. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, 2001. [周萌. 外源因子及内源因子对几种养殖鱼类生长影响的比较能量学研究. 中国科学院水生生物研究所, 2001]
- [7] Bolin, D W, King R P, Klosterman E W. A simplified method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an index substance [J]. *Science*, 1952, 116: 634—635
- [8] Cui Y B. Bioenergetics of fishes: theory and methods [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, 13: 369—383. [崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 1989, 13: 369—383]
- [9] Cui Y, Wang S, Lin X, Chen S. Nitrogen budgets of young grass carp fed on plant or animal diets [J]. *Progress in Natural Science*, 1991, 1: 466—469
- [10] Carter C G, Brafield A E. The bioenergetics of grass carp, *Ctenopharyngodon idella*: the influence of body weight, ration and dietary composition on nitrogenous excretion [J]. *J Fish Bio*, 1993, 41: 533—543
- [11] Robaina L, Moyano F J, Izquierdo M S, et al. Corn gluten meal and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream

Sparus aurata: nutritional and histological implications [J]. *Aquaculture*, 1997, **157**: 347—359

[12] Beamish F W H, Thomas E. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout [J]. *Aquaculture*, 1984, **41**: 449—451

[13] Li J, Xu S H, Xue Y P. Effect of ration levels on nitrogen budget in juvenile black porgy (*Sparus macrocephalus*) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1998, **29**(4): 368—373. [李军、徐世宏、薛玉平. 日粮水平对黑鲷幼鱼氮收支的影响. 海洋与湖沼, 1998, **29**(4): 368—373]

[14] Sun Y, Zhang B, Guo X W, et al. Effect of food species on energy budget of *Pneumatophorus japonicus* [J]. *Marine Fisheries Research*, 1999, **20**(2): 96—100. [孙耀、张波、郭学武等. 鲉鱼能量收支及其饵料种类的影响. 海洋水产研究, 1999, **20**(2): 96—100]

[15] Sun Y, Zhang B, Tang Q S. Effects of ration level and food species on energy budget of *Sabastodes fuscescens* [J]. *Marine Fisheries Research*, 2001, **22**(2): 32—37. [孙耀、张波、唐启升. 摄食水平和饵料种类对黑能量收支的影响. 海洋水产研究, 2001, **22**(2): 32—37]

[16] Rychly J. Nitrogen balance in trout II. nitrogen excretion and retention after feeding diets with varying protein and carbohydrate levels. *Aquaculture*, 1980, **20**: 343—350

[17] Pandian T J, Vivekanandan E. Fish Energetics, New Perspectives, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1985, 99—124

[18] Xian W W, Zu X H. Effect of ration size on the growth and energy budget of the mullet *Liza haematocheilus*(T. ES S.) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, **32**(6): 615—619. [线薇薇、朱鑫华. 摄食水平对梭鱼生长和能量收支的影响. 海洋与湖沼, 2001, **32**(6): 615—619]

[19] Yang Y O, Cui Y B, Xiong B X, et al. comparative studies on nitrogen Budget and energy budget of Jian carp and gibel carp fed diets with different Qualities [J]. *Acta Hydrobiol. sin.* 2003, **27**(6): 572—579. [杨影欧, 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. 水生生物学报, 2003, **27**(6): 572—579]

[20] Cui Y, Wootton R J. The metabolic rate of the minnow, *Phoxinus phoxinus*(L.) (Pisces: Cyprinidae), in relation to ration, body size and temperature [J]. *Funct. Ecol.*, 1998, **2**: 157—162

[21] Cui Y, Liu J. Comparison of energy budget among six teleosts III. Growth rate and energy budget [J]. *Comparative Biochemistry and physiology*, 1990, **97A**: 381—384

COMPARATIVE STUDIES ON NITROGEN BUDGET AND ENERGY BUDGET OF HYBRID CARP AND HYBRID TILAPIA FED DIETS WITH DIFFERENT QULITIES

YANG Yan-Ou^{1,2}, XIE Shou-Qi², XIONG Bang-Xi¹ and YANG Yun-Xia²

(1. Fisheries College, Huazhong Agriculture University Wuhan, 430070;

2. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences; State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan, 430072)

Abstract: A 53-day growth trial was conducted to investigate nitrogen budget and energy budget of hybrid carp (*Cyprinus carpio* var. ♀ × *C. carpio* var. ♂) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) fed diets with different quality. Low quality diet (LQ diet) and high quality diet (HQ diet) were tested. LQ diet contained 34.25% dietary protein which is mainly from soybean meal while HQ diet contained 45.44% dietary protein which is mainly from fish meal. The initial average body weight of fishes was from 3.13g to 3.87g. The trial was carried out in a system consisting of 12 self-circulation tanks (volume: 150 L). During the experiment, dechlorinated tap water was added into each tank at the rate of approximate 1500mL/min. Dissolved oxygen was maintained above 5.76mg/L, ammonia below 0.098mg/L and the natural temperature 24.2—28.5°C. The light is sunshine light.

At the beginning of the experiment, the fish were deprived of food for one day, and 25 hybrid carp of hybrid tilapia were randomly selected, batch-weighed and allocated into each tank. Three tanks were assigned randomly to each combination of fish strain and diet. During the experiment, the fish were fed to satiation twice a day (at 9:00 and 15:00), and uneaten feed was collected 1h after feeding and dried. Feces were collected twice a day (at 11:00 and 16:45) from the bottoms of tanks and dried at 70°C. The effects of diet and fish strain were analyzed by two-way analysis of variance (ANOVA). Multiple comparisons (Duncan's procedure) were used to evaluate the significance of strains or diets.

The results showed that, the nitrogen budget and energy budget were significantly affected by both diet and fish strain. When fed LQ diet, the proportion of nitrogen and energy of food deposited in growth in hybrid tilapia was higher than that in hybrid carp, while the proportion of excretive nitrogen and excretive energy and metabolism energy in hybrid tilapia was lower than that in hybrid carp. When fed HQ diet, the proportion of growth nitrogen and growth energy in hybrid tilapia was higher than that in hybrid carp, while hybrid tilapia had lower proportion of fecal nitrogen and fecal energy than hybrid carp.

In hybrid carp, proportion of growth nitrogen and growth energy were not affected by diet quality while HQ diet resulted in lower excretive nitrogen and metabolism energy than LQ diet. Diet quality did not affect nitrogen budget in hybrid tilapia while HQ diet resulted in higher growth energy and excretion energy and lower metabolism energy than LQ diet.

In conclusion, compared to hybrid tilapia, hybrid carp showed poorer utilization of nitrogen and energy when fed two diets with different quality.

Key words: Hybrid carp; Hybrid tilapia; Nitrogen budget; Energy budget; Diet quality