

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

杨严鸥^{1,2} 崔奕波² 熊邦喜¹ 杨云霞² 解绶启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: 实验探讨了建鲤和异育银鲫摄食低质和高质饲料时氮和能量的收支情况。低质饲料以豆粕为主要蛋白源, 饲料蛋白含量为 33.91%, 高质饲料以鱼粉为主要蛋白源, 饲料蛋白含量为 45.59%。55d 的生长结果显示, 氮收支和能量收支受到饲料质量和鱼类种类的显著影响: 摄食低质饲料时, 建鲤的生长氮和生长能比例显著低于异育银鲫, 排泄氮、排泄能和代谢能比例显著高于异育银鲫; 摄食高质饲料时, 两种鱼的氮收支和能量收支无显著差异; 建鲤的氮收支和能量收支受饲料质量的显著影响, 摄食低质饲料时, 其生长氮和生长能比例均显著低于摄食高质饲料时, 而排泄氮、粪能和代谢能比例均显著高于摄食高质饲料时; 异育银鲫的氮收支、生长能和代谢能比例不受饲料质量的显著影响。结果表明, 在低质饲料条件下, 建鲤利用氮和能量的能力弱于异育银鲫, 在高质饲料条件下, 两种鱼没有显著差异。与异育银鲫相比, 建鲤利用氮和能量的能力受饲料质量的影响更为显著。

关键词: 建鲤; 异育银鲫; 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(2003)06-0572-08

蛋白质是水产饲料中重要的原料物质。氮作为蛋白质结构中的主要元素之一, 其收支状况与蛋白质代谢过程密切相关, 因此研究鱼类的氮收支, 对于了解鱼类的饲料利用特点等具有重要意义。从能量利用的角度来看, 鱼类的生长是一种能量积累的过程, 生长能可看作是食物能与能量收支其他组分之差, 即 $G = C - R - F - U$, 研究鱼类的能量收支, 对于了解鱼类的饲料利用特点也具有重要意义。到目前为止, 对鱼类氮收支和能量收支的研究虽然已有较多报道, 但一部分研究是探讨饲料质量对单种鱼类氮收支^[1-4]和能量收支^[3,4]的影响, 另一部分则是在单种饲料条件下比较不同鱼类能量收支的差异^[5], 而在相同实验条件下探讨饲料质量对不同鱼类氮和能量利用的比较研究尚未见报道。

本实验选用建鲤和异育银鲫为材料鱼, 两者在我国都是具有重要经济价值的养殖鱼类。前者是利用雌核发育和传统育种技术相结合培育的新品种^[6], 后者是用异源精子对银鲫卵进行人工授精雌核发育培育的新品种^[7]。自然界中, 鲤和鲫都是杂

食性鱼类, 但鲤比鲫更偏向肉食性, 而 NRC^[8]的资料表明, 不同温水性鱼类的营养需求虽然千差万别, 但基本分为两类: 杂食性和草食性鱼类对蛋白质和脂肪需求量相对较低、对碳水化合物忍耐度高, 蛋白质需要量一般为 30% 左右; 肉食性鱼类对蛋白质和脂肪需求量高、对碳水化合物忍耐度低, 蛋白质需要量一般为 40% 左右。杂食性和草食性鱼类的饲料质量较低, 肉食性鱼类的饲料质量较高。因此, 本研究设计低质和高质两种饲料, 从氮收支和能量收支的角度探讨建鲤和异育银鲫对不同质量饲料的利用特点, 以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 12 只玻璃钢水族箱(单只容积 320L)中进行, 每只水族箱附带有体积 50L、内装沸石的过滤器。水族箱每 1h 充气 30min, 水流量 500mL/min(单只)。实验期间, 养殖水溶氧量大于 6mg/L, 氨氮小于 0.15mg/L。水温 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 。照明由三

收稿日期: 2002 12 21; 修订日期: 2003 04 20

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; 华中农业大学博士生, 主要从事鱼类营养学研究

通讯作者: 解绶启, sqxie@ihb.ac.cn

只40W 日光灯提供,光照时间为 8: 00—20: 00。

1.2 实验步骤 建鲤(*Cyprinus carpio* var. *jian*)和异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)为当年鱼种,建鲤取自湖北浮桥河水库养殖场,异育银鲫取自湖北潜江市渔场。实验鱼移入实验室内暂养 30d 以上,实验前 1 周将两种实验配合饲料等量混合,每天饱食投喂两次。两种饲料均为浮性硬颗粒,直径 2—3mm,60℃烘干后置于 4℃的冰柜中保存。LQ(Low quality)代表低质饲料,HQ(High quality)代表高质饲料,配方及化学组成见表 1。

表 1 实验饲料配方及化学成分

Tab. 1 Formulation and chemical composition of experimental diets		
成分 Ingredients	含量 Content(% in wet weight)	
	LQ	HQ
豆粕 Soybean meal	33. 69	0 00
鱼粉 Fishmeal (Russia)	14. 60	55 78
小麦 Wheat	40. 11	34 95
植物油 Plant oil	2. 54	0 09
维生素预混物 Vitamin premix ¹	2. 27	2 29
矿物质预混物 Mineral premix ²	5. 33	5 50
氯化胆碱 Choline chloride	0. 45	0 45
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(%)	93. 36	93 46
粗蛋白 Crude protein(%)	33. 91	45 59
粗脂肪 Crude lipid(%)	2. 41	2 28
灰分 Ash(%)	12. 64	16 37
总能量 Gross energy(J/ mg)	16. 03	17 03

注: 1. 维生素预混物(g/ 100g 预混物): 维生素 A, 550 I. U.; 维生素 D₃, 100 I. U.; 维生素 E, 5 I. U.; 维生素 K, 1; 胆碱, 55; 尼克酸, 10; 核黄素, 2; 吡哆醇, 2; 硫胺素, 2; 泛酸钙, 5; 生物素, 0 01; 叶酸, 0 5; 维生素 B₁₂, 2; 抗坏血酸, 10; 肌醇, 10。

2. 矿物质预混物(g/ 100g 预混物): 氯化钠, 1; 硫酸镁, 15; 磷酸二氢钠, 25; 磷酸二氢钾, 32; 磷酸二氢钙, 20; 柠檬酸铁, 2 5; 乳酸钙, 3 5; 硫酸锌, 0 353; 硫酸锰, 0 162; 硫酸铜, 0 031; 氯化钴, 0 001; 碘酸钾, 0 003; 纤维素, 0 45。

Vitamin premix(in g/ 100g premix): vitamin A, 550 I. U.; vitamin D₃, 100 I. U.; vitamin E, 5 I. U.; vitamin K, 1; choline, 55; niacin, 10; riboflavin, 2; pyridoxine, 2; thiamin, 2; D- calcium pantothenate, 5; biotin, 0 01; folacin, 0 5; vitamin B₁₂, 2; ascorbic acid, 10; inositol, 10。

Mineral premix(in g/ 100g premix): NaCl, 1; MgSO₄·7H₂O, 15; NaH₂PO₄·2H₂O, 25; KH₂PO₄, 32; Ca(H₂PO₄)₂·H₂O, 20; FeC₆H₅O₇·5H₂O, 2 5; C₆H₁₀CaO₆·5H₂O, 3 5; ZnSO₄·7H₂O, 0 353; MnSO₄·4H₂O, 0 162; CuSO₄·5H₂O, 0 031; CoCl₂·6H₂O, 0 001; KIO₃, 0 003; cellulose, 0 45。

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。实验期 55d, 每天于 9: 00 和 15: 00 过量投喂饲料, 1h 后回收残饵, 70℃烘干。残饵量用饲料溶失率校正, 测定溶失率时随机在 6 个无鱼的缸中各放入 1 份称重饲料, 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。

实验结束时, 将鱼饥饿 24h 后称重每缸鱼的总重, 再从每缸鱼中随机取样 5—10 尾, 70℃烘干至恒重, 用以分析终末躯体生化组成。

1.3 生化分析 测定鱼样和饵料样品的干物质(%)、氮(%)和能量(J/ mg) 含量, 测定粪便样品的氮(%)和能量(kJ/ g) 含量, 测定饲料和粪便样品的 Cr₂O₃ 含量。在 105℃下干燥样品至恒重以测定干物质; 用元素分析仪(Perkin Elmer 2400, Perkin Elmer Corporation, Connecticut, U. S. A.) 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^[9] 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, 以同化能形式表示为 A = G + R, 式中 C 为食物能(J/ g/ d), 等于摄食量(g) 与饲料能值(J/ g) 的乘积; G 为生长能, 为终末鱼体能值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^[10]。A 为同化能。

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 Version 5. 0。

2 结果

2.1 生长

表 2 显示, 在两种饲料条件下, 建鲤和异育银鲫

的鱼体末重以及湿重特定生长率均无显著差异

表2 摄食不同质量饲料时建鲤与异育银鲫的初重、末重、摄食率和特定生长率(平均值±标准差)

Tab.2 Initial body weight,final body weight and specific growth rates in Jian carp and Gibel carp fed diets with different quality(mean±S. D.)					
饲料 Diets	品种 Fish strain	始重 W ₀ (g)	末重 W ₁ (g)	摄食率 FR(% B. W./ d)	特定生长率 SGR(%/ d)
LQ	建鲤 Jian carp	5. 82±0. 05	11. 46±0. 22 ^a	2. 39±0. 04 ^x	1. 23±0. 04 ^a
	异育银鲫 Gibel carp	5. 61±0. 18	9. 97±0. 66 ^a	2. 01±0. 18 ^{Ya}	1. 04±0. 18 ^a
HQ	建鲤 Jian carp	5. 77±0. 06	14. 78±0. 43 ^b	2. 28±0. 14 ^x	1. 71±0. 05 ^b
	异育银鲫 Gibel carp	5. 58±0. 17	13. 75±1. 60 ^b	2. 59±0. 03 ^{Yb}	1. 63±0. 15 ^b
方差分析 ANOVA(<i>P</i> -value)					
总影响 Overall			0. 0007	0. 0022	0. 0003
饲料 Diet			0. 0001	0. 0099	0. 0001
品种 Fish strain			0. 0398	0. 4632	0. 0886
饲料×品种 Diet× Fish strain			0. 6812	0. 0010	0. 4538

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.

FR: ration level= $100(W_1 - W_0) / (W_1 + W_0) \times t$.

SGR(%/ d): specific growth rate in wet weight= $100(\ln W_1 - \ln W_0) / t$.

(*P*> 0.05)。摄食高质饲料时,两种鱼的末重以及湿重特定生长率均显著高于摄食低质饲料时(*P*< 0.05)。

2.2 氮收支

由表3可知,摄食低质饲料时,两种鱼单位体重获取的摄食氮无显著差异(*P*> 0.05),而异育银鲫的生长氮显著高于建鲤(*P*< 0.05);摄食高质饲料时,异育银鲫单位体重获取的摄食氮显著高于建鲤(*P*< 0.05),而两种鱼的生长氮无显著差异(*P*> 0.05);饲料质量不影响建鲤单位体重获取的摄食氮(*P*> 0.05),但摄食高质饲料时,建鲤的生长氮显著高于摄食低质饲料时(*P*< 0.05);摄食高质饲料时,异育银鲫单位体重获取的摄食氮显著高于摄食低质饲料时(*P*< 0.05),但在两种饲料条件下,获取的生长氮无显著差异(*P*> 0.05)。

由表4可知,摄食低质饲料时,两种鱼的氮收支有显著差异,建鲤的排泄氮占摄食氮的比例显著高于异育银鲫,而生长氮所占的比例显著低于异育银鲫(*P*< 0.05)。摄食高质饲料时,两种鱼的粪氮、排泄氮和生长氮占摄食氮的比例均无显著差异(*P*> 0.05)。建鲤的氮收支受到饲料品质的显著影响,摄食低质饲料时,排泄氮的比例显著较高而生长氮的比例显著较低(*P*< 0.05),而异育银鲫的氮收

支则不受到饲料质量的显著影响(*P*> 0.05)。

2.3 能量收支

由表5可知,摄食低质饲料时,单位体重的建鲤和异育银鲫获取的食物能和同化能无显著差异(*P*> 0.05),而建鲤的生长能显著低于异育银鲫,代谢能显著高于异育银鲫(*P*< 0.05);摄食高质饲料时,单位体重的建鲤和异育银鲫获取的食物能、同化能、生长能和代谢能无显著差异(*P*> 0.05);与摄食低质饲料相比,摄食高质饲料时,单位体重建鲤的食物能、同化能、代谢能和粪能显著降低,生长能显著提高(*P*< 0.05);异育银鲫的食物能、生长能和粪能显著降低,排泄能显著升高(*P*< 0.05),同化能和代谢能无显著差异(*P*> 0.05)。

由表6可知,摄食低质饲料时,建鲤的代谢能占食物能的比例显著高于异育银鲫,生长能所占的比例显著低于异育银鲫(*P*< 0.05);摄食高质饲料时,两种鱼的能量收支无显著差异(*P*> 0.05)。饲料品质对建鲤的能量收支有显著影响,高质饲料使建鲤生长能占食物能和同化能的比例显著提高,代谢能占食物能和同化能的比例显著降低(*P*< 0.05)。饲料品质对异育银鲫的能量收支也有显著影响,高质饲料使粪能占食物能的比例显著降低,排泄能占食

物能的比例显著升高($P< 0.05$)。

表 3 摄食不同质量饲料时建鲤与异育银鲫的摄食氮、粪氮、排泄氮、生长氮和吸收氮(平均值±标准差)
Tab. 3 Uptake nitrogen, faecal nitrogen, excretion nitrogen, growth nitrogen and absorption nitrogen of Jian carp and
Gibel carp fed diets with different quality (mean±S. D.)

饲料 Diet	品种 Fish strain	摄食氮 C_N (mg/ g/ d)	粪氮 F_N (mg/ g/ d)	排泄氮 E_N (mg/ g/ d)	生长氮 G_N (mg/ g/ d)	吸收氮 E_N (mg/ g/ d)
LQ	建鲤 Jian carp	1. 97±0. 08	0. 09±0. 02	1. 55±0. 02	0. 34±0. 05 ^{Xa}	1. 88±0. 06
	异育银鲫 Gibel carp	1. 94±0. 15 ^a	0. 09±0. 01	1. 41±0. 14 ^a	0. 44±0. 01 ^Y	1. 85±0. 14 ^a
HQ	建鲤 Jian carp	1. 98±0. 07 ^X	0. 08±0. 00	1. 46±0. 05 ^X	0. 44±0. 03 ^b	1. 90±0. 07 ^X
	异育银鲫 Gibel carp	2. 22±0. 15 ^{Yb}	0. 08±0. 01	1. 66±0. 11 ^{Yb}	0. 48±0. 06	2. 14±0. 15 ^{Yb}
方差分析 ANOVA(P value)						
总影响 Overall		0. 0671	0. 6852	0. 0515	0. 0154	0. 0544
饲料 Diet		0. 0696	0. 2090	0. 1668	0. 0188	0. 0518
品种 Fish strain		0. 1640	0. 7790	0. 5995	0. 0155	0. 1617
饲料× 品种 Diet× Fish strain		0. 0824	0. 9793	0. 0153	0. 2553	0. 7558

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

表 4 摄食不同质量饲料时建鲤与异育银鲫的氮收支(平均值±标准差)
Tab. 4 Nitrogen budget of Jian carp and Gibel carp fed diets with different quality (mean±S. D.)

饲料 Diet	品种 Fish strain	粪氮/ 摄食氮 F_N/C_N (%)	排泄氮/ 摄食氮 E_N/C_N (%)	生长氮/ 摄食氮 G_N/C_N (%)	排泄氮/ 吸收氮 E_N/A_N (%)	生长氮/ 吸收氮 G_N/A_N (%)
LQ	建鲤 Jian carp	4. 51±0. 69	78. 39±2. 50 ^{Xa}	17. 10±1. 79 ^{Xa}	82. 09±2. 01 ^{Xa}	17. 91±2. 01 ^{Xa}
	异育银鲫 Gibel carp	4. 73±0. 68	72. 60±1. 64 ^Y	22. 67±1. 66 ^Y	76. 20±1. 70 ^Y	23. 80±1. 70 ^Y
HQ	建鲤 Jian carp	4. 10±0. 33	73. 90±0. 51 ^b	22. 00±0. 77 ^b	77. 06±0. 73 ^b	22. 94±0. 73 ^b
	异育银鲫 Gibel carp	3. 75±0. 56	74. 67±2. 08	21. 58±1. 68	77. 58±1. 84	22. 42±1. 84
方差分析 ANOVA(P value)						
总影响 Overall		0. 2426	0. 0239	0. 0079	0. 0097	0. 0097
饲料 Diet		0. 0698	0. 2873	0. 0629	0. 0906	0. 0906
品种 Fish strain		0. 8365	0. 0451	0. 0193	0. 0223	0. 0223
饲料× 品种 Diet× Fish strain		0. 4284	0. 0146	0. 0095	0. 0098	0. 0098

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

表5 摄食不同质量饲料时建鲤与异育银鲫的食物能、生长能、代谢能、粪能、排泄能和同化能(平均值±标准差)

Tab. 5 Food energy, growth energy, metabolism energy, faecal energy, excretion energy and assimilation of Jian carp and Gibel carp fed diets with different quality (mean±S. D.)

饲料 Diet	品种 Fish strain	食物能 C(J/g/ day)	生长能 G(J/g/ day)	代谢能 R(J/g/day)	粪能 F(J/g/day)	排泄能 U(J/g/day)	同化能 A(J/g/day)
LQ	建鲤 Jian carp	5921 12? 23150 ^a	1141 69? 31 24 ^{Xa}	3941 12? 18199 ^{Xa}	441 96? 51 62 ^a	381 36? 0153	508181? 18192 ^a
	异育银鲫 Gibel carp	5821 96? 43181 ^a	165185? 41 56 ^{Ya}	332151? 38148 ^Y	491 56? 141 25 ^a	35104? 31 41 ^a	4981 36? 391 07
HQ	建鲤 Jian carp	462105? 17131 ^b	1381 35? 8177 ^b	2661 34? 181 80 ^b	211 04? 11 67 ^b	361 32? 1123 ^X	404169? 15161 ^b
	异育银鲫 Gibel carp	518104? 34105 ^b	143134? 10181 ^b	3111 48? 231 556	221 15? 31 46 ^b	411 07? 21 69 ^{Yb}	4541 82? 311 83
方差分析 ANOVA(P2value)							
总影响 Overall		01 0030	01 0003	010023	01 0005	01 0515	01 0069
饲料 Diet		01 0007	01 8973	010012	01 5481	01 1667	01 0018
品种 Fish strain		01 2318	01 0002	016012	01 7116	01 5994	01 2549
饲料@ 品种 Diet@Fish strain		01 1096	01 0007	010078	01 0035	01 1535	01 0981

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

表6 摄食不同质量饲料时建鲤与异育银鲫的能量收支(平均值? 标准差)

Tab. 6 Energy budget of Jian carp and Gibel carp fed diets with different quality (mean? S. D.)

饲料 Diet	品种 Fish strain	生长能P食物能 GPC(%)	代谢能P食物能 RPC(%)	粪能P食物能 FPC(%)	排泄能P食物能 UPC(%)	生长能P同化能 CPA(%)	代谢能P同化能 RPA(%)
LQ	建鲤 Jian carp	191 39? 0198 ^{Xa}	661 50? 01 58 ^{Xa}	7158? 01 72 ^a	6148? 01 21 ^{Xa}	221 56? 1102 ^{Xa}	771 44? 1102 ^{Xa}
	异育银鲫 Gibel carp	28154? 1182 ^Y	561 96? 3129 ^Y	8150? 21 36 ^a	6100? 01 13 ^{Ya}	331 40? 2150 ^Y	661 60? 2150 ^Y
HQ	建鲤 Jian carp	291 98? 2139 ^{Yb}	571 60? 21 16 ^{Yb}	41 55? 0135 ^b	71 86? 01 07 ^b	34122? 21 63 ^b	65178? 21 63 ^b
	异育银鲫 Gibel carp	27167? 1100 ^Y	60111? 1147 ^b	41 29? 0171 ^b	71 93? 01 22 ^b	311 52? 1130	681 48? 1130
方差分析 ANOVA(P2value)							
总影响 Overall		01 0002	01 0020	010083	01 0000	01 0003	01 0003
饲料 Diet		01 0010	01 0454	010013	01 0000	01 0028	01 0028
品种 Fish strain		01 0073	01 0202	016749	01 0667	01 0076	01 0076
饲料@ 品种 Diet@Fish strain		01 0003	01 0011	014518	01 0221	01 0004	01 0004
strain							

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

3 讨论

本研究显示,在低质饲料条件下,建鲤利用氮和能量的能力弱于异育银鲫;在高质饲料条件下,两种鱼没有显著差异。与异育银鲫相比,建鲤利用氮和能量的能力受饲料质量的影响更为显著。

Cui 等^[1]报道,草鱼摄食水蚯蚓时粪氮占摄食氮

的比例为 41.87%,摄食浮萍时为 19.172%; Carter 等^[11]发现,草鱼在摄食高蛋白饲料时该比例为 31.9%) 61.0%,摄食高脂、高碳水化合物饲料时为 12.16%) 18.17%;虹鳟摄食蛋白质与脂肪的混和饲料时该比例为 31.8%) 61.6%^[12]。本研究中,该比例为 31.75%) 41.73%,与上述摄食高质饲料时的结果很相似。粪氮代表食物中未被利用的蛋白质,本研

究中各实验组间的粪氮比例无显著差异, 表明建鲤和异育银鲫对两种饲料的蛋白质吸收效率相似。

鱼类的氮排泄在氮收支中所占比例差别很大。一般认为排泄氮占摄食氮的比例一般为 28%) 55%^[12], 而 Cui 等^[1]发现, 草鱼摄食水蚯蚓时排泄氮占摄食氮和吸收氮的比例分别高达 77125%和 81121%, 摄食浮萍时分别为 63143%与 78153%, Carter 等^[11]对草鱼的报道则为 1313%) 5619%(以氨氮和尿素氮表示); 孙耀等以几种动物性饵料饱食投喂鲢鱼和黑, 得出该值分别为 8218%) 8418%和 6911%) 7112%^[3,4]; 李军等^[2]饱食投喂黑鲮时发现, 随体重增加, 该值从 50120%增至 78170%。本研究中, 排泄氮占摄食氮和吸收氮的比例分别为 72160%) 78139%和 76120%) 82109%。氮排泄是鱼类代谢活动的重要标志, 鱼类的代谢受到诸如鱼类种类、体重、温度以及饲料质量等多种因素的影响, 因此, 实验结果不同很可能与鱼的种类和实验条件的不同有关, 另外, 实验方法不同, 如直接测定氮排泄或用差减法计算氮排泄, 也可能导致结果有差异。

在不同的实验中, 氮的生长效率差异也很大, 从约 18%到 65%不等^[1) 4, 11], 这与氮生长效率受到诸如体重、温度以及饲料质量等多种因素的影响有关, 而Carter 等^[11]认为, 饲料营养组成是最重要的影响因素。建鲤在摄食高质饲料时氮生长效率显著提高, 这可能是由蛋白质含量在一定范围内的增加导致的^[13], 也可能与蛋白质质量的改善有关, 或者是两种因子的综合作用。关于后一种因子的作用, Og2ino 和 Chen^[14]曾报道, 鲤的摄食氮和生长氮之间的关系受到蛋白质质量的影响, 摄食高生物价蛋白时, 关系为直线, 摄食差蛋白时, 关系为曲线。可以看出, 建鲤和异育银鲫摄食高质饲料时都获得了显著较高的生长速度, 但其机制却不相同, 建鲤通过提高氮的生长效率来获得高生长, 异育银鲫则通过提高氮的摄食率达到相似的效果。由此可见, 两种鱼虽然都是杂食性鱼类, 但对氮的利用特点却不同。

从能量利用角度看, 在不同实验中, 由于鱼类的吸收效率受各种环境因子的影响很大, 因此, 粪能占食物能的比例变化很大, 变幅从 113%到 77177%^[15, 16]。本实验中, 该值从 4129%到 8150%, 比 Cui 等^[5]研究鲤、鲫得出的结果(分别为 916%和 1015%)和朱晓鸣等^[17]研究异育银鲫得出的结果(12132%)略低。鱼类排泄能占食物能的比例较小, 一般在 112%) 12%之间^[18]。B2afield^[19]计算 6 种鱼的平均值为 618%, 而 Brett 和 Gro2ves^[15]则算出肉食性鱼类的平均值为 7%。本实验的

值为 6100%) 7193%, 比 Cui 等^[5]研究鲤、鲫得出的结果(分别为 317%和 316%)和朱晓鸣等^[17]研究异育银鲫得出的结果(3121%)高。但是, 如果将粪能与排泄能相加, 则本实验的值与以上两项研究的值很接近。另外, 本研究中生长能占食物能的比例为 19139%) 29198%, 代谢能占食物能的比例为 56196%) 66190%, 与 Cui 等^[5]得出的值(分别为 3211%和 3317%, 5416%和 5212%)和朱晓鸣等^[17]得出的值(20172%, 63174%)相似。

建鲤在摄食高质饲料时代谢能比例显著降低, 生长能比例相应显著提高, 这可能是因为高质饲料导致了能量用于 SDA 的比例减少, 或者饲料质量改变了鱼类的活动水平(即改变了活动能), 或者是两种因子的综合作用。可以看出, 建鲤在两种饲料条件下的摄食率无显著差异, 在高质饲料条件下的快速生长应该与高的生长能比例有关, 而异育银鲫在两种饲料条件下的生长能分配无显著差异, 摄食高质饲料时摄食率显著提高, 因此, 在高质饲料条件下的快速生长应该与大量的摄食有关。

参考文献:

[1] Cui Y, Wang S, Liu X *et al.* Nitrogen budgets of young grass carp fed on plant or animal diets[J]. *Progress in Natural Science (China)*, 1991, 1: 466) 469

[2] 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. 日粮水平对黑鲮幼鱼氮收支的影响 1 海洋与湖沼, 1998, 29(4): 368) 373]

[3] Sun Y, Zhang B, Guo X W *et al.* Effect of food Fish strain on energy budget of *Pneumatophorus japonicus* [J]. *Marine Fisheries Research*, 1999, 20(2): 96) 100. [孙耀、张波、郭学武, 等 1 鲢鱼能量收支及其饵料种类的影响 1 海洋水产研究, 1999, 20(2): 96) 100]

[4] Sun Y, Zhang B, Tang Q S. Effects of tation level and food Fish strain on energy budget of *Sabastodes fuscescens* [J]. *Marine Fisheries Re2search*, 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 1 海洋水产研究, 2001, 22(2): 32) 37]

[5] Cui, Y, Liu J. Comparison of energy budget among six teleost2 . Growth rate and energy budget [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1990, 97A: 381) 384

[6] Zhang J S, Sun X Y. Bio2engineering breeding technique and the var2ety characteristics of Jian carp, *Cyprinus capio* Var. *jian*[J]. *Mode2m Fisheries I nfomation*, 1997, 12(3): 20) 24. [张建森、孙小异. 建鲤生物工程育种技术及其品种特性 1 现代渔业信息, 1997, 12(3): 20) 24]

[7] Jiang Y G, Liang S C, Chen B D *et al.* Biological effect of heterol2gous sperm on gynogenetic offspring in *Carassius auratus gibelio*[J].

Acta Hydrobiologia Sinica, 1983, **8**(1): 1) 13. [蒋一, 梁绍昌, 陈本德等 1 异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应 1 水生生物学集刊, 1983, **8**(1): 1) 13]

[8] NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Fish*[M]. Washington National Academy Press. 1993.

[9] Bolin D W, King R P, Klosteman 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

[10] Cui Y B. Bioenergetics of fishes; theory and methods[J]. *Acta Hydrobiologia Sinica*, 1989, **13**: 369) 383[崔奕波 1 鱼类生物能量学的理论与方法 1 水生生物学报 1989, **13** 369) 383]

[11] 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 Biol*, 1993, **41**: 533) 543

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

[14] Ogino C, Chen M S. Protein nutrition in fish. Relation between biological value of dietary proteins and their utilization in carp[J]. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1973, **39**: 955) 959

[15] Brett J R, Groves T D D. Physiological energetics. In: *Fish physiology*. Vol. 8 (W S Hoar, D J Randall, J R Brett, eds) [M]. London: Academic Press, 1979, 279) 352

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

[17] Zhu X M, Xie S Q, Cui Y B. Effect of ration size on the growth and energy budget of the Gibel carp, *Carassius auratus gibelio* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2000, **31**(5): 471) 479. [朱晓明、解绶启、崔奕波 1 摄食水平对异育银鲫生长和能量收支的影响 1 海洋与湖沼, 2000, **31**(5): 471) 479]

[18] Xian W W, Zu X H. Effect of ration size on the growth and energy budget of the mullet *Liza haematocheila* (T. ES S.) [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica* , 2001, **32**(6): 615) 619. [线薇薇、朱鑫华 1 摄食水平对梭鱼生长和能量收支的影响 1 海洋与湖沼, 2001, **32**(6): 615) 619]

[19] Pandian T J, Vivekanandan E. Fish Energetics , New Perspectives Baltimore: The Johns Hopkins university press. 1985, 257) 281

COMPARATIVE STUDIE ON NITROGEN BUDGET AND ENERGY BUDGET
OF JIAN CARP (CYPRINUS CARPIO VAR. JIAN) AND GIBEL CARP
(CARASSIUS AURATUS GIBELIO) FED DIETS WITH DIFFERENT QUALITIES

YANG Yan20u^{1,2}, CUI Y2Bo², XIONG Bang2Xi¹, YANG Yun2Xia², XIE Shou2Qi²
(11 Fisheries College, Huazhong Agriculture University, Wuhan 430070; 2 State Key Laboratory of Freshwater Ecology and
Biotechnology, Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract: A 552day growth trial was conducted to investigate nitrogen budget and energy budget of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. jian) and Gibel carp(*Carassius auratus gibelio*) fed diets with different quality. Low quality diet (LQ diet) and high quality diet (HQ diet) were tested. LQ diet contained 33. 91% dietary protein which is mainly from soybean meal while HQ diet contained 45. 59% dietary protein which is mainly from fish meal. The initial average body weight of fishes was from 5. 58g to 5. 82g. The trial was carried out in a system consisting of 12 sel2circulation fiberglass tanks(volume: 320L) with conical bottoms. During the experiment, dechlorined tapwater was added into each tank at the rate of about 500mLPmin. Dissolved oxygen was maintained above 6mgPL, ammonia below 0. 15mgPL and the temperature 28 ? 1 e . The photoperiod was 12hL: 12hD with the light period from 8: 00 to 20: 00.

The results showed that, when fed LQ diet, nitrogen intake was not significantly affected by fish strains while recovery nitrogen for growth in Jian carp was lower than that in Gibel carp. When fed HQ diet, nitrogen intake in Jian carp was lower than that in Gibel carp, while recovery nitrogen for growth was not significantly affected by fish strain. For Jian carp, nitrogen intake was not affected by diet quality, while recovery nitrogen for growth of fish fed HQ diet was higher than that fed LQ diet. For Gibel carp, nitrogen intake was higher in the fish fed HQ diet than that fed LQ diet while recov2ery nitrogen for growth was not affected by diet quality.

There was no significant difference in food energy intake and assimilation energy in two fishes while growth energy in Jian carp was lower than that in Gibel carp when fed LQ diet. There was no significant difference in food energy, assim2ilation energy, growth energy and metabolism energy between two fishes when fed HQ diet. For Jian carp, food energy, a2ssimilation energy, metabolism energy and faecal energy were lower while growth energy was higher when fed HQ diet than that when fed LQ diet. For Gibel carp, food energy, growth energy and faecal energy were lower when fed HQ diet than that when fed LQ diet while assimilation energy and metabolism energy were not affected by diet quality.

Nitrogen budget and energy budget were significantly affected by both diet and fish strain. When fed LQ diet, the proportion of food nitrogen and energy deposited in growth in Jian carp was lower than those in Gibel carp while the prop2ortion of excretion nitrogen, excretion energy and metabolism energy in Jian carp was higher than those in Gibel carp. There was significant difference in nitrogen and energy budget in two fishes when fed HQ diet. In Jian carp, nitrogen and energy budget was significantly affected by diet quality. The proportion of growth nitrogen and growth energy was signif2cantly lower when fed LQ diet than that fed HQ diet while the proportion of excretion nitrogen, faecal energy and me2tabolism energy when fed LQ diet was significantly higher than that fed HQ diet. Nitrogen and energy budget in Gibel carp was not affected by diet quality.

In conclusion, when fed LQ diet, the utilization of nitrogen and energy in Jian carp is poorer than that in Gibel carp. Compared to Gibel carp, the utilization of nitrogen and energy in Jian carp is more affected by diet quality.

Key words: Jian carp; Gibel carp; Nitrogen budget; Energy budget; Diet quality