

摄食水平和性别对稀有 鲫 生长和能量收支的影响*

朱晓鸣 解绶启 崔奕波 杨云霞 光寿红¹⁾

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

提要 于 1995 年 10 月采集本所自繁的稀有 鲫(约 1.03g/ind), 在 30℃ 水温下进行摄食-生长实验, 研究了从饥饿到饱食 5 个摄食水平对不同性别稀有 鲫的生长和能量收支的影响。结果表明, 鱼体干物质和能量含量不受摄食率和性别的影响。随着摄食率的增加, 雌鱼的湿重、干重和能量特定生长率均呈双对数增加, 雄鱼湿重特定生长率呈双对数增加, 而干物质和能量特定生长率呈指数增加。雄鱼生长速度及摄食率低于雌鱼。随着摄食率的增加, 食物能损失于粪便中的比例均呈上升趋势, 损失于排泄物中的比例变化不大, 呈下降趋势; 用于代谢的比例呈下降趋势; 用于生长的比例呈上升趋势。除饥饿组外, 在各个摄食水平, 雌鱼食物能用于代谢的比例较雄鱼低, 而用于生长的比例较雄鱼高。

关键词 摄食水平, 性别, 生长, 能量收支, 稀有 鲫

中图分类号 S965.117

稀有 鲫是我国特有的一种小型鲤科鱼类, 由于该鱼具有个体小、性成熟快、连续产卵、产卵多、对环境因子敏感和易于饲养等特点, 常被作为实验动物使用(王剑伟, 1992; 王铁辉等, 1993, 1994, 1995)。摄食水平是影响鱼类生长和能量收支的一个重要因子(Brett *et al.*, 1979; 崔奕波, 1989), 不同的鱼类, 具有不同的生长-摄食关系。对多数鱼类的研究表明, 生长随摄食率的增加呈减增曲线上升(Brett *et al.*, 1979; Cui *et al.*, 1988; 崔奕波, 1989; Jobling, 1994), 但也有部分作者报道了两者为线性关系(Nümi *et al.*, 1974; Sullivan, 1982; Yoshida *et al.*, 1984; Klaoudatos *et al.*, 1986; Cui *et al.*, 1994)。

性别对鱼类生长的影响在某些鱼类中已有报道(Beaver *et al.*, 1966; Henken *et al.*, 1987; Pedersen *et al.*, 1989; Simco *et al.*, 1989; Berglund *et al.*, 1992)。Eliassen 等(1982)报道了性成熟和未成熟的鳕鱼部分鱼体组织能量的季节变化, 但是, 鱼类性别对能量分配的影响, 仅有少量报道(Roff, 1983; Rijnsdorp *et al.*, 1989)。本研究探讨了摄食水平对不同性别的稀有 鲫生长和能量收支的影响, 以期了解该实验动物的能量学特征, 为该实验动物的标准化和推广提供科学依据。

* 国家自然科学基金委员会优秀中青年人才专项基金资助项目, 39321002 号。朱晓鸣, 女, 出生于 1964 年 4 月, 硕士, 副研究员, E-mail: xmzhu@ihb.ac.cn

1) 中国科学技术大学生物系 96 届学生

收稿日期: 1998-10-13, 收修改稿日期: 1999-05-29

1 材料与方法

1.1 实验步骤

实验于 1995 年 10 月在本实验室进行。实验用稀有 鲫 (*Gobiocypris rarus*) 为本所自繁试验鱼(约 1.03g/ind), 亲本采自四川汉源县, 试验鱼进入实验室后, 逐渐(2—3℃/d) 将水温升至实验温度(30℃), 并在实验条件下饲养驯化一周。实验室用 2 支 40W 日光灯照明, 光照为每天 12h(8:00—20:00)。每日一次投喂实验饲料, 投喂率约为体重的 3%。

实验饲料为含粗蛋白 37.88% 的配合饲料, 加入 0.1% Y_2O_3 作为测定消化率的指示剂。实验饲料用颗粒饲料机制成 1—2mm 直径的颗粒, 4℃ 冰箱保存。饲料配方及化学组成见朱晓鸣等(2000)。

实验在容积为 10L 的透明有机玻璃缸中进行, 每周换水一次, 温度控制在(30±1)℃。试验鱼(体重为 0.82—1.36g) 随机放入 30 个缸中, 每缸 1 尾。实验分 6 个摄食水平: 饥饿、1%、2%、3%、4% 及饱食(% 为每日投喂量占实验鱼初始体重的比例), 每组 5 个平行, 实验中发现 4% 的摄食水平已经超过最大摄食水平, 故将 4% 和饱食组合并。实验缸随机分配按不同摄食水平投喂。实验开始时, 鱼饥饿 2d 后称重。同时取 10 尾鱼作为对照, 70℃ 烘干, 用以估算实验开始时鱼体的干物质含量及能量含量。实验期间, 每天 9:00 按设定的摄食水平投喂, 最大摄食组投喂过量的饵料, 1h 后回收所剩饵料并烘干称重, 并同时放置定量饲料于水中, 1h 后回收、烘干、称重、计算得到残饵回收率, 以校正残饵量。每天用吸管收集鱼粪两次, 烘干后供分析用。实验中间一周测定水中氨氮和尿素氮排泄, 即用 Chaney 等(1962) 的方法测定该周换水前后水中的氨氮和脲氮浓度, 同时测量各鱼缸中水的体积, 计算氮排泄。

实验周期为 21d。实验结束时, 鱼饥饿 2d 后称重, 解剖确定性别, 并观察性腺发育状态, 然后在 70℃ 烘干取得干物质含量, 并供分析用。

1.2 化学分析

用 Phillipson 微量能量计测定鱼体、饲料和粪便的能量含量。用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES 3520 型) 测定饲料和粪便的 Y_2O_3 含量。每一样品至少测定两个平行样。

1.3 数据处理

能量收支按下式计算: $C = F + R + U + G$, 其中, C (摄食率) 根据摄入的饲料量及饲料的能量含量计算; F (排粪率) 根据表观消化率计算; U (排泄率) 通过各鱼缸中氨及脲氮的排泄量, 按照 24.83J/mg 氨氮及 23.03J/mg 脲氮转换成能量计算(Elliott, 1976a); G (能量生长率) 按实验期间鱼体总能量的变化来计算, 假定对照鱼代表实验开始时鱼的干物质及能量含量; R (代谢能) 根据食物能与能量收支其它组分之差来计算, 即 $R = C - F - U - G$ (Elliott, 1976b)。

湿重特定生长率(SGR_w) 按下式计算:

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

式中, W_t 为实验结束时体重, W_0 为初始体重, t 为实验天数。干物质特定生长率(SGR_d) 和能量特定生长率(SGR_e) 亦以同样方法计算。

由于实验前无法鉴别雌雄, 不同摄食组雌雄比例不均, 故将摄食率看作连续变量(协

变量), 性别作为分组变量, 进行协方差分析, 探讨性别及摄食率对各参数的影响。回归分析采用最小均方法, 以回归系数(R^2)和残差分析结果判定。

2 结果

实验结束后, 发现饱食组中的 1 尾鱼的生长为负数, 此缸为 1[#], 靠近实验室入口, 考虑可能受到外界干扰较大, 数据舍去, 共取得 29 尾鱼的实验结果。实验结束后解剖观察发现, 雌鱼 16 尾, 雄鱼 13 尾, 性腺均已成熟, 各摄食水平下的雌雄性比分别为: 2:3(饥饿组); 4:1(1%组); 3:2(2%组); 3:2(3%组); 4:5(饱食组)。

2.1 鱼体干物质、能值和消化率

协方差分析结果表明, 性别及摄食率对鱼体干物质、能量含量均无显著影响($P > 0.05$)(表 1)。鱼体干物质和湿重能量含量的平均值分别为 28.35% 和 6.32J/mg。

表 1 稀有 鲫性别及摄食率对鱼体干物质、能值影响及其协方差分析{协变量: 摄食率[J/(g·d)]}

Tab. 1 Effect of sex and feeding rate on the body contents of dry matter and energy for the rare minnow and the analysis of covariance {covariate: feeding rate [J/(g·d)]}

项 目	雌 鱼		雄 鱼			
	能 量	干 物 质	能 量	干 物 质		
饥饿	5.76±0.34	26.61±1.30	6.45±0.28	28.91±1.12		
1	6.63±0.25	29.28±0.99	5.67±0.00	27.00±0.00		
2	6.37±0.31	28.53±0.90	5.71±0.21	26.45±0.80		
3	6.53±0.34	28.74±0.88	7.00±0.62	30.15±1.37		
饱食	6.83±0.41	29.70±1.17	6.18±0.32	28.05±0.70		
项目	变异来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
干物质	摄食率	1.450	1	1.450	0.400	0.533
	性别	7.301	1	7.301	2.012	0.168
湿重能量含量	摄食率	0.311	1	0.311	0.739	0.398
	性别	1.115	1	1.115	2.649	0.115

2.2 生长

协方差分析表明, 性别及摄食率对特定生长率均有显著影响(表 2)。由图 1 可知, 随着摄食率的增加, 雌鱼的湿重、干重和能量特定生长率均呈双对数增加, 雄鱼湿重特定生长率呈双对数增加, 而干物质和能量特定生长率呈指数增加。生长($SGR: \% / d$)和摄食[$C: J/(g \cdot d)$]的回归关系可用下列模型表示:

$$\text{雌鱼: } \ln(SGRw + 1) = -1.34 + 0.31 \ln(C + 1) \quad (R^2 = 0.95, n = 16)$$

$$\ln(SGRd + 2) = -0.27 + 0.20 \ln(C + 1) \quad (R^2 = 0.93, n = 16)$$

$$\ln(SGRe + 2) = -0.41 + 0.24 \ln(C + 1) \quad (R^2 = 0.90, n = 16)$$

$$\text{雄鱼: } \ln(SGRw + 1) = -0.86 + 0.18 \ln(C + 1) \quad (R^2 = 0.90, n = 13)$$

$$\ln(SGRd + 2) = 0.26 + 0.0012C \quad (R^2 = 0.72, n = 13)$$

$$\ln(SGRe + 2) = 0.23 + 0.0012C \quad (R^2 = 0.54, n = 13)$$

表 2 性别和摄食水平对稀有 鲫特定生长率影响的协方差分析表(协变量:摄食率[$J/(g \cdot d)$])

Tab. 2 Analysis of covariance for the effect of sex and feeding rate on the specific growth rate of the rare minnow {covariate: feeding rate [$J/(g \cdot d)$]}

生长率	变异来源	平方和	自由度 DF	均方	F	显著性
SGR_w	摄食率	5.125	1	5.125	155.449	0.000
	性别	0.710	1	0.710	21.542	0.000
SGR_d	摄食率	6.037	1	6.037	35.318	0.000
	性别	1.734	1	1.734	10.143	0.004
SGR_e	摄食率	7.046	1	7.046	20.795	0.000
	性别	2.889	1	2.889	8.526	0.007

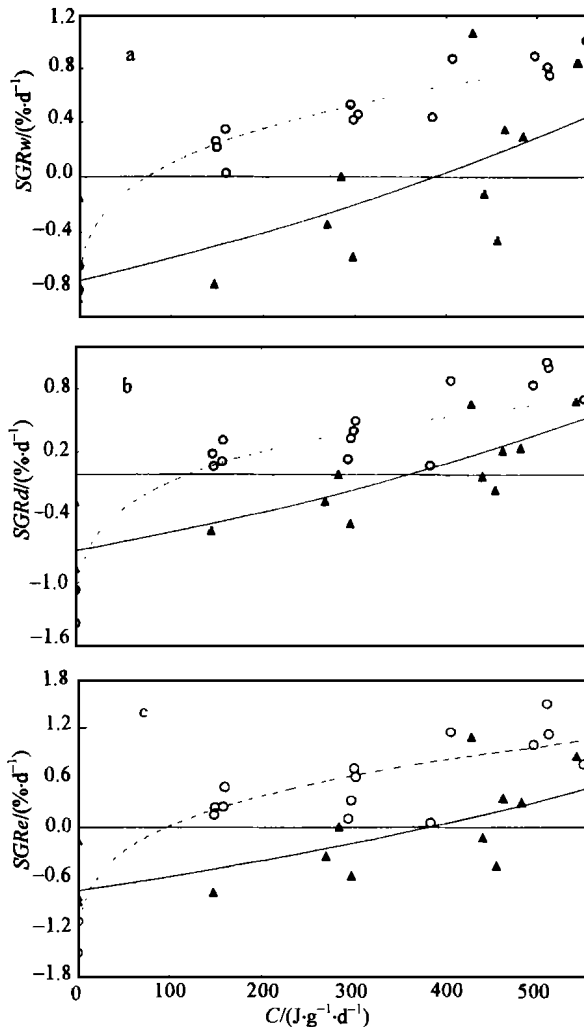
图 1 稀有 鲫特定生长率与摄食率(C)的相关关系

Fig. 1 Relationships between specific growth rate and feeding rate (C) for the rare minnow

a. 湿重特定生长率(SGR_w); b. 干重特定生长率(SGR_d); c. 能量特定生长率(SGR_e)

○雌鱼实测数据(Practical data of female), - - - 雌鱼回归曲线(Regression curve of female);

▲雄鱼实测数据(Practical data of male), — 雄鱼回归曲线(Regression curve of male); 图 2 同

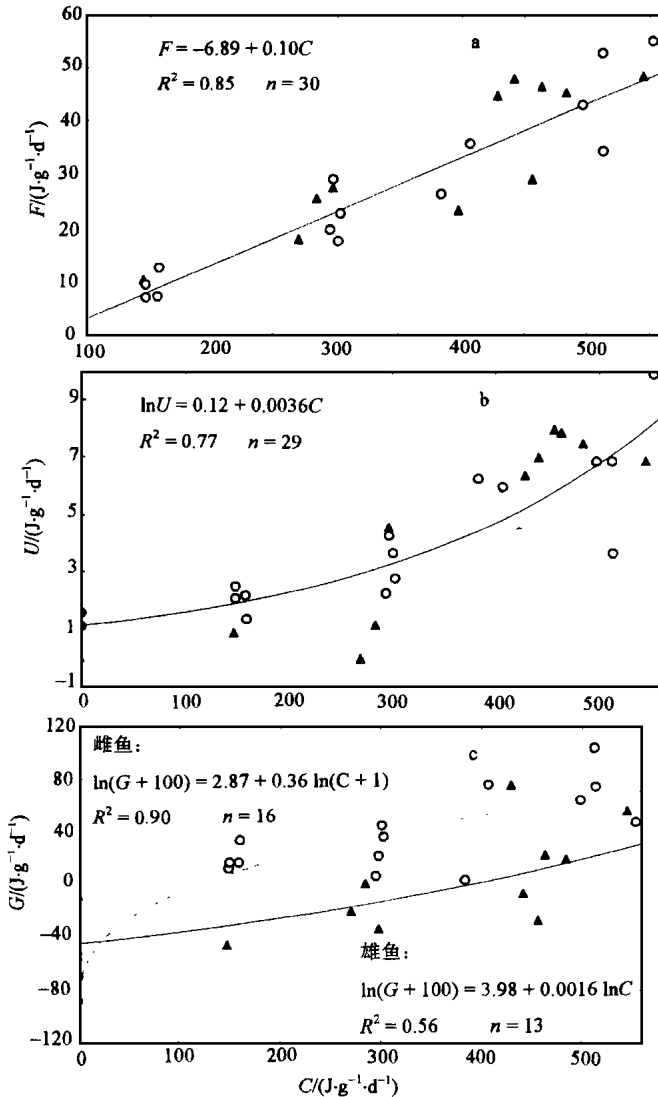


图2 雌雄稀有 鲫排粪率(F)(a)、排泄率(U)(b)、能量生长率(G)(c)与摄食率(C)之间的关系

Fig. 2 Relationship between faecal production (F)(a), excretion (U)(b), energy growth (G)(c) and feeding rate (C) for male and female rare minnows

2.3 能量收支

在饱食摄食水平,雌鱼的平均摄食率为 $518.92 \pm 23.52 \text{J}/(\text{g} \cdot \text{d})$;雄鱼的平均摄食率为 $471.08 \pm 48.60 \text{J}/(\text{g} \cdot \text{d})$,雌鱼高于雄鱼(表3),但方差分析结果两者差异不显著($F = 0.1551, p = 0.6966$)。

由图2可知,摄食率对排粪率(F)、排泄率(U)及能量生长率(G)的影响均显著($p < 0.05$),而性别仅对 G 的影响显著($p < 0.05$)。随着摄食率的增加, F 呈线性增加; U 呈指数增加; G 在雌鱼呈双对数增加,在雄鱼呈指数增加。

3 讨论

关于鱼类能量收支-摄食率关系的研究,多是以幼鱼为对象进行的(Xie *et al.*, 1992; Cui *et al.*, 1994; Russell, *et al.*, 1996; Xie *et al.*, 1997),而关于性成熟个体的报道较少。稀有 鲫是一种性成熟年龄小、成年个体小、寿命短、繁殖期长、繁殖期多次连续繁殖的鱼类,与刺鱼(Wootton, 1984)、青(Hirshfield, 1980)很相似。生活史进化理论认为,生物的生活史特征应使其终身产生后代的个数最多(Wootton, 1998)。从理论上分析,这类小型鱼类成体存活到下一繁殖季节的机会较小,决定后代个数的主要

因子为繁殖季节的总繁殖次数及总繁殖力。与体型较大、寿命较大的鱼类相比,生长的重要性相对较低(因为生长较快仅能在一定程度上增加雌鱼的繁殖力,而对于繁殖次数及存活到下一季节的机会影响较小)。因此,在繁殖季节食物能应优先分配于繁殖上。除在性腺上的投入外,在繁殖行为上的投入也很重要,因为繁殖行为上的投入与繁殖次数关系很大(Wootton, 1998)。另外,雌、雄鱼在生长、繁殖和繁殖行为上的投入也应有差别。雌鱼的繁殖力随体重增加而增加,而在雄鱼则不存在这一关系,故高生长率对于雌鱼比雄鱼更

为重要。而对于雄鱼,增加在繁殖行为上的投入,可增加繁殖次数,故食物能应优先用于代谢消耗。根据这一分析,可作出以下假设:(1) 这类小型鱼类雌鱼的生长率应高于雄鱼,并且随着摄食率的上升,雌鱼的生长率增长应快于雄鱼。(2) 雌鱼将食物能分配于生长的比例应高于雄鱼,而分配于代谢的比例应低于雄鱼。(3) 与体型较大、寿命较长的鱼类相比,这类小型鱼类食物能分配于生长的比例应较小,而分配于代谢的比例应较高。

本研究表明,稀有 鲫雌鱼的特定生长率快于雄鱼;从湿重特定生长率-摄食率的回归关系看,雌鱼的回归系数(0.31)高于雄鱼(0.18),说明其生长率随摄食水平的提高较雄鱼快。而关于体型较大、寿命较长的鱼类的报道多表明,雄鱼生长高于雌鱼(Beaver *et al*, 1966; Henken *et al*, 1987; Simco *et al*, 1989; Berglund *et al*, 1992)。Pedersen 等(1989)在鳕鱼的研究中得出,在性成熟早期,雌、雄鱼间的生长无显著差别,但后期雄鱼生长则明显低于雌鱼。这些结果支持了假设(1)。本研究得出稀有 鲫雌鱼的湿重、干重和能量特定生长率与摄食水平的关系为递减增长曲线,这与其它鱼类的报道结果相一致(Allen *et al*, 1982; Singh *et al*, 1985; Cui *et al*, 1988)。但是,雄鱼干重和能量特定生长率与摄食率的关系为指数关系,这说明雌、雄稀有 鲫的生长-摄食关系有所不同。雌、雄鱼生长-摄食关系不同的意义,尚有待进一步探讨。

表 3 摄食水平及性别对稀有 鲫能量收支的影响¹⁾

Tab. 3 Effect of ration and sex on the energy budget of rare minnow

摄食水平(%/d)	性别	$C [J/(g \cdot d)]$	$F/C (%)$	$U/C (%)$	$R/C (%)$	$G/C (%)$	$R/A (%)$	$G/A (%)$
饥饿 ²⁾	雌鱼	0		1.13	81.24	-82.36		
	雄鱼	0		1.13	45.36	-46.48		
1	雌鱼	154.14	5.53	1.27	87.74	5.46	94.14	5.86
	雄鱼	147.70	5.34	1.30	115.18	-21.81	123.36	-23.36
2	雌鱼	298.17	7.69	1.11	78.69	12.52	86.27	13.73
	雄鱼	284.37	7.58	1.20	89.93	0.58	106.03	-6.03
3	雌鱼	364.89	8.11	1.15	77.68	13.06	85.61	14.39
	雄鱼	405.22	8.30	1.30	87.25	2.91	99.36	0.64
饱食	雌鱼	518.92	8.67	1.41	76.90	13.02	85.52	14.48
	雄鱼	471.08	8.54	0.78	86.30	4.38	96.77	3.23

1) C : 摄食率(feeding rate); F : 排粪率(faecal production); U : 排泄率(excretion); R : 代谢率(metabolism); G : 生长率(energy growth); A : 同化率(assimilated energy) ($A = C - F - U$)。 C 为实测值(measured value), F 、 U 、 G 根据回归方程计算, R 根据 $C - F - U - G$ 间接计算(F , U and G were calculated from regression equations, and R calculated indirectly by: $C - F - U - G$)

2) 饥饿鱼的能量收支以 $J/(d \cdot g)$ 表示[Values for the starving fish were expressed as $J/(d \cdot g)$]

根据能量收支(表 3)分析发现,稀有 鲫雄鱼食物能用于代谢的能量较雌鱼较多,而用于生长的能量较少,这也支持了假设(2)。Cui 等(1990)在总结了不同鱼类的能量收支,得出在最大摄食水平下的平均能量收支式为:

$$100C = 15.7(F + U) + 51.5R + 32.8G$$

$$\text{或 } 100A = 60R + 40G$$

本实验得出稀有 鲫的能量收支式中代谢的比例明显高于该平均值,生长的比例低于平均值,说明稀有 鲫生长效率较低,代谢耗能较多。这一结果支持了假设(3)。上述三个假设是否代表了普遍规律,尚有待对不同生活史类型的鱼类的能量收支-摄食率关系进行更为广泛的探讨。

参 考 文 献

- 王剑伟, 1992. 稀有 鲫的繁殖生物学. 水生生物学报, 16: 165—174
- 王铁辉, 陈宏溪, 刘沛霖等, 1993. 草鱼出血病毒人工感染稀有 鲫出血病鱼主要器官组织的超薄切片观察. 水生生物学报, 17: 343—346
- 王铁辉, 刘沛霖, 陈宏溪等, 1994. 稀有 鲫对草鱼出血病病毒敏感性的初步研究. 水生生物学报, 18: 144—149
- 王铁辉, 易泳兰, 陈宏溪等, 1995. 草鱼出血病病毒人工感染稀有 鲫出血病鱼的组织病理学观察. 水生生物学报, 19: 350—353
- 朱晓鸣, 解绶启, 崔奕波, 2000. 摄食水平对异育银鲫生长及能量收支的影响. 海洋与湖沼, 31(5): 471—479
- 崔奕波, 1989. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 13: 369—383
- Allen J R M, Wootton R J, 1982. The effect of ration and temperature on the growth of three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L. J Fish Biol, 20: 409—422
- Beaver J A, Sneed K E, Dupree H K, 1966. The difference in growth of male and female channel catfish in hatchery ponds. Prog Fish-Cult, 28: 47—50
- Berglund I, Mayer I, Borg B, 1992. Effects of sexual maturation, castration, and androgen implants on growth in one and two-year-old parr in a Baltic Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stock. J Fish Biol, 40: 281—292
- Brett J R, Groves T D D, 1979. Physiological Energetics. In: Hoar W S, Randall D J, Brett J R ed. Fish Physiology, Vol. VIII. New York: Academic Press, 279—352
- Chaney A L, Marbach E P, 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin Chem, 8: 130—132
- Cui Y, Chen S, Wang S, 1994. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp. *Ctenopharyngodon idella* Val. Aquaculture, 123: 95—107
- Cui Y, Liu J, 1990. Comparison of energy budget among six teleosts. III. Growth rate and energy budget. Comp Biochem Physiol, 97A: 381—384
- Cui Y, Wootton R J, 1988. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus phoxinus* (L.): the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. J Fish Biol, 33: 763—773
- Eliassen J-E, Vahl O, 1982. Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L.) from Balsfjorden, northern Norway. J Fish Biol, 20: 707—716
- Elliott J M, 1976a. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (*Salmo trutta* L.). J Anim Ecol, 45: 923—948
- Elliott J M, 1976b. Energy losses in the waste of products of brown trout (*Salmo trutta* L.). J Anim Ecol, 45: 561—580
- Henken A M, Boon J B, Cattel B C *et al*, 1987. Differences in growth rate and feed utilisation between male and female African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture, 63: 221—232
- Hirshfield M F, 1980. An experimental analysis of reproductive effort and cost in the Japanese medaka, *Oryzias latipes*. Ecology, 61: 282—292
- Jobling M, 1994. Fish Bioenergetics. London: Chapman and Hall, 309
- Klaoudatos S, Apostolopoulos J, 1986. Food intake, growth, maintenance and food conversion in the gilthead sea bream (*Sparus auratus*). Aquaculture, 51: 217—224
- Niimi A J, Beamish F W H, 1974. Bioenergetics and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in relation to body weight and temperature. Can J Zool, 52: 447—456
- Pedersen T, Jobling M, 1989. Growth rate of large, sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. Aquaculture, 81: 161—168
- Rijnsdorp A D, Ibelings A D, 1989. Sexual dimorphism in the energetics of reproduction and growth of North Sea plaice, *Pleuronectes platessa* L.. J Fish Biol, 35: 401—415
- Roff D A, 1983. An allocation model of growth and reproduction in fish. Can J Fish Aquat, 40: 1395—1404

- Russell N R, Fish J D, Wootton R J, 1996. Feeding and growth of juvenile sea bass: the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. *J Fish Biol*, 49: 206—220
- Simco B A, Goudie C A, Klar G T *et al.*, 1989. Influence of sex on growth of channel catfish. *Tran Am Fish Soc*, 118: 427—434
- Singh R P, Srivastava A K, 1985. Effect of different ration levels on the growth and the gross conversion efficiency in a silurid catfish, *Heteropneustes fossilis* (Block). *Bull Inst Zool, Academia Sinica*, 24: 69—74
- Sullivan K M, 1982. Energetics of the Sablefish, *Anoplopoma fimbria*, Under Laboratory Conditions. In: Cailliet G M, Simenstal S A ed. *Gutshop '81—Fish Food Habit Studies*. Seattle: Washington Sea Grant Publ, 106—174
- Wootton R J, 1984. *A Functional Biology of Sticklebacks*. London and Sydney: Croom Helm, 103—154
- Wootton R J, 1998. *Ecology of Teleost Fishes (2nd ed.)*. London and New York: Chapman and Hall, 150—174, 259—284
- Xie S, Cui Y, Yang Y *et al.*, 1997. Energy budget of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in relation to ration size. *Aquaculture*, 154: 57—68
- Xie X, Sun R, 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level, body weight, and temperature. *J Fish Biol*, 40: 719—730
- Yoshida H, Sakurai Y, 1984. Relationship between food consumption and growth of adult walleye pollock *Theragra chalcogramma* in captivity. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, 50: 763—769

EFFECT OF RATION LEVEL ON GROWTH AND ENERGY BUDGET OF MALE AND FEMALE RARE MINNOW *Gobiocypris rarus*

ZHU Xiaoming, XIE Shouqi, CUI Yi-bo, YANG Yun-xia, GUANG Shou-hong
(State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)

Abstract A diet containing 37.8% crude protein was fed to rare minnow at 5 ration levels (0%, 1%, 2%, 3%, and Satiation) to investigate the effect of ration on the growth and energy budget of male and female rare minnow at 30 °C. Food energy, faecal energy, excretory energy and growth energy were determined directly and metabolism energy was calculated by difference. The contents of dry matter and energy of fish were independent of ration and sex. Specific growth rate was significantly affected by ration and sex and increased logarithmically with ration for the female, while the specific growth rate for the male in wet weight increased logarithmically and those in dry weight and energy increased exponentially with ration. The female grows more rapidly than the male. With an increase in ration, the proportion of food energy lost in faeces increased while that lost in nitrogenous excretion was changed only slightly. The proportion of food energy channeled into metabolism decreased while that deposited in growth increased. Except for starvation, at each ration level, the proportion of food energy channeled into metabolism was higher for the male than that for the female, while the proportion recovered in growth was higher for the female than that for the male.

Key words Ration level, Sex, Growth, Energy budget, *Gobiocypris rarus*