

摄食水平对梭鱼的生长和能量收支的影响*

线薇薇 朱鑫华

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 于 1999 年 8—12 月, 在水温为 $(24.0 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$, 摄食水平分别为体重的 0%、1%、2%、3%、4% 和饱食的条件下进行梭鱼的摄食—生长实验。结果表明, 梭鱼湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率 (*SGR*) 与摄食水平呈直线关系, 其转化效率与摄食水平的增加成正比; 梭鱼的湿重、蛋白质、干重和能量的维持水平分别为体重的 1.851、1.853、2.882 和 2.342 (%/d); 排粪率和排泄率随摄食水平的增加而增加, 并呈直线关系。在最大摄食水平下, 能量收支等式为: $100C = 4.41F + 11.18U + 47.06R + 37.35G$ 。

关键词 梭鱼, 摄食水平, 生长, 能量收支

中图分类号 S963.1

梭鱼 [*Liza haematocheila* (T. et S.)] 属鲷形目鲷科鱼类, 具有广盐性、广温性、生长迅速、病害少等特点, 是一种优良的养殖对象(李明德等, 1997)。在自然水域, 梭鱼作为植食性鱼类, 属于生态系统结构中食物链短、生态生长效率高的生产者。研究梭鱼食物转换效率和能量分配过程, 是评价鱼类种群动态与基础生产力关系的必需内容, 也是建立特定水域生态系统动力学模型的基础(朱鑫华, 1995; 朱鑫华等, 1996)

鱼类生态生理学研究表明, 摄食水平、体重、水温、溶氧、pH、摄食时间、社会性作用、光照周期、盐度等, 都与鱼类在生态系统内能量转换和物质交换过程密切相关。其中, 摄食水平、体重和温度对鱼类生理状态影响尤为显著(Beamish, 1972; Jobling, 1994; 朱晓鸣等, 2000, 2001)。本文研究摄食水平对梭鱼生长和能量收支的影响, 为植食性鱼类生态生理学理论研究, 以及定量解析近海海洋生态系统结构变化规律提供基础信息。

1 材料与方 法

实验用鱼为青岛第一海水浴场采捕的天然鱼苗, 体重范围为 1.03—4.42g(平均 2.76 ± 0.16g)。实验前, 将鱼驯化 1 个月。实验温度为 $(24 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ 。设立 6 个摄食水平, 即: 0% (饥饿)、1%、2%、3%、4% (每日投饵量占实验鱼最初体重的比例) 和饱食(最大), 其中最大摄食水平与饥饿组各为 6 个重复, 其余每组 3 个重复, 共用 24 尾鱼。光照周期为 L:D= 12h:12h。盐度为 30。

实验前, 测定实验鱼的标准代谢。呼吸仪为长方形玻璃缸, 容积为 25L, 玻璃缸侧面设一出水口, 用于采集水样。实验时, 将呼吸仪水浴于 210L 水族箱中, 用塑料薄膜密封

* 国家自然科学基金重大项目资助, 497901001 号; 中国长江三峡工程开发总公司委托项目, SX(97)-11-4 号。

线薇薇, 女, 出生于 1969 年 11 月, 博士后, E-mail: wwxian@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2000-05-09, 收修改稿日期: 2000-12-25

呼吸仪,水温由加热器和控温仪控制。依鱼体大小的不同,实验持续4—6h,设置两个空白对照组,实验前后采集水样;Winkler氏碘量法测定溶解氧含量。氧的热量系数为13.54J/mgO₂(Elliott *et al.*, 1975),将耗氧率(mgO₂/h)转换为能量单位。

生长实验中,每尾鱼单个饲养在50L玻璃缸中。玻璃缸配有充气装置,水中溶解氧含量不低于5mlO₂/L,氨氮含量不超过30μm/L。并采用连续流水方式进行养殖,流速为4L/h,逐步调整为8L/h。实验开始前、后,先将鱼饥饿48h,以排空体内粪便,然后称重(精确到0.01g)。实验前留取8尾梭鱼作为对照;实验后,全部实验用鱼留作进一步分析的样品。样品在65℃恒温箱烘干至恒重,备测。每日08:00—08:30定量投喂人工配合饵料(蛋白质50.38%,脂肪24.97%,水含量2.88%,灰分11%,能量含量24.19kJ/g),最大摄食水平过量投喂,每日投喂4次;其余各组按摄食水平定量投喂,每日投喂两次。投喂30min后,吸出残饵定量。取定量颗粒饵料放入水中,30min后取出,以校正饵料溶失率,确定实验鱼的实际摄入量。每日虹吸法收集粪便2次,65℃烘干至恒重。实验周期为21d。

实验结束前测定每尾鱼氨氮和尿素的排泄率。氨氮测定采用次溴酸盐氧化法,尿素的测定是用脲酶氧化后,再用上述方法测定。将氨氮和尿素的量分别按24.83J/mgN和23.03J/mgN换算成能值(Elliott, 1976)。

测定指标包括水分、干物质、粗蛋白、脂肪、灰分和能量含量。干物质的测定是通过直接测定烘干后的样品重量得出。水分的测定是将鱼体的湿重减去干重得出。粗蛋白测定用凯氏定氮法测得样品的氮含量,由氮含量×6.25得到粗蛋白含量。脂肪含量用索氏抽提法测定。灰分含量是用马福炉在550℃灰化后测定。能量含量通过蛋白质和脂肪热当量系数(23.65kJ/g和39.5kJ/g)推算(Elliott, 1976)。

特定生长率(*SGR*)计算公式是:

$$SGR_w = \frac{\ln w_t - \ln w_0}{t} \times 100$$

式中,*SGR_w*为湿重特定生长率,*w_t*和*w₀*分别为实验结束和实验开始时的鱼体湿重(g),*t*为实验时间。以此类推可得鱼体干重、蛋白质和能量的特定生长率。

总转化效率(*K*)计算公式为:

$$K = \frac{w_t - w_0}{C} \times 100$$

式中,*C*为摄食饵料重量,*w₀*和*w_t*分别为实验前后鱼体体重,*C*为饵料摄入量,同样可计算鱼体干重、蛋白质和能量的转化效率。*C_{min}*为饵料的维持水平,由特定生长率与摄食水平关系的回归关系推算出特定生长率为0时的摄食水平(Jobling, 1994)。

2 结果

2.1 摄食水平对梭鱼生长的影响

各个摄食水平下梭鱼*SGR*的测定值见表1。回归分析表明,湿重、干重、蛋白质和能值的*SGR*随摄食水平的增加而增加(图1),*SGR*与摄食水平(*RS*)呈显著的线性关系,二者的关系列于表2。令*SGR*=0,由表2的各线性回归方程可得,梭鱼湿重、蛋白质、干重和能量的维持日粮水平分别为体重的1.851、1.853、2.882和2.342(%/d)。

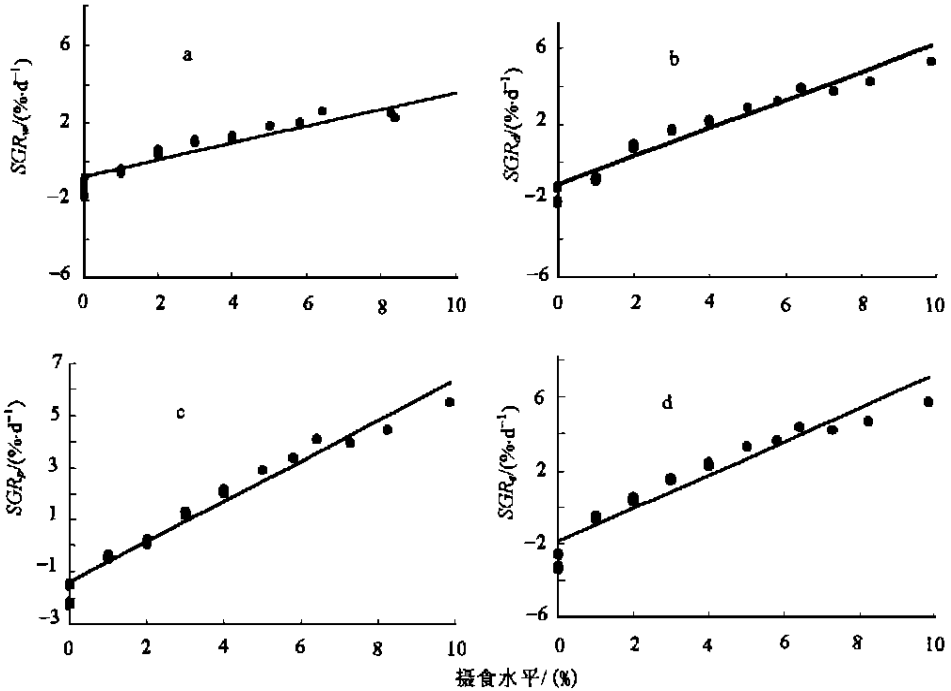


图1 梭鱼湿重(a)、干重(b)、蛋白质(c)及能值(d)的特定生长率与摄食水平的关系

Fig. 1 Relationship between SGR, stated in wet weight (a), dry weight (b), protein (c) or energy (d), and ration sizes in the mullet *Liza haematocheila*

表1 不同摄食水平下梭鱼的特定生长率¹⁾

Tab. 1 SGR in mullet *Liza haematocheila* at different ration sizes

摄食水平 (%)	SGR_w (%/d)	SGR_d (%/d)	SGR_p (%/d)	SGR_e (%/d)
0	-1.30 ± 0.18^a	-2.12 ± 0.17^a	-3.89 ± 0.18^a	-3.39 ± 0.19^a
1	-0.52 ± 0.05^b	-0.91 ± 0.04^a	-2.40 ± 0.05^b	-1.92 ± 0.06^b
2	0.46 ± 0.07^c	0.80 ± 0.06^b	-0.26 ± 0.04^b	0.45 ± 0.05^c
3	1.01 ± 0.04^d	1.66 ± 0.04^c	1.24 ± 0.06^c	2.08 ± 0.08^d
4	1.26 ± 0.05^d	2.17 ± 0.05^c	2.12 ± 0.04^d	2.96 ± 0.07^e
饱食	2.37 ± 0.16^e	3.91 ± 0.35^d	4.08 ± 0.37^e	5.02 ± 0.37^f

1) 数值后字母表示 Duncan 氏多重比较结果, 字母相同表示无显著差异, 字母不同表示有显著差异($p < 0.05$)。表2、表3、表4同

表2 梭鱼的特定生长率与摄食水平的回归关系

Tab. 2 Relationship between SGR and ration size in mullet *Liza haematocheila*

SGR (%/d)	$a \pm s. e.$	$b \pm s. e.$	N	r^2
湿重	-0.87 ± 0.14	0.47 ± 0.03	24	0.900
干重	-1.46 ± 0.19	0.79 ± 0.05	24	0.928
蛋白质	-3.02 ± 0.28	1.05 ± 0.07	24	0.916
能量	-2.48 ± 0.31	1.11 ± 0.07	24	0.911

2.2 摄食水平对梭鱼转化效率的影响(表 3)

表 3 不同摄食水平下梭鱼的转化效率

Tab. 3 Conversion efficiencies in the mullet *Liza haematocheila* at different ration sizes

摄食水平(%)	转化效率(%)		
	K_d	K_p	K_e
1	-17.16 ± 3.58^a	-8.70 ± 0.10^a	-26.99 ± 2.36^a
2	6.75 ± 0.52^b	1.17 ± 0.60^b	10.00 ± 1.48^b
3	9.73 ± 0.25^b	$8.68 \pm 0.29^{b,c}$	26.10 ± 0.73^b
4	$9.84 \pm 0.96^{b,c}$	$11.74 \pm 0.31^{c,d}$	$31.11 \pm 0.76^{b,c}$
饱食	16.73 ± 2.60^c	21.66 ± 3.45^d	37.35 ± 0.96^c

梭鱼干重(K_d)、蛋白质(K_p)和能值(K_e)的转化效率随摄食水平增加而增加。方差分析表明,不同摄食水平下的湿重、干重、蛋白质和能值的转化效率存在显著差异($p < 0.05$),最大水平的转化效率与摄食水平为4%的转化效率无显著差异($p > 0.05$)。

2.3 排粪

表 4 列出了梭鱼能量吸收效率(AEe)和干物质吸收效率(AEd)。梭鱼能量和干物质的平均吸收效率分别为91.35%和73.49%。方差分析表明,不同摄食水平间,梭鱼的能量和干物质吸收效率存在显著差异[$F = 26.43, df = (4, 130), p < 0.001$]。多重比较(Duncan氏极差法)分析表明,摄食水平为2%与3%、4%与最大之间吸收效率无显著差异($p < 0.05$)。

表 4 摄食水平对梭鱼的能量和干物质吸收效率的影响

Tab. 4 The effect of ration size on absorption efficiencies in energy and dry matter for the mullet *Liza haematocheila*

摄食水平(%)	N	AEe(%)	AEd(%)
1	3	85.10 ± 0.16^a	60.03 ± 1.26^a
2	3	88.52 ± 0.30^b	69.01 ± 2.19^b
3	3	90.81 ± 0.42^c	75.20 ± 2.99^b
4	3	93.57 ± 0.38^d	79.16 ± 2.41^c
饱食	6	95.59 ± 0.09^d	84.05 ± 0.09^c

梭鱼的排粪率随摄食率的增加而增加,其排粪率($F, \text{kJ/d}$)与摄食率($C, \text{kJ/d}$)的关系可表示为:

$$F = 0.0196C + 0.0342 \quad (n = 18, r^2 = 0.6359, p < 0.01)$$

2.4 氮排泄

梭鱼的氨氮、尿素、总氮和能量的排泄率随摄食水平的增加而增加,可用如下回归方程表示:

$$U = a + bC$$

式中, U 为氨氮、尿素氮和总氮的排泄率(mgN/d)或排泄能(J/d), C 为摄食率(g/d), a 和 b 是回归方程的系数。各参数的估计值见表5。

表 5 梭鱼氮排泄与摄食率回归关系系数

Tab. 5 Coefficients relating rates of nitrogen excretion to food consumption for mullet *Liza haematocheila*

依变量	$a \pm s. e.$	$b \pm s. e.$	N	r^2
氮氮(mgN/d)	1.36±0.56	29.95±5.01	24	0.645
尿素氮(mgN/d)	0.48±0.21	9.08±1.94	24	0.647
排泄能(kJ/d)	952.74±150.21	44.82±17.73	24	0.646
总氮(mgN/d)	1.84±0.73	39.03±6.52	24	0.522

2.5 能量收支

表 6 列出了不同摄食水平下梭鱼的能量收支。梭鱼排粪能(F)随摄食水平的增加而减少,其值占摄食能的比例变幅为 4.41%—14.90%,平均为 8.48%;氮排泄(U)随摄食水平的增加而减少,其值占摄食能比例变幅为 11.18%—20.30%,平均为 15.74%;标准代谢耗能(R_s)随摄食水平的增加而减少,其值占摄食能比例变幅为 4.28%—28.03%,平均为 11.23%;摄食代谢耗能(R_f)随摄食水平的增加而减少,其值占摄食能比例变幅为 42.77%—63.76%,平均为 45.24%;生长能(G)占摄食能比例变化范围较大,变幅为 26.99%—37.35%,平均为 19.32%,有随摄食水平增加而增加的趋势。

在最大摄食水平上,梭鱼能量收支模式为:

$$100C = 4.41F + 11.18U + 47.06R + 37.35G$$

表 6 摄食水平对梭鱼能量收支的影响

Tab. 6 Effect of ration size on the energy budget of the mullet *Liza haematocheila*

摄食水平(%)	C (kJ/d)	F/C (%)	U/C (%)	R/C (%)	R_s/C (%)	R_f/C (%)	G/C (%)
1	3.48±0.36	14.90±0.65	20.30±0.34	91.80±2.35	28.03±0.48	63.76±2.51	26.99±2.36
2	6.61±0.44	11.48±0.81	18.36±0.06	60.15±0.76	14.12±0.16	46.04±0.82	10.00±1.48
3	8.88±0.54	9.19±1.11	16.83±0.30	47.87±1.49	9.58±0.09	38.30±1.40	26.10±0.73
4	13.19±1.95	6.43±0.64	16.58±0.18	44.88±1.03	7.08±0.17	37.79±1.07	32.11±0.76
饱食	20.13±2.65	4.41±0.73	11.18±2.17	47.06±2.86	4.28±0.40	42.77±2.88	37.35±0.96

3 讨论

3.1 生长

Malloy 等(1994)对夏鲮(*Paralichthys dentatus*)个体生长与摄食关系的研究结果表明,在低温(10℃)时两者关系为线性,在高温时则为曲线关系(温度范围 10—16℃)。其实验饵料为冰冻糠虾肉,蛋白质含量高达 67.9%,较高的蛋白质和能量含量导致高摄食水平时饵料利用率降低,低温时摄食量较少,表现不明显;当温度升高时,摄食量增加,高摄食水平时饵料利用率明显降低,生长—摄食出现曲线关系。另外,随饵料种类而异,草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)和鲟(*Acipenser transmontanus*)也有相似的经验关系(Cui et al, 1994, 1996)。本研究结果表明,以湿重、干重、蛋白质和能量的特定生长率与摄食率水平间呈显著线性关系。

3.2 转化效率

摄食水平对鱼类生理生态特征影响的另一方面, 则为用于鱼体生长占总摄入量的比例, 即转化效率。沙丁鱼(*Sardinops caerulea*) 仔鱼总转化效率最高, 为 75%—80% (Lasker, 1962); 银大麻哈鱼(*Oncorhynchus kisutch*) 稚鱼在 8—14℃摄食活幼虫的总转化效率为 55% (Averett, 1969)¹⁾; 丽鱼(*Etrplns suratensis*) 幼鱼在 28℃摄食寡毛纲类的总转化效率为 52% (Wareen *et al.*, 1967); 鲭(*Pneumatophorus japonicus*) 幼鱼摄食碎鱼肉时的总转化效率为 60% (Hatanaka *et al.*, 1956), 多数鱼类一般在 10%—25% 之间 (Welch, 1968)。在最大摄食水平上, 以干物质、蛋白质和能量表示梭鱼转换效率分别为 16.73%、21.66% 和 37.55%, 明显低于早期发育阶段的生物个体转换效率指标。可见, 摄食水平对机体生化成分的影响作用, 与鱼的种类、摄食饵料及发育阶段密切相关。

3.3 排粪与吸收效率

不同食性的鱼类, 其吸收效率差异较大。肉食性鱼类的吸收效率较高, 一般为 68%—99% (Beamish, 1972; 谢小军等, 1993); 草食性鱼类, 由于食物中含有大量不能消化的成分, 其吸收效率较低, 一般在 22%—87% (Cui *et al.*, 1994)。本研究中, 梭鱼作为碎屑、植物食性鱼类, 其幼鱼偏动物食性, 能量平均吸收效率为 91.53%, 但它低于肉食性鱼类转化效率的上限, 高于一般的草食性鱼类。

关于摄食水平与吸收效率的关系, 文献报道的结论并不一致。有的研究结果表明, 吸收效率随摄食水平而增加 (Xie *et al.*, 1997); 有的报道认为吸收效率不受摄食水平的影响 (Beamish, 1972; Cui *et al.*, 1994); 还有一些学者认为, 吸收效率随摄食水平的增加而降低 (Elliott, 1976)。本研究结果表明, 梭鱼的吸收效率随摄食水平的增加而增加。文献报道的吸收效率与摄食水平间关系的差异, 可能反映了种间差异、实验饵料成分、残饵和粪便收集方法不同等。Flowerdew 等 (1980) 采用同位素标记法, 研究鲮科鱼类 *Genimugil labrosus* 的吸收效率, 在 18℃ 时为 73.9%, 低于本研究中梭鱼温度为 24℃ 的吸收效率。

3.4 排泄

鱼类排泄能占摄食能的比例一般比较小, 该值一般在 1.2%—12% 之间。本研究中, 梭鱼氮排泄占摄食能比例变幅为 11.18%—20.30%, 平均为 15.74%。Kutty (1975) 给出另一种鲮科鱼类 *Rhinomugil corsula* 氮排泄消耗比例为 14%—15%, 与本研究梭鱼所得结果相近, 说明此类鱼的氮排泄能耗较其他鱼类要高。

3.5 能量收支 (表 7)

Brett 等 (1979) 总结前人数据结果, 得出平均能量收支方程:

$$\text{肉食性鱼类: } 100C = 27(F + U) + 44R + 29G$$

$$\text{植食性鱼类: } 100C = 42(F + U) + 37R + 20G$$

在最大摄食水平时, 梭鱼的能量分配形式为:

$$100C = 4.41F + 11.18U + 47.06R + 37.35G$$

1) Averett R C, 1969. Influence of temperature on energy and material utilization by juvenile coho salmon. Ph. D. Thesis,

可以看出与如上平均能量收支方程存在较大差异。

表 7 鱼类的能量收支参数的比较

Tab. 7 Comparison of parameters for energy budget among the species

种类	体重(g)	温度(℃)	饵料	摄食量 (kCal)	R/C (%)	G/C (%)	E/C (%)
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	12.90	22	高蛋白	129.7	58.7	26.4	14.9
	12.40	22	高碳	131.4	59.1	22.7	18.6
	13.86	22	浮萍	64.6	55.7	21.5	22.8
	1200	23	崇敬蟹	96	6.56	60.66	32.97
	41.75		莴苣	<i>Ad lib</i>	16.5	2.5	75
	97.5		颤蚓	<i>Ad lib</i>	29	29	51.5
	1.5		颤蚓	<i>Ad lib</i>	57.2	22	20.2
	48		配合饵料	维持	37.9	32.1	30
河鲈 <i>Percu fluviatilis</i>	48		配合饵料	最大	14.1	20.2	65.7
	12	14	钩虾	14.1	55.1	20.8	24.2
	12.6	14	钩虾	9.8	57.1	19.8	23.1
太阳鱼 <i>Lepomis macrochirus</i>	18.7	14	钩虾	6.8	70.3	6.1	23.6
	49.0	15	浮游幼虫	620	36.0	44.0	20.0
	92.0	20	浮游幼虫	1060	47	33	20
月鳢 <i>Channa gashua</i>	63.0	25	浮游幼虫	1213	50	30	20
	2.94	23	颤蚓	52.1	41.9	37.4	20.7
	2.94	23	沼虾	26.07	49.8	28.2	22.0
棕鲮 <i>Salmo trutta</i>	2.94	23	花	29.93	55.8	20.0	24.2
	50.10	3.8	钩虾	0.28	62.0	5.0	33.0
	50.70	9.5	钩虾	1.6	36.0	33.0	31.0
裸 鱼 <i>Histro histro</i>	50.10	15	钩虾	3.84	49.0	20.0	31.0
	50.60	17.8	钩虾	5.14	66.0	3.0	31.0
	1	7	虾	1.2	33.4	34.8	31.8
	13	7	虾	9.5	41.9	24.0	34.1
	28	7	虾	19.7	55.1	15.8	29.1

表 7 列出了 6 种鱼在不同条件下的能量分配形式。可见鱼类能量分配模式因种而异;对同一种鱼而言,由于温度、体重、饵料种类及摄食量不同,能量分配模式也存在较大差异,所以很难总结出鱼类能量收支的一般形式。Cui 等(1988)提出在一定温度范围内,最大摄食水平时的能量收支可以互相比较,前提条件是能量收支在这一温度范围内不随温度而变化,如真 (*Phoxinus phoxinus*) (5—15℃) 和南方鲶 (*Silurus meridionalis*) (20—30℃)。其他鱼类如梭鱼是否存在这一普遍现象,有待进一步研究。

参 考 文 献

- 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
- 朱晓鸣, 解绶启, 崔奕波等, 2001. 摄食水平和性别对稀有 鲫生长和能量收支的影响. 海洋与湖沼, 32(1): 34—41
- 朱鑫华, 1995. 生物能学模型在海洋鱼类种群生态学中的应用. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学研究. 北京: 科学出版社, 190—199
- 朱鑫华, 杨纪明, 唐启升, 1996. 渤海鱼类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 27(1): 6—13
- 李明德, 王秀玲, 吕宪禹, 1997. 梭鱼. 北京: 海洋出版社, 1—59
- 谢小军, 孙儒泳, 1993. 南方鲶的排粪率及消化率同日粮水平、体重和温度的关系. 海洋与湖沼, 24(6): 627—633
- Beamish F W H, 1972. Ration size and digestion in largemouth bass, *Micropterus salmoides* Lacepede. Can J Zool, 50: 153—164
- 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
- Cui Y, Chen S, Wang S, 1994. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp, *Ctenopharygodon idella* V. Aquaculture, 123: 95—107
- Cui Y, Hung S O, Zhu X, 1996. Effect of ration and body size in the energy budget of juvenile white sturgeon. J Fish Biol, 49: 863—876
- 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. Pattern of energy allocation in the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L). (Pisces: Cyprinidae). Funct Ecol, 2: 57—62
- Elliott J M, 1976. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to body weight, water temperature and ration size. J Anim Ecol, 45: 923—948
- Elliott J M, Davidson W, 1975. Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics. Oecologia, 19: 195—201
- Flowerdew M W, Groves D J, 1980. An energy budget for Juvenile thick-lipped mullet, *Grenimugil labrosus* (Risso). J Fish Biol, 17: 395—410
- Hatanaka M, Takahashi M, 1956. Utilization of food by mackerel *Pneumatophorus japonicus*. Tohoku J Agric Res, 7: 51—57
- Jobling M, 1994. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall, 93—205
- Kutty M N, 1975. Ammonia quotient in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). J Fish Res Bd Can, 35: 1003—1005
- Lasker R, 1962. Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine *Sardinops caerulea* (Girard). J Fish Res Bd Can, 19: 867—875
- Malloy K D, Targett T E, 1994. Effect of ration limitation and low temperature on growth, biochemical condition, and survival of juvenile summer flounder from two Atlantic coast nurseries. Trans Am Fish Soc, 123: 182—193
- Warren C E, Davis G E, 1967. Laboratory Studies on the Feeding Bioenergetics and Growth of Fishes. In: Gerking S D ed. The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 175—214
- Welch H E, 1968. Relationships between assimilation efficiencies and growth efficiencies for aquatic censures. Ecology, 49: 755—759
- Xie S, Cui Y, Yang Y et al, 1997. Energy budget of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to ration size. Aquaculture, 157: 57—68

EFFECT OF RATION SIZE ON THE GROWTH AND ENERGY BUDGET OF THE MULLET *LIZA HAEMATOICHEILA* (T. ET S.)

XIAN Wei-Wei, ZHU Xin-Hua

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract Effect of ration size on growth and energy balance for the juvenile mullet, *Liza haematocheila* (T. et S.), was studied from August to December in 1999 at $(24.0 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$. The fish were fed commercial pelleted food at 6 ration sizes from starvation to maximum. A linear relationship existed between ration size and specific growth rate of the wet body weight, dry body weight, protein and energy content of the mullet, indicating that the conversion efficiency increased with ration size. The maintenance ration of the wet body weight, dry body weight, protein and energy of the mullet were 1.851, 1.853, 2.882 and 2.342, respectively. Rates of faecal production and nitrogen excretion increased with ration. At maximum ration size, energy budget equation was yielded as $100C = 4.41F + 11.18U + 47.06R + 37.35G$.

Key words *Liza haematocheila*, Ration size, Growth, Energy budget