

文章编号: 1004-7271(2000)03-0204-05

## 真鲷的生长和生态转换效率及主要影响因素

孙耀, 张波, 陈超, 于宏, 唐启升

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** \*用室内流水模拟实验法测定了真鲷的生长和生态转换效率, 及其温度、摄食水平、饵料生物种类和群居行为因素的影响。真鲷的特定生长率随温度或摄食水平升高而减速增长, 其关系分别可用公式  $SGR = 2.01 \ln T - 4.69$  ( $R^2 = 0.9881$ ) 或  $SGR = 0.97 \ln(FL) - 0.25$  ( $R^2 = 0.9984$ ) 定量描述; 而生态转换效率则随温度或摄食水平增大而增至一峰值, 然后随其进一步增加而降低, 其关系分别可用二次曲线  $E_g = -0.17T^2 + 7.19T - 54.06$  ( $R^2 = 0.9945$ ) 或  $E_g = -1.10FL^2 + 10.16FL + 5.54$  ( $R^2 = 0.9995$ ) 定量描述, 且依据上述公式可分别求得实验条件下的最佳生长温度为  $20.8^\circ\text{C}$ , 维持摄食量和最佳摄食量分别为真鲷体重的  $1.29\%$  和  $4.60\%$ 。真鲷的群居性和摄食小型鱼类饵料, 有利于加速其生长速度, 却对生态转换效率无显著影响。

**关键词:** 生长; 生态转换效率; 真鲷

**中图分类号:** S965.3      **文献标识码:** A

## Growth and ecological conversion efficiency of red sea bream (*Pagrosomus major*) and mainly affecting factors

SUN Yao, ZHANG Bo, CHEN Chao, YU Hong, TANG Qi-sheng

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** It was determined by running-water simulating experiment in laboratory about special growth rate (SGR) and ecological conversion efficiency ( $E_g$ ) of red sea bream (*Pagrosomus major*) and effect of some factors on them, such as temperature, ration, food species and social behavior. SGR of the fish increased with rise of temperature or ration. Their quantity relation could be described as  $SGR = 2.01 \ln T - 4.69$  ( $R^2 = 0.9881$ ) or  $SGR = 0.97 \ln(FL) - 0.25$  ( $R^2 = 0.9984$ ). Ecological conversion efficiency gradually decreased after increasing to a peak value with their rise. Their quantity relation could be described as  $E_g = -0.17T^2 + 7.19T - 54.06$  ( $R^2 = 0.9945$ ) or  $E_g = -1.10FL^2 + 10.16FL + 5.54$  ( $R^2 = 0.9995$ ). According to the above formula, they could be calculated that optimum growth temperature was  $20.8^\circ\text{C}$ , and maintenance ration and optimum ration were respectively  $1.29\%$  and  $4.60\%$  of the body weight. The growth could be quickened by its social behavior and taking in small-sized fish, but ecological conversion efficiency did not.

**Key words:** growth; ecological conversion efficiency; *Pagrosomus major*

鱼类的摄食量、生长量和生态转换效率均为其生物能量学的基本参数, 也是定量研究海洋生态系统食物网营养动力学的基础; 但迄今为止, 该类研究尚主要集中在淡水鱼类方面, 而对海水经济鱼类的研

收稿日期: 2000-05-23

基金项目: 国家自然科学基金重大项目“渤海生态系统动力学及生物资源持续利用”(497901001)

作者简介: 孙耀(1956-), 男, 山东省青岛市人, 研究员, 从事海洋生态与环境科学研究。

究尚较少见<sup>[1, 2]</sup>, 显然, 这种研究现状难以满足我国业已启动的海洋生态系统动力学研究的需要。另外, 真鲷(*Pagrosomus major*)是名贵海水养殖鱼种, 通过生长和生态转换效率及其主要影响因素的研究, 也将为我国海水鱼类增殖潜力和效果分析提供基础资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料来源与驯养

研究中所采用真鲷, 系本所麦岛试验基地人工培育苗种在浅海网箱中养成。实验用真鲷经浓度为 2~4mg/L 氯霉素溶液处理后, 置于室内水泥池中进行预备性驯养, 待摄食和生长趋于正常后, 再将其置于试验水槽中, 在实验所要求的各种条件下(如温度、密度、摄食水平和饵料种类等)进行正式驯养, 待其摄食和生长再一次趋于正常后, 开始生长和生态转换率模拟测定实验。一般预备性驯化时间在 15~20d 之间, 正式驯化时间在 7~10d 之间。

### 1.2 实验装置和方法

实验采用室内流水模拟测定法, 其装置见图 1。实验水槽内流水速率的调节, 以槽内水体中 DO、NH<sub>4</sub>-N、批 pH 值和盐度等化学指标与自然海水无显著差别为准, 一般水交换量 > 6m<sup>3</sup>/d; 实验海水经沉淀和沙滤处理。实验中采用自然光照周期, 经遮光处理后的实验最大光强为 250lx。

为使数据具有可比性, 除摄食水平(FL)实验外, 其它实验数据均在最大摄食水平的条件下测得。

温度、摄食水平、饵料种类实验均采用体重在 25.6~54.9g 之间的当年鱼, 实验在 0.15m<sup>3</sup> 玻璃钢水槽中进行, 每个测定条件下设 5 个平行组, 每组中实验个体数 5 尾; 为观察真鲷群居行为对其生长和生态转化效率的影响程度, 还设置了具有较大群体数量的比较实验组(1.0m<sup>3</sup>, 50 尾)。温度实验利用本地区 8 月至 11 月气温的自然降低及海水温度变化所表现出的相对稳定性, 在自然水温下进行。实验中各摄食水平的确定, 是按实验前 5d 预实验结果计算并投喂后, 经实际实验结果校正得到的。饵料均采用去头和内脏的玉筋鱼段, 其大小以实验鱼易于吞食为准开始收集残饵; 由于残饵被海水浸泡后有较大幅度的增重, 故本文中残饵湿重是其干重经鲜饵料含水量校正后的结果。真鲷及饵料生物的生化组成中, 比能值是采用能量计直接测定, 总氮与总碳是采用元素分析仪测定, 其它则按《食品卫生理化检验方法》(GB/T 5009-1996)进行测定。

鱼类的生态转换效率(E<sub>g</sub>)和特定生长率(SGR)分别按以下公式计算:

$$E_g(\%) = (G_d/C_d) \times 100 \quad SGR(\%) = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100$$

式中, G<sub>d</sub> 为实验期间真鲷体重的日平均增长量, C<sub>d</sub> 为实验期间真鲷的日平均摄食量, 该值经实测饵料流失率校正后得到; W<sub>t</sub> 为真鲷的实验后重量, W<sub>0</sub> 为真鲷的实验前重量, t 为实验时间。

## 2 结果

### 2.1 真鲷及饵料生物的生化组成

数据见表 1。

### 2.2 温度对真鲷生长及生态转换效率的影响

在本实验温度范围内, 真鲷的特定生长率随温度上升而增大, 其与温度之间的关系可以用对数曲

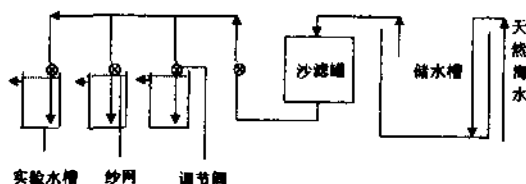


图 1 室内流水模拟测定装置

Fig.1 Setting of continuous-flow simulating determination in laboratory

线加以定量描述,即  $SGR = 2.0111T - 4.69$  ( $R^2 = 0.9881, P < 0.01$ );真鲷的生态转换效率在较低温度时也随温度上升而增大,至约  $20.8^{\circ}C$  时达到峰值后,随温度的继续上升而逐渐下降,其与温度之间的关系则可用二次曲线  $Eg = -0.17T^2 + 7.19T - 54.06$  ( $R^2 = 0.9945, P < 0.01$ )加以定量描述(见图 2)。且经统计学检验结果表明,该特定生长率及生态转换效率与温度之间的定量关系呈显著相关。

表 1 真鲷及饵料生物的生化组成

Tab.1 Biochemical composition of *Pagrosomus major* and feed organisms

生物种类	水分 (%)	总氮 (W.W., %)	总碳 (W.W., %)	蛋白质 (W.W., %)	脂肪 (W.W., %)	灰分 (W.W., %)	比能值 (kJ/gD.W.)
真鲷	68.74	7.99	49.95	49.94	31.72	14.86	1.40
玉筋鱼	69.79	9.17	47.73	57.31	16.80	12.48	1.27
鹰爪糙对虾	81.20	11.16	41.34	69.75	3.09	16.23	1.17

注:生物取样部位是,真鲷为全鱼、玉筋鱼去头与内脏、鹰爪糙对虾去头与壳。

### 2.3 摄食水平对真鲷生长及生态转换效率的影响

本节实验在  $(19.4 \pm 0.44)^{\circ}C$  下进行,实验中所采用的真鲷体重为  $(37.66 \pm 6.08)g$ ,该条件下真鲷最大摄食量为其体重的  $(7.26 \pm 1.03)\%$ 。真鲷的特定生长率及生态转换效率随摄食水平的变化趋势,与崔奕波和吴登<sup>[7]</sup>对真鲷的实验结果相同,其生态转换效率随摄食水平增大而增至一峰值,然后随摄食水平的进一步增加而降低(见图 3);生态转换效率与摄食水平之间的关系也可用二次曲线  $Eg = -1.10 FL^2 + 10.16FL + 5.54$  ( $R^2 = 0.9995, P < 0.01$ )加以定量描述, $Eg$  的峰值出现在其体重的  $4.60\%$  处,约为真鲷最大摄食量的  $63\%$ ;其特定生长率也随摄食水平的上升而减速增大,二者之间的定量关系也可以用对数曲线加以定量描述,即  $SGR = 0.97 \ln(FL) - 0.25$  ( $R^2 = 0.9984, P < 0.01$ )。

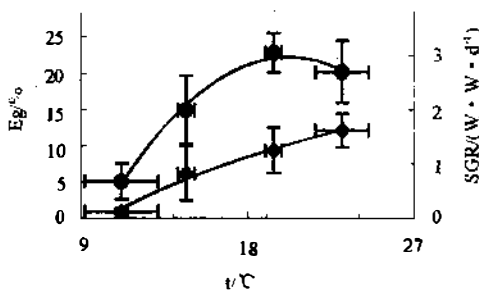


图 2 真鲷的 SGR 及  $Eg$  与温度的关系

Fig.2 Relation of red sea bream's SGR or  $Eg$  with temperature

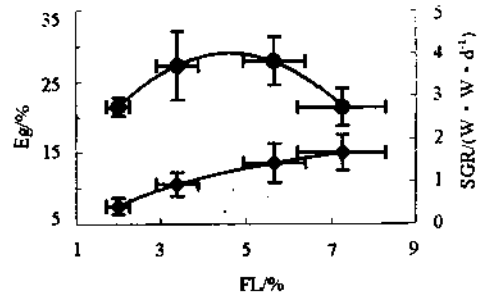


图 3 真鲷的 SGR 及  $Eg$  与摄食水平的关系

Fig.3 Relation of red sea bream's SGR or  $Eg$  with ration

### 2.4 饵料生物种类对真鲷生长及生态转换效率的影响

对分别以玉筋鱼和鹰爪糙对虾为饵料生物的两组实验进行  $t$  检验,其结果表明,当以玉筋鱼为饵料时,真鲷的特定生长速率显著大于鹰爪糙对虾;以湿重为参数计算得到的两组生态转换效率同样有显著性差异,但考虑到上述两种饵料生物体内含水量显著不同,难免对生态转换效率的计算结果带来偏差,因此,又以比能值为参数重新进行了计算,结果表明,分

表 2 摄食不同饵料生物时真鲷的特定生长率及生态转换效率

Tab.2 Effect of different feed organisms on SGR and  $Eg$  of *Pagrosomus major*

计算指标	SGR(% B.W./d)		$Eg$ (%)	
	玉筋鱼	鹰爪糙对虾	玉筋鱼	鹰爪糙对虾
湿重	$1.67 \pm 0.32$	$1.17 \pm 0.28$	$21.23 \pm 2.65$	$14.51 \pm 3.21$
	d.f. = 8, $0.01 < P < 0.05$		d.f. = 8, $P < 0.01$	
比能值	$1.67 \pm 0.32$	$1.17 \pm 0.28$	$26.30 \pm 2.93$	$28.92 \pm 6.56$
	d.f. = 8, $0.01 < P < 0.05$		d.f. = 8, $P > 0.05$	

别以玉筋鱼和鹰爪糙对虾为饵料生物时, 用比能值所算得的真鲷生态转换效率无显著性差异(见表2)。

## 2.5 群居行为对真鲷生长及生态转换效率的影响

在自然生态环境中, 真鲷有显著的群居性。从表3可见, 真鲷的群居行为, 能显著的增快其生长速率, 但对其生态转换效率却无显著影响。

表3 群居行为对真鲷特定生长率及生态转换效率的影响  
Tab.3 Effect of social behavior on SGR and Eg of *Pagrosomus major*

SGR (B.W./d, %)		Eg (%)	
5尾/组, 无群居性	50尾/组, 有显著群居性	5尾/组, 无群居性	50尾/组, 有显著群居性
0.82 ± 0.40	1.43 ± 0.21	13.89 ± 4.77	13.71 ± 2.84
d.f. = 6, 0.01 < P < 0.05		d.f. = 6, P < 0.05	

## 3 讨论与结语

对一些淡水鱼种的研究结果表明: ①在适宜温度内及摄食不受限制时, 鱼类生长率随温度上升而增大<sup>[3-6]</sup>; 且其特定生长率与温度之间的关系可以用对数曲线  $SGR = a \cdot \ln T - b$  加以定量描述<sup>[6]</sup>。●在相同温度下, 鱼类生长率与摄食水平的关系为一减速增长曲线<sup>[7, 8]</sup>。本研究结果进一步证明, 真鲷的生长与温度或摄食水平之间也符合上述关系; 由于真鲷是一种常见的海洋经济鱼种, 在浅海中下层肉食性鱼类中有着较为广泛的代表性, 可以推测, 上述模式也应适合于一些生态特征与真鲷相似的近岸性海洋鱼类。

由于真鲷具有越冬回游的特性, 故其适温能力较差<sup>[9]</sup>, 本实验温度基本概括了其在中国北部沿海生态环境中的适温范围。在该温度范围内, 如单从真鲷生长速率来讲, 温度越高越有利于其生长, 但如同时考虑到真鲷与饵料生物之间的能量转换, 其最适生长温度似应为 20.8℃左右, 因该温度下除其生长速度较快外, 生态转换效率也达到最大。

所谓维持摄食量是使得鱼体重能维持不变的摄食水平, 而最佳摄食量则是使生长率与摄食率之比为最大的摄食水平。依据本文“2.3节”中所得公式  $SGR = 0.97 \ln(FL) - 0.25$  ( $R^2 = 0.9984$ ), 如令式中  $SGR = 0$ , 则可求得实验温度 ( $19.4 \pm 0.44$ )℃与体重 ( $37.66 \pm 6.08$ )g 下真鲷的维持摄食量为其体重的 1.29%; 依据公式  $Eg = -1.10FL^2 + 10.16FL + 5.54$  ( $R^2 = 0.9995$ ), 求出  $Eg$  值为最大时的  $FL$  值, 即为同样温度与体重下真鲷的最佳摄食量 (4.60%), 约是其最大摄食量的 63%。

杨纪明与郭新如<sup>[10]</sup>和李军等<sup>[11]</sup>测定了6种海洋鱼种的摄食、生长和生态转换效率及其不同饵料生物的影响, 得到与本研究结果相同的结论, 认为作为饵料生物玉筋鱼较巢沙蚕、火枪乌贼等更有利于实验鱼种的生长; 其欠缺之处在于采用可比性较差的湿重为参数, 计算和比较了不同饵料生物对鱼类生长转换效率的影响。本研究结果表明, 尽管以湿重为计算参数时, 也得到摄食不同饵料生物使得真鲷生态转换效率显著不同之结果, 但用比能值计算和比较上述生态转换效率却无显著性差异。

真鲷的群居性和摄食小型鱼类饵料, 虽有利于加速其生长速度, 却不能影响相同条件下测得的生态转换效率。如该结果能普遍适用于海洋鱼类, 无疑将大大简化高营养层次的营养动力学研究。但该结果是否还适应于其它海洋鱼种, 尚有待于进一步的研究和验证。

### 参考文献:

- [1] 王 瑛. 海、淡水鱼类能量收支的比较综述[J]. 海洋湖沼通报, 1998, 3: 64 - 68.
- [2] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369 - 383.
- [3] Allen J R M, Wootton R J. The effect of ration and temperature on growth of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* (L.) [J]. J Fish Biol, 1982, 20: 409 - 422.
- [4] Brett J R, Shelburne J E, Shoop C T. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to

- temperature and ration size[J]. *J Fish Res Bd Can*, 1969, 26: 2363-2394
- [5] Cui Y, Wootton R J. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus Phoxinus* (L.): the effect of ration and temperature on growth rate efficiency [J]. *J Fish Biol*, 1988, 33: 763-773.
- [6] 崔奕波. 温度对草鱼能量收支的影响[J]. *海洋与湖沼*, 1995, 26(2):169-174.
- [7] 崔奕波, J R 吴登. 真鲈(*Phoxinus Phoxinus* (L.)) 的能量收支各组分与摄食量、体重及温度的关系[J]. *水生生物学报*, 1990, 14(3): 193-204.
- [8] Brett J R, Groves T D D. *Physiological energetics*[A]. *Fish Physiology*[M]. London: Academic Press, 1979, 8, 279-675.
- [9] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民, 等. 渤海鱼类种类组成及数量分布[J]. *海洋水产研究*, 1988, 9: 11-89.
- [10] 杨纪明, 郭新如. 石鲮和皱唇鲨生态生长效率的研究[J]. *水产学报*, 1987, 9(3): 251-253.
- [11] 李 军, 杨纪明, 庞鸿艳. 5种海鱼的生态生长效率研究[J]. *海洋科学*, 1995, 3: 52-54

## 欢迎订阅 2001 年《海洋与湖沼》

《海洋与湖沼》是由中国海洋湖沼学会主办、中国科学院海洋研究所承办的海洋湖沼科技领域的综合性学术刊物,于1957年创刊。现任主编为中国科学院院士、中国海洋湖沼学会理事长秦蕴珊研究员。《海洋与湖沼》主要刊载国家自然科学基金资助项目、国家重大攻关项目、各部委基金资助项目的研究成果,论文内容涉及水圈范围内的物理学、化学、地质学、环境学、生物学等学科及其分支学科的研究报告、研究简报、高新技术、学术争鸣等栏目。

本刊为双月刊,16开,国内外公开发行人。每期定价:12.00元。国内统一刊号:CN37-1149;国际标准刊号:ISSN 0029-814X。国内邮发代号:2-421;国外发行代号:BM69。读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款到编辑部订阅。

编辑部地址:青岛市南海路7号, 邮编:266071。

联系电话:(0532)2879062 转 2528, 传真:(0532)2870882。

E-mail: bsun@ms.qdio.ac.cn