

低温对条纹锯鲷生长及能量收支的影响

徐涛¹, 马 姓¹, 王志军², 王成刚²

(1. 中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 山东省海洋工程研究院, 山东 青岛 266071)

摘要:在实验室条件下研究条纹锯鲷(*Centropristis striata*)在 9, 13, 17, 21 ℃ 条件下的摄食生长和能量收支。结果表明, 9 ℃ 时鱼体表现为负增长, 生长能为 $-1124.1 \text{ kJ} \pm 20.8 \text{ kJ}$, 13 ℃ 时鱼体生长能为 $510.3 \text{ kJ} \pm 8.1 \text{ kJ}$, 在实验温度的范围内, 随着温度的升高, 生长逐渐加快, 21 ℃ 仍为生长的适宜温度。条纹锯鲷生长的补偿温度在 9~13 ℃ 之间。生长能和呼吸能的变化主导实验鱼的能量收支模式。温度对鱼体的蛋白质质量分数影响显著 ($P < 0.05$), 脂肪的质量分数在 9 ℃ 时最高, 13 ℃ 时最低, 然后随着温度升高而逐渐加大, 水分和灰分的质量分数随温度的变化没有呈现出明显的规律。

关键词:条纹锯鲷(*Centropristis striata*); 能量收支; 生长; 水温

中图分类号: Q493.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)04-0009-04

条纹锯鲷(*Centropristis striata*)是美国大西洋沿岸三种重要的经济锯鲷类之一, 条纹锯鲷俗称美洲黑石斑, 是适合北方养殖的石斑鱼品种。目前, 国内对此鱼的基础研究尚属空白; 国外做过此鱼食物种类、投喂频率的探讨^[1], 利用微生物膜处理条纹锯鲷养殖用水的研究^[2], 控光对条纹锯鲷产卵的研究^[3], 条纹锯鲷幼鱼在美国新泽西湾的活动习性研究^[4], 以及美国商务部^[5]等多家单位对此鱼的生活史及栖息地的特点做了详细的调查。此鱼营养价值高、肉味鲜美、可食比高, 尤其适合网箱养殖, 且有望成为中国一新的养殖品种。根据中国北方冬季生产的具体特点, 作者研究了低温对条纹锯鲷摄食生长和能量收支的影响。探讨了低温状态下摄食、排粪、排泄、代谢、生长等能量收支各组成部分之间的关系, 以期条纹锯鲷在中国的推广养殖提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 材料来源及驯化

条纹锯鲷取自山东科合海洋高技术有限公司, 均为健康活泼个体。体长为 $15 \text{ cm} \pm 3.6 \text{ cm}$, 体质量 $30.66 \text{ g} \pm 1.56 \text{ g}$ 。实验鱼在 300 L 的孵化桶中暂养 7 d, 驯化期间每天投饵两次(早 8:00, 下午 4:30), 投饵后 3 h 清除残饵及粪便。

1.1.2 实验管理

条纹锯鲷在实验容器中暂养 7 d, 然后以 2~3 ℃/d 的速率分别调至实验温度 9, 13, 17, 21 ℃, 达到

预定温度后, 稳定 7 d, 暂养期间正常投喂。采用 MODEL-500 控温器控温, 温差保持在 ± 0.5 ℃ 以内。实验用水为经充分曝气的地下水, 实验期间所用的海水盐度保持在 30 左右, pH 在 7.4 左右, 溶解氧(DO) 7 mg/L 以上。每天分别在早晨 8:30、下午 4:30 定时投喂, 每次投喂过量弹涂鱼块(能量: $16.64 \text{ kJ/g} \pm 0.12 \text{ kJ/g}$; 蛋白质量分数: $64.87\% \pm 1.21\%$; 脂肪质量分数: $4.5\% \pm 1.25\%$; 水分质量分数: $77.15\% \pm 2.34\%$; 灰分质量分数: $14.58\% \pm 0.45\%$)。光照周期 L:D = 14 h:10 h。实验在流水的状态下进行。

1.2 实验设计

1.2.1 实验设计

实验设 4 个温度处理, 分别为 9, 13, 17, 21 ℃, 每个处理设 3 个平行, 每个实验单元放养 15 尾。达到实验预定的温度后适应 7 d 开始实验。实验开始前先将鱼饥饿 1 d, 然后准确称体质量, 称体质量时将鱼放在盛满水的烧杯中, 称量后再减去烧杯和海水的重量即为鱼的体质量。实验开始的同时留取 4 条鱼进行初始成分测定。摄食量是投喂量经残饵量与损失率进行校正所得, 并在投喂后 3 h 内收集残饵和粪

收稿日期: 2006-11-24; 修回日期: 2006-01-17

基金项目: 国家科技攻关计划项目(2004BA526B09)

作者简介: 徐涛(1978-), 男, 山东威海人, 硕士, 主要从事养殖生态研究, E-mail: xutao20042003@yahoo.com.cn; 马姓, 通讯作者, 电话: 0532-82032041, E-mail: mashen@ouc.edu.cn

便,并在下一次投喂前再收集一次粪便。实验周期为 20 d。实验结束后,每个实验单元取 2 条实验鱼进行成分测定。

1.2.2 样品测定

对实验初始鱼、实验结束鱼在不同温度处理下的粪便分别取样,70 的条件下烘干,磨碎以测定其水分、蛋白、脂肪、能量、灰分。氮的质量分数用元素分析仪进行测定、脂肪的质量分数用索式抽提法进行测定、灰分的质量分数采用马福炉在 550 的条件下灼烧 4 h 后测定、能量是样品经 70 烘干后采用 Parr 1281 型氧弹仪进行测定。

1.3 结果计算

特定生长率 $R_{SG} = [(\ln W_t - \ln W_0) / t] \times 100\%$,其中 W_0 为实验鱼的初始湿质量, W_t 为试验结束后鱼体湿质量, t 为实验天数。

能量收支公式: $C = F + U + G + A_{SD} + R_s + R_a$,式中 C 为从食物中摄取的能量(摄食能)、 F 为排粪损失的能量(排粪能)、 U 为氮排泄过程中损失的能量(排泄能)、 G 为储存于鱼体中的能量(生长能)、 A_{SD} 为特殊动力作用、 R_s 为标准代谢、 R_a 为活动代谢、 R 为总代谢能, $R = A_{SD} + R_s + R_a$ 。 $C =$ 摄入食物总干物质的含量 \times 食物的能量值; $G =$ (实验结束时鱼体总干物质质量 - 实验开始时鱼体总干物质质量) \times 鱼体的能值; $U = (C_N - G_N - F_N) \times 24.830$; R 根据能量收支方程 $R = C - F - U - G$ 计算得出。

每一样品均测定 2 次,取其平均值作为实验结果。试验数据采用 SPSS10.0 for windows 进行方差分析和 Duncan 多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性水平。

2 结果

2.1 水温对条纹锯鲷生长的影响

实验结果如图 1 所示。在本实验所设的温度 (T) 范围内,条纹锯鲷的 R_{SG} 与温度呈线性关系,在 9 时 R_{SG} 表现为负值,随着温度的升高, R_{SG} 也随之增大。21 仍为条纹锯鲷生长的适宜温度。方差分析表明,温度对条纹锯鲷 R_{SG} 影响显著 ($P < 0.05$)。

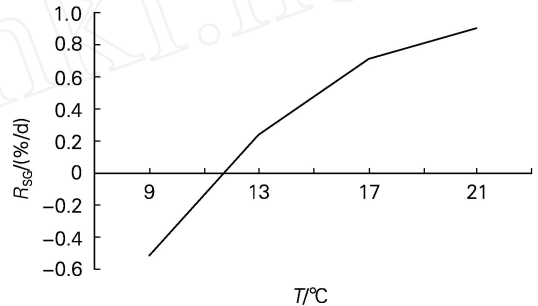


图 1 T 与 R_{SG} 之间的关系

Fig. 1 The relationship between the temperature and R_{SG}

2.2 水温对条纹锯鲷能量收支的影响

从表 1 中可以看出:摄食能随温度的升高而增大,以 9 时最低 (577.8 kJ \pm 8.9 kJ), 21 时最高 (5 708.2 kJ \pm 11.6 kJ), 各温度间差异显著 ($P < 0.05$), 生长能与粪能的情况与摄食能相似。尿能随着温度升高而加大,但 17 与 21 的差异不显著 ($P > 0.05$), 代谢能在 9 ~ 13 之间未见显著变化 ($P > 0.05$), 在 13 ~ 17 之间代谢能加大, 17 ~ 21 代谢能降低, 二者差异显著 ($P < 0.05$), 代谢能占摄食能的比例以 9 最高, 而后随着温度的升高逐渐降低, 在 21 时最小。生长能占摄食能的比例随温度升高逐步加大, 17 与 21 差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 1 不同水温下条纹锯鲷能量收支各组分能值

Tab. 1 Energy allocation in black sea bass under different temperatures

温度 ()	C (kJ)	G (kJ)	F (kJ)	U (kJ)	R (kJ)	R/C (%)	G/C (%)
9	577.8 \pm 8.9 ^a	- 1 124.1 \pm 20.8 ^a	3.8 \pm 0.1 ^a	182.3 \pm 4 ^a	1515.8 \pm 21.5 ^a	262.4 \pm 11.6 ^a	- 194.6 \pm 11.1 ^a
13	2 232.3 \pm 16.1 ^b	510.3 \pm 8.1 ^b	12.8 \pm 0.5 ^b	314.3 \pm 13.6 ^b	1 394.9 \pm 19.8 ^a	62.5 \pm 1.9 ^b	22.9 \pm 1.6 ^b
17	5 384.1 \pm 6.3 ^c	1 642.8 \pm 9.5 ^c	19.6 \pm 0.4 ^c	687.9 \pm 2.1 ^c	3 033.7 \pm 4.5 ^b	56.4 \pm 0.7 ^b	30.5 \pm 0.7 ^c
21	5 708.2 \pm 11.6 ^d	2 239.2 \pm 13.5 ^d	40.5 \pm 0.9 ^d	690.3 \pm 6.4 ^c	2 738.7 \pm 14.2 ^c	47.9 \pm 2.7 ^b	39.2 \pm 3.3 ^c

注:表中不同字母表示差异性显著(表 2 同)

2.3 水温对条纹锯鳊鱼体生化组成的影响

从表 2 可以看出:实验鱼体水分的质量分数在 9 与 21 差异不显著 ($P>0.05$),17 与 21 差异也不显著 ($P>0.05$),13 时水分质量分数最高,蛋白质的质量分数随温度升高而逐渐增大,各温度之

间差异显著 ($P<0.05$),脂肪质量分数在 9、21 差异不显著,13 与 17 差异不显著,灰分 9 与 17 差异不显著 ($P>0.05$),13 与 21 差异不显著 ($P>0.05$)。

表 2 不同水温下鱼体的生化组成

Tab.2 The chemical composition of experimental fish under different temperatures

温度 ()	水分质量分数 (%)	蛋白质质量分数 (%)	脂肪质量分数 (%)	灰分质量分数 (%)
9	66.2 ±0.32 ^a	48.3 ±0.3 ^a	34.82 ±0.25 ^a	14.9 ±0.09 ^a
13	67.8 ±0.2 ^b	51.37 ±0.02 ^b	31.59 ±0.27 ^b	16.6 ±0.17 ^b
17	66.7 ±0.11 ^c	53.58 ±0.56 ^c	31.7 ±0.16 ^b	15.4 ±0.11 ^a
21	66.5 ±0.08 ^{ac}	56.46 ±0.02 ^d	32.01 ±0.19 ^a	16.5 ±0.48 ^b

3 讨论

3.1 温度与条纹锯鳊生长的关系

温度是影响鱼体生命活动的重要环境因子,它直接影响鱼体的新陈代谢,在鱼适应的温度范围内,随着温度的升高,鱼体新陈代谢加快, R_{SG} 、最大摄食率、最大摄食量都随之增加。本实验低温设为 9,主要是考虑到条纹锯鳊在北方越冬的问题,旨在探讨其维持正常生长的温度低限。从本实验中可以看出:实验鱼在 9 时 R_{SG} 为负值,代谢能、生长能分别占摄食能的百分比为 262.4% ±11.6%, -194.6% ±11.1%,这说明在此温度条件下,条纹锯鳊不但消耗从食物中摄取的能量而且还消耗自身的营养物质来抵御外界的低温胁迫,造成鱼体消瘦,这与我们在生产实践中所遇到的情况是一致的。当温度升高到 13 时,代谢能、生长能分别占摄食能的百分比为 62.5% ±1.9%, 22.9% ±1.6%。这说明条纹锯鳊补偿生长温度在 9~13 之间,而在 17~21 的温度范围内,用于生长的能量明显地增大,这可能是在此温度范围内实验鱼新陈代谢加快,摄取的食物较多且在适宜的温度范围内,温度对鱼消化率的作用方向与温度一致^[6]的原因。在 21 时,食物能损失于排粪能的比例加大,排泄能相对减少,这是因为条纹锯鳊有边进食边排便的习性,由于温度升高,摄食速度加快,体内部分食物未经充分消化而排出体外,引起排粪能上升,排泄能下降^[7]。在 21 的条件下代谢能占摄食能的比例小于 17 且 21 时生长能占摄食能的比例高于 17,二者差异显著 ($P<0.05$),说明 21 仍为条纹锯鳊生长的适宜温度。

3.2 温度对鱼体生化组分的影响

由表 2 中可以看出:温度对实验鱼体的水分的质量分数、灰分的质量分数没有明显的影响,这与对花尾胡椒鲷的研究结果相似^[8]。本实验中脂肪的质量分数在 9 时达到最大,这可能是条纹锯鳊在 9 时需要热量来抵御外界的低温胁迫,13 时最低,而后随着水温的升高而逐步增大,这是因为本实验所设的温度均在其适宜的温度范围内,在适宜的温度范围内,随着温度的升高,鱼体摄食量增加,外界环境对其胁迫小,鱼体只需消耗较少的能量来适应外界环境,而剩下的能量用于生长。蛋白质的质量分数在适宜的温度范围内,随着水温的升高逐渐加大。这与对刺刺幼鱼在适温范围内的研究结果相一致^[7]。

3.3 温度对条纹锯鳊能量收支各组分含量的影响

鱼类能量学的中心问题是阐明能量收支各组分之间的定量关系,以及生态因子对这些关系的作用,探讨鱼类调节能量分配的生理生态学机制^[9]。在对真鲈的研究发现:真鲈在食物不受限制时,能量分配在 5~15 之间没有变化,提出在非极端温度条件下,摄食不受限制条件下,能量收支各组分比例不受温度影响,在温度对草鱼能量收支的影响研究中得到同样的结论^[10]。由表 1 可以看出:在本实验所设的温度范围内,能量收支各组分的量随温度的升高都呈上升的趋势,这可能是因为本实验的所设的最高温度,没有超出条纹锯鳊的适温范围,这与当温度低于最适温度时,同化的能量分给生长的能量也是逐渐增加^[11]的观点相一致。 G/C 与温度呈正相关关系; R/C 与温度呈负相关关系,这说明在适宜的温度条

件下,食物产生的能量用来生长的比例逐渐增大,用于代谢的能量逐渐降低。本实验由于条件所限,并没有找出条纹锯鲷生长的最适生长温度,这还需要在后续的实验继续探讨。

参考文献:

[1] Charles F C, Randal L W. Comparison of four commercial diets and three feeding rates for Black Seabass *Centropristis striata*, fingerling [J]. **Journal of Applied Aquaculture**, 2004, 16(3): 385-394.

[2] Judith B, Richard L, Michael S, et al. A waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled water mariculture [J]. **Aquacultural Engineering**, 2004, 31: 73-82.

[3] Rachel A, Howell D L, Berlinsky, et al. The effect of photoperiod on the reproduction of black sea bass, *Centropristis striata* [J]. **Aquaculture**, 2003, 218: 651-669.

[4] Kenneth W, Able L, Stanton H. Movement of juvenile Black sea bass *Centropristis striata* in a southern New Jersey estuary [J]. **Journal of Experimental Biology and Ecology**, 1997, 213: 153-167.

[5] U. S. Department of Commerce. Black sea bass, *Centropristis striata*, life habitat characteristics [R]. America: Department of Commerce, 1999.

[6] Xie XJ, SUN R Y. The faecal production and digestibility of the Southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen), in relation to ration level, body weight and temperature [J]. **Oceanol Limnol Sin**, 1993, 24(6): 627-632.

[7] 邱炜滔. 温度对倒刺耙幼鱼能量收支的影响[D]. 广州:暨南大学, 2004.

[8] 王瑁. 花尾胡椒鲷幼鱼生物能量学[D]. 福建:厦门大学, 1999.

[9] 谢小军, 孙儒泳. 鱼类特殊动力研究进展[J]. 水生生物学报, 1991, 15(1): 82-90.

[10] 崔奕波, 陈少莲, 王少梅. 温度对草鱼能量收支的影响[J]. 海洋与湖沼, 1995, 6(2): 169-173.

[11] 孙儒泳, 张玉书. 温度对罗非鱼生长的影响[J]. 生态学报, 1982, 2(2): 181-188.

The influence of low temperature on the growth and energy budget of *Centropristis striata*

XU Tao¹, MA Shen¹, WANG Zhi-jun², WANG Cheng-gang²

(1. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;
2. the Institute of Marine Project of Shandong Province, Qingdao 266003, China)

Received: Nov. 24, 2006

Key words: black sea bass (*Centropristis striata*); energy budget; growth; water temperature

Abstract: In the laboratory, under the condition of flowing water, we study the growth, chemical composition and energy budget of the black sea bass (*Centropristis striata*), we designed four different water temperatures 9, 13, 17, 21, each treatment had three replicates. The result showed: at 9, special growth ratio (R_{SG}) was minus, the growth energy was $-1124.1 \text{ kJ} \pm 20.8 \text{ kJ}$, at 13 the growth energy was $510.3 \text{ kJ} \pm 8.1 \text{ kJ}$. So the compensation temperature was between 9 ~ 13. 21 was still a suitable temperature for black sea bass to grow. Respiration energy and growth energy dominate the energy allocation pattern. There was no obvious relationship between water temperature, the content of water and ash of the experimental fish, but water temperature had a significant effect on the content of protein ($P < 0.05$), lipid at 9 > 21 > 17 > 13.

(本文编辑:刘珊珊)