

鳊和乌鳢最适温度的研究

刘家寿^{1,2} 崔奕波¹ 刘建康¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072 2. 水利部、中国科学院水库渔业研究所, 武汉 430079)

摘要: 研究了体重 47.2—540.2g 的鳊和 45.0—546.2g 的乌鳢的最适摄食和生长温度。结果表明, 鳊的最大摄食率随温度的上升而增大, 在 25—35℃ 之间形成“最适温度平台”; 低温(10—25℃)时, 乌鳢的最大摄食率随温度的上升而增加, 在 25—30℃ 之间形成“最适温度平台”, 之后随温度的增加而下降; 鳊的特定生长率随温度的增加而加快, 在 25—35℃ 形成“最适温度平台”; 乌鳢的特定生长率受体重和温度的交互影响。

关键词: 最适温度; 鳊; 乌鳢

中图分类号: S965 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2002)05-0433-05

水温是影响鱼类摄食和生长的一个重要环境因子。一般来说, 在一定的温度范围内, 鱼类的最大摄食率和生长率随温度的升高而增加; 当温度高于一临界值(最适温度)时, 摄食率和生长率随温度的增加而下降。研究不同大小的鱼类的最适温度在实践中具有重要的意义。在名贵鱼类工厂化养殖实践中, 多采用控温养殖。根据不同大小的鱼类的最适温度来调节鱼池的相应水温, 可以起到节省开支、提高生长效率的结果。在鱼类生态学研究, 也可利用研究得出的最适温度来预测鱼类种群在天然水体中的分布^[1], 因为许多鱼类的喜好温度(Temperature preferanda)常常就是其最适温度^[2,3]。关于鱼类的最适温度, 许多学者习惯于用一峰值来表示^[4-9], 但也有学者发现在一定温度范围内, 鱼类的最大摄食率和生长率并无显著差异^[10-13]。

鳊和乌鳢是我国重要的经济鱼类。本文的目的是研究不同体重的鳊和乌鳢的最适摄食和生长温度, 并对鱼类最适温度的表示方法作一探讨。

1 材料与方法

本研究于 1996 年 3 月至 1997 年 2 月在室内 20 个循环水玻璃钢水族箱中进行。水族箱上部为圆柱型, 下部为圆锥型, 直径 80cm, 水体容积为 300L。水族箱与一体积为 50L 的装有沸石的过滤器相连。水族箱中的水通过一气泵使之循环, 水流量约为 600mL/s。气

收稿日期: 2001-07-21; 修订日期: 2002-01-18

基金项目: 国家自然科学基金(No. 39625006 和 39670575); 国家“九五”科技攻关项目(9600802-02); 中国科学院重大 A 项目(No. KZ95FAF102)资助

作者简介: 刘家寿(1963—), 男, 湖北省鄂州市人; 博士, 研究员; 主要从事渔业生态学和水产养殖学研究。Email: jsliu@public.wh.hb.cn

泵还兼有增氧的功能, 每天 24h 运转。实验过程中通过活性炭过滤器不断给水族箱补充去氯后的自来水, 补水率约为 200mL/s。实验期间, 水中溶氧保持在 5mg/L 以上, pH 约为 6.8。水族箱中的水温通过加热器和控温仪控制。光照周期为 12L: 12D, 光周期为 08: 00 至 20: 00, 瞬时开断。

实验用鳊 [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)] 来源于湖北省浮桥河水库网箱养殖场, 乌鳢 [*Channa argus* (cantor)] 来源于武汉市大东门市场。至少在实验前 4 周将实验鱼转入水族箱中驯化, 并饱食投喂鲜活的泥鳅, 每日清除粪便 2 次。实验前, 将水温逐步升至实验所要求的温度, 水温的日升幅不超过 2℃。鱼至少在此温度下再驯化 1 周后才开始实验。共分 10、15、20、25、30 和 35℃ 6 个温度组。水温的日变幅控制在 ±0.5℃。实验用鳊的体重范围为 47.22—540.15g, 乌鳢的体重范围为 45.03—546.15g。实验开始时, 先将驯化好的不同体重的实验鱼饥饿 48h 后称重, 称量精度为 0.01g。每个实验温度选用鳊和乌鳢各 10 尾, 随机置于水族箱中, 每箱 1 尾。随后用鲜活的泥鳅饲喂饱足。每日于 08: 00—08: 30 称取过量的饥饿 1—3d 后的饵料鱼投喂, 24h 后捞起剩余的饵料鱼称重。各温度下的实验时间均为 21d。实验结束时, 将实验鱼饥饿 48h 后依前述方法称重。

最大摄食率用 g/d 表示, 生长率用鱼体湿重的特定生长率 (%/d) 表示。特定生长率的计算公式是:

$$SGR = 100 \times (\ln W_t - \ln W_i) / t$$

式中 SGR 为鱼体湿重的特定生长率 (%/d), W_t 和 W_i 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 (= 21d)。

统计分析和数据作图所采用的软件均是 STATITICA 5.0, 最大摄食率或生长率与体重的关系采用回归分析的方法, 温度对上述关系的影响采用协方差分析的方法, 不同温度间最大摄食率或生长率的差异用邓肯氏新复极差法 (Duncan's procedure) 进行多重比较。

2 结果

2.1 鳊和乌鳢的最适摄食温度

用最大摄食率 (C_{max} , g/d) 作依变量、平均体重 (W , g) 作自变量, 回归分析表明, 在各个实验温度条件下, 鳊的最大摄食率与体重的关系均可用 $\ln C_{max} = a + b \ln W$ 来表示^[9]。协方差分析表明, 温度对该方程的斜率无显著影响 ($F = 0.26, d.f. = 5, 48, P = 0.93$), 但对截距有显著影响 ($F = 109.8, d.f. = 5, 53, P < 0.001$)。将体重校正为一标准体重, 对此体重下最大摄食率和温度作图显示, 当温度从 10℃ 升高到 25℃ 时, 鳊的最大摄食率显著增大, 但在 25—35℃ 之间, 最大摄食率的差异则不明显 (图 1)。多重比较进一步表明 25—35℃ 之间最大摄食率的校正平均数之间亦无

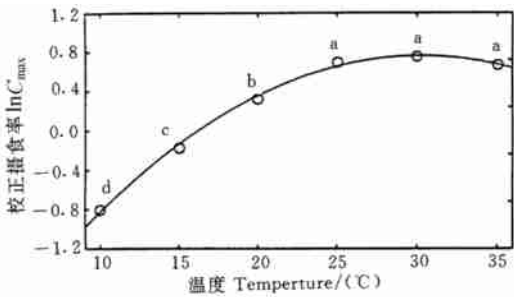


图 1 鳊校正最大摄食率 (C_{max} , g/d) 与水温的关系 (图中不同的字母表示校正最大摄食率间有显著差异)
Fig. 1 Relationship between adjusted mean rate of maximum food consumption (C_{max} , g/d) and temperature for the mandarin fish (*S. chuatsi*). Letters indicate results of multiple comparisons (Duncan's procedure). Values that do not share a common letter are significantly different from each other ($P < 0.05$)

显著差异。

在各个实验温度条件下, 乌鳢的最大摄食率与体重的关系也可用 $\ln C_{\max} = a + b \ln W$ 来表示, 但 10℃ 时, 两尾乌鳢未摄食。为便于计算, 回归分析时这两尾鱼的数据未包括在内^[9]。协方差分析说明, 温度对该方程的斜率无显著影响 ($F = 0.85, d.f. = 5, 46, P = 0.52$), 但对截距有显著影响 ($F = 74.8, d.f. = 5, 51, P < 0.001$)。将体重校正为一标准体重, 对此体重下最大摄食率和温度作图显示, 当温度从 10℃ 升高到 20℃ 时, 乌鳢的最大摄食率显著增大, 在 25—30℃ 之间达到高峰, 在 35℃ 时则显著下降(图 2)。多重比较进一步表明 25—30℃ 之间乌鳢最大摄食率的校正平均数之间亦无显著差异(图 2)。

2.2 鳊和乌鳢的最适生长温度

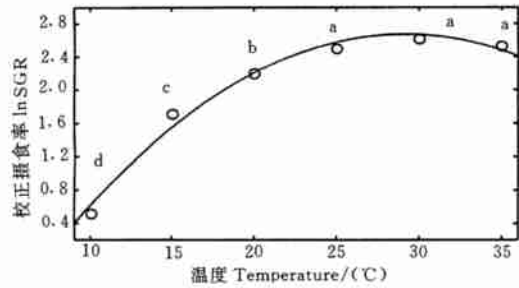


图 3 鳊校正特定生长率 (SGR, %/d) 与水温的关系 (图中不同的字母表示校正特定生长率间有显著差异)
Fig. 3 Relationship between adjusted mean specific growth rate (SGR, %/d) and temperature for the mandarin fish *Siniperca chuatsi*. Letters indicate results of multiple comparisons (Duncan's procedure). Values that do not share a common letter are significantly different from each other! ($P < 0.05$)

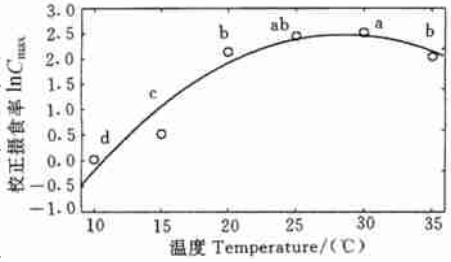


图 2 乌鳢校正最大摄食率 ($C_{\max}$, g/d) 与水温的关系 (图中不同的字母表示校正最大摄食率间有显著差异)
Fig. 2 Relationship between adjusted mean rate of maximum food consumption ($C_{\max}$, g/d) and temperature for the northern snakehead (*C. argus*). Letters indicate results of multiple comparisons (Duncan's procedure). Values that do not share a common letter are significantly different from each other ($P < 0.05$)

用特定生长率 (SGR, %/d) 作依变量、平均体重 (W , g) 作自变量, 回归分析表明, 在各个实验温度下, 鳊的特定生长率与体重的关系均可用 $\ln (SGR + 0.25) = a + b \ln W$ 来表示^[9]。协方差分析表明: 温度对鳊特定生长率和体重关系的斜率 (体重指数 b) 没有显著影响 ($F = 1.53, d.f. = 5, 48, P = 0.20$), 但对截距有显著影响 ($F = 65.80, d.f. = 5, 53, P < 0.001$)。将体重校正为标准体重后, 鳊平均特定生长率与水温的关系作于图 3。从图 3 可以看出, 在 10—25℃ 之间, 鳊的特定生长率随温度的上升而增大, 而在 25—35℃ 之间则无明显变化。多重比较的结果进一步显示

25—35℃ 之间特定生长率的校正平均数没有显著差异 ($P > 0.05$)。

各个实验温度下乌鳢的特定生长率与体重的回归关系亦可用 $\ln (SGR + 0.25) = a + b \ln W$ 来表示^[9]。协方差分析表明: 温度对乌鳢特定生长率与体重关系的斜率 (体重指数 b) 有显著影响 ($F = 2.79, d.f. = 5, 48, P = 0.03$), 说明体重和温度对乌鳢的特定生长率具有交互影响。

3 讨论

在一定的温度范围内, 鱼类的摄食率和生长率随温度的升高而增大。当水温超过最适水温时, 鱼类的摄食率和生长率反而会下降^[14]。本研究所使用的温度范围较广, 从 10℃ 到 35℃。35℃ 几乎是长江中下游水体中所能见到的最高温度^[15]。水温对乌鳢生长

的影响与一般鱼类的研究结果相一致。但鳊在 35℃ 时的生长未见明显减慢, 这说明鳊的最适生长温度可能会更广。因此, 关于更高的温度对鳊生长的影响还需进一步的研究。

关于鱼类的最适摄食和生长温度, 许多学者作过研究。最适摄食温度或由实验直接测得, 或通过最大摄食率与温度关系的回归方程间接推算, 最适温度多表示为一个温度点^[4-9, 16, 17]。在多数研究中, 由于缺乏不同温度条件下的摄食或生长差异的数理统计分析, 因而难以判断这一最适温度点是否是惟一的。本研究发现, 当水温由 10℃ 增加到 25℃ 时, 鳊的最大摄食率和特定生长率显著增加 ($P < 0.05$), 但 25℃、30℃ 和 35℃ 的最大摄食率和特定生长率没有显著差异 ($P > 0.05$)。最大摄食率与温度关系及特定生长率与温度关系的曲线几乎是渐近曲线(图 1 和图 3)。乌鳢在 25—30℃ 之间的最大摄食率亦无显著差异 ($P > 0.05$)。这些结果说明鳊和乌鳢的最适温度是一个温度区域, 而不是一个温度点。在其他鱼类中也发现过类似的现象。无眉 (*Lipophrys pholis*) 在 16—26℃ 之间, 副 (*Parablennius sanguinolentus*) 在 20—30℃ 之间, 虾虎鱼 (*Gobius cobitis*) 在 25—30℃ 之间, 其最大摄食率均无显著差异^[10]。大菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 的最大摄食率和生长率在 17—20℃ 之间无显著差异^[11]。Imsland 等^[18] 也报道, 体重 25—75g 的大菱鲂的最适生长温度在 16—19℃ 之间, 体重 100g 左右的大菱鲂的最适生长温度在 13—16℃ 之间。石斑鱼 (*Epinephelus striatus*) 的最大摄食率和生长率在 28—31℃ 之间无显著差异^[12]。北极红点鲑 (*Salvelinus alpinus*) 的最适生长率在 13—18℃ 之间没有显著差异^[13]。对于这些鱼类, 用“最适温度平台 (Optimum temperature platform)”这一概念来描述其最适摄食和生长温度范围也许更为准确。

由于体重和温度对乌鳢的生长具有交互影响, 其最适生长温度可用多元回归方程推算出来^[9], 但在本研究中不能确定在较高温度时其生长率是否有差异。不同体重组的乌鳢生长与温度的关系仍需进一步研究。

参考文献:

- [1] Bryan J D, Kelsch S W, Neil W H. The maximum power principle in behavioural thermoregulation by fishes[J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1990, **119**: 611—621
- [2] Hill D K, Magnuson J J. Potential effects of global climate warming on the growth and prey consumption of Great Lakes fish [J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1990, **119**: 265—275
- [3] Gadomski D M, Caddell S M. Effects of temperature on early life history stages of California halibut *Paralichthys californicus* [J]. *Fish. Bull.*, 1991, **89**: 567—576
- [4] 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): 111—188
- [5] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的最大摄食率及其与体重和水温的关系[J]. *生态学报*, 1992, **12**(3): 226—231
- [6] Buckel J A, Steinberg N D, Conover D O. Effects of temperature, salinity, and fish size on growth and consumption of juvenile bluefish [J]. *J. Fish. Biol.*, 1995, **47**: 696—706
- [7] Clapp D F, Wahl D H. Comparison of food consumption, growth, and metabolism among Muskellunge: an investigation of population differentiation [J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1996, **125**: 402—410
- [8] Björnsson B, Tryggvadóttir S V. Effect of size on optimal temperature for growth and growth efficiency of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. *Aquaculture*, 1996, **142**: 33—42
- [9] Liu J, Cui Y, Liu J. Food consumption and growth of two piscivorous fishes, the mandarin fish and the Chinese snakehead [J]. *J. Fish. Biol.*, 1998, **53**: 1071—1083

- [10] Hom M H, Gibson R N. Effects of temperature on the food processing of three species of seaweed eating fishes from European coastal waters[J]. *J. Fish Biol.*, 1990, **37**: 237—247
- [11] Burel B, Person Le Ruyet J, Gaumet F, et al. Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot[J]. *J. Fish Biol.*, 1996, **49**: 678—692
- [12] Ellis C S, Watanabe W O, Ellis E P. Temperature effects on feed utilization and growth of postsettlement stage Nassau grouper [J]. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 1997, **126**: 309—315
- [13] Larsson S, Berglund I. Growth and food consumption of 0+ Arctic charr fed pelleted or natural food at six different temperatures[J]. *J. Fish Biol.*, 1998, **52**: 230—242
- [14] 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
- [15] 曾祥宗. 长江水系渔业资源[M]. 北京: 海洋出版社, 1990
- [16] Conover D O, Present T M C. Countergradient variation in growth rate: compensation for length of growing season among Atlantic silverside from different latitudes[J]. *Oecologia*, 1990, **83**: 316—324
- [17] Phillip D P, Whitt G S. Survival and growth of northern, Florida, and reciprocal F₁ hybrid largemouth bass in central Illinois [J]. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1991, **120**: 58—64
- [18] Imsland A K, Sunde L M, Folkvord A, et al. The interaction of temperature and fish size of juvenile turbot[J]. *J. Fish Biol.*, 1996, **49**: 926—940

THE OPTIMUM TEMPERATURES FOR THE MANDARIN FISH(*SINIPERCA CHUATSI*) AND THE NORTHERN SNAKEHEAD(*CHANNA ARGUS*)

LIU Jia-shou^{1,2}, CUI Yi-bo¹ and LIU Jia-rong¹

(1 Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;

2 Institute of Reservoir Fisheries, The Chinese Ministry of Water Resources and the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079)

Abstract: Studies on the optimum temperatures for food consumption and growth in the mandarin fish [*Siniperca chuatsi* (Basilewsky)] weighing 47.2—540.2g and the northern snakehead [*Channa argus* (Cantor)] weighing 45.0—546.2g were conducted in the laboratory. The maximum rate of food consumption in the mandarin fish increased with increasing temperature, and an “optimum temperature platform” was formed between 25—35℃. At lower temperatures (10—25℃), the maximum rate of food consumption in the northern snakehead increased with increasing temperature and an “optimum temperature platform” was formed between 25—30℃. A further increase in temperature led to decreased rates of food consumption. The specific growth rate in the mandarin fish increased with increasing temperature, and an “optimum temperature platform” was formed between 25—35℃. The specific growth rate in the northern snakehead was interacted both by body weight and temperature.

Key words: Optimum temperature; *Siniperca chuatsi*; *Channa argus*