

施氏鲟幼鱼摄食和生长的最适水温

李大鹏^{1,2,3}, 庄平^{2,3}, 严安生¹, 章龙珍^{2,3}

(1. 华中农业大学水产学院, 湖北武汉 430070; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 3. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北荆州 434000)

摘要: 实验用施氏鲟 (*Acipenser schrenckii* Brandt) 幼鱼为黑龙江捕获的野生亲本经人工繁殖、培育所得, 8月龄, 体长 (32.63 ± 1.80) cm, 实验周期 35 d。实验设计了4个水温处理组, 实验水温分别为 17℃、20℃、23℃和 26℃, 实验观察到, 生活在不同水温环境中的幼鱼表现出不同的生长特性, 养殖在 23℃ 温度环境中的施氏鲟幼鱼的生长速度显著高于其他处理组幼鱼, 水温对施氏鲟的特定生长率 (SGR)、日增重 (DWG)、食物转化率 (FCR) 和摄食率 (FR) 有着显著的影响。这些参数与水温 (T) 之间的相关关系可用二次回归曲线来描述, 生长率与水温的回归方程式为: $SGR = -12.933 + 1.418T + (-0.033)T^2$, 摄食率与水温的关系式为: $FR = -5.324 + 0.719T + (-0.016)T^2$ 。根据回归方程, 求得施氏鲟幼鱼的最适生长水温为 21.53℃, 最大摄食率的水温为 22.33℃。结论认为, 施氏鲟在水温 17~26℃ 都可摄食生长, 但在 20℃ 时最适宜; 同时证实, 施氏鲟最适生长温度要低于其最适摄食温度。

关键词: 施氏鲟幼鱼; 温度; 生长率; 摄食率

中图分类号: Q959.463 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2005)03-0294-06

温度作为控制因子 (Controlling factor), 主要对鱼类代谢反应速率起控制作用, 影响其生理生化进程, 如食物摄入量^[1]、维持需求^[2]、代谢率和蛋白质的合成率^[3-4], 从而成为影响鱼类活动和生长的重要环境变量。鱼类的生长一般都会对温度表现出强烈的依赖性。最大生长率往往出现在比较狭窄的水温范围内, 偏离最适水温会使鱼类的生长率下降。偏离适温的低温中的鱼类生长减慢可能主要缘于因摄食率下降而引起的能量摄入减少^[5]; 而偏离适温的高温中的鱼类生长减慢则可能是因为维持代谢升高而造成的^[6]。

鲟鱼类是淡水中出现的个体最大的鱼类, 为目前地球上最古老和最原始的辐鳍鱼类之一, 它在研究生物的进化史上有着重要的地位, 具有极高的研究价值和经济价值^[7]。联合国华盛顿公约 (CITES) 已将全世界野生鲟鱼认定为濒临绝种的保护动物。一些主要产鲟国家都开展了鲟鱼的自然保护活动和与之相协调的人工养殖行为^[8]。施氏鲟 (*Acipenser schrenckii* Brandt) 隶属于鲟形目、鲟科、鲟属, 主要

分布于黑龙江流域, 是中国鲟鱼养殖的主要品种之一。在人工养殖条件下, 养殖者通常采用控温的方法保持比较恒定的适宜水温来促进养殖鱼类的生长。在鲟鱼的规模化养殖中, 通常也采取控温的方法来维持鲟鱼较大的生长率。而水温的变化对鲟鱼的生长有着明显的影响作用^[9-10]。因此研究水温对施氏鲟摄食和生长的影响, 对于提高施氏鲟的人工养殖效益和明确其生长和摄食与温度的关系具有重要作用。

1 材料与方法

1.1 实验材料和设施

施氏鲟为从黑龙江捕获的野生亲本经人工繁殖、培育所得。实验前, 施氏鲟在中国水产科学研究院长江水产研究所 (湖北荆州) 窑湾实验养殖基地进行人工驯养, 养殖用水采用曝气地下水, 水温 (18 ± 1) ℃, 溶氧 (5.5 ± 0.5) mg/L, pH 7.6 ± 0.1 。实验开始时, 施氏鲟为 8 月龄, 体长 (BL) (32.63 ± 1.80) cm, 体重 (BW) (117.80 ± 16.82) g。实验水

收稿日期: 2004-05-31; 修订日期: 2004-09-27。

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目 (2004AA603110); 国家“十五”重点科技攻关计划资助项目 (2001BA50510511); 国家自然科学基金 (39870126); 华中农业大学科技创新基金 (52204-03072; 52204-03015)。

作者简介: 李大鹏 (1975-), 男, 博士, 从事鱼类生态生理学研究。

通讯作者: 庄平, Tel: 021-55530921, E-mail: pbhuang@online.sh.cn

族箱为玻璃缸,规格为150 cm×90 cm×70 cm,水深为50 cm,实验用水为曝气48 h的自来水。在实验室内进行,光照周期为16 L:8 D,最高光强为3 200 lx。实验期间,各实验水族箱内的水温由控温仪(WMZK-01,上海)控制,温度波动±0.2℃,池水不间断循环过滤,保证水质清洁及各水层水温一致,利用增氧机保证各组的溶氧水平一致,并维持在DO (5.5±0.2) mg/L, pH 7.6±0.1;每3天换水1次,换水量为总容积的40%,换水前后温差小于0.5℃。

1.2 实验设计

实验设计4个温度处理组,水温分别为17℃、20℃、23℃、26℃,每组放养10尾施氏鲟幼鱼,每组设4个重复。将健康施氏鲟从养殖水体中选出实验水族箱,开始时各实验箱的水温与幼鱼原生活温度一致,然后按每6小时1℃速率升温至实验温度,使各组实验鱼适应7 d后开始正式实验。实验期间,每隔10~15天测量1次体长、全长、体高、体宽和体重,测量时用125 mg/L的MS-222将鱼快速麻醉;实验期间投喂实验室配置的人工配合饲料,饲料配方参照庄平的方法^[11],投喂量为每天体重(BW/d)的3%,观察并记录每天的摄食情况,及时取出残余饲料,70℃烘干12 h计算重量,以此来校正实际摄食量。实验时间为35 d。

1.3 数据处理

施氏鲟的生长用特定生长率(SGR)和日增重(DWG)来表示,即 $SGR = 100(\ln W_2 - \ln W_1)/(t_2 - t_1)$; $DWG = (W_2 - W_1)/(t_2 - t_1)$ 。实验期间,每隔10~15天测量1次施氏鲟的身体数据,并求出此时

期的SGR和DWG。摄食率(Feeding Ratio, FR)的计算公式为, $FR = 200F/[(W_2 + W_1)n(t_2 - t_1)]$ 。食物转化率(Food conversion ratio, FCR)即饵料系数,用摄食总量与鱼体增重之比来表示,即:

$$FCR = F/[n(W_2 - W_1)]$$

式中, W_1 、 W_2 为时间 t_1 、 t_2 时的平均体重(g), L 为体长(m), F 为食物总摄入量(g), n 为实验个体数量。

实验数据通过STATISTICA (Version 6.0)统计软件(StatSoft, Inc.)进行处理分析,利用方差分析(One-Way ANOVA)来检验温度对生长和摄食的影响的显著性,用最小显著极差法(LSD)进行多重比较,运用一般线性模型(GLM)、一般回归模型(GRM)和非线性估计对实验中的各种变量进行回归统计和相关分析, $P < 0.05$ 为显著性水平, $P < 0.01$ 为极显著水平。

2 结果与分析

2.1 最适生长水温

方差分析结果表明,水温对施氏鲟幼鱼的SGR有着显著性影响($P = 0.044$);也对DWG有着极显著的影响($P < 0.01$)。实验初期(0~15 d),20℃处理组的DWG最大,26℃处理组的DWG最小,并且要显著地低于其他各处理组;随着实验时间的延长,23℃处理组的生长越来越具有优势,26℃组中的幼鱼在实验中后期(16~35 d)生长较前期迅速,但其最终体重小于其他各组。多重比较表明,生活在23℃组中的施氏鲟的最终体重、DWG、SGR都显著地高于其他处理组(表1和图1)。

表1 不同温度处理组中的施氏鲟幼鱼生长情况

Tab.1 Growth of juvenile *Acipenser schrenckii* cultured at different temperatures

项目 Item	水温 Water temperature			
	17℃	20℃	23℃	26℃
初始体重/g Initial BW	118.86±15.76 ^a	117.72±21.38 ^a	118.3±14.13 ^a	116.58±15.79 ^a
初始体长/cm Initial BL	32.22±0.53 ^a	32.68±1.90 ^a	32.94±1.64 ^a	32.62±2.42 ^a
最终体重/g Final BW	213.52±37.41 ^a	244.46±39.38 ^{ab}	269.44±39.38 ^b	204.30±42.06 ^a
最终体长/cm Final BL	38.54±1.70 ^a	41.88±2.20 ^b	42.18±1.47 ^b	37.96±1.30 ^a
SGR/%	1.81±0.47 ^a	2.15±0.16 ^a	2.67±0.56 ^b	1.91±0.94 ^a
DWG/(g·d ⁻¹)	2.70±0.65 ^a	3.62±0.58 ^b	4.32±0.33 ^b	2.50±0.79 ^a
FR/% (BW per day)	2.26±0.03 ^a	2.57±0.02 ^b	2.74±0.04 ^b	2.47±0.02 ^a
FCR	1.38±0.01 ^a	1.25±0.03 ^a	1.18±0.05 ^b	1.53±0.08 ^a

注:同一行中参数上方字母不同代表有显著性差异($P < 0.05$),相同则无显著性差异($P > 0.05$)。

Note: The different letters on the parameters in one row mean significant differences ($P < 0.05$); the same ones mean no significant differences ($P > 0.05$).

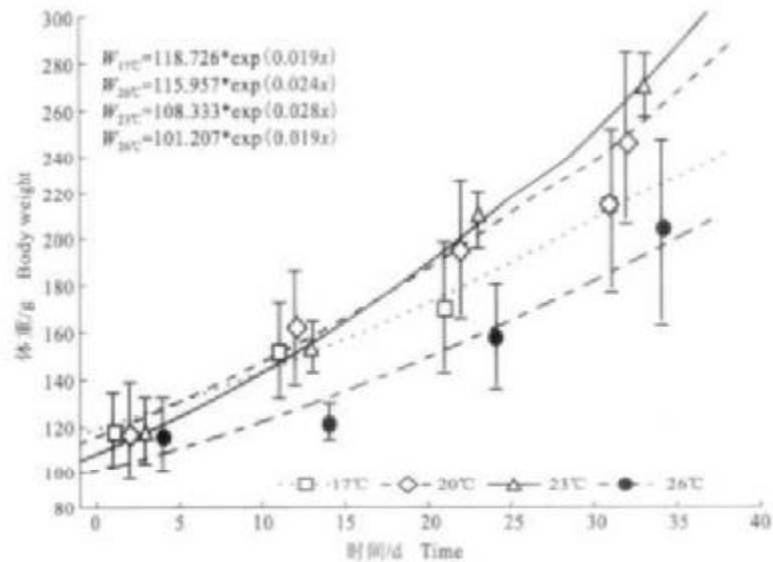


图1 不同水温环境中的施氏鲟幼鱼体重生长情况

Fig.1 Body weight of young *Acipenser schrenckii* under different water temperature treatments

利用二次方程拟合 SGR 和温度(T)的回归曲线(图 2)得出回归方程: $SGR = (-12.93) + (1.418)T + (-0.033)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9081$), 求得 SGR 最大时的水温为 21.53°C 。

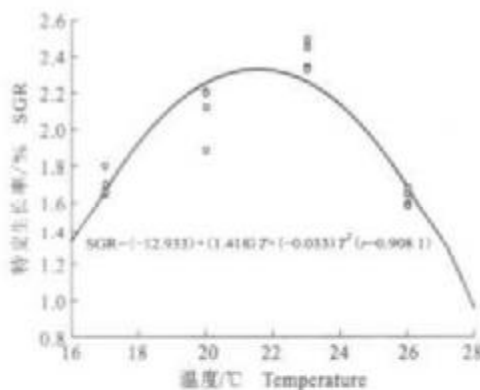


图2 施氏鲟幼鱼特定生长率与水温之间的相关曲线

Fig.2 Correlation between water temperature and SGR in young *Acipenser schrenckii*

2.2 摄食率和食物转化率

各组幼鱼的摄食量因温度的不同而发生变化, 20°C 和 23°C 处理组的幼鱼摄食率显著大于其他组, 生活在 26°C 处理组中的幼鱼在实验初期食欲较差, 随后保持较旺盛的食欲。温度对摄食率有着极显著的影响($P < 0.01$) (表 1), 摄食率(FR)与温度

之间的相关性可用二次方程拟合得出回归曲线(图 3): $FR = (-5.324) + (0.719)T + (-0.016)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9707$), 求得最大摄食率的水温为 22.33°C 。

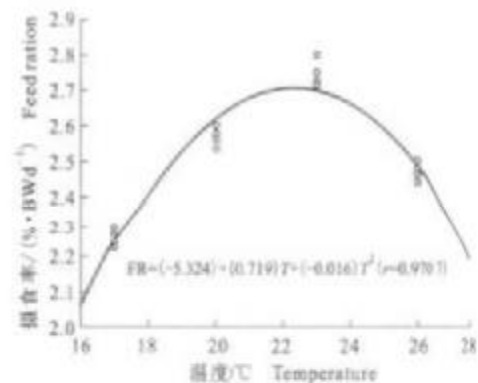


图3 施氏鲟幼鱼摄食率与水温之间的相关曲线

Fig.3 Correlation between water temperature and feeding ration of young *Acipenser schrenckii*

方差分析结果表明, 水温对 FCR 有着极显著的影响($P < 0.01$), 23°C 组的施氏鲟幼鱼的 FCR 最低(表 1)。利用二次方程拟合 FCR 和温度(T)的回归曲线(图 4)得出回归方程: $FCR = (7.111) + (-0.564)T + (0.013)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9030$), FCR 最小时的温度为 21.04°C 。

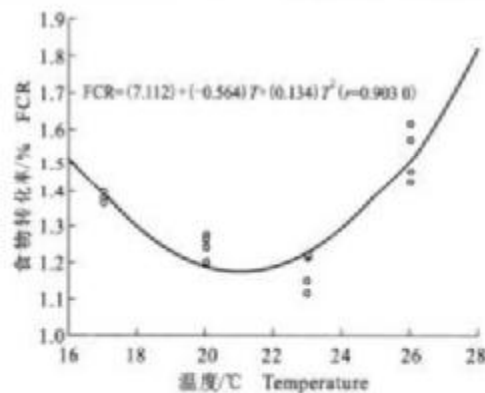


图4 施氏鲟幼鱼食物转化率与水温之间的相关曲线

Fig.4 Correlation between water temperature and FCR in young *Acipenser schrenckii*

2.3 体重与体长的相关性

根据 $W = bL^a$ 拟合得出了不同水温中的施氏鲟幼鱼体重和体长的相关式(表2)。各温度组的 a 值各不相同,除了17℃组的 a 值接近3可视为等速生长外,其余各组的生长均处于异速生长,变化的趋势是由低温向高温递进增加。

表2 不同温度条件下的施氏鲟体重—全长相关方程式
Tab.2 Body weight—total length correlation equations of juvenile *Acipenser schrenckii* cultured at different temperatures

温度/℃ Temperature	相关方程式 Correlation equation	相关系数 Coefficient of correlation (r)	概率 Probability
17	$W = 0.0030L^{3.0493}$	0.8969	$P < 0.01$
20	$W = 0.0060L^{2.8419}$	0.9638	$P < 0.01$
23	$W = 0.0023L^{3.1103}$	0.9735	$P < 0.01$
26	$W = 0.0008L^{3.4122}$	0.9006	$P < 0.01$

3 讨论

温度和食物获取量是决定鱼类生长的两个关键因子。鱼类将尽可能选择水温适宜和饵料充足的栖息地^[12-13]。但在自然条件下,鱼类不得不去适应气候和饵料丰度的周年变化,生长表现出季节性变化。在实验室研究中,通常将鱼类养殖在比较恒定的水温中以观察不同水温对其生理机能的影响,以此来推断鱼类在自然环境中的温度属性、生长特性和对气候温度变化的适应性,同时可以根据研究结果制定养殖品种的最适养殖温度。

3.1 施氏鲟对水温变化的适应及其生长的最适水温

鱼类的最适生长水温,是指在生态和营养条件

良好的情况下,鱼类生长最快、相对增重最大时的水温^[14]。鱼类的生长与温度之间的关系一般都可以用二次曲线或其他多元回归方程来表示^[15-18]。施氏鲟的生长和摄食的温度关系也遵循着二次回归曲线的规律,并且根据回归方程统计得出最大生长率温度为21.53℃。而庄平等^[9]在规模化室外养殖条件下,根据施氏鲟在变化水温中的周年生长情况进行纵向比较,推算出19.8℃是1龄施氏鲟幼鱼生长最快的水温,生长适宜温度范围为17~21℃。但是,本实验的设计是将同规格的鲟鱼养殖在不同的恒定水温处理组中进行生长的横向比较。另外,实验鱼的年龄和实验时间也不同于庄平等^[9]的实验设计。因此,实验得出的最适生长水温不同于以前的实验结果。综合以往的研究,不难看出,水温在20℃左右时比较适宜施氏鲟的生长,较高和较低的水温都不能维持其最大的生长率。但鱼类的最适生长水温并不是一个绝对的数值,它会因鱼类所处的具体环境条件不同而发生一定的波动,除了食物的因素外,光照、种群密度等因子也会与温度交互作用影响鱼类的生长^[19-20]。另外,鱼类的SGR也受体重和温度的交互影响^[21]。所以,实验条件的差异可能会造成所得出的最适水温在一定范围内的波动。就本实验结果看,施氏鲟的生长温度范围较广,至少在17~26℃之间都可摄食生长,相关的研究表明施氏鲟可在0~33℃的温度范围内存活^[22]。不过,施氏鲟的适宜生长水温与鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)等温水性鱼类的适宜生长水温相差很大^[14-15]。这些温水性鱼类的最适生长温度一般在31~33℃,而施氏鲟的最适生长水温却远低于此数值。相对而言,施氏鲟的适宜生长水温更接近于冷水性鱼类,如江鲢(*Lota lota*)^[23]、虹鳟(*Oncorhynchus idellus*)^[24]。所以,水体环境的低温调控在鲟鱼的人工养殖过程中起着至关重要的作用。

3.2 施氏鲟幼鱼生长和摄食与水温的关系

一般鱼类的生长会随着摄食量的增加而增加,当鱼类的摄食受到限制时,其生长的最适水温要低于其在饱食状态下的生长最适水温^[6]。一旦食物不是限制因子时,其生长主要受其他因子的影响。鱼类的生长率在一定温度范围内会随着水温的升高而增加。但当超过其最适水温后,生长率会下降,因为维持生长的能量需求会随着温度的升高而不断升

高,在摄入的能量中用于生长的份额会下降,食物转化效率降低^[6]。

以往的研究发现,当水温超过生长最适温度后,鱼类的摄食率虽然仍会继续增加,达到最大摄食率,但此时摄入的能量中用于鱼类生长的那部分已经开始减少,而用于维持基础代谢的能量部分却增加了,生长效率开始下降^[6]。所以,只根据鱼类摄食量的多少并不能很准确地推断出鱼类生长速度的快慢,还必须考虑鱼类食物转化效率和生长效率。本实验的结果证明了以上结论,统计得出的施氏鲟的最适生长温度要低于其最大摄食率温度,施氏鲟在达到最高摄食率时,其特定生长率却不是最高,并且统计得出的生长和摄食的最适温度相差 0.8℃。类似的结果在江鲟^[23]的研究中也得到证明,江鲟幼鱼的最大摄食温度(17.9℃)高于其最大生长水温(16.0℃)。因此,在施氏鲟的人工养殖过程中,尽量将水体环境维持在鲟鱼的适宜生活水温范围内。鱼类的代谢率随水温的升高而不断增加,虽然在最适摄食水温范围内出现了最大摄食量,但由于维持代谢占据了较大比例的摄入能量,此时用于生长的能量却不是最大,最大生长率出现在摄入能量与维持代谢所需能量的差值最大的时候^[6]。因此,过高的水温不仅不利于施氏鲟的生长,而且还会造成饲料的浪费。

参考文献:

- [1] Elliott J M. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1982, 75B: 81-91.
- [2] Hawkins A D, Scofield N M, Smith G W. Growth and feeding of juvenile cod, *Gadus morhua* L.[J]. *J Cons Perm Int Expier Mar*, 1985, 42: 11-32.
- [3] Haul J R, Prosser C L. Molecular mechanisms of temperature compensation in poikilotherms[J]. *Physiol Rev*, 1974, 54: 620-677.
- [4] Comin A R, Bowler K. Temperature Biology of Animals[M]. London: Chapman and Hall, 1987: 340.
- [5] Brett J. R. Environmental factors and growth[A]. *Fish physiology* [M], Vol. 8 New York: Academic Press, 1979: 599-675.
- [6] Duna J S. Biology and Ecology of Fishes[M]. New York: Biological Sciences Press, 1995: 74-81.
- [7] Bernis W E, Finkbein E K, Grande L. An overview of Acipenseriformes [J]. *Environ Biol Fish*, 1997, 48(1-4): 25-71.
- [8] Zhuang P, Kynard B, Zhang L, et al. Overview of biology and aquaculture of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) in China [J]. *J Appl Ichthyol*, 2002, 18: 659-664.
- [9] 庄平,章龙珍,张涛,等.施氏鲟南移驯养及生物学的研究: I. 1龄鱼的生长特性[J]. *淡水渔业*, 1998, 28(4): 6-9.
- [10] Lankford S E, Adams T E, Gosh Jr. Time of day and water temperature modify the physiological stress response in green sturgeon, *Acipenser medirostris* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 2003, 135A: 291-302.
- [11] 庄平,李大鹏,王立金.施氏鲟的人工养殖技术[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2001: 65-67.
- [12] Hofmann N, Fischer P. Temperature preferences and critical thermal limits of burbot—implications for habitat selection and ontogenetic habitat shift [J]. *Trans Am Fish Soc*, 2002, 131: 1164-1172.
- [13] Kramer D L, Ransley R W, Chapman J. J. Habitat selection: patterns of special distribution from behavioural decisions[A]. *Behavioural Ecology of Teleost Fishes* [M]. New York: Oxford University Press, 1997: 37-80.
- [14] 任锡钧,吴定安.几种主要淡水鱼类温度基准值的研究[J]. *水产学报*, 1994, 18(2): 93-100.
- [15] 文良印,谭玉钧,王武.水温对草鱼鱼种摄食、生长和死亡的影响[J]. *水产学报*, 1998, 22(4): 371-374.
- [16] 曹振东,谢小军.温度对南方鲟鱼仔鱼的半数死亡时间及其体质量和体长变化的影响[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2002, 27(5): 746-750.
- [17] 邓思平,吴天利,王德寿,等.温度对南方鲟幼鱼生长和发育的影响[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 25(6): 674-679.
- [18] McCarthy I D, Makness E, Pavlov D A, et al. Effects of water temperature on protein synthesis and protein growth in juvenile Atlantic wolffish (*Americhus lupus*) [J]. *Can J Fish Sci*, 1999, 56: 231-241.
- [19] Qin J D, Fast A W. Effects of temperature, size and density on culture performance of snakehead, *Channa argus* (Bloch), fed formulated feed[J]. *Aquacul Res*, 1998, 19: 299-303.
- [20] Yamamoto T, Shima T, Furuta H, et al. Influence of decreasing water temperature and shortening of the light phase on macronutrient self-selection by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio* [J]. *Fish Sci*, 2001, 67: 430-429.
- [21] 刘家寿,崔奕波,刘健康.鲟和乌鳢最适温度的研究[J]. *水生生物学报*, 2002, 26(5): 433-437.
- [22] 李文龙,石振广,王云山,等.三种鲟科鱼类临界水温实验[J]. *水产养殖*, 2000, 5: 3-4.
- [23] Hofmann N, Fischer P. Impact of temperature on food intake and growth in juvenile burbot [J]. *J Fish Biol*, 2003, 63: 1295-1305.
- [24] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 41.

Optimum temperatures for growth and feeding of juvenile Amur sturgeon *Acipenser schrenckii*

LI Da-peng^{1,2,3}, ZHUANG Ping^{2,3}, YAN An-sheng¹, ZHANG Long-zhen^{2,3}

(1. Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 3. Yangtze Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Jingzhou 434000, China)

Abstract: The juvenile Amur sturgeon *Acipenser schrenckii* had good appetites and grew in allometry during the experiment period at water temperatures of 17 °C, 20 °C, 23 °C and 26 °C. During the experimental period, water temperature, pH, DO and ammonia-N level were measured once a day respectively. The major environmental factors were controlled at the same levels in each experimental tank where DO was beyond 5.5 mg/L. This experiment lasted 35 days. The results show that the specific growth rate (SGR), daily weight gain (DWG), food conversion ratio (FCR) and feeding ration (FR) were influenced significantly by water temperature.

During the first experimental stage (0–15 d), sturgeons cultured at 20 °C had the highest daily weight gain (DWG), while the smallest DWG occurred in those cultured at 26 °C. However, during the later stage (16–35 d), the sturgeons cultured at 23 °C grew the faster than those at other temperatures. After statistical analysis, it showed that sturgeons cultured at 23 °C grew fastest in all experimental treatments. During the experimental period, the fish were fed enough food, but food consumption of fish varied with different temperatures. Feeding ration increased continually with temperature, while maximum ration reached an optimum at intermediate temperature, then declined. Fish reared at 20 °C and 23 °C had good appetites constantly, while feeding ration of fish cultured at 26 °C was lower than others until fish acclimatized themselves to this water temperature. The results showed that the maximum feeding ration (2.74 ± 0.04)% (BW/d) occurred in 23 °C treatment. The lowest FCR, (1.18 ± 0.05)%, was found in 23 °C experimental treatments, which indicated that fish stocked at 23 °C had lowest feed coefficient or highest feed conversion efficiency. The correlations between these parameters and water temperature (T) could be described by nonlinear regression models: $SGR = (-12.93) + (1.418)T + (-0.033)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9081$), $FR = (-5.324) + (0.719)T + (-0.016)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9707$), and $FCR = (7.111) + (-0.564)T + (0.013)T^2$ ($P < 0.01$, $r = 0.9030$). The optimum temperature for SGR and FCR were 21.53 °C and 21.03 °C respectively calculated by above equations. The optimum temperature for growth was lower than that for food consumption which was 22.33 °C.

In comparison with the prior studies, it implies the optimum temperature for fish growth is generally lower than the optimum temperature for food consumption, because of the increasing costs of maintenance at higher temperatures. In addition, the results suggest that lower and higher water temperatures should be adverse to growth of Amur sturgeon beyond the optimum temperature range.

Key words: *Acipenser schrenckii*; temperature; specific growth rate (SGR); feeding ration (FR)

Corresponding author: ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn