

文章编号: 1004-7271(2005)04-0370-05

## 西伯利亚鲟鱼回归生物学特性研究

黄宁宇, 夏连军, 么宗利, 周凯, 高露姣, 庄平

(中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

**摘要:**对西伯利亚鲟鱼在我国西部甘肃省酒泉市海马泉的驯养及生物学特性进行研究。平均体长 220 mm、平均体重 25 g 的西伯利亚鲟鱼经 180 d 培育后, 平均体长达到 547 mm, 日均增长 1.79 mm, 瞬时增长率平均 0.498%; 水温在 16.7~24.7 °C 时, 瞬时增长率保持在 0.8% 以上, 水温 19.9 °C 时, 瞬时增长率为最高 1.462%; 平均体重达 649 g, 日均增重 3.49 g, 瞬时增重率平均 1.81%; 水温在 16.7~24.7 °C 时, 瞬时增重率保持在 3% 以上, 水温 20.6 °C 时, 瞬时增重率为最高 4.51%。拟合 1 龄西伯利亚鲟鱼体长与体重的关系为:  $W = 0.0004L^{3.5936}$  ( $r^2 = 0.998$ ) 其中  $b$  大于 3, 为异速生长, 说明西伯利亚 1 龄鲟鱼体重增长快于体长增长。

**关键词:**西伯利亚鲟鱼; 回归生物学; 最适生长温度

中图分类号: S 931.1 文献标识码: A

## Regression biology of *Acipenser baeri* to western China and its biology

HUANG Ning-yu, XIA Lian-jun, YAO Zong-li, ZHOU Kai, GAO Lu-jiao, ZHUANG Ping

(Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture,  
East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

**Abstract:** Studies on the domestication and its biology of *Acipenser baeri* to Haima spring in Gansu province of western China were conducted. After 180 days culture, 547 mm in average length, 1.79 mm daily length gain, 0.498% in instantaneous growth rate (IGRL), were obtained. IGRL was maintained higher than 0.8% when the water temperature were from 16.7 to 24.7 °C, highest at 19.9 °C (1.462%). For the weight, 649 g in average weight, 3.49 g in daily weight gain, 1.81% in instantaneous growth rate (IGRW). IGRW was maintained higher than 3% when the water temperature were from 16.7 to 24.7 °C, highest at 20.6 °C (4.51%). The body weight-total length correlation equations of juvenile *Acipenser baeri* was  $W = 0.0004L^{3.5936}$  ( $r^2 = 0.998$ ) ( $b > 3$ ), that is to say the growth character of 1-year-old *Acipenser baeri* was that the growth of weight was faster than that of length.

**Key words:** *Acipenser baeri*; Domestication biology; Optimal culture temperature

西伯利亚鲟鱼 (*Acipenser baeri*) 主要分布于鄂比河至科罗马河的所有大河中, 1956 年由鄂比河移入绍伯拉河 (pechora) 取得了成功, 此后, 西伯利亚鲟鱼被移入波罗的海水域、伏尔加河水系并在这些水体中形成自然种群<sup>[1]</sup>。在我国新疆的额尔齐斯河、布伦托海、博斯腾湖这些与欧洲相通的河流中有少量分布<sup>[2]</sup>。近年来, 虽然我国在中、东部鲟鱼主养区通过进口西伯利亚鲟鱼受精卵进行人工孵化并开展人工养殖, 最早开展人工养殖的西伯利亚鲟鱼已有性腺成熟并成功地孵化出子一代, 取得了较好的效果<sup>[3]</sup>, 但有关西伯利亚鲟鱼在西北高原驯养并研究其回归的生物学特性的报道还未曾见到。2004 年我们首

收稿日期: 2005-06-06

基金项目: 上海市科学技术委员会基金项目 (编号 043258016)、上海市科技兴农重点攻关项目 (沪农科推字 2004 第 1-5-5)

作者简介: 黄宁宇 (1963-), 男, 上海市人, 助研, 专业方向为水产增养殖技术。E-mail: ningyu886@hotmail.com

通讯作者: 庄平 (1960-), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事鱼类生理生态学研究。E-mail: pzhuang@online.sh.cn

次在西北高原的甘肃省酒泉市进行了西伯利亚鲟鱼的工厂化设施养殖试验,旨在驯化开发出一个适合西北高原的优质、高效的水产养殖新对象。本文就1龄西伯利亚鲟鱼在西北高原水域驯养的生长特性以及与之相关的某些环境因子作了探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验用鱼

西伯利亚鲟鱼50~80 mm苗种是由北京市水产研究所于2004年6月5日提供,在酒泉市海马泉养殖基地进行了25 d的苗种中间培育。选择体质健壮、游泳力强,平均体长220 mm,平均体重25 g的西伯利亚鲟鱼大规格苗种,于2004年6月30日开始进行养殖阶段的生长特性试验。

### 1.2 试验条件

试验鱼池为四周切角、池中央设口径110 mm溢流排污管,池深1.2 m,10 m×10 m的正方形水泥池8个,每池放养鲟鱼苗种1 800尾。

养殖用水经过滤、生物净化后用潜水泵提升至高位池进行自流,利用自行研制的循环过滤净化系统,结合使用有益微生物光合细菌(PSB)净化水质,使养殖池每日能有不间断流水并保证200%的日循环换水量。每半个月换出水量为20%~30%,整个试验过程水温在5.6~24.7℃之间。

充分利用太阳能资源,采用塑料大棚、黑工程膜铺水泥池增温及灵活采用遮阴网等方法使水温保持在较适宜的范围,池中配0.55 kW的射流式增氧机和鼓风机气石轮换增氧,增氧机采取开20 min关40 min的增氧措施,增氧机关闭时,使用两台1.1 kW的鼓风机增氧,整个养殖试验过程水中溶解氧保持在5.0 mg/L以上。

### 1.3 日常管理及记录

水质管理:每天监测养殖用水水温、pH值、溶解氧等理化因子变化情况,做好鲟鱼的活动情况观察记录,每10 d检查鲟鱼的生长情况;鱼病防治:每15 d用 $0.2 \times 10^{-6}$ 的溴氯海因消毒,预防鲟鱼病害的发生;全部投喂配合饲料,每日6次,投喂量随受试鱼的增长及不同水温而变化。

### 1.4 生长测定

每10 d随机采样20尾,用直尺和天平测定鲟鱼的体长、体重,计算平均体长、体重,以鲟鱼的平均体长、体重的日均增长量、瞬时增长率来描述西伯利亚鲟鱼的生长特征<sup>[3]</sup>。数据通过spss分析统计<sup>[4]</sup>,参数计算依据及公式为:

$$(1) \text{日均增长量(mm)} = L_2 - L_1 / (t_2 - t_1);$$

$$(2) \text{日均增重量(g)} = W_2 - W_1 / (t_2 - t_1);$$

$$(3) \text{瞬时增长率(\%)} = \ln L_2 - \ln L_1 / (t_2 - t_1);$$

$$(4) \text{瞬时增重率(\%)} = \ln W_2 - \ln W_1 / (t_2 - t_1);$$

$$(5) \text{体长与体重的关系 } W = aL^b。$$

## 2 结果

### 2.1 西伯利亚鲟鱼养殖阶段的生长特征

根据西伯利亚鲟鱼不同生长阶段实测的体长、体重,计算平均体长、体重,日增长(重)量,瞬时增长(重)率等来描述西伯利亚鲟鱼养殖阶段的生长特征(见表1)。

由表1可知,本试验平均体长220 mm的西伯利亚鲟鱼经180 d培育后,平均体长547 mm,日均增长1.79 mm,瞬时增长率平均0.498%;水温在16.7~24.7℃时,瞬时增长率保持在0.8%以上,水温19.9℃时,瞬时增长率为最高1.462%;平均体重25 g的西伯利亚鲟鱼经180 d培育后,平均体重达649

g,日均增重 3.49 g,瞬时增重率平均 1.81%;水温在 16.7~24.7 °C时,瞬时增重率保持在 3%以上,水温 20.6 °C时,瞬时增重率为最高 4.51%。

表 1 西伯利亚鲟鱼西移驯养生长情况

Tab.1 The growth of *Acipenser baeri* domesticated to western China

日期	水温 (°C)	测定尾数	平均体长 (mm)	日均增长量 (mm)	瞬时增长率 (%)	平均体重 (g)	日均增重 (g)	瞬时增重率 (%)
6月30日	24.3	20	22.3±1.36			25±1.85		
7月10日	24.7	20	24.2±1.74	1.9	0.818	34±1.05	0.9	3.07
7月20日	23.3	20	26.5±1.93	2.3	0.908	48±1.43	1.4	3.45
7月30日	22.5	20	30.1±2.25	3.6	1.274	72±2.54	2.4	4.05
8月9日	20.6	20	34.3±2.53	4.2	1.306	113±3.86	4.1	4.51
8月19日	19.9	20	39.7±3.22	5.4	1.462	175±5.34	6.2	4.37
8月29日	18.4	20	44.1±3.54	4.4	1.051	263±5.98	8.8	4.07
9月8日	16.7	20	48.5±3.11	4.4	0.951	368±7.31	10.5	3.36
9月18日	15.4	20	50.3±2.07	1.8	0.364	452±6.57	8.4	2.06
9月28日	14.8	20	51.6±1.63	1.3	0.255	501±3.43	4.9	1.03
10月8日	13.3	20	52.4±1.69	0.8	0.154	532±2.88	3.6	0.6
10月18日	10.8	20	53±1.14	0.6	0.114	555±2.54	2.3	0.42
10月28日	11.4	20	53.4±1.02	0.4	0.075	576±2.45	2.1	0.37
11月7日	10.2	20	53.8±0.85	0.4	0.075	594±1.76	1.8	0.31
11月17日	9.5	20	54.1±0.45	0.3	0.056	608±1.32	1.4	0.231
11月27日	8.4	20	54.3±0.2	0.2	0.037	620±1.21	1.2	0.195
12月7日	6.5	20	54.5±0.2	0.2	0.037	631±1.12	1.1	0.176
12月17日	5.6	20	54.6±0.2	0.1	0.018	639±0.73	0.8	0.126
12月27日	6.4	20	54.7±0.2	0.1	0.018	649±0.84	1	0.155
平均				1.79	0.498		3.49	1.81

## 2.2 西伯利亚鲟鱼的生长与水温的关系

试验水温为 5.6~24.7 °C,试验从 6月30日~12月27日共 180 d,西伯利亚鲟鱼从 25 g 最大达到 865 g,平均体重 639 g;最大体长 872 mm,平均体长 547 mm。图 1 为 1 龄西伯利亚鲟鱼瞬时增长率和瞬时增重率与水温变化的关系,抛物线的顶端即是瞬时增长(重)率最高点,西伯利亚鲟鱼瞬时增长率和瞬时增重率分别为 1.462%、4.51%最高;所对应的水温分别是 19.9 °C和 20.6 °C。这两个温度即分别是西伯利亚鲟鱼的最适的体长生长温度和体重生长温度。

## 2.3 体长与体重的关系

掌握鲟鱼生长的体长与体重等生长特性,可以预测鲟鱼的生长趋势,有利于指导养殖生产。图 2 为 1 龄西伯利亚鲟鱼体长与体重的关系。通过以下公式  $W = aL^b$  拟合 1 龄西伯利亚鲟鱼体长与体重的关系为:  $W = 0.0004L^{3.5936}$  ( $r^2 = 0.998$ ) 其中  $b$  大于 3,称为异速生长,说明西伯利亚 1 龄鲟鱼在生长时,其体重增长快于体长增长。

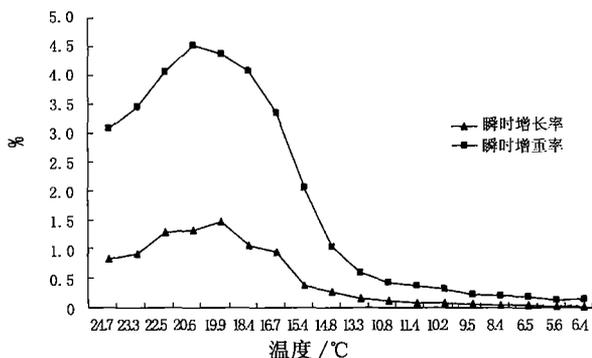


图 1 西伯利亚鲟鱼随水温瞬时增长率和瞬时增重率变化  
Fig.1 Changes of IGRw and IGRL with the increase of the water temperature

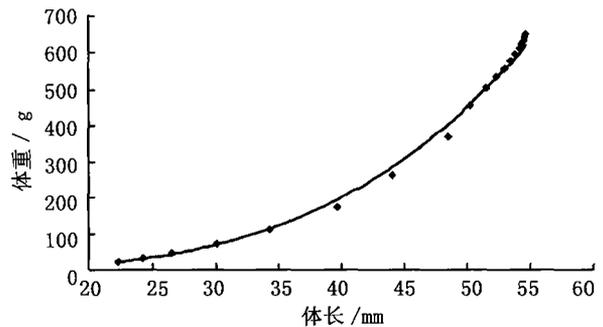


图 2 西伯利亚鲟鱼体长和体重拟合曲线  
Fig.2 The body weight-total length correlation curve of juvenile *Acipenser baeri*

根据表 1 每 10 d(可视为不同温度组)测量 20 尾鲟鱼所得的体重和体长的生长数据,编成不同温度段条件下的西伯利亚鲟鱼体重和体长的相关方程式见表 2,各温度段的 b 值各不相同,除 16.7~22.5 °C 段的 b 值较接近 3 可视为等速生长外,其余各温度段的生长均处于异速生长。

表 2 不同温度段条件下的西伯利亚鲟鱼体重与体长相关方程式

Tab.2 The body weight – total length correlation equations of juvenile *Acipenser baeri* cultured in different temperatures(n = 20)

温度段(°C)	相关方程式	b 值	相关系数	概率
5.6~9.5	$W = 7.3E - 08L^{5.723\ 8}$	5.723 8	0.988	0.001
10.2~15.4	$W = 6.1E - 05L^{4.036\ 2}$	4.036 2	0.999	0.000
16.7~22.5	$W = 0.000\ 7L^{3.397\ 7}$	3.397 7	0.998	0.000
23.3~24.7	$W = 0.000\ 2L^{3.780\ 6}$	3.780 6	1.000	0.002

### 3 讨论

#### 3.1 温度与西伯利亚鲟鱼生长速度之间的关系

温度作为控制因子,主要对鱼类代谢反应速率起控制作用,影响着生理生化进程,如食物摄食量,维持需求,代谢率和蛋白质的合成率;从而成为影响鱼类活动和生长的重要环境变量<sup>[5]</sup>。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;当温度高于一个临界值(最适温度)时,摄食率和生长率随温度的增加而下降。这在采用控温技术的设施集约化养殖中具有重要意义。关于鱼类的最适温度,许多学者习惯用一个峰值来表示<sup>[6-9]</sup>;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<sup>[10-12]</sup>。

试验表明当西伯利亚鲟鱼的特定增长率最大为 4.51% 时,此时的水温 20.6 °C 即为在设施集约化养殖中西伯利亚鲟鱼的最适生长水温。这与庄平等<sup>[13]</sup>报导的史氏鲟的最适生长温度为 19.8 °C 基本接近一致。

冷水性鱼类,如虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*),其适温范围一般有两个:7 °C~9 °C 和 16 °C~19 °C<sup>[14]</sup>。温水性鱼类的适宜生长水温范围多在 20 °C~30 °C 之间<sup>[14]</sup>,凶猛性鱼类鳊和乌鳢的最适生长温度是有一段最适温度平台<sup>[15]</sup>。就本试验结果来看,西伯利亚鲟鱼生长适宜温度范围较广,至少在 5.6 °C~24.7 °C 之间都能摄食生长,有报道表明西伯利亚鲟鱼可在 0~30 °C 的温度范围内存活<sup>[16]</sup>,但低温和高温均不利于西伯利亚鲟鱼的生长。水温在 16.7 °C~24.7 °C 之间时,瞬时增重率均能保持在 3% 以上,这是西伯利亚鲟鱼在设施集约化养殖中较理想的生长速度。因此西伯利亚鲟鱼适宜生长的水温在 16.7 °C~24.7 °C 之间,其生长水温范围较广,应该是介于温水性和冷水性之间的鱼类。

温度是影响鲟鱼生长速度的主要原因之一。从本试验可以看出甘肃省酒泉地区 6、7、8、9 月份的水温比较接近西伯利亚鲟鱼生长的最适水温(鲟鱼养殖最适水温为 20.6 °C)这一独特优势,使其克服了我国大部分鲟鱼主养地区都面临的“渡夏”难题,因为这些地区养殖的鲟鱼在 7-8 月期间,因气温的升高会导致养殖水域水温的升高,致使鲟鱼幼苗在培育过程中成活率降低,商品鲟鱼设施集约化养殖需要用深井水降温,鲟鱼网箱养殖在 7-8 月期间也不得不沉入水面 3~6 m 的深度,造成生产成本升高,鲟鱼苗种培育和商品鲟鱼养殖遇到了不可回避的“渡夏”难题;而在西北高原地区西伯利亚鲟鱼苗种经苗种培育期后可立即进入快速生长期,生长速度很快,基本能做到当年鲟鱼苗种当年即可上市,这对西北高原盐碱水域的水产养殖品种的升级换代和我国鲟鱼养殖业的战略西移与回归摸索了经验。

#### 3.2 西伯利亚 1 龄鲟鱼在不同水温中的生长策略

体重体长关系式中  $W = aL^b$  的 b 值可以用来判断鱼类是否处于等速生长,当 b = 3 或接近于 3 时,鱼类体重体长等速生长<sup>[14]</sup>。根据公式的意义,当 b 大于 3 时,鱼类的体重生长快于体长生长;当 b 小于 3

时,体重生长慢于体长生长。因此,就本试验中1龄西伯利亚鲟鱼的b值在不同温度段的变化来看,只有16.7℃~22.5℃段的b值最低为3.3977接近于匀速生长,而在低温和高温条件下,b值均远大于3,西伯利亚鲟鱼的生长更倾向于体重的生长。由于鱼类是变温动物,体温只能随外界环境温度的变化而变化,要想维持内环境的适宜温度,鱼类就要不断地选择适温环境或在固定环境中进行热适应(Thermoacclimation),为了尽量减少与外界不适环境的(热、冷)接触,鱼类生长的一个策略就是尽可能减少在(热、冷)环境中的体表面积,即在获得相同体重时降低体长的增加,趋向体表面积最小化。在本试验中,b值均大于3,说明1龄西伯利亚鲟鱼的生长为体重生长快于体长生长的异速生长。

#### 参考文献:

- [1] 刘绍平. 欧洲鲟类生物学概述[J]. 淡水渔业, 1997, 27(3): 26-31.
- [2] 四川省长江水产资源调查组. 长江鲟鱼类生物学及人工繁殖研究[M]. 四川科学技术出版社, 1988. 4-5.
- [3] 林星. 西伯利亚鲟稚鱼生长特征的初步研究[J]. 莆田学院学报, 2003, (3): 30-33.
- [4] 陈平雁, 黄浙明. SPSS100统计软件应用教程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2001. 89-200.
- [5] 庄平, 李大鹏, 严安生. 拥挤胁迫和环境因子对史氏鲟生长的调控作用[J]. 中国水产科学, 2003, 10(7): 55-66.
- [6] 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): 111-118.
- [7] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲂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.
- [8] Buckel J A, Steinberg N D. Effects of temperature, salinity, and fish size on growth and consumption of juvenile blue fish[J]. J Fish Biol, 1995, 47: 696-706.
- [9] 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.
- [10] Horn M H, Gibson R N. Effects of temperature on the food processing of three species of seaweed-eating fish 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: 309-311.
- [13] 庄平, 章龙珍, 张涛, 等. 史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: 6-9.
- [14] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 41.
- [15] 刘家寿, 崔奕波, 刘健康. 鳊和乌鳢最适温度的研究[J]. 水生生物学报, 2002, 26(5): 433-437.
- [16] 吴文呈, 徐强松. 西伯利亚鲟的养殖优点与建议[J]. 福建水产, 2000, (2): 78-80.