

# 五大连池鲌的生长分析

王继隆<sup>①</sup> 刘伟<sup>①\*</sup> 唐富江<sup>①</sup> 战培荣<sup>①</sup> 李培伦<sup>①②</sup> 王臣<sup>①②</sup>

① 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所 哈尔滨 150070; ② 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306

**摘要:** 为了分析五大连池鲌 (*Aristichthys nobilis*) 的生长情况, 于 2013 和 2014 年在五大连池三池及二池随机采集 223 尾鲌样本, 采用鳞片鉴定其年龄, 推算体长、体重。同时采用 von Bertalanffy 生长方程分析了五大连池鲌体长、体重的生长规律。结果显示, 鲌渔获物的平均体长、体重分别为 54.61 cm 和 3 280.53 g, 由 3<sup>+</sup> ~ 8<sup>+</sup> 共 6 个年龄组组成, 以 5<sup>+</sup> 龄个体为主, 占总数的 50.67%。五大连池鲌体长 ( $L_t$ , cm)、体重 ( $W_t$ , g) 之间关系式为  $W = 0.0289 L^{2.901}$  ( $n = 223$ ,  $R = 0.974$ )。体长、体重 von Bertalanffy 生长方程分别为:  $L_t = 97.619 [1 - e^{-0.140(t_i - 0.004)}]$  和  $W_t = 17113.260 [1 - e^{-0.140(t_i - 0.004)}]^{2.901}$ 。鲌体长生长速度曲线无拐点, 随着年龄的增加生长速度逐渐降低。体重的生长速度曲线具有拐点, 拐点年龄为 7.61 龄, 所对应的体长和体重分别为 63.94 cm 和 5 012.82 g。采用生长特征指数  $\phi$  对比分析五大连池与其他水域鲌的生长, 结果显示五大连池鲌的生长较为缓慢, 栖息环境的水温、饵料生物密度是影响五大连池鲌生长的重要因素。有效提高鲌生长速度的关键措施在于降低放养密度。

**关键词:** 五大连池; 鲌; 年龄; 生长

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 04-543-09

## Analysis on the Growth of Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) in Wudalianchi Lake

WANG Ji-Long<sup>①</sup> LIU Wei<sup>①\*</sup> TANG Fu-Jiang<sup>①</sup> ZHAN Pei-Rong<sup>①</sup>  
LI Pei-Lun<sup>①②</sup> WANG Chen<sup>①②</sup>

① Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070; ② Faculty of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

**Abstract:** To study the growth characters of Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) in Wudalianchi Lake, 223 individuals were sampled in 2013 and 2014 respectively. Age was determined through the scale annuli and body length, body weight were back-calculated (Table 2). Von Bertalanffy growth equation were fitted to analyses the growth of body length and body weight. The increment rate and growth indexes of body length of Bighead Carp was calculated by Yin Mingcheng's methods (1995). Statistic analysis of all data were taken by Microsoft excel 2003 and SPSS 19 by means of nonlinear regression analysis. Results showed the mean

**基金项目** 公益性行业 (农业) 科研专项 (No. 201303056-5);

\* 通讯作者, E-mail: liuwei\_1020@aliyun.com;

**第一作者介绍** 王继隆, 男, 助理研究员; 研究方向: 鱼类生态; E-mail: wjl0321225@163.com。

收稿日期: 2015-06-13, 修回日期: 2015-11-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201604005

body length and body weight of the sample are 54.61 cm and 3 280.53 g respectively. Age of the fishes was identified to six age classes ( $3^+ - 8^+$  years old) and individuals of  $5^+$  years old was dominated with frequency of 50.67% (Table 1). The relationship between body length and body weight could be expressed as:  $W = 0.0289 L^{2.901}$  ( $n = 223, R = 0.974$ ) (Fig. 1). The von Bertalanffy growth formula of Bighead Carp in Wudalianchi Lake as follows:  $L_t = 97.619 [1 - e^{-0.140(t_i - 0.004)}]$  and  $W_t = 17113.260 [1 - e^{-0.140(t_i - 0.004)}]^{2.901}$  (Fig. 2). Growth rate curve of body length has no inflexion (Fig. 4), i.e. growth rate of body length declined as age increased. Growth rate curve of body weight has an inflexion, and the age, body length and body weight corresponding to the inflexion are 7.61, 63.94 cm and 5 012.82 g respectively. The growth parameter  $\phi$  of Bighead Carp was compared between different areas. Compared with the populations in other waters, the population in Wudalianchi Lake grew slowly (Table 4). The growth of Bighead Carp should be mainly affected by both biotic and abiotic factors such as water temperature, food organism density. The key measure to effectively improve the growth rate of Bighead Carp is to reduce stocking density.

**Key words:** Wudalianchi Lake; Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*); Age; Growth

五大连池是我国第二大火山堰塞湖，位于黑龙江省五大连池市，地处松嫩平原的丘陵地区。五大连池是由火山喷发玄武岩流阻塞讷漠尔河支流白河而形成五个溪水相连的自然湖泊。五个湖泊由北向南依次串联最后注入讷漠尔河，湖水水源来自山间溪流和池底涌泉。五大连池纬度较高，位于  $48^{\circ}40'N \sim 48^{\circ}48'N$ ，湖水温度较低，结冰期长达半年之久。五大连池因水质好、富含矿物质，生产鱼类价值高且供不应求。

五大连池渔业主要以三池和二池放养鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*) 为主。但是目前五大连池渔业面临产量停滞不前的瓶颈，充分利用天然饵料资源提高产量是其渔业发展的关键。国内很多学者对鳙在水库及其他天然水域的生长及渔产潜力开展了较多研究 (姜志强等 1994, 邱春刚等 2000, 刘俊利等 2012)。但是五大连池渔业中尚缺乏鳙等主要经济鱼类常规的生物学监测，在其生长等生物学研究方面也较少，渔业发展缺乏系统的科学指导。因此，本文在对五大连池水生生物调查的基础上对鳙的生长特性进行分析，探讨其生长规律及其影响生长的相关因素。以期为充分发挥五大连池鳙的渔产潜力以及为东北地区湖、库渔业增养殖技术发展提供

基础资料。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 样本采集

本研究样本采捕于五大连池的二池和三池，采集时间为 2013 年和 2014 年的 8 月、10 月，采捕方式为围网捕捞，网目大小为 13 cm。在渔获物中随机采集鳙样本 223 尾，现场用直尺测量体长 (mm)，电子称测量体重 (精度为 1 g)。同时采集侧线鳞上方背鳍后下方鳞片 10 ~ 15 枚，放鳞片袋保存作为年龄鉴定材料。

### 1.2 实验材料及数据处理

在实验室中用 5% 氢氧化钠溶液浸泡鳞片 5 min，然后清洗干净，用试纸拭干，制成装片，在体视显微镜下观察，分析轮纹结构并测量鳞片轮径。年龄鉴定和轮径测量均按常规方法进行。本文鳙体长与体重关系、生长退算、生长方程拟合以及生长指标的计算采用 Excel 和 SPSS19 软件进行分析。

### 1.3 体长与体重之间的关系及体长退算

体长 ( $L$ , cm)、体重 ( $W$ , g) 关系用 Keys 公式即幂函数来拟合,  $W = aL^b$ ,  $a$ 、 $b$  为常数,  $a$  为生长的条件因子,  $b$  为幂指数系数。通过方程计算出  $b$  值, 并通过  $t$  检验方法检验  $b$  值是否偏离 3 (Pauly 1984), 若  $t$  值小于  $t_{0.05}$ .

$(n-2)$ 值, 说明差异不显著, 否则差异显著。

$$t = \frac{L_{SD}}{W_{SD}} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-r^2}} \times \sqrt{n-2}, \text{ 式中, } L_{SD}、W_{SD} \text{ 分}$$

别为体长、体重对数值的标准差,  $n$ 、 $r$  分别为标本数和相关系数。

根据挪威学者 Lea (1910) 提出的正比例公式:  $\frac{L_n}{L} = \frac{S_n}{S}$  推算鳙的体长,  $L_n$  为鱼在  $n$  龄的体长,  $L$  为鱼的实测体长,  $S_n$  为  $n$  龄时的鳞长 (从鳞焦至鳞片最外缘的长度),  $S$  为从鳞片中心至鳞片最外缘的长度。

#### 1.4 生长方程

采用 von Bertalanffy 生长方程 (Bertalanffy 1938) 分析鳙的生长, 公式为:  $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ ,  $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ , 式中,  $L_\infty$  为渐近体长,  $W_\infty$  为渐近体重,  $k$  为生长系数,  $t$  为年龄,  $t_0$  为假设的理论生长起点年龄,  $b$  为体长体重关系式中幂指数系数。

根据 von Bertalanffy 生长方程, 对时间  $t$  求一阶和二阶导数, 分别获得体长、体重生长速度、加速度方程, 体长生长速度方程  $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)}$ , 体长生长加速度方程  $d^2L/dt^2 = -k^2 L_\infty e^{-k(t-t_0)}$ , 体重生长速度方程  $dW/dt = W_\infty b k [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-1} e^{-k(t-t_0)}$ , 体重生长加速度方程  $d^2W/dt^2 = W_\infty b k^2 e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-2} (b e^{-k(t-t_0)} - 1)$ , 生长拐点年龄方程为

$$t = \frac{\ln b}{k} + t_0.$$

#### 1.5 生长率和生长指标

采用体长相对增长率、生长指标、生长特征指数来分析鳙的生长 (殷名称 1995), 并据此来对比分析五大连池与其他水域鳙的生长情况。

体长相对增长率  $G_L = \frac{L_{t+1} - L_t}{L_t} \times 100\%$ , 体重相对增长率  $G_W = \frac{W_{t+1} - W_t}{W_t} \times 100\%$ , 生长指标  $C_L = (\ln L_{t+1} - \ln L_t) / L_t$ , 生长特征指数  $\phi = \lg k + 2 \lg L_\infty$ , 式中,  $G_L$ 、 $G_W$  分别为体长、体重相对

增长率,  $C_L$  为生长指标,  $\phi$  为生长特征指数。

## 2 结果

### 2.1 渔获物的体长、体重组成

根据 2013 ~ 2014 年鳙捕捞群体中的随机调查结果, 223 尾鳙体长 41.00 ~ 67.20 cm, 平均为  $(54.61 \pm 5.84)$  cm, 体重 1 180 ~ 5 700 g, 平均为  $(3 280.53 \pm 973.58)$  g。体长、体重之间幂函数关系方程为  $W = 0.0289 L^{2.901}$  ( $n = 223$ ,  $R = 0.974$ ) (图 1), 参数  $b$  为 2.901,  $t$  检验表明  $b$  与 3 无显著差异 ( $t = 0.039 < t_{(0.05, 221)}$ ), 说明鳙属于匀速生长。

### 2.2 渔获物的年龄组成

采用鳞片作为鳙年龄鉴定材料, 样本年龄分为 3<sup>+</sup>、4<sup>+</sup>、5<sup>+</sup>、6<sup>+</sup>、7<sup>+</sup>、8<sup>+</sup> 共 6 个年龄组, 主要以 5<sup>+</sup> 龄个体为主, 占总数的 50.67% (表 1)。五大连池渔获物中鳙的平均年龄为 5.72 龄。

### 2.3 体长退算

采用正比例公式退算了鳙各年龄段的体长 (表 2)。

### 2.4 生长

因鳙的生长模式属匀速生长, 故本文采用 Von Bertalanffy 生长方程进行模拟。根据 SPSS 非线性回归分析结果, 生长方程参数  $L_\infty$ 、 $k$ 、 $t_0$  值分别为 97.619、0.140 和 0.004, 根据体长、体重关系式计算出  $W_\infty$  值为 17 113.260。体长、体重生长方程为:  $L_t = 97.619 [1 - e^{-0.140(t-0.004)}]$ ;  $W_t = 17113.260 [1 - e^{-0.140(t-0.004)}]^{2.901}$ 。根据生长方程绘制了鳙体长、体重生长曲线 (图 2)。鳙体长生长曲线为递增型曲线, 随着年龄增加曲线斜率逐渐降低, 体长最终趋向渐近体长 97.619 cm。体重生长曲线形似 S 增长曲线, 体重最终趋向渐近体重 17 113.26 g。

对生长方程进行一阶、二阶求导, 获得生长速度和加速度方程。鳙的体长生长速度、加速度方程为:  $dL/dt = 13.667 - e^{-0.140(t-0.004)}$ ,  $d^2L/dt^2 = 1.913 - e^{-0.140(t-0.004)}$ ; 体重生长速度、加速的方程为:  $dW/dt = 6591.338 [1 - e^{-0.140(t-0.004)}]^{1.901} e^{-0.140(t-0.004)}$ ,  $d^2W/dt^2 = 973.187 [1 - e$

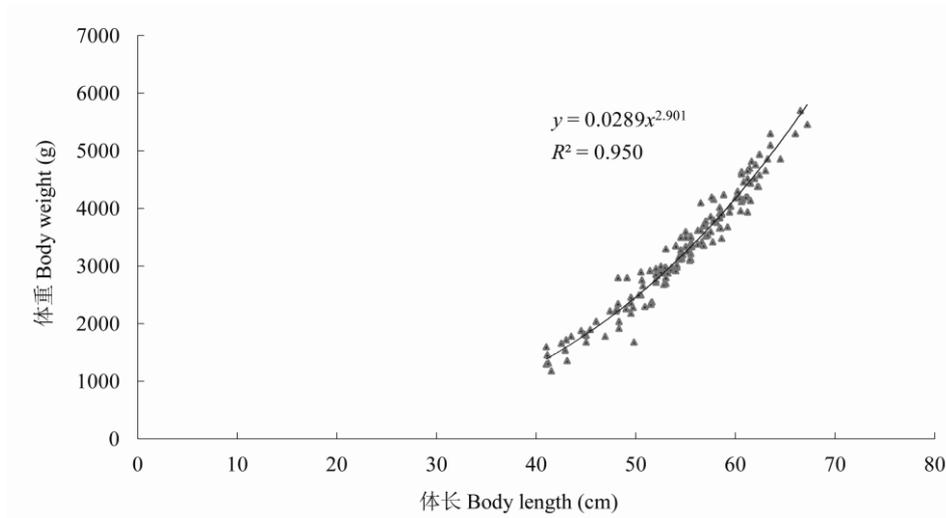


图 1 五大连池鲮的体长-体重关系

Fig. 1 Relationship between body length and body weight of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

表 1 五大连池鲮基本生物学参数

Table 1 Biological parameters of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

年龄组 Age group	体长 (cm) Body length	体重 (g) Body weight	样本数 (ind) Number
3 <sup>+</sup>	44.20 ± 3.02	1 756.00 ± 312.86	9
4 <sup>+</sup>	48.85 ± 5.13	2 376.77 ± 807.96	45
5 <sup>+</sup>	54.89 ± 4.01	3 263.59 ± 669.69	113
6 <sup>+</sup>	59.97 ± 2.79	4 233.71 ± 589.95	51
7 <sup>+</sup>	63.20 ± 20.77	4 860.12 ± 1 258.02	3
8 <sup>+</sup>	66.06 ± 1.00	5 298.25 ± 205.60	2

表 2 五大连池鲮实测体长和推算体长

Table 2 Observed body length and back calculated body length of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

年龄组 Age group	实测体长 (cm) Measured Body length	推算体长 Back-calculated body length (cm)								样本数 (ind) Number
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	
3 <sup>+</sup>	44.20	13.02	23.13	32.35						9
4 <sup>+</sup>	48.85	13.14	24.63	33.83	41.35					45
5 <sup>+</sup>	54.89	12.44	23.53	34.48	41.77	48.49				113
6 <sup>+</sup>	59.97	12.83	23.87	33.53	40.84	48.32	54.85			51
7 <sup>+</sup>	63.20	12.96	23.98	32.04	39.28	45.05	53.42	58.77		3
8 <sup>+</sup>	66.06	11.25	22.91	32.39	39.71	45.53	52.75	58.49	62.25	2
加权平均值 Mean		12.69	23.81	33.99	41.41	48.34	54.70	58.66	62.25	

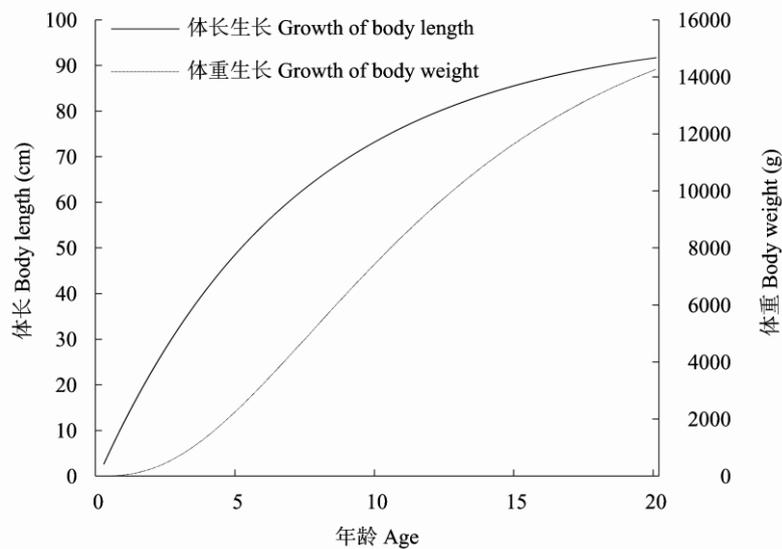


图 2 五大连池鳙体长、体重生长曲线

Fig. 2 Growth curve of Bighead Carp in Wudalianchi Lake in body length and body weight

$-0.140(t_1 - 0.004)^{0.901} e^{-0.140(t_1 - 0.004)} (2.901e^{-0.140(t_1 - 0.004)} - 1)$ 。

根据上述方程分别绘制了鳙体长、体重生长速度和加速度曲线。鳙体长的生长速度、加速度曲线都没有拐点，随着年龄的增加生长速度逐渐降低，同时降低的幅度逐渐减小（图 3）。鳙体重生长速度、加速度曲线具有拐点，在低龄阶段随着年龄的增加鳙体重生长速度逐渐增加，到拐点年龄时生长速度达到最大，此后生长速度逐渐降低（图 4）。体重生长速度最大时对应的加速度值为零，计算出拐点年龄为 7.61 龄，所对应的体长和体重分别为 63.94 cm 和 5 012.82 g。

从五大连池鳙的生长指标参数（表 3）可见，随着年龄的增加鳙的体长和体重生长指标和相对增长率逐渐降低。这也反应了鳙体长的生长在逐年变慢。

### 3 讨论

本文根据鳞片轮纹特征采用正比例公式推算了鳙各年龄段的体长。因五大连池冬季漫长，水温低，鳙的生长期主要在 6~8 月份，其他月份，尤其是冬季，鳙的体长生长缓慢甚至

停止。本研究的样本主要采集于 10 月份（占总样本的 79.63%），所采集样本在该年度中的体长生长几乎停止，故本次调查  $n^+$  龄个体体长对应于  $n + 1$  龄鱼的体长。例如，样本中高龄鱼在 5 龄时的推算体长为 48.34 cm，应对应于  $4^+$  龄个体的实测体长（48.85 cm）。可见，该推算的结果较为可信。本文采用 von Bertalanffy 生长方程分析了五大连池鳙的生长特征，和大多数鱼类一样，随着年龄的增长鳙的体长生长速度逐渐降低，体重的生长速度先增后降。体重生长拐点年龄为 7.60 龄，对应的体长为 63.94 cm。五大连池捕捞渔获物中鳙的平均年龄为 5.72 龄，平均体长为 54.61 cm，可见鳙的捕捞年龄、起捕规格偏早，尚未达到鳙体重的最大生长速度。因此，现有的渔业管理方法未最大程度发挥鳙的生长优势，应适当提高起捕年龄和起捕规格。

本文对比分析了不同水库中鳙的生长情况。结果显示，五大连池鳙的生长较为缓慢，仅比红旗泡水库鳙（赵宝林等 1999）的生长稍快（表 4）。鱼类的生长受多种因素的影响，例如地理种群差异、栖息地环境温度、饵料生物的丰度、种间和种内的压力等（Weatherley et al.

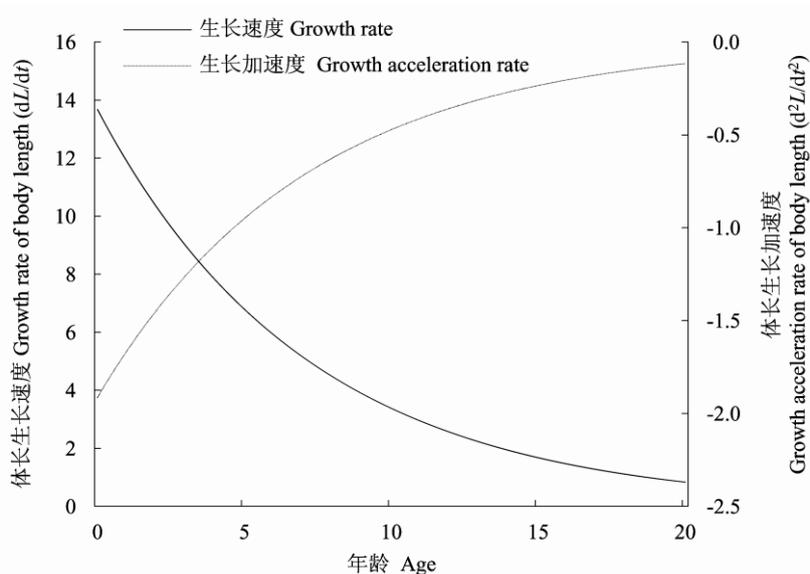


图3 五大连池鲮体长生长速度、加速度

Fig. 3 Growth rate and acceleration rate curve of body length of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

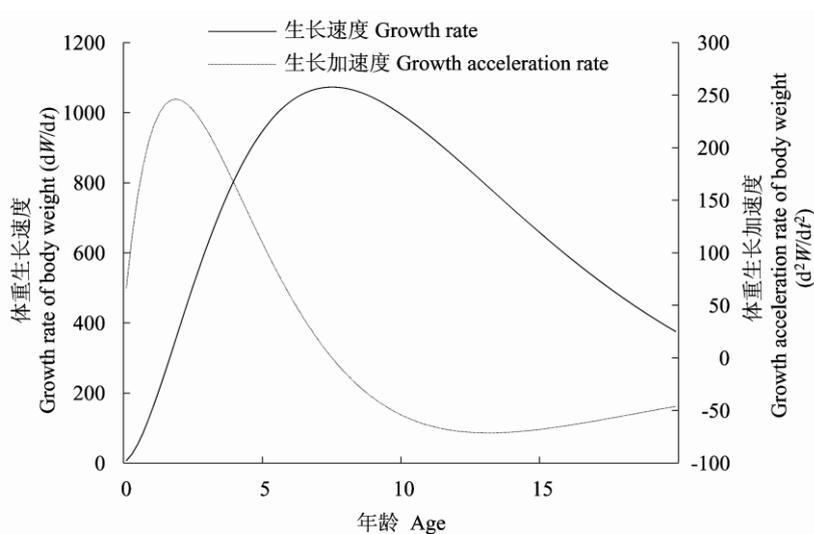


图4 五大连池鲮体重生长速度、加速度

Fig. 4 Growth rate and acceleration rate curve of body weight of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

1987, 李思发 1990, Ishida et al. 1993, Ricardo et al. 2001)。在种质资源方面,对黑龙江流域来说鲮属于外来物种(李思忠 1981),但近几十年来其在黑龙江流域已形成稳定的种群。东北地区的鲮种质来源于我国南方地区,况且近几十年种质来源多样化。可以说地理种群差异对五大连池鲮生长的影响并不显著。在环境温

度方面,五大连池地处东北高纬度地区,相比长江流域温度偏低。通常情况下,低温降低鱼类等变温动物的生长速度(Yamahira et al. 2002)。因此,与南方地区相比五大连池鲮的生长因水温低而受到一定程度的限制。在饵料生物方面,鱼类的生长和饵料生物密切相关。食物匮乏会增大鲮以及其他鱼类的种内和种间竞

表 3 五大连池鲮生长参数

Table 3 Growth parameters of Bighead Carp in Wudalianchi Lake

年龄 Age	体长 Body length			体重 Body weight	
	体长 Body length	体长相对增长率 Relative growth rate in length $G_L$ (%)	生长指标 Growth index $C_L$	体重 Body weight	体重相对增长率 Relative growth rate in weight $G_W$ (%)
	$L$ (cm)			$W$ (g)	
	12.71			46.13	
2	23.80	87.31	7.97	284.99	517.74
3	33.44	40.52	8.10	764.73	168.33
4	41.83	25.07	7.48	1 463.49	91.37
5	49.16	17.43	6.72	2 332.41	59.37
6	55.45	12.90	5.96	3 316.69	42.20
7	60.96	9.93	5.25	4 365.64	31.63
8	65.75	7.86	4.61	5 436.78	24.54

表中体长、体重数据是由生长退算获取。Body length and body weight data were obtained from the growth back-calculated.

表 4 不同水域鲮的生长对比

Table 4 Comparison of growth among the Bighead Carp from different areas

地点 Area	生长系数 $k$ Growth coefficient	理论生长起点年龄 $t_0$ Theory age at which the fish starts to grow	极限体长 $L_\infty$ Maximum limit body length	生长特征指数 $\phi$ Growth characteristic index	调查年份 Survey year	文献来源 Reference
金沙水库 Jinshahe Reservoir	0.396	0.324	68.538	3.270	2007	刘俊利等 2012
泥河水库 Nihe Reservoir	0.091	- 0.236	149.360	3.308	1998	于洪贤等 2000
红旗泡水库 Hongqipao Reservoir	0.177	0.009	81.190	3.067	1997	赵宝林 1999
西泉眼水库 Xiquanyan Reservoir	0.090	- 0.284	258.280	3.776	2010	高孜娟 2012
大伙房水库 Dahuofang Reservoir	0.236	0.278	95.870	3.336	1991	严朝晖等 1995
汤河水库 Tanghe Reservoir	0.205	- 1.410	97.300	3.288	1994	李九奇等 1999
碧流河水库 Biliuhe Reservoir	0.192	0.040	94.050	3.229	1989 ~ 1991	姜志强等 1994
五大连池 Wudalianchi Lake	0.140	0.004	97.619	3.125	2013 ~ 2014	本研究

表 5 各水库浮游动物生物量密度对比

Table 5 Comparison of biomass density of zooplankton in different areas

地点 Area	浮游动物生物量 (mg/L) Biomass density of zooplankton	调查年份 Survey year	资料来源 Reference
泥河水库 Nihe Reservoir	3.290	1998 (5~9月)	陈金平等 1999
红旗泡水库 Hongqipao Reservoir	0.612	2013 (7月)	赵宝林等 2014
西泉眼水库 Xiquanyan Reservoir	2.718	2010 (5~10月)	鞠永富 2011
大伙房水库 Dahuofang Reservoir	2.065	2002	綦志仁等 2004
汤河水库 Tanghe Reservoir	1.400	1992~1994	邱春刚等 2000
碧流河水库 Biliuhe Reservoir	1.100	1988~1991	何志辉等 1992
五大连池 Wudalianchi Lake	1.996	2011~2013	李喆等 2015

争压力。就黑龙江地区水库来说,五大连池、泥河水库、红旗泡水库、西泉眼水库水温相差不大,但是饵料生物密度差别很大。表 4、5 数据可见,黑龙江地区几个水库鳙的生长与饵料生物密度大小成正相关关系。可见,影响五大连池鳙生长的主要因素是水温和饵料生物密度。

影响饵料生物密度的因素是多方面的,除了水环境的理化因素外,捕食生物的数量是决定其生物量的关键条件。这主要体现为五大连池鳙的放养密度以及鳙与其他鱼类种间的竞争压力。因此,在五大连池渔业中,提高鳙生长的最佳建议应是降低放养密度,减少种内、种间竞争。在水库渔业中应着重考虑鱼类放养密度以及鱼类结构的调整。

鳙作为湖泊、水库渔业中的主要养殖对象,在东北地区的养殖规模也在逐渐扩大,已成为主要的经济种类,尤其是东北地区冬捕的主要对象。在环境承载力范围内,最大程度发挥渔产潜力,是渔业经济追求的主要目标。为此,在湖、库增养殖渔业中首先要开展养殖潜力的研究,进行本底调查,充分了解水体理化、生物等环境要素,尤其是开展浮游生物、初级生产力、鱼类群落结构的调查研究等。其次要调整鱼类放养量和鱼类结构。然后根据鱼类的生长特性制定起捕规格等渔业管理措施。

## 参 考 文 献

- Bertalanffy L V. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws (2)). *Human Biology*, 10(2): 181-213.
- Ishida Y, Ito S, Kaeriyama M, et al. 1993. Recent changes in age and size of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific Ocean and possible causes. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(2): 290-295.
- Lea E. 1910. On the methods used in herring investigations. *Publications de Circonstance Conseil Permanent International pour Exploration de la Mer*, 53(1): 7-174.
- Pauly D. 1984. *Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators (ICLARM studies and reviews)*. Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 5-9.
- Ricardo T, Piero V, Miguel R, et al. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fish Research*, 54(1): 33-50.
- Weatherley A H, Gill H S. 1987. *The Biology of Fish Growth*. New York: Academic Press.
- Yamahira K, David O C. 2002. Intra- vs. interspecific latitudinal variation in growth: adaptation to temperature or seasonality? *Ecology*, 83(5): 1252-1262.
- 陈金平, 董崇智, 夏重志, 等. 1999. 泥河水库饵料生物和鱼产潜力的估算. *黑龙江水产*, (4): 9-11.
- 高夜娟. 2012. 西泉眼水库鲢鱼鳙鱼生长及其生态效应研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 何志辉, 王喜庆. 1992. 碧流河水库的水化学、浮游生物和初级生

- 产力. 大连水产学院学报, 7(2): 1-18.
- 姜志强, 秦克静, 杨树斌, 等. 1994. 碧流河水库鲢、鳙的年龄、生长和资源量的研究. 大连水产学院学报, 9(3): 8-14.
- 鞠永富. 2011. 西泉眼水库及上游河流浮游动物群落结构研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 李九奇, 史为良. 1999. 汤河水库鲢鳙生长及其资源利用. 大连水产学院学报, 14(4): 57-61.
- 李思发, 吴力钊, 王强, 等. 1990. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究. 上海: 上海科学技术出版社, 28-39.
- 李思忠. 1981. 中国淡水鱼类的分布区划. 北京: 科学出版社.
- 李喆, 王念民, 孙大江, 等. 2016. 五大连池浮游动物群落结构的时空分布特征. 生态学报: 36(4): 961-970.
- 刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊. 2012. 金沙河水库鲢、鳙生长特征及起捕规格的研究. 长江流域资源与环境, 21(1): 35-39.
- 綦志仁, 谢文星, 黄道明, 等. 2004. 大伙房水库的浮游动物. 水利渔业, 24(4): 57-59.
- 邱春刚, 刘丙阳, 刘景祯, 等. 2000. 汤河水库的浮游生物与鲢鳙生产潜力估算. 水产科学, 19(3): 27-28.
- 严朝晖, 史为良. 1995. 大伙房水库鲢鳙的生长及生长模型. 水产学报, 19(1): 28-34.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社.
- 于洪贤, 柴方营, 邢东华. 2000. 泥河水库鲢、鳙鱼生长规律的研究. 水产学杂志, 13(2): 58-62.
- 赵宝林, 李德明, 毓桂芝, 等. 1999. 红旗泡水库鲢鳙鱼的年龄与生长. 黑龙江水产, 76(2): 21-25.
- 赵宝林, 刘茂奇, 马成学, 等. 2014. 红旗泡水库夏季浮游动物调查及水质评价. 水产学杂志, 27(6): 51-54.