

北京地区宽鳍的生长及食性*

邢迎春^{1,2} 赵亚辉¹ 张洁¹ 王玉凤² 赵欣如³ 张春光^{1**} 王宝利⁴
常宝全⁴ 张利军⁴ 胡亚军⁴

1. 中国科学院动物研究所, 北京 100101
2. 华中师范大学生命科学学院, 武汉 430079
3. 北京师范大学, 北京 100875
4. 北京市怀柔区渔政监督管理站, 北京 101400

摘要 2004-2006年, 作者对分布于北京市怀柔水库上游入库河流怀沙河和怀九河宽鳍的生物学进行了研究。结果显示: 北京地区宽鳍年龄组成较小, 雄鱼最大3龄, 雌鱼最大2龄。体长和体重相关关系式为: $W = 9 \times 10^{-6} L^{3.1947}$ ($r = 0.9784$), 其种群呈异速增长。1龄组雌雄鱼体长和体重无显著差异, 2龄组雄鱼体长和体重显著大于雌鱼, 可能与雌鱼性成熟后生长速度减慢有关。雄鱼 Von Bertalanffy 生长方程为: $L_t = 121.56 \times (1 - e^{-0.3718(t+0.6272)})$, 最大体长 121.56 mm; $W_t = 41.16 \times (1 - e^{-0.3718(t+0.6272)})^3$, 最大体重 41.16 g; 生长拐点 $t_r = 2.41$ 龄; 雌鱼最大为 2 龄, 未能拟合 Von Bertalanffy 生长方程。丰满度和饱食指数均呈周年变化, 这可能与水温变化和繁殖期的影响有关。北京地区的宽鳍为植食性, 主要摄食硅藻, 取食具选择性, 且获得的食物量与藻类的多度一定程度上正相关。雌性比接近 1:1, 1 冬龄性成熟; 繁殖期 5-7 月, 5 月份成熟系数最高。与嘉陵江种群相比, 北京种群体长、体重均小于嘉陵江种群; 食性上, 前人研究认为嘉陵江种群为肉食性, 但经我们重新鉴定, 嘉陵江种群也为植食性, 个别肉食性食物成分可能是随摄食的藻类带入的; 在年龄组成、种群增长方式、性比及繁殖特性上, 未发现二者有明显差异。基于北京地区宽鳍的生物学特性, 结合该地区的环境特点, 我们建议通过控制捕捞数量、选择最适捕捞时间、保护原有生境来维持北京地区宽鳍资源的可持续利用 [动物学报 53(6): 982-993, 2007]。

关键词 宽鳍 生物学 可持续利用 北京

Growth and diets of *Zacco platypus* distributed in Beijing*

XING Ying-Chun^{1,2}, ZHAO Ya-Hui¹, ZHANG Jie¹, WANG Yu-Feng², ZHAO Xin-Ru³, ZHANG Chun-Guang^{1**}, WANG Bao-Li⁴, CHANG Bao-Quan⁴, ZHANG Li-Jun⁴, HU Ya-Jun⁴

1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
2. Life Sciences College, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China
3. Normal University of Beijing, Beijing 100875, China
4. The Station of Fishery Supervisory Management, Huairou District, Beijing 101400, China

Abstract *Zacco platypus*, a species widely distributed in the mountainous rivers of East China, is one of the local leading commercial fish in their most naturally distribution area. Total 508 specimens (21.79 mm-112.82 mm in standard length, SL) collected from the Huaisha and Huaijiu Rivers of the Huairou District in Beijing were used in this study. The characteristics of the age, growth, food and reproduction were studied, and some results were compared to the population living in Jialing River System. Maximum ages were observed as 3 years for males and 2 years for females. The equation of the length-weight relationship is $W =$

2007-03-30 收稿, 2007-09-20 接受

* 北京市环保局科研项目、国家基础科学人才培养基金 (NSFG-J0030092) 资助 [This research funded by the Project from Beijing Environmental Protection Bureau of Beijing, National Natural Science Foundation for Fostering Talents in Basic Research (NSFG-J0030092)]

** 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: fish@ioz.ac.cn

© 2007 动物学报 Acta Zoologica Sinica

$9 \times 10^{-6} L^{3.1947}$ ($r = 0.9784$), which explains their growth is allometric. The Von Bertalanffy equation of male is $L_t = 121.56 \times (1 - e^{-0.3718(t + 0.6272)})$, maximum standard length is 121.56 mm, $W_t = 41.16 \times (1 - e^{-0.3718(t + 0.6272)})^3$, maximum body weight is 41.16 g, growing inflexion is 2.41 years. The Von Bertalanffy equation of females is not be fitted because of their maximum ages are 2 years old. Accordantly annual changes of the fullness and fillness index were observed, which may be mainly attributed to the changes of the temperature in water and idiophase. The food consists mainly of alga and the ingestion owns selection. The sex ratio of *Zacco platypus* is close to 1, and the first maturation age is 1 year. The main spawning season was estimated to be from May to July, and the gonad maturing coefficient was largest in May. The standard length and body weight of the population in Beijing are both smaller than the population in the Jialing River System, which may be due to different living condition and climate between two sites. Previous study on the food of the population in the Jialing River System was camivorous, but we identified the samples collected from the Jialing River System by ourselves and found a lot of alga existed in their food with some zooplankton. The differences on the age composition, growth mode, sex ratio and spawning characteristics between the two populations were not observed. Bases on the biology characteristics of *Zacco platypus* in Beijing, we suggests to control the fishing amount, choose comfortable fishing season and protect living condition in order to maintain sustainable use of local *Zacco platypus* [*Acta Zoologica Sinica* 53 (6): 982–993, 2007].

Key words *Zacco platypus*, Growth and diets, Sustainable use, Beijing

宽鳍 (*Zacco platypus*) 隶属于鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae), 在中国、日本、韩国、越南等地均有分布; 喜群居, 常栖居于水流较急、砂石底质的浅滩河段 (陈宜瑜等, 1998)。宽鳍属中小型鲤科鱼类, 个体虽不大, 但种群数量较多, 产量相对较高, 常为分布区内重要的地方性可食用野杂鱼类的主要成分。近年来随着旅游业的发展, 在北京地区, 人们对生活于山区较洁净水体中的野生鱼类需求较大, 某些地方甚至出现了过度利用野生鱼类资源的趋势。我们在近年对北京及其周边地区鱼类资源调查中发现, 宽鳍的数量和分布区均有减少的趋势, 在一些河流或在一些河流的某些河段甚至已很难捕到。针对这样的资源现状, 要维持资源的可持续利用, 深入准确地了解宽鳍的生物学特性对于加强对野生鱼类资源的管理和持续利用是十分必要的。以往曾有人针对宽鳍南方种群 (嘉陵江水系) 的生物学进行过报道, 而对于生活于较寒冷气候条件下的北方种群, 目前还没有生物学方面的研究。本项研究主要以北京周边山区溪流中的宽鳍为对象, 对其年龄、生长、食性和繁殖等生物学特性进行研究和分析, 为因地制宜地进行资源的管理和可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 标本的采集和处理

作者分别于 2004 年 3 月–2005 年 2 月在北京市怀柔水库上游入库河流怀沙河和怀九河进行了周年调查 (2004 年 12 月–2005 年 2 月为冬季, 水温过低, 没有渔获); 并于 2006 年 3 月和 6 月进行了补充采集。获标本 508 尾, 现场用 10% 福尔马林固

定, 带回实验室后立即进行解剖观察。食性分析时, 作为比照还解剖观察了 2004 年 6–7 月和 2005 年 4 月分别采于嘉陵江、广西西江和江西彭泽的 16 尾标本。

1.1.2 年龄材料的选择和处理

鳞片作为主要年龄鉴定材料, 所用鳞片均取自背鳍起点下方至侧线鳞上方的矩形区域内 (殷名称, 1993, 1995), 每尾标本选取 10 枚鳞片, 用 30% 分析纯过氧化氢 (H_2O_2) 擦拭干净, 制成玻片, 注明标本编号和采集日期。同时, 相应选取 30 尾标本的鳃盖骨, 用 30% 分析纯过氧化氢擦拭干净, 作为年龄鉴定的对照材料。

1.2 研究方法

从制备的每尾标本鳞片样品中选取形状规则、保存较好的 5 枚鳞片, 在 ZEISS Stemi 2000-C 体视显微镜下观察年轮并照相记录, 后在计算机上测量鳞径 (R) 以及鳞焦到各年轮间的距离 (r), 精确到 0.01 mm, 所得数据取平均值, 用于后续分析。

测量标本的体长、体全重, 解剖后测量去内脏重、胃肠重和性腺重等常规生物学指标。相关生物学分析方法依殷名称 (1995)、叶富良和张健东 (2002): (1) 鳞片边缘生长率 $I = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$, R 代表鳞径, r_n 表示鳞焦到近边缘第一圈年轮的距离, r_{n-1} 表示鳞焦到近边缘第二圈年轮的距离; (2) 体长和体重关系 $W = aL^b$ (W 为去内脏重, L 为标准长, a、b 为常数); (3) 体长鳞径关系拟合 $L = a + bR$ (a、b 为常数, L 为实测体长, R 为鳞径); (4) 退算体长 $L_n = a + br_n$ (a、b 为常数, L_n 是 n 年的退算体长, r_n 为鳞焦到 n 年年轮的距离); (5) Von Bertalanffy 生长方程 $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$ 、 $W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$ (t 表示年

龄, L_t 和 W_t 为 t 龄时的平均体长和体重, L_∞ 和 W_∞ 是平均渐进体长和体重, k 为生长系数, t_0 是理论生长起点的年龄); (6) 生长速度 $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)}$ 、 $dW/dt = 3W_\infty k e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^2$;

(7) 生长加速度 $d^2L/dt^2 = -L_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}$, $d^2W/dt^2 = 3W_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}] [3e^{-k(t-t_0)} - 1]$;

(8) 生长拐点 $t_r = \ln 3/k + t_0$ 计算; (9) 丰满度 $K = (W/L^3) \times 100$; (10) 饱满指数 食物团实际重量/鱼体重 $\times 1000$; (11) 绝对繁殖力 卵巢所怀成熟卵粒的总数; (12) 相对繁殖力 绝对繁殖力/去内脏重; (13) 成熟系数 性腺重/去内脏重 $\times 100\%$ 。

卵巢分期依据叶富良和张健东 (2002)。

应用 Excel 2003 和 R3. 2. 1 (R Development Core Team, 2006) 统计软件对相关结果进行分析, 绘制曲线。

2 结果

2.1 年龄

2.1.1 年轮特征和新轮产生时间

宽鳍的鳞片较小, 为圆鳞。鳞焦偏向顶区, 基区边缘光滑整齐, 有些鳞片基区边缘产生波浪状褶皱。环纹基本呈闭合型同心圆状排列; 年轮呈疏密型, 环片在一年中形成疏环和密环, 依次排列,

疏环和密环交界处即为一年轮 (图 2)。根据鳞片边缘生长率周年变化 (图 1) 可知北京地区宽鳍一年产生一个新轮, 新年轮产生于 3 月份。

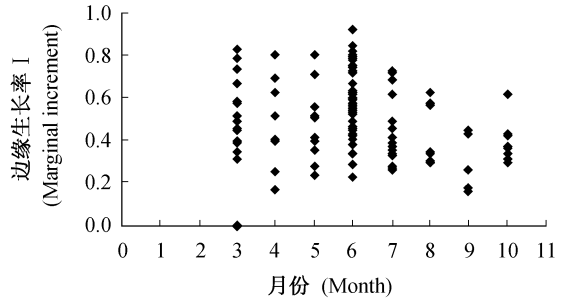


图 1 北京地区宽鳍 鳞片边缘生长率的周年变化
Fig 1 Annual change of marginal increment of *Zacco platypus* in Beijing

2.1.2 年龄组成

观察了 182 尾标本的近 2 000 枚鳞片和其中 30 尾标本的鳃盖骨, 对所得年龄数据进行 0.05 水平上的 t 检验, $P = 0.75 > 0.05$, 表明用鳞片观察的年龄结果与观察鳃盖骨所得的结果无显著差异, 鳞片可以如实反映年龄状况 (图 2)。

鉴定的标本雄鱼 105 尾, 最大 3 龄; 雌鱼 77 尾, 最大 2 龄。各年龄组所占比例的统计结果见表 1。

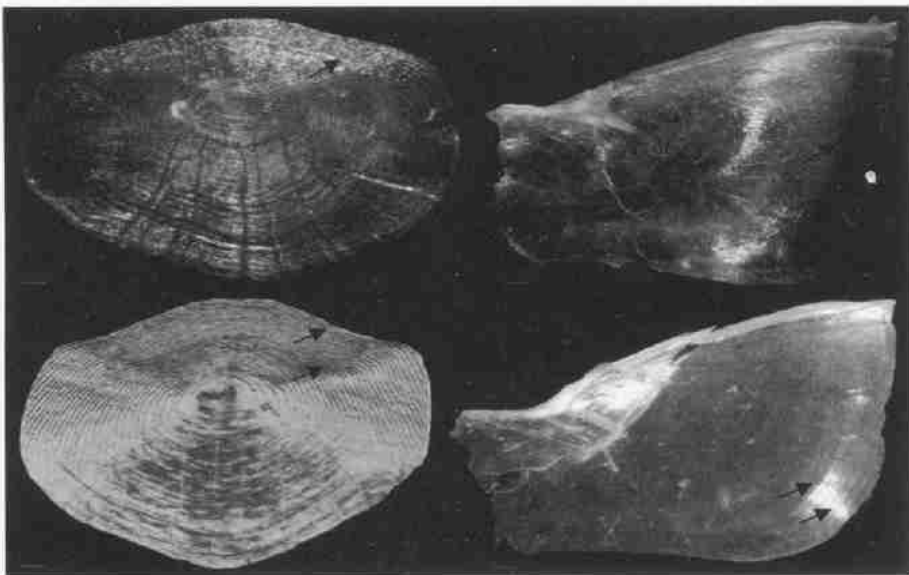


图 2 鳞片、鳃盖骨的年轮对比图示 (箭头所指为年轮)

Fig 2 Comparison of circuli on scales and opercular (arrow heads show annulus)

表1 北京地区宽鳍的年龄组成

Table 1 Age composition of *Zacco platypus* in Beijing

性别 Sex	雄鱼 Male			雌鱼 Female	
年龄组 Age group	1	2	3	1	2
尾数 Number	29	64	12	34	43
比例 Proportion	27.62%	60.95%	11.43%	44.16%	55.84%

2.2 生长

2.2.1 体长/体重关系

由于2006年3月和6月是采用挂网采集到的大个体样本，并非随机采样，为确保结果准确，只对2004年3-11月采集的287尾标本的体长和体重数据进行拟合，其中雄鱼128尾，雌鱼68尾，不能分辨雌雄的98尾。得到的关系曲线见图3。所

得的雌雄混合、雄鱼和雌鱼的体长/体重关系式分别为： $W = 9 \times 10^{-6} L^{3.1947}$ ($r = 0.9784$)， $W_{\delta} = 1 \times 10^{-5} L^{3.1441}$ ($r = 0.9785$)， $W_{\text{♀}} = 7 \times 10^{-6} L^{3.2374}$ ($r = 0.9379$)。

2.2.2 各年龄组体长和体重的生长

根据统计(见表2)，1龄组雌雄鱼体长和体重无显著差异，2龄组雄鱼体长和体重显著大于雌鱼。

2.2.3 Von Bertalanffy 生长方程

共测定了182尾标本的体长和鳞径值，其中雄鱼105尾，雌鱼77尾。拟合体长和鳞径关系式为： $L_{\delta} = 35.53R + 27.47$ ($r = 0.8525$)， $L_{\text{♀}} = 32.21R + 26.48$ ($r = 0.7935$) (图4)。

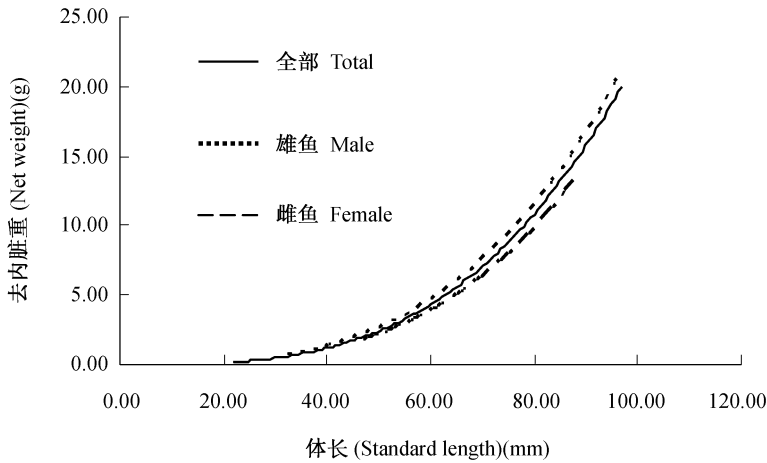


图3 体长/体重关系曲线

Fig 3 Relationship curve of standard length/net weight

表2 不同年龄组的体长和体重生长状况

Table 2 Growth situation of standard length and body weight in different age groups

年龄组 Age group	1		2		3	
	雄鱼 Male (n=27)	雌鱼 Female (n=34)	雄鱼 Male (n=64)	雌鱼 Female (n=43)	雄鱼 Male (n=12)	
体长 Standard length (mm)	幅度 Range	48.83-86.85	49.62-84.58	56.49-107	56.51-101.29	86.41-111.77
	平均 Average	63.94	63.61	83.72	74.33	94.62
	t 检验 t-test	P> 0.05		P< 0.01		
体重 Body weight (g)	幅度 Range	3.02-21.87	3.09-15.49	4.56-23.79	3.33-24.45	12.69-26.36
	平均 Average	7.73	6.30	11.96	9.32	21.08
	t 检验 t-test	P> 0.05		P< 0.01		
年增长 Annual increase of standard length (mm)	63.94	63.61	19.78	10.72	10.9	
年增重 Annual increase of body weight (g)	7.73	6.30	4.23	3.02	9.12	

根据体长与鳞径的线性关系式推算宽鳍 各年龄组体长 (表 3)。由于雌鱼只有 2 龄, 无法拟合 Von Bertalanffy 生长方程, 故只拟合雄鱼体长和体重的 Von Bertalanffy 生长方程: $L_t = 121.56 \times (1 - e^{-0.3718(t + 0.6272)})$, 最大体长为 121.56 mm; $W_t = 41.16 \times (1 - e^{-0.3718(t + 0.6272)})^3$, 最大体重为 41.16 g。根据

Von Bertalanffy 生长方程绘制生长曲线: 雄鱼体长的生长曲线不具拐点, 开始上升很快, 随着年龄的增加, 逐渐趋近渐近线 L_∞ ; 体重生长曲线为不对称的 S 形, 生长拐点为 2.41 龄, 经生长拐点后体重生长转慢 (图 5)。

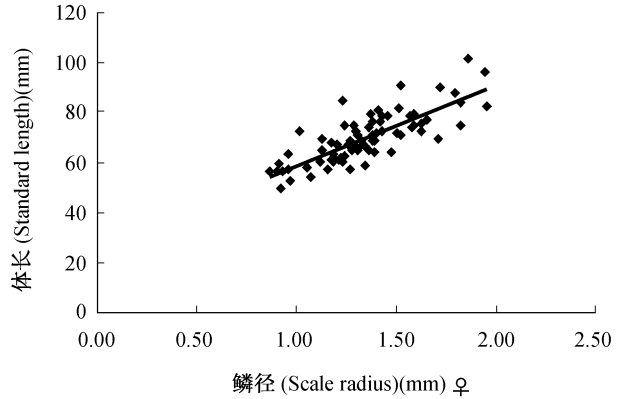
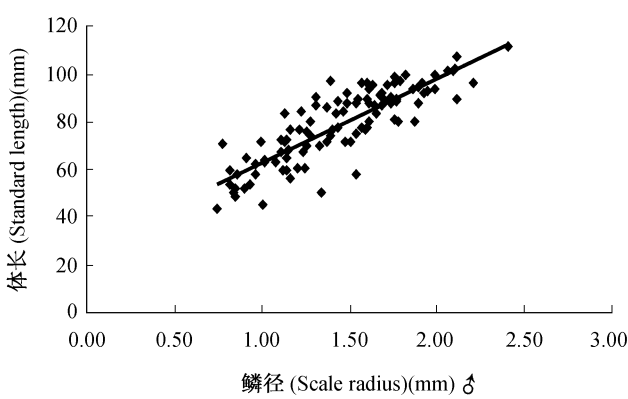


图 4 体长/鳞径相关关系

Fig 4 Relationship of standard length and scale radius

表 3 各年龄组的推算体长

Table 3 Back-calculated standard length of each age group

性别 Gender		雄鱼 Male			雌鱼 Female		
年龄 Age	尾数 Number	鳞焦到第一条年轮的距离 Distance from focus to the first annuli r1	鳞焦到第二条年轮的距离 Distance from focus to the second annuli r2	鳞焦到第三条年轮的距离 Distance from focus to the third annuli r3	尾数 Number	鳞焦到第一条年轮的距离 Distance from focus to the first annuli r1	鳞焦到第二条年轮的距离 Distance from focus to the second annuli r2
1	26	0.78 ± 0.18			34	0.85 ± 0.16	
2	65	0.79 ± 0.16	1.37 ± 0.22		43	0.77 ± 0.15	1.28 ± 0.19
3	12	0.75 ± 0.13	1.31 ± 0.16	1.76 ± 0.18			
平均值 Average value (mm)	103	0.78 ± 0.16	1.36 ± 0.21	1.76 ± 0.18	77	0.80 ± 0.16	1.28 ± 0.19
推算体长 Back-calculated BL (mm)		55.18	75.79	90		52.25	67.71

2.2.4 生长速度和加速度

雄鱼生长速度和加速度方程见表 4。

根据雄鱼生长速度和加速度方程绘制曲线 (图 6)。体长生长速度 (A) 和加速度 (C) 曲线随着年龄的增大, dL/dt 不断递减, d^2L/dt^2 呈递减上升。体重的生长速度曲线 (B) 和加速度曲线 (D) 显示, 当 $t < 2.41$ 龄时, dW/dt 上升, d^2W/dt^2 下降, 但位于 t 轴上方, 体重生长呈递增趋势, 递增速度下降; $t = 2.41$ 龄时, dW/dt 达最大, $d^2W/dt^2 = 0$;

当 $t > 2.41$ 龄时, dW/dt 和 d^2W/dt^2 均下降, d^2W/dt^2 位于 t 轴下方, 为负值, 体重生长进入缓慢期。

2.2.5 丰满度 (fullness) 周年变化

计算全部 508 尾宽鳍 标本的丰满度, 呈现出明显的周年变化: 3-4 月略有下降, 5 月有所回升, 6 月急剧下降; 7-9 月显著回升, 但波动不大; 10 月以后逐渐降低 (图 7)。雄、雌鱼丰满度变化趋势基本一致。

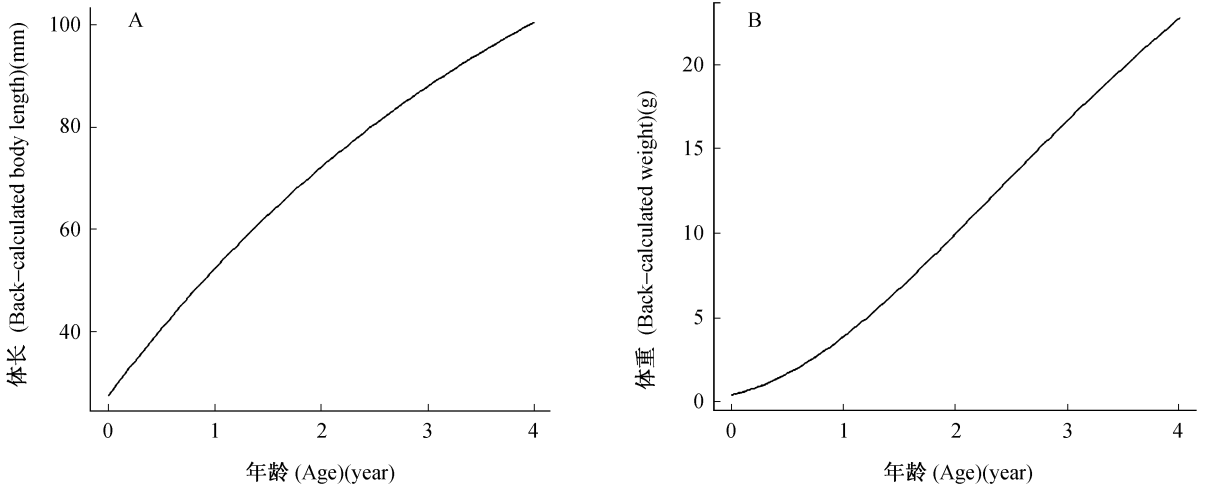


图5 雄鱼体长 (A) 和体重 (B) 生长曲线

Fig 5 Growth curve of standard length (A) and body weight (B) of male

表4 雄鱼生长速度和加速度方程

Table 4 Growth speed and acceleration of male *Zacco platypus*

	体长 Standard length	体重 Body weight
生长速度方程 Equation of growth speed	$dL/dt = 121.56 \times 0.3718 \times e^{-0.3718(t+0.6272)}$	$dW/dt = 3 \times 41.16 \times 0.3718 \times e^{-0.3718(t+0.6272)} [1 - e^{-0.3718(t+0.6272)}]^2$
生长加速度方程 Equation of growth acceleration	$d^2L/dt^2 = -121.56 \times 0.3718^2 \times e^{-0.3718(t+0.6272)}$	$d^2W/dt^2 = 3 \times 41.16 \times 0.3718^2 \times e^{-0.3718(t+0.6272)} [1 - e^{-0.3718(t+0.6272)}] [3e^{-0.3718(t+0.6272)} - 1]$

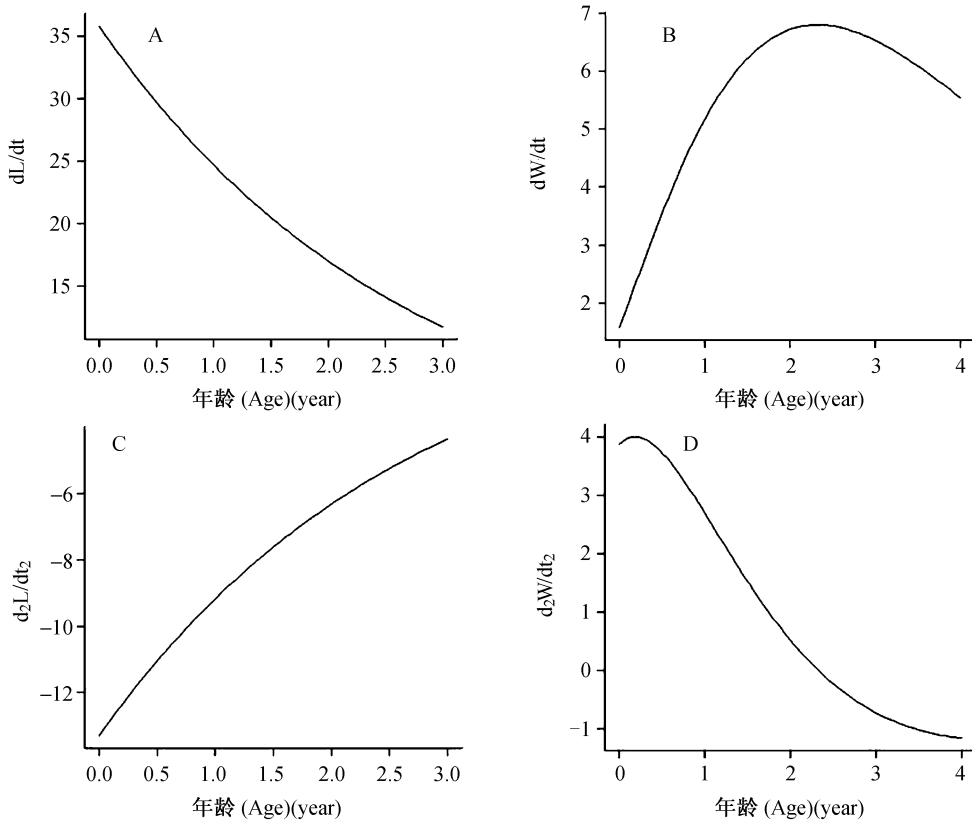


图6 雄鱼体长生长速度 (A)、体重生长速度 (B)、体长生长加速度 (C) 和体重生长加速度 (D) 曲线

Fig 6 Growth speed and acceleration of standard length (A and C) of males, growth speed and acceleration of body weight (B and D) of males

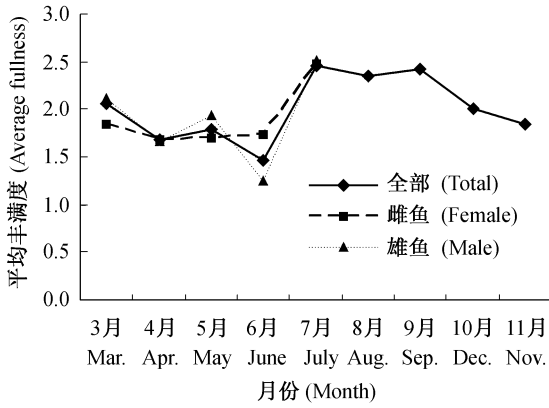


图7 丰满度月变化曲线

Fig. 7 Annual changes of fullness both in females and males

2.3 食性

2.3.1 食物组成

分析了4、5、7、8、10和11共6个月71尾标本的胃肠物，体长范围在43.54 mm - 94.91 mm，均属于食性转变并稳定后的个体。结果表明，宽鳍

以藻类为主要食物，在其食物组成中，包含硅藻、绿藻、蓝藻、裸藻、甲藻等5个门。其中绿藻门19属，硅藻门18属，蓝藻门6属，甲藻门1属，裸藻门1属；较占优势的为硅藻门的脆杆藻属 (*Fragilaria*)、等片藻属 (*Diatoma*)、卵形藻属 (*Cocconeis*)、桥弯藻属 (*Cymbella*)、异极藻属 (*Gomphonema*)、针杆藻属 (*Synedra*)、直链藻属 (*Melosira*)、舟形藻属 (*Navicula*) 等 (表5)。

表5 宽鳍 藻类食物组成属的多度

Table 5 Abundance of genus in alga food composition of *Zacco platypus*

门 Division	属数 Number of genus	占总属数 的百分比 Proportion	属名 Genus name	4月 April	5月 May	7月 July	8月 August	10月 October	11月 November
硅藻门 Bacillariophyta	18	40.0%	波缘藻属 <i>Cymatopleura</i>	-	+	-	+	+	+
			布纹藻属 <i>Gyrosigma</i>	-	+	+	-	-	-
			脆杆藻属 <i>Fragilaria</i>	++	++	++	+++	++	++
			等片藻属 <i>Diatoma</i>	+	+	++	+++	+++	++
			肋缝藻属 <i>Frustulia</i>	-	-	+	-	-	-
			菱板藻属 <i>Hantzschia</i>	+	-	+	-	+	-
			菱形藻属 <i>Nitzschia</i>	+	+	++	++	+	+
			卵形藻属 <i>Cocconeis</i>	+	++	+	+++	++	+
			桥弯藻属 <i>Cymbella</i>	++	++	++	+++	++	++
			曲壳藻属 <i>Achnanthes</i>	+	+	+	+	+	+
			双菱藻属 <i>Surirella</i>	+	-	-	+	-	-
			双眉藻属 <i>Amphora</i>	+	++	+	+	+	+
			小环藻属 <i>Cyclotella</i>	-	+	+	-	+	+
			异极藻属 <i>Gomphonema</i>	+	+	++	+++	+	+
			羽纹藻属 <i>Pinnularia</i>	+	+	+	-	-	+
			针杆藻属 <i>Synedra</i>	+	+	++	++	+	++
			直链藻属 <i>Melosira</i>	+	+	+	++	+	+

续表 (Continued)

门 Division	属数 Number of genus	占总属数 的百分比 Proportion	属名 Genus name	4 月 April	5 月 May	7 月 July	8 月 August	10 月 October	11 月 November
			舟形藻属 <i>Navicula</i>	+	++	++	++	++	+
甲藻门 Pyrrophyta	1	2.2%	多甲藻属 <i>Peridinium</i>	-	-	-	+	-	-
蓝藻门 Cyanophyta	6	13.3%	颤藻属 <i>Oscillatoria</i>	-	-	-	-	+	+
			尖头藻属 <i>Raphidiopsis</i>	-	-	+	-	-	-
			平裂藻属 <i>Merismopediæ</i>	-	+	-	+	-	-
			鞘丝藻属 <i>Lyngbya</i>	-	-	+	++	++	-
			色球藻属 <i>Chroococcaceae</i>	-	-	+	+	-	-
			席藻属 <i>Phormidium</i>	-	-	-	-	-	+
绿藻门 Chlorophyta	19	42.2%	刚毛藻属 <i>Cladophra</i>	-	-	-	+	-	-
			根枝藻属 <i>Rhizoclonium</i>	-	-	-	-	-	+
			鼓藻属 <i>Cosmarium</i>	-	+	+	++	-	-
			角丝鼓藻属 <i>Desmidiæ</i>	-	-	-	+	-	-
			裂线藻属 <i>Schizomeris</i>	++	-	+	+	-	-
			毛鞘藻属 <i>Bulbochaete</i>	-	-	+	++	-	-
			拟新月藻属 <i>Closteropsis</i>	-	-	-	+	-	-
			盘星藻属 <i>Pediastrum</i>	-	-	+	+	+	+
			鞘藻属 <i>Oedogonium</i>	+	-	+	+	+	-
			双胞胎藻属 <i>Geminella</i>	-	-	+	+	-	-
			双星藻属 <i>Zygnema</i>	-	-	+	-	-	+
			水绵属 <i>Spirogyra</i>	+	+	+	+	+	+
			丝藻属 <i>Ulothrix</i>	-	+	-	+	-	+
			韦斯藻属 <i>Westella</i>	+	-	-	-	-	-
			纤维藻属 <i>Ankistrodesmus</i>	-	-	-	+	-	+
			新月藻属 <i>Closterium</i>	-	-	-	+	-	-
			栅藻属 <i>Scenedesmus</i>	-	+	+	++	+	+
			角星鼓藻属 <i>Staurastrum</i>	-	-	+	+	-	-
			转板藻属 <i>Mougeotia</i>	-	-	+	+	-	-
裸藻门 Euglenophyta	1	2.2%	囊裸藻属 <i>Trachelomonas</i>	-	+	-	-	-	-

同一视野下镜检不到的藻类记为“-”，镜检到但相对数量不到10%的藻类记为“+”，相对数量占到10%–20%的藻类记为“++”，相对数量占到30%及以上的藻类记为“+++”。

No alga recorded as“-”; algae less than 10% recorded as“+”, 10%–20% as“++”, more than 30% as“+++”.

2.3.2 摄食强度周年变化

食物饱满指数 (Fillness index) 可以反映鱼类的摄食状况。计算全部 508 尾标本的食物饱满指数, 结果显示: 北京地区宽鳍 全年食物饱满指数变动在 537- 1 904之间; 3月和5月存在两个高峰, 4月和6月有两个低谷, 6月过后逐渐升高, 8- 11月逐渐下降, 但变化幅度比前几月小 (图 8)。

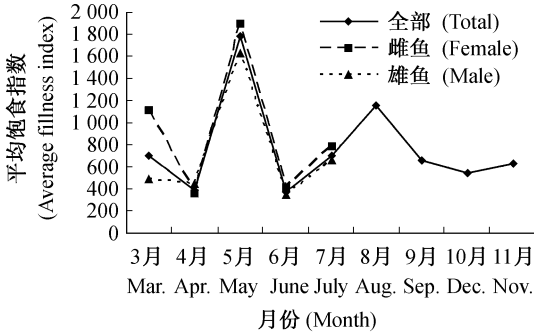


图 8 食物饱满指数年变化曲线
Fig 8 Annual changes of fillness index

2.4 繁殖

2.4.1 性比

在2004年3- 11月随机采集的287尾标本中, 可辨别雌雄的个体共计142尾, 占总数的49.48%。其中, 雄鱼75尾, 雌鱼67尾, 雌雄性比为1: 1.12。对此结果进行雌雄性比是否符合1: 1的 χ^2 检验, $\chi^2 = 0.45 < \chi^2_{0.01} = 2.71$, 雌雄性比符合1: 1极显著, 故此种群雌雄性比符合1: 1。

2.4.2 卵径和繁殖力

共测量了26尾IV期雌鱼的卵径, 计数怀卵量/g、绝对繁殖力和相对繁殖力。北京地区宽鳍 卵径介于0.58 mm- 1.53 mm之间, 平均1.04 mm; 绝对繁殖力783 mm- 4 353粒, 平均1 715粒; 相对繁殖力285- 874粒, 平均532粒。据观察, IV期卵巢中越近泄殖腔的卵粒发育成熟度越高。

2.4.3 性腺成熟系数周年变化

根据每月性腺成熟系数的平均值, 绘制性腺成熟系数周年变化曲线 (图 9)。根据变化曲线可知北京地区宽鳍 雌鱼性腺成熟系数5月最大, 为16.95%; 周年变化较大, 3月最低时为2.91%。雄鱼6月性腺成熟系数最大, 为6.98%, 周年变化幅度较雌鱼明显为小。

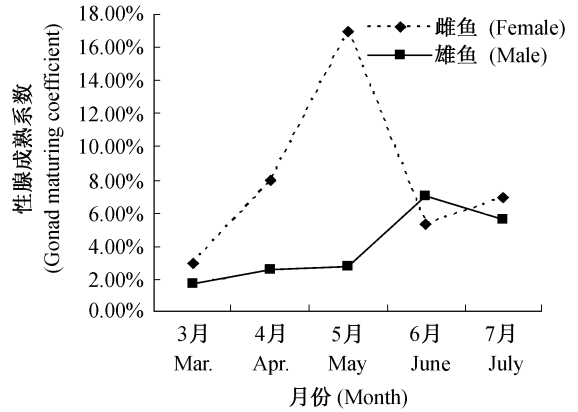


图 9 性腺成熟系数月变化
Fig 9 Annual changes of gonad maturing coefficient

3 讨论

3.1 年龄

对北京地区宽鳍 年龄的鉴定结果显示, 雄鱼年龄组成为1- 3龄, 雌鱼为1- 2龄。说明北京地区分布的宽鳍 寿命较短, 年龄结构简单; 雄鱼寿命略长于雌鱼。

嘉陵江水系的宽鳍 ①雄鱼最大3龄, 雌鱼最大2龄, 雄鱼寿命长于雌鱼。显示出无论南北, 自然生活的宽鳍 的寿命都比较短。

3.2 生长

根据对鱼类体长/体重关系的研究 (殷名称, 1995; 黄真理、常剑波, 1999; 叶富良、张健东, 2002), b值不等于3时鱼类种群呈异速增长, a值越大鱼体越肥硕。北京地区和嘉陵江水系宽鳍 体长/体重关系曲线中b值均不等于3, 反映出两地种群均为异速增长; 两地雄鱼a值均大于雌鱼, 说明两地雄鱼比雌鱼均更肥硕 (表 6)。

表 6 北京和嘉陵江的宽鳍 雌雄鱼体长体重关系式的比较
Table 6 Comparison of body length-weight relationship of *Zacco platypus* between Beijing and Jialing River System

	雄鱼 Male	雌鱼 Female
北京 Beijing	$W = 1 \times 10^{-5} L^{3.1441}$	$W = 7 \times 10^{-6} L^{3.2374}$
嘉陵江 Jialing River system	$W = 5.225 \times 10^{-5} L^{3.3358}$	$W = 3.372 \times 10^{-6} L^{2.9543}$

① 四川省嘉陵江水系鱼类资源调查组. 嘉陵江水系鱼类资源调查报告, 1980.

根据不同年龄组雌雄鱼的生长状况(表2),北京地区宽鳍 1龄雌雄鱼体长和体重差异不明显,2龄雄鱼体长和体重均显著大于雌鱼。缪学祖(1983)、杨代勤等(1999)和陈军等(2003)曾认为雌鱼性成熟前生长快于雄鱼,进入繁殖年龄后,大部分能量用于卵巢发育,而雄鱼大部分能量用于增长和增重。根据性腺观察结果,生活于该地区的

宽鳍 1冬龄即性成熟,雌鱼性成熟后大部分营养成分用于性腺发育,生长速度较雄鱼变慢,故体长和体重均明显小于雄鱼。嘉陵江水系宽鳍 雌雄鱼体长和体重均较北京地区的大(表7),这可能与两地的气候条件不同有关。嘉陵江水系比北京地区纬度低,年均水温高、年内生长时间应该长于北京。

表7 宽鳍 北京种群和嘉陵江种群各年龄组体长和体重比较

Table 7 Comparison of standard length and body weight of different age groups of *Zacco platypus* between Beijing and Jialing River System

年龄组 Age group		1		2		3	
性别 Sex		雄鱼 Male	雌鱼 Female	雄鱼 Male	雌鱼 Female	雄鱼 Male	
北京 Beijing	平均体长 Average standard length (mm)	63.94	63.61	83.72	74.33	94.62	
	平均体重 Average body weight (g)	7.73	6.30	11.96	9.32	21.08	
嘉陵江 Jialing River System	平均体长 Average standard length (mm)	111	78	121	96	122	
	平均体重 Average body weight (g)	35	13	45	24	48.3	

各龄组推算体长均小于实测体长,1龄鱼尤为显著。一些研究(孙帼英、郭学彦,1996)认为这可能是由于推算体长是根据体长与鳞径相关关系计算的理论值,而实际上该鱼在年轮形成后正处于生长旺盛的阶段,因此,实际体长的增长要大于理论值。这种影响可能对像宽鳍 这样的中小型低龄鱼更为明显。由于雌鱼只有2龄,无法拟合生长方程。但根据测得的各龄鳞径和推算体长,雌雄鱼表现出的生长趋势基本还是相同的,所以我们认为雄鱼的生长曲线基本可以反映雌鱼的生长趋势。

北京地区宽鳍 的丰满度呈现出明显的周年变化,这可能与水温变化和繁殖期影响有关。5月份,北京地区进入仲春,水温回升较高,水中的食物更加丰富,丰满度上升;6月份正是宽鳍 繁殖高峰期,受繁殖活动的影响,摄食强度会有所降低,同时体能会被大量消耗,丰满度最低;7月份以后,随着繁殖期结束,大量进食,丰满度明显回升;9月份以后,北京地区天气转冷,水温下降,水中食物减少,丰满度随之降低。雌雄鱼年周期内的变化趋势基本一致。

3.3 食性

根据食性分析结果(表5),北京地区的宽鳍 主要摄食藻类,其中又以硅藻为主。张茹春等(2006)曾对北京怀沙河和怀九河水生生物自然保护区内藻类组成及其时空分布进行了研究,结果显示,该地区藻类以硅藻门、蓝藻门和绿藻门为主,5-10月水温较高的月份以蓝藻门和绿藻门的物种多度较高。北京地区宽鳍 食物中,全年硅藻门物种多度最高,在数量上的优势更大,而蓝藻门和绿藻门的优势不明显。这与张茹春等(2006)的研究结果有一定差异,说明宽鳍 对藻类的取食是有选择性的,更喜食硅藻。

相关研究显示^①,嘉陵江水系的宽鳍 以肉食性为主,主要摄食浮游动物和小鱼,偶尔出现在消化道中的藻类可能是摄食过程中带入的。针对这一结果,对我们2004年6月采自嘉陵江水系的8尾宽鳍 标本的食性进行了检验,结果显示,这些标本肠含物的主要成分仍为藻类,只发现少量昆虫附肢。此外,我们还对采自江西和广西的8尾标本进行了食性分析,结果显示也是以藻类为主。因此,

① 四川省嘉陵江水系鱼类资源调查组. 嘉陵江水系鱼类资源调查报告, 1980.

我们认为南北方分布的宽鳍 可能都主要摄食藻类, 个别肉食性食物成分可能是随摄食的藻类带入的。

3.4 繁殖特性

性腺成熟系数是衡量性腺发育程度的一个标志(叶富良、张健东, 2002)。根据性腺成熟系数周年变化曲线分析, 宽鳍 雌鱼性腺成熟系数周年内只在5月份出现一个高峰, 说明应为春季产卵的鱼类, 但一直到7月份成熟系数都比较高, 反映出其繁殖期持续的时间比较长; 雄鱼性腺成熟系数最高值出现在6月, 至7月份也开始下降, 变化趋势与雌鱼基本一致。

嘉陵江种群1龄成熟, 4-7月为繁殖期, 略早于北方种群, 但延续的时间相同; 此外, 两地种群成熟系数高值均出现在春季, 反映出宽鳍 应为春季产卵鱼类, 一年只有一个繁殖季节。

3.5 北京地区宽鳍 种群资源的可持续利用

宽鳍 作为京郊山区主要的经济鱼类之一, 对其过度捕捞的现象时有发生。基于北京地区宽鳍 的生物学特性, 结合该地区的环境特点, 我们提出以下几点合理开发利用宽鳍 种群资源的建议。

3.6 控制捕捞数量, 避免过度捕捞

一个正常的鱼类种群是由处于不同生长期、不同年龄段的若干个体组成的, 在资源利用过程中, 需要了解该区域内鱼类种群的结构, 捕捞体长合适的个体, 维持种群的稳定。我们在研究过程中发现, 北京地区宽鳍 大多数个体的体长均集中在50 mm-70 mm, 较大个体数量很少, 只占全部个体的10%。可见北京地区的宽鳍 受到过大的捕捞压力, 处于生长旺盛期的个体被大量捕捞, 使得种群年龄组成偏小。建议有关部门能加强渔业管理, 限制捕捞数量, 控制捕捞强度, 避免过度捕捞, 破坏正常的种群结构。

3.7 选择适宜捕捞季节, 维持种群规模

北京地区的宽鳍 春季进行繁殖, 繁殖期会出现集群现象。在资源本已不足的情况下, 繁殖季节进行捕捞会使具有繁殖能力的个体在完成繁殖以前被大量捕捞, 直接减少了剩余群体和补充群体的数量, 影响物种的繁衍生息。建议现阶段在繁殖季节严禁进行捕捞, 以维持和恢复野生鱼类资源的数量。

3.8 保护原有生境, 减少人为干扰

宽鳍 一般生活在较浅的山区河流中, 产卵场多在流速较缓碎石底质的河段。野外实地调查发

现, 怀沙河和怀九河普遍存在修建小水坝拦河截水的现象, 这些小水坝把本应流动的溪流拦截成了相对静止的小湖泊, 直接影响到宽鳍 正常的生活环境。此外, 沿河还建有大量的宾馆、饭店, 密度过大的虹鳟、鲟、鸭养殖场等, 所形成的污水几乎没有经过任何处理直接排入河中; 沿河村镇的固体废物场也基本建于河道内, 未经处理的固体废物随处可见。应该说流域内点源污染相当严重, 特别在5-10月的旅游旺季, 很多河段河水呈茶褐色。电鱼现象也经常发生。上述现象对流域内包括宽鳍 在内的鱼类的生存无疑造成了严重的负面影响。建议有关部门应进一步加大环保宣传, 提高各级相关领导和当地居民的环保意识, 爱护环境就是爱护自己的家园, 就是为自己和子孙后代造福。

致 谢 原中国科学院动物研究所博士研究生李高岩和张振玲, 硕士研究生卞绍雷, 原上海水产大学刘东硕士, 农业部渔政指挥中心王丹硕士, 清华大学的毕楷杰(Dr. Mike Bisset) 副教授等参与野外调查和标本采集; 河北师范大学生命科学学院赵建成教授和张茹春老师协助进行食性分析; 北京市怀柔区渔政监督管理站对于标本采集的大力支持, 特此致谢!

参考文献 (References)

- Chen J, Zheng WB, Wu YY, Fang ZQ, Xiao ZH, 2003. The growth and fecundity of *Siniperca chuatsi* and *Siniperca kneri*. *Journal of South China Normal University (Natural Science Edition)* 1 (1): 10-14 (In Chinese).
- Chen YY et al., 1998. *Fauna Sinica Osteichthyes Cypriniformes II*. Beijing: Science Press (In Chinese).
- Huang ZL, Chang JB, 1999. Fractal characteristics of length-weight relationship in fish. *Acta Hydrobiologica Sinica* 23 (4): 330-336 (In Chinese).
- Miao XZ, Yin MC, 1983. Studies on the biology of *Hemibarbus maculatus* in Taihu Lake. *Journal of Fisheries of China* 7 (1): 31-43 (In Chinese).
- R Development Core Team, 2006. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Sun GY, Guo XY, 1996. Studies on the biology of *Odontobutis potamophila* in Taihu Lake. *Journal of Fisheries of China* 20 (3): 193-202 (In Chinese).
- Yang DQ, Chen F, Fang CY, Luo JB, 1999. Studies on age and growth of *Channa asiatica*. *Journal of Fishery Sciences of China* 6 (3): 10-13.
- Ye FL, Zhang JD, 2002. *Fish Ecology*. Guangdong: Guangdong Higher Education Press (In Chinese).
- Yin MC, 1993. Age and growth of *Paracanthobrama guichenoti* Bleeker from Lake Taihu. *Acta Ecologica Sinica* 13 (1): 38-44 (In Chinese).
- Yin MC, 1995. *Fish Ecology*. Beijing: Chinese agriculture Press (In Chinese).
- Zhang RC, Niu YL, Zhao JC, Chang BQ, Yu SP, Hu YJ, 2006. Algae composition and temporal and spatial distributions in Huaishan River-Huaijiuhe River Natural Reserve. *Acta Bot. Boreal. - Occident.*

Simica 26 (8): 1 663- 1 670 (In Chinese).

- 陈 军, 郑文彪, 伍育源, 方占强, 肖 智, 2003. 鳊鱼和大眼鳊生长和繁殖力的比较研究. 华南师范大学学报 (自然科学版) 1 (1): 10- 14.
- 陈宜瑜等, 1998. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目 (中卷). 北京: 科学出版社.
- 黄真理, 常剑波, 1999. 鱼类体长与体重关系中的分形特征. 水生生物学报 23 (4): 330- 336.
- 缪学祖, 殷名称, 1983. 太湖花鱼骨的生物学研究. 水产学报 7 (1): 31- 43.
- 孙帼英, 郭学彦, 1996. 太湖河川沙塘鳢的生物学研究. 水产学报

20 (3): 193- 202.

- 杨代勤, 陈 芳, 方长琰, 罗静波, 1999. 月鳢年龄与生长的研究. 中国水产科学 6 (3): 10- 13.
- 叶富良, 张健东, 2002. 鱼类生态学. 广州: 广东高等教育出版社.
- 殷名称, 1993. 太湖似刺鳊 年龄和生长的研究. 生态学报 13 (1): 38- 44.
- 殷名称, 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社.
- 张茹春, 牛玉璐, 赵建成, 常宝权, 于淑萍, 胡亚军, 2006. 北京怀沙河、怀九河自然保护区藻类组成及时空分布动态研究. 西北植物学报 26 (8): 1 663- 1 670.