

异鳔鳅 年龄结构、生长特性与生活史类型

王生^{①②} 田辉伍^{①②} 罗宏伟^{①②} 李小芳^{①②} 段辛斌^② 刘绍平^② 陈大庆^{②*}

① 西南大学生命科学学院 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室 重庆 400715;

② 农业部长江中上游渔业资源环境科学观测实验站 中国水产科学研究院长江水产研究所 武汉 430223

摘要:2010年10月至2011年7月在长江上游宜宾至江津江段采集405尾异鳔鳅 (*Xenophysogobio boulengeri*) 样本。以耳石作为主要年龄鉴定材料,研究了异鳔鳅的年龄结构和生长特征,采用模糊聚类分析法推断了异鳔鳅的生活史类型。结果表明:长江上游异鳔鳅由4个年龄组组成,其中优势年龄组为1~2龄(占83.70%);体长(L)与体重(W)关系为 $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2943}$ ($r^2 = 0.9413$, $n = 405$, $F = 6040.22$, $P < 0.01$),体长与耳石半径(R)的关系为 $L = 0.0008R^2 - 0.1684R + 42.504$ ($r^2 = 0.8365$, $n = 399$, $F = 399.20$, $P < 0.01$); von Bertalanffy 方程描述的生长方程为 $L_t = 179.49(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})$ 、 $W_t = 133.18(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})^{3.2943}$, 体重生长拐点年龄为4.48龄;异鳔鳅属于 r -选择类型鱼类。当前长江上游异鳔鳅群体生长特征较2001~2002年已发生变化,因此有必要采取保护措施。

关键词:异鳔鳅; 年龄; 生长; 生活史; 长江上游

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)03-01-08

Age Structure, Growth Characteristics and Life-history Pattern of *Xenophysogobio boulengeri*

WANG Sheng^{①②} TIAN Hui-Wu^{①②} LUO Hong-Wei^{①②} LI Xiao-Fang^{①②}
DUAN Xin-Bin^② LIU Shao-Ping^② CHEN Da-Qing^{②*}

① Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Ministry of Education) School of Life Science Southwest University, Chongqing 400715; ② Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the

Upper and Middle Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Yangtze River Fisheries

Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China

Abstract: A total of 405 specimens of *Xenophysogobio boulengeri* were collected from October 2010 to July 2011 in the upper reaches of the Yangtze River. The age structure and growth characteristics were studied by otolith, then the life history pattern was concluded by the method of fuzzy cluster analysis. The results showed that, the catch consisted of four age groups and individuals of age 1 to 2 groups were dominant, occupying more (83.70%). The relationship between body length and weight was described by formula $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2943}$ ($r^2 = 0.9413$, $n = 405$, $F = 6040.22$, $P < 0.01$). The body length and otolith radius could be expressed as $L = 0.0008R^2 - 0.1684R + 42.504$ ($r^2 = 0.8365$, $n = 399$, $F = 399.20$, $P < 0.01$). The von Bertalanffy equations of the species were calculated by $L_t = 179.49(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})$, $W_t = 133.18(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})^{3.2943}$. The age inflection point of body weight was estimated at 4.48 years. According to the

基金项目 中国长江三峡集团公司项目(No.0799527),公益性行业(农业)科研专项经费(No.200903048);

* 通讯作者, E-mail: chdq@yfi.ac.cn;

第一作者介绍 王生,男,硕士研究生;研究方向:鱼类生态学;E-mail: wangsheng_86@163.com。

收稿日期:2011-12-13,修回日期:2012-02-25

typical characteristics of r and k selection and the results of fuzzy cluster analysis, it was concluded that the life-history pattern of *X. boulengeri* tended to r -selection. Compared with samples of this fish from the study area in 2001–2002, the growth characteristics of them have changed in the upper reaches of the Yangtze River, therefore it is urgent to take protective measures for this fish.

Key words: *Xenophysogobio boulengeri*; Age; Growth; Life-history pattern; The upper reaches of Yangtze River

异鳔鳅 (*Xenophysogobio boulengeri*) 隶属于鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae) 鳅亚科 (Gobiobotinae) 异鳔鳅属^[1], 是中国长江上游特有鱼类^[2], 主要分布于长江上游干流及其支流, 通常栖息于江河流入处的沙石底上, 以底栖无脊椎动物为食^[3]。目前, 有关异鳔鳅的研究多见于分类学、系统发育和生物地理学^[4-6], 曹玉琼^[7]曾研究过异鳔鳅的年龄、生长及繁殖生物学, 但样本采集仅局限于长江上游宜宾段, 不能完整地反映长江上游异鳔鳅的生物学特征及其差异, 且长江上游生境自2003年三峡工程正式蓄水后已发生了较大的变化^[8]。异鳔鳅作为喜流水性生活的鱼类^[3], 其生物学特性是否发生改变有待进一步研究。本文对长江上游宜宾至江津江段异鳔鳅的年龄结构及生长特性做了进一步研究, 同时研究了其生活史类型, 以期为制定长江上游渔业资源的科学利用和有效保护对策提供依据, 同时为探讨环境变化后鱼类种群动态及其生长规律等积累资料。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料来源 2010年10月至2011年7月于长江上游宜宾至江津江段采集异鳔鳅样本405尾, 主要捕捞网具为百袋网(网衣网目15 mm, 集鱼袋网目8 mm)。在新鲜状态下测定体长(从头的最前端到尾鳍基的长度, 精确到1 mm)、体重(精确到0.1 g)等可量性状, 现场解剖并判断性腺发育时期, 性腺发育期的确定参照黄海水产研究所的六期划分标准^[9], 并摘取耳石、鳞片、脊椎骨、鳃盖骨作为年龄鉴定材料。

1.1.2 材料处理 耳石: 本研究所取耳石为微

耳石, 将其用无水乙醇洗净脱脂后, 加入适量中性树胶固定在载玻片上, 烘干后先用3 000#砂纸粗磨, 再用5 000#砂纸抛光, 边打磨边用解剖镜观察, 直到能观察到耳石核后翻面, 继续打磨至轮纹清晰为止。打磨好的耳石磨片经二甲苯透明和中性树胶封片后烘干, 置于Olympus显微镜下拍照, 借助耳石轮纹测量系统 (otolith daily ring measurement system, Ratoc System Engineering Co, Ltd) 测量耳石年轮半径。鳞片: 每尾摘取背鳍基起点下方, 侧线鳞以上2~3行形状规则的鳞片5~10枚, 放入4%的KOH溶液中浸泡, 洗净晾干后以2片载玻片夹片直接在Olympus解剖镜下观察。脊椎骨: 摘取颅腔后一段脊椎骨(3~5节), 经自然腐烂后洗净, 用无水乙醇脱脂并晾干后在Olympus解剖镜下观察。鳃盖骨: 摘取右侧鳃盖骨, 用1%的KOH溶液煮沸7~8 min, 洗净晾干后置于Olympus解剖镜下观察。

1.2 数据处理

1.2.1 生长特征 采用耳石半径与体长关系公式进行理论体长推算。根据各龄组平均推算体长、体重分别计算异鳔鳅的相关生长参数, 并采用 von Bertalanffy 生长方程描述其生长过程^[9]。

1.2.2 生活史类型 初次性成熟年龄 (T_m) 为各龄样本中有50%以上的个体有成熟性腺的最低年龄^[10]。体长组距划分按 Snedecor 及 Sturges 公式^[11] 计算: 组距 = Range / (Range / SD × 4), 组距 = Range / (1 + 3.322 × lgN), 其中, Range 表示体长全距, 即最大体长与最小体长的差值, SD 表示体长的标准差, N 表示尾数。

通过模糊聚类分析法分析异鳔鳅的生活史类型, 选取渐进体长 (L_∞)、渐进体重 (W_∞)、生长系数 (K)、初次性成熟年龄 (T_m)、瞬时自

然死亡率(M)和最大年龄(T_{\max})6个生态学参数进行聚类分析,其中渐进体长(L_{∞})、渐进体重(W_{∞})、生长系数(K)和初次性成熟年龄(T_m)为 von Bertalanffy 生长方程参数。瞬时自然死亡率(M)和最大年龄(T_{\max})由经验公式求得^[12-13]: $\lg M = -0.0066 - 0.2791 \lg L_{\infty} + 0.65311 \lg K + 0.4634 \lg T$, 式中, L_{∞} 为渐进体长, K 为生长系数, T 为长江上游全年平均水温。 $T_{\max} = \frac{3}{K} + t_0$, 式中, K 为生长系数, t_0 为理论生长起点年龄。

所有数据用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 进行记录和分析,用 Photoshop 9.0 进行图像处理。

2 结 果

2.1 年轮特征 异鳢鳅 微耳石(图 1A)呈不规则的圆锥形,两面微凸,中心区域较厚,在显微镜下其年轮特征较为明显,耳石核心至 1 龄存在明显副轮;鳞片(图 1B)上年轮特征不明显,轮纹有缺损或碎裂,影响年轮判读;脊椎骨(图 1C)年轮特征较明显,但起始年轮较难判定;鳃盖骨(图 1D)轮纹不明显,不适合鉴定年龄。

2.2 渔获物年龄组成和体长体重分布 共收集了 405 尾样本,通过耳石鉴定年龄,异鳢鳅 样本由 1~4 龄共 4 个年龄组组成,优势龄组为 2~3 龄(83.70%),其中 3 龄组比例最大,占总数的 50.86%;其次是 2 龄组,占 32.84%;4 龄及以上个体数量较少(表 1),部分 1 龄鱼个体尚未进入渔具选择范围,其实际数量和比例应该高于统计值。

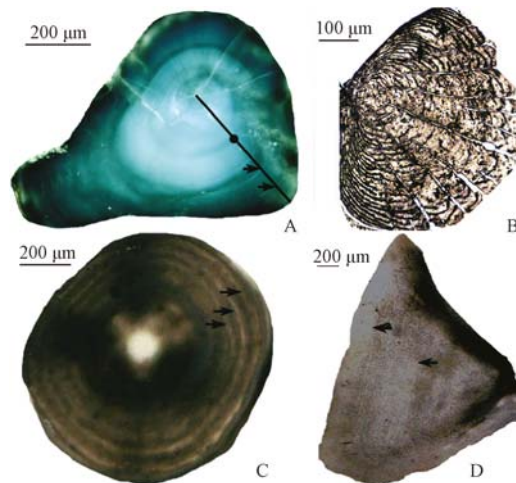


图 1 异鳢鳅 年龄鉴定材料及年轮

Fig. 1 Annuli on several kinds of material for age determination of *Xenophysogobio boulengeri*

A: 耳石; B: 鳞片; C: 脊椎骨; D: 鳃盖骨;

➔ 示年轮; • 示副轮。

A: Otolith; B: Scale; C: Vertebra; D: Opercular;

➔ Show annuli; • Show false ring.

2.3 体长与体重、耳石半径关系 异鳢鳅 的体重(W)和体长(L)呈幂函数相关,关系式为: $W = 5 \times 10^{-6} L^{3.2943}$ ($r^2 = 0.9413$, $n = 405$, $F = 6040.22$, $P < 0.01$)。

采用不同方程拟合异鳢鳅 的体长和耳石半径的关系方程,结果显示,多项式的决定系数最高。异鳢鳅 体长与耳石半径关系式为: $L = 0.0008R^2 - 0.1684R + 42.504$ ($r^2 = 0.8365$, $n = 399$, $F = 399.20$, $P < 0.01$), 式中, L 为体长(mm), R 为耳石半径(μm)。

表 1 异鳢鳅 各年龄组体长和体重实测值

Table 1 Body length and body weight of *Xenophysogobio boulengeri* in different age groups

年龄 Age	样本数 The number of samples	百分比 Percentage (%)	实测体长 Body length(mm)		实测体重 Body weight(g)	
			范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	范围 Range	平均值 ± 标准差 Mean ± SD
1	15	3.70	59 ~ 61	59.20 ± 2.05	2.8 ~ 3.2	2.98 ± 0.41
2	133	32.84	62 ~ 79	66.43 ± 4.47	3.9 ~ 9.4	5.11 ± 1.05
3	206	50.86	75 ~ 93	83.06 ± 5.25	5.5 ~ 14.8	9.88 ± 2.46
4	51	12.59	94 ~ 118	100.32 ± 4.16	13.1 ~ 23.8	17.91 ± 2.76
总计 Total	405	100.00				

表 2 异鳔鳅 的实测体长和推算体长

Table 2 Actual body length and back calculated body length of *Xenophysogobio boulengeri*

年龄 Age	样本数 The number of samples	实测平均体长 body length(mm)	推算体长 Back-calculated body length(mm)		
			L_1	L_2	L_3
2	133	66.43	53.18		
3	206	83.06	49.45	78.88	
4	51	100.32	49.41	80.60	101.38
推算体长均值 Back-calculated body length on average			50.74	79.21	101.38

按体长与耳石半径关系式进行体长推算, 得到异鳔鳅 各龄组的推算体长(表 2)。

2.4 生长特征 根据推算的各年龄组平均体长, 采用最小二乘法求得生长参数^[14]: $L_{\infty} = 179.49$ mm; $K = 0.2498$; $t_0 = -0.2898$ 龄; $W_{\infty} = 133.18$ g。将各参数代入 von Bertalanfy 方程, 得到异鳔鳅 体长和体重生长方程: $L_t = 179.49(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})$, $W_t = 133.18(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})^{3.2943}$, t 表示年龄, L_t 和 W_t 分别表示 t 龄时的平均体长和体重。

异鳔鳅 体长生长曲线没有拐点, 逐渐趋向于渐进体长; 体重生长曲线则呈非对称的“S”形, 在拐点年龄以前, 体重生长呈加速趋势, 在拐点处增长速度最大, 而后生长速度逐渐下降并趋向于渐进体重(图 2)。

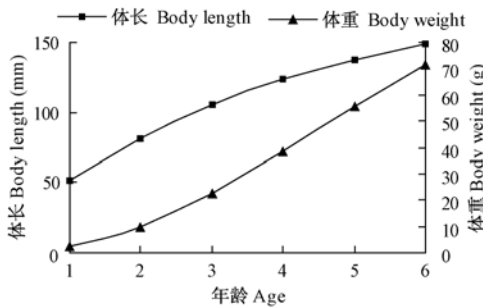


图 2 异鳔鳅 体长和体重生长曲线

Fig. 2 The growth curves of body length and body weight of *Xenophysogobio boulengeri*

对体长、体重生长方程求一阶导数和二阶导数, 得到异鳔鳅 体长、体重生长速度和生长加速度方程。 $dL/dt = 44.85e^{-0.2498(t+0.2898)}$, $d^2L/dt^2 = -11.21e^{-0.2498(t+0.2898)}$, $dW/dt = 109.63e^{-0.2498(t+0.2898)}(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})^{2.2943}$,

$d^2W/dt^2 = 27.39e^{-0.2498(t+0.2898)}(1 - e^{-0.2498(t+0.2898)})^{1.2943}(3.2943e^{-0.2498(t+0.2898)} - 1)$, t 表示年龄; L 和 W 分别表示 t 龄时的平均体长和体重。

异鳔鳅 体长生长的速度和加速度都不具有拐点, 生长速度随年龄增长呈递减趋势, 并逐渐趋向于 0。体长生长加速度逐渐递增, 但加速度一直小于 0, 说明其体长生长速度出生时最高, 年龄越大, 其递减速度渐趋缓慢(图 3)。

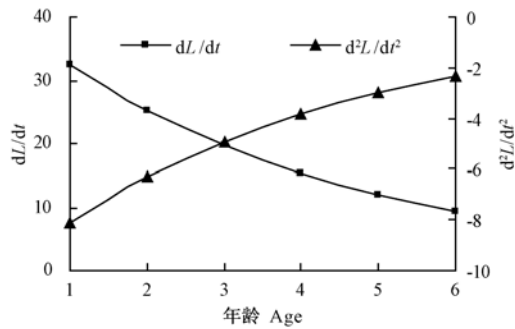


图 3 异鳔鳅 体长生长速度和加速度随年龄变化曲线

Fig. 3 The growth rate and acceleration curves of body length of *Xenophysogobio boulengeri*

体重生长速度和加速度曲线均具有明显拐点。体重生长速度呈现先升后降的特点, 当体重生长加速度为 0 时, 体重生长速度达到最大值, 此为体重生长拐点, 拐点年龄为 $t_1 = 4.48$ 龄, 该拐点年龄所对应的体长和体重分别是: $L_1 = 125.00$ mm, $W_1 = 40.44$ g。其后加速度小于 0, 进入种群体重增长递减阶段(图 4)。

2.5 生活史类型 根据所采异鳔鳅 样本的体长分布范围, 按 Snedecor 公式计算, 其中 $Range = 66$ mm, $SD = 10.68$, 代入公式: 组距 = $Range / (Range/SD \times 4)$, 得到组距 = 2.67 mm;

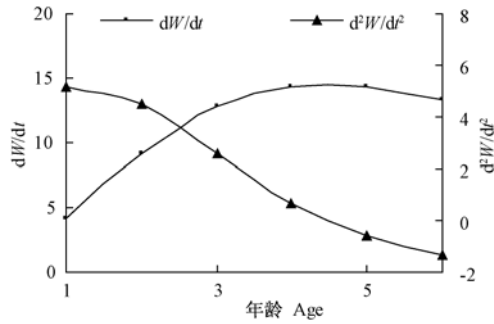


图 4 异鳢 体重生长速度和加速度随年龄变化曲线

Fig. 4 The growth rate and acceleration curves of body weight of *Xenophysogobio boulengeri*

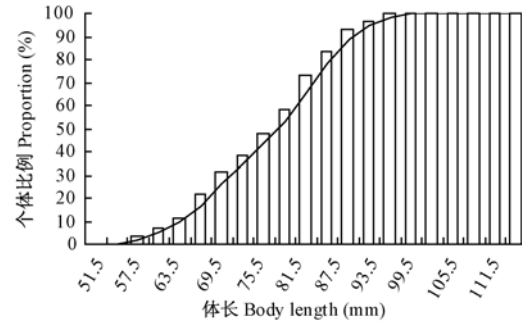


图 5 异鳢 的性成熟个体在不同体长组的百分比组成

Fig. 5 Percentage distribution of mature fish and their body length of *Xenophysogobio boulengeri*

按 Sturges 公式计算,其中 $N = 405$ 尾,代入公式,组距 = $\text{Range} / (1 + 3.322 \times \lg N)$,得到组距 = 3.15 mm 。将上述 2 种方法计算的组距值进行平均,作为异鳢 的体长分组组距,即组距 = $(2.67 \text{ mm} + 31.5 \text{ mm}) / 2 = 2.91 \text{ mm}$,取整数,故划分组距为 3 mm 。统计各体长组性成熟个体比例(图 5),其中 50% 以上个体达到性成熟的体长组的平均体长为 78.5 mm ,根据 von Bertalanffy 生长方程换算成对应年龄为 2.01 龄,即异鳢 的初次性成熟年龄 T_m 为 2.01 龄。

按公式 $\lg M = -0.0066 - 0.2791 \lg L_\infty + 0.65311 \lg K + 0.4634 \lg T(L_\infty \text{ 为渐进体长}, K$

为生长系数, T 为长江上游全年平均水温)计算,其中 $T \approx 17.5^\circ\text{C}$ (根据 2010 年 10 月至 2011 年 7 月长江上游实测平均水温),生长参数 $K = 0.2498$, $L_\infty = 179.49 \text{ mm}$,代入公式计算得到异鳢 的瞬时自然死亡系数 $M = 0.355$ 。

通过本研究得出异鳢 的渐进体长 $L_\infty = 179.49 \text{ mm}$,渐进体重 $W_\infty = 133.18 \text{ g}$,生长系数 $K = 0.2498$ 和最大年龄 $T_{\max} = 11.72$ 龄。根据鱼类生活史类型划分^[13,15],从相关文献^[13,16]中选取 13 种已知生活史类型鱼类的生态学参数列入表 3。

表 3 14 种鱼类的生态学参数

Table 3 Value of ecological parameters of 14 species of fish

鱼名 Species	L_∞ (mm)	W_∞ (g)	K	M	T_{\max} (Year)	T_m (Year)	数据来源
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>	3 459	529 700.0	0.07	0.12	43.7	14.00	[13]
达氏鲟 <i>A. dabryanus</i>	4 770	756 800.0	0.04	0.07	73.8	16.00	[13]
施氏鲟 <i>A. schrenckii</i>	4 134	540 600.0	0.06	0.09	51.2	15.00	[13]
青海湖裸鲤 <i>Gymnocypris przewalskii</i>	590	3 099.0	0.07	0.07	42.73	6.00	[16]
色林错裸鲤 <i>G. selincuoensis</i>	485	1 410.0	0.07	0.14	43.6	9.00	[16]
尖头塘鳢 <i>Eleotris oxycephaoa</i>	260	387.0	0.28	0.71	10.7	1.00	[13]
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	547	4 179.9	0.18	0.43	16.8	2.00	[13]
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1 007	19 264.9	0.56	0.42	11.3	4.00	[13]
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	526	3 864.1	0.20	0.48	14.5	2.00	[13]
黄尾密鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	357	1 013.5	0.22	0.54	14.0	2.00	[13]
银鲴 <i>X. argentea</i>	481	1 16.8	0.21	0.51	13.7	2.00	[13]
赤眼鲮 <i>Spualiobarbus curriculus</i>	470	2 183.6	0.28	0.55	12.0	2.00	[13]
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	760	13 719.0	0.21	0.40	14.5	2.00	[13]
异鳢 <i>Xenophysogobio boulengeri</i>	179	133.0	0.25	0.35	11.72	2.01	本研究

应用模糊聚类分析法,对 14 种鱼类进行聚类分析,得到聚类树状图(图 6)。结果显示异鳊 同银鳊等小型鱼类归为一类。

3 讨论

3.1 异鳊 的年轮特征 年龄鉴定的准确性直接关系到鱼类生长参数估算的可靠程度^[17],许多研究表明,用耳石鉴定年龄具有比其他钙化结构更精准的优点,因而被越来越多的研究者采用,甚至被用作比较其他材料准确性的基准^[18-19],本研究也发现异鳊 耳石年轮特征较鳞片等其他材料更明显。异鳊 耳石形态的变化与其个体的生长过程存在一定关系,随着年龄的增长,耳石逐渐由长圆形渐变为匙状,且随着个体的增大,耳石上的匙状突更明显,这种形态变化可能是对长江上游水域环境适应和其生活史特征的综合反映。通过比较观察及对疑似年轮进行生长退算发现,异鳊

多数耳石上在 1 龄轮纹之前有一明显副轮,易造成对年龄的误判,副轮的存在可能与食性转换或外界环境突变有关^[9]。

3.2 异鳊 生长特征变化 将本研究的异鳊 年龄组成及主要生长参数与曹玉琼^[7]的研究结果进行比较(表 4),本研究的异鳊 渔获物中缺乏 5 龄个体,样本最大年龄为 4 龄,两项研究中各年龄组组成比例的差异可能是年龄鉴定所使用材料不同或样本量不同所致。本研究估算的生长参数较曹玉琼的研究结果表现为生长系数 K 增大,拐点年龄 t_i 及渐进体长 L_∞ 变小。

异鳊 生长特征变化的原因可能是多方面的。异鳊 是长江上游特有鱼类,产漂流性卵^[7],对栖息生境面积要求相对较大^[20],历史生活范围可达宜昌江段^[3]。2003 年三峡水利枢纽工程正式蓄水后,库区尾水最远可上溯到重庆江津江段^[8],这导致适应流水生活的异

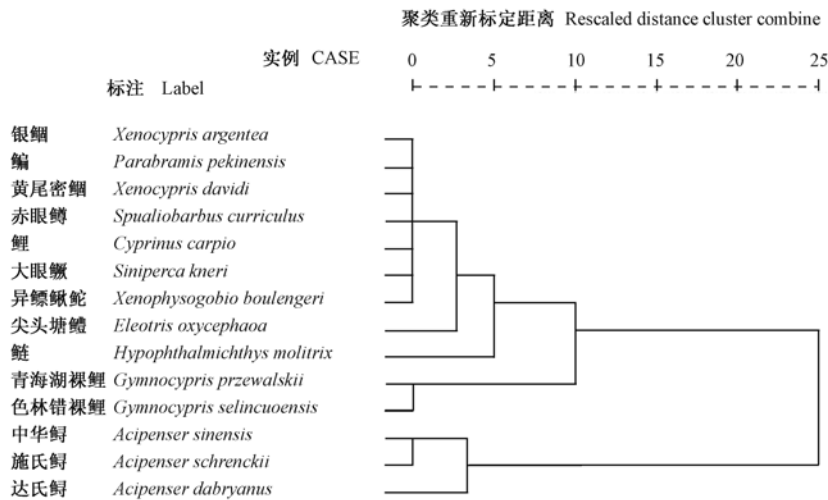


图 6 14 种鱼类生活史类型聚类分析树状图

Fig. 6 Dendrogram of life-history patterns of 14 fish species

表 4 异鳊 渔获物年龄组成及其生长参数

Table 4 Composition of age and Growth indices of *Xenophysogobio boulengeri* harvested from different year and regions

数据来源 Source	采样区域 Sampling area	各龄组百分比 Percentage of each year (%)					生长参数 Growth indices		
		1	2	3	4	5	K	t_i	L_∞ (mm)
曹玉琼 ^[7]	宜宾江段	22.10	37.81	29.50	9.68	0.91	0.1611	5.54	195.51
本研究	宜宾至重庆江段	3.70	32.84	50.86	12.59	0.00	0.2498	4.48	179.49

鳢鳅 生活水域被压缩至江津以上江段。本研究野外调查期间,也未在三峡库区采到异鳢鳅 样本。另外,大范围的环境改变也可能使鱼类难以适应,对鱼类的生存造成显著压力^[21]。对于适应流水生活的鱼类,生态环境的这种变化很可能是致命的^[22]。这也可能是导致异鳢鳅 的生长特征产生适应性改变的原因之一。

除环境胁迫外,捕捞也可能对异鳢鳅 的生长特征产生影响。严重的捕捞压力对鱼类生长率是一个潜在的选择力^[23]。随着捕捞强度的增加,鱼类通常表现出生长加快、个体变小,以适应高捕捞压力^[24]。野外调查也发现异鳢鳅 渔获物的最大年龄仅 4 龄,而其生长拐点年龄却为 4.53 龄,说明当前异鳢鳅 群体未渡过其最佳生长期就被捕捞,捕捞强度过大,因此,有必要限制对异鳢鳅 的捕捞强度。

3.3 异鳢鳅 的生活史类型 鱼类生活史类型是根据鱼类主要生态学参数的大小,以及各参数间的相互关系作出判断^[25]。但其主要生态学参数往往不是趋向一致的,受人为因素影响很大。应用模糊聚类法研究该问题,将各参数标准化后,消除量纲的影响,通过 SPSS 软件处理和分析,简单且直观。本研究选择中华鲟、银鲟等 13 种^[13,16] 已知生活史类型的鱼类为参照物,根据常用的 6 种生态学参数进行模糊聚类分析,14 种鱼被聚为两类,即 k -选择类型和 r -选择类型。异鳢鳅 与银鲟等小型鱼类的距离最近,被聚为 r -选择类型鱼类。 r -选择类型鱼类种群结构简单,世代交替快,更新能力强,增殖能力高;但易受环境影响,资源稳定性较差^[26]。长江上游环境受人类活动(如航道整治、挖沙作业等)影响已发生了较大改变,可能会对异鳢鳅 的生存与繁衍形成不利影响,因此,应减少人类活动对其生境的扰动。

参 考 文 献

- [1] 曹文宣. 我国的淡水鱼类资源//刘建康,何碧梧. 中国淡水鱼类养殖学. 3 版. 北京:北京科学出版社, 1992: 30 - 64.
- [2] 刘建康,曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1): 17 - 18.
- [3] 丁瑞华,邓其祥,叶妙荣,等. 四川鱼类志. 成都:四川科学技术出版社, 1994: 304 - 312.
- [4] 陈宜瑜,曹文宣,伍献文,等. 中国鲤科鱼类志. 上海:上海科技出版社, 1977: 550 - 557.
- [5] 陈宜瑜. 中国动物志:硬骨鱼纲 鲤形目. 北京:科学出版社, 1998: 389 - 391.
- [6] 何舜平. 鳢 鱼类系统发育和生物地理学分析. 动物分类学报, 1998, 23(增刊): 41.
- [7] 曹玉琼. 异鳢鳅 的年龄与生长、繁殖生物学研究. 武汉:华中农业大学硕士学位论文, 2003: 1 - 37
- [8] 许蕴珩,邓中舜,余志堂,等. 长江的铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响. 水生生物学集刊, 1981, 7(3): 271 - 294.
- [9] 殷名称. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社, 1995: 34 - 128.
- [10] MacInnis A L, Corkum L D. Age and growth of round goby *Neogobius melanostomus* in the upper Detroit River. Transactions of the American Fisheries Society, 2000, 129 (3): 852 - 858.
- [11] 叶树藩. 试验设计学. 台北:精华印书行, 1964: 276.
- [12] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J Cons Int Explor Mer, 1980, 39(2): 175 - 192.
- [13] 叶富良,陈刚. 19 种淡水鱼类的生活史类型研究. 湛江海洋大学学报, 1998, 19(3): 11 - 17.
- [14] Pimka E R. On r - and k -selection. The American Naturalist, 1970, 104(940): 592 - 597.
- [15] Adams P B. Life history patterns in marine fishes and consequences for fisheries management. Fishery Bulletin, 1980, 78(1): 1 - 12.
- [16] 霍堂斌,马波,唐富江,等. 额尔齐斯河白斑狗鱼的生长模型和生活史类型. 中国水产科学, 2009, 16(3): 316 - 232.
- [17] 陈毅峰,何德奎,陈宜瑜. 色林错裸鲤的年龄鉴定. 动物学报, 2002, 48(4): 527 - 533.
- [18] Summerfelt R C, Hall G E. Age and Growth of Fish. Ames: Iowa State University Press, 1987: 15 - 42.
- [19] Niewinski B C, Ferreri C P. A comparison of three structures for estimating the age of yellow perch. North American Journal of Fisheries Management, 1999, 19 (3): 872 - 877.
- [20] 刘军. 长江上游特有鱼类受威胁及优先保护顺序的定量分析. 中国环境科学, 2004, 24(4): 395 - 399.
- [21] 李文静. 厚颌鲂的个体生物学和种群生态研究. 武汉:华中农业大学博士学位论文, 2006: 6 - 7.
- [22] 邓辉胜,何学福. 长江干流长鳍吻 的生物学研究. 西

- 南农业大学学报, 2005, 27(5): 707-708.
- [23] Ricker W E. Size and age of British Columbia sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to environmental factors and the fishery // Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. Nanaimo: Dept. of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch, Pacific Biological Station, 1982, 1115: 1-117.
- [24] 刘其根, 沈建忠, 陈马康, 等. 天然经济鱼类小型化问题的研究进展. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 70-83.
- [25] 叶富良, 陈刚. 3种鲟科鱼类生活史类型的研究. 湛江海洋大学学报, 1996, 16(1): 1-4.
- [26] 罗秉征. 中国近海鱼类生活史型与生态学参数地理变异. 海洋与湖沼, 1992, 23(1): 63-71.

《动物学杂志》投稿注意事项

1 稿件的投寄

请登录本刊网站(dwxxz.ioz.ac.cn)注册投稿。或通过本刊的电子信箱投寄(E-mail: journal@ioz.ac.cn; Word文件作附件),同时邮寄打印稿一份。打印稿小四号字1.5倍行距单面打印。作者在投稿的同时务必出具公函或作出承诺,稿件不能一稿多投和侵权。

2 论文的格式要求

题目 应言简意赅。中文题目字数一般不超过20个字;英文题目不超过10个实词,实词首字母大写。

作者 署名入应是对论文的全部或部分内容做出主要贡献,并能对文章内容负责的人。

单位 应写作者单位的标准全称及所在地和邮编。

摘要 中文摘要放在文首。内容包括:研究目的、方法、结果(主要数据)和结论。用第三人称叙述。英文摘要放在中文摘要下面,其内容应与中文摘要相对应或略详于中文摘要。

关键词 一般为3~5个,中英文对应,分别列在中英文摘要下面。

前言 结合文摘阐述国内外相关研究领域的发展状况及本研究的目的和意义。

正文 材料与对材料的来源及方法的出处应详细陈述;结果的数据要完整,微观形态的稿件应有实验照片作为依据;文字叙述要简洁明了,与图表内容相互呼应;讨论应依据前言的内容、结果的数据、现象展开讨论,以达到解决问题或得出结论的目的。

全文书写规格 文中请使用国家颁布的法定计量单位和符号及规范化的名词、术语。文中首次出现的英文缩写词,应先写出中文名称后,再在括号内写出英文全称和缩写词。物种名称在文中第一次出现时应附拉丁学名(种属名用斜体,属名首字母大写)。名词术语的用法文中应前后一致。

①小标题:应简短准确、层次清楚。各级标题一律采用阿拉伯数字连续编码,左顶格编排,如“1”(一级标)、“1.1”(二级标)、“1.1.1”(三级标)。

②图表:力求精选,反应同一数据的图与表不能重复。其序号一律采用阿拉伯数字编码,在文中引用处注明。线条图应用计算机绘制;照片图要求反差适中、层次清晰。显微及电镜照片,应注明长度标尺和放大倍数。

参考文献 应列出与本文直接有关的中外文主要文献。本刊文献的著录格式采用顺序编码制,即以文献在文中出现的先后顺序连续编码,加方括号标注在文中引用处,文后文献表的文献要与文中一致,并按文中出现的顺序排列,多名作者在列出前三位作者后加“等”。具体格式要求为:

(下转第48页)