

长江靖江段沿岸似鳊生长及种群参数估算^{*1}

郭弘艺¹ 魏凯² 唐文乔^{1*} 张旭光¹ 周天舒¹

刘东¹ 李辉华¹ 沈林宏³

(1. 上海海洋大学海洋动物系统分类与进化上海高校重点实验室, 上海 201306;

2. 北京市水生野生动植物救护中心, 北京 102100;

3. 江苏省靖江市渔政管理站, 江苏靖江 214500)

【摘要】:2012年1月~2013年12月连续24个月在长江靖江段沿岸收集似鳊标本2334尾,采用基于体长频率数据的ELEFANI技术估算长江近口段沿岸似鳊的生长参数与种群参数。结果表明:似鳊体长(L, cm)与体质量(W, g)幂函数关系为: $W=0.0182 \times L^{2.948}$ ($r=0.9823$, $n=2334$)。Von Bertalanffy生长方程描述的似鳊生长参数为:极限体长(L_{∞})=19.25cm, 生长系数(K)=0.2/a, 理论生长起点年龄(t_0)为-1.59a, 体质量的生长拐点年龄为3.55a。采用Pauly的经验公式估算似鳊自然死亡系数(M)为0.556/a。由长度变换渔获曲线法估算出的似鳊总死亡系数(Z)为1.638/a, 捕捞死亡系数(F)和开发率(E)分别为1.082/a和0.66/a。2012~2013年长江靖江段沿岸似鳊年均资源重量和资源数量分别为120.59t和947.4万尾。经相关估算参数和相对单位补充渔获量分析得出,当前长江靖江段沿岸似鳊已处于过度捕捞状态。建议将沿岸水域禁渔期延长至9月(即4~9月),以实现似鳊资源的恢复和可持续发展。

【关键词】:长江靖江段; 似鳊; 生长参数; 死亡参数

【中图分类号】:S932.4 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2017)09-1369-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201709009

江苏靖江段地处长江近口段北岸,为长江下游与河口段的交汇地带,辖区水面1.26万km²,水系总长200km。其常年水流平顺,水文状况受长江淡水径流和海洋咸水潮汐的双重影响,半日潮每天不规则涨落2次。江段的上、下两端均有沙洲将江面分

¹收稿日期:2017-02-13; 修回日期:2017-05-18

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203065) [Special Fund for Agro-Scientific Research in the Public Interest(201203065)]

作者简介:郭弘艺(1980~),女,工程师,主要从事保护生物学方面研究。E-mail:hy-guo@shou.edu.cn

*通讯作者 E-mail:wqtang@shou.edu.cn

叉，自然形成了流态复杂的水域环境，不仅为多种水生生物提供了多样的栖息和繁殖场所，还是长江靖江段中华绒螯蟹、鳊国家级水产种质资源保护区的水域所在^[1, 2]。

似鳊(*Pseudobrama simoni*)是鲤科(Cyprinidae)鲴亚科(Xenocyprinae)的一种小型鱼类，分布于长江、黄河、珠江及东南沿海各个河流，喜群集逆水而游，故另有“逆鱼”之称。似鳊个体虽小，但由于其繁殖力强，在长江中下游种群数量较大，在渔业上具有一定的经济价值^[3, 4]。已有研究表明，似鳊在长江河口潮间带以及长江中、下游均为优势种之一。同时，在山东、山西等众多水库中也是主要野杂鱼中的优势种，其所占比例可高达水库总渔获量的20%^[3]。在靖江沿岸带，似鳊占渔获总重量的9.7%，总数量的5.6%，为靖江段沿岸的第二优势种^[5]。目前关于似鳊的相关研究集中在生物学及资源动态等方面，未见采用体长频数分析法对似鳊生长及种群参数进行研究的相关报道。本文利用长江靖江段沿岸2012年1月~2013年12月连续2个整年的调查数据，运用FAO开发的ELEFANI(electronic length frequency analysis I)技术中长度频率法估算似鳊的生长和死亡参数，通过Beverton-Holt动态混合模型评估似鳊资源利用现状。旨在丰富似鳊的基础研究资料，同时为长江近口段沿岸渔业资源利用和保护提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 采样地点及采样方法

采样点位于江苏省靖江市新桥镇的长江沿岸滩涂湿地(31° 56' N, 120° 01' E)，沿岸上缘为混凝土堤坝，下缘的堤脚为宽约30m的大型石块带。石块带下缘至泥质江岸内侧有宽约100m的密集芦苇(*Phragmites australis*)带，芦苇高约3m。

垂直于江岸设置当地渔民所用典型“丁”字形定置张网一部，拦网40m长，网片露出江底高约1.8m，在拦网下缘近江心处布置2个笼式网袋。拦网网目为1.86cm；网袋网目为0.92cm。张网位置随水位涨落而上下移动，一般控制在平水期水面与拦网的上网齐平。当网片破损或过多藻类附着时，更换同一规格的张网。每天由专人在早潮退潮后收集一次渔获物。2012年1月~2013年12月，每月保存1日、11日和21日的3次样本，共计72份渔获物样本。现场用10%福尔马林固定后，带回实验室分析。从全部渔获物中分离出似鳊作为研究对象，用量鱼板逐尾测量体长L，精确到0.01cm；吸水纸吸干鱼体水分后，用电子天平称量体质量W，精确到0.01g。

1.2 研究方法

1.2.1 体长和体质量的关系

采用幂函数拟合似鳊体长和体质量的关系，表达式为：

$$W = aL^b \quad (1)$$

式中：W表示鱼体质量(g)；L表示鱼的体长(cm)；a为生长的条件因子；b为幂指数。

1.2.2 生长、死亡参数的估算

似鳊的生长用Von Bertalanffy生长方程^[6]描述：

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (2)$$

式中: L_t 为 t 龄鱼的体长, L_∞ 为渐近体长, K 为生长系数, t_0 为理论生长起点年龄。

渐近体长 L_∞ 和生长系数 K 基于似鳊体长频率时间序列, 采用 FiSAT II (Version 1.2.2) 软件中的 ELEFANI 子程序估算^[7, 8]。而 t_0 根据 Pauly 的经验公式估算^[9]:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_\infty - 1.038 \ln K \quad (3)$$

总死亡系数 (Z) 运用 FiSAT III 软件中的体长变换渔获曲线法估算^[10]; 自然死亡系数 (M) 采用 Pauly 经验公式计算^[11]:

$$\log_{10} M = -0.0066 - 0.279 \log_{10} L'_\infty + 0.6543 \log_{10} K + 0.4634 \log_{10} T \quad (4)$$

式中: L'_∞ 为渐近全长, 故需将渐近体长 L_∞ 换算为渐近全长, 为此根据调查数据随机选取 200 尾似鳊的体长 (L , cm) 和全长 (TL , cm) 数据, 拟合得到以下直线方程 (5), 并根据此求得似鳊的渐近全长 L'_∞ 。T 为调查点似鳊栖息环境的平均水温 ($^\circ\text{C}$), 采用靖江水利局提供的日水温数据加权平均计算获得, 研究期 2012~2013 年水温日均值为 18.4°C 。

$$TL = 1.124L + 0.719 \quad (5)$$

捕捞死亡系数 (F) 和开发率 (E) 根据总死亡系数 (Z) 和自然死亡系数 (M) 分别由公式 (6) (7) 计算得出:

$$F = Z - M \quad (6)$$

$$E = F / Z \quad (7)$$

1.2.3 资源量估算

用体长结构的有效种群分析法 (Virtual population analysis) [12] 估算靖江沿岸带似鳊的资源量, 主要公式如下:

$$N_t = C_t (M + F_t) / F_t \quad (8)$$

$$C_t = N_{t+\Delta t} (F_t / Z_t) \times (e^{(Z_t \Delta t)} - 1) \quad (9)$$

式中: $\Delta t_i = (t_{i+1} - t_i)$, $t_i = t_0 - (1/K) \ln(1 - (L_i / L_\infty))$, $N_i = N_{i+1} (e^{Z_i})$; N_t , C_t 和 F_t 分

别为最大体长的资源量、渔获量和捕捞死亡系数； N_i ， C_i ， F_i 和 Z_i 分别为似鳊*i*体长组时资源量、渔获量、捕捞死亡系数和总死亡系数； L_∞ 为渐近体长； K 为生长系数； $N_{i+\Delta t}$ 为似鳊*i*+ Δt 体长组时的资源量。

1.2.4 单位补充量渔获量和资源量

根据体长变换曲线所拟合的直线方程，推算线性回归中未被使用的各点相对应的期望值 $\ln(N/dt)$ ，计算各点的期望值和观测值之比，以及这些点比率的累积率，当累积率达 50%点所对应的体长，作为平均选择体长的估计量(L_c)，也即为开捕体长^[13, 14]。

根据 Pauly and Soriano 调整的 Beverton-Holt 动态混合模型(Dynamic pooled model)^[15]，由公式(10)计算单位补充量渔获量(Y'/R)^[8]，并绘制单位补充量等渔获量曲线图。

$$Y'/R = E(U) \frac{M}{K} \left[1 - \frac{(3U)}{(1+m)} + \frac{3U^2}{(1+2m)} - \frac{U^3}{(1+3m)} \right] \quad (10)$$

式中： $U=1-(L_c/L_\infty)$ ， $m=(1-E)/(M/K)=K/Z$ ， $E=F/Z$ ， L_c 和 L_∞ 分别代表首次捕获体长和渐近体长， K 为生长系数， M 、 Z 和 E 分别为自然死亡系数、总死亡系数和开发率。

相对单位补充资源量(B'/R)表示为 Y'/R 值除以捕捞死亡系数(F)^[8]。绘制 Y'/R 、 B'/R 与开发率 E 的二维分析图，以评价沿岸带似鳊资源的利用现状^[14, 16]。 E_{max} 表示获得最大渔获量的开发率； E_{10} 为 Y'/R 边际增长减少 10%时的开发率； E_{50} 为资源量下降至原始水平 50%开发率。

1.2.5 种群补充模式

种群补充模式依据体长数据，利用 FiSATII 软件中的 Recruitment pattern 子程序，输入渐近体长 L_∞ 、生长系数 K 和理论生长起始年龄 t_0 ，重构 2012~2013 年的似鳊种群补充期。

2 结果

2.1 体长和体质量

研究结果显示，靖江段沿岸 2012 年 1 月~2013 年 12 月内共捕获似鳊 2334 尾，体长范围为 3.63~14.01cm，平均体长为 7.94±1.32cm。其中，优势体长组 7.00~9.00cm 的个体占总个体数 64.0%，体长<6cm 和≥10cm 的个体分别仅占 7.0%和 5.5%。体质量范围为 0.76~46.98g，平均体质量为 8.99±4.78g。其中，5~10g 组个体最多，占 54.6%，10~15g 组个体次之，占 23.4%，≥20g 组个体仅为 2.96%(图 1)。据体长—体质量数据，拟合所得关系式为： $W=0.0182 \times L^{2.948}$ ($r=0.9823$ ， $n=2334$)。其中，幂指数 b 接近 3，表明似鳊呈匀速生长(图 2)。

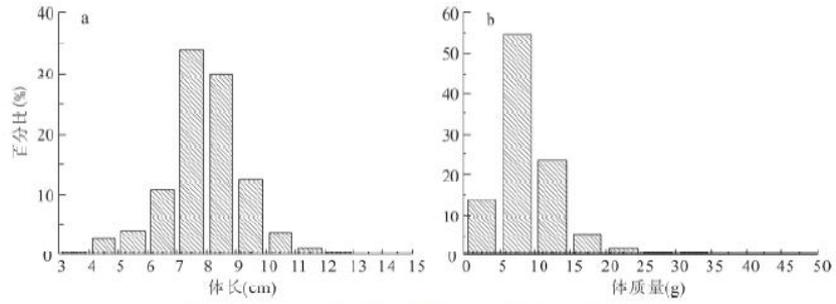


图1 靖江沿岸带似鲴群体体长(a)和体重(b)分布

Fig. 1 Frequency of Body Length (a) and Body Weight (b) of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

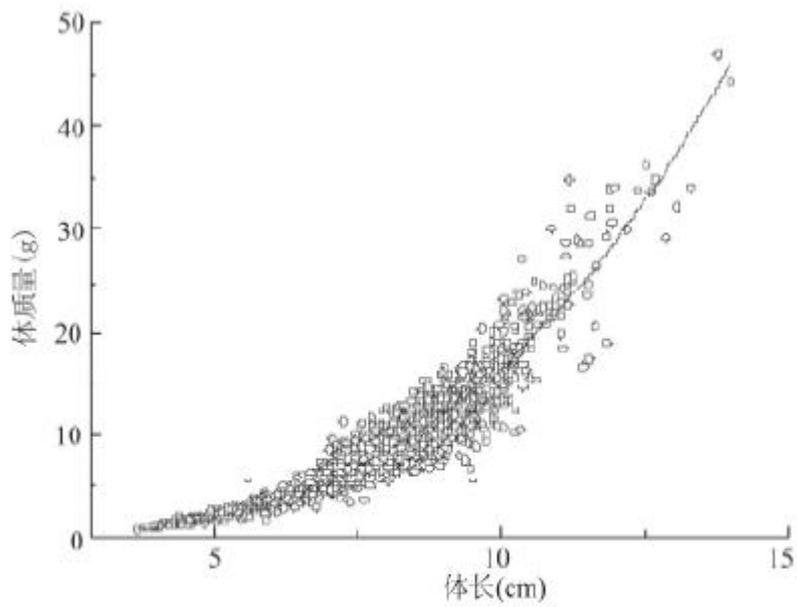


图2 靖江沿岸带似鲴体长-体重关系式

Fig. 2 Relationship Between Body Length and Body Weight of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

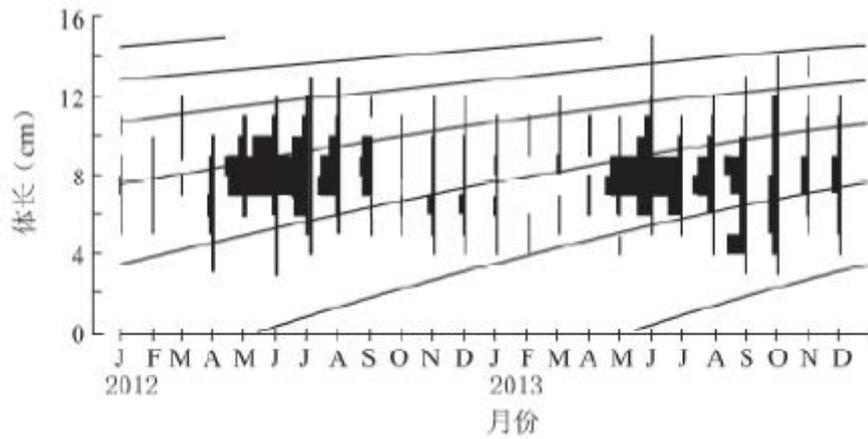


图3 靖江段沿岸似鳊的体长频率时间序列及应用
ELEFAN I 程序估算的生长曲线

Fig. 3 Body Length Frequency of *Pseudobrama
simoni* and Growth Curves Estimated by ELEFAN I

2.2 生长

2.2.1 生长参数及生长方程

根据 ELEFANI 程序估算似鳊的渐近体长 L_{∞} 和生长系数 K ，并绘制其生长曲线(图 3)。经估算，似鳊渐近体长 L_{∞} 为 19.25cm，生长系数 K 为 0.2/a，理论生长起点年龄 t_0 为 -1.59a。似鳊体长生长曲线不具拐点，早期增长较快，随年龄增大而逐渐减慢，最终趋近于渐近体长 L_{∞} 。而体质量的生长曲线为“S”型(图 4)，似鳊的体长和体质量生长方程分别为：

$$L_t = 19.25 \left[1 - e^{-0.20(t+1.59)} \right];$$

$$W_t = 111.32 \left[1 - e^{-0.20(t+1.59)} \right]^{2.948}$$

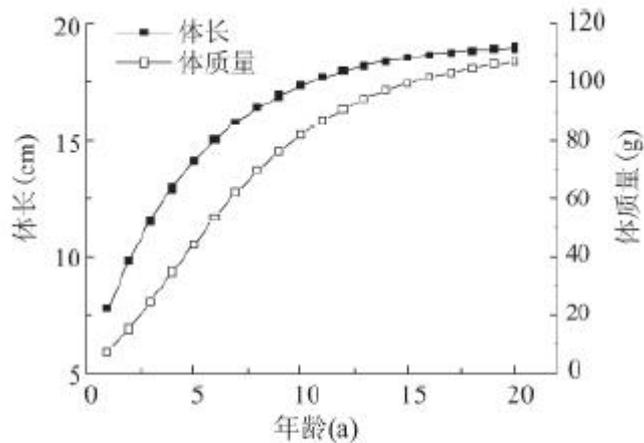


图 4 靖江段沿岸似鳊体长和体重的生长曲线

Fig. 4 Growth Curves of Body Length and Body Weight for *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

2.2.2 生长速度和加速度

根据似鳊体长和体质量生长方程对年龄 t 求一阶、二阶导数, 以得到似鳊的体长和体质量生长速度和加速度方程曲线见图 5。由图 5 可见, 似鳊体长生长速度和加速度不具拐点, 而体质量的生长速度和加速度均具有拐点, 拐点年龄为 3.55a, 对应拐点体长和体质量分别为 12.36cm 和 30.17g。

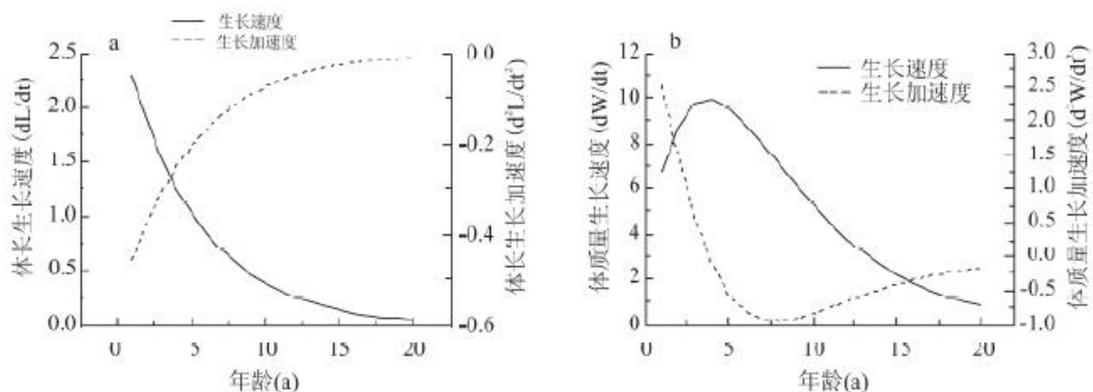


图 5 靖江沿岸带似鳊体长 (a) 和体质量 (b) 生长速度和加速度变化曲线

Fig. 5 Growth Rate and Acceleration Rate Curves of Body Length (a) and Body Weight (b) for *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

2.3 死亡

2.3.1 总死亡系数

靖江沿岸带似鳊的总死亡系数根据体长变化渔获曲线估算(图 6)，回归数据点的选取基于“未全面补充年龄段和体长接近渐近体长 L_{∞} 的年龄段不能用于回归”的原则，拟合的直线方程为： $\ln(N/dt) = -1.638t + 11.514$ ($r^2 = 0.9076$)，方程斜率 -1.638 ，95%置信区间为 $-2.161 \sim -1.115$ 。因此，所估算的似鳊总死亡系数 Z 为 $1.638/a$ 。

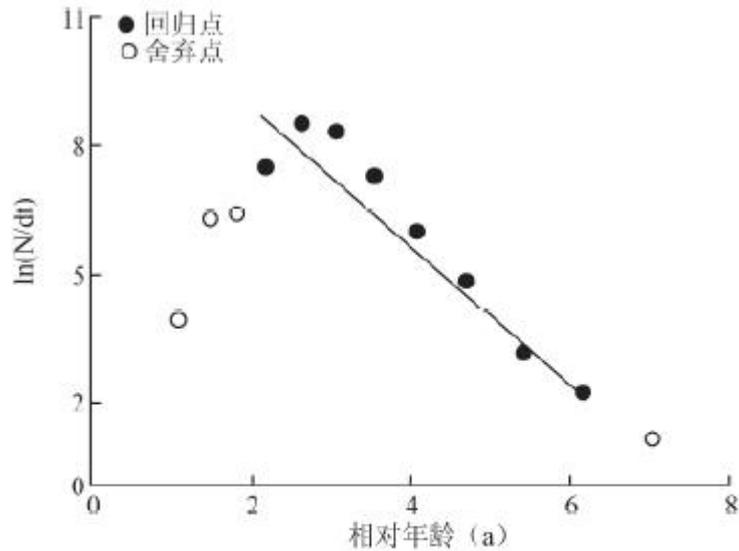


图 6 根据体长变化渔获曲线估算靖江段沿岸似鳊的总死亡系数

Fig. 6 Estimation of Total Mortality Parameter from Length Converted Catch Curve of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

2.3.2 自然死亡系数、捕捞死亡系数和开发率

将渐近体长 L_{∞} 根据公式(5)转化为渐近全长 L'_{∞} ，转化后的渐近全长 $L'_{\infty} = 22.35\text{cm}$ 。与生长系数 $K = 0.20/a$ 和平均水温 $T = 18.4^{\circ}\text{C}$ ，一起代入公式(4)计算所得靖江沿岸带似鳊的自然死亡系数 M 为 $0.556/a$ 。由公式(6)(7)分别计算所得似鳊的捕捞死亡系数 F 和开发率 E 分别为 $1.082/a$ 和 $0.66/a$ 。

2.4 资源量和资源动态

2.4.1 开捕体长

据渔获概率曲线图(图 7)，研究期各点的期望值和观测值之比的累积率达 50%时所对应的体长，即为似鳊的开捕体长 $L_c = 6.97\text{cm}$ ，对应的开捕年龄 $t_c = 0.66a$ 。

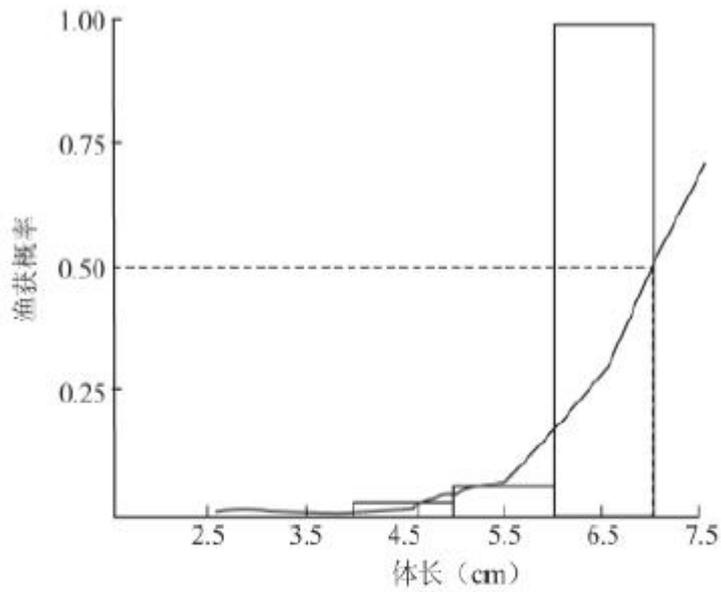


图 7 靖江沿岸带似鳊渔获概率曲线

Fig. 7 Curve of Catch Probability for *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

2.4.2 资源量估算

按程兴华等报道靖江沿岸带常年 800 部作业网具计算^[22]，应用体长结构的世代分析子程序，估算稳定状态下靖江沿岸带似鳊年均资源总尾数和总资源量。分析结果表明，稳定状态下靖江沿岸似鳊种群的年均资源总尾数为 947.4 万尾，年总资源量为 120.59t。由图 8 可见，当似鳊体长超过开捕体长 $L_c=6.97\text{cm}$ 时，捕捞死亡系数急剧增大，超过自然死亡系数，种群被捕捞机率明显增强。

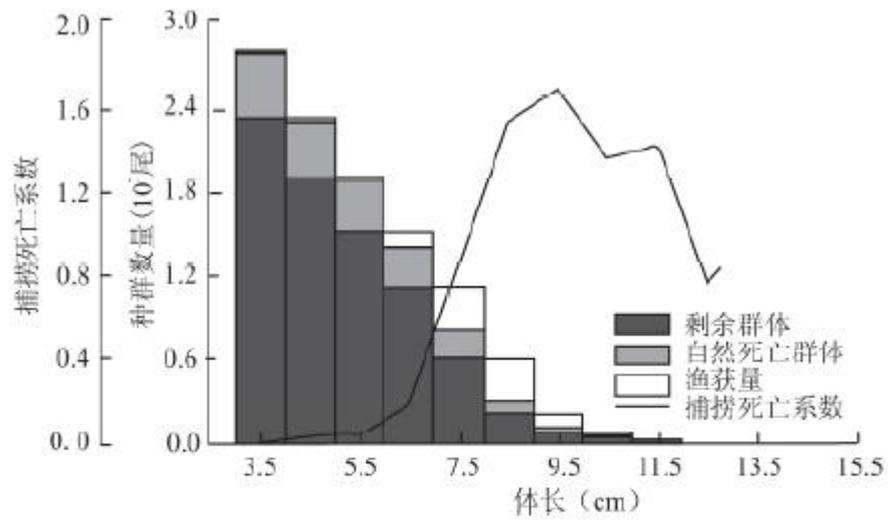
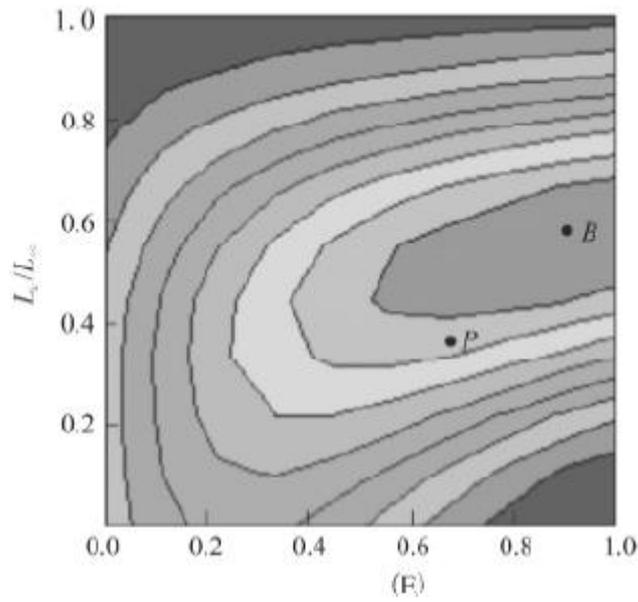


图 8 靖江沿岸带似鳊实际种群分析图

Fig. 8 Virtual Population Analysis of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

2.4.3 相对单位补充资源量(B'/R)

应用 Beverton-Holt Y'/R Analysis 子程序, 绘制当前捕捞状态下靖江沿岸带似鳊相对单位补充量渔获量 (Y'/R) 随开发率 E 及开捕体长与渐近体长之比 (L_c/L_∞) 变化趋势的等值线 (图 9)。据参数值 $M/K=2.78$, $E=0.66$, $L_c/L_\infty=0.362$ 求得当前捕捞状态 P 点的 $Y'/R=0.014$ 。



P 当前捕捞状态 Current exploitation; *B*: 理论最佳开发状态
Theoretic optimum exploitation

图9 靖江沿岸带似鳊相对单位补充量渔获量(Y'/R)与
开发率 E 和开捕体长 L_c 的关系

Fig. 9 Relative Yield per Recruit of *Pseudobrama simoni* in
Relation to Exploitation Ratio and Body Length at First Catch

据 Y'/R 、 B'/R 与开发率 E 的二维分析图可见，靖江沿岸带似鳊当前捕捞状态下的开发率 $E=0.66$ 已接近最大渔获量的开发率 $E_{\max}=0.662$ ，仅有约 20% 的似鳊补充资源量能得以保持，表明资源处于过度开发状态(图 10)。

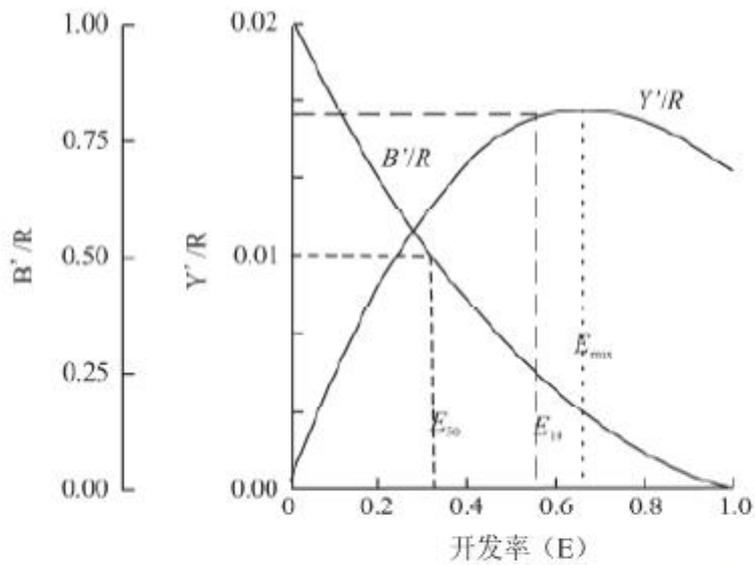


图 10 开捕体长 $L_c = 6.97$ cm 时相对单位补充量渔获量 (Y'/R), 相对单位补充资源量 (B'/R) 与开发率 E 的二维分析图

Fig. 10 Two-dimensional Analysis for Relative Yield per Recruit, Relative Biomass per Recruit and Exploitation Ratio of *Pseudobrama simoni* in $L_c = 6.97$ cm; $E_{max} = 0.662$; $E_{10} = 0.557$; $E_{50} = 0.326$

2.5 种群补充

研究表明, 靖江沿岸带似鳊的种群补充是连续的, 呈单峰型(图 11)。其中, 4~9 月为主要补充期, 占全年补充量的 84.3%。

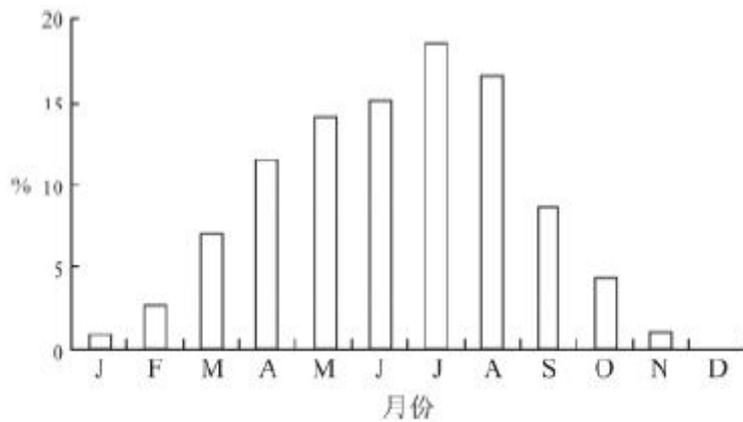


图 11 靖江沿岸带似鳊种群补充模式
 Fig. 11 Recruitment Pattern of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Section of the Yangtze River

3 讨论

3.1 生长参数

鱼类的生长潜能是由其遗传型所决定，并与其生长过程中所经历的各种生态环境因子相互作用的结果，同一物种不同种群的生长也随该种群地理分布不同而有所差异^[16~19]。本研究结果显示，靖江段似鳊的体长和体质量范围与姚江^[4]和长江常熟^[19]群体接近，而小于钱塘江^[20]和天鹅洲故道群体^[21]（表 1）。这可能由于靖江段与姚江和长江常熟段生境水域环境条件（饵料生物、水温等）较为接近所致。此外，本研究中似鳊群体体长—体质量关系式中参数 b 值接近于 3，为匀速生长型；而钱塘江群体、天鹅洲故道群体、长江常熟群体 b 值均大于 3，为正异速生长型。由于鱼类从幼鱼至成鱼的发育过程为负异速生长—等速生长—正异速生长，群体中在幼鱼越多， b 值越小于 3，而成鱼越多， b 值接近或者大于 3^[22]。同时，本研究中靖江段似鳊优势体长组（7.00~9.00cm）区间范围小于长江常熟群体（7.5~11.0cm）^[19]、天鹅洲故道群体（7.3~11.3cm）^[21]和钱塘江群体（10.6~13.3cm）^[20]。我们推测可能由于靖江段沿岸捕捞压力和种间竞争压力较其他水域更大，群体中幼鱼比重较高，故而 b 值低于其他水域群体。而本研究的体长、体质量范围以及 b 值均明显大于同一研究点 2005 年靖江群体^[5]，这可能由于近年来靖江沿岸带积极取缔“绝户网”，似鳊资源较 2005 年略有恢复；亦可能由于本研究的样本数是 2005 年的 10 倍，所得体长和体质量数据范围涵盖更为全面所致。

表 1 不同研究水域似鳊的生长参数比较

研究水域	研究时间 (年-月)	样本数 (尾)	体长范围 (cm)		体质量范围 (g)	生长参数					文献来源
			K	L_{∞}		t_0	t_i	b			
姚江	1977 年 5~7 月	259	5.2-	-13.5	3.2-43.8	-	-	-	-	-	李思发 ^[4]
钱塘江	1975~ 1982 年	282	8.6-16.5		25.0-82.3	-	-	-	-	3.245	陈马康 等 ^[20]

天鹅洲故道	2011年3月~2012年1月	596	3.8-	-15.7	1.38-75.80	♀ : 0.17	♀ : 19.98	♀ : -1.21	♀ : 2.24	3.249	孙广文等 ^[21]
	♂ : 0:06:00					♂ : 17.99	♂ : -1.40	♂ : 3.96			
长江常熟	2009年8~12月	362	6.23-	-13.37	3.70-46.10	♀ : 0.11	♀ : 14.23	♀ : -8.34	♀ : 2.24	3.181	徐东坡等 ^[19]
	♂ : 0.10					♂ : 15.73	♂ : -6.83	♂ : 3.96			
长江靖江	2005年1~12月	202	5.81-	、10.70	3.42-19.90	0.16	14.72	-3.2	3.01	2.785	程兴华等 ^[5]
长江靖江	2012年1月~2013年12月	2334	3.63-	-14.01	0.76-46.98	0.2	19.25	-1.59	3.55	2.948	

表1还显示,本研究中似鳊群体的生长参数 K 、 L_{∞} 、 t_0 和 t_i 与天鹅洲故道群体^[21]较为接近,大于长江常熟群体^[19]和2005年靖江群体^[5]。天鹅洲故道群体生长参数采用1~5年龄组计算所得,而长江常熟群体和2005年靖江群体年龄组较少,均仅为1~3年龄组用于计算生长方程参数 K 、 L_{∞} 和 t_0 ,从而使得Von Bertalanffy生长方程和拐点年龄 t_i 计算误差较大。另一方面长江常熟群体相邻年龄组之间个体的体长和体质量重叠较为严重,使得推算体长有一定误差^[19]。而本研究采用体长频率法对似鳊群体生长参数进行估算,此方法操作简便,特别适用于年龄结构简单的鱼类群体^[22~24],较传统方法可以克服年龄组成较少所产生误差。同时,本研究样本数为2334尾,采样时间达24个月,达到体长频率法分析“样本总量大于1500尾、采样时间多余12月”的技术要求^[25],因此,适用于体长频率法。

3.2 死亡参数和资源保护

估算所得靖江沿岸似鳊种群的年均资源总尾数为947.4万尾,年总资源量为120.59t,其数量和重量均较为可观。但根据Gulland^[26]提出一般鱼类资源最佳开发率在0.5来判断渔业资源的开发程度,本研究中的开发率 E 显然大于这一数值。同时,根据渔获概率曲线图,计算所得似鳊的开捕体长和开捕年龄分别仅为6.97cm和0.66a,即表明似鳊的幼鱼和补充群体为沿岸带主要的捕捞对象。Mehanna提出相对单位补充量渔获量与开发率曲线中, E_{max} 左侧区域是渔业资源能得以可持续发展的安全区域^[27]。本研究中,开发率 $E=0.66$ 已接近最大渔获量的开发率 $E_{max}=0.662$,仅有约20%的似鳊补充资源量能得以保持。综上所述,靖江沿岸带似鳊已处于过度捕捞状态。目前,长江靖江段的禁渔时间为每年4月1日~6月30日,根据似鳊种群补充模式图统计,此举措约可保护40.6%的似鳊补充群体。但从保护的效果看,建议将沿岸水域禁渔期延长至9月(即4~9月),不仅约可保护84.3%的似鳊补充群体,以实现似鳊资源的恢复和可持续发展。同时,由于长江靖江段处于长江下游和河口的交界地带,环境复杂,是多种鱼类繁殖、育幼和栖息的场所,也是多种洄游性鱼类的必经之地。刀鲚(*Coilia nasus*)、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)、中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)以及乌鳢(*Channidae argus*)等珍稀重要经济鱼类幼鱼约占靖江段沿岸渔获物总量的6%^[28, 29],这是一项非常可观的鱼类资源损失。沿岸水域禁渔期延长至9月,亦可有效保护约78.6%的刀鲚、48.6%的胭脂鱼、94.2%的中国花鲈、92.9%的鳊和68.8%的乌鳢幼鱼资源^[28, 29]。

参考文献:

[1] 李辉华, 郭弘艺, 唐文乔, 等. ARIMA 模型在预测长江靖江段沿岸鱼类渔获量时间格局中的应用 [J]. 水产学报, 2008, 32(6) : 899—906.

【LI H H, GUO H Y, TANG W Q, et al. ARIMA model application to predict temporal pattern of fish catches of coastal area at Jingjiang Reach of the Yangtze River [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(6) : 899—906. 】

[2] 孙莎莎, 唐文乔, 郭弘艺, 等. 靖江沿岸秋季鱼类群聚的组成特点及其丰度生物量变化 [J]. 生物多样性, 2013, 格局及生长特征 [J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(1) :97—104.

【CHEN X H, TANG W Q, GUO H Y, et al. Temporal pattern and growth characteristics of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Reach of the Yangtze River [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2012, 21 (1) : 97—104. 】

[6] BERTALANFFY L V. A quantitative theory of organic growth(inquiries in growth laws II) [J]. Human Biology, 1938, 10(2) : 181—213.

[7] PAULY D, DAVID N, ELEFAN I. A BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data [C]. International Council for the Exploration of the Sea, 1981, 1—11.

[8] GAYANILO F C J, SPARRE P, PAULY D. FAO-ICLARM stock assessment tools II (FiSAT II) . Revised version [M] . Rome: FAO World Fish Center, 2005.

[9] PAULY D. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries [J]. ICLARM studies and reviews, 1979, 1: 35.

[10] PAULY D. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators [M] . Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1984, 70—76.

[11] PAULY D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. ICES Journal of Marine Science, 1980, 39(2) : 175—192.

[12] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 农业出版社, 1994.

【ZHAN B Y. Fish Stock Assessment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994. 】

[13] 何宝全, 李辉权. 珠江河口棘头梅童鱼的资源评估 [J]. 水产学报, 1988, 12(2) : 125—134.

【HE B Q, LI H Q. Stock assessment of *Collichthys lucidus* in Pearl River estuary [J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12(2) : 125—134. 】

[14] 高春霞, 田思泉, 戴小杰, 等. 淀山湖刀鲚的生物学参数估算及其相对单位补充量渔获量 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(5) : 1506—1512.

【GAO C X, TIAN S Q, DAI X J, et al. Estimation of biological parameters and yield per recruitment for *Coilia nasus taihuensis* in Dianshan Lake, Shanghai, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(5) : 1506—1512. 】

[15] PAULY D, SORIANO M L. Some practical extensions to Beverton and Holt's relative yield-per-recruit model [C]. Manila: The first Asian Fisheries Forum, 1986, 491—496.

[16] 田辉伍, 段辛斌, 熊星, 等. 长江上游长薄鳅生长和种群参数的估算[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(10) : 1305—1312.

【TIAN H W, DUAN X B, XIONG X, et al. Estimation of growth and population parameters of elongate loach (*Leptobotia elongata*) in the upper Reaches of the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2013, 22(6) : 688—698.

【SUN S S, TANG W Q, GUO H Y, et al. Composition and changes in abundance and biomass of fish assemblages along the Jingjiang section of the Yangtze River over the last decade [J]. Biodiversity Science, 2013, 21(6) : 688—698. 】

[3] 李德尚, 吴雄飞, 谢宗墉, 等. 杂鱼在养鱼水库中的作用及其种群控制 [J]. 生态学报, 1988, 8(4) : 16—22.

【LI S D, WU X F, XIE Z Y, et al. Controlling effect of trash fish on population in the reservoir [J]. Acta Ecologica Sinica, 1988, 8(4) : 16—22. 】

[4] 李思发. 关于逆鱼的生态学资料 [J]. 动物学杂志, 1981(4) : 8—9.

【LI S F. Ecological Characters of *Pseudobrama simoni* [J]. Chinese Journal of Zoology, 1981(4) : 8—9. 】

[5] 程兴华, 唐文乔, 郭弘艺, 等. 长江靖江段沿岸似鳊的时间(10) : 1305—1312. 】

[17] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993, 67—93.

【YIN M C. Fishery Ecology [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1993, 67—79. 】

[18] 张燕萍, 章海鑫, 傅义龙, 等. 军山湖黄尾鲴生物学参数及资源量估算 [J]. 四川动物, 2016, 35(6) : 865—870.

【ZHANG Y P, ZHANG H X, FU Y L, et al. Assessment of biological parameters and stock biomass of *Xenocypris davidi* in Junshan Lake [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2016, 35(6) : 865—870. 】

[19] 徐东坡, 张敏莹, 周彦锋, 等. 长江常熟江段似鳊的生长特征及形态特性 [J]. 大连海洋大学学报, 2014(4) : 397—402.

【XU D P, ZHANG M Y, ZHOU Y F, et al. Growth characteristics and morphological features of *Pseudobrama simoni* in Changshu section of Yangtze River [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014(4) : 397–402. 】

[20] 陈马康, 童合一, 俞泰济, 等. 钱塘江鱼类资源 [M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 1990, 79–82.

【CHEN M K, TONG H Y, YU T J, et al. Fishes in the Qiantang River [M]. Shanghai: Shanghai Scientific Technological Literature Press, 1990, 79–82. 】

[21] 孙广文, 沈建忠, 胡少迪, 等. 长江天鹅洲故道似鳊年龄、生长和死亡率 [J]. 淡水渔业, 2013, 43(4) : 29–34.

【SUN G W, SHEN J Z, HU S D, et al. Age, growth and mortality of *Pseudobrama simoni* (Bleeker) in Tian-e-zhou Oxbow of the Yangtze River [J]. Freshwater Fisheries, 2013, 43(4) : 29–34. 】

[22] 张登成, 熊文, 陶捐, 等. 武汉地区西部食蚊鱼的生长、死亡系数及种群补充模式 [J]. 生态学报, 2016, 36(2) : 508–517.

【ZHANG D C, XIONG W, TAO J, et al. Growth, mortality and recruitment pattern of western mosquitofish (*Gambusia affinis* Baird & Girard, 1853) in lentic wetlands of Wuhan, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(2) : 508–517. 】

[23] ETIM L, SANKARE Y. Growth and mortality, recruitment and yield of the fresh-water shrimp, *Macrobrachium vollenhovenii*, Herklots 1851 (Crustacea, Palaemonidae) in the Fahe reservoir, Côte d'Ivoire, West Africa [J]. Fisheries Research, 1998, 38(3) : 211–223.

[24] öZBILGIN H, TOSUNOGLU Z, BILECENOGLU M, et al. Population parameters of *Mullus barbatus*, in Izmir Bay (Aegean Sea), using length frequency analysis [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2004, 20(3) : 231–233.

[25] PAULY D, MORGAN G R. Length-based methods in fisheries research [M]. Manila: Intentional Center for Living Aquatic Resources Management. 1987, 343–352.

[26] GULLAND J A. Fish stock assessment: a manual of basic methods [M]. New York: John Wiley. 1983.

[27] MEHANNA S F. Stock assessment and management of the Egyptian sole *Solea aegyptiaca* Chabanaud, 1927 (Osteichthyes: Soleidae), in the southeastern Mediterranean, Egypt [J]. Turkish Journal of Zoology, 2007, 31(4) : 379–388.

[28] 郭弘艺, 周天舒, 唐文乔, 等. 长江近口段沿岸刀鲚生物量的时间格局 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(4) : 552–571.

【GUO H Y, ZHOU T H, TANG W Q, et al. Temporal pattern of *Coila nasus* biomass along the Jingjiang section of the Yangtze River over the last decade [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(4) : 552–571. 】

[29] 刘晓霞, 周天舒, 唐文乔. 长江近口段沿岸 4 种珍稀、重要鱼类的资源动态 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 24(4) :565-559.

【LIU X J, ZHOU T H, TANG W Q. Resource dynamic of 4 species of rare important fish in Coastal region of the Jingjiang section of the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(4) : 552-559. 】