

文章编号: 1674-5566(2012)01-0097-08

长江靖江段沿岸似鳊的时间格局及生长特征

程兴华¹, 唐文乔^{1,2}, 郭弘艺¹, 李辉华¹, 沈林宏³, 顾树信³

(1. 上海海洋大学 鱼类研究室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 江苏省靖江市渔政管理站, 江苏 靖江 214500)

摘要: 为了解长江下游沿岸似鳊(*Pseudobrama simoni*)的种群变动及生长状况, 研究了2002-2009年间在靖江沿岸用定置张网采集的每月2次或3次共237份渔获物样本。结果表明: 237份样本共有鱼类73 960尾、409 256.23 g。其中似鳊4 253尾、39 618.05 g, 分别占总渔获量的5.75%和9.68%。平均每样本19尾、180.08 g, 最高达145尾、1714.6 g。时间格局分析表明, 似鳊月渔获重量呈非平稳的随机过程, 对2002-2009年的月渔获重量进行ARIMA建模拟合, 建立了方程为 $(1 - 0.387B)(1 - B^{12})\ln y_t = (1 - 0.555B^{12})e_t$ 的ARIMA(1,0,0)(0,1,1)₁₂的预测模型, 该模型对2003-2009年的预测精度达83.21%~93.90%。对2005年采集的全部个体作性别、年龄和生长特征分析, 显示似鳊的雌雄性比为1:2.3。雄性有1~3龄3个年龄组, 雌性只有1~2龄2个年龄组, 年龄结构明显低于姚江和钱塘江种群。雄性的Von bertalanffy生长方程为: 体长 $L_t = 147.17 \times [1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)}]$, 体重 $W_t = 44.36 \times [1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)}]^{2.785}$; 推算的渐近体长 L_∞ 为147.17 mm, 渐近体重 W_∞ 为44.36 g。

研究亮点: 似鳊是长江中下游最常见的经济鱼类之一, 但目前生物学资料还很少。本文分析了2002-2009年间采自长江靖江段沿岸的237份似鳊渔获物样本, 弄清了年、季和月分布规律, 建立了ARIMA预测模型。揭示了种群的性比和年龄结构, 获得了主要的生长参数。
关键词: 渔获量; 时间格局; ARIMA预测模型; 性比; 年龄结构; 生长参数
中图分类号: S 932.4
文献标志码: A

长江靖江段处于长江下游与河口段的交汇地带, 辖区水面126 km², 受长江淡水径流及海洋咸水潮汐的交互作用, 形成了独特而复杂的生态环境, 为各种水生生物提供了多样的栖息和繁殖场所, 是“长江靖江段中华绒螯蟹、鳊国家级水产种质资源保护区”的所在水域。似鳊(*Pseudobrama simony*)是鲤科(Cyprinidae)鲴亚科(Xenocyprinae)的一种小型鱼类, 分布于甬江至海河间的我国东部地区, 喜栖于流水的中下层, 产卵期间常集群逆水而游, 故也称“逆鱼”。似鳊个体虽小, 但在长江中下游的种群数量较大, 是沿岸滩涂的主要经济鱼类和饵料鱼类之一。湖北省水生生物研究所^[1]、李思发^[2]、陈马康等^[3]分别对长江、甬江

和钱塘江的似鳊作过一些生物学研究, 但还缺乏种群动态和生长特征的深入分析。

自回归求和滑动平均(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)模型是由BOX等^[4]于1970年提出的, 是目前时间序列分析的常用方法^[5]。由于生物时序变量的数据比较匮乏, ARIMA模型被认为在预测海水鱼类渔获量方面是最有效的^[6]。目前, 该方法在我国主要用于作物产量和疾病等的预测预报^[7-9]。本文分析了2002-2009年间采集的似鳊样本, 旨在利用ARIMA模型预测在靖江段沿岸的季节变动规律, 并剖析其年龄结构和生长特征。不仅可为该物种增添基础生物学资料, 也可为当地以鳊

收稿日期: 2011-04-24 修回日期: 2011-05-24

基金项目: 上海海洋大学博士启动基金(B-8812-11-0193); 上海市科学技术委员会重点项目(08391910200); 上海市教育委员会E-研究院项目(E03009); 上海市重点学科建设项目(S30701)

作者简介: 程兴华(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为鱼类学。E-mail: xhcheng2011@163.com

通讯作者: 唐文乔, E-mail: wqtang@shou.edu.cn

(*Siniperca chuatsi*) 为主养对象的滩涂“低坝高网”养殖渔业提供正确的纳饵信息。

1 材料与方法

1.1 样品采集

采样点位于江苏靖江市新桥镇的长江沿岸(31°56' N, 120°01' E)(图1), 采样点沿岸上缘为混泥土堤坝, 下缘堤脚为宽约 30 m 的大型石块带。堤脚下是宽阔的淤泥质江岸, 表面平整, 坡度约为 20°。石块带下缘至泥质江岸内侧有宽约 100 m 的密集芦苇带, 芦苇高约 3 m。

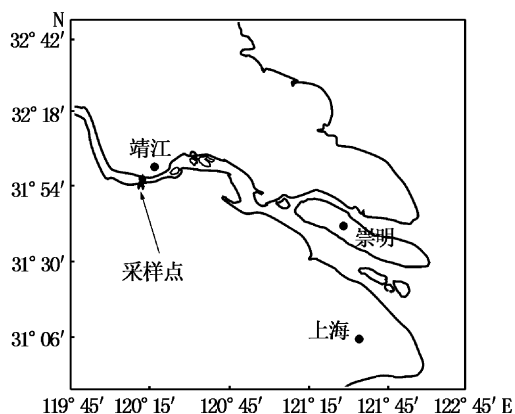


图1 标本采集点
Fig. 1 Sampling site

垂直于江岸设置一部丁字形定置张网, 拦网长约 40 m, 网片露出江底高约 1.8 m, 在拦网下缘近江心处布置 2 个笼式网袋。拦网采用 7 号网片, 网目 1.86 cm; 网袋为 4 号网片, 网目 0.92 cm。张网位置随水位涨落上下移动, 一般控制在平水期与拦网上纲齐平。2002 年 1 月 - 2003 年 12 月每月保存 1 日和 15 日的 2 份渔获样本, 2004 年 1 月以后每月保存 1 日、11 日和 21 日的 3 份样本。2002 年 1 月至 2009 年 12 月 8 年采集的似鳊样本用于渔获量时间格局分析, 2005 年采集的全部似鳊样本用于生长特征分析。

1.2 数据分析

样本用 10% 福尔马林固定, 在室内鉴定到种。用量鱼板逐尾测量体长, 精确到 0.1 mm。纱布吸干水分后, 用电子天平测个体重量, 精确到 0.01 g。月渔获量为当月 2 次或 3 次渔获量的平均量与该月天数的乘积。

用鳞片作年龄鉴定和生长特征分析的材料。鳞片取自背鳍起点下方至侧线鳞上方的矩形区

域内, 每尾标本选取形状规则的鳞片 5 枚。用清水洗净、干燥, 用体视显微镜观察年轮并且照相记录, 用计算机测量鳞径 (R) 及鳞焦到各年轮间的距离 (r), 精确到 0.01 mm, 所得 5 枚鳞片数据取均值用于后续分析。

相关分析方法依据殷名称^[10-11], 包括:

生长指标即可表示鱼类某一阶段的生长速率, 可用下式计算:

$$I = (\lg L_2 - \lg L_1) L_1 / 0.4343 \quad (1)$$

式中: I 为生长指标; L_1, L_2 为对应相邻两龄 t_1, t_2 的体长。

年增积量: 一年中体长增长量与体重增长量的乘积。体长与体重相关关系, 可用下式计算:

$$W = aL^b \quad (2)$$

式中: W 为体重 (g); L 为体长 (mm); a, b 为常数。

体长与鳞径的关系, 可用下式计算:

$$L = a + bR \quad (3)$$

式中: L 为体长 (mm); R 为鳞径 (mm); a, b 为常数;

利用 von Bertalanffy 生长方程, 拟合似鳊体长、体重生长参数, 方程如下:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (4)$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (5)$$

式中: t 为年龄; L_t 和 W_t 为 t 龄时的平均体长 (mm) 和体重 (g); L_∞ 和 W_∞ 是平均渐近体长 (mm) 和体重 (g); k 为生长系数; t_0 是理论生长起点的年龄; b 为公式 (2) 中的常数 b 。

ARIMA 预测模型建立方法依李辉华等^[12-13]。数据分析和曲线绘制应用 Excel 2007 和 SPSS 13.0 软件。

2 结果

2.1 平均每网次渔获量的月变化和年变化

8 年 237 份渔获样本共有鱼类 108 种、73 960 尾, 其中似鳊出现在 220 份样品中, 有 4 253 尾, 占渔获数量的 5.75%。似鳊在 6-8 月所占比重较高, 最高的 7 月占当月渔获数量的 10.68% (图 2)。每网次渔获物中, 似鳊数量最高的达 145 尾, 平均 19 尾。其中数量较高的 4-8 月平均为 31 尾, 其他 7 个月平均 8 尾。

似鳊渔获数量在不同年度间有波动, 其中以 2002 年最高, 平均每一网次 26 尾, 2005 年次之,

平均每网次 25 尾;其他 6 年每网次均在 14 ~ 19 尾(图 3)。不同年度间似鳊占总渔获数量的比例也有差异,比例最低的 2003 年仅为 3.89%,最高的 2007 年则达 7.69%(图 3)。

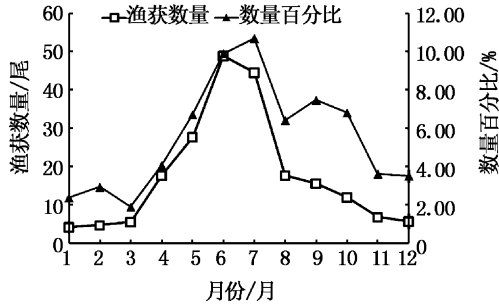


图 2 似鳊月渔获数量及其所占渔获数量的比例月变化

Fig. 2 Monthly changes of fish catch in number and percentage of *P. simoni* per month

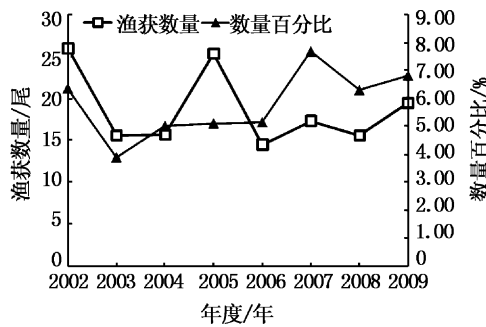


图 3 似鳊年渔获数量及其所占总渔获数量的比例年变化

Fig. 3 Yearly changes of fish catch in number and percentage of *P. simoni* per year

2.2 平均每网次渔获重量的月变化和年变化

237 份样本共有鱼类 409 256.23 g,其中似鳊 39 618.05 g,占总渔获重量的 9.68%,平均每网次 180.08 g,最高达 1 714.6 g。7 月似鳊占鱼获量比重最高,达 15.52%。似鳊渔获重量主要集中在 4-9 月,平均每网次 277.29 g,其余 6 月平均每网次 50.83 g(图 4)。渔获重量的年变化与渔获数量的年变化趋势基本一致,即以 2002 年较高,2005 年次之,其他 6 年较低。重量比以 2003-2006 年较低,2007-2009 年较高(图 5)。

2.3 渔获重量的 ARIMA 预测模型

2.3.1 模型识别

图 6 是 2002-2009 年间似鳊渔获重量在靖江段沿岸的逐月变化图,其特点有:(1)序列存在

以 12 月为一个轮回的周期性;(2)序列的方差前后波动较大,为非平稳随机过程。为使序列符合运用 ARIMA 模型即平稳的随机过程的条件,经渔获重量的自然对数转换,渔获重量序列的季节差分后,作参数检验($P > 0.05$),序列的均值、方差、相关函数等特征均不随时间推移而变化,即得到了一组平稳的随机序列。据此,可初步确定适用的模型是以 12 月为周期的、综合了连续模型和季节模型的复合模型。参考 PCF 图和 PACF 图(图 7),即可得 $ARIMA(p,0,q)(0,1,1)_{12}$, p,q 可以为 0 或 1。

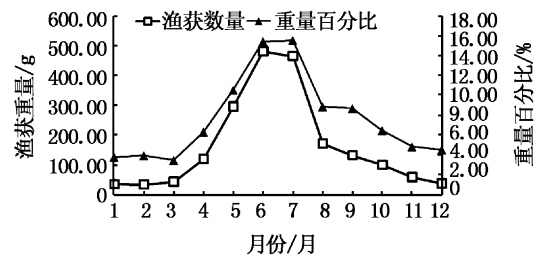


图 4 似鳊月渔获重量及其所占总渔获重的比例月变化

Fig. 4 Monthly changes of fish catch in weight and percentage of *P. simoni* per month

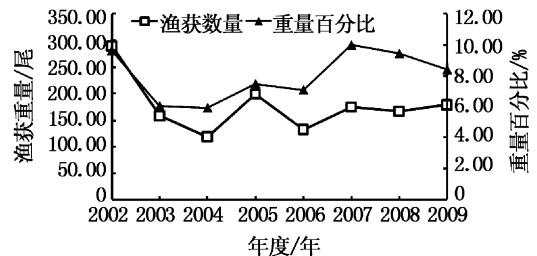


图 5 似鳊年渔获重量及其所占总渔获重的比例年变化

Fig. 5 Yearly changes of fish catch in weight and percentage of *P. simoni* per year

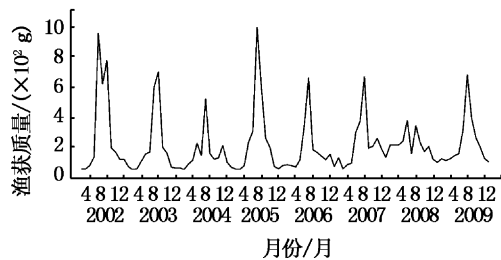


图 6 2002 年 1 月至 2009 年 12 月间的似鳊月渔获重序列图

Fig. 6 Sequence map of monthly fish catch weight from of *P. simoni* 2002 to 2009

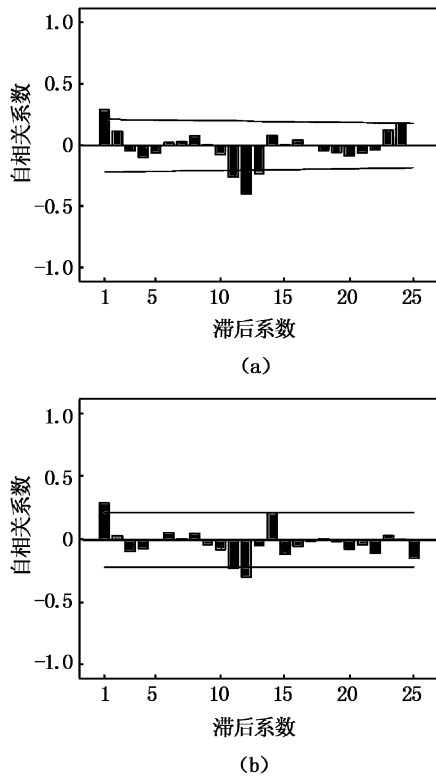


图7 经对数变化序列一阶季节差分前后的似鳊月渔获重自相关(a)和偏相关(b)
 Fig.7 ACF (a) and PACF (b) of fish catch weight with transforming by natural logarithm and seasonal difference

2.3.2 参数估计和模型选择

ARIMA 模型的优劣可依据 Akaike 信息准则 (Akaike's Information Criterion, AIC) 和 Schwarz 贝叶斯准则 (Schwarz's Bayesian Criterion, SBC) 进行判定, 即 AIC 和 SBC 值小的模型相对较好。经过多次调试和检验, 获得了 4 种模型的拟合优度统计量和参数 (表 1、表 2), 可见 ARIMA(1,0,0)(0,1,1)₁₂ 是相对较好的模型 (表 1)。方程应为:

$$(1 - 0.387B)(1 - B^{12}) \ln y_t = (1 - 0.555B^{12}) e_t \quad (6)$$

式中: B 为后移算子; y_t 为时间序列在 t 期的观测值; e_t 为时间序列在 t 期的误差或偏差。

该方程显示月渔获重量之间存在着一阶自相关性, 即可用当月渔获重量推测下 1 月的渔获重量。季节平均移动参数也表明 (表 2), 渔获重量的 1 个周期 (年) 波动受之前 1 个周期 (年) 渔获重量波动的影响, 即可用当年渔获重量推测下 1 年的渔获重量。两者结合, 即可预测月和年的渔获重量。通过对原始数据与拟合数据的误差计算, 显示残差均无统计学意义 ($P > 0.05$), 表明该模型可用于预测。

表 1 4 种 ARIMA 模型拟合优度统计量

Tab.1 Statistics of goodness fitting for 4 ARIMA models

统计量	ARIMA(0,0,0)(0,1,1) ₁₂	ARIMA(0,0,1)(0,1,1) ₁₂	ARIMA(1,0,0)(0,1,1) ₁₂	ARIMA(1,0,1)(0,1,1) ₁₂
AIC	225.35	216.91	213.95	215.93
SBC	227.78	221.77	218.82	223.22

表 2 3 种 ARIMA 模型的参数估计

Tab.2 Parameter estimation of 3 ARIMA models

参数	B	t	P
AR1	0.387	3.868	0
SMA1	0.555	4.986	0

2.3.3 模型检验及预测准确性验证

用所选模型对 2003 - 2009 年的月渔获重量进行拟合 (图 8)。可见, 模型预测的动态趋势与实际数据基本一致, 拟合精度为 83.21% ~ 93.90% (表 3), 平均达 86.97%。虽然个别月份的相对精度较低, 但 Kolmogrov-Smirnow 双样本检验显示, 预测值与实际值之间并无显著性差异 ($P = 0.855 > 0.05$)。

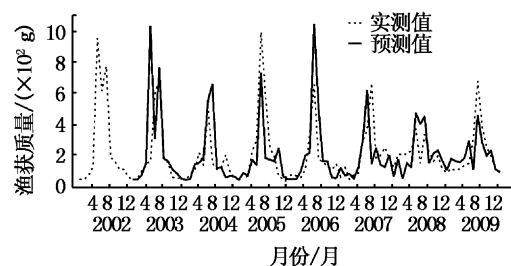


图 8 月渔获重的实测值与方程预测值拟合图
 Fig.8 Time series of monthly observed fish catch weight and predicted fish catch weight

2.4 似鳊的生长特征

2.4.1 个体重量的月变化和年变化

似鳊个体较小, 平均渔获体仅重 8.98 g, 最大

的7月平均10.67 g;最小的2月平均5.79 g。各月的平均体重变化如图9(a)所示。2002年的个体均重为10.03 g,2002-2005年呈递减趋势,

2005年仅为6.32 g,2006年略有回升,2008年上升至最大10.83 g,见图9(b)。

表3 模型预测准确性的验证

Tab.3 The test of the forecast accuracy

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
相对精度/%	85.13	86.58	85.78	84.34	83.21	89.86	93.90

注:相对精度=[1-(实测值-预测值)/实测值]×100%。

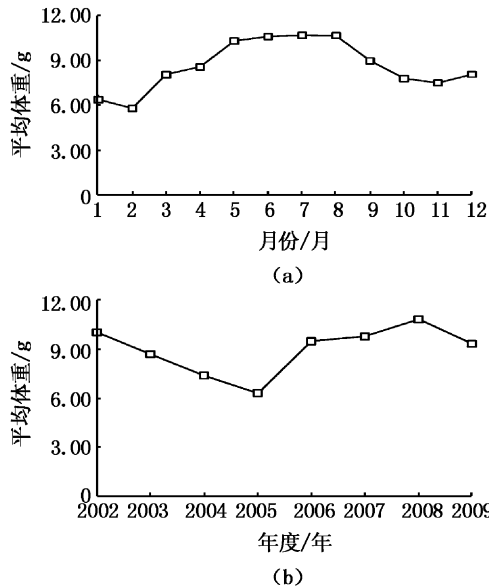


图9 似鲮平均体重的月变化(a)和年变化(b)
Fig.9 Monthly (a) and yearly (b) changes of *P. simoni* in average body weight

2.4.2 年龄组成

所分析的2005年采集的323尾标本中,可鉴

定出年龄和性别的雄鱼141尾,包含1~3龄,3个年龄组。其中1龄是优势年龄组,占全部雄鱼的56.74%。能鉴定年龄和性别的雌鱼61尾,仅有1~2龄,2个年龄组。1龄占了全部雌鱼的53.23%。雌雄性比为1:2.3,年龄组成见表4。

2.4.3 生长指标与年增积量

已鉴定出年龄的61尾雌性体长为58.1~105.2 mm,体重为3.42~19.90 g;141尾雄性的体长为62.3~107.0 mm,体重为2.72~18.98 g。1龄组雌鱼体重和体长显著大于雄鱼(P<0.05);2龄组雌雄鱼体长无显著差异(P>0.05),但雌鱼体重显著大于雄鱼(P<0.05)。各龄的生长指标与年增积量见表5。

表4 年龄组成

Tab.4 Age composition of *P. simoni*

性别	雄			雌	
年龄组	1	2	3	1	2
尾数	80	54	7	33	28
百分比/%	56.74	38.30	4.96	53.23	46.77

表5 似鲮的生长参数

Tab.5 Growth measurement on *P. simoni*

性别	年龄	尾数	实测体长 / mm	年增长 / mm	生长指标	实测体重 / g	年增重 / g	年增积量 / (mm·g)
♀	1	33	82.7(58.1~102.0)	4.7	4.6	9.58(3.42~15.99)	1.36	6.39
	2	28	87.4(71.1~105.2)			10.94(6.98~19.90)		
♂	1	80	75.3(62.3~96.3)	10.8	10.3	7.39(2.72~14.09)	2.14	23.11
	2	54	86.1(66.1~104.3)			9.53(40.4~137.3)		
	3	7	94.5(78.3~107.0)			13.56(10.28~18.98)		

2.4.4 体长与体重和鳞径的关系

对141尾雄鱼、61尾雌鱼的体长L和体重W数据进行拟合,所得的雌雄混合、雄鱼和雌鱼的体长/体重关系式分别为:

$$W = 4.459 \times 10^{-5} L^{2.753} (n=202, r=0.9016) \quad (7)$$

$$W_{\text{♀}} = 1.457 \times 10^{-4} L^{2.5029} (n=61, r=0.8925) \quad (8)$$

$$W_{\text{♂}} = 3.760 \times 10^{-5} L^{2.785} (n=141, r=0.9093) \quad (9)$$

分析体长与鳞径的关系得知,雌、雄群体的

鳞径 R 与体长 L 呈直线相关性。雌鱼的鳞径与体长关系式为:

$$L_{\text{♀}} = 60.83R + 33.54 \quad (n = 61, r = 0.8068) \quad (10)$$

雄鱼的鳞径与体长关系式为:

$$L_{\text{♂}} = 45.30R + 44.91 \quad (n = 141, r = 0.7635) \quad (11)$$

2.4.5 生长方程与生长参数

由于雌鱼只有 2 龄,无法拟合 Von bertalanffy 生长方程。雄鱼的体长和体重的 Von bertalanffy 生长方程分别为:

$$L_t = 147.17 \times [1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)}] \quad (12)$$

$$W_t = 44.36 \times [1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)}]^{2.785} \quad (13)$$

最大体长 L_{∞} 为 147.17 mm;最大体重 W_{∞} 为 44.36 g。

根据 Von bertalanffy 生长方程绘制生长曲线(图 10)。雄鱼体长的生长曲线不具拐点,早期上升很快,随着年龄的增加而逐渐减慢,并逐渐趋近渐近体长 L_{∞} ($L_{\infty} = 147.17$ mm)。体重生长曲线为一条不对称的 S 形具拐点的曲线,随着年龄增加由慢到快再减慢,并趋向渐进体重 W_{∞} ($W_{\infty} = 44.36$ g)。

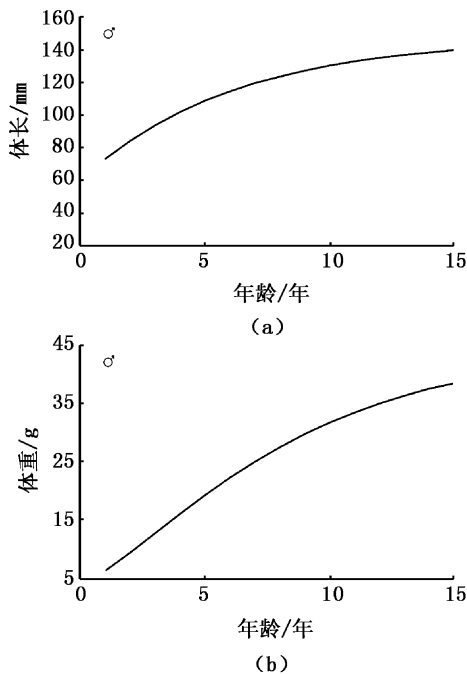


图 10 雄鱼体长(a)和体重(b)生长曲线
Fig. 10 Growth curve of body length (a) and body weight (b) of males

2.4.6 生长速度和加速度

用体长、体重生长方程对 t 求一阶、二阶导数,得到的体长、体重生长速度和加速度方程来探讨雄性各生长过程的变化特征。

$$dL/dt = 147.14 \times 0.1648 \times e^{-0.1648(t+3.2032)}$$

$$d^2L/dt^2 = -147.14 \times 0.1648^2 \times e^{-0.1648(t+3.2032)}$$

$$dW/dt = 2.785 \times 44.36 \times 0.1648 \times e^{-0.1648(t+3.2032)} [1 - e^{-0.1648(t+3.2032)}]^{1.785}$$

$$d^2W/dt^2 = 2.785 \times 44.36 \times 0.1648^2 \times e^{-0.1648(t+3.2032)} [1 - e^{-0.1648(t+3.2032)}]^{0.785} \times [2.785 \times e^{-0.1648(t+3.2032)} - 1]$$

根据上述方程作出的曲线见图 11。可见,雄鱼的体长生长速度和加速度不具拐点,而体重的生长速度和加速度都有拐点,拐点年龄 $t_1 = 3.01$,渐近体长 $L_r = 94.32$ mm,渐近体重 $W_r = 12.85$ g (图 11)。

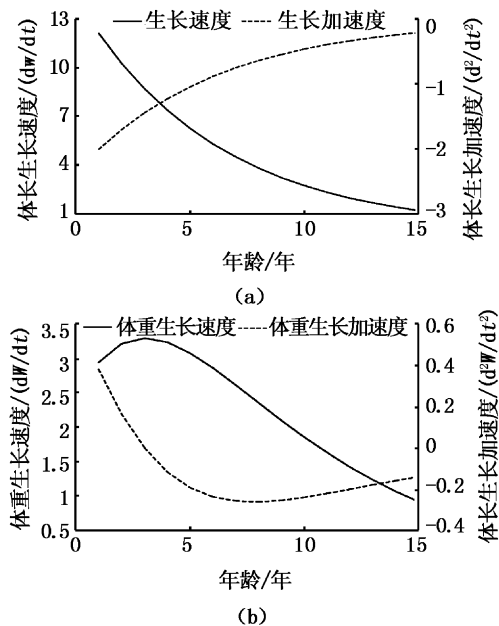


图 11 雄性似鳊的体长、体重生长速度(a)和加速度曲线(b)

Fig. 11 Growth rate (a) and acceleration growth rate (b) curve of body length and body weight of males

3 讨论

3.1 似鳊的时间格局和生态意义

处于下游与河口地带的长江靖江段,沿岸滩涂开阔,渔业资源丰富。目前已设立了以保护

鳊、日本鳊 (*Anguilla japonica*)、刀鲚 (*Coilia ectenes*)、胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*) 等经济鱼类的国家级和省级水产种质资源保护区,对长江及其近海渔业资源的补充起着重要作用。

研究表明,靖江沿岸最近 8 年出现的鱼类虽然多达 108 种,但第一优势种贝氏鲮 (*Hemiculter bleekeri*) 占整个渔获数量和重量的 45.44% 和 28.69%^[13],似鳊是第二优势种,分别为占 7.75% 和 9.68%,两者合计分别占整个渔获数量和重量的一半和 3 成以上。分析表明,似鳊的生物量高峰出现在 5-9 月,而贝氏鲮的生物量高峰则出现在 3-6 月,两者有 2-3 个月的时间差(图 12)。

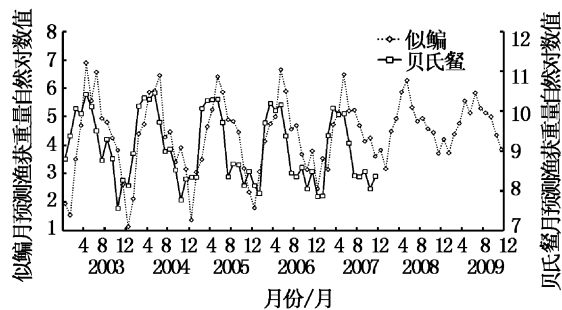


图 12 似鳊与贝氏鲮月渔获重量自然对数模型预测值时间格局比较

Fig. 12 Comparison of monthly predicted fish catch weight in natural logarithm between *P. simoni* and *H. bleekeri*

贝氏鲮和似鳊都是世代交替快、生命周期短的小型鱼类,前者是栖息于中上层的杂食性鱼类,以水生昆虫、浮游动物、植物碎片等为食,后者则是以固着藻类为主要食物的中下层鱼类,而自身也是鳊、鳅 (*Elopiichthys bambusa*)、翘嘴红鲌 (*Cultrichthys erythropterus*) 等肉食性鱼类的主要食物,在食物链中起到承上启下的关键作用。此外,贝氏鲮和似鳊均产漂浮性卵,生殖期比鳊类、鲂类等肉食性鱼类稍早^[14]。这样,个体小而数量多的卵和仔鱼可以为这些肉食性鱼类提供早期生活史阶段的饵料。同时,由于个体更小的贝氏鲮和个体稍大的似鳊生物量分布高峰存在一定的时间差,更可以为这些肉食性鱼类的成长提供长期的适口饵料。因此,两者在维系这一水域生态系统的物质循环、能量流动以及维护鱼类物种多样性方面具有极其重要的作用^[15-17]。

定置张网是靖江段沿岸滩涂的主要捕捞网

具,如果按常年 800 部的作业网具计算,那么每年有 5.26 万千克的似鳊渔获量。如果将这些渔获量喂养鳊鱼,那么仅靖江段即可支撑年产约 1 万千克的鳊产量。另外,可以利用 6-8 月渔获量最高的季节进行灌江纳饵,降低以鳊为主养对象的“低坝高网”围栏养殖的饵料成本。

3.2 似鳊的年龄结构与生长特征

湖北省水生生物研究所^[1]、李思发^[2]、陈马康等^[3]分别对长江中游、浙江姚江和钱塘江的似鳊年龄和生长作过分析,其渔获物中雄性均包括 1~4 龄 4 个年龄组,雌性则有 1~5 龄 5 个年龄组。我们在靖江的样本中,雄性有 1~3 龄 3 个年龄组,雌性则只有 1~2 龄 2 个年龄组,缺乏高龄个体,年龄结构明显偏向低龄化。

如果对 2 龄组的平均体长和平均体重进行比较,那么靖江与姚江种群^[2]的雌性个体的体长 ($P = 0.100 > 0.05$)、体重 ($P = 0.069 > 0.05$) 和雄性个体的体重 ($P = 0.533 > 0.05$) 均无显著差异,但靖江雄性个体的体长 ($P < 0.001$) 明显较大。不论是雌性还是雄性,靖江种群的体长和体重均比钱塘江群体的小^[3] ($P < 0.001$)。

参考文献:

- [1] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 129-130.
- [2] 李思发. 关于逆鱼的生物学资料[J]. 动物学杂志, 1981, 4(3): 6-7.
- [3] 陈马康, 童合一, 俞泰济, 等. 钱塘江鱼类资源[M]. 上海: 科学技术文献出版社, 1990.
- [4] BOX G, JENKINS G, REINSEL G. 时间序列分析: 预测与控制[M]. 顾岚主, 译. 北京: 中国统计出版社, 1997.
- [5] 张文彤. SPSS II 统计分析教程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002: 250-289.
- [6] STERGIU K, CHRISTOU E, PETRAKIS G. Modeling and forecasting monthly fisheries catches comparison of regression, univariate and multivariate time series methods [J]. Fisheries Research, 1997, 29: 55-95.
- [7] 王志忠, 刘秀菊, 王树林, 等. 黄河流域棉花品种产量性状时间序列的 ARIMA 模型预测研究[J]. 棉花学报, 2007, 19(3): 220-226.
- [8] 吴家兵, 叶临湘, 尤尔科. ARIMA 模型在传染病发病率预测中的应用[J]. 数理医药学杂志, 2007, 20(1): 90-93.
- [9] 朱继民, 汤林华, 周水森, 等. 非稳定性疟疾用时间序列模型预测疟疾发病率的可行性研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2007, 25(3): 232-236.
- [10] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 20-55.

- [11] 殷名称. 太湖似刺编鲃年龄和生长的研究[J]. 生态学报, 1993, 13(1): 38-44.
- [12] 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): 899-905.
- [13] 李辉华, 郭弘艺, 唐文乔, 等. 长江下游靖江段沿岸贝氏渔获量的时间格局及 ARIMA 模型预测[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 357-364.
- [14] 曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利出版社, 2008.
- [15] 邹莉瑾, 张敏, 邹晓荣, 等. 东南太平洋公海智利竹筴鱼年龄与生长研究[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(1): 62-67.
- [16] 王坤, 凌去非, 李倩, 等. 苏州地区泥鳅和大鳞副泥鳅年龄与生长的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 553-558.
- [17] 刘国栋, 何光喜, 刘其根, 等. 千岛湖大眼华编年龄、生长和繁殖的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(3): 382-391.

Temporal pattern and growth characteristics of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang Reach of the Yangtze River

CHENG Xing-hua¹, TANG Wen-qiao^{1,2}, GUO Hong-yi¹, LI Hui-hua¹, SHEN Lin-hong³, GU Shu-xin³

(1. Laboratory of Ichthyology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. Administration of Fishery of Jingjiang, Jingjiang, Jiangsu 214500, China)

Abstract: In order to reveal the population dynamics and growth status of *Pseudobrama simony* in the Yangtze River, a stow net, 40 m in length, 1.8 m in height and mesh size 1.86 cm, was set on Jingjiang wetland for the acquisition of 2 or 3 times a month from 2002 to 2009. The results showed that there were 73 960 fish belonging to 237 fish samples. In which, the *P. simoni* was 4 253 fish, accounting for 5.52% of the total. The average catch number of *P. simoni* per haul was 19 while the maximum was 145. Among the total 409 256.23 g of fish catch, *P. simoni* was 39 618.05 g, accounting for 7.67%. The average catch weight of *P. simony* per haul was 180.08 g while the maximum was 1 714.6 g. Analysis indicated that monthly fish catch weight of *P. simoni* presented a Nonstationary Random Process. SPSS V13.0 software was used to construct the ARIMA model based on monthly fish catch data from January 2002 to December 2009 and ARIMA(1,0,0)(0,1,1)₁₂ model included an equation of $(1 - 0.387B)(1 - B_{12}) \ln y_t = (1 - 0.555B_{12}) \text{et}$. The fitting precision of ARIMA model was 83.21% - 93.90% from 2003 to 2009. Meanwhile, the biomass peak of *P. Simony* appeared from May to September, which was two or three months later than *Hemiculter bleekeri*, the first dominant species in the waters. The age and growth characteristics of the individual analysis for *P. simoni* collected in 2005 showed that the sex ratio of males to females was 2.3:1 in the population. The males had three age groups from aged 1 to 3 and females only had two age groups from aged 1 to 2, significantly lower than the age structure of populations of Yao River and the Qiantang River. The Von bertalanffy growth equations of male were concluded as $L_t = 147.17 \times (1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)})$, $W_t = 44.36 \times [1 - e^{-0.1648 \times (t+3.2036)}]^{2.785}$. The estimated parameters for Logistic growth function were $L_\infty = 147.17$ mm and $W_\infty = 44.36$ g.

Key words: fish catches; temporal pattern; ARIMA prediction mode; sex ratio; age structure; growth parameters