

## 保安湖麦穗鱼种群生物学IV. 种群动态

张堂林 崔奕波 方榕乐 谢松光 李钟杰

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

**摘要:** 1995年10月至1996年11月运用标志回捕法对保安湖1#试验围栏中麦穗鱼的种群数量作了11次估算, 并对种群的动态特征进行了分析。周年的种群数量变动于0.40—2.45 ind·m<sup>-2</sup>, 在5月份最高。不同世代的强度存在较大的差异, 1996年世代最强, 1996年11月为21,631ind, 与同期的1995世代(14,431ind)相比增加了49.9%, 死亡率在夏季较高。1995世代周年死亡率为71.7%, 1996年11月的数量为4,084ind, 与生活史中同期的1994世代(1,515ind)相比, 增加了1.7倍。1994世代在1996年繁殖后期的死亡率急剧增加, 在产卵季节过后全部死亡。种群活动水平除了与水温有关外, 在春季可能主要受繁殖活动的影响。1996年的种群繁殖力为4.05×10<sup>6</sup>粒, 其中0<sup>+</sup>龄的贡献为85.7%。

**关键词:** 麦穗鱼; 种群动态; 死亡率; 保安湖

**中图分类号:** Q111    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3207(2000)05-0537-09

小型鱼类是指个体小的各种鱼类的总称, 是长江中下游湖泊鱼类群落的重要组成部分, 其种类数量约占鱼类总种数的一半<sup>[1]</sup>。目前, 在许多湖泊, 特别是大中型湖泊, 因社会、经济和管理等多方面的原因, 大型经济鱼类的单产比较低, 鱼食性鱼类(Piscivorous fish)资源也因过度捕捞而受到严重破坏, 生态环境非常有利于小型鱼类的繁衍和发展。在这类浅水湖泊开展小型鱼类种群估算, 能为合理利用小型鱼类资源, 发展鱼食性鱼类增养殖, 优化湖泊渔业结构提供重要的基础资料。

国内有关鱼类种群估算及动态的报道很少<sup>[2-3]</sup>。麦穗鱼(*Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel)在长江中下游湖泊中有着广泛的分布, 是小型鱼类中的一个优势种<sup>[1-3]</sup>。1995年10月至1996年11月运用标志回捕法对保安湖麦穗鱼的种群密度作了11次估算, 并对种群的动态特征进行了分析。

### 1 材料与方法

由于在较大的湖泊中估算种群数量可能存在许多困难, 选择保安湖的1#试验围栏(3.33hm<sup>2</sup>)作为种群估算的水体。为了尽量减轻对该围栏麦穗鱼种群的操纵压力, 同时在2#试验围栏(6.67hm<sup>2</sup>)收取材料鱼, 用于年龄鉴定和个体繁殖力研究。这两个围栏彼

**收稿日期:** 1998-04-28; **修订日期:** 2000-03-03

**基金项目:** 淡水生态与生物技术国家重点实验室基金项目(9604E4)、国家自然科学基金项目(39670575)、国家“九五”科技攻关项目(96-008-02-03)、中国科学院“九五”重大课题(KZ951-A1-102, KZ951-B1-104)

**作者简介:** 张堂林(1966—), 男, 湖北大冶市人, 硕士, 助理研究员, 从事渔业生态学研究

此相连,通过一条拦网隔开,有关研究水体的详情已另文报道<sup>[4]</sup>。

**1.1 种群估算方法** 运用标志回捕法估算种群大小,标志采用浸泡染色法,染料为俾斯麦棕 Y(Bismark Brown Y)<sup>[5-7]</sup>。1996 年 9 月、10 月的预备试验表明,俾斯麦棕 Y 对麦穗鱼的标志效果比较好,在溶液浓度为 1:20,000,浸泡 3h,易于辨认的标志保持(100%)时间为 5d,在溶液浓度为 1:10,000,浸泡 3—4h,标志保持(100%)时间可达 6d 以上,因此,在各月进行种群估算时,确定浓度为 1:10,000,浸泡时间为 3—4h。但是由于温度对标志保持时间有负面影响,在 6—8 月,浸泡时间延长为 4—5h。浸泡容器为塑料水族箱(45×65cm),鱼的密度一般为 5—8ind·L<sup>-1</sup>,视个体大小而定,浸泡染色一般在傍晚至翌日上午 10 时进行。染色期间采用小型气泵充气,溶氧变幅为 6.8—7.3mg·L<sup>-1</sup>。标志回捕试验一般持续 7d,前 3d 收取样本用于标志,标志鱼释放后间隔一天(7 月份不到一天,但至少有 12h)开始回捕,回捕一般为 3d,在间隔期间,可让标志鱼在种群中进行充分的混合。在标志和回捕阶段,每天收取的鱼均进行计数,暂养于多个小网箱(50×60cm)中,并投喂金鱼饵料。为了估算标志鱼释放后的死亡率,在每月试验期间均留有数量不等的样本用于观察,以便在种群估算时对释放的标志鱼数量( $m_r$ )进行校正。

种群数量计算公式为 Petersen 式<sup>[8-9]</sup>,即:  $N = mc/r$ ,式中  $N$ =估算的种群数量,  $c$ =回捕期间的渔获数量,  $m$ =标志鱼的数量,  $r$ =回捕的标志鱼数量。 $N$  的方差  $V(N)$  估算式为<sup>[9]</sup>:

$$V(N) = \frac{m^2 c(c-r)}{r^3}$$

$N$  的标准误  $SE(N)$  采用下式估算,95% 置信限为  $N \pm 2SE^{[8]}$ 。

$$SE(N) = N \sqrt{\frac{(N-m)(N-c)}{mc(N-1)}}$$

**1.2 瞬时死亡率** 假定在较短时间内种群数量按指数递减,那么瞬时死亡率( $Z$ )的计算公式为<sup>[10]</sup>:

$$Z = \frac{-(\ln N_2 - \ln N_1)}{t_2 - t_1}$$

式中  $N_1, N_2$  分别为  $t_1, t_2$  时的种群数量,  $t_1, t_2$  分别为相邻的取样时间。

**1.3 年龄组成** 依据 1995 年 10 月在 1# 和 2# 试验围栏中所得的样本,发现这两个水体中麦穗鱼的全长和体重均没有显著差异( $t$  检验,  $p > 0.20$ )。鉴此,为了尽量减轻对 1# 试验围栏麦穗鱼的干扰,在估算种群数量时,仅测量了抽取样本的体重(活体测量),未测量全长,用作年龄鉴定的材料主要取自 2# 试验围栏。

1# 试验围栏麦穗鱼种群年龄组成依据每月的体重频数分布和各年龄组的体重变幅确定,具体方法是:首先依据实际鉴定的年龄结果,找出低龄组的最大个体重量和相邻的高龄组的最小个体重量,据此确定体重频数分布中相邻龄组重叠区,然后计算重叠区内平均个体重量,此为相邻龄组的临界重量。小于临界重量的个体归入较低的龄组,大于临界重量的个体归入较高的龄组,并据此统计各月测量的体重样本中各年龄组的个体数量和平均个体重量。为了表明这种方法的可行性,以 1996 年 10 月的数据为例,仅采用 1# 试验围栏的鳞片样本,依据实际鉴定的年龄结果,0+ 龄、1+ 龄的平均个体重量分别为 2.27g

( $n=140$ ,  $SD=1.11$ ,  $min=0.64$ ,  $max=5.01$ )、 $5.50g$  ( $n=35$ ,  $SD=1.74$ ,  $min=3.11$ ,  $max=9.95$ )。依据上述方法计算的临界重量为  $3.89g$ , 由此确定的  $0^+$  龄、 $1^+$  龄的平均个体重量分别为  $2.15g$  ( $n=179$ ,  $SD=0.92$ )、 $5.46g$  ( $n=32$ ,  $SD=1.56$ ),  $t$  检验表明这两种方法所得的结果无显著差异 ( $0^+$  :  $p=0.2920$ ;  $1^+$  :  $p=0.9217$ )。

#### 1.4 种群繁殖力 1# 试验围栏种群繁殖力 (E) 计算式为<sup>[11]</sup>:

$$E = \sum E_i = \sum N_i \cdot P_i \cdot F_i$$

式中  $E_i$  =  $i$  龄组产卵总数,  $N_i$  =  $i$  龄组雌鱼的数量,  $P_i$  =  $i$  龄组雌鱼性成熟的比例 (本文  $P_i=1$ ),  $F_i$  =  $i$  龄组的平均个体繁殖力。

**1.5 种群活动水平的季节变化** 在每月的标志回捕试验期间, 取样渔具为渔簖。由于渔簖是被动性渔具, 在给定时间内, 渔簖的渔获数量在某种程度上可以反映鱼的活动水平, 但是由于在不同时间内和不同年龄组间的种群密度是不同的, 因此麦穗鱼的活动水平不能用单位时间内的渔获量直接表示, 只能用对密度差异进行校正后的活动指数 (Activity index, AI) 反映<sup>[11-12]</sup>。

$$AI = \frac{n}{t} \cdot \frac{a}{N}$$

式中  $n$  = 在  $t$  时间内的渔获量 (ind),  $t$  = 渔簖捕鱼持续的时间 (day),  $a$  = 试验水体的面积 ( $m^2$ ),  $N$  = 在取样期间估算的种群数量 (ind)

## 2 结果

### 2.1 标志回捕试验

在 1# 试验围栏开展了 11 次标志回捕试验, 各次种群估算的数据列于表 1, 并依据种群的年龄组成, 估算了各龄组的数量 (表 2)。由于麦穗鱼个体小, 年龄结构简单, 在标志回捕期间未分大小组处理。在 1996 年 4、5 月, 0 龄鱼 (1996 世代) 实际上已经出现, 但因

表 1 麦穗鱼标志回捕试验数据 \*

Tab. 1 Data of mark-recapture experiment for *P. parva*

时间 Time	$m_r$	SR(%)	$m$	$c$	$r$	N	95% CL
1995.10.27~11.3	3 384	98.00	3 316	795	163	16 173	2 203
1995.11.24~12.3	796	100.00	796	323	15	17 140	8 561
1996.1.1~9	529	100.00	529	327	11	15 725	9 224
1996.2.8~14	1 018	100.00	1 018	1 913	126	15 456	2 492
1996.3.16~25	1 349	97.37	1 314	707	63	14 746	3 460
1996.4.18~25	3 619	90.84	3 287	675	167	13 285	1 738
1996.5.18~25	767	92.50	709	590	45	9 296	2 578
1996.7.12~17	8 067	89.89	7 251	3 046	458	48 224	4 021
1996.8.23~30	1 698	92.65	1 573	926	39	37 349	11 561
1996.9.19~26	1 218	95.00	1 157	563	22	29 609	12 258
1996.10.27~11.3	1 615	97.21	1 570	597	36	26 036	8 316

\*  $m_r$ —释放的标志鱼数量 (Number of marking fish released); SR—标志鱼释放后的成活率 (Survival rate of marking fish after released);  $m$ —用成活率校正后的标志鱼数量 (Number of marking fish being survival after released); CL—N 的置信限 (Confidence limit)。

个体特别小,在渔簖中很少见到,难以用标志回捕法估算,因而这两个月的种群数量未包括0龄鱼。

表 2 麦穗鱼种群年龄组成及不同世代的数量

Tab. 2 Age composition and various year-class number of *P. parva*

取样时间 Sampling time	样本的年龄组成 Age composition of samples					不同世代数量估算 Number of various year classes						
	1994 No.	世代 <sup>1</sup> %	1995 No.	世代 %	1996 No.	世代 %	1994 No.	世代 CL <sup>2</sup>	1995 No.	世代 CL	1996 No.	世代 CL
1995.10.27-11.3	75	9.35	727	90.65			1512	206	14661	1997		
1995.11.24-12.3	21	8.05	240	91.95			1379	689	15761	7872		
1996.1.1-9	37	8.64	391	91.36			1359	797	14366	8427		
1996.2.8-14	49	7.28	624	92.72			1125	181	14331	2311		
1996.3.16-25	42	8.99	425	91.01			1326	311	13420	3149		
1996.4.18-25	32	6.90	432	93.10			916	120	12369	1618		
1996.5.18-25	13	6.05	202	93.95			562	156	8734	2422		
1996.7.12-17			63	12.73	432	87.27			6138	512	42086	3509
1996.8.23-30			75	14.07	458	85.93			5255	1627	32094	9934
1996.9.19-26			43	15.36	237	84.64			4547	1882	25062	10376
1996.10.27-11.3			32	15.17	179	84.83			3949	1261	22087	7055

注: <sup>1</sup> year class; <sup>2</sup> 95% 置信限 (95% confidence limit)

## 2.2 种群数量及死亡率

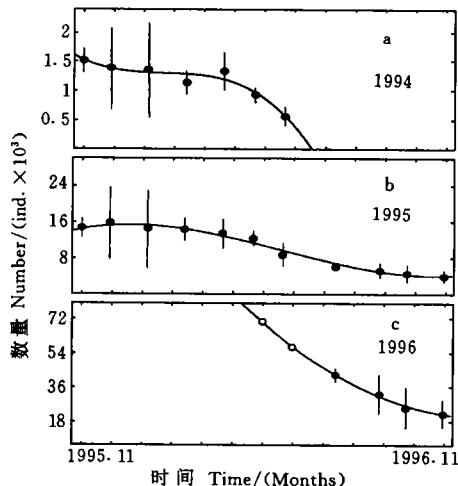


图 1 麦穗鱼不同世代的成活曲线(竖线表示 95% 的置信限,空心圆点表示预测值)

Fig. 1 Survival curves of various year classes for *P. parva*. Vertical lines indicate 95% confidence limits. open dots are the predicted values in May and June, 1996

图 1 反映了种群数量的动态特征。存活曲线是依据各月标志回捕估算的种群数据(表 2)用连续的多项式( $y = a + bx + cx^2 \dots$ )拟合的,通过方差分析可以确定合适的幂次数,最高为 3 次;这里的自变量 X 为取样时间(T),以天为单位,其确定方法为:各月的取样日期取标志回捕期间的中点值,因此 10 月的取样日期为 10 月 31 日,假定此时的  $X=0$ ,那么就可以依次确定在其他各月的 X 值;因变量 Y 为各月估算的种群数量(N, ind)。虽然这不是理论上的存活曲线,但仍然可以较好地反映种群数量的动态。

依据成活曲线计算的每月 1 日的种群数量列入表 3。从表 3 可知,周年的种群数量变动于  $13,462 - 81,725 \text{ ind}$  ( $0.40 - 2.45 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ),不同世代的强度存在较大的差异,1996 世代最强,在 5 月的数量为  $70,089 \text{ ind}$ ,至 11 月下降为  $21,631 \text{ ind}$  ( $0.65 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ),与生活史中同期的 1995 世代 ( $14,431 \text{ ind}$ ) 相比增加了 49.9%。1995 世代在

1996年11月的数量为4,084ind,与生活史中同期的1994世代(1,515ind)相比,增加了1.7倍。

表3 依据拟合的成活曲线计算的麦穗鱼各龄组每月开始时的数量

Tab. 3 Population number at the beginning of every month, calculated respectively from the fitted survival curves

时间 Time	数 量 Number(ind)			
	1994 世代 <sup>*</sup>	1995 世代	1996 世代	合计 Total
1995.11.1	1 515	14 431		15 946
1995.12.1	1 359	15 215		16 574
1996.1.1	1 302	15 265		16 567
1996.2.1	1 284	14 683		15 967
1996.3.1	1 249	13 731		14 980
1996.4.1	1 128	12 334		13 462
1996.5.1	870	10 766	70 089	81 725
1996.6.1	393	9 060	57 097	66 550
1996.7.1		7 456	46 386	53 842
1996.8.1		5 984	37 243	43 227
1996.9.1		4 839	30 057	34 896
1996.10.1		4 175	24 966	29 141
1996.11.1		4 084	21 631	25 715

\* Year class

图2显示了不同世代的月平均死亡率的变化。1994世代在冬季死亡率非常低,在3—4月上升较快,在繁殖后期(5月)的死亡率急剧增加,在产卵季节过后全部死亡。1995世代在冬季的死亡率最低,在春季逐渐上升,在7月达到高峰,在9月开始明显下降,周年死亡率为71.7%。1996世代在5—8月的死亡率均比较高,但变化不大,秋季较低;5,6月死亡率比7,8月略低,或许是一种假象,因为在此期间出生率可能补偿了部分死亡率,再者,外推的5,6月的数量可能是比较保守的估算。

### 2.3 种群繁殖力

1996年3—5月1<sup>#</sup>试验围栏麦穗鱼生殖群体的年龄组成、性别结构列于表4。从表2可知,在生殖群体中,0<sup>+</sup>龄占92.69%(3—5月均值,下同),1<sup>+</sup>龄占7.31%。假定1996年3月的种群数量为生殖群体总量,种群中不同龄组平均个体繁殖力采用2<sup>#</sup>试验围栏的数据<sup>[13]</sup>,那么1<sup>#</sup>试验围栏麦穗鱼种群繁殖力估算为4.05×10<sup>6</sup>粒(表5),其中0<sup>+</sup>龄对种群繁殖力的贡献为85.7%。

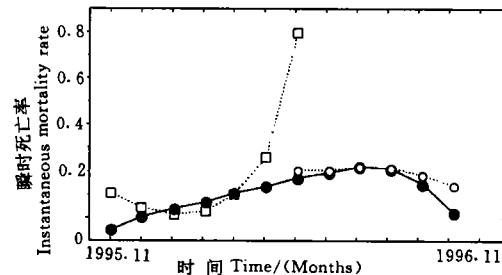


图2 依据成活曲线计算的  
麦穗鱼月平均瞬时死亡率的变化

Fig. 2 Changes in mean monthly instantaneous mortality rate calculated from the fitted survival curve  
…□…1994 —●—1995 …○…1996

表 4 麦穗鱼生殖群体的性别组成

Tab. 4 Sex composition of the breeding population for *P. parva* in 1996.

取样时间 Sampling time	0 <sup>+</sup>					1 <sup>+</sup>				
	雄 n	Males %	雌 n	Females %	合计 n	雄 n	Males %	雌 n	Females %	合计 n
3月 March	120	34.78	225	65.22	345	29	69.05	13	30.95	42
4月 April	164	41.10	268	58.90	432	18	56.25	14	43.75	32
5月 May	78	38.61	124	61.39	202	12	92.31	1	7.69*	13
均值±标准差				61.84					37.35	
Mean±s. d.				±3.18					±9.05	

\* 因样本太小,计算平均值时未用(The value was not used to calculate the mean because of small sample size)。

表 5 1<sup>#</sup> 试验围栏麦穗鱼种群繁殖力Tab. 5 Population fecundity of *P. parva* in the 1<sup>#</sup> experimental enclosure of the Bao in Lake in 1996.

年龄组 Age class	繁殖种群 Breeding population		雌鱼比例 Percentage of females (%)	雌鱼数量 Number of females	个体繁殖力* Individual fecundity* (eggs·ind <sup>-1</sup> )	种群繁殖力 Population fecundity (×10 <sup>6</sup> eggs)	
	in March					No.	%
	No.	%	(%)	(ind)	(eggs·ind <sup>-1</sup> )	No.	%
0 <sup>+</sup>	13 668	92.69	61.84	8 452	410	3.47	85.7
1 <sup>+</sup>	1 078	7.31	37.35	403	1 439	0.58	14.3
合计 Total	14 746	100		8 852		4.05	100

\* 来自 2<sup>#</sup> 试验围栏(From the 2<sup>#</sup> experimental enclosure)<sup>[13]</sup>。

## 2.4 种群活动水平的季节变化

图 3 显示了麦穗鱼种群在各月的活动指数,该指数在春、夏季较高,在冬季最低,在产卵活动最旺盛的 4 月,活动指数最高,在产卵活动处于尾声的 5 月明显下降,这表明了活动水平存在较大的季节变化。如果不考

虑 3,4,5 月的活动指数,那么其他各月的活动指数与水温呈显著的正相关( $p < 0.05$ );但是,如果考虑 3,4,5 月的活动指数,则这种相关并不显著( $p > 0.05$ ),这表明了麦穗鱼的活动水平除了与水温有关外,在春季可能主要受繁殖活动的影响。

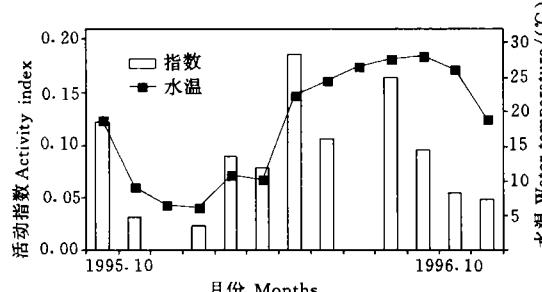


图 3 麦穗鱼种群活动水平的月动态

Fig. 3 Monthly dynamics in locomotor activity level indicated by activity index

## 3 讨论

种群估算的可靠性取决于 Petersen 法的条件能否得到满足。Robsen 等<sup>[8]</sup>、Ricker<sup>[9]</sup>对该法所需的条件、产生误差的原因及减少偏差的方法进行了详细的讨论,主要条件是:(1)试验期间种群是隔离的;(2)标志不影响鱼的行为和死亡率;(3)标志鱼与非标志鱼在种群中随机分布。在每次试验期间,即使在繁殖季节的 3—5 月,因没有考虑当年出生的个体,被估算的麦穗鱼种群是隔离的,即没有迁入或迁出。标志回捕试验是在短期内进行的,死亡对估算种群的影响可能不大。用俾

斯麦棕 Y 对麦穗鱼浸泡染色,不仅可以大批量标志,而且效果也非常好,标志鱼在白色瓷盆中一眼可以看出,不存在误认问题;在浸泡期间,很少有鱼死亡,且根据 1995 年 9 月的预备试验,标志鱼与对照组(非标志鱼)的死亡率没有明显的差异(分别是 5.97% 和 6.25%),这表明标志可能不会引起鱼的额外死亡;在各次标志回捕试验中,对释放的标志鱼均用其释放后的成活率进行了校正,减少或避免了因标志鱼死亡而引起的偏差。预备试验还表明标志鱼在标志结束后 4h 便开始摄食(金鱼饵料),从 1# 试验围栏最长的一端释放后可在 8h 内出现于该围栏的另一端,因此标志鱼释放后间隔 1d 开始回捕,能使标志鱼有充分的时间在种群中随机分布。总之,在种群估算期间,标志回捕试验所需的条件是满足的,估算结果具有较高的可靠性。

1# 试验围栏中麦穗鱼周年的种群数量变动于 13,462—81,725ind(0.40—2.45ind·m<sup>-2</sup>),短头鮈塘鳢(*Pilypnodon breviceps*)在新西兰的一个小型湖泊中的密度变幅为 21—208ind·m<sup>-2</sup><sup>[11]</sup>,与这种小型鱼类相比,麦穗鱼的密度是很低的。在保安湖的扁担塘湖区,依据样方法估算的麦穗鱼密度为 0.32ind·m<sup>-2</sup><sup>[3]</sup>,1# 试验围栏麦穗鱼在同期的密度为 0.48ind·m<sup>-2</sup>。

麦穗鱼各世代强度存在明显的差异,1996 世代最强,1994 世代最弱。各世代的强弱可能主要与其在生活史中经历的环境条件不同有关。由于 1992—1994 年 1# 试验围栏连年养殖鱼类和河蟹,河蟹平均年产量约为 200kg,鱼产量(主要是草、鲤、鲫)在 300kg 以上,且在 1993 年和 1994 年上半年,因前两年草鱼过多而导致沉水植物稀少。由于河蟹、鲤、鲫在食物上与麦穗鱼可能存在较大的竞争,饵料生物的相对匮乏和产卵附着物的急剧减少,可能导致 1994 年种群补充量的下降及早期生活史中死亡率的增高,以致形成最弱的 1994 世代;相反地,在 1995—1996 年,河蟹放养量较低,平均年产量不足 100kg,鲤、鲫等底栖鱼类因前几年大量捕捞(主要是电捕),其种群得到了抑制,在 1996 年的渔获物中其数量非常少,且在 1996 年繁殖季节水位比较稳定,沉水植物丰富,产卵附着物多。空间和饵料的空出,繁殖条件的改善,有利于麦穗鱼种群的生长和繁殖,形成最强的 1996 世代。这表明麦穗鱼在环境条件改善时,种群能得到迅速的恢复和扩展。

种群世代的强弱取决于补充量和死亡率,而补充量依赖于种群繁殖力和出苗率。在鱼类生产力研究中,0 龄鱼的数量常被忽视,主要原因是难以估算 0 龄鱼起始数量,即种群补充量<sup>[10]</sup>。在许多文献中 0 龄鱼的起始数量,一般是依据种群繁殖力估算,一般假定种群的补充量为种群繁殖力的 1%<sup>[14—17]</sup>。目前缺乏麦穗鱼受精率和胚胎成活率的资料,但是,与麦穗鱼同属鮈亚科的华鳈(*Sarcocheilichthys sinensis*),在室内成熟卵子受精率为 71.83%,胚胎成活率(孵化率)为 67.88%<sup>[18]</sup>,由此计算的出苗率为 48.6%。1# 试验围栏麦穗鱼种群繁殖力为  $4.05 \times 10^6$  粒,如果用繁殖力的 1% 作为 0 龄鱼(1996 世代)出生时(5 月 1 日)的起始量,即 40,500ind,那么这个估算值明显偏低,因为在 7 月中旬 0 龄鱼估算的数量为 42,086ind,何况在生活史的早期,鱼类的成活率是非常低的。依据成活曲线外推的 0 龄鱼出生时的数量为 70,089ind,约为种群繁殖力的 1.7%。这个比例虽然比常用的假定比例(1%)略高,但是仅相当于华鳈在室内出苗率的 3.45%。因此这个外推的 0 龄鱼起始量可能并不高,应该是一个比较保守的估算。

## 参考文献:

- [1] 张堂林、方榕乐、崔奕波。渔业发展阶段不同的五个水体鱼类多样性的比较[J]。水生生物学报,1996,20(Suppl.);192—199
- [2] 殷正兆、肖俊彦、刘运桐,等。泛水湖泊—沉湖幼鳜适口饵料鱼现存量的调查研究[J]。湖北渔业,1990,(3—4):86—88
- [3] 谢松光、崔奕波、方榕乐,等。扁担塘小型鱼类的丰度和分布[J]。水生生物学报,1996,20(Suppl.):178—174
- [4] 张堂林、崔奕波、方榕乐,等。保安湖麦穗鱼种群生物学 I. 年龄与生长[J]。水生生物学报,1998,22(Suppl.):139—146
- [5] Dunn A, Coker C M. Notes on marking fish with biological stains [J]. *Copeia*, 1951, 1:28—31
- [6] Deacon J E. A staining method for marking large numbers of small fish [J]. *Progr. Fish - Cult.* 1961, 23(1):41—42
- [7] Nielson L A. Methods of marking fish and shellfish [M]. American Fisheries Society Special Publications 23, 1992
- [8] Robson D S, Regier H A. Estimation of population number and mortality rates [A]. In: Ricker W. E. (Ed.) *Methods for assessment of fish production in fresh waters* [M]. IBP Handbook No. 3, Oxford: Blackwell Science Publication, 1971, 131—165
- [9] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population [J]. *Bull. Fish Res. Bd. Can.*, 1975, 191, 1—382
- [10] Ricker W E. Methods for assessment of fish production in fresh waters [M]. IBP Handbook No. 3, Oxford: Blackwell Science Publication, 1971, 1—348
- [11] Staples D J. Production biology of the upland bully *Philygrydon breviceps* Stokell in a small New Zealand Lake II. Population dynamics [J]. *J. Fish Biol.*, 1975, 7:25—45
- [12] Stott B. Some factors affecting the catching power of unbaited traps [J]. *J. Fish Biol.*, 1970, 2:15—22.
- [13] 张堂林、崔奕波、方榕乐,等。保安湖麦穗鱼种群生物学 II. 繁殖力[J]。水生生物学报,1998,22(Suppl.):147—154
- [14] Mathews C P. Contribution of young fish to total production of fish in the River Thames near Reading [J]. *J. Fish Biol.*, 1971, 3:157—180
- [15] Penczak T and Molinski M. Fish production in the Oued Sebaou, a seasonal river in North Algeria [J]. *J. Fish Biol.*, 1984, 25:723—732
- [16] Penczak T. Fish production in the Warta River Polland: a preimpoundment study [J]. *Hydrobiol.*, 1992, 237:117—129
- [17] Penczak T. Fish production in the Warta River, Polland: a postimpoundment study [J]. *Hydrobiol.*, 1992, 242:87—93
- [18] 宋天祥、马骏。华鳈人工繁殖和早期发育的研究[J]。湖泊科学,1996,8(3):260—267

## POPULATION BIOLOGY OF TOPMOUTH GUDGEON (*PSEUDORASBORA PARVA*) IN THE BAO'AN LAKE IV. POPULATION DYNAMICS

ZHANG Tang-lin, CUI Yi-bo, FANG Rong-le, XIE Song-guang and LI Zhong-jie

(*Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*)

**Abstract:** The paper dealt with the population dynamics for *P. parva* in the 1<sup>#</sup> experimental enclosure (3.33hm<sup>2</sup>) of the Bao'an Lake. The single mark-recapture method was used to estimate the population size of the fish sampled by the trapnets (namely net-weirs). The population number ranged from 13,462—81,725ind(0.40—2.45ind·m<sup>-2</sup>) during the period of October 1995 to November 1996. A large variation in year-class strength was apparent. The 1996 year class was particularly strong; an extrapolated 70,089 ind of this year class was present in May, and this figure decreased to 21,631ind in November compared with 14,431ind of the previous 1995 year class at the same stage in the life history. Mean monthly instantaneous mortality rate of 1996 year class was higher in summer, and the mortality of 1994 year class sharply increased in late May, and the remaining fish of this year class died after the spawning season. Annual mortality for 1995 year class was 71.7%, and monthly instantaneous mortality rate increased during summer. The population locomotor activity level was commonly influenced by water temperature, but it may be mainly affected by spawning behavior in spring (March to May). Population fecundity of *P. parva* in the 1<sup>#</sup> experimental enclosure in 1996 was  $4.05 \times 10^6$  eggs, of which 0<sup>+</sup> age group (1995 year class) contributed 85.7%.

**Key words:** *Pseudorasbora parva*; Population dynamics; Mortality rate; Bao'an Lake