

珠江禁渔对广东鲂资源补充群体的影响分析

李跃飞^{1,2}, 李新辉^{1,2*}, 杨计平^{1,2}, SOVAN Lek³, 帅方敏^{1,2}, 李捷^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东 广州 510380;

2. 农业部珠江中下游渔业资源环境科学观测实验站, 广东 广州 510380;

3. Laboratory Evolution & Diversité Biologique, UMR 5174, CNRS, Université Toulouse, 118, route de Narbonne, 31062 Toulouse, Cedex4, France)

摘要: 继我国各大水系实施禁渔期制度之后, 珠江水系于 2011 年 4 月 1 日至 6 月 1 日实现首次禁渔。广东鲂是珠江中下游地区主要的经济鱼类之一, 为分析珠江实施禁渔期制度对广东鲂资源补充群体的影响, 于珠江实施禁渔制度前(2006—2010 年)和禁渔制度后(2011—2012 年)在珠江下游肇庆江段设立固定采样点, 利用定量筛网对流经该江段的广东鲂鱼苗补充群体进行调查。结果显示, 禁渔前, 珠江广东鲂鱼苗集中出现在 4 月中下旬至 10 月中旬, 持续时间为 (189 ± 11) d, 高峰期为 6—8 月。禁渔期制度实施之后, 全年广东鲂鱼苗出现的起始时间变化不大, 但是结束时间提前, 持续时间略有缩短, 4—5 月份广东鲂鱼苗密度明显增大。广东鲂鱼苗总量及其在鱼苗补充群体中的比例均有所提高。根据禁渔前广东鲂鱼苗发生量与径流量之间存在的回归关系: $\text{Lg}Y = 0.988\text{Ln}x - 4.932$ ($R^2 = 0.365, P < 0.01$), 结合禁渔后实际调查结果, 对禁渔的实际作用进行了估算, 2011 年和 2012 年由于禁渔分别增加了 9.43×10^8 和 651.81×10^8 尾广东鲂鱼苗。研究表明, 在径流量有保障的前提下, 目前的禁渔制度可以有效增加广东鲂鱼苗补充群体资源量。

关键词: 广东鲂; 鱼苗; 禁渔; 补充群体

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

广东鲂 (*Megalobrama hoffmanni*), 又名花鲂, 属鲤科 (Cyprinidae)、鲃亚科 (Cultrinae)、鲂属 (*Megalobrama*), 是珠江中下游最重要的经济鱼类之一^[1-2], 为半洄游性鱼类, 生活于水体的中下层, 杂食性, 产粘性卵, 主要分布于珠江三角洲河网及其支流的中下游, 性成熟后大量的亲鱼洄游至产卵场进行产卵繁殖。珠江广东鲂的繁殖期主要在 4—8 月^[3], 历史调查表明, 在封开青皮塘和郁南罗旁江段存在 2 个较大的产卵场, 20 世纪 60 年代仅封开境内鱼汛期捕捞量达 20 t, 但是由于过度捕捞、水体污染、航道疏浚等原因, 20 世纪 80 年代广东鲂资源量已衰退至 5 t 左右, 资源量呈明显衰退趋势^[4]。1992 年起, 为保护广东鲂鱼类资源, 广东省渔政总队肇庆支队及下属封开大队在

广东鲂繁殖季节对青皮塘产卵场实施禁渔保护, 并在产卵场水域设立县级保护区, 2004 年该保护区升级为市级自然保护区, 2008 年升级为省级自然保护区, 禁渔时间也由最初的半个月逐渐延长至 2 个月^[5]。农业部于 2011 年起在珠江水系实施禁渔期制度, 禁渔水域范围包括珠江在江西、湖南、广东、广西、贵州和云南 6 省(自治区)的干流、重要支流及通江湖泊。禁渔时间为每年的 4 月 1 日 12 时至 6 月 1 日 12 时, 禁渔期间禁止所有形式的捕捞作业。禁渔制度对鱼类资源保护在海洋以及长江水系都表现出明显的经济效应和生态效应^[6-8], 珠江已实施禁渔期制度 2 年, 而关于珠江禁渔对珠江鱼类资源的作用效果目前尚未见报道。本实验以广东鲂鱼苗补充群体为研究对

收稿日期: 2013-09-11

修回日期: 2014-01-12

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303048); 中国水产科学研究院基本科研业务费(2013A0103); 科技部社会公益项目(2005DIB3J023)

通信作者: 李新辉, E-mail: Email: lxhui01@tom.com

象,比较禁渔前后广东鲂鱼苗早期补充群体发生规律及资源量的变化,从而分析珠江禁渔对广东鲂资源补充的实际效应,为进一步完善禁渔制度和加强渔业资源管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据采集

监测时间为2006—2012年4—9月鱼类繁殖季节,累计630 d。固定采样点设在肇庆渔政码头上游约50 m处(23°2'40"N,112°27'5"E)。利用定量筛网对漂流性鱼卵、仔鱼进行连续采集,筛网网口为1.5 m×1.0 m矩形,网体呈四棱锥形,锥体部分长6 m,后部与一规格为0.8 m×0.4 m×

0.4 m的集苗箱相连,网目为0.5 mm。网口逆水流方向固定于离岸10 m左右的水中。采样方法参照易伯鲁等^[9]、李跃飞等^[10]的调查方法,每隔1天采样1次,2006—2007年每次自15:00~22:00采集7 h,2008—2012年每次自19:00~21:00采集2 h。利用重庆华正水文仪器有限公司生产的LS45-2型旋杯式流速仪测量网口流速,鱼苗样品用5%甲醛溶液固定后,带回实验室进行鉴定。鱼苗鉴定依据广东鲂胚后发育特征^[3]和实验室对野生广东鲂鱼苗的观察图谱资料进行。

径流量数据来自水利部全国水雨情信息网站 <http://xxfb.hydroinfo.gov.cn/ssIndex.html>。

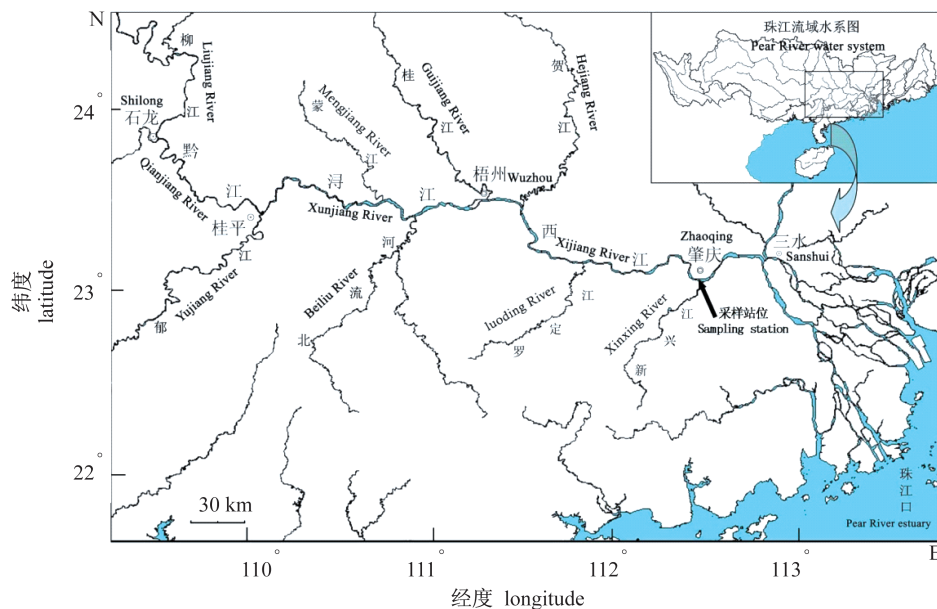


图1 肇庆鱼苗采样站位

Fig. 1 Sampling station of fish larvae at Zhaoqing

1.2 数据处理

由于不同年份采样的时间长度不同,本实验统一采用鱼苗密度来进行禁渔前后的比较分析。鱼苗密度 D 计算公式:

$$D = \frac{m}{S \times v \times t} \quad (1)$$

每次采集时间内流经采样断面的鱼苗总量 M 的计算公式:

$$M = D \times Q \times t = \frac{Q \times m}{S \times v} \quad (2)$$

式中, D 为鱼苗密度(尾/100 m³), M 为采集时间内流经采样断面的鱼苗总量(尾), Q 为采样断面

的径流量(m³/s), m 为单次采样时间内采集的鱼苗数量(尾), S 为采样网具的网口面积(m²), v 为采集时间段内网口处的平均流速(m/s), t 为采样持续时间(s)。

由于江河漂流性鱼卵、鱼苗的密度一般较低,本实验把鱼苗密度换算成筛网网口滤过100 m³水量的鱼苗数量(尾/100 m³)。鱼苗月平均密度由各月采集的所有样品鱼苗密度算术平均值获得。根据每小时流经采样断面的鱼苗数量乘以24 h,求得当天鱼苗总量。当月鱼苗总量的计算公式如下:

$$T_M = \left(\sum_{x=1}^j M_x \right) / j \times n \quad (3)$$

式中, T_M 为当月鱼苗总量(尾); M_x 为各天鱼苗总量(尾); j 为采样天数; n 为当月的总天数。

全年鱼苗总量由各月份鱼苗总量求和获得。2006—2010 年数据代表珠江实施禁渔制度之前的情况, 2011—2012 年数据代表实施禁渔制度之后的情况。

2 结果

2.1 禁渔前广东鲂鱼苗发生规律

根据 2006—2010 年调查结果(表 1), 珠江广东鲂鱼苗的发生具有明显的季节规律, 主要集中在 4 月中下旬至 10 月中旬, 3 月份之前和 11 月份之后极少出现, 全年繁殖期持续(189 ± 11) d, 在鱼苗样品中的出现率为 72.2% ± 6.8%。广东鲂鱼苗密度日变化(图 2)和广东鲂鱼苗月平均密度(表 2)表明: 每年在 6—8 月份均有数次大规模的广东鲂鱼苗出现, 但峰值密度之间有一定变化, 2007 年峰值密度最高, 达 2 045.3 尾/100 m³, 6—8 月份广东鲂鱼苗平均密度相对稳定, 为每年最高

的 3 个月(2006 年 6 月除外); 2006—2012 年 4—5 月份广东鲂鱼苗密度相对较低, 平均密度最高为 2010 年 5 月的(10.3 ± 24.1) 尾/100 m³; 9 月份鱼苗密度在年际间变化较大, 但总体低于 6—8 月的水平, 10 月份仅有少量广东鲂鱼苗出现。

表 1 2006—2012 年肇庆广东鲂鱼苗出现频率、出现时间及持续天数

Tab. 1 Occurrence rate, time extent, duration days and the max yield date of *M. hoffmanni* larvae at Zhaoqing from 2006 to 2012

年 year	出现频率/% occurrence rate	出现时间 time extent	持续天数/d duration days	最大苗量 出现时间 the date of max yields
2006	80.0	03-31—10-21	205	08-10
2007	64.6	04-21—11-01	195	07-02
2008	82.1	04-15—10-15	184	07-17
2009	76.7	04-21—10-14	177	08-01
2010	77.7	04-18—10-17	183	06-07
2011	41.8	04-29—09-28	153	06-20
2012	42.9	04-21—09-28	161	04-19

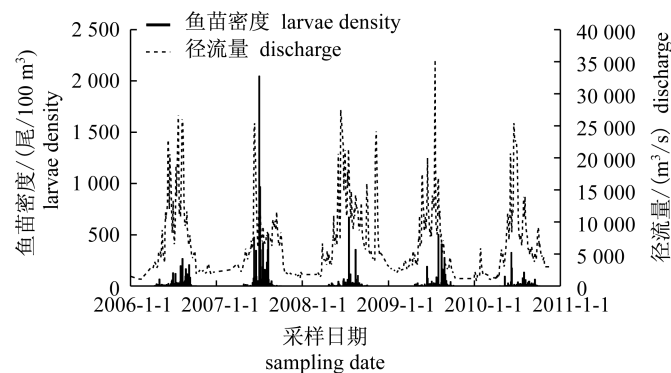


图 2 2006—2010 年肇庆各天广东鲂鱼苗密度与径流量(尾/100 m³)

Fig. 2 Discharge and density of *Megalobrama hoffmanni* larvae at Zhaoqing from 2006 to 2010 (ind./100 m³)

表 2 2006—2012 年肇庆广东鲂鱼苗月平均密度(尾/100 m³)

Tab. 2 Average *M. hoffmanni* larvae density monthly at Zhaoqing from 2006 to 2012

年 year	4 月 Apr.	5 月 May.	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.
2006	4.9 ± 6.0	8.1 ± 17.1	16.3 ± 16.6	44.8 ± 42.6	85.8 ± 75.8	34.0 ± 56.2	0.4 ± 0.6
2007	1.7 ± 4.8	4.1 ± 5.0	94.5 ± 138.7	313.2 ± 563.1	110.4 ± 156.1	0.8 ± 1.4	0.1 ± 0.3
2008	2.1 ± 4.3	5.7 ± 7.6	24.7 ± 24.3	67.9 ± 162.9	50.0 ± 91.9	4.0 ± 5.5	1.1 ± 2.4
2009	2.7 ± 5.4	4.5 ± 7.0	27.0 ± 52.7	21.7 ± 22.4	107.3 ± 155.0	12.8 ± 16.6	0.4 ± 1.2
2010	0.1 ± 0.2	10.3 ± 24.1	41.8 ± 93.7	27.2 ± 33.1	21.5 ± 18.5	14.9 ± 16.4	0.2 ± 0.3
2011	0.01 ± 0.03	23.4 ± 36.4	33.9 ± 88.2	57.8 ± 85.5	1.1 ± 1.2	0.03 ± 0.08	
2012	202.5 ± 726.4	59.9 ± 122.9	27.4 ± 40.3	16.6 ± 29.6	18.8 ± 49.2	3.4 ± 5.0	

2.2 禁渔后广东鲂鱼苗发生规律的变化

实施禁渔制度之后, 2011 年和 2012 年广东鲂

鱼苗开始出现的时间变化不大, 仍为 4 月中下旬, 但结束的时间都在 9 月 28 日, 与往年的 10 月中下

旬相比提早结束,出现持续时间略有缩短(表1),且最大苗量出现的时间也由往年的7、8月提早至6月和4月。根据2011—2012年肇庆采样点广东鲂鱼苗密度日变化(图3)与广东鲂鱼苗月平均密度(表2)可知:除2011年4月份以外,2年禁渔期内各月份的广东鲂鱼苗月平均密度有明显增加。其中,2011年5月广东鲂鱼苗平均密度达 (23.4 ± 36.4) 尾/ 100 m^3 ,高于2006—2010年同期的广东鲂鱼苗2倍以上,且高于同年8月广东鲂鱼苗月平均密度;2012年4月和5月的广东鲂鱼苗月平均密度分别达 (202.5 ± 726.4) 和 (59.9 ± 122.9) 尾/ 100 m^3 ,均高于6—8月的鱼苗月平均密度,且4月21日广东鲂鱼苗密度为近7年来最大值,达2 824.7

尾/ 100 m^3 。

2.3 禁渔前后广东鲂鱼苗资源量比较

2006—2012年珠江广东鲂鱼苗资源量及其在鱼苗早期补充群体的组成比较(图4)表明:2006—2007年广东鲂鱼苗约占鱼苗补充群体的29%,之后逐渐降低至2008—2010年的11%~13%;实施禁渔制度之后,2011年回升至20%,2012年增加至22%。但是由于2011年全年珠江径流量处于较低的水平,全年鱼苗总量与往年相比变化不大,广东鲂鱼苗总量仅比2010年增加4%;而2012年广东鲂鱼苗总量有明显增加,仅次于2007年,是其他各年广东鲂鱼苗总量的1.6~3.2倍。

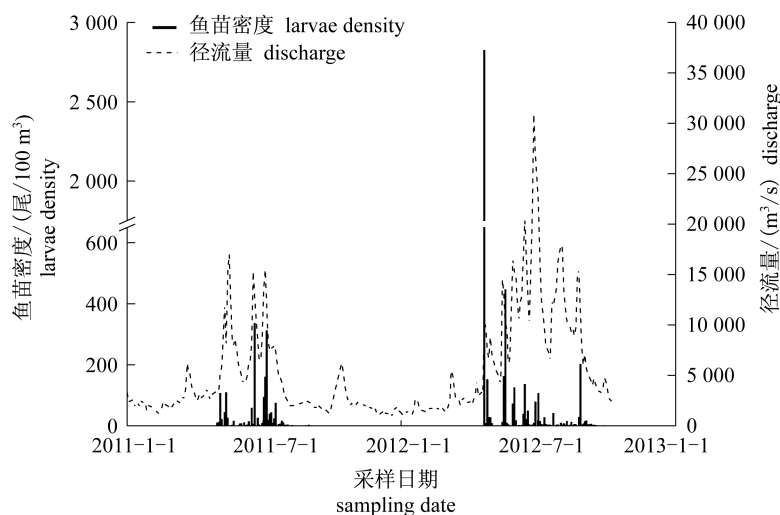


图3 禁渔后2011—2012年肇庆采样点各天广东鲂鱼苗密度与径流量(尾/ 100 m^3)

Fig. 3 Discharge and density of *M. hoffmanni* larvae at Zhaoqing from 2011 to 2012

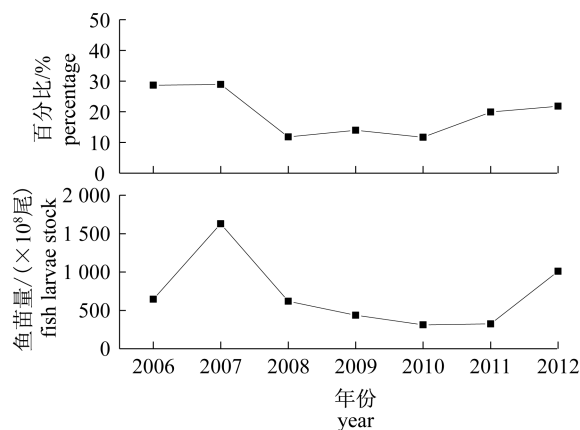


图4 2006—2012年珠江广东鲂鱼苗资源量及占鱼苗补充群体中的比例(尾/ 100 m^3)

Fig. 4 Percentage and biomass of *M. hoffmanni* larvae from 2006 to 2012

2.4 禁渔对广东鲂鱼苗资源量的实际效应

由于年际间径流量变化可能是导致广东鲂鱼苗资源量波动的重要原因,要弄清珠江禁渔对广东鲂鱼苗资源量的实际作用,就必须对监测结果进行修正,以去除径流量变化对广东鲂鱼苗资源量变化的影响。把禁渔前2006—2010年4—9月调查结果数据按每旬为一组,计算广东鲂平均鱼苗量和平均径流量,对两者进行回归拟合(图5),获得对数回归方程: $\text{Lg}Y = 0.988\text{Ln}x - 4.932$ ($R^2 = 0.365, P < 0.01$),回归效果显著,反映了广东鲂鱼苗量与径流量的定量关系。

根据拟合方程和水文站公布的径流量数据,可以计算出禁渔期内流经肇庆采样断面的广东鲂鱼苗量拟合值(表3),与实际监测广东鲂鱼苗量相结合可知:禁渔能够有效提高广东鲂鱼苗补充

群体资源量,2011年与2012年由于禁渔引起的广东鲂鱼苗实际增加量分别约为 9.43×10^8 尾和 651.81×10^8 尾。

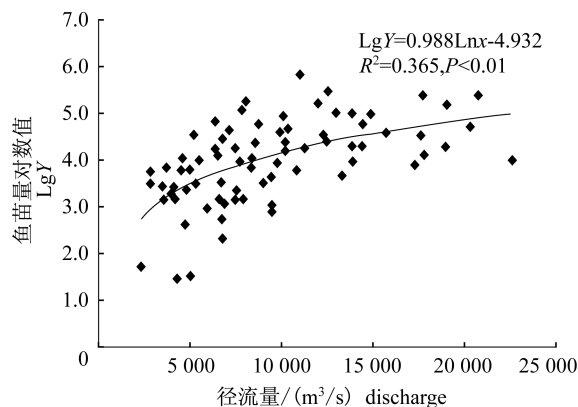


图5 珠江禁渔前广东鲂鱼苗量与径流量关系曲线

Fig.5 Relationship between discharge and *M. hoffmanni* larvae biomass before closed fishing in Pearl River

表3 2011—2012年4—5月流经肇庆断面的广东鲂鱼苗量拟合值与监测值

Tab.3 Fitted value and monitored value of *M. hoffmanni* larvae drifting Zhaoqing cross-section in April and May from 2011 to 2012

年 year	2011		2012	
	4月 Apr.	5月 May.	4月 Apr.	5月 May.
拟合值/($\times 10^8$ 尾) fitted value	0.96	39.77	10.84	44.25
监测值/($\times 10^8$ 尾) monitored value	0.01	50.15	535.92	170.98

3 讨论

3.1 禁渔对广东鲂鱼苗发生规律的影响

以往关于鱼类早期资源调查的重点主要在于调查鱼卵、仔鱼发生规律特征以及鱼苗发生与环境之间的关系,用以研究鱼类资源的变动规律或者评价水利工程建设等人类活动对鱼类资源的影响^[11-13],但是关于禁渔对鱼苗补充群体发生规律的影响研究还未见报道。苗汛的出现是建立在鱼类的繁殖基础之上,鲤科鱼类的发生一般具有明显的季节分布特征。这主要是由于鱼类繁殖对水温有一定的要求,鲤科鱼类的繁殖一般还需要有洪水的刺激作用才能产卵繁殖。对产卵场要求高的鱼类,则只有在各种因素都满足的前提下才能产卵。在鱼类繁殖季节禁渔可以保障繁殖亲体有更多的

时间等待繁殖产卵时机,避免了繁殖亲体在产卵之前就被捕捞,因此可以有效增加繁殖亲体多度。本实验表明在珠江实施禁渔制度之前,虽然4—5月已开始有广东鲂鱼苗出现,但是密度较低,广东鲂的主要繁殖期集中在6—8月份;而实施禁渔制度之后,除2011年4月份之外,2年禁渔期内各月份的广东鲂鱼苗密度都有明显提高,改变了禁渔前广东鲂鱼苗主要出现在6—8月的规律。由此说明,珠江禁渔可以促使更多广东鲂亲本在禁渔期内完成产卵繁殖,起到资源保护的作用。

3.2 禁渔对广东鲂鱼苗资源量的影响

关于禁渔对鱼类资源的影响,以往的研究主要集中在禁渔对渔获物群落结构、鱼类生物多样性的影响方面^[14-16],以及利用数学模型进行相关休渔效果的分析^[17-18],关于禁渔对鱼苗补充群体的影响研究还相对较少。一方面由于鱼苗补充群体本身在年际间可能发生较大的波动,很难说清禁渔的效果。陈渊泉^[19]研究发现长江口鳊苗资源具有10年左右的变动周期,同时尚存在短期震荡和年间差异。另一方面,影响鱼苗补充群体资源量变动的因素太多,比如繁殖群体多度、捕捞压力、水坝建设、水文状况、禁渔与休渔,气候变化、环境污染等,各种因素之间又相互影响。高的捕捞压力必然导致繁殖群体多度的减小,水坝建设必然导致水文节律的改变,禁渔与休渔前后通过改变捕捞压力从而影响繁殖群体多度等。鱼苗资源量的变动是各种影响因素共同作用的结果,因此很难做到定量评估某种因素对鱼苗补充群体资源量变动的作用效果。只有在其他条件相对稳定或者变化较小可以忽略的前提下才能做到。严小梅等^[20]运用灰色系统理论分析认为,太湖银鱼资源量与水位和捕捞强度之间密切相关。程家骅等^[7]研究发现伏季休渔可以有效提高幼鱼补充群体资源量。Agostinho等^[21]通过调查发现水坝调控对定居性鱼类的补充群体影响较小,而对洄游性鱼类的补充群体影响较大。谢文星等^[22]认为丹江口水坝对径流量的调节作用以及环境污染等原因,致使汉江中游四大家鱼补充群体资源量严重衰退。

对于在生活史早期具有漂流特性的淡水鱼类来说,在捕捞压力一定,其他影响因素基本稳定的前提下,主要受到水温和径流量的影响。水温是鱼类繁殖的首要条件^[23],只有在满足产卵繁殖的最低水温条件下才可能有鱼苗发生,但当水温条件满

足之后鱼苗的发生量又主要受径流量的影响,这也可能与鱼苗资源量估算方法有关。由于珠江径流量在年际之间的分布不同,禁渔期内监测的鱼苗量主要是禁渔和径流量变化导致的结果。因此,在分析禁渔对广东鲂鱼苗量的影响时必须先剥离出径流量的影响。本实验将实施禁渔制度之前5年的监测结果每月按旬进行分段,得到在一定的捕捞压力下广东鲂鱼苗平均发生量与平均径流量之间的回归关系: $LgY = 0.988LnX - 4.932$ ($R^2 = 0.365$, $P < 0.01$), 回归效果显著。然后根据2011年和2012年禁渔期内的广东鲂鱼苗量监测值和回归方程拟合值,估算出这两年由于禁渔分别增加了 9.43×10^8 尾和 651.81×10^8 尾广东鲂鱼苗,说明珠江禁渔能够有效提高广东鲂鱼苗补充群体资源量。这主要可能与广东鲂具有集群产卵繁殖的习性有关^[24],根据历史调查结果可知,每年4月中下旬有大批广东鲂亲鱼集群于青皮塘和罗旁产卵场^[1],开始产卵繁殖,而此时正好处于珠江禁渔期内。Arendse等^[25]研究也发现繁殖季节实施禁渔可有效提高具有集群产卵繁殖习性鱼类的鱼苗量。2年禁渔的效果之间存在较大的差距,可能是2年之间珠江的水文特征有了较大差异。

本实验提供了一种禁渔效果评价的新途径,在使用本方法进行禁渔效果评价时,首先要了解清楚鱼苗的发生规律,即在根据回归方程进行某段时期内鱼苗资源量的拟合时,必须保证该时期已经满足了研究对象的繁殖最低需求。另外,本方法只能评价禁渔期内由于禁渔增加的鱼苗量,在禁渔期结束之后,由于捕捞压力的影响,情况更加复杂,难以分析禁渔的效果,且本方法对于具有集群产卵的鱼类可能效果较好,对于其他鱼类合适与否还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] Feng Q X, Wang J C, You B Z, et al. Survey report for spawning site of *Megalobrama hoffmanni* [J]. Freshwater Fisheries, 1986(6):1-5. [冯启新,王金潮,尤炳赞,等.广东鲂产卵场调查报告.淡水渔业,1986(6):1-5.]
- [2] Li J, Li X H, Jia X P, et al. Evolvement and diversity of fish community in Xijiang River [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(2). [李捷,李新辉,贾晓平,等.西江鱼类群落多样性及其演变.中国水产科学,2010,17(2):298-311.]
- [3] Tan X C, Li Y F, Pang S X, et al. Post-embryonic development of *Megalobrama hoffmanni* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(2):111-115. [谭细畅,李跃飞,庞世勋,等.广东鲂的胚后发育.动物学杂志,2008,43(2):111-115.]
- [4] Wang J C, Huang Y W. The age and growth of Guangdong bream (*Megalobrama hoffmanni*) in the pearl river with reference to its maximum sustaining yield [J]. Journal of Fisheries of China, 1990, 14(4):313-320. [王金潮,黄毅文.珠江广东鲂的年龄,生长及其量大持续渔获量.水产学报,1990,14(4):313-320.]
- [5] Li J, Li X H, Tan X C, et al. Species diversity of fish community of provincial Xijiang River rare fishes natural reserve in Zhaoqing City, Guangdong Province [J]. Journal of Lake Science, 2009, 21(4):556-562. [李捷,李新辉,谭细畅,等.广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性.湖泊科学,2009,21(4):556-562.]
- [6] Chen C L, Qu N D, Hou X Q, et al. A survey of fishery resources in Shenzhen Sea Area during closed fishing season in summer 2007 [J]. Fisheries Science, 2008, 27(12):648-651. [陈春亮,曲念东,侯秀琼,等.2007年伏季休渔深圳海域渔业资源调查分析.水产科学,2008,27(12):648-651.]
- [7] Cheng J H, Yan L P, Lin L S, et al. Analyses on the fishery ecological effect of summer close season in the East China Sea region [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1999, 6(4):81-85. [程家骅,刘子藩.东海区伏季休渔渔业生态效果的分析研究.中国水产科学,1999,6(4):81-85.]
- [8] Duan X B, Liu S P, Xiong F, et al. Analysis of fishing structure and biodiversity in the upper mainstream of the Yangtze River before and after three years' spring fishing off [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(6):878-885. [段辛斌,刘绍平,熊飞,等.长江上游干流春季禁渔前后三年渔获物结构和生物多样性分析.长江流域资源与环境,2008,17(6):878-885.]
- [9] Yi B L, Yu Z T, Liang Z S. Gezhou reservoir water conservancy and the Yangtze river fish [M]. Wuhan: Hubei Science & Technology Press, 1988:5-7. [易伯鲁,余志堂,梁秩燊.葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼.武汉:湖北科技出版社,1988:5-7.]
- [10] Li Y F, Li X H, Tan X C, et al. Occurrence of larval *Elopichthys bambusa* and its relationship with hydrological conditions in the middle and lower reaches of

- Pearl River[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(4): 615 - 622. [李跃飞,李新辉,谭细畅,等. 珠江中下游鳊鱼苗的发生及其与水文环境的关系. *水产学报*, 2012, 36(4): 615 - 622.]
- [11] Jiang W, Liu H, Duan Z H, *et al.* Seasonal Variation in Drifting Eggs and Larvae in the Upper Yangtze, China [J]. *Zoological Science*, 2010, 27 (5): 402 - 409.
- [12] Oesmann S. Vertical, lateral and diurnal drift patterns of fish larvae in a large lowland river, the Elbe[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2003, 19 (5): 284 - 293.
- [13] Baumgartner G, Nakatani K, Gomes L C, *et al.* Fish larvae from the upper Paraná River: do abiotic factors affect larval density? [J]. *Neotropical Ichthyology*, 2008, 6(4): 551 - 558.
- [14] Yan L P, Liu Z L, Li S F, *et al.* Effects of new summer close season of trawl fisheries on fishery ecology and resource enhancement in East China Sea [J]. *Marine Fisheries*, 2010, 32(2): 186 - 191. [严利平,刘尊雷,李圣法,等. 东海区拖网新伏季休渔渔业生态和资源增殖效果的分析. *海洋渔业*, 2010, 32(2): 186 - 191.]
- [15] Liu K, Zhang M Y, Xu D P, *et al.* Effects of spring closed season on fishery community of the north beach of Chongming, the Yangtze River [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(5): 834 - 840. [刘凯,张敏莹,徐东坡,等. 长江春季禁渔对崇明北滩渔业群落的影响. *中国水产科学*, 2006, 13(5): 834 - 840.]
- [16] Xu D P, Zhang M Y, Liu K, *et al.* Biodiversity variation of fishery community in Anqing section of the Yangtze River before and after the spring closed season [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2006, 33(1): 76 - 80. [徐东坡,张敏莹,刘凯,等. 长江安庆江段春禁前后渔业生物多样性变化. *安徽农业大学学报*, 2006, 33(1): 76 - 80.]
- [17] Liu H W, Jin Z, Zhang F Q. Modeling and analyzing the closed fishing [J]. *Journal of Henan Normal University: Natural Science*, 2012, 40(5): 8 - 12. [刘汉武,靳祯,张凤琴. 休渔的建模与分析. *河南师范大学学报: 自然科学版*, 2012, 40(5): 8 - 12.]
- [18] Yan L P, Ling J Z, Li J S, *et al.* Simulative analysis on results of summer closed fishing in the East China Sea with Ricker population dynamic pool model [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(1): 85 - 91. [严利平,凌建忠,李建生,等. 应用 Ricker 动态综合模型模拟解析东海区伏季休渔效果. *中国水产科学*, 2006, 13(1): 85 - 91.]
- [19] Chen Y Q. Resource change characteristics and the effect of fishery resources for the deepwater channel regulation project for eel larvae [C]. *Hydrometeorological Branch, Tides and Sea Level Professional Committee and Calculation for Marine Physical Professional Committee of Chinese Society of Oceanology and Limnology, Shandong Oceanology and Limnology. Abstract book for symposium in 2005. Lijiang: Shandong Oceanology and Limnology, 2005.* [陈渊泉. 长江口鳊苗资源变动特征和深水航道治理工程对其资源与渔业的影响. 中国海洋湖沼学会水文气象分会、中国海洋湖沼学会潮汐及海平面专业委员会、中国海洋湖沼学会计算海洋物理专业委员会、山东(暨青岛市)海洋湖沼学会 2005 年学术研讨会论文集摘要集. 丽江: 山东海洋湖沼学会, 2005.]
- [20] Yan X M, Hu S K. A study on the factors affecting icefish resource and the forecasting of the resources [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1996, 20(4): 307 - 313. [严小梅,胡绍坤. 太湖银鱼资源变动关联因子及资源测报方法探讨. *水产学报*, 1996, 20(4): 307 - 313.]
- [21] Agostinho A A, Gomes L C, Verissimo S, *et al.* Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment [J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2004, 14(1): 11 - 19.
- [22] Xie W X, Huang D M, Xie S, *et al.* The early evolution of the four major Chinese carps resources in the middle and lower reaches of Hanjiang River after the construction and operation of Danjiangkou Reservoir [J]. *Reservoir Fisheries*, 2009, 2(2): 44 - 49. [谢文星,黄道明,谢山,等. 丹江口水利枢纽兴建后汉江中下游四大家鱼等早期资源及其演变. *水生态学杂志*, 2009, 2(2): 44 - 49.]
- [23] Zitek A, Schmutz S, Ploner A. Fish drift in a Danube sidearm-system; II. Seasonal and diurnal patterns [J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, 65(5): 1339 - 1357.
- [24] Tan X, Li X, Chang J, *et al.* Acoustic observation of the spawning aggregation of *Megalobrama hoffmanni* in the Pearl River [J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 2009, 24(2): 293 - 299.
- [25] Arendse C J, Govender A, Branch G M. Are closed fishing seasons an effective means of increasing reproductive output? A per-recruit simulation using the limpet *Cymbula granatina* as a case history [J]. *Fisheries Research*, 2007, 85(1 - 2): 93 - 100.

Effect of Pearl River closed fishing on *Megalobrama hoffmanni* recruitment stock

LI Yuefei^{1,2}, LI Xinhui^{1,2*}, YANG Jiping^{1,2}, SOVAN Lek³, SHUAI Fangmin^{1,2}, LI Jie^{1,2}

(1. Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510380, China;

2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Middle and Lower Reaches of Pearl River, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510380, China;

3. Laboratory Evolution & Diversité Biologique, UMR 5174, CNRS, Université Toulouse, 118, Route de Narbonne, 31062 Toulouse, Cedex4, France)

Abstract: After closed fishing had been implemented in the main river systems in China, it was carried out for the first time in Pearl River on April 1st, 2011. Guangdong black bream (*Megalobrama hoffmanni*) was one of the important economic fishes. For analyzing the effect of closed fishing on *Megalobrama hoffmanni* recruitment stock, the fish larvae were sampled by Jiang net at Zhaoqing section in lower reaches of Pearl River before (2006—2010) and after (2011—2012) closed fishing. The results showed that *Megalobrama hoffmanni* larvae usually occurred from mid-April to mid-October, and duration was (189 ± 11) days before closed fishing. And the peak density of *Megalobrama hoffmanni* larvae was from June to August every year. After closed fishing, the starting time of *Megalobrama hoffmanni* larvae was without any major changes, but the end time was sooner than before closed fishing, and duration was a little shortened. The drift density of *Megalobrama hoffmanni* larvae increased obviously within the banned fishing periods from April to May, and the biomass and the relative abundance also rose greatly. For analyzing the effect of closed fishing on *Megalobrama hoffmanni* recruitment stock, the regression model was built, and the logarithmic equation was $LgY = 0.988LnX - 4.932$ ($R^2 = 0.365$, $P < 0.01$), and regression effect was significant. Based on the logarithmic equation, the fitted value of *Megalobrama hoffmanni* larvae was calculated, and the closed fishing effect was estimated combining actual monitored value at Zhaoqing sampling station. The increment of *Megalobrama hoffmanni* larvae caused by closed fishing was 9.43×10^8 ind. in 2011 and 651.81×10^8 ind. in 2012 respectively. The result indicates the present regime of closed fishing can effectively increase the *Megalobrama hoffmanni* recruitment stock based on the abundant discharge.

Key words: *Megalobrama hoffmanni*; fish larvae; closed fishing; recruitment

Corresponding author: LI Xinhui. E-mail: lxhui01@tom.com