

DOI: 10.12264/JFSC2021-0120

松花江下游富锦江段鱼类早期资源状况

霍堂斌¹, 宋聃¹, 刘伟¹, 唐富江¹, 王继隆¹, 张澜澜², 李喆¹, 赵荣伟³

1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 农业农村部黑龙江流域渔业生态环境监测中心, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2. 黑龙江省水产技术推广总站, 黑龙江 哈尔滨 150010;

3. 哈尔滨市水产技术推广站, 黑龙江 哈尔滨 150076

摘要: 为掌握松花江下游富锦江段鱼类早期资源现状和产卵场位置, 于 2016—2018 年 6—7 月对富锦江段进行鱼类早期资源调查。调查期间共采集鱼卵 8916 粒, 仔鱼 31232 尾。利用形态学和分子生物学方法, 鉴定鱼卵和仔鱼共计 3 目 7 科 33 种, 其中包括产漂流性卵和浮性卵鱼类 12 种。2016—2018 年调查期间, 估算通过富锦断面的鱼卵径流量分别为 85.58×10^8 粒、 57.43×10^8 粒和 60.51×10^8 粒。优势种为贝氏鲶(*Hemiculter bleekeri*)、潘氏鳅鲇(*Gobiobotia pappenheimi*)和蛇鲇(*Saurogobio dabryi*), 3 年鱼卵径流量分别为 143.35×10^8 粒、 15.62×10^8 粒和 7.19×10^8 粒, 3 种鱼类产卵量占总产卵量的 64.56%。大型产漂流性卵的鲢、翘嘴鲈和产浮性卵的鳊、鳊卵苗发生量(产卵量和鱼苗量的总和)分别为 1.36×10^8 粒、 3.19×10^8 粒、 2.77×10^8 粒和 0.32×10^8 尾。根据发育期和流速分析, 鲢卵来源于桦川县嘟噜河口至代亮子江段和苏窝棚至中和村江段的产卵场。冗余分析(redundancy analysis, RDA)结果显示, 贝氏鲶卵漂流密度与水体透明度显著相关, 鲢、翘嘴鲈和鳊卵漂流密度与水温 and 径流量显著相关。为了更加有效地保护松花江下游的鱼类资源, 建议增加草鱼、青鱼、鲂、蒙古鲌等鱼类增殖放流数量; 建立松花江流域水土流失综合防治体系, 降低水土流失和水体污染对鱼类栖息生境的影响; 制定水生生物多样性观测、预警、评估体系, 对重点区域和重点种群进行监控, 基于监测结果的科学研判, 进一步调整优化松花江水生生物保护措施。

关键词: 松花江下游; 种类组成; 卵苗密度; 产卵场

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2022)01-0091-11

鱼类早期生活史主要指从胚胎到稚鱼期的早期阶段, 通过鱼类早期资源的监测可以揭示繁殖时间、繁殖群体动态、繁殖规模及产卵场功能等生物学信息^[1], 是鱼类生态学常见的研究手段^[2], 其研究结果有助于掌握鱼类种群规模、渔业资源开发程度和重要鱼类栖息生境改变等^[3]。历史研究发现, 拦河水利工程建设、水体污染、过度捕捞等是导致经济鱼类早期资源急剧减少的主要原因^[4-5]。松花江是黑龙江中国侧最大支流, 佳木斯至入黑龙江口为松花江下游江段, 该江段全长 267 km, 是鱼类重要的栖息地和洄游通道, 其渔业资源丰富, 历史记载鱼类 9 目 19 科 80 种^[6]。目前关于鱼类早期资源的研究较多, 但是主要集中在

在长江、珠江等流域^[7-10]。针对松花江鱼类早期资源现状的研究尚未见报道。本研究对松花江下游富锦江段鱼类早期资源量、卵苗发生情况和环境因子进行调查, 旨在了解该江段鱼类早期个体种类组成及资源现状, 研究主要经济鱼类及其他鱼类的繁殖规模和时间变化, 分析水文因子对产漂流性卵和浮性卵鱼类繁殖的影响, 为松花江下游鱼类物种多样性及其资源保护提供数据支撑和科学依据。

1 材料与方法

1.1 监测时间与断面设置

2016—2018 年, 每年 6—7 月(鱼类的繁殖季

收稿日期: 2021-06-15; 修订日期: 2021-07-28.

基金项目: 农业农村部财政专项项目.

作者简介: 霍堂斌(1980-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事渔业生态环境研究. E-mail: tbhuo@163.com

节)于松花江下游富锦市江段(132°0'7.55"E, 47°15'55.74"N)开展鱼类早期资源调查(图 1), 该断面距松花江入黑龙江口约 73 km。

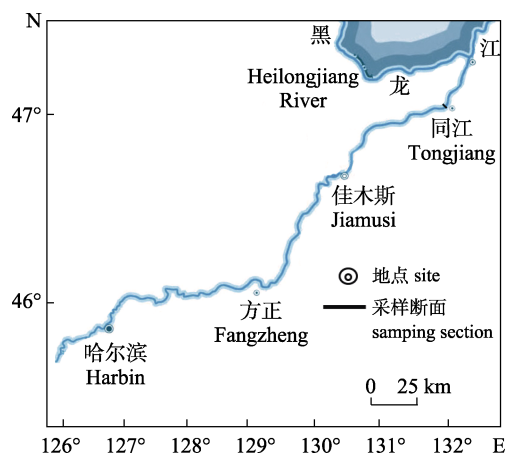


图 1 松花江下游富锦江段调查断面示意图
Fig.1 Map of the sampling section in Fujin section of the lower Songhua River

1.2 样品采集及鉴定

鱼类早期资源周年监测参照易伯鲁^[7]、《河流漂流性鱼卵、仔鱼采样技术规范》^[11]和《河流漂流性鱼卵和仔鱼资源评估方法》^[12]等方法进行。使用弼网和圆锥网每天采集 2 次(6:00 和 18:00), 通过公式计算流经断面的鱼卵、仔鱼径流量。弼网网口为长方形(1.5 m×1 m), 后部窄缩成锥形后连接约 6 m 集苗箱(0.8 m×0.4 m×0.4 m), 网体呈四棱锥形; 同时分别在两岸及江心使用圆锥网(网目 0.5 mm, 网口面积 0.79 m²)采集, 每次采集 10 min。同步测量网口江水径流量(HYDRO-BIOS 438110 生物网口径流量计)、流速(Global Water FP111 型便携式流速仪)、水温、溶氧量(YSI 便携式多参数水质分析仪)、透明度(JCT-8S 型塞氏盘)。松花江佳木斯江段径流量、水位等数据来自全国水雨情信息网站(http://xxfb.mwr.cn/sq_djdh.html)。

使用光学显微镜观察鱼卵发育期, 并测量卵径。根据体形、肌节数目、色素分布、眼相对大小和位置等形态学特征对仔鱼进行种类鉴定^[3,7-13]。随机选取部分鱼卵以及现场无法通过形态学特征鉴定的仔鱼, 用 95%的乙醇保存, 带回实验室后采用 CO I (cytochrome C oxidase subunit I, CO I) 基因序列对鱼卵和仔鱼进行种类鉴定^[6]。

1.3 数据分析

弼网采集鱼卵、仔鱼密度的计算公式具体如下:

$$f = \frac{m}{vst}$$

式中, f 为弼网采集卵苗密度(ind/100 m³), m 为单次采样的鱼卵、仔鱼数量(粒或尾), v 为江水流速(m/s), s 为网口面积(m²), t 为采集时间(s)。

圆锥网采集鱼卵、仔鱼密度的计算公式如下:

$$d_i = \frac{m}{s(b-a)R_c}$$

式中, d_i 为圆锥网采集卵苗密度(ind/100 m³), m 为单次采样的鱼卵、仔鱼数量(粒或尾), b 为网口流量计终止读数, s 为网口面积(m²), a 为网口流量计起始度数, R_c 为网口流量计转子常数。

断面鱼卵、仔鱼平均密度的计算公式如下:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n (f + d_i) / n$$

$$M = Q \times \bar{D} \times T$$

式中, $\bar{D}$ 为断面卵苗平均密度(ind/100 m³), f 为弼网采集卵苗密度(ind/100 m³), d_i 为第 i 个采样点卵苗密度, n 为采集断面所设采集点的数量, M 为一次采集断面的卵苗径流量(粒或尾), Q 为采样断面江水径流量(m³/s), T 为一昼夜采集的时间。

采用插补法计算流经断面的鱼卵、仔鱼径流量, 公式如下:

$$M' = \left(\frac{M_1}{t_1} + \frac{M_2}{t_2} \right) \times \frac{t'}{2}$$

式中, M' 为鱼卵、仔鱼径流量, M_1 、 M_2 分别为上午、下午采集的鱼卵、仔鱼数量, t_1 、 t_2 分别为上午、下午采集的持续时间, t' 为上午、下午采集之间的间隔时间。

一昼夜鱼卵、仔鱼径流量公式如下:

$$N_m = M + M'$$

式中, N_m 为一昼夜通过调查断面的鱼卵、仔鱼径流量, M 是非采集时间内鱼卵、仔鱼径流量。

主要依据所采鱼卵的发育期, 结合当时的水温、流速来推算鱼卵漂流距离:

$$L = VT'$$

式中, L 为鱼卵的漂流距离(m), V 为江段的平均流

速(m/s), T 为鱼卵胚胎发育所经历的时间(s)。采用 Excel、SPSS 20.0 软件、Canoco 4.0 软件对数据进行统计、分析。

2 结果与分析

2.1 种类组成

2016—2018 年调查期间, 在松花江下游富锦江段采用两种网具共采集鱼卵 8916 粒, 仔鱼 31232 尾, 隶属 3 目 7 科 33 种, 其中产漂流性卵和浮性卵鱼类有 12 种(表 1)。每年随机选取 500 粒卵和 300 尾通过形态学未能鉴定的仔鱼进行测序。鉴定结果显示,

采集到的鱼卵主要以贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)、潘氏鳅鲇(*Gobiobotia pappenheimi*)、蛇鲇(*Saurogobio dabryi*)和银鲇(*Squalidus argentatus*)为主, 采集到的仔鱼主要以贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri bleekeri*)、银鲫(*Carassius auratus gibelio*)、潘氏鳅鲇(*Gobiobotia pappenheimi*)和棒花鱼(*Abbotrtina rivularis*)为主, 其中鲮(*Hemiculter leucisculus*)、贝氏鲮、银鲇(*Xenocypris argentea*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、平口鲇(*Ladislavia taczanowskii*)等十余种中小型鱼类仔鱼主要通过分子鉴定, 不同年份的鱼卵和仔鱼比例详见表 1。

表 1 2016—2018 年松花江下游富锦江段鱼卵和仔鱼种类组成
Tab. 1 Fish species composition of eggs and larvae in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

种类 species	2016				2017				2018			
	鱼卵 egg		仔鱼 larva		鱼卵 egg		仔鱼 larva		鱼卵 egg		仔鱼 larva	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%
	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage
鲤形目 Cypriniformes												
鲤科 Cyprinidae												
*鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	9	0.26	—	—
*贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri bleekeri</i>	1515	77.57	4374	53.06	2568	72.30	7840	60.79	1998	58.58	5858	57.22
*翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	3	0.15	18	0.22	120	3.38	96	0.74	63	1.85	58	0.57
银鲇 <i>Xenocypris argentea</i>	6	0.31	135	1.64	—	—	160	1.24	—	—	116	1.13
*鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	6	0.31	—	—	48	1.35	—	—	18	0.53	—	—
*鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	6	0.31	—	—	96	2.70	—	—	54	1.58	—	—
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	—	—	288	3.49	—	—	384	2.98	36	1.06	348	3.40
*平口鲇 <i>Ladislavia taczanowskii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	11	0.32	—	—
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	—	—	—	—	48	1.35	—	—	—	—	—	—
花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	—	—	—	—	24	0.68	—	—	—	—	—	—
马口鱼 <i>Opsarichthys bidens</i>	24	1.23	—	—	24	0.68	—	—	43	1.26	—	—
*突吻鲈 <i>Rostrogobio amurensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	315	9.23	—	—
*银鲇 <i>Squalidus argentatus</i>	—	—	—	—	48	1.35	—	—	306	8.97	—	—
棒花鱼 <i>Abbotrtina rivularis</i>	—	—	207	2.51	—	—	1376	10.67	—	—	638	6.23
*蛇鲇 <i>Saurogobio dabryi</i>	105	5.38	162	1.97	120	3.38	288	2.23	36	1.06	348	3.40
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	—	1.54	18	0.22	48	1.35	—	—	18	0.53	—	—
银鲫 <i>Carassius auratus gibelio</i>	—	—	504	6.11	—	—	768	5.96	—	—	812	7.93
*条纹似白鲇 <i>Paraleucogobio strigatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	0.31
兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	3	0.15	198	2.40	72	2.03	64	0.50	54	1.58	116	1.13
大鳍鲮 <i>Acheilognathus macrpterus</i>	—	0.31	—	—	24	0.68	—	—	18	0.53	—	—

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab.1 continued)

种类 species	2016				2017				2018			
	鱼卵 egg		仔鱼 larva		鱼卵 egg		仔鱼 larva		鱼卵 egg		仔鱼 larva	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%	/粒	/%
	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage	number	percentage
黑龙江鲢鱼 <i>Rhoeus seniceus</i>	—	—	288	3.49	—	—	512	3.97	—	—	348	3.40
东北鳊 <i>Sarcocheilichthys lacustris</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	18	0.53	—	—
*潘氏鳅鮡 <i>Gobiobotia pappenheimi</i>	240	12.29	99	1.20	—	—	480	3.72	288	8.44	793	6.77
鳅科 Cobitidae												
花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>	6	0.29	—	—	240	6.76	—	—	54	1.58	—	—
黑龙江花鳅 <i>Cobitis lutheri</i>	—	—	405	4.91	—	—	—	—	—	—	—	—
鲇形目 Siluriformes												
鲿科 Bagridae												
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	—	—	108	1.31	—	—	672	5.21	54	1.58	580	5.67
鲇科 Siluridae												
鲇 <i>Silurus asotus</i>	—	—	648	7.86	24	0.68	160	1.24	18	0.53	203	1.98
鲈形目 Perciformes												
鲈科 Serranidae												
*鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	—	—	—	—	—	—	96	0.74	—	—	87	0.85
塘鳢科 Eleotridae												
葛氏鲈塘鳢 <i>Perccottus glehnii</i>	3	0.15	—	—	48	1.35	—	—	—	—	—	—
虾虎鱼科 Gobiidae												
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	—	—	792	9.61	—	—	—	—	—	—	—	—

注: *代表产漂流性和浮性卵鱼类。
Note: * represents the fishes laying drifting eggs and floating eggs.

2.2 鱼卵、仔鱼发生的密度和时间动态

2016 年调查期间, 鱼卵的平均密度为(40.43±76.21) ind/100 m³, 最高密度出现在 6 月 22 日, 为 358.02 ind/100 m³; 出现 5 次产卵高峰, 分别在 6 月 13 日、6 月 15 日、6 月 17—18 日、6 月 22 日、6 月 29 日, 平均密度分别为 141.67 ind/100 m³、77.62 ind/100 m³、204.78 ind/100 m³、358.02 ind/100 m³、60.49 ind/100 m³ (图 2)。2017 年调查期间, 鱼卵的平均密度为(66.43±101.91) ind/100 m³, 最高密度出现在 7 月 10 日, 为 395.54 ind/100 m³; 出现 5 次产卵高峰, 分别在 6 月 13 日、6 月 25—26 日、6 月 28—29 日、7 月 1 日、7 月 10—11 日, 平均密度分别为 126.21 ind/100 m³、167.22 ind/100 m³、142.75 ind/100 m³、70.37 ind/100 m³、387.13 ind/100 m³ (图 2)。2018 年调查期间, 鱼卵的平均密度

为(60.46±83.10) ind/100 m³, 最高密度出现在 6 月 26 日, 为 293.29 ind/100 m³; 出现 6 次产卵高峰, 分别在 6 月 15 日、6 月 19 日、6 月 21 日、6 月 23 日、6 月 25—26 日、6 月 29 至 7 月 3 日, 平均密度分别为 169.53 ind/100 m³、189.74 ind/100 m³、242.58 ind/100 m³、204.24 ind/100 m³、253.17 ind/100 m³、166.68 ind/100 m³ (图 2)。从 3 年调查结果来看, 鱼卵集中发生在 6 月中旬至 7 月上旬。

2016 年仔鱼平均密度为(7.10±8.86) ind/100 m³, 6 月 29 日密度最高, 为 27.88 ind/100 m³; 6 月 28—29 日、7 月 10—15 日、7 月 17 日—19 日出现较为明显的高峰, 平均密度分别为 9.10 ind/100 m³、15.78 ind/100 m³、26.29 ind/100 m³ (图 3)。2017 年仔鱼平均密度为(13.65±21.17) ind/100 m³,

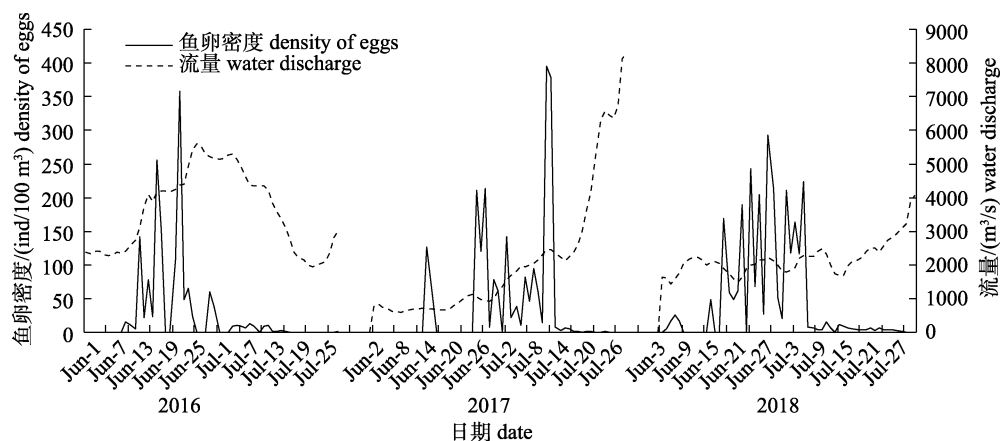


图2 2016—2018年松花江下游富锦江段鱼卵漂流密度的日变化

Fig. 2 Daily variation of eggs densities in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

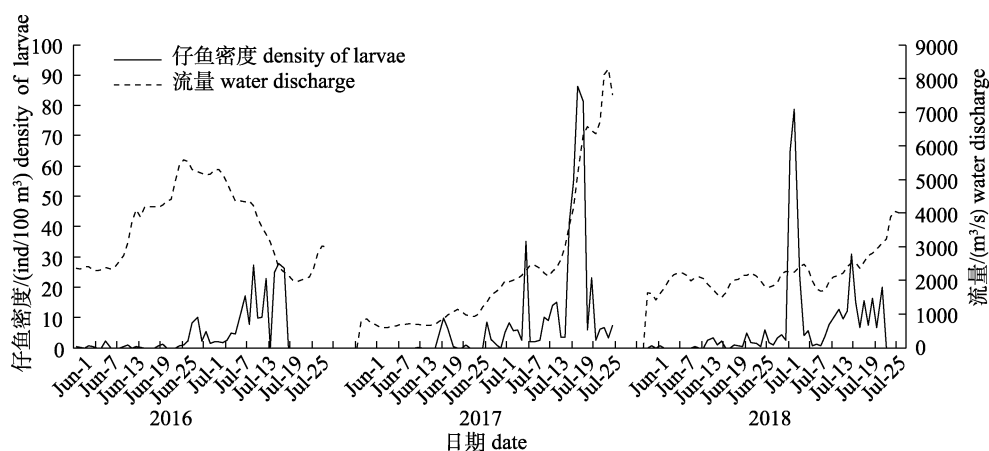


图3 2016—2018年松花江下游富锦江段仔鱼漂流密度的日变化

Fig. 3 Daily variation of larvae densities in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

7月21日密度最高, 为 $86.26 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$; 6月20日、7月9日、7月14—30日、7月19—22日、7月24日出现较为明显的高峰, 平均密度分别为 $9.82 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $35.12 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $12.67 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $65.94 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $23.08 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ (图3)。2018年仔鱼平均密度为 $(9.35 \pm 15.78) \text{ ind}/100 \text{ m}^3$, 7月5日密度最大, 为 $78.75 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$; 7月4—6日、7月18日、7月21日、7月23日、7月25日出现较为明显的高峰, 对应的密度分别为 $55.48 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $30.86 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $15.56 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $16.34 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ 、 $20.00 \text{ ind}/100 \text{ m}^3$ (图3)。从3年调查结果来看, 仔鱼主要出现在6月底至7月中旬。

2.3 鱼类早期资源量与产卵场

2016年调查期间, 估算富锦断面的卵苗总径流量为 98.56×10^8 粒(尾), 其中鱼卵为 85.58×10^8

粒, 仔鱼为 12.98×10^8 尾。优势种贝氏鲮鱼卵径流量为 10.07×10^8 粒, 潘氏鳅鲇为 1.6×10^8 粒, 蛇鲇为 0.7×10^8 粒; 优势种贝氏鲮仔鱼径流量为 45.41×10^8 尾, 波氏吻虾虎鱼(*Rhinogobius cliffordpopei*)仔鱼为 8.22×10^8 尾, 鲇(*Silurus asotus*)仔鱼为 6.73×10^8 尾。2017年调查期间, 卵苗总径流量为 87.11×10^8 粒(尾), 其中鱼卵为 57.43×10^8 粒, 仔鱼为 29.68×10^8 尾。优势种贝氏鲮、花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)、翘嘴鲇(*Culter alburnus*)鱼卵径流量分别为 21.46×10^8 粒、 2.01×10^8 粒、 1.00×10^8 粒, 优势种贝氏鲮、棒花鱼(*Abbotrtina rivularis*)、银鲫(*Carassius auratus gibelio*)仔鱼径流量分别为 34.91×10^8 尾、 6.13×10^8 尾、 3.42×10^8 尾。2018年调查期间, 卵苗总径流量为 71.71×10^8 粒(尾), 其中鱼卵为 60.51×10^8 粒, 仔鱼为 11.2×10^8 尾。优势种贝氏鲮、突吻鲇(*Rostrogobio*

amurensis)、银鮡(*Squalidus argentatus*)鱼卵径流量分别为 6.56×10^8 粒、 1.03×10^8 粒、 1.00×10^8 粒, 优势种贝氏鲮、潘氏鳅鮡、棒花鱼仔鱼径流量分别为 34.63×10^8 尾、 4.29×10^8 尾、 3.77×10^8 尾。

记录鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、翘嘴鲌和鳊(*Elopichthys bambusa*)合计 200 余粒鱼卵发育期, 发现 3 个物种鱼卵的发育期主要为尾芽期和心脏搏动期, 距离产卵、受精时间分别约为 20 h 和 26 h, 以监测期间江水日平均流速 0.95 m/s 估算, 鱼卵主要来源于上游 66.7~78.7 km 的桦川县

嘟噜河口至代亮子江段和上游 83.5~114 km 的桦川县苏窝棚至中和村江段(表 2)。

2.4 鱼卵密度与环境因子的关系

2016 年调查期间, 径流量变化范围为 2010~5430 m³/s, 水位变化范围为 72.70~76.50 m。2017 年径流量变化范围为 694~8290 m³/s, 水位变化范围为 73.56~75.57 m。2018 年径流量变化范围为 1430~3110 m³/s, 水位变化范围为 72.50~77.00 m。总体来看水位和径流量涨落趋势相似(图 4)。2016—2018 年调查期间, 富锦江段除个别日期水温有

表 2 2016—2018 年富锦至桦川江段大型产漂流性和浮性卵鱼类产卵场分布
Tab. 2 Spawning ground distribution of fishes producing drifting eggs and floating eggs in the reach from Fujin section to Huachuan section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

产卵场 spawning ground	距离富锦段距离/km distance to Fujin	年度 year	资源量 ($\times 10^8$) number			总计/($\times 10^8$) total
			鲢	翘嘴鲌	鳊	
			<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	<i>Culter alburnus</i>	<i>Elopichthys bambusa</i>	
桦川县嘟噜河口 至代亮子段	66.7~78.7	2016	0.03	0.01	0.03	0.07
		2017	0.09	0.22	0.18	0.49
		2018	0.05	0.18	0.10	0.33
桦川县苏苏窝棚 至中和村段	83.5~114	2016	0.01	0.01	0.01	0.03
		2017	0.78	0.31	0.63	1.72
		2018	0.03	0.01	0.02	0.06

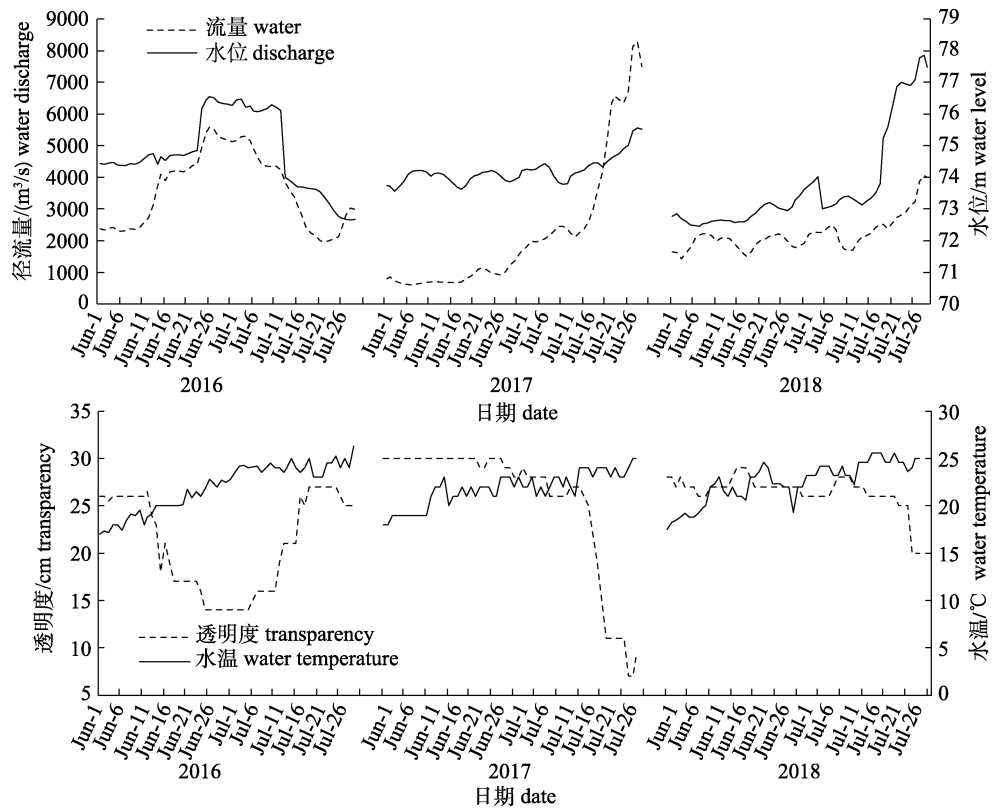


图 4 2016—2018 年松花江下游富锦江段环境因子日变化
Fig. 4 Daily variation of environmental variables in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

所波动外, 水温总体呈逐渐上升趋势, 透明度与径流量增长趋势相反(图 4)。对比富锦采样断面透明度、径流量、温度和流速等环境因子不同年份的日变化差异(表 3), 年际间各环境因子差异显著($P<0.05$)。

以透明度、水位、径流量、水温和流速为解

释变量, 选取贝氏鲶、鲢、翘嘴鲌、鳊日均卵漂流密度做响应变量, RDA 的排序图(图 5)显示, 对产卵场日均卵漂流密度影响较大的环境因子为透明度、径流量和水温。贝氏鲶卵漂流密度与透明度显著相关($P<0.05$), 鲢、翘嘴鲌和鳊卵漂流密度与水温 and 径流量显著相关($P<0.05$)。

表 3 2016—2018 年富锦江段鱼卵日均密度与水文和环境因子均值变化
Tab. 3 Average of hydrological factors, environment factors and egg density in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018 $\bar{x} \pm SD$

因子 factor	年度 year			P
	2016	2017	2018	
鱼卵密度/(ind/100 m ³) density of eggs	40.43±76.21	66.43±101.91	60.46±83.10	0.28
径流量/(m ³ /s) water discharge	3616.03±1194.08	2171.90±2046.35	2179.13±510.48	0.00
水位/m water level	74.76±1.21	74.20±0.43	74.76±1.21	0.00
透明度/cm transparency	20.81±5.11	25.71±6.96	26.51±1.78	0.00
流速/(m ³ /s) velocity	0.99±0.10	0.85±0.14	0.83±0.03	0.00
水温/℃ water temperature	21.94±2.52	21.80±1.80	22.55±2.16	0.00

注: $P<0.05$ 认为年际间差异显著。
Note: $P<0.05$ indicates significant difference among different years.

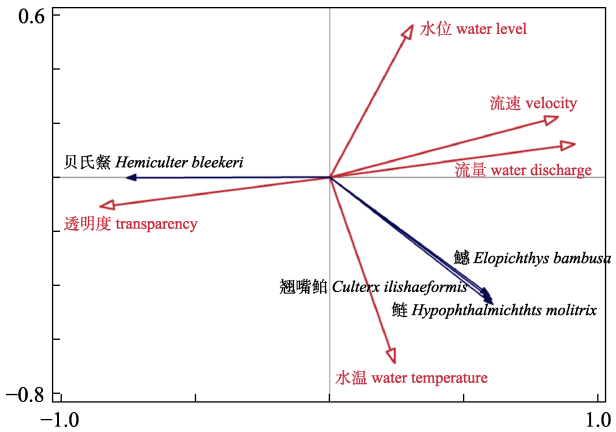


图 5 2016—2018 年松花江下游富锦江段鱼类产卵与环境因子的 RDA 排序

Fig. 5 RDA biplot of spawning and environmental variables in Fujin section of the lower Songhua River from 2016 to 2018

3 讨论

3.1 松花江下游富锦江段鱼类种类组成及优势种

2016—2018 年调查期间, 在松花江下游富锦江段共采集卵苗 3 目 7 科 33 种, 采集的种类逐年增加, 2018 年最多, 为 24 种。33 个物种中 12 种为产漂流性和浮性卵鱼类, 其中大型经济鱼类仅 4 种, 分别为鲢、翘嘴鲌、鳊和鳊。采集的种类数

和产漂流性卵鱼类的种类数均远低于长江^[14-16]。与 20 世纪 80 年代的松花江干流历史资料相比^[17], 减少了 47 种, 除冷水性和喜冷水性鱼类及产沉黏性卵鱼类外, 仍有草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、鳊(*Hypophthalmichthys nobilis*)、蒙古鲌(*Culter mongolicus*)、细鳞鲴(*Xenocypris microlepis*)、中华细鲫(*Aphyocypris chinensis*)、赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)、红鳍原鲌(*Cultrichthys erythropterus*)等十余种鱼类未采集到。调查期间, 采集的种类均以中小型鱼类为主, 其中 2018 年贝氏鲶的鱼卵和仔鱼占比最低, 但仍达到 58.58% 和 57.22%, 也反映了松花江下游鱼类资源的小型化和低值化。

3.2 产卵量及产卵场分布

2016—2018 年 6—7 月, 松花江富锦江段鱼类总产卵量为 257.38×10^8 粒(尾), 其中 2016 年产卵量最大。优势种贝氏鲶、潘氏鳅鲃和蛇鲈的鱼卵径流量分别为 143.35×10^8 粒、 15.62×10^8 粒和 7.19×10^8 粒, 3 个物种产卵量占总产卵量的 64.56%, 是该江段鱼类早期资源的主要种类。鲢、翘嘴鲌、鳊和鳊等大型产漂流性和浮性卵鱼类早期资源量

不高,3 年合计的卵苗发生量分别为 1.36×10^8 粒、 3.19×10^8 粒、 2.77×10^8 粒和 0.32×10^8 尾,远低于长江中游黄石^[14]、宜昌^[15]、监利^[16]江段的资源量。

2016—2018 年调查期间,仅采集到鲢的受精卵,其他 3 种家鱼均未发现产卵活动。采集的受精卵发育期主要为尾芽期和心脏搏动期,推算其具有两处产卵场,分别为桦川县嘟噜河口至代亮子江段和桦川县苏窝棚至中和村江段,与历史产卵场^[17]相比,产卵场分为了两段,并且向下游迁移了约 17 km。这可能由于大顶子山航电枢纽的蓄水运行,改变了下游江段水文情势,导致“家鱼”的产卵场向下迁移。贝氏鲮、潘氏鳅鲃、突吻鲈、银鲈、蛇鲈和条纹似白鲈(*Paraleucogobio strigatus*)等小型产漂流性和浮性卵鱼类产卵场推测有 3 个河段,即富锦市农场村至松江村江段、富锦市江南村至沿江村江段和富锦市周家通至东升村江段,与前人的研究结果相似。银鲈^[18]、鳅鲃^[19]、银鲈(*Xenocypris argentea*)^[20]等小型鱼类适应能力强,其对产卵条件的要求比四大家鱼等鱼类低,6 月至 7 月几乎每天都有这些小型鱼类产卵繁殖,表明这些鱼类资源量更容易恢复。

3.3 鱼类早期资源与环境因子的关系

通过鱼类早期资源监测可以准确地掌握鱼类的繁殖时间和繁殖规模^[21-22],从而推算鱼类产卵场的位置,对渔业资源的管理和保护有重要意义^[23-24]。江河中鱼类的繁殖活动受江水径流量、水位、流速、水温等多方面的影响^[25],不同种类的繁殖行为对环境因子的需求也有所不同^[20]。前人对“四大家鱼”等的产卵需求研究较透彻,水温是影响其产卵繁殖最重要的因子,水位上涨和径流量的涨幅是其繁殖活动的重要诱因^[7,15,26-27]。本研究结果显示,鲢、翘嘴鲈和鳊鱼漂流密度与水温 and 径流量显著相关,水温是“四大家鱼”等产漂流性卵鱼类的繁殖限制条件,水温达到 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上开始产卵繁殖^[26]。7 月下旬仍可采集到鲢、翘嘴鲈等大型经济鱼类受精卵,2019 年农业农村部将松花江禁渔期延长至 7 月 31 日,完全符合松花江实际情况,有利于“四大家鱼”等大型经济鱼类早期资源的保护。径流量的涨幅则是刺激鱼类繁殖和促进繁殖活动的重要环境条件,洪水期径流

量增大会刺激其产卵,这与大部分学者的研究结论一致^[7,28-31]。贝氏鲮卵漂流密度与透明度显著相关,高透明度刺激贝氏鲮产卵,其在东北地区大水面的资源量也非常丰富的。

3.4 松花江下游鱼类早期资源及对生境保护的建议

松花江下游是松花江与黑龙江重要的连接通道,目前该江段无大型拦河水利工程,分布有鲢、翘嘴鲈、鳊等重要经济鱼类的产卵场。调查发现,与 20 世纪 80 年代松花江干流的历史资料相比,草鱼、青鱼、鲈、蒙古鲈等十余种鱼类未采集到。鱼类繁殖期多数时段松花江干流水体透明度不超过 20 cm,而且洪水期大量泥沙、水草、树枝及沿岸杂物随江水下泄,导致部分黏性卵脱黏,对鱼类的繁殖及鱼卵、鱼苗的发育均产生不同程度的影响。为保护松花江下游鱼类早期资源,结合前期和本研究结果提出如下建议:(1) 持续开展增殖放流工作,加强种质资源保护,加大草鱼、青鱼、鲈、蒙古鲈等鱼类增殖放流数量,逐渐恢复原有的“家鱼”和重要经济鱼类群落结构;(2) 建立松花江流域水土流失综合防治体系,对流域内坡耕地、侵蚀沟和河岸线等进行综合治理,因地制宜地进行自然与人工修复,保护现有湿地,减轻面源污染,降低水土流失和水体污染对鱼类栖息生境的影响;(3) 制定水生生物多样性观测、预警和评估体系,根据重要鱼类“三场”分布状况,布设观测站点,以观测站点为基础建立水生生物多样性观测网络,对重点区域和重点种群进行监控,建立预警技术体系和应急响应机制。基于监测结果的科学研判,进一步调整优化松花江水生生物保护措施。

参考文献:

- [1] Wang K, Liu K, Xu D P, et al. Advances in research on early life resources of fish[J]. Acta Agriculturae Universitatis Ji-angxiensis, 2013, 35(5): 1098-1107. [汪珂, 刘凯, 徐东坡, 等. 鱼类早期资源研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(5): 1098-1107.]
- [2] Wang D Q, Tian H W, Tang X L, et al. Status of early fish resources of drifting egg fishes in the estuary of the Yalong River[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(3): 893-899. [王导群, 田辉伍, 唐锡良, 等. 雅砻江河口区产漂流性卵

- 鱼类早期资源现状[J]. 生态学杂志, 2020, 39(3): 893-899.]
- [3] Cao W X, Chang J B, Qiao Y, et al. Fish Resources of Early Life History Stages in Yangtze River[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2007: 1-34. [曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 1-34.]
- [4] Głowacki Ł, Penczak T. Large dam reservoirs are probably long-period oscillators of fish diversity[J]. Journal of Fish Biology, 2012, 80(6): 2213-2235.
- [5] Normando F T, Santiago K B, Gomes M V T, et al. Impact of the Três Marias dam on the reproduction of the forage fish *Astyanax bimaculatus* and *A. fasciatus* from the São Francisco River, downstream from the dam, southeastern Brazil[J]. Environmental Biology of Fishes, 2014, 97(3): 309-319.
- [6] Lu C Y, Huo T B, Wang J L, et al. Early molecular identification of fishes in the lower reaches of the Songhua River[J]. Wetland Science, 2020, 18(5): 516-524. [鲁翠云, 霍堂斌, 王继隆, 等. 松花江下游鱼类早期分子鉴定[J]. 湿地科学, 2020, 18(5): 516-524.]
- [7] Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, et al. The Distribution, Natural Conditions and Breeding Production of the Spawning Grounds of Four Famous Freshwater Fishes on the Main Stream on the Yangtze River[M]. Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 1988: 1-46. [易伯鲁, 余志堂, 梁秩桑, 等. 长江干流草、青、鲢、鳙四大家鱼产卵场的分布、规模和自然条件[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1988: 1-46.]
- [8] Duan X B, Chen D Q, Li Z H, et al. Current status of spawning grounds of fishes with pelagic eggs in the middle reaches of the Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(4): 523-532. [段辛斌, 陈大庆, 李志华, 等. 三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状[J]. 中国水产科学, 2008, 15(4): 523-532.]
- [9] Liu M D, Gao L, Tian H W, et al. Status of fishes at the early life history stage in the Yichang section in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(1): 147-158. [刘明典, 高雷, 田辉伍, 等. 长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状[J]. 中国水产科学, 2018, 25(1): 147-158.]
- [10] Tan X C, Li X H, Tao J P, et al. Spatial and temporal distribution of larval resources of fishes in Xijiang River[J]. Freshwater Fisheries, 2007, 37(4): 37-40. [谭细畅, 李新辉, 陶江平, 等. 西江肇庆江段鱼类早期资源时空分布特征研究[J]. 淡水渔业, 2007, 37(4): 37-40.]
- [11] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Aquatic Product Standard of the People's Republic of China: Technical specification for drifting fish eggs and larvae sampling in river, SC/T 9407-2012[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2013. [中华人民共和国农业部. 中华人民共和国水产行业标准: 河流漂流性鱼卵、仔鱼采样技术规范 SC/T 9407-2012[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.]
- [12] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Aquatic Product Standard of the People's Republic of China: Stock assessment for drifting fish eggs and larvae in river, SC/T 9427-2016[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2017. [中华人民共和国农业部. 中华人民共和国水产行业标准: 河流漂流性鱼卵和仔鱼资源评估方法 SC/T 9427-2016[S]. 北京: 中国农业出版社, 2017.]
- [13] Liang Z S. Classification and identification of early development and their spawning types of common fish in the Xijiang River[R]//Investigation Report on Fishery Resources in the Pearl River System, Volume Four: Reservoir. Editorial Committee of Fishery Resources Survey in the Pearl River System, 1985: 255-295. [梁秩桑. 西江常见鱼类早期发育的分类鉴定及其产卵类型[R]//珠江水系渔业资源调查研究报告第四分册: 水库. 珠江水系渔业资源调查编委会, 1985: 255-295.]
- [14] Hu X K, Gao L, Yang H, et al. Status of the early stage fish resources at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(1): 60-67. [胡兴坤, 高雷, 杨浩, 等. 长江中游黄石江段鱼类早期资源现状[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(1): 60-67.]
- [15] Chen C, Li M Z, Gao X, et al. The status of the early-stage fish resources and hydrologic influencing conditions in the Yichang section in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2020, 44(5): 1055-1063. [陈诚, 黎明政, 高欣, 等. 长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状及水文影响条件[J]. 水生生物学报, 2020, 44(5): 1055-1063.]
- [16] Meng Q, Gao L, Wang D Q, et al. The early-stage fish resources and effects of ecological regulation on fish reproduction at the Jianli section of the Yangtze River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(7): 824-833. [孟秋, 高雷, 汪登强, 等. 长江中游监利江段鱼类早期资源及生态调度对鱼类繁殖的影响[J]. 中国水产科学, 2020, 27(7): 824-833.]
- [17] Heilongjiang River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Heilongjiang Aquatic Products Corporation. Fishery Resources in Heilongjiang Province[M]. Mudanjiang: Heilongjiang Korean National Publishing House, 1985. [中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江省水产总公司. 黑龙江省渔业资源[M]. 牡丹江: 黑龙江朝鲜民族出版社, 1985.]

- [18] Li X F, Huang D M, Xie W X, et al. Reproductive biology of *Squalidus argentatus* from the middle Hanjiang River[J]. Reservoir Fisheries, 2005, 26(2): 23-24, 60. [李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 汉江中游银鮡的繁殖生物学[J]. 水利渔业, 2005, 26(2): 23-24, 60.]
- [19] Fan S L, Wang X F, Yin J P, et al. The early resource quantity and spatial distribution of *Gobiobotia filifers* in Youxi section of the upper Yangtze River in 2015[J]. Freshwater Fisheries, 2019, 49(5): 31-35, 50. [范思林, 王晓峰, 印江平, 等. 2015 年长江上游油溪江段宜昌鳅鮀早期资源量及空间分布[J]. 淡水渔业, 2019, 49(5): 31-35, 50.]
- [20] Guo Q, Gao L, Pan W J, et al. Status of early stage fish resources in the Fengcheng section of lower Ganjiang River[J]. Journal of Hydroecology, 2020, 41(6): 106-112. [郭琴, 高雷, 潘文杰, 等. 赣江下游丰城段鱼类早期资源现状调查[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(6): 106-112.]
- [21] Doyle M J, Morse W W, Kendall A W. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast Pacific and northwest Atlantic Oceans[J]. Bulletin of Marine Science, 1993, 53(2): 588-644.
- [22] Zhou H H, Tian H W, He C, et al. Surveys for resources of drifting eggs fish at early life history stages in the Qiaojia section in the lower reaches of the Jinsha River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(12): 2910-2920. [周湖海, 田辉伍, 何春, 等. 金沙江下游巧家江段产漂流性卵鱼类早期资源研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2910-2920.]
- [23] King M. Fisheries Biology, Assessment and Management[M]. Oxford: Fishing News Books, 1995: 247-248.
- [24] Pavlov D S. The downstream migration of young fishes in rivers: Mechanisms and distribution[J]. Folia Zoologica, 1994, 43(3): 193-208.
- [25] Li M Z, Gao X, Yang S R, et al. Effects of environmental factors on natural reproduction of the four major Chinese carps in the Yangtze River, China[J]. Zoological Science, 2013, 30(4): 296-303.
- [26] Li M Z, Duan Z H, Jiang W, et al. Preliminary analysis on the diel drifting behavior of fish eggs and larvae in different sections of main stream of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(8): 957-962. [黎明政, 段中华, 姜伟, 等. 长江干流不同江段鱼卵及仔鱼漂流特征昼夜变化的初步分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(8): 957-962.]
- [27] Li M Z, Duan Z H, Jiang W, et al. Preliminary analysis on the diel drifting behavior of fish eggs and larvae in different sections of main stream of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(8): 957-962. [黎明政, 段中华, 姜伟, 等. 长江干流不同江段鱼卵及仔鱼漂流特征昼夜变化的初步分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(8): 957-962.]
- [28] He X H, Tan L F, Peng Y X, et al. Four major Chinese carps eggs resources and spawning grounds distribution at Hukou section of the Yangtze River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(4): 420-430. [何晓辉, 谈龙飞, 彭云鑫, 等. 长江湖口段四大家鱼卵资源及其产卵场分布[J]. 中国水产科学, 2021, 28(4): 420-430.]
- [29] Wang S Y, Liao W G, Chen D Q, et al. Analysis of eco-hydrological characteristics of the four Chinese farmed carps' spawning grounds in the middle reach of the Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(6): 892-897. [王尚玉, 廖文根, 陈大庆, 等. 长江中游四大家鱼产卵场的生态水文特性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(6): 892-897.]
- [30] Gao T H, Tian H W, Wang H, et al. Spatial and temporal distributions and influence factors of brass gudgeon (*Coreius heterodon*) eggs in Jiangjin section of the Upper Yangtze River[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(8): 1099-1106. [高天珩, 田辉伍, 王涵, 等. 长江上游江津断面铜鱼鱼卵时空分布特征及影响因子分析[J]. 水产学报, 2015, 39(8): 1099-1106.]
- [31] Tang X L. Studies on early fish resources in Jiangjin cross-section in the upstream of Yangtze River[D]. Chongqing: Southwest University, 2010. [唐锡良. 长江上游江津江段鱼类早期资源研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.]

Status of early fish resources in the Fujin section of the lower Songhua River

HUO Tangbin¹, SONG Dan¹, LIU Wei¹, TANG Fujiang¹, WANG Jilong¹, ZHANG Lanlan², LI Zhe¹, ZHAO Rongwei³

1. Heilongjiang River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Heilongjiang River Basin Fishery Ecological Environment Monitoring Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin 150070, China;
2. Heilongjiang Fishery Technology Extension Center, Harbin 150010, China;
3. Harbin Fisheries Technology Extension Center, Harbin 150076, China

Abstract: A survey of early fish resources in the Fujin section of the lower Songhua River was carried out to know about the status of early fish resources and the location of spawning grounds from June to July in 2016—2018. A total of 8916 eggs and 31232 larvae were collected. A total of 33 species belonging to 7 families and 3 orders were identified by morphological and molecular biological methods. Among them, 12 fish species produced drifting eggs and floating eggs. The estimated abundance of fish eggs flowed through the Fujin section was 85.58×10^8 eggs, 57.43×10^8 eggs and 60.51×10^8 eggs from 2016 to 2018, respectively. The dominant species were *Hemiculter bleekeri bleekeri*, *Gobiobotia pappenheim* and *Saurogobio dabryi*, and the abundance of fish eggs was 143.35×10^8 eggs, 15.62×10^8 eggs and 7.19×10^8 eggs during the surveys, respectively. The spawning amount of these three dominant fishes accounted for 64.56% of the total spawning amount. The abundance of fish eggs of drifting egg fishes *Hypophthalmichthys molitrix* and *Culter alburnus*, and floating egg fishes *Elopichthys bambusa* and *Siniperca chuatsi* was 1.36×10^8 eggs, 3.19×10^8 eggs, 2.77×10^8 eggs and 0.32×10^8 eggs, respectively. According to the analysis of the developmental period and flow rate, the spawning grounds of *Hypophthalmichthys molitrix* originated from the Dulu River estuary to the Dailiangzi River in Huachuan County and from Suwopeng to the Zhonghe Village section. Redundancy analysis results showed that the drifting density of *Hemiculter bleekeri bleekeri* eggs was significantly correlated with transparency and that of *Hypophthalmichthys molitrix*, *Culter alburnus*, and *Elopichthys bambusa* was significantly correlated with water temperature and flow. In order to more effectively protect the fish resources of the lower Songhua River, it was recommended to increase the releasing number of fishes such as *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus* (Richardson), *Megalobrama skolkoui* (Dybowski) and *Culter mongolicus mongolicus* (Basilevsky); establish a comprehensive prevention and control system for soil erosion in the Songhua River Basin to reduce the impact of soil erosion and water pollution on fish habitats; develop aquatic biodiversity observation, early warning, and evaluation systems to monitor key areas and key populations. Based on the scientific research and judgment of the monitoring results, we should adjust and optimize the Songhua River aquatic life protection measures.

Key words: lower Songhua River; species composition; density of eggs and larvae; spawning ground

Corresponding author: HUO Tangbin. E-mail: tbhuo@163.com