

# 广东从化地区不同生境食蚊鱼种群的繁殖生物学特征

崔奕 姚达章 林小涛\* 刘明中 王正赜 许忠能

暨南大学水生生物研究所 水体富营养化与赤潮防治广东普通高校重点实验室 广州 510632

**摘要:** 本文从繁殖群体的环境条件、形体特征、卵巢发育与繁殖力方面对广东从化地区溪流、池塘、农田 3 种不同生境的食蚊鱼 (*Gambusia affinis*) 种群展开比较研究。结果发现, 无论流动水体溪流还是静水水体池塘和农田, 食蚊鱼的繁殖期均在 3 ~ 12 月份, 繁殖群体中雌鱼占比明显高于雄鱼 (Chi-Square test,  $P < 0.01$ )。雌鱼周年平均体长及体重, 池塘生境的显著大于农田和溪流生境。农田生境中雌鱼的个体怀卵量 ( $24.1 \pm 12.1$ ) 粒, 体重相对繁殖力 ( $57.5 \pm 31.0$ ) 粒/g, 二者均明显高于溪流生境 [ $16.6 \pm 11.6$ ] 粒, ( $40.8 \pm 15.5$ ) 粒/g] 与池塘生境 [ $18.9 \pm 16.3$ ] 粒, ( $35.7 \pm 19.1$ ) 粒/g], 但农田生境雌鱼成熟卵子的卵径显著小于溪流和池塘生境。结果表明, 在环境稳定的池塘生境中, 食蚊鱼的繁殖策略偏向 k-对策特性; 在人为干扰较大的农田生境中, 食蚊鱼的繁殖策略偏向 r-对策特性。不同类型生境中食蚊鱼的繁殖特性存在一定差异, 主要与其栖息环境的稳定性和饵料生物的丰富度有关。

**关键词:** 食蚊鱼; 栖息生境; 繁殖力; 卵巢发育; 形体指标

中图分类号: S963 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2016) 01-57-09

## Reproductive Biology of Mosquito Fish (*Gambusia affinis*) in different Habitats in Conghua, Guangdong

CUI Yi YAO Da-Zhang LIN Xiao-Tao\* LIU Ming-Zhong WANG Zheng-Kun XU Zhong-Neng

Institute of Hydrobiology, Jinan University, Key Laboratory of Aquatic Eutrophication and Control of Harmful Algal Blooms of Guangdong Higher Education Institutes, Guangzhou 510632, China

**Abstract:** This research assessed morphology, ovarian development, fecundity of the breeding population of mosquito fish (*Gambusia affinis*) in streams, ponds, and farmlands of Conghua, Guangdong, China. The results showed that the breeding season of mosquito fish was from March to December, and there were more females than males (Chi-Square test,  $P < 0.01$ ). One-year means of body lengths and biomass of females in ponds were significantly larger than those in farmlands and streams (Table 2). The offspring ( $24.1 \pm 12.1$  grains) and relative fecundity ( $57.5 \pm 31.0$  grains/g) of females in the farmlands were significantly higher than

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 30970555);

\* 通讯作者, E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn;

**第一作者介绍** 崔奕, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鱼类生态学; E-mail: cuiyi2008@qq.com.

收稿日期: 2015-02-15, 修回日期: 2015-08-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201601007

those in streams ( $16.6 \pm 11.6$  grains,  $40.8 \pm 15.5$  grains/g) and ponds ( $18.9 \pm 16.3$  grains,  $35.7 \pm 19.1$  grains/g), but the diameters of mature egg was significantly smaller than those in the streams and ponds (Table 3), which indicated that different reproductive characteristics in different groups of *G. affinis* was related to the environments and the richness of food.

**Key words:** *Gambusia affinis*; Habitats; Fecundity; Ovarian development; Physical indicators

食蚊鱼 (*Gambusia affinis*) 是世界百种恶性入侵物种之一。由于对蚊类幼虫具有极强的捕食能力, 它被作为一种防止疟疾的生物工具而引入到世界各地, 并成为了一种全球性分布的鱼类 (Krumholz 1948, Cabal et al. 1999)。作为极为成功的入侵物种, 其自身具有许多特别的生态学策略及生物学特征。研究入侵物种在入侵地的生长繁殖方式, 是了解其对入侵地适应性的一个重要手段。关于食蚊鱼在入侵地自然生境中生长繁殖情况, 已经有一些静水生境中的相关报道, 如沼泽 (Vargas et al. 1996, Öztürk et al. 2004)、农田 (Sokolov et al. 1936, Trendall et al. 1982)、湖泊 (Speczi 2004, 卢哲等 2013) 等。此外, 在缓流生境也进行了相关的研究, 如西班牙地区的一些河流 (Feder et al. 1984, Pérez-Bote et al. 2005)。在水库中栖息于稳定水体 (静水) 与栖息于不稳定水体 (水流扰动) 的种群, 其繁殖方式具有显著差异, 栖息于不稳定水体的种群具有个体较小、繁殖力较高、后代个体较小的特征 (Scribner et al. 1992)。

食蚊鱼于 1927 年引入我国, 随后迅速扩散到我国长江以南的大部分淡水水体 (潘炯华等 1980)。近年本研究室的调查发现, 它们已逐步入侵到华南地区广大的丘陵森林溪流生境 (待发表)。华南地区森林一级溪流 (即溪流最上源支流, 一级溪流和一级溪流汇合成二级溪流, 以此类推) 生境具有水面狭窄、水质清澈、底质多为沙砾、水流缓急相间、周期性急流泛滥和雨季洪水冲击等特点。在丘陵森林 1 级溪流这种水文条件变化显著的流动水体中食蚊鱼的生长繁殖情况, 尚未见报道。本文以广东从化地区的溪流为研究生境, 以附近的农田 (水田)

和池塘为对照生境, 研究不同生境中食蚊鱼繁殖生物学特性, 重点研究雌雄性比、性腺指数、卵巢发育程度及繁殖力变化, 以探讨其在不同生境条件下的繁殖适应对策。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集地

样品采集地点 ( $23^{\circ}30'23'' \sim 23^{\circ}31'26''\text{N}$ ,  $113^{\circ}26'51'' \sim 113^{\circ}27'38''\text{E}$ , 海拔 56.1 ~ 79.8 m) 位于广东省广州市从化银林地区的 3 条丘陵森林 1 级溪流及其周边天湖村的农田和一口池塘 (图 1)。图中溪流 A、B、C 分别指 3 条丘陵森林 1 级溪流。池塘位于该村祠堂门口, 不进行商业性养殖、不投饵, 水深约 1 m, 面积约 500 m<sup>2</sup>。池水周年不干涸, 降水是其主要的补充方式。农田为水田, 主要种植一年两熟的水稻, 水源来自灌溉渠道, 水深小于 30 cm。在溪流 A 与溪流 C 中, 食蚊鱼几乎存在于整个溪流生境中。而在溪流 B 中, 食蚊鱼主要出现在下游。对该地区的调查发现, 在溪流中除了食蚊鱼外, 还存在其他一些土著鱼类, 如唐鱼 (*Tanichthys albonubes*)、拟细鲫 (*Nicholsicypris normalis*)、条纹小鲃 (*Puntius semifasciolatus*)、平头岭鳅 (*Oreonectes platycephalus*)、吻虾虎鱼 (*Rhinogobius* sp.)、胡子鲇 (*Clarias fuscus*)、越鲇 (*Silurus cochinchinensis*)、泥鳅 (*Oriental weatherfish*)、黄鳝 (*Monopterus albus*)、叉尾斗鱼 (*Macropodus opercularis*)、月鳢 (*Channa asiatica*) 等。此外, 在池塘生境中还发现有麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*) 和罗非鱼 (*Oreochromis* sp.) 等鱼类。

### 1.2 采样方法及样品处理

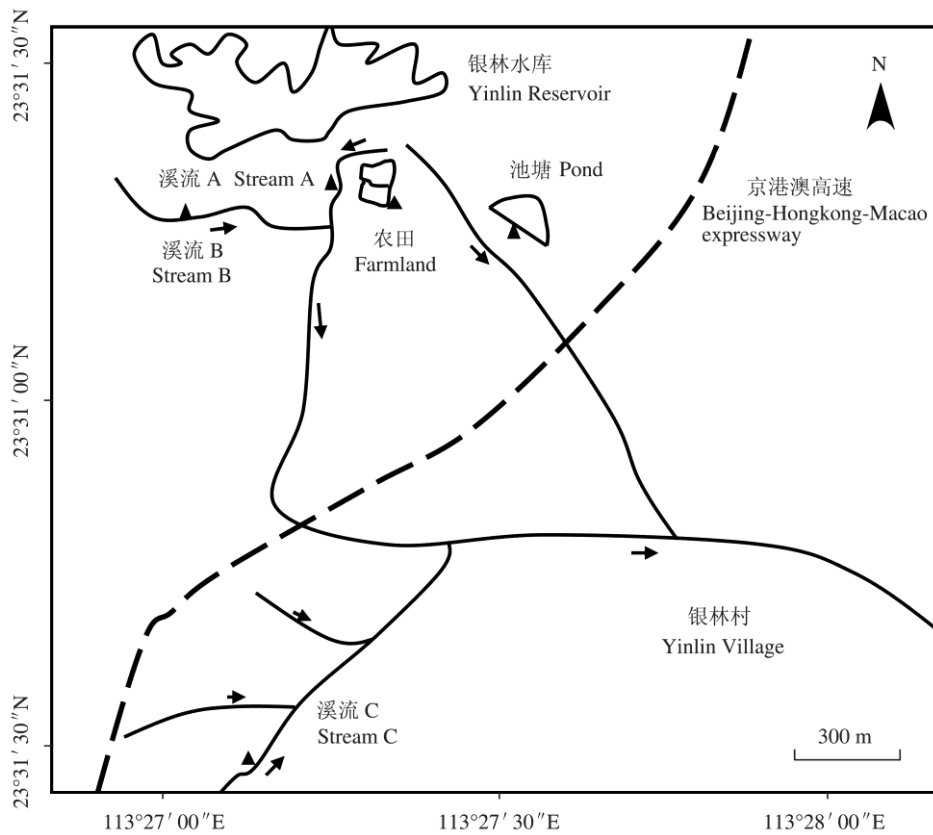


图 1 食蚊鱼采集地点示意图

Fig. 1 Sampling sites

▲ 采样地点或区域; → 水流方向。“▲” The sampling sites; “→” Flow direction.

调查于 2010 年 10 月至 2011 年 9 月间进行。每个月在 3 条溪流及邻近的池塘与农田采集食蚊鱼一次。样品用 5% 福尔马林溶液固定, 并于当天及时测量形体指标。同时利用便携式水质分析仪 (YSI-ADV6600, 美国) 测定各采样点的 pH、水温、溶解氧; 用 FP111 流速水位仪 (Gobalwater™, 美国) 测定流速、水深; 用 GPS 记录该地区的经纬度和海拔。

在实验室中用游标卡尺 (Tricle brand, 量程 150 mm, 精度 0.01 mm) 测量食蚊鱼样本的体长、全长。在解剖镜 (Olympus SZCST) 下用眼科剪解剖, 用微量天平 (Sartorius, 量程 5 100 mg, 精度 0.001 mg) 测量体重及性腺和空壳重, 并利用解剖镜自带的测微尺 (精确到 0.05 mm) 对所有卵巢中发育程度达第 III 期时相

以上卵子的卵径进行测量, 并计数怀卵/存量。因食蚊鱼个体小, 出生后 45 ~ 50 d 即达到性成熟, 本研究未鉴定具体年龄, 只区分幼鱼、成年雌鱼和雄鱼。判断标准为, 有成熟卵巢的为雌鱼; 有精巢且具有臀鳍特化而来的交配器的为雄鱼; 个体较小, 性腺发育不明显的为幼鱼。按照硬骨鱼类性腺发育的分期方法, 将食蚊鱼卵巢的发育分为 5 个时期 (刘灼见等 1996)。本研究样本总数 2 123 尾, 其中已达性成熟的繁殖群体样本总数 1 637 尾 (含溪流 1 022 尾, 农田 260 尾, 池塘 355 尾), 用于繁殖力统计的样本总数 317 尾 (含溪流 164 尾, 农田 60 尾, 池塘 93 尾)。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 13.0 for windows 统计软件对不

同生境中食蚊鱼性腺指数、肥满度、个体怀卵/仔量、体重相对繁殖力与卵径等进行单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和多重比较 (LSD); 对雌雄性比作卡方检验 (Chi-Square test)。

性腺指数 ( $I_{GS}$ )、肥满度 ( $F_C$ ) 和体重相对繁殖力 ( $F_w$ ) 的相关计算公式为  $I_{GS} = (W_G/W_b) \times 100\%$ ,  $F_C = 100 (W_b/L^3)$ ,  $F_w = F/W_b$ , 式中,  $W_G$  为性腺质量 (mg),  $W_b$  为鱼体重 (mg),  $L$  为体长 (mm),  $F$  为个体怀卵/仔量 (粒)。

## 2 结果

### 2.1 环境条件的周年变化

不同生境主要环境因子指标见表 1。此外, 本调查记录的月平均水温, 溪流生境最高是 8 月 28.4°C, 最低是 1 月 14.9°C; 池塘生境最高是 8 月 28.6°C, 最低是 1 月的 12.7°C; 农田生境最高是 8 月的 28.9°C, 最低是 1 月 11.2°C。月平均 pH, 溪流最高的是 7 月的 6.81, 最低的是 1 月 6.37; 池塘生境最高的是 12 月的 10.01, 最低的是 6 月 7.47; 农田生境最高的是 5 月的

7.51, 最低的是 1 月 6.29。

总体上, 3 种生境的水温差异较小, 水温最高均出现在 8 月份, 池塘生境相比于农田和溪流, 水体具有较低的 pH, 且最低溶解氧和最高溶解氧均出现在池塘生境。

### 2.2 不同生境食蚊鱼种群形体指标变化

不同生境食蚊鱼形体指标周年平均值见表 2。整体上, 池塘生境中雌鱼周年平均体长与体重显著大于溪流生境与农田生境 ( $P < 0.05$ ), 而后两者之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。就肥满度看, 农田生境显著高于池塘生境 ( $P < 0.05$ ), 在其余各组之间差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 不同生境食蚊鱼的繁殖特性

溪流生境中, 食蚊鱼繁殖群体雌雄性比为 1.98:1 (679:343), 农田生境的雌雄性比为 2.29:1 (181:79), 池塘生境的雌雄性比为 1.52:1 (214:141), 均显示雌多雄少的特征, 且性比均严重偏离 1:1 (Chi-Square test,  $P < 0.01$ )。

不同生境雌鱼卵巢发育程度周年变化情况见图 2。进入 10 月后, 无论哪个生境, 卵巢

表 1 不同生境水体的水温、pH、溶解氧、流速和水深

Table 1 Variations of water temperatures, pH, dissolved oxygen, water flow and water depth in different habitats

生境 Habitat	水温 (°C) Water temperature	pH	溶解氧 (mg/L) Dissolved oxygen	最高流速 (m/s) Water flow	最大水深 (m) Water depth
溪流 Stream	13.9 ~ 32.7	5.98 ~ 7.44	2.95 ~ 10.31	0.9	1.2
农田 Farmland	10.5 ~ 33.2	6.02 ~ 7.78	2.33 ~ 8.74	—	0.5
池塘 Pond	12.6 ~ 28.6	7.03 ~ 10.44	0.18 ~ 16.32	—	1.7

— 未测定。 — no data.

表 2 不同生境中食蚊鱼雌鱼体长、体重和肥满度周年平均值的变化

Table 2 Body length, weight and condition factor of mosquito fish (♀) in different habitats

生境 Habitat	样本量 Sample size	体长 (mm) Body length	体重 (mg) Weight	肥满度 Condition Factor
溪流 Stream	1 022	23.5 ± 4.8 <sup>b</sup>	304.0 ± 224.6 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.22 <sup>ab</sup>
农田 Farmland	260	22.8 ± 4.4 <sup>b</sup>	283.4 ± 145.3 <sup>b</sup>	2.25 ± 0.17 <sup>a</sup>
池塘 Pond	355	25.1 ± 3.8 <sup>a</sup>	338.9 ± 226.8 <sup>a</sup>	2.21 ± 0.17 <sup>b</sup>

同列数据上标注不同小写字母, 表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The means followed by the different letters in the same column are significant differences at the 0.05 probability level.

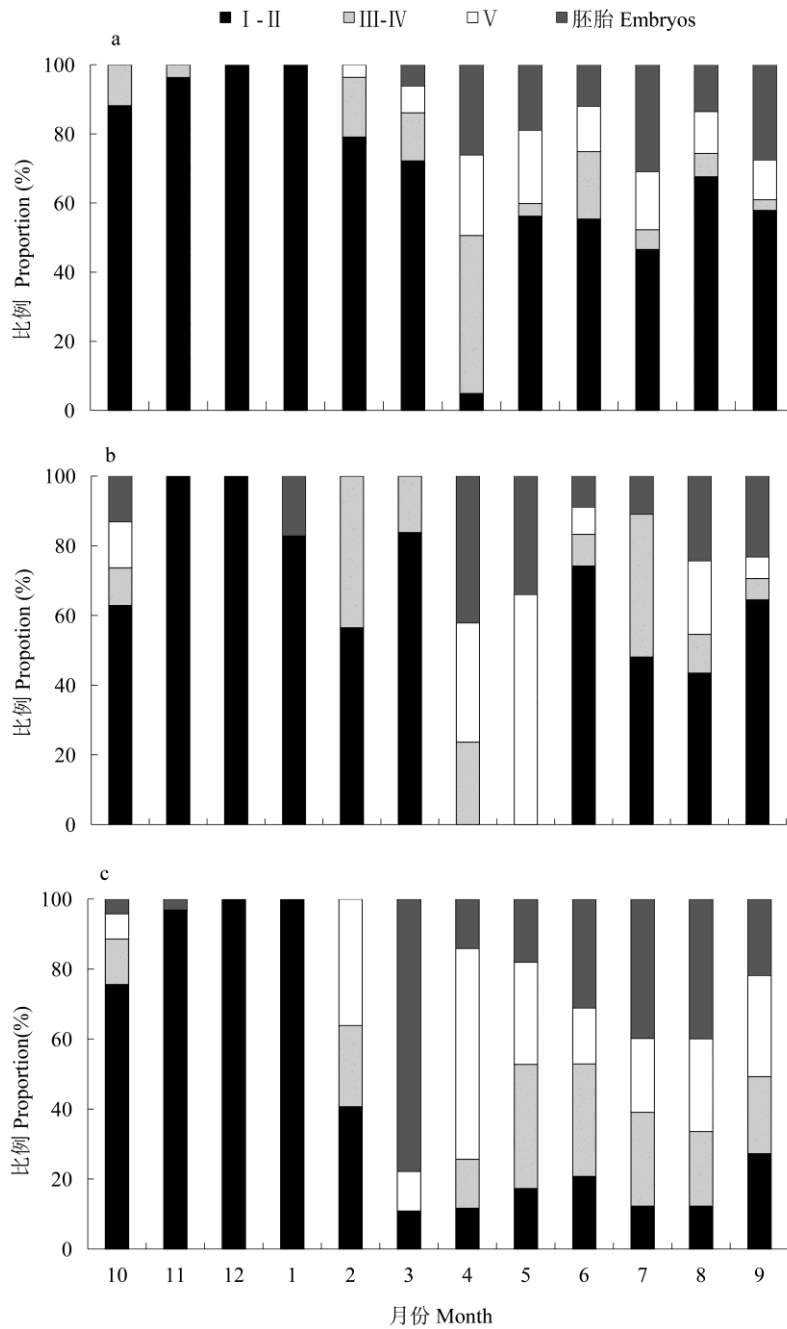


图 2 食蚊鱼卵巢发育情况（发育期）周年变化

Fig. 2 Ovarian stages of mosquito fish

a. 溪流; b. 农田; c. 池塘。a. Stream; b. Farmland; c. Pond.

处于III期以上的个体比例减少, I~II期卵巢占极大比例。4 月份后食蚊鱼卵巢发育旺盛, 卵巢处在 I~II 期的个体比例逐渐降低, 而III期以上卵巢比例则逐渐增大, 进入 9 月后, 处在

I~II 期卵巢的个体比例又开始增大。

不同生境食蚊鱼雌雄鱼性腺指数周年变化见图 3。雌鱼的性腺指数在不同季节之间差异非常显著, 呈现秋冬低, 春夏高的趋势。在

2 月到 10 月, 3 个生境的雌鱼性腺指数均呈现先上升后下降再上升的变化趋势。池塘生境的峰值出现在 3 月, 6 月达到低点, 8 月出现另一个小高峰; 溪流生境的第一个峰值出现在 5 月, 8 月达到低点, 9 月出现另一个小高峰; 农田生境的第一个峰值出现在 6 月, 为 3 个生境中最晚, 低点出现在 7 月, 9 月达到另一个小高峰。不同生境比较, 整体上大部分月份农田生境中雌鱼的性腺指数高于其他生境, 而溪流生境进入春季后一般也高于池塘生境。

相比于雌鱼, 雄鱼的性腺指数周年变化幅

度较小, 主要在冬季降低比较明显 (图 3)。

不同生境食蚊鱼怀卵/仔鱼量与体重相对繁殖力见表 3, 同一发育期卵巢中卵径大小变化见图 4。农田生境中雌鱼的个体怀卵/仔鱼量与体重相对繁殖力明显高于溪流生境与池塘生境 ( $P < 0.05$ ), 但整体上农田生境中雌鱼卵子的卵径 (直径) 却相对较小。溪流生境与池塘生境的雌鱼个体怀卵/仔鱼量以及卵子的卵径差异不明显, 而溪流生境食蚊鱼体重相对繁殖力显著高于池塘。

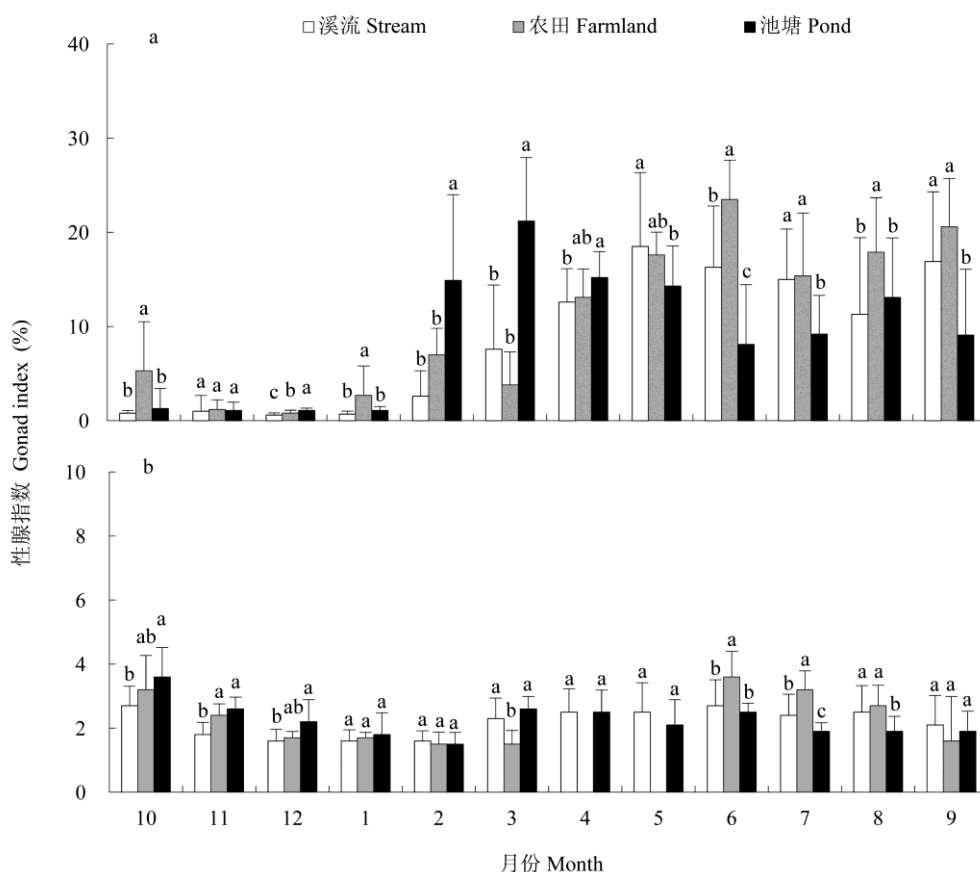


图 3 不同生境下食蚊鱼性腺指数的周年变化

Fig. 3 Variations of Gonadosomatic index of female mosquito fish in different habitats

a. 雌鱼; b. 雄鱼。a. Female; b. Male.

同一月份不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The means followed by the different letters in the same month are significant differences at the 0.05 probability level.

表 3 不同生境中食蚊鱼周年平均怀卵/仔鱼量与体重相对繁殖力

Table 3 Brood amount and fecundity/weight of female mosquito fish in different habitats

生境 Habitat	个体怀卵/仔鱼量 (粒) Brood amount (grain)			体重相对繁殖力 (粒/g) Body mass relative fecundity (grain/g)		
	最小值 Min	最大值 Max	平均 Mean	最小值 Min	最大值 Max	平均 Mean
溪流 Stream	3	92	16.6 ± 11.6 <sup>b</sup>	10.5	110.3	40.8 ± 15.5 <sup>b</sup>
农田 Farmland	6	53	24.1 ± 12.1 <sup>a</sup>	15.3	148.3	57.5 ± 31.0 <sup>a</sup>
池塘 Pond	3	67	18.9 ± 16.3 <sup>b</sup>	5.3	121.7	35.7 ± 19.1 <sup>c</sup>

同列不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The means followed by the different letters in the same column are significant differences at the 0.05 probability level.

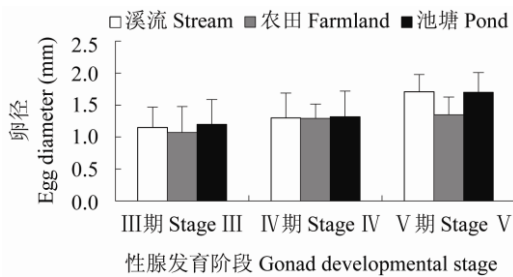


图 4 不同生境下食蚊鱼卵径大小

Fig. 4 Egg diameters of mosquito fish in different habitats

同一发育期不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

The means followed by the different letters in the same developmental stage are significant differences at the 0.05 probability level.

### 3 讨论

研究表明, 食蚊鱼繁殖群体内雌鱼占的比例一般比雄鱼高, 周年雌雄性比均偏离 1:1 (Krumholz 1948, Pérez-Bote et al. 2005), 这现象在本研究的 3 种生境中亦存在, 一般认为这与雌鱼具有交配后能储存雄鱼精子供多次繁殖的特性有关。从食蚊鱼卵巢发育与性腺指数周年变化等数据可以看出, 无论哪种生境, 食蚊鱼的繁殖期均为 3~10 月份, 繁殖盛期为 4~9 月份。水温是影响食蚊鱼繁殖期变化的最主要因素, 在一些热带地区它全年都可以繁殖 (Haynes et al. 1995)。本研究中, 雌鱼的性腺指数周年中均具有一个明显的高峰与低谷, 这

与水温的周年变化规律有一定关系。越冬后, 食蚊鱼雌鱼具有一个繁殖高峰, 性腺指数较高, 到夏季时其性腺指数会降低。Daniels 等 (1992) 亦认为这种现象与水温有关, 即随着水温的升高食蚊鱼呼吸作用消耗的能量增加, 而用于繁殖的能量相应减少。此外, 由于食蚊鱼在冬季具有储存脂肪的行为 (Reznick et al. 1987), 这在一定程度使其越冬后具有更高的繁殖力。在夏末, 食蚊鱼会出现第二个繁殖小高峰, 可能是因过了夏季高温期, 气温回落, 同时种群内增加了一些新补充的繁殖个体, 即夏季繁殖群体的后代已发育成熟并参与繁殖的缘故。

本研究结果还显示, 3 种生境食蚊鱼在繁殖生物学上除了存在上述共同特性外, 在某些方面也存在一定的差异。池塘生境中雌鱼的体长、体重与卵径均比农田生境的大, 但其性腺指数、怀卵/仔量、体重相对繁殖力却比农田低。本研究中的池塘没有进行水产养殖, 人为干扰小, 水位相对稳定, 饵料生物丰富。而农田生境, 由于水稻耕作的原因, 除随自然条件的季节变化外, 还受到严重的人为干扰, 水体扰动非常大, 但饵料生物相对丰富。溪流生境中, 雌鱼形体指标与农田生境相似, 而在繁殖期的性腺指数与体重相对繁殖力则位于前述 2 者之间, 但更接近于池塘生境, 其卵径较大, 而怀卵量较少, 相比一些缓流的河流种群其怀卵量也相对较少 (Pérez-Bote et al. 2005)。一级溪流属开放性流动水体, 受人为干扰少, 主要受自然环境因子的影响, 其流速、饵料生物丰度等

的季节变化明显。从化地区还会受到周期性的暴雨冲刷,溪流的流速也要比一些缓流河流高,作为食蚊鱼主要食物的浮游动物类群少,浮游动物数量也不多(陈国柱等 2008)。

早期的研究发现,在环境干扰较大时,食蚊鱼繁殖策略具有 r-对策的特性,在环境干扰较小时则具有 k-对策的特征(Scribner et al. 1992),在水库中栖息于稳定水体(静水)与栖息于不稳定水体(水流扰动)的种群,其繁殖方式具有显著差异,栖息于不稳定水体的种群具有个体较小、繁殖力较高、后代个体较小的特征,本文的研究也证实了这一点。池塘生境相对稳定,饵料供给充足,后代成活率高,因而食蚊鱼繁殖策略具有 k-对策的某些特征,如繁殖个体大、卵径大,但相对繁殖力较低。而农田生境自然因素如水温等变幅大,人为干扰严重,后代成活率低,食蚊鱼则具有 r-对策的某些特征,如繁殖个体较小、卵径小,但繁殖能力较强。溪流生境中食蚊鱼的繁殖受水流和饵料季节变化的影响。流水条件下,食物相对缺乏,且食蚊鱼的一部分能量还要用于逆流游泳运动的消耗,导致雌鱼能用于繁殖的能量减少。食蚊鱼在能量供应减少的情况下会优先保证卵子的质量而非数量。这种情况下,溪流生境食蚊鱼可能无法像农田生境食蚊鱼一样通过提高繁殖数量来保证种群的延续。因此,它趋向于一种既提高繁殖能量的比例,同时又保证产出后代质量的繁殖策略。

总体来说,无论哪种生境,食蚊鱼的繁殖周期、性比等均具有相似性,但也各自表现出与其栖息环境相应的繁殖特性。环境受干扰程度及能量供给情况可能是导致这种适应性进化的重要原因。

## 参 考 文 献

- Cabal J A, Margues J C. 1999. Life history, population dynamics and production of eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae), in rice fields of the lower Mondego River Valley, western Portugal. *Acta Oecologica*, 20(6): 607–620.
- Daniels G L, Felley J D. 1992. Life history and foods of *Gambusia affinis* in two waterways of southwestern Louisiana. *The Southwestern Naturalist*, 37(2): 157–165.
- Feder J L, Smith M H, Chesser R K, et al. 1984. Biochemical genetics of mosquitofish. II. Demographic differentiation of population in a thermally altered reservoir. *Copeia*, 1984(1): 108–119.
- Haynes J L, Cashner R C. 1995. Life history and population dynamics of the western mosquitofish: a comparison of natural and introduced populations. *Journal of Fish Biology*, 46(6): 1026–1041.
- Krumholz L A. 1948. Reproduction in the western mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard), and its use in mosquito control. *Ecological Monographs*, 18(1): 1–43.
- Öztürk S, İkiz R. 2004. Some biological properties of mosquitofish populations (*Gambusia affinis*) living in inland waters of the western Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(2): 355–361.
- Pérez-Bote J L, López M T. 2005. Life-history pattern of the introduced eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Baird & Girard, 1854), in a Mediterranean-type river: the River Guadiana (SW Iberian Peninsula). *Italian Journal of Zoology*, 72(3): 241–248.
- Reznick D N, Braun B. 1987. Fat cycling in the mosquitofish (*Gambusia affinis*): fat storage as a reproductive adaptation. *Oecologia*, 73(3): 401–413.
- Scribner K T, Wooten M C, Smith M H, et al. 1992. Variation in life history and genetic traits of Hawaiian mosquitofish population. *Journal of Evolutionary Biology*, 5(2): 267–288.
- Sokolov N P, Chvaliova M A. 1936. Nutrition of *Gambusia affinis* on the rice fields of Turkestan. *Journal of Animal Ecology*, 5(2): 390–395.
- Specziár A. 2004. Life history pattern and feeding ecology of the introduced eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in a thermal spa under temperate climate, of Lake Hévíz, Hungary. *Hydrobiologia*, 522(1/3): 249–260.
- Trendall J T. 1982. Covariation of life history traits in the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *The American Naturalist*, 119(6): 774–783.



- Vargas M J, de Sostoa A. 1996. Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian peninsula). *Hydrobiologia*, 341(3): 215–224.
- 陈国柱, 林小涛, 许忠能, 等. 2008. 饥饿对食蚊鱼仔鱼摄食、生长和形态的影响. *水生生物学报*, 32(3): 314–321.
- 刘灼见, 高书堂, 邓青. 1996. 食蚊鱼的性腺发育及性周期研究. *武汉大学学报: 自然科学版*, 42(4): 487–493.
- 卢哲, 林小涛, 陈菁晶, 等. 2013. 广州地区人工湖食蚊鱼的种群特征. *生态科学*, 32(6): 784–790.
- 潘炯华, 苏炳之, 郑文彪. 1980. 食蚊鱼 (*Gambusia affinis*) 的生物学特性及其灭蚊利用的展望. *华南师范大学学报: 自然科学版*, (1): 118–138.