

湖南沅江鼎城段河蚬的性别组成 与精子形态特征

王旭^① 皮杰^{①②} 刘林崴^① 唐杨欣^①

刘新华^① 向建国^① 李德亮^{①*}

① 湖南农业大学水产学院 长沙 410128; ② 湖南应用技术学院农林科技学院 常德 415100

摘要: 本研究以湖南沅江鼎城段河蚬 (*Corbicula fluminea*) 为研究对象, 在进一步验证该群体性别组成的基础上, 分析壳长组成与性别比例之间关系, 探讨该群体雄性、雌性和雌雄同体之间关系; 同时以单鞭毛精子为参照, 分析比较双鞭毛精子的形态特征, 以期为我国河蚬的性别发生及生殖适应策略研究提供基础资料。结果显示: 沅江鼎城段河蚬 ($n = 770$) 雄性、雌性和雌雄同体最小性成熟壳长分别为 2.92 mm、5.66 mm 和 5.30 mm。697 只性成熟河蚬中雄性、雌性和雌雄同体的比例近似 1 : 1 : 6。雌雄同体的平均壳长 [(22.55 ± 0.33) mm, $n = 517$] 显著大于雄性 [(20.44 ± 1.03) mm, $n = 95$] 和雌性 [(19.79 ± 0.99) mm, $n = 85$] ($P < 0.05$), 但雄性与雌性的平均壳长之间差异不显著 ($P > 0.05$)。河蚬可以产生单鞭毛和双鞭毛两种类型的精子, 单鞭毛精子头长范围 4.93 ~ 21.79 μ m, 平均值 (14.27 ± 0.82) μ m ($n = 30$), 双鞭毛精子头长范围 10.29 ~ 22.04 μ m, 平均值 (15.62 ± 0.62) μ m ($n = 26$)。单、双鞭毛精子头长差异不显著 ($P > 0.05$)。双鞭毛精子 ($n = 26$) 长尾的平均长度 [(38.07 ± 1.44) μ m] 显著大于其短尾 [(31.08 ± 1.60) μ m] 和单鞭毛精子 ($n = 30$) 尾部长度 [(30.15 ± 1.75) μ m] ($P < 0.01$), 但其短尾与单鞭毛精子的尾部平均长度之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。结果表明: 湖南沅江鼎城段河蚬为雄性先熟, 且可能存在雄性和 (或) 雌性向雌雄同体转换现象。河蚬具有单鞭毛型和双鞭毛型 2 种类型的精子, 且双鞭毛精子的 2 个尾部不等长。同域共存河蚬的单鞭毛与双鞭毛精子在运动及受精能力方面的差异值得深入研究。

关键词: 河蚬; 雌雄同体; 精子形态; 雄性先熟; 性转换

中图分类号: Q492 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2024) 03-387-10

Sex Composition and Sperm Morphological Characteristics of *Corbicula fluminea* from the Section Dingcheng of Yuan River in Hunan Province, China

WANG Xu^① PI Jie^{①②} LIU Lin-Wei^① TANG Yang-Xin^①

LIU Xin-Hua^① XIANG Jian-Guo^① LI De-Liang^{①*}

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31772832), 湖南省现代农业产业技术体系项目 (湘农发 (2019) 105 号), 湖南省科学技术厅重点研发项目 (No. 2022NK2060);

* 通讯作者, E-mail: lidl@hunau.edu.cn;

第一作者介绍 王旭, 男, 硕士; 研究方向: 渔业资源与环境; E-mail: 2381340243@stu.hunau.edu.cn.

收稿日期: 2023-07-12, 修回日期: 2024-02-26 DOI: 10.13859/j.cjz.202423137

① *Fisheries College, Hunan Agricultural University, Changsha 410128;*

② *College of Agriculture and Forestry, Hunan Applied Technology University, Changde 415100, China*

Abstract: [Objectives] To provide basis for future research on gender generation and reproductive adaptation strategies of *Corbicula* clams, the sex composition of *C. fluminea* in the section Dingcheng of Yuan River, Hunan Province, was verified, and the potential sexual transition among male, female and hermaphrodites was also explored based on their shell length. In addition, the morphological characteristics was compared between monoflagellate and biflagellate sperms. **[Methods]** Histological techniques were used to analyze the sex composition and the morphology of sperms. The differences of head length between monoflagellate and biflagellate sperms were compared using *T*-test. One-way ANOVA was used to analyze the shell length among sexes and the length differences among tails of sperms, and multiple comparisons were performed using least-significant difference (LSD). **[Results]** The minimum shell length at sexual maturity is 2.92 mm in males, 5.66 mm in females, and 5.30 mm in hermaphrodite individuals, respectively ($n = 770$), and their sex ratio was approximately 1 : 1 : 6 ($n = 697$) (Fig. 3). The average shell length of hermaphrodites (22.55 ± 0.33 mm) was significantly greater than that of the males (20.44 ± 1.03 mm) ($P < 0.05$) and the females (19.79 ± 0.99 mm) ($P < 0.01$), but there was no significant difference between males and females ($P > 0.05$) (Table 1). The *C. fluminea* population in the Yuan River can produce both monoflagellate and biflagellate sperms. The head length of monoflagellate sperms ranged from 4.93 to 21.79 μm , with a mean value of 14.27 ± 0.82 μm , and that of biflagellate sperms ranged from 10.29 to 22.04 μm , with a mean value of 15.62 ± 0.62 μm , with no significant difference between these two types of sperms ($P > 0.05$) (Table 2). The average length of long tails (38.07 ± 1.44 μm) was significantly greater than that of short tails (31.08 ± 1.60 μm) and the tails of monoflagellate sperms (30.15 ± 1.75 μm) ($P < 0.01$), while no significant difference in average flagella length was observed between the short tails and the tails of monoflagellate sperms ($P > 0.05$) (Table 2). **[Conclusion]** Our results indicated that the *C. fluminea* population in the section Dingcheng of Yuan River was protandrous, and with possible transition from male and/or female to hermaphrodite. There are two types of sperms: monoflagellate and biflagellate sperm with different tail length. The differences in motility and fertilization ability between coexisting monoflagellate and biflagellate sperm are worthy of further study.

Key words: *Corbicula fluminea*; Hermaphrodite; Sperm morphology; Protandry; Sexual transition

河蚬 (*Corbicula fluminea*) 隶属于软体动物门 (Mollusca) 双壳纲 (Bivalvia) 帘蛤目 (Veneroidea) 蚬科 (Cyrenidae) 蚬属, 是一种营底栖生活的滤食性水生经济动物, 广泛分布于我国的江河、湖泊、沟渠和池塘等水域 (刘月英 1979)。河蚬原产于亚洲、非洲和澳洲 (Araujo et al. 1993, Sousa et al. 2008), 于 20 世纪 20 年代到 80 年代间先后入侵到美洲和欧洲 (Crespo et al. 2015, Robb-Chavez

et al. 2022), 近几年也出现在了北极圈附近 (Bespalya et al. 2018)。目前, 河蚬已经成为广布世界淡水和咸淡水水域的底栖动物优势类群。

河蚬的性别体系多样, 且受环境影响较大, 具有显著的地域性特征。入侵地河蚬总体为雌雄同体 (Vastrade et al. 2022), 而我国已经发现包括雌雄异体 (赵雪琳等 2012)、雌雄同体 (Qiu et al. 2001)、雄全异体 (即雌雄同体和

雄性个体共存)(赖俊任等 2020)、雌全异体(即雌性与雌雄同体共存)(Morton 1983)以及雌性、雄性和雌雄同体共存的五种性别体系类型(裴宏谦等 2020, 占江凡等 2021, Pi et al. 2023)。研究表明, 盐度可能是影响长江流域河蚬群体性别体系分布特征的重要环境因子(Zeng et al. 2023)。周年监测结果表明, 湖南沅江常德段河蚬群体是雄性、雌性和雌雄同体共存的性别体系, 且性别比例和繁殖特征主要受水温的影响(Pi et al. 2023)。但该河蚬群体是否存在性转换或性逆转仍有待深入分析。

河蚬的精子具有单鞭毛和双鞭毛两种形态类型。我国河蚬的精子既有单鞭毛型也有双鞭毛型(王剑平等 2018, 裴宏谦 2020)。辽宁东港大洋河河蚬的精子为单鞭毛型, 尾部长为 35~40 μm (王庆志等 2010)。湖南沅江鼎城段河蚬精子也是单鞭毛型和双鞭毛型共存(裴宏谦 2020), 而湖南捞刀河浏阳段雌雄同体和雄性河蚬的精子均为双鞭毛型(王剑平等 2018)。日本及欧美一些国家的河蚬精子均为双鞭毛型(Ishibashi et al. 2003, Lee et al. 2005, Pigneur et al. 2011)。尽管如此, 关于河蚬双鞭毛精子形态特征, 尤其是精子尾部长度的比较尚未见详细报道。

为此, 本研究以湖南沅江鼎城段河蚬为研究对象, 聚焦如下 2 个问题: (1) 在验证该群体性别组成的基础上, 通过分析壳长组成与性别比例之间的关系, 探讨该群体雄性、雌性和雌雄同体之间关系; (2) 以单鞭毛精子为参照, 比较双鞭毛精子的形态特征, 以期为我国河蚬的性别发生及生殖适应策略研究提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 河蚬样本采集

2022 年 9 月, 在湖南沅江下游的常德鼎城区江段(111°41'58" E, 28°59'34" N) 采集了 770 个不同壳长的河蚬样本。将采集的河蚬

洗净后带回实验室, 置于装有曝气 48 h 的自来水水箱中暂养 24 h。

1.2 样本形态测量

取出河蚬, 用吸水纸吸干壳表面的水分, 使用高精度电子天平(WT30002NF, 常州万泰天平仪器有限公司, 量程 0~3 kg, 精度 0.01 g)称量湿重(精确到 0.01 g); 使用电子游标卡尺(IP54 全面数显大屏, 青岛易购五金工具有限公司, 量程 0~300 mm, 精度 0.01 mm)测量壳长、壳宽和壳高(精确到 0.01 mm)。

1.3 精子形态分析

解剖所有采集的河蚬样本并分离壳肉, 全部取出斧足下方和消化腺之间的性腺, 用蒸馏水冲洗后, 置于多聚甲醛液中保存, 备作组织学分析。其中, 56 只河蚬的部分性腺被剪取后, 轻挤压出精液, 蒸馏水稀释精液, 稀释后的精液与伊红染液等体积混合, 涂片镜检并拍照(生物显微镜 ML31, 广州市明美光电技术有限公司), 备作精子形态分析。采用 CorelDRAW 软件测量精子头部长度和尾部长度。双鞭毛精子的较长尾部定义为长尾, 较短尾部定义为短尾。

1.4 性腺切片制备

将固定于多聚甲醛溶液中的性腺取出, 进行酒精梯度脱水并用二甲苯透明, 而后进行石蜡包埋。为避免不同位置对性别鉴定的影响, 在制作切片时采用连续切片, 切片厚度 4 μm 。将切片进行贴片与烤片后进行 H.E 染色与透明。完成封片后使用光学显微镜(ML31, 广州市明美光电技术有限公司)进行观察, 逐个确定样本性别。组织切片中只有雄性滤泡即为雄性, 只有雌性滤泡即为雌性, 既有雄性滤泡又有雌性滤泡时即为雌雄同体, 未发现性腺滤泡即视为无法判别。

1.5 数据处理与分析

形态测量数据用平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示。在进行独立样本 *T*-检验和单因素方差分析(one-way ANOVA)前对数据进行方差

齐性检验。单、双鞭毛精子的头长比较采用独立样本 *T*-检验进行。不同性别河蚬的壳长及单、双鞭毛精子尾长之间的比较分别采用单因素方差分析进行，多重比较采用最小显著差法 (least significant difference, LSD)。数据分析和作图分别使用 SPSS 23.0 软件和 Origin 2022 软件完成。

2 结果

2.1 样本河蚬大小

采集的 770 只河蚬湿重为 (4.54 ± 0.14) g (0.01 ~ 20.19 g)，壳长为 (20.40 ± 0.33) mm (2.92 ~ 40.77 mm)，壳宽为 (12.71 ± 0.20) mm (1.77 ~ 29.58 mm)；壳高为 (18.90 ± 0.32) mm (2.55 ~ 36.22 mm) (图 1)。

2.2 河蚬性别组成

测定的 770 只河蚬中，性成熟个体 697 只，

73 只无法判断性别。性成熟河蚬的性别体系为雄性、雌性和雌雄同体共存 (图 2)，数量分别为 95、85 和 517 个，雄性、雌性、雌雄同体性比接近 1 : 1 : 6。

在 45 只壳长小于 5 mm 的河蚬中，35 只性别无法判别，另 10 只性成熟个体均为雄性；壳长在 5 ~ 12 mm 之间的河蚬 154 只，雌性和雌雄同体个体开始出现，其中雄性 16 只，雌性 31 只，雌雄同体 69 只，无法判别 38 只；壳长大于 12 mm 的 571 只河蚬均已性成熟，雄性、雌性和雌雄同体个体分别为 54 只、69 只和 448 只 (图 3)。雄性、雌性和雌雄同体的最小壳长分别为 2.92 mm、5.66 mm 和 5.30 mm，最大壳长分别为 38.76 mm、40.77 mm、37.87 mm，平均壳长分别为 (20.44 ± 1.03) mm、 (19.79 ± 0.99) mm 和 (22.55 ± 0.33) mm (表 1)。

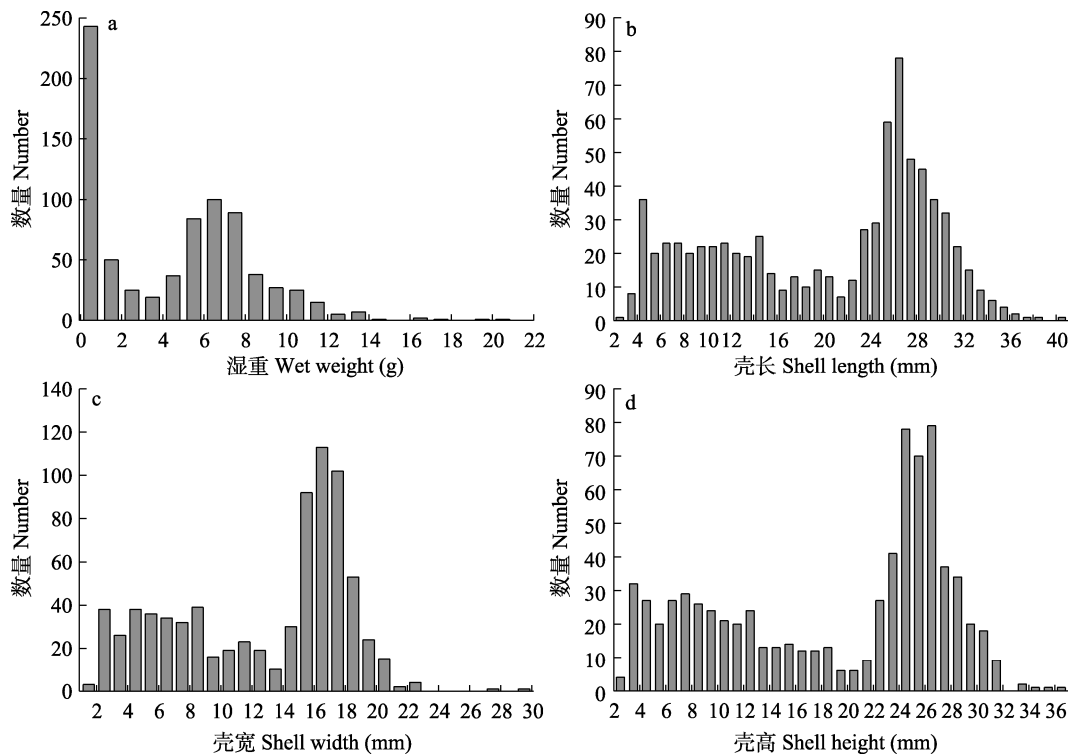


图 1 沅江鼎城段河蚬湿重 (a)、壳长 (b)、壳宽 (c) 和壳高 (d) 的频率分布图

Fig. 1 Frequency distribution plot of wet weight (a), shell length (b), shell width (c), and shell height (d) of *Corbicula fluminea* from the section Dingcheng of Yuan River

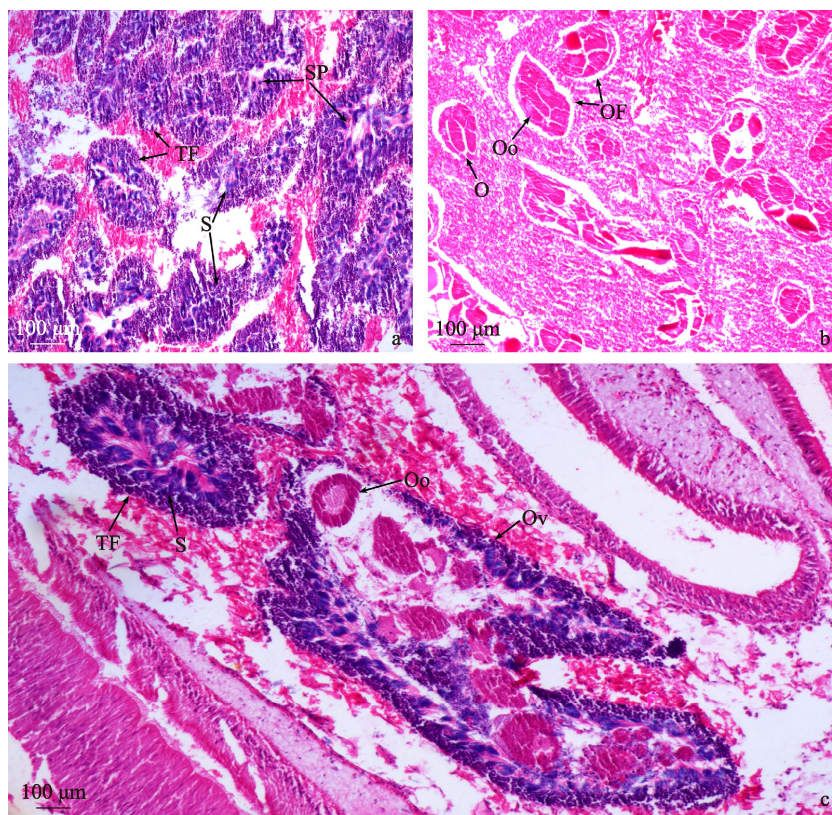


图 2 沅江鼎城段雄性 (a)、雌性 (b) 和雌雄同体 (c) 河蚬的性腺组织切片
 Fig. 2 Gonadal sections of male (a), female (b), and hermaphrodite (c) *Corbicula fluminea* from the section Dingcheng of Yuan River

O. 卵原细胞; OF. 卵巢; Oo. 卵母细胞; Ov. 精卵巢; S. 精原细胞; SP. 精子; TF. 精巢
 O. Oogonia; OF. Ovarian follicle; Oo. Oocyte; Ov. Ovotestes; S. Spermatogonia; SP. Sperm; TF. Testis follicle

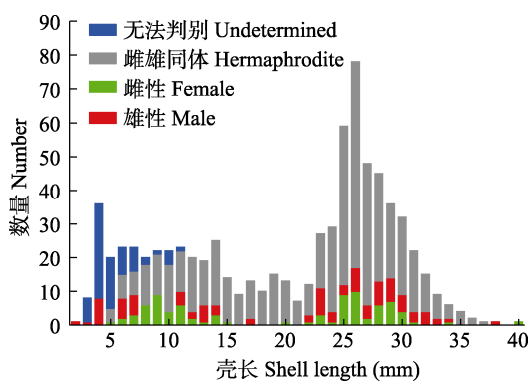


图 3 沅江鼎城段不同壳长河蚬的性别组成分布
 Fig. 3 Distribution of sex compositions of *Corbicula fluminea* with different shell length from the section Dingcheng of Yuan River

表 1 沅江鼎城段不同性别河蚬的壳长情况
 Table 1 Shell length of different sexes of *Corbicula fluminea* from the section Dingcheng of Yuan River

性别 Sex	样本量 (ind) Sample size	最小值 (mm) Minimum	最大值 (mm) Maximum	平均值 ± 标准误 (mm) Mean ± SE
雄性 Male	95	2.92	38.76	20.44 ± 1.03 ^b
雌性 Female	85	5.66	40.77	19.79 ± 0.99 ^b
雌雄同体 Hermaphrodite	517	5.30	37.87	22.55 ± 0.33 ^a

同一列数据上标相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

The same letter in the same column of data indicates no significant difference ($P > 0.05$), while different letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

雄性、雌性与雌雄同体平均壳长之间存在显著差异 ($F = 5.89, P < 0.01$), 其中雌雄同体河蚬的平均壳长显著大于雄性 ($t = -2.29, P < 0.05$) 和雌性个体 ($t = -2.87, P < 0.05$), 而雄性与雌性河蚬平均壳长之间差异无统计学意义 ($t = 0.54, P > 0.05$) (表 1)。

2.3 河蚬精子形态

观察发现湖南沅江鼎城段河蚬存在单鞭毛型与双鞭毛型两种形态的精子 (图 4)。30 个单鞭毛精子的平均头长为 (14.27 ± 0.82) μm (4.93 ~ 21.79 μm), 平均尾长为 (30.15 ± 1.75) μm (16.76 ~ 50.96 μm); 26 个双鞭毛精子的平均

头长为 (15.62 ± 0.62) μm (10.29 ~ 22.04 μm), 长尾平均长 (38.07 ± 1.44) μm (22.80 ~ 48.53 μm), 短尾平均长 (31.08 ± 1.60) μm (11.68 ~ 44.72 μm)。单、双鞭毛精子头长差异不显著 ($t = -0.24, P > 0.05$) (表 2)。单、双鞭毛的尾长之间存在显著差异 ($F = 7.00, P < 0.01$), 其中双鞭毛精子的长尾显著长于其短尾 ($t = 2.97, P < 0.01$) 和单鞭毛精子尾长 ($t = -3.49, P < 0.01$), 而单鞭毛精子尾长和双鞭毛精子的短尾长之间的差异无统计学意义 ($t = -0.41, P > 0.05$) (表 2)。



图 4 沅江鼎城段河蚬的单鞭毛精子 (a) 和双鞭毛精子 (b)

Fig. 4 Morphology of monoflagellate (a) and biflagellate sperm (b) of *Corbicula fluminea* from the section Dingcheng of Yuan River

表 2 沅江鼎城段河蚬精子形态比较

Table 2 Comparison of sperm morphology of *Corbicula fluminea* from the section Dingcheng of Yuan River

类别 Category	类型 Sperm type	样本量 (ind) Sample size	最小值 (mm) Minimum	最大值 (mm) Maximum	平均值 \pm 标准误 (mm) Mean \pm SE
头长 Head length (μm)	单鞭毛 Monoflagellate	30	4.93	21.79	14.27 ± 0.82
	双鞭毛 Biflagellate	26	10.29	22.04	15.62 ± 0.62
尾长 Tail length (μm)	长尾 Long tail	26	22.80	48.53	38.07 ± 1.44^a
	短尾 Short tail	26	11.68	44.72	31.08 ± 1.60^b
	单鞭毛 Monoflagellate	30	16.76	50.96	30.15 ± 1.75^b

同一列数据上标相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

The same letter in the same column of data indicates no significant difference ($P > 0.05$), while different letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 河蚬的性别组成

河蚬的性别体系多样,且受环境影响较大,具有显著的地域性特征。入侵地河蚬总体为雌雄同体 (Vastrade et al. 2022), 而我国分布的河蚬则存在多种性别体系。长江下游洪泽湖、太湖、淀山湖及长江口等地的河蚬群体均为雌雄异体, 雌雄比分别为洪泽湖 1.6:1、太湖 1:1、淀山湖 1:1 及长江口 1:1.7 (占江凡 2020); 长江中游沅江、捞刀河、洞庭湖和鄱阳湖河蚬群体是雄性、雌性和雌雄同体共存, 比例分别为, 沅江 1:1:6 (裴宏谦等 2020, 占江凡等 2021, Pi et al. 2023)、捞刀河 3:1:6 (王剑平等 2018)、洞庭湖 1:1.56:5.18 (占江凡 2020)、鄱阳湖 1:2:13 (占江凡 2020); 长江上游四川安岳县岳阳河的河蚬群体全部为雌雄同体 (Qiu et al. 2001)。本研究再次证实, 沅江鼎城段河蚬群体是雄性、雌性和雌雄同体共存的性别体系, 且三者比例接近 1:1:6。淡水双壳类被认为是由海洋逐渐向内陆进行扩散的 (Graf 2013), 因此, 我们推测长江流域河蚬在由河口向内陆入侵扩散过程中, 通过提高雌雄同体比例来实现对淡水环境的适应。这是因为雌雄同体可以通过自体受精来完成种群繁衍, 且可通过无性雌核生殖来提高繁殖成功率 (Zeng et al. 2023)。

不同水域河蚬的最小性成熟壳长存在一定差异, 但总体上大于 6 mm, 如阿根廷圣卡塔利娜溪流 (Cao et al. 2017)、英国泰晤士河 (Elliott et al. 2008)、中国香港船湾淡水湖 (Morton 1977)、江苏省吴江市坛丘养殖场的麻漾 (郑玉林等 1997) 和重庆磨滩河 (刘燕等 2004) 的河蚬最小性成熟壳长分别为 8 mm、6.5 mm、7 mm、8.54 mm 和 11.1 mm。本研究中沅江雄性河蚬最小性成熟壳长为 2.92 mm, 显著小于已报道长度, 这可能是由于环境条件的差异所致。快速成熟能够极大地提高河蚬的繁殖能力 (Cao et al. 2017), 导致该江段河蚬

快速性成熟的原因值得深入分析。虽然沅江鼎城段性成熟雄性和雌性河蚬的平均壳长之间没有显著差异, 但由于雄性最小性成熟壳长为 2.92 mm, 低于雌性 (5.66 mm) 和雌雄同体 (5.30 mm), 再加上壳长最小的 10 只性成熟河蚬又均为雄性, 说明该群体可能为雄性先熟。此外, 因雌雄同体个体平均壳长显著大于雄性和雌性, 故推测该群体存在雄性和 (或) 雌性向雌雄同体转换的可能性, 但其确定性仍有待于进一步的跟踪分析。

3.2 河蚬的精子形态

大多数双壳类产生的精子为原始的单鞭毛型, 但“非原始型”精子形态在浅沟蛤 (*Scrobicularia plana*) (Sousa et al. 1989)、满月蛤 (*Codakia orbicularis*) (Moueza et al. 1995)、*Divariscintilla yoyo* 和 *D. troglodytes* (Eckelbarger et al. 1990) 等双壳类中也有报道。“非原始型”较“原始型”精子形态发生变化被认为与其特殊的繁殖方式有关, 如雌雄同体、自体受精和孵育幼虫等 (Franzén 1983)。沅江鼎城段河蚬的精子既有单鞭毛型, 又有双鞭毛型, 且两者均为头部细长、中段不明显的“非原始型”精子, 这或许与该群体以雌雄同体为主, 且存在内半鳃孵育幼体 (Pi et al. 2023) 的生殖特征相适应。

双鞭毛精子在软体动物中极为罕见, 但在蚬属贝类中较为常见。日本佐贺县与三重县 (Konishi et al. 1998)、美洲 (Lee et al. 2005) 和欧洲 (Pigneur et al. 2011) 等地河蚬的精子均为双鞭毛型。我国河蚬精子存在单鞭毛和双鞭毛两种类型, 且不同水域存在较大差异。双壳类通常被认为是由海洋入侵或扩散至内陆水域, 并应对淡水环境产生适宜性进化 (Graf 2013)。长江口河蚬均为雌雄异体, 精子单鞭毛型, 中游流域, 如沅江常德段 (裴宏谦等 2020)、捞刀河浏阳段 (王剑平等 2018) 河蚬以雌雄同体为主, 共存雌性和雄性, 精子单鞭毛型与双鞭毛型共存, 而长江上游四川安岳县岳阳河中河蚬均为雌雄同体、精子双鞭毛型 (Qiu et al.

2001)。双鞭毛精子和雌雄同体应为长江流域河蚬为提高受精成功率而进化产生的生殖适应性特征。因此,长江流域河蚬被推荐为研究双壳类由咸水环境向淡水环境扩散的理想模型(Zeng et al. 2023)。

双壳类精子头长通常较短,如贻贝(*Mytilus edulis*) 7 μm (Nijjima et al. 1965)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*) 2.25 ~ 3.37 μm (Suquet et al. 2010)、帘文蛤(*Meretrix lyrata*) 2.4 μm (周小龙等 2012)、三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*) 3.2 μm (郭延平等 2002)。已报道蚬属贝类的精子头长相对较长,为 6.8 ~ 25 μm (Komaru et al. 1996, Byrne et al. 2000, Qiu et al. 2001, Korniusshin 2004)。沅江鼎城段河蚬精子头长 4.93 ~ 22.04 μm 。这种精子头长的差异可能是由卵的大小不同所致(Komaru et al. 1996)。蚬属贝类卵相对较大,如环纹蚬(*C. leana*)和 *C. sandai* 的卵母细胞直径分别为 167 μm 和 130 μm , 而中国蛤蜊(*Macra chinensis*)、贻贝和太平洋牡蛎的卵母细胞直径仅为 50 ~ 70 μm (Komaru et al. 1996)。

日本三重县日本蚬(*C. japonica*)的单鞭毛精子尾长 43 μm (Komaru et al. 1996), 日本佐贺县(Konishi et al. 1998)和韩国全罗北道高敞郡(Jun et al. 2009)河蚬的双鞭毛精子尾长分别为 $34.5 \pm 0.32 \mu\text{m}$ 和 50 μm , 均在我国沅江鼎城段河蚬单鞭毛精子尾长(16.76 ~ 50.96 μm)和双鞭毛精子的尾长(11.68 ~ 48.53 μm)范围内。但与日本和韩国河蚬双鞭毛精子尾部等长(Komaru et al. 1996, Konishi et al. 1998, Jun et al. 2009)不同的是,我国沅江鼎城段河蚬精子存在长尾和短尾。精子鞭毛形态对其运动参数有影响(王改改等 2018)。单鞭毛精子在运动时尾部以恒定的振幅和高频率摆动,并能够在短时间内对外部信号做出反应(Boryshpolets et al. 2018),而双鞭毛精子在运动时两个尾部都能像单鞭毛精子的尾部一样摆动,但它们的运动参数有显著差异,且都倾向于向各自的极端摆动,从而能更好地应对环

境变化(Howard et al. 2004)。因此,沅江河蚬单鞭毛和双鞭毛精子在运动能力方面的差异及其对受精方面的影响值得深入研究。

参 考 文 献

- Araujo R, Moreno D, Ramos M. 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin*, 10(1): 39–49.
- Bespalaya Y V, Bolotov I N, Aksenova O V, et al. 2018. Aliens are moving to the Arctic frontiers: an integrative approach reveals selective expansion of androgenic hybrid *Corbicula* lineages towards the North of Russia. *Biological Invasions*, 20(8): 2227–2243.
- Boryshpolets S, Kholodnyy V, Cosson J, et al. 2018. Fish sperm motility analysis: the central role of the flagellum. *Reproduction, Fertility, and Development*, 30(6): 833–841.
- Byrne M, Phelps H, Church T, et al. 2000. Reproduction and development of the freshwater clam *Corbicula australis* in southeast Australia. *Hydrobiologia*, 418(1): 185–197.
- Cao L, Damborenea C, Penchaszadeh P E, et al. 2017. Gonadal cycle of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in Pampean streams (Southern Neotropical Region). *PLoS ONE*, 12(10): e0186850.
- Crespo D, Dolbeth M, Leston S, et al. 2015. Distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the invaded range: a geographic approach with notes on species traits variability. *Biological Invasions*, 17(7): 2087–2101.
- Eckelbarger K J, Bieler R, Mikkelsen P M. 1990. Ultrastructure of sperm development and mature sperm morphology in three species of commensal bivalves (Mollusca: Galeommatoida). *Journal of Morphology*, 205(1): 63–75.
- Elliott P, Zu Ermgassen P S E. 2008. The Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the River Thames, London, England. *Aquatic Invasions*, 3(1): 54–60.
- Franzén Å. 1983. Ultrastructural studies of spermatozoa in three bivalve species with notes on evolution of elongated sperm nucleus in primitive spermatozoa. *Gamete Research*, 7(3): 199–214.

- Graf D L. 2013. Patterns of freshwater bivalve global diversity and the state of phylogenetic studies on the Unionoidea, Sphaeriidae, and Cyrenidae. *American Malacological Bulletin*, 31(1): 135–153.
- Howard D R, Trantow C M, Thaler C D. 2004. Motility of a biflagellate sperm: waveform analysis and cyclic nucleotide activation. *Cell Motility and the Cytoskeleton*, 59(2): 120–130.
- Ishibashi R, Komaru A. 2003. Invasion of *Corbicula fluminea* into the Lake Biwa-Yodo River System. *Venus*, 62: 65–70.
- Jun J, Kim B, Chung E, et al. 2009. Spermatogenesis and ultrastructural characteristics of spermatozoa of brackish water diploid clam, *Corbicula japonica* (Bivalvia: Corbiculidae). *The Korean Society of Developmental Biology*, 13(2): 115–122.
- Komaru A, Konishi K. 1996. Ultrastructure of biflagellate spermatozoa in the freshwater clam, *Corbicula leana* (Prime). *Invertebrate Reproduction & Development*, 29(3): 193–197.
- Konishi K, Furuta K K H, Komaru A. 1998. Spermatogenesis of the freshwater clam *Corbicula* aff. *fluminea* Müller (Bivalvia: Corbiculidae). *Journal of Shellfish Research*, 17(1): 185–189.
- Korniushin A V. 2004. A revision of some Asian and African freshwater clams assigned to *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) (Mollusca: Bivalvia: Corbiculidae), with a review of anatomical characters and reproductive features based on museum collections. *Hydrobiologia*, 529(1): 251–270.
- Lee T, Siripattawan S, Ituarte C F, et al. 2005. Invasion of the clonal clams: *Corbicula lineages* in the new world. *American Malacological Bulletin*, 20(1/2): 113–122.
- Morton B. 1977. The population dynamics of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong. *Journal of Zoology*, 181(1): 21–42.
- Morton B. 1983. The sexuality of *Corbicula fluminea* (Müller) in lentic and lotic waters in Hong Kong. *Journal of Molluscan Studies*, 49(1): 81–83.
- Moueza M, Frenkiel L. 1995. Ultrastructural study of the spermatozoon in a tropical lucinid bivalve: *Codakia orbicularis* L. *Invertebrate Reproduction & Development*, 27(3): 205–212.
- Nijijima L, Dan J. 1965. The acrosome reaction in *Mytilus edulis*. I. Fine Structure of the intact acrosome. *The Journal of Cell Biology*, 25(2): 243–248.
- Pi J, Tang Y X, Coughlan N E, et al. 2023. Temperature drives reproductive activity in a rare trioecy population of *Corbicula* clams. *Hydrobiologia*, 1–15.
- Pigneur L M, Marescaux J, Roland K, et al. 2011. Phylogeny and androgenesis in the invasive *Corbicula* clams (Bivalvia, Corbiculidae) in western Europe. *BMC Evolutionary Biology*, 11: 147.
- Qiu A, Shi A, Komaru A. 2001. Yellow and brown shell color morphs of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) from Sichuan Province, China, are triploids and tetraploids. *Journal of Shellfish Research*, 20(1): 323–328.
- Robb-Chavez S B, Bollens S M, Rollwagen-Bollens G, et al. 2022. Broad-scale distribution, abundance, and habitat associations of the invasive Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the lower Columbia River, USA. *International Review of Hydrobiology*, 107(5/6): 179–195.
- Sousa M, Corral L, Azevedo C. 1989. Ultrastructural and cytochemical study of spermatogenesis in *Scrobicularia plana* (Mollusca, Bivalvia). *Gamete Research*, 24(4): 393–401.
- Sousa R, Antunes C, Guilhermino L. 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *International Journal of Limnology*, 44(2): 85–94.
- Suquet M, Labbe C, Brizard R, et al. 2010. Changes in motility, ATP content, morphology and fertilisation capacity during the movement phase of tetraploid Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) sperm. *Theriogenology*, 74(1): 111–117.
- Vastrade M, Etoundi E, Bourmonville T, et al. 2022. Substantial genetic mixing among sexual and androgenetic lineages within the clam genus *Corbicula*. *Peer Community Journal*, 2: e73.
- Zeng C, Tang Y X, Vastrade M, et al. 2023. Salinity appears to be the main factor shaping spatial *COI* diversity of *Corbicula lineages* within the Chinese Yangtze River Basin. *Diversity and Distributions*, 29(3): 364–378.
- 郭延平, 谈奇坤, 陈士超. 2002. 三角帆蚌精子的形态及超微结构. *动物学杂志*, 37(2): 10–13.
- 赖俊任, 蔡奇立, 郭金全. 2020. 在台湾的亚洲蚬 (*Corbicula*

- fluminea*) 其生殖腺构造和性比. 台湾生物多样性研究, 22(1): 1-12.
- 刘燕, 李英. 2004. 黄蚬 (*Corbicula aurea* heude) 及蚬属其它三种的比较生物学研究. 贵阳金筑大学学报, (1): 93-96.
- 刘月英, 张文珍, 王跃先. 1979. 中国经济动物志: 淡水软体动物. 北京: 科学出版社, 120.
- 裴宏谦, 占江凡, 秦玲, 等. 2020. 洞庭湖流域沅江蚬属贝类的倍性研究. 生命科学研究, 24(6): 452-458, 465.
- 王改改, 王家雄, 沈丽燕, 等. 2018. 精子鞭毛形态与精子运动参数的关系. 中国医药导报, 15(27): 12-16, 181.
- 王剑平, 李德亮, 曾聪, 等. 2018. 捞刀河浏阳段河蚬的遗传多样性及生殖特征研究. 水生生物学报, 42(5): 913-918.
- 王庆志, 常亚青. 2010. 大洋河河蚬的繁殖生物学研究. 大连水产学院学报, 25(1): 8-13.
- 占江凡. 2020. 长江中下游湖泊蚬的遗传结构与性别特征. 湖南农业大学硕士学位论文.
- 占江凡, 裴宏谦, 李科静, 等. 2021. 沅江常德段蚬属贝类的谱系、倍性与性别特征. 水生生物学报, 45(1): 125-131.
- 赵雪琳, 郑小东, 孙同秋, 等. 2012. 黄河三角洲河蚬 (*Corbicula fluminea*) 的繁殖生物学研究. 海洋与湖沼, 43(5): 1008-1015.
- 郑玉林, 王银东, 卢文轩. 1997. 河蚬的性别和性腺发育的研究. 安徽农业科学, 25(2): 84-85.
- 周小龙, 董迎辉, 边平江, 等. 2012. 帘文蛤精子超微结构及与其他双壳贝类的比较. 台湾海峡, 31(4): 495-500.

湖南长沙发现棕尾褐鹎

Ferruginous Flycatcher *Muscicapa ferruginea* Found in Changsha City, Hunan, China

2020年9月19日11:15时,在湖南省长沙市岳麓山风景区黄兴墓附近的阔叶林中(图1, 112°55'55" E, 28°10'51" N, 海拔249 m),观察到1只鹎科(Muscicapidae)鸟类成体,停在毛八角枫(*Alangium kurzii*)的枝干上,并拍摄到照片(图1)。该鸟特征为:喙黑色,虹膜褐色;头石板灰色,背红褐色,腰至尾上覆羽亮栗棕色;眼圈及喉部白色,两胁及尾下覆羽棕色;三级飞羽及大覆羽羽缘棕色,两翅黑色,翅上羽具白色羽缘;尾红栗色,脚灰色。经鉴定为棕尾褐鹎(*Muscicapa ferruginea*)。发现地同区域内还记录到红嘴蓝鹊(*Urocissa erythroryncha*)、大山雀(*Parus minor*)、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)和红头长尾山雀(*Aegithalos concinnus*)等鸟类活动。查阅相关文献(邓学建 2013, 郑光美 2017),确定此次发现的棕尾褐鹎为湖南省鸟类分布新记录种。

(下转第407页)

基金项目 国家林业和草原局项目(No. 2019071-HN001), 生态环境保护部南京环境科学研究所生物多样性观测(鸟类)项目(No. 2017YFC0503802);

* 通讯作者, E-mail: csfuyydd@126.com;

第一作者介绍 胡珂, 男, 硕士研究生; 研究方向: 野生动植物保护与利用; E-mail: csufthk@126.com.

收稿日期: 2020-10-12, 修回日期: 2021-01-29 DOI: 10.13859/j.cjz.202320245