

DOI: 10.11964/jfc.20240214366

# 利用内窥镜快速鉴别扇贝亲本性别和性腺成熟度



孔祥福<sup>1</sup>, 梁浩颖<sup>1</sup>, 黄山桓<sup>1</sup>, 包振民<sup>1,2,3</sup>, 胡晓丽<sup>1,2\*</sup>

1. 中国海洋大学海洋生命学院, 海洋生物遗传学与育种教育部重点实验室, 山东青岛 266003; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266237; 3. 中国海洋大学三亚海洋研究院, 热带海洋生物种质资源开发与种业工程实验室, 海南三亚 572000

## 摘要:

**【目的】**扇贝是我国重要的大宗养殖贝类, 在人工苗种繁育中, 需将雌雄亲本分开促熟, 并定期观察性腺发育进程, 从而准确把握苗种生产时机。目前扇贝性别鉴定和性腺观察只能通过外物刺激软体组织或阴干的方法使扇贝双壳张开后完成。为开发扇贝亲本性别和性腺成熟度的快速、刺激小的鉴别方法, 提高苗种繁育的可控性和效率。

**【方法】**本研究首次利用内窥镜技术, 经由两壳间足丝孔通过内窥探头对扇贝性腺进行图像拍摄, 根据拍摄性腺图像颜色进行性别鉴定和性腺成熟度判定。

**【结果】**内窥镜可在扇贝闭壳状态下, 不触及软体部位, 清晰显示性腺颜色和性别, 用时分别为外物刺激及阴干方法的 1/2 和 1/4, 并可对扇贝性腺成熟度进行分析。同时, 内窥镜也能够清晰地对海水中的扇贝性腺进行拍摄和成像, 实现扇贝性腺发育状态的水中原位观察。

**【结论】**内窥技术为亲本性别和性腺成熟度鉴别提供了新思路, 将有效提高扇贝苗种繁育效率。

**关键词:** 扇贝; 性别鉴定; 性腺发育观察; 内窥镜技术

我国是世界上最大的水产品生产国, 其中贝类养殖产量占海水养殖总产量的 70%<sup>[1]</sup>。扇贝养殖在海水养殖业中占有十分重要的地位, 目前我国扇贝养殖产量已近 180 万 t (贝类产量的 11.4%), 位居世界第一<sup>[2]</sup>。苗种繁育是培育高产优质和抗病抗逆优良扇贝品种、保障扇贝养殖产业可持续发展的关键环节。

我国的大宗养殖扇贝, 例如栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*)、虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 等, 多为雌雄异体<sup>[3-5]</sup>。人工苗种繁育时, 需将海上养殖的种贝转移至室内升温促熟。为提高促熟效率, 避免雌雄个体间相互诱导造成亲贝流产, 雌雄个体要分池培育, 因此需对扇贝的性别进行鉴定<sup>[6]</sup>。此外, 为了准确把握催产时机, 还需定期对用量较多的雌性个体进行性腺观察以判断性腺发育进程。

在繁殖季节, 雌雄扇贝性腺颜色差别较大, 雄性性腺为乳白色,

第一作者: 孔祥福, 从事贝类遗传学与育种研究, E-mail : 15621456335@163.com



通信作者: 胡晓丽, 从事贝类遗传学与育种研究, 在贝类经济性状遗传解析、全基因组高效分型技术与性状测定技术装备研发、种质资源挖掘与高产优质良种培育推广方面取得系列成果, E-mail: hxl1707@ouc.edu.cn



资助项目: 国家重点研发计划 (2022YFD2400303); 山东省重点研发计划 (2022TZXD003)

收稿日期: 2024-02-18

修回日期: 2024-04-17

文章编号:

1000-0615(2025)05-059606-08

中图分类号: S 968.31

文献标志码: A

作者声明本文无利益冲突

©《水产学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)  
Copyright © Editorial Office of Journal of Fisheries of China (CC BY-NC-ND 4.0)



雌性性腺为橘红色, 且颜色越深表明雌性性腺发育成熟度越高, 因此可通过观察性腺颜色对亲本的性别和性腺发育进程进行鉴定<sup>[7-10]</sup>。由于扇贝的性腺被坚硬不透明的贝壳所包裹, 在扇贝闭壳状态下难以观察, 目前只能通过外物刺激软体组织或阴干的方法使双壳张开后完成。但上述方式用时较长且为离水操作, 容易引起性腺发育较为成熟的个体流产, 从而给苗种生产造成损失, 因此开发扇贝亲本性别和性腺成熟度的快速、刺激小的鉴别方法对提高苗种繁育的可控性和效率至关重要。

内窥镜是广泛应用于医疗和工业检查的一种内窥工具, 借由各种微创介入、自然腔道或工业视检的通道, 将图像采集探头导入, 通过光纤连接图像显示系统获得物体内部的图像<sup>[11-12]</sup>。栉孔扇贝、华贵栉孔扇贝 (*C. nobilis*) 等贝类的前耳腹面处有一凹陷小孔, 虾夷扇贝的左右两壳闭合处也留有孔隙, 这为超细光纤内窥镜进入扇贝壳内观察性腺颜色提供了可能<sup>[13-14]</sup>。但该技术是否适用于扇贝性别鉴定和性腺观察尚不明确。

本研究首次利用内窥镜对栉孔扇贝、虾夷扇贝亲本进行了性别鉴定和性腺观察。结果显示内窥镜可在扇贝闭壳状态下清晰地拍摄性腺颜色, 借此可准确地判断亲本性别及性腺发育进程, 缩短了性别鉴定时间, 减少了对亲贝的刺激和亲贝流产的风险。另外, 内窥镜也能够清晰地对海水中的扇贝性腺进行拍摄和成像, 实现了扇贝性腺发育状态的水中原位观察, 进一步降低流产风险。本研究为亲本性别和性腺成熟度鉴别提供了新思路, 对于完善扇贝育苗技术、提高苗种繁育效率和扇贝产量具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

本研究所用的 2 龄栉孔扇贝和虾夷扇贝取自课题组用于苗种繁育的候选亲本。将扇贝放置于养殖车间水池中暂养 1 周, 控制水温, 每日投喂 6 次饲料、更换一半新鲜海水。根据扇贝的身体构造, 本研究选用了深圳 SESEM 公司生产的 SQ40 极细工业内窥镜, 其管径为 1.6 mm, 分辨率为 16 万像素, 探头

及导线均为 IP67 防水标准。本研究所有动物实验均符合中国海洋大学海洋生命学院实验动物伦理要求。

### 1.2 实验方法

**内窥镜设备的安装和调试** 工业内窥镜由手持机、手柄、导线、探头和电池等组件构成。使用前, 将各组件从设备箱中取出, 并按照说明书完成组装。设备取出及安装过程中注意探头的保护, 避免剧烈碰撞。检查设备各组件是否完好, 并确认内存卡已装入后, 长按电源键开机。开机后查看探头导向、照明是否正常及成像是否清晰。亲贝性别检测中, 一般会涉及成千上万个个体的观察, 可选用肩带或支撑架等工具对内窥镜进行固定, 减轻操作人员负担。

**内窥镜鉴定扇贝性别的步骤** 具体步骤: ①用拇指、食指和中指夹取导线, 夹取的位置应靠近探头处; ②利用导线移动前端探头到检查孔处, 如栉孔扇贝腹面凹陷的小孔或虾夷扇贝左右两壳间的孔隙; ③将探头以合适的角度经检测孔伸入扇贝体内, 并根据显示屏的实时图像调整探头位置; ④通过手柄上的操纵杆控制前端探头的方向, 获得理想的性腺拍摄视角; ⑤调节探头光源的亮度, 获得最佳的光照强度, 达到最清晰的性腺拍摄效果; ⑥根据显示屏上的性腺颜色鉴定亲贝的性别, 即红色为雌性, 白色为雄性。对于同一种扇贝的检测, 无需重新设置步骤③~⑤的参数。此外, 可对性腺观测结果进行拍照或者录制, 获取的照片或视频被自动保存到设备中。

**内窥镜鉴定扇贝性别的准确性检测** 分别通过内窥镜、外物刺激和解剖方式依次对 60 粒栉孔扇贝和 60 粒虾夷扇贝的性别进行鉴定。首先利用内窥镜对扇贝性腺进行观察, 根据显示屏上的性腺颜色鉴定性别, 并将鉴定好的雌雄个体分开放置; 然后依次利用外物刺激和解剖方式重新观察内窥镜鉴定完毕的雌雄个体的性腺颜色, 从而判断内窥镜性别鉴定的准确性。其中, 外物刺激扇贝张壳的具体步骤: 将一小段麻绳或聚乙烯绳 (长度为 4 cm, 直径为 2 mm) 从扇贝腹面凹陷小孔或两壳间的孔隙伸入贝壳内, 通过搅动麻绳或聚乙烯绳触碰闭壳肌、性腺或者其他软体组织结构, 刺激扇贝开壳。

**不同性别鉴定方式的效率及个体存活率统计** 随机选取 180 粒栉孔扇贝, 平均分为 3 组, 每组 60 粒。利用内窥镜、外物刺激及阴干方式分别对其中 1 组的性别进行鉴定, 并记录、统计这 3 种方式的平均用时。其中, 阴干方式是指将扇贝从水中取出, 暴露在空气中, 在阴凉处等待其双壳张开, 然后观察性腺和鉴定性别。

使用上述 3 种方法分别对另外随机选取的栉孔扇贝个体进行性别鉴定, 每种方法均设置 3 个平行组, 每组 40 粒。鉴定完成后, 将扇贝继续放入养殖池中饲养, 每 3 天对各组扇贝的存活率进行统计, 共统计 15 d。

**雌性性腺成熟程度的判断** 随机解剖 60 粒雌性栉孔扇贝, 使用尼康 D5600 单反相机对性腺进行拍照, 获得性腺整体轮廓和颜色, 并根据性腺的颜色划定性腺成熟等级。另外随机选取 60 粒雌性栉孔扇贝, 利用内窥镜对每个个体的性腺进行观察和拍摄, 获得性腺局部图像和颜色, 并根据图像上的性腺颜色划定性腺成熟等级。

**扇贝性腺的水中原位观察** 利用内窥镜对水中扇贝的性别进行辨别。首先将内窥镜及其支架固定在养殖池的池壁上, 将探头及导线

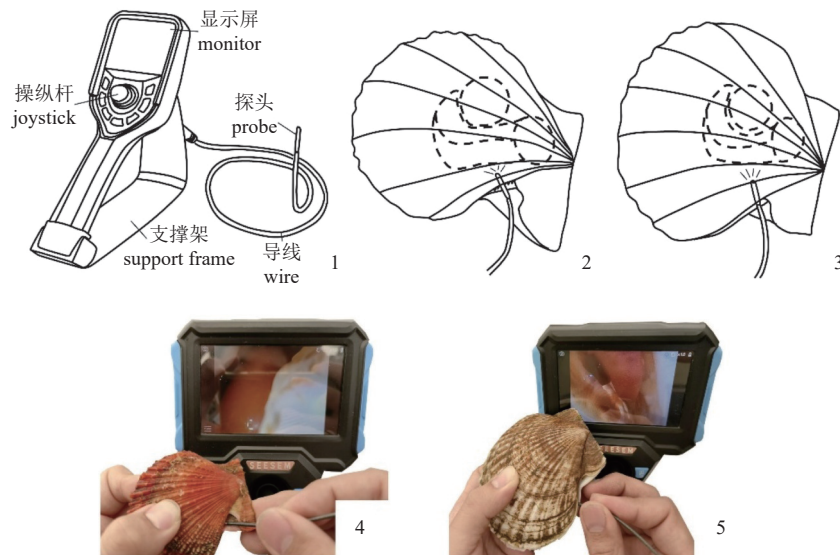
伸入养殖池的海水中, 测试探头和导线能否防水、抵抗海水腐蚀及正常传输图像信号。然后结合内窥镜鉴定扇贝性别的步骤, 调整内窥镜的拍摄参数, 利用其在水下对扇贝性腺进行拍摄和成像。

**数据统计** 利用 Graphpad Prism 9.0 软件绘制柱状图。使用 SPSS 20.0 软件对各组统计数据进行分析 (ANOVA, 利用独立样本 *t* 检验计算不同组数据间的显著性, 其中  $P < 0.05$  定义为差异显著, 用“\*”表示;  $P < 0.01$  定义为差异极显著, 用“\*\*”表示)。实验数据以平均值±标准差 (mean±SD) 表示。

## 2 结果

### 2.1 利用内窥镜鉴定扇贝性别

图版 I-1 为极细工业内窥镜的整体结构示意图, 主要由探头、导线、显示屏和操纵杆等结构组成。图版 I-2 和图版 I-3 分别为内窥镜探入栉孔扇贝、虾夷扇贝鉴定性别的示意图。图版 I-4 及图版 I-5 分别展示了使用内窥镜观察栉孔扇贝、虾夷扇贝性腺的操作方法。当内窥镜管径为 1.6 mm 时, 探头可自由通过扇贝检查孔 (腹面凹陷小孔或两壳间的孔隙)。当探头



图版 I 利用内窥镜技术鉴定栉孔扇贝和虾夷扇贝性别

1.内窥镜的整体结构示意图, 2~3.内窥镜探入栉孔扇贝、虾夷扇贝鉴定性别示意图, 4~5.使用内窥镜观察栉孔扇贝、虾夷扇贝性腺的操作方法。

**Plate I Gender identification of *C. farreri* and *P. yessoensis* using endoscope**

1. the physical diagram of endoscope, 2-3. diagram of gender identification for *C. farreri* and *P. yessoensis* using endoscope, 4-5. observing the gonads of *C. farreri* and *P. yessoensis* using endoscope.

前端距离扇贝检查孔 10 mm、探头的角度与导线的角度呈 160°、探头光源的亮度为 4 级 (共 5 级) 时, 无需触及软体部位即可清晰地对性腺进行拍摄。

## 2.2 利用内窥镜鉴定扇贝性别的准确性分析

图版 II -1、4、7、10 展示了使用内窥镜实时拍摄的栉孔扇贝、虾夷扇贝性腺图像, 从这些图像中可清晰地观察到扇贝性腺的颜色, 从而对其性别进行鉴定, 红色为雌性, 白色为雄性。为了验证内窥镜技术在扇贝性别鉴定上的准确性, 进一步采用外物刺激及解剖的方法, 对内窥镜鉴定完毕的个体再次进行性别确认, 如图版 II -2、5、8、11 和图版 II -3、6、9、12。结果显示, 三种方法的性别鉴定结果完全一致。以上结果说明, 内窥镜技术可准确地对扇贝性别进行鉴定。

## 2.3 不同性别鉴定方式的效率及个体存活率统计

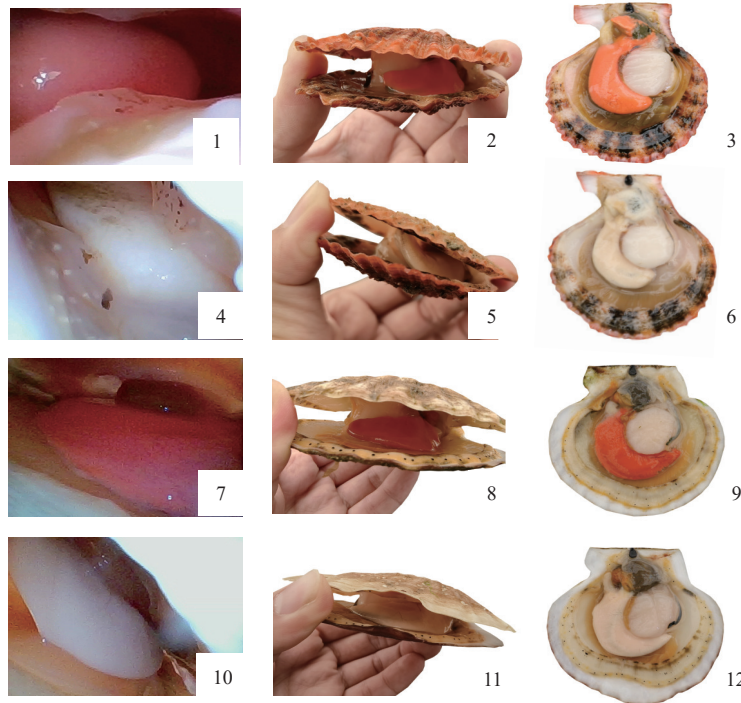
分别对内窥镜及另外两种常见扇贝性别鉴

定方式 (外物刺激、阴干) 的效率进行了统计 (图 1)。结果显示, 阴干、外物刺激及内窥镜方法鉴定扇贝性别的用时分别为 (39.29±20.59)、(17.77±9.20) 和 (8.25±2.52) s, 内窥镜鉴定性别的平均用时分别为外物刺激及阴干方式的 1/2 和 1/4。以上结果表明, 相较于外物刺激和阴干方式, 内窥镜可以快速地对扇贝性别进行鉴定, 大大缩短了扇贝性别鉴定时间。

分别对经以上 3 种方式鉴定性别的栉孔扇贝的存活率进行了统计。如图 2 所示, 在第 3 天时, 内窥镜方式处理后的个体存活率显著高于外物刺激方式, 与阴干方式无显著差异。第 6~15 天, 内窥镜方式处理后的个体存活率均极显著高于外物刺激方式, 且显著高于阴干方式。以上结果表明, 内窥镜处理后的个体相较于另外两种方式具有更高的存活率, 是一种更安全的性别鉴定方式。

## 2.4 利用内窥镜观察扇贝性腺成熟度

扇贝个体间性腺发育成熟度存在差异, 雌



图版 II 不同方法对栉孔扇贝和虾夷扇贝性别的鉴定结果

利用内窥镜 (1、4、7、10)、外物刺激 (2、5、8、11) 及解剖 (3、6、9、12) 方法观察栉孔扇贝雌性个体 (1~3)、栉孔扇贝雄性个体 (4~6)、虾夷扇贝雌性个体 (7~9)、虾夷扇贝雄性个体 (10~12) 的性腺, 进行性别鉴定。

### Plate II Gender identification of *C. farreri* and *P. yessoensis* using different methods

The images of female (1-3) and male (4-6) gonads of *C. farreri*, female (7-9) and male (10-12) gonads of *P. yessoensis*, obtained by endoscope (1, 4, 7, 10), foreign body stimulation (2, 5, 8, 11), and dissection (3, 6, 9, 12) methods.

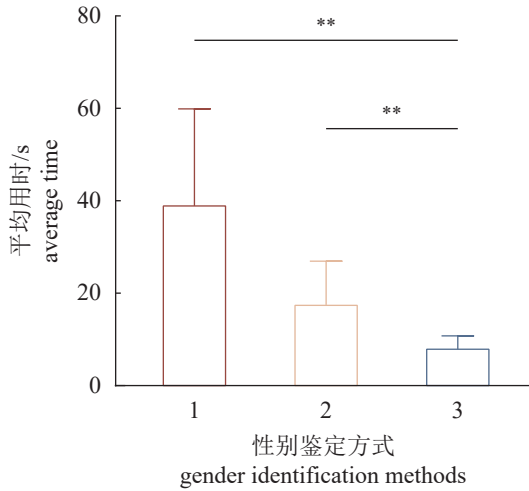


图 1 三种性别鉴定方式的耗时对比

1. 阴干方式, 2. 外物刺激方式, 3. 内窥镜方式, “\*\*\*”代表极显著差异,  $P < 0.01$ , 下同。

Fig. 1 Comparison of the speed of three gender identification methods

1. dry in shade method, 2. foreign body stimulation method, 3. endoscope method, “\*\*\*” represents extremely significant difference,  $P < 0.01$ , the same below.

性个体性腺发育成熟度越高, 橘红色越深。如图版 III-1~4 所示, 苗种繁育中通常根据性腺颜色的深浅将其划分为 4 个不同的发育等级, 即浅黄色、黄色、浅橘红色和橘红色, 其中橘红色的性腺已达到可用于大规模产卵的成熟度。如图版 III-5~8 所示, 本研究通过内窥镜技术对多个栉孔扇贝雌性性腺进行了拍摄, 并成功获得了清晰反映不同颜色深浅的性腺图像。基于这些图像, 本研究将内窥镜所拍摄的性腺颜色

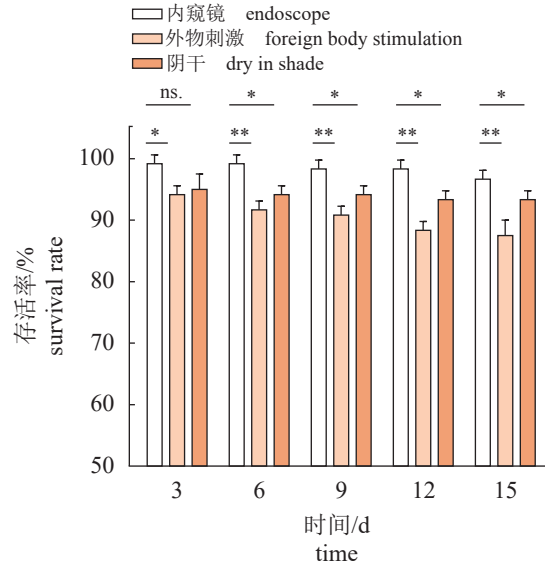


图 2 三种性别鉴定方式对栉孔扇贝存活率的影响

“ns.”代表无显著差异,  $P > 0.05$ ; “\*”代表显著差异,  $P < 0.05$ 。

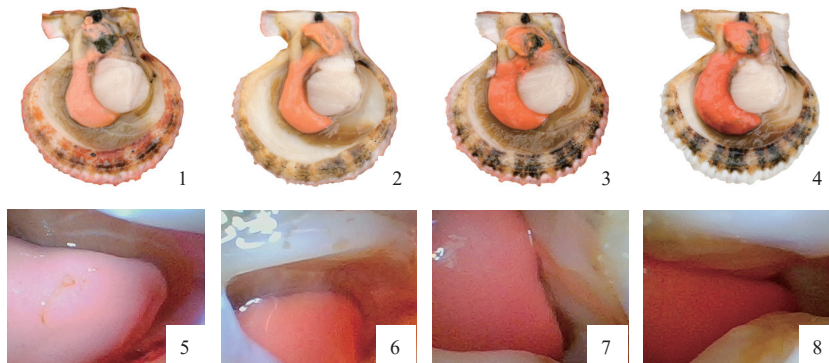
Fig. 2 Survival rate of *C. farreri* under different ways of gender identification

“ns.” represents no significant difference,  $P > 0.05$ ; “\*” represents significant difference,  $P < 0.05$ .

也相应地划分为 4 个等级, 分别与图版 III-1~4 的 4 个颜色等级相对应, 可根据颜色所处的等级判断性腺成熟度, 为快速了解性腺发育进程、把握催产日期提供了依据。

2.5 扇贝性腺的水中原位观察

目前的扇贝性腺活体观察方法均需将扇贝进行离水操作, 难以避免阴干刺激引发的流产发生。由此, 实验进一步尝试在扇贝不离水的



图版 III 利用内窥镜鉴定栉孔扇贝性腺成熟度

1-4.不同成熟度的性腺, 从左到右依次为浅黄色、黄色、浅橘红色和橘红色雌性性腺, 其中橘红色的性腺已达到可用于大规模产卵的成熟度; 5-8.内窥镜拍摄的不同颜色深浅的性腺图像, 分别与 1-4 这 4 个颜色等级相对应。

Plate III Identification of *C. farreri* gonad maturity by endoscope

1-4. different states of female gonads maturity, from left to right, light yellow, yellow, light tangerine and tangerine gonads, the orange-red gonads can be used for seedling production; 5-8. endoscopic images of scallop gonad at different maturity state, corresponding to the four grades of 1-4, respectively.

条件下, 利用内窥镜对其进行性腺观察。如图 3 所示, 内窥镜可在海水中正常地拍摄和传送图像信号, 清晰地对水中扇贝性腺进行成像, 实现了扇贝性腺的水中原位观察, 这进一步减少了对亲贝的刺激, 降低了亲贝流产的风险, 更利于掌控苗种繁育进程。

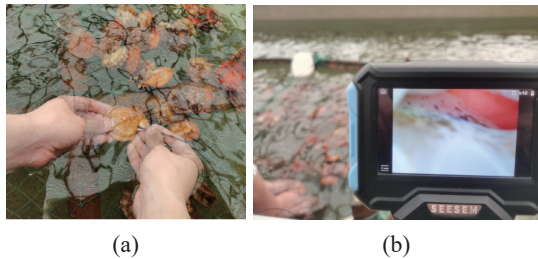


图 3 利用内窥镜技术在海水中对栉孔扇贝性腺进行观察 (a) 栉孔扇贝性腺的水中原位观察操作, (b) 内窥镜在水中拍摄的栉孔扇贝性腺图像。

Fig. 3 Observation of *C. farreri* gonads in seawater using endoscope methods

(a) gender identification of *C. farreri* with endoscope underwater, (b) the image of gonads for *C. farreri* obtained by endoscope underwater.

### 3 讨论

人工苗种繁育中, 为保证生产工作的同步性及苗种培育的成功率, 需使亲本集中排卵排精。将雌雄个体分池促熟, 并定期观察性腺发育进程是确保亲本集中排卵排精的关键环节<sup>[15-16]</sup>。生产上通常将尼龙绳、聚乙烯绳等异物由扇贝两壳间的孔隙伸入到贝壳内, 触碰软体组织, 刺激扇贝张口, 从而观察性腺。另外还可通过离水阴干的方式, 等待其壳张开, 观察性腺。但上述方法效率较低, 不利于大规模苗种繁育工作的展开。外物刺激扇贝张口过程中, 不正规的操作会导致软体组织损伤, 影响扇贝活性, 造成扇贝死亡率升高及流产情况的发生。阴干方式虽不需刺激软体组织, 但使扇贝开壳的用时较长, 容易引起扇贝的流产, 增加苗种繁育过程的不确定性。大规模生产时, 阴干方式还需较大空间摆放亲贝, 给生产工作带来不便。本研究旨在寻找一种扇贝亲本性别和性腺成熟度的快速鉴别方法。

本研究表明, 内窥镜技术能够清晰地拍摄扇贝性腺颜色, 准确地鉴定性别及性腺成熟度, 为亲贝育肥、催熟工作的管理提供了高效的方

法。内窥镜解决了外物刺激、阴干方式存在的缺点, 其可在扇贝闭口状态下观察性腺, 省去了外物刺激、阴干方式等待扇贝张口的时间, 大大地提高了性别及成熟度鉴定的效率。此外, 内窥镜处理后半个月内的个体存活率显著高于其他两种方式, 这可能是因为内窥镜无需接触软体组织和长时间阴干亲贝, 从而减少了对亲贝的应激和损伤, 提高了其存活率<sup>[17]</sup>。另外, 内窥镜还可实现扇贝性腺的水中原位观察, 在水中扇贝的性别进行鉴定, 进一步减少了对亲贝的刺激, 降低了其流产的风险。

除了内窥镜外, 本研究前期还尝试使用针孔摄像头、可视采耳棒等管径较小的工具对贝壳内部空间进行观察。针孔摄像头(超微型摄像机)的拍摄孔径只有针孔大小, 可在小孔径通道的一侧对另一侧进行拍摄<sup>[18-19]</sup>。利用针孔摄像头具有小孔径拍摄的特点, 尝试将其放在扇贝开孔处对贝壳内部空间进行拍摄, 但镜头、开孔处及性腺不在同一直线上, 无法拍摄到性腺图像。可视采耳棒的前端配备了微型摄像头, 并且其前端内置有灯光, 可深入到耳道内部进行观察<sup>[20]</sup>。采用类似掏耳的方法, 将采耳棒伸入扇贝开孔内进行观察, 由于采耳棒整体结构为硬质材料, 无法弯曲, 且直径一般在 2.5 mm 以上, 不能通过尺寸较小个体的腹面凹陷小孔到达贝壳内部进行拍摄。相较于以上两种方法, 工业内窥镜的探头设计得精致小巧, 能满足极小空间的检测<sup>[21]</sup>, 例如航空发动机、汽车油箱、核电站汽轮机的检修。本研究分别选取了不同管径的内窥镜对扇贝性腺进行观察, 发现当管径为 1.6 mm 时, 探头可自由通过扇贝开孔处, 快速、清晰地对性腺进行拍摄和观察。此外工业内窥镜的成本与管径和像素密切相关, 当管径为 1.6 mm, 分辨率为 16 万像素时, 目前整机价格为 2~3 万元, 连续使用寿命长达 5 年, 能够检测 300 万个扇贝, 单个扇贝的检测成本可以忽略。

综上所述, 内窥镜可快速、准确地对扇贝的性别及性腺成熟度进行鉴定, 为亲本促熟工作的管理和调控提供了高效手段, 有利于扇贝苗种繁育效率的提高, 具有较高的产业应用前景。本研究是对水产动物进行内窥检查的第 1 篇报道, 为该技术在水产领域的应用提供了借

鉴和参考。

## 4 结论

本研究建立了扇贝亲本性别和性腺成熟度的快速鉴别方法。内窥镜探头可通过检查孔进入贝壳内部, 清晰地拍摄出性腺颜色, 实现了在闭口状态下对扇贝性别及性腺成熟程度的精确鉴定。同时, 内窥镜技术有效提高了扇贝性别鉴定效率, 减少了对扇贝的刺激, 同时降低了亲贝流产的风险。此外, 内窥镜还能在海水中清晰地拍摄性腺, 实现了扇贝性腺的水中原位观察。本研究为亲贝性别、性腺成熟度鉴定提供了新思路、新技术, 有助于更好地推进高质量苗种繁育工作的进行。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] Zhao W W, Shen H H. A statistical analysis of China's fisheries in the 12<sup>th</sup> five-year period[J]. *Aquaculture and Fisheries*, 2016, 1: 41-49.
- [ 2 ] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2023 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2023 China fishery statistical year book[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2023 (in Chinese).
- [ 3 ] Nagasawa K, Thitiphuree T, Osada M. Phenotypic stability of sex and expression of sex identification markers in the adult Yesso scallop *Mizuhopecten yessoensis* throughout the reproductive cycle[J]. *Animals*, 2019, 9(5): 277.
- [ 4 ] Feng M F, Tan K, Zhang H K, *et al.* Factors affecting sex reversal in bivalves: case study on the effects of sex reversal on growth of offspring employing the noble scallop *Chlamys nobilis*[J]. *Aquaculture*, 2023, 566: 739192.
- [ 5 ] 王如才, 王昭萍. 海水贝类养殖学 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008.
- Wang R C, Wang Z P. Science of marine shellfish culture[M]. Beijing: China Ocean University Press, 2008 (in Chinese).
- [ 6 ] 常亚青. 贝类增养殖学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- Chang Y Q. Shellfish aquaculture science[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007 (in Chinese).
- [ 7 ] Naidu K S. Reproduction and breeding cycle of the giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in Port au Port Bay, Newfoundland[J]. *Canadian Journal of Zoology*, 1970, 48(5): 1003-1012.
- [ 8 ] 廖承义, 徐应馥, 王远隆. 栉孔扇贝的生殖周期 [J]. 水产学报, 1983, 7(1): 1-13.
- Liao C Y, Xu Y F, Wang Y L. Reproductive cycle of the scallop *Chlamys farreri* (Jones et etpreston) at Qingdao[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1983, 7(1): 1-13 (in Chinese).
- [ 9 ] Guo X M, Luo Y S. Chapter 22 - scallops and scallop aquaculture in China[J]. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 2016, 40: 937-952.
- [ 10 ] Barber B J, Blake N J. Chapter 6 reproductive physiology[J]. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 2006, 35: 357-416.
- [ 11 ] Boese A, Wex C, Croner R, *et al.* Endoscopic imaging technology today[J]. *Diagnostics*, 2022, 12(5): 1262.
- [ 12 ] De Groen P C. History of the endoscope [scanning our past][J]. *Proceedings of the IEEE*, 2017, 105(10): 1987-1995.
- [ 13 ] Serb J M. Chapter 1 - reconciling morphological and molecular approaches in developing a phylogeny for the Pectinidae (Mollusca: Bivalvia)[J]. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 2016, 40: 1-29.
- [ 14 ] 于道德, 刘凯凯, 张少春, 等. 中国栉孔扇贝养殖和育种的回顾与展望 [J]. 海洋科学, 2023, 47(8): 112-119.
- Yu D D, Liu K K, Zhang S C, *et al.* Culture and breeding of *Chlamys farreri* in China: reviews and prospects[J]. *Marine Sciences*, 2023, 47(8): 112-119 (in Chinese).
- [ 15 ] 姜成嘉. 虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 亲贝的升温与积温对育苗效果的影响 [J]. 现代渔业信息, 2011, 26(12): 38-41.
- Jiang C J. Effects of increasing temperature and accumulated temperature of broodstock of *Patinopecten yessoensis* on result of breeding[J]. *Modern Fisheries Information*, 2011, 26(12): 38-41 (in Chinese).
- [ 16 ] 姜成嘉. 虾夷扇贝人工育苗中亲贝促熟技术 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- Jiang C J. Studies on broodstock technology of *Patinopecten yessoensis*[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009 (in Chinese).
- [ 17 ] 周晏琳, 刘俊荣, 田元勇, 等. 虾夷扇贝易逝期干露处置与活品复水性 [J]. 水产学报, 2020, 44(6): 1025-1035.
- Zhou Y L, Liu J R, Tian Y Y, *et al.* Delayed influence of quality-determination-period emersion on the recovery of live scallop (*Patinopecten yessoensis*) re-immersed[J]. *Journal of Fish-*

- eries of China, 2020, 44(6): 1025-1035 (in Chinese).
- [18] Duan J, Macey D J, Pareek P N, *et al.* Real - time monitoring and verification of *in vivo* high dose rate brachytherapy using a pinhole camera[J]. *Medical Physics*, 2001, 28(2): 167-173.
- [19] Popescu V, Rosen P, Arns L, *et al.* The general pinhole camera: effective and efficient nonuniform sampling for visualization[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2010, 16(5): 777-790.
- [20] 广州嘉憬母婴科技股份有限公司. 智能可视耳勺 (ES86): 202330388496.4[P]. 2023-12-08.
- Guangzhou Jargeon Maternity and Baby Technology Co., Ltd.. Intelligent visual ear spoon (ES86): 202330388496.4[P]. 2023-12-08 (in Chinese).
- [21] 深圳市晶钛光学股份有限公司. 一种极细径内窥镜镜头结构: 202023075594.2[P]. 2021-08-20.
- Shenzhen Crystal Titanium Optical Co., Ltd.. A structure of an ultra-fine diameter endoscopic lens: 202023075594.2[P]. 2021-08-20 (in Chinese).

## Rapid identification of scallop gender and gonadal maturity using endoscopy

KONG Xiangfu<sup>1</sup>, LIANG Haoying<sup>1</sup>, HUANG Shanhuan<sup>1</sup>, BAO Zhenmin<sup>1,2,3</sup>, HU Xiaoli<sup>1,2\*</sup>

1. Key Laboratory of Marine Genetics and Breeding, Ministry of Education, College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China;

3. Laboratory of Tropical Marine Germplasm Resources and Breeding Engineering, Sanya Oceanographic Institution, Ocean University of China, Sanya 572000, China

**Abstract:** Scallops are an important cultured bivalve species in China. Prior to artificial reproduction, it is essential to segregate male and female parent scallops and monitor gonadal development to determine the optimal timing for seedling production. Currently, scallop gender and gonad maturity were assessed *in vivo* by stimulating the soft tissues with foreign body or by drying in the shade to induce shell opening, followed by visual inspection of gonad color. These traditional methods were time-consuming and conducted out of water, which can lead to stress-induced mortality of parent scallops and compromised control over seedling production. In this study, we employed a novel endoscopic approach to identify scallop gender and gonadal maturity. This method relies on the coloration of gonads captured in images obtained via a probe inserted through the byssus orifice between the shells. Our results demonstrated that scallop gonad color and gender could be clearly visualized using the endoscope without direct contact with the delicate soft tissues, even when the scallops remained in a closed state. The time required for this method was approximately half that of traditional foreign body stimulation and one-quarter that of dry-in-shade method. Moreover, the endoscope could capture clear images of scallop gonads in seawater, enabling *in situ* observation. This non-invasive endoscopic technique eliminates the need to induce shell opening, allowing for accurate and rapid gonad observation and gender identification, thereby enhancing the efficiency of scallop breeding.

**Key words:** scallops; gender identification; observation of gonads; endoscopy

**Corresponding author:** HU Xiaoli. E-mail: [hxl707@ouc.edu.cn](mailto:hxl707@ouc.edu.cn)

**Funding projects:** National Key Research and Development Program of China (2022YFD2400303); Key R & D Program of Shandong Province, China (2022TZXD003)