

许泓民,陈新军,管卫兵. 茎柔鱼精英与纳精囊的结构与功能[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):199-202.

# 茎柔鱼精英与纳精囊的结构与功能

许泓民<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1,2</sup>, 管卫兵<sup>1,2</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:**采用解剖学和组织切片技术对茎柔鱼精英及其纳精囊进行了初步研究。结果表明,茎柔鱼每个精囊有 240~500 个不等的精英,精英由放射导管、接合部、精团以及外被膜组成。放射导管是精英中的特殊结构,与精团翻转有关,其后连着接合部,主要功能与精英释放有关,接合部之后则为外被膜包裹的精团。茎柔鱼纳精囊主要分布于周口膜表层以及近口球部分,个体平均纳精囊数约为 263 个,大小为 0.28~1.26 mm 不等。通过组织切片观察发现纳精囊由肌肉组织及数量众多的腔体组成,腔体壁上含有大量规则排列的精子。

**关键词:**茎柔鱼;精英;纳精囊

**中图分类号:** S965.399.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0199-03

茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*) 隶属于头足纲鞘亚纲枪形目开眼亚目柔鱼科<sup>[1]306-307</sup>。茎柔鱼为大洋性浅海鱼种,是头足类中个体最大、资源最丰富的种类之一,广泛分布于东太平洋的加利福尼亚(37°N)到智利(47°S)的海域中,在赤道附近可向西至 125°W,研究认为其分布范围在赤道附近可达到 140°W<sup>[2]</sup>。近年来,茎柔鱼资源得到了很大规模的开发和利用。2004 年我国茎柔鱼产量达到 20 万 t,占远洋鱿钓产业的 70% 以上<sup>[3]</sup>,成为我国远洋渔业的主要捕捞对象。

20 世纪 60 年代以来,众多学者都对茎柔鱼进行了大量的研究,例如种群结构、分布、年龄生长、繁殖、产卵、食性、渔场形成机制和资源的开发管理<sup>[3-12]</sup>等,但是对茎柔鱼的精英和纳精囊的研究较少,其他头足类如曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*)<sup>[13]</sup>、金乌贼 (*Sepia esculenta*)<sup>[14]</sup>、米兰达帆乌贼 (*Histioteuthis miranda*)<sup>[15]</sup>等有少量报道。采用解剖显微观察法和组织切片技术,对茎柔鱼精英及纳精囊进行生物学测定与解剖,以期了解精英及纳精囊的组成、功能和繁殖生物学,为对茎柔鱼资源进行合理的开发和利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

茎柔鱼样本由上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室提供,该实验室于 2009 年 11 月至 2010 年 6 月在东南太平洋进行探捕调查,调查海域为 75°03'~83°45'W,11°29'~29°25'S。调查过程中采集茎柔鱼样品 311 尾,胴长 209~499 mm,体重 260.0~4 248.8 g。采集活体样本后迅速放入 -60℃ 环境急速冷冻保存,随船带回实验室进行分析。

### 1.2 方法

收稿日期:2013-03-18

基金项目:上海市重点学科建设项目(编号:S30702)。

作者简介:许泓民(1988—),男,江西宜春人,硕士研究生,研究方向为渔业资源学。E-mail:273448425@qq.com。

通信作者:管卫兵,博士,副教授,主要从事渔业资源生殖与恢复生态方面的研究。E-mail:wbguan@shou.edu.cn。

1.2.1 生物学测定与解剖 参考陈海燕的方法<sup>[16]</sup>进行解剖。生物学测定包括胴长、体重、净重,性别、性成熟度、性腺重,精英重。利用电子天平测量重量(精度 0.1 g),利用量鱼板测量长度(精度 0.1 cm),利用 Ehrhardt 的方法<sup>[1]67-68</sup>肉眼判别性腺成熟度。

1.2.2 精英器及精英 采集 5 个完整的精英器,用解剖针展开精英囊,吸干水分,称其湿重,并测量其长度。随意挑出 35 个精英称重、测量长度,记为均值。剪开精英囊,计算个体内精英数。另取一完整精英,在显微镜下进行局部观察,并拍照。

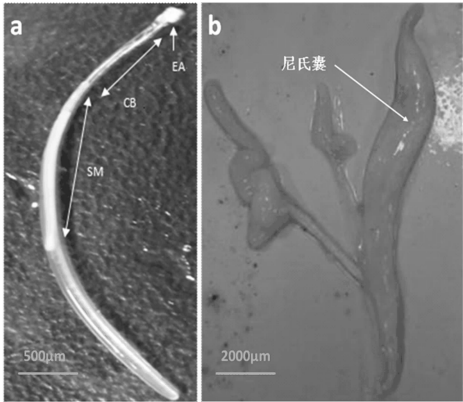
1.2.3 纳精囊 取雌性茎柔鱼样本 9 个,采集完整的周口膜,用福尔马林保存。用剪刀将周口膜大致分为均等的 4 份。在解剖镜下对纳精囊进行计数,计算个体的纳精囊数。取较大个体完整纳精囊,进行组织切片试验,组织学方法参考赵宗江的方法<sup>[17]</sup>,样品用 10% 甲醛固定,1~3 d 后进行组织学研究。试验中样品经系列梯度乙醇脱水,二甲苯透明,石蜡包埋,运用莱卡 RM2016 轮转式切片机切片,切片厚度为 6~8 μm,42°烘干后 HE 染色,中性树胶封片。用 Olympus BX-51 型显微镜观察摄影。

## 2 结果与分析

### 2.1 精英结构与尼氏囊

精英为雄性头足类用来储存精子用以交配传递精子到雌体内的特殊结构。取成熟雄性茎柔鱼的精囊,用解剖针展开表层膜,使精英完全暴露便于观察。成熟个体的精英大小相差不大,数目众多,平均每个精囊 240~500 个精英不等。精英由冠线、荚冠、放射导管、胶合体、连接导管和被膜等组成。从外观上分 4 部分(图 1-a),放射导管、接合部、精团以及外被膜。放射导管是精英中的特殊结构,与精团翻转相关。其后相连着接合部,其主要功能与精英释放有关。接合部之后则为外被膜包裹的精团,这便是精子贮存的地方。

茎柔鱼的精英主要贮存于尼氏囊中(图 1-b),这是一个长而卷曲于雄性茎柔鱼生殖系统末端的特殊结构,通常可达胴长的 60%。它不仅用于存储精英,同样也具运送精英至外套腔内的功能,最终通过茎腕植入雌性体内。囊内精英排



a—精英；b—尼氏囊  
图1 雄性茎柔鱼精英和尼氏囊

列呈束状,放射导管相互纠缠。

2.2 精英长度与重量的关系

取 5 个精英中精英长度均值、重量均值,分析得不同个体间精英长度重量关系为指数关系(图 2),关系式  $y = 0.0012e^{0.0666x}$ ,  $r^2 = 0.98$ 。后随即选取了同一个体精英的 35 个精英,测量其长度和重量(图 3)。结果精英长度和重量存在一定的指数关系。关系式为  $y = 0.001e^{0.0814x}$ ,  $r^2 = 0.85$ 。由于茎柔鱼精英中精子团占了较大一部分空间,因此我们推断茎柔鱼种群内精英长度越长,精英重量就越重,精英内的精子量可能也会越多。

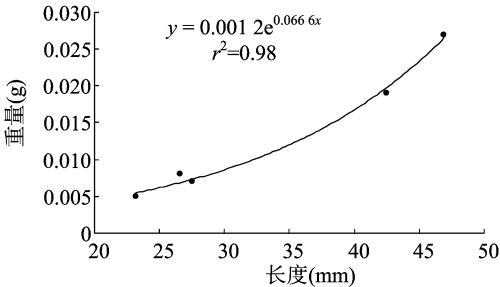


图2 茎柔鱼雄性个体间精英长度与重量的关系

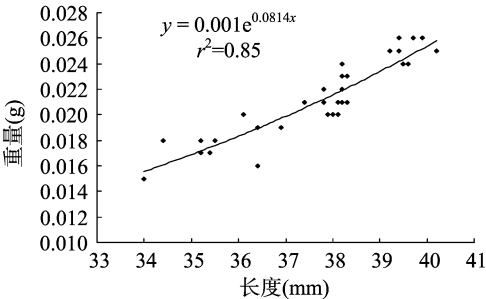


图3 茎柔鱼雄性个体内精英长度与重量的关系

2.3 周口膜与纳精囊

对采集的雌性样本观察周口膜上纳精囊的情况。茎柔鱼纳精囊主要分布于周口膜表层以及近口球的部分,图 4 中黑点为纳精囊。纳精囊实为乳白色突起,椭圆形或球形不等,分布较为随机,多集中于某一区域内。个体平均纳精囊数约为 263 个,大小为 0.28 ~ 1.26 mm 不等。雌性口球内由皮肤形成储存精子的特殊凹陷结构纳精囊呈凹陷状,交配时用来接纳

雄性的精子,凹陷内还有许多小囊,以尽可能多地接纳精子。口球附近的纳精囊形态相对较大,且口球附近的表皮充满小孔,稍用力可挤出胶状物质,推测其内部相互连通,以便与卵子交配。当茎化腕刺入表皮植入精团后,精子便在此成熟。

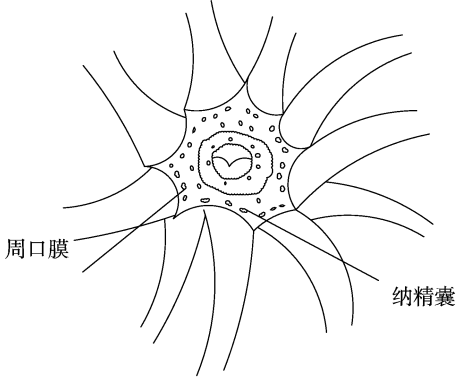


图4 周口膜纳精囊形态

对个体较大的纳精囊进行组织切片,在显微镜下进行拍照观察(图 5),明显可见囊内形成大小不等的腔体,精子沿着腔壁分布呈团状,数量较大,各腔体相互连通。腔体由肌肉组织包裹,还有大量的立方纤毛上皮细胞以及中间囊腔保护内部精子。精子一般集中于纳精囊囊壁,排列有序,可见成熟精子成形的顶体和尾部,以及部分未发育完全的精原细胞。精子在纳精囊内存活一段时间,逐步发育成熟,待雌性成熟释放卵子与其在口膜附近受精。

3 讨论

3.1 精英的储存和输送

头足类的雄性生殖系统结构较为复杂,由性腺以及一系列的导管等组成,核心结构为精英囊。能够清晰地辨别精英囊的位置,以及部分与精英形成有关的腺体。通过观察,我们认为精英形成是由精巢的发育开始形成,由尾部开始逐步向前方延伸,并最终形成成形的精英。精英储存于雄性体内的精英囊中,成熟以待交配使用。在交配时,茎化腕传递精英,并通过精英上的放射导管结构将尾部的精团翻出形成精囊,植入雌性体内,植入部位位于雌性周口膜上的纳精囊中,完成传递精子的作用。

在茎柔鱼中发现,精英的长度与体型呈一定正相关,在枪乌贼<sup>[18]</sup>和帆乌贼<sup>[15]</sup>中都有发现。在滑柔鱼中,还发现精子会随着精英长度的增加而增加<sup>[19]</sup>,这种精英长和精子含量存在多项式的关系,意味着较大的精英中并不一定就含有较多的精子。Nigmatullin 等研究发现,在精子进入精英之前,它已具备生产力<sup>[20]</sup>。为了节省精子,精巢与精英器不断形成精英的过程与个体成熟并不同步。功能性精英产生之前会有一段称为“初步成熟”的时期,这时睾丸产生精原细胞,而精英器形成类似精英的组织但没有精子,在初步成熟期之后,含有精子的功能性精英开始在雄性生殖系统中累积起来。

研究发现茎柔鱼精英的数量比雌性周口膜上纳精囊的数目要多,说明尼氏囊里面的精英数目比雌性体内被植入的精英数要多,不是每个精英都被雌性传递到了雌性体内,可能是 1 个雄性个体不止和 1 个雌性个体交配。乱交和多重交配在

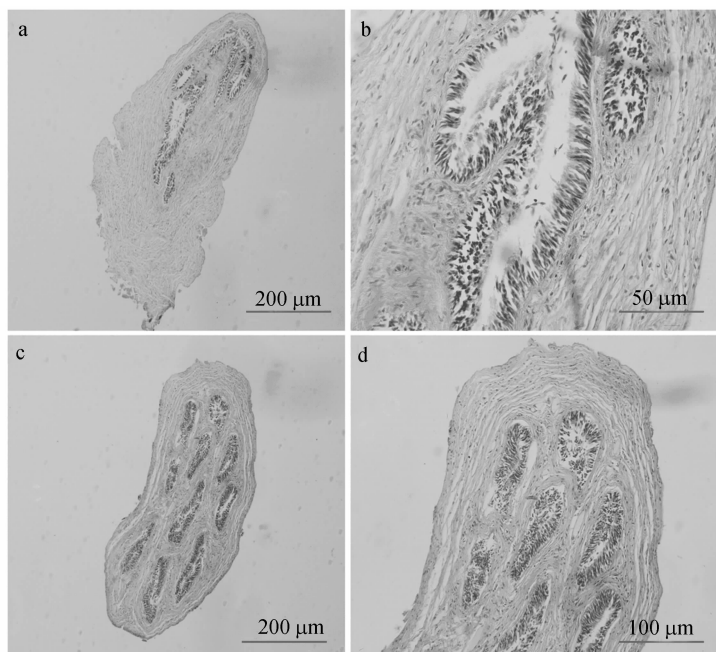


图5 纳精囊的组织切片结构

其他头足类中已有发现<sup>[21]</sup>。

### 3.2 纳精囊结构与功能

雄性的茎化腕将精英植入雌性体内时,精子并非直接与卵子结合,而是存于雌性纳精囊内继续发育,等待雌性成熟<sup>[22]</sup>。茎柔鱼的纳精囊位于周口膜与口球附近的表皮上。茎柔鱼纳精囊呈球形或椭球形,个体较大的一般纳精囊相对也较大,可能与成熟度有一定关系。但在纳精囊数量以及个体分布上呈现方式则较为随机。个体内纳精囊的大小差异性也较大,可能与囊内精子量以及精子发育程度有一定关系。口球周围的纳精囊较大且分布较为均匀,调查发现口球周围的切口上具有非常均匀的小孔,稍加用力可见白色胶状物质,各孔相通且与外套腔相连,推断受精场所位于口球周围表皮。纳精囊内精子是呈现团状分布,形成一个个腔室,精子由周围颗粒细胞以及中间囊腔包围,各腔室相连通,精子则规则排列于囊腔腔壁,部分精子在此完成发育。纳精囊的主要作用是存储精子,保证其存活至雌性性成熟,这样可以增加受精概率,保证繁殖的成功率<sup>[22]</sup>。由于成熟雄性选择交配对象时较为随机,当精英注入雌性体内后储存在纳精囊中,保证精子存活率,但并不明确纳精囊是雌性与生具有的还是精英注入之后才形成。卵成熟后成批进入输卵管中,通过生殖孔排出精子,在周口膜附近完成受精。

### 参考文献:

- [1] 陈新军,刘必林,王尧耕. 世界头足类[M]. 北京:海洋出版社, 2009:67-68,306-307.
- [2] 胡振明,陈新军,周应祺. 东南太平洋茎柔鱼渔业生物学研究进展[J]. 广东海洋大学学报,2009,29(3):98-102.
- [3] 陈新军,赵小虎. 秘鲁外海茎柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究[J]. 上海水产大学学报,2006,15(1):65-70.
- [4] Markaida U. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997—1998

- El Niño event[J]. Fisheries Research,2009,79:28-37.
- [5] Taipei A,Yamashiro C,Mariategui L,et al. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999[J]. Fisheries Research,2001,54(1):21-32.
- [6] Markaida U,Quirón F,velázquez C,Sosa-nishizaki O. Age,growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico [J]. Fisheries Research,2004,66:31-47.
- [7] Argüelles J,Rodhouse P G,Villegas P,et al. Age,growth and population structure of the Jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters[J]. Fisheries Research,2001,54(1):51-61.
- [8] González P,Chong J. Reproductive biology of *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda:Ommastrephidae) off north-central Chile[J]. Gayana,2006,70(2):237-244.
- [9] Gilly W F,Elliger C A,Salinas C A,et al. Spawning by jumbo squid *Dosidicus gigas* in San Pedro Martir basin,Gulf of California,Mexico [J]. Marine Ecology-Progress Series,2006,313:125-133.
- [10] Markaida U,Sosa-Nishizaki O. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda:Ommastrephidae) from the Gulf of California,Mexico[J]. Mar Biol Ass UK,2003,83(4163):1-16.
- [11] 缪圣赐. 日本远洋大型鱿船在秘鲁外海生产茎柔鱼情况[J]. 远洋渔业,2000,19(6):4-13.
- [12] Miguel A M,Manuel O M,Gabriel I P. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico[J]. CalCOFI Rep,1998,39:212-218.
- [13] 叶德锋,吴常文,吕振明,等. 曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*) 精英器的结构及精英形成研究[J]. 海洋与湖沼,2011,42(2):207-212.
- [14] 宋训民. 精英器的结构和精英的生成[J]. 山东大学学报:自然科学版,1963(3):78-91.
- [15] Hendrik J H,Marek R L,Lammertjan D. The male reproductive strategy of a deep-sea squid:sperm allocation,continuous production, and long-term storage of spermatophores in *Histioteuthis Miranda*[J]. Ices Journal of Marine Science,2010,67(7):1478-1486.

胡振雄,刘利平. 凡纳滨对虾综合养殖的分类、存在问题及对策[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):202-204.

# 凡纳滨对虾综合养殖的分类、存在问题及对策

胡振雄, 刘利平

(上海海洋大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:**随着凡纳滨对虾养殖业的快速发展,传统的对虾养殖方式带来水质污染、病害暴发等负面影响日益突出,对虾高效、低碳综合养殖方式受到越来越多的关注和研究。总结国内外凡纳滨对虾综合养殖研究现状,介绍对虾综合养殖的定义、分类、存在问题及解决对策,以期为试验研究和生产实践提供参考。

**关键词:**凡纳滨对虾;综合养殖;分类;问题;对策

**中图分类号:** S966.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0202-03

目前,凡纳滨对虾养殖主要采用高密度精养,养殖过程中施肥投饵致使水体富含各种有机物,还会产生大量残饵、粪便,造成对虾养殖环境恶化,当养殖废水排入周围水域,还会造成周边水域水质污染和富营养化<sup>[1]</sup>。另外,虾池水质的恶化还会危及自身,轻则影响对虾生长,重则造成病害<sup>[2]</sup>,特别是近年来,由于世界性对虾病害暴发,使得养殖效益大幅下降。

综合养殖 (polyculture) 作为一种可持续的养殖模式,能使物质和能量在养殖系统内充分循环和利用,同时减少环境负担,具有资源利用率高、环保、产品多样、持续供应市场、防病等优点<sup>[3]</sup>。如何综合利用对虾养殖池,进行多种类优化组合养殖,越来越被人们重视和认可。本文归纳总结了凡纳滨对虾综合养殖的分类、存在问题和解决对策,以期为今后的试验研究和生产实践提供参考。

## 1 对虾综合养殖模式分类

综合养殖也叫多营养级综合养殖 (Integrated Multi-Trophic Aquaculture, IMTA),是根据生态平衡、物种共生互利

和对物质多层次利用等生态学原理,人为地将养殖品种(如鱼类)、吸收无机物的物种(如海藻)、吸收有机物的物种(如以悬浮沉淀物为食的种类)等多种养殖种类按一定数量关系,在同一水体养殖的一种生产形式<sup>[4]</sup>。与单一养殖相比,这种养殖形式形成了小型生态系统,改善了养殖池中营养结构和营养关系,增加了食物被利用的层次<sup>[5]</sup>,能产生较高的生态和经济效益,是一种高效、低碳的养殖模式。根据搭配品种的摄食方式和类别,将对虾综合养殖模式分类如下。

### 1.1 对虾-滤食性鱼类、贝类综合养殖

在虾池中混养滤食性鱼、贝类能有效改善虾池生态环境。在对虾养殖池中,悬浮颗粒和有机碎屑的含量普遍较高,滤食性鱼类、贝类通过滤食浮游植物、有机碎屑、悬浮颗粒等,在一定程度上减少因有机物分解造成的水质恶化,改善养殖环境,从而有利于对虾的快速生长。Derun 等将凡纳滨对虾与不同密度和规格的罗非鱼混养,结果表明,相比单养组,适宜罗非鱼规格和密度的处理组存活率提高了 14.7%,对虾产量提高了 5.8%,饵料系数降低了 6.8%;同时,混养组对饲料中氮的利用率为 36.0~49.5%,磷的利用率为 14.2~26.5%,显著高于单养模式的 27.1% 和 8.9%,水质方面也有一定程度改善<sup>[6]</sup>。Banchuen 等在封闭循环水养殖系统中将对虾和罗非鱼同池隔开混养,也得到类似的结果<sup>[7]</sup>。另外,缢蛏、泥蚶、青蛤等埋栖型贝类在做埋栖运动时,能促进虾池底泥和水体的氧气交换,以及底泥无机盐的释放和有机物的氧化。Roberto 等将当地牡蛎品种养在对虾养殖废水中,发现该品种能减少废水悬浮颗粒 70.6%、浑浊度降低 62.1%,减少总挥发性固体 36.1%、叶绿素 a 100% 和 BOD<sub>5</sub> 17.2%<sup>[8]</sup>。

收稿日期:2013-03-06

基金项目:国家自然科学基金青年基金(编号:31101914);欧盟委员会第七框架协议项目(合同号:222889);上海市科学技术委员会资助项目(编号:11395800200)。

作者简介:胡振雄(1988—),男,湖北荆州人,硕士,研究方向为可持续发展的水产养殖模式。E-mail: huzhenxiong1988@163.com。

通信作者:刘利平,副教授,硕士生导师。E-mail: lp-liu@shou.edu.cn。

[16] 陈海燕. 乌贼生殖系统标本的制作[J]. 丽水师专学报, 1991, 12(1): 67.

[17] 赵宗江. 组织细胞分子学实验原理与方法[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2003: 3-53.

[18] Boyle P R, Pierce G J, Hastie L C. Flexible reproductive strategies in the squid *Loligo forbesii* [J]. Marine Biology, 1995, 21: 501-508.

[19] González A F, Guerra A. Reproductive biology of the shortfinned squid *Illex coindetii* (Cephalopoda, Ommastrephidae) of the North-eastern Atlantic[J]. Sarsia, 1996, 81: 107-118.

[20] Nigmatullin C M, Sabirov R M, Zalygalin V P. Ontogenetic aspects of morphology, size, structure and production of spermatophores in ommastrephid squids: an overview[J]. Berliner Paläobiologische Abhandlungen, 2003, 3: 225-240.

[21] Shaw P W, Sauer W H. Multiple paternity and complex fertilisation dynamics in the squid *Loligo vulgaris reynaudii* [J]. Marine Ecology, 2004, 270: 173-179.

[22] Nigmatullin C M, Nesis K N, Arkhipkin A I. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) [J]. Fisheries Research, 2001, 54(1): 9-19.