

斜口涡虫(原卵黄目,斜口科)的生物学特性

高娟 汪安泰* 张宇

深圳大学生命科学学院 深圳 518060

摘要:本文报道了采自广东惠州市东江支流(23°09'00.31"N, 114°22'26.59"E)的中国涡虫一新纪录目原卵黄目(Prolecithophora)斜口涡虫(*Plagiostomum* sp.)。该虫体长4.51~6.00 mm,体被不规则的褐色细网纹,头钝圆,尾圆锥形,体中部圆柱状,眼点4只。该涡虫运动缓慢,对光刺激反应迟钝,喜捕食淡水单肠目(Rhabdocoela)及大口虫目(Macrostomida)涡虫。温度为18~25℃时,成虫每日产卵1枚,孵化期10~15 d,每只卵孵化幼虫5~12只,幼虫发育20~25 d后性成熟。组织切片显示:外表皮基底膜厚度是其皮层的1/3~1/2,褐色细网纹位于基底膜内侧。卵巢位于精巢前位,两者无明显界限,弥散分布于消化道两侧。无明显的交配囊、受精囊、输精管及输卵管。外来精子分布于卵巢、脑周、中胚层介质及消化道上皮。肉质的阴茎盘旋于其鞘内。同时,对该涡虫的分类和分布等进行了初步讨论。

关键词:原卵黄目;新纪录;斜口涡虫

中图分类号:Q954.52 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2011)05-08-05

Biological Characteristics of *Plagiostomum* sp. (Prolecithophora, Plagiostomidae)

GAO Juan WANG An-Tai* ZHANG Yu

College of Life Sciences, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China

Abstract: This study for the first time reported a newly recorded order of turbellarians in China. Prolecithophora, a species *Plagiostomum* sp., was collected from East River in Huizhou City (23°09'00.31"N, 114°22'26.59"E), Guangdong Province. It was 4.51–6.00 mm long, with 4 eyes, a blunt round head, and a tapered tail. Its body, whose middle part appeared spindle-shaped, was covered with irregular brown fine grain. This flatworm was inactive and showed no response to light stimulation. It could feed on Rhabdocoela and Macrostomida turbellarians. It laid 1 egg per day, and 5–10 larvae were hatched from one egg in 10–15 d; subsequently these larvae matured in 20–25 d at 18–25°C. Histological observation showed that the basement membrane, beneath which there was brown fine grain, was one-third to half the thickness of its ectoderm. The ovary was anterior to testis, and both of them were located in both sides of enteron. Surprisingly, there was no boundary between ovary and testis. Bursa copulatrix, receptaculum seminalis, deferens and oviduct were absent. Extraneous spermatozoa distributed extensively around brain, ovary, mesoblast and endothelium of alimentary canal. Fleshy copulatory apparatus was circled in its sheath. Finally, this paper discussed the taxonomy and distribution of this species.

基金项目 “水污染控制与治理”国家重大科技专项(No. 2009ZX07423-003, 2009ZX07101-011-03), 深圳大学实验室开放基金项目, 2010 深圳大学教学研究 B 类项目(“专题研究型”课题);

* 通讯作者, E-mail: wang118@szu.edu.cn;

第一作者介绍 高娟, 女, 本科生; 研究方向: 动物学; E-mail: 472955215@qq.com。

收稿日期: 2011-05-03, **修回日期:** 2011-06-30

Key words: Prolecithophora; New record; *Plagiostomum*

涡虫是最原始的三胚层动物,全球涡虫种类记录有4 000多种。20 世纪中国仅记录淡水涡虫 21 种^[1],近 10 年发现大口虫目(Macrostomida)6 种^[2-5]、单肠目(Rhabdocoela)11 种^[6-13]、卵黄上皮目(Lecithoepitheliata)1 种^[14]。至于原卵黄目(Prolecithophora)涡虫物种,在中国迄今未见报道。作者近些年多次采集到一种体长 4.5 ~ 6.0 mm、体中部圆柱状、体背密布褐色细网纹的淡水涡虫,经比较,鉴定为原卵黄目斜口科(Plagiostomidae)斜口涡虫属(*Plagiostomum*)一待 定 种 (*Plagiostomum* sp.)。原卵黄目涡虫在中国属首次发现,为扁形动物门中国一新纪录目。本文对其外部形态、组织结构、食性、繁殖、个体发育、分类性状、地理分布等生物学特性做了较为详细的报道,以期为该物种的分类定种提供参考。

1 材料与方 法

1.1 采集 标本采集于广东惠州市的东江支流(23°09'00.31"N,114°22'26.59"E),水面分布有水葫芦(*Eichhornia crassipes*),水温 20℃,pH 6.8。用 80 目水网取水葫芦于水桶内充分摆洗,反复数次,捞出桶内粗渣,将桶内水倒入 80 目水网,河水中淘除泥浆,网内渣滓洗入烧杯,装入塑料瓶带回,解剖镜下分离出涡虫。

1.2 食性与培养 斜口涡虫培养于直径 12.5 cm 培养皿,置于近窗,用草履虫(*Paramecium*)、旋轮虫(*Philodina*)、单肠目达氏科(Dalyelliidae)涡虫、大口虫目(Macrostomida)涡虫、水蚯蚓(*Limnodrilus*)、秀体蚤(*Diaphanosoma*)、摇蚊(Chironomidae)幼虫以及日本三角涡虫(*Dugesia japonica*)碎块(1 mm × 1 mm)、猪肝和蛋黄分别饲喂,每日喂食 1 次,每种饵料使用 3 次,1 ~ 2 h 后换水并取出剩余饵料。了解其食性后,选择一种食物隔日饲喂 1 次。培养用水为曝气 2 d 的自来水,pH 6.8 ~ 7.0,喂前换水,室温培养(10 ~ 24℃)。

1.3 繁殖 成体产卵后,及时将虫卵移至干净的培养皿,注水并编号,置于近窗,每日换水一次,并于解剖镜下检查卵胚发育与孵化情况。发现幼虫孵出后取出单独培养,记录每个卵的孵化时间、单卵孵出幼虫数、幼虫发育及性成熟期等,实验共观察 30 个卵。

1.4 交配器官分离 成虫经 2% 乌来糖麻醉,固定液(4 g 多聚甲醛溶于 0.01 mol/L PBS)固定 5 min,移至自制蜡盘(蜡凝于直径 9 cm 的一次性培养皿)。Olympus SZX16 解剖镜下用 2 号昆虫针插入虫体咽部,固定于蜡盘上。另取一昆虫针插入虫体前 2/3 处,2 min 后交配器官从生殖孔自然滑出,75% 酒精保存,用于整装片的制作。

1.5 组织切片与整装片 涡虫经 2% 乌来糖麻醉,多聚甲醛溶液处死,Bouin 液固定过夜,水洗后常规石蜡切片,切片厚 6 μm,H. E 整体染色。交配器官经水洗,H. E 染色,逐级酒精脱水,二甲苯透明后,中性树胶封片。

1.6 数据收集与处理 整装片与切片标本在 Olympus BX51 显微镜下观察,Olympus DP72 相机拍照,DP 2-BSW 专业软件测量。Photoshop 8.0 编辑数码图片,Excel 处理数据。

2 结 果

2.1 生活习性

2.1.1 食性 本实验发现斜口涡虫对草履虫、旋轮虫、水蚯蚓、秀体蚤、摇蚊幼虫及猪肝、蛋黄无摄食反应,喜捕食单肠目达氏科涡虫、大口虫目涡虫以及日本三角涡虫碎块(1 mm × 1 mm)。饥饿条件下,有捕食同类的习性。

2.1.2 行为

捕食:捕食时以吻端的感觉毛感知食物后,咽迅速伸出,开口呈喇叭状,捕到食物,咽收缩,将食物缓慢吞下,整个过程为期 2 ~ 5 s(图版 I:1 ~ 3)。

运动:斜口涡虫行动迟缓,不喜运动,一般分散静栖于培养皿底部。饥饿的涡虫蛰伏不

动,当有外界刺激时才缓慢游动一下,之后又停止活动。

个体间反应:2只游动的涡虫发生接触时,两者头部迅速收缩,分别转移方向游走。一只游动的涡虫碰到另一停栖的同类时,停栖者无反应,游动的涡虫头部立即收缩,换方向游走。实验发现,该涡虫与水螅能一起培养,互不伤害。

对灯光的反应:对灯光刺激不敏感。用冷光源照射时虫体无反应。

2.1.3 生殖与发育

产卵:斜口涡虫喜欢将卵产在培养皿的边缘,温度 $18 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 时成虫每天产卵1枚。产卵时,先从生殖孔分泌黏液,黏液遇水凝固,成为卵柄,牢牢粘在培养皿底部。随后身体用力前伸,最终依靠拉力将卵排出,整个过程持续 $(10.2 \pm 4.9)\text{min}$ ($n = 10$)。产出的卵悬浮于水中,卵柄与培养皿底成 30° 角,卵柄长 $(334.64 \pm 20.39)\mu\text{m}$ ($n = 30$)。卵呈球形,棕红色(图版 I:4),内容物呈块状,直径 $(305.12 \pm 18.73)\mu\text{m}$ ($n = 30$)。

受精卵孵化:孵化时间 $(12.67 \pm 2.28)\text{d}$ ($n = 30$)。1~4d卵无明显变化。5d的卵可见多个胚胎。7d的胚胎发育成型,出现蠕动,可见体表网纹及眼点(图版 I:5)。10d后幼虫孵出。每个卵孵化 (8.65 ± 3.50) 只 ($n = 30$)幼虫。个别卵直径小于 $200\mu\text{m}$,未见孵化,其内部胚胎5d后萎缩。实验发现,斜口涡虫适宜的孵化温度为 $17 \sim 23^{\circ}\text{C}$,温度过低或过高均会延长孵化时间。

幼体发育:刚孵化的幼虫体表网纹颜色较浅,眼点4只,从背部可见到咽和肠的轮廓,未见交配器官,能自由运动觅食。随幼虫生长,其体色逐渐变深(图版 I:6~10),6d后体表网纹呈褐色,11d发生交配器官,20d开始产卵。性成熟期 $(22.2 \pm 2.6)\text{d}$ ($n = 30$)。人工培养条件下可生存90~120d。

2.2 外部特征 斜口涡虫成体长 $(5.42 \pm 0.68)\text{mm}$,身体中部宽 $(1.28 \pm 0.08)\text{mm}$ ($n = 10$),头钝圆,尾圆锥形,体中部圆柱状。全身

布满棕褐色不规则细网纹,背部比腹部密集,头部花纹稀疏。眼点4只,每侧2只,黑色,圆形,左右眼点呈“八”字形排列(图版 I:11)。前眼直径 $(17.33 \pm 2.19)\mu\text{m}$,后眼直径 $(37.81 \pm 4.11)\mu\text{m}$,前眼眼间距 $(228.36 \pm 23.42)\mu\text{m}$,后眼眼间距 $(253.17 \pm 15.82)\mu\text{m}$,前后两眼间距 $(35.62 \pm 5.12)\mu\text{m}$,前眼至吻端 $(269.35 \pm 16.56)\mu\text{m}$ ($n = 10$)。从背部可见椭圆形的咽,位于眼后,其长度接近虫体长的 $1/4$ 。咽后为长囊状的肠,长度是体长的 $1/2$ 。

2.3 内部结构(图版 II:1~8)

表皮:体表被纤毛,纤毛长为表皮细胞的 $1/3 \sim 1/2$,表皮为单层立方细胞(图版 II:1),厚 $(23.54 \pm 9.26)\mu\text{m}$ ($n = 20$)。外表皮基底膜厚 $(8.53 \pm 1.84)\mu\text{m}$ ($n = 10$),其内侧分布有棕褐色细网纹(图版 II:2),延伸于中胚层介质与脑附近,石蜡切片过程处理后未见褪色。

脑:位于可变形咽的前部,两侧眼点之间,无清晰轮廓,由神经细胞与淡红色的胶质纤维组成(图版 II:4)。

咽:肌肉质,呈不对称的长椭圆形 $(283\mu\text{m} \times 67\mu\text{m} \sim 310\mu\text{m} \times 81\mu\text{m})$,上侧组织较厚,下侧较薄。咽上皮有明显的细胞核,内表面有纤毛。口位于咽的前端(图版 II:4)。

肠:紧接于咽后,呈长囊状,肠上皮由单层细胞组成,厚 $(147.63 \pm 32.18)\mu\text{m}$ ($n = 10$)(图版 II:5),其上无纤毛。

生殖系统:雌雄同体,共用一个生殖腔。生殖腔位于消化道后部腹侧,仅有一个生殖孔与外界相通。精巢、卵巢与卵黄腺位于消化道两侧,呈弥散分布,三者均无明显轮廓。卵巢位于精巢前,卵胚椭圆形,大小 $53\mu\text{m} \times 38\mu\text{m} \sim 92\mu\text{m} \times 58\mu\text{m}$,细胞核及其核仁呈圆形(图版 II:5)。标本中易见1~3个精子与卵胚结合的现象(图版 II:5),异体的精子在中胚层介质、脑周围及消化道表皮内均有分布。输卵管不明显,成卵腔位于共用生殖腔的背侧,开口于该腔。有大量红色腺体环绕于成卵腔(图版 II:8)。卵黄腺位于卵巢后侧,紧贴在消化道上皮基底膜的外侧,呈弥散状分布。卵巢之后是精巢,分布

有不同发育阶段的精细胞与精子,精子呈不规则的长梭形,两头尖,淡红色,未被苏木精染色。雄性交配器官由储精囊、颗粒囊及阴茎组成(图版 I:12)。储精囊与精巢之间未见明显的输精管,囊内有大量成熟精子,囊的前侧有两根长 $10 \sim 16 \mu\text{m}$ 的输精管痕迹(图版 I:13)。颗粒囊位于储精囊之后,囊内物呈红色颗粒状。颗粒囊之后为阴茎,肌肉质,呈管状,收缩状态下呈弹簧状,直径 $(29.78 \pm 6.44) \mu\text{m}$ ($n = 5$)。阴茎外有透明的阴茎鞘,位于共用生殖腔。阴茎旁有一条蓝色的排泄管,直径 $(6.28 \pm 2.13) \mu\text{m}$ ($n = 5$),曲折延伸至阴茎鞘末端(图版 I:14)。未见受精囊、交配囊等结构。

3 讨 论

3.1 分类 原卵黄目大部分种类为小型涡虫,鉴别特征是具有简单的囊状肠及褶皱或可变形的咽,卵为外卵黄型,精巢和卵黄腺呈弥散分布,初级卵泡紧密分布,卵巢呈弥散分布或紧密分布,雄性交配器开口前位,雌性生殖系统开口至公共生殖孔^[15-19]。斜口科的鉴别特征是虫体身体丰满,呈纺锤形,截去头尾呈圆柱形,口位于近前端或附近,咽前端的皱褶部或变异部朝向前位,眼 2~4 只,也有无眼的种类,卵巢或卵黄腺单个(分散)或成对,生殖孔通常位于近尾端^[15-19],很少位于尾端。斜口涡虫属的鉴别特征是脑位于大的可变形咽的前部,大小不明显,也无清晰的轮廓,具 3 条后神经干,腹侧腺体密集,上皮细胞具核,基底膜相当厚,精巢密集,分布于肠道后部位置的间质中,卵巢位于精巢之前,卵黄腺同卵巢一样发达^[15-19]。该属物种在海水和淡水均有分布^[15-19]。

原卵黄目涡虫的研究历史已有 160 多年^[15],该目物种多数为海栖种类,斜口涡虫属有 85 种。其中,分布于淡水的仅有湖生斜口涡虫 (*Plagiostomum lacustre*)^[16] 和莱蒙斜口涡虫 (*P. lemani*)^[17] 2 种。前者分布于非洲的乌干达,但在欧洲广泛分布,后者在亚洲仅分布于日本^[18]。莱蒙斜口涡虫由 Du Plessis 与他的学生于 1874 年在法国的莱蒙湖(Lac Lemman)首次

发现,种名的词源为采集地之名^[17]。该涡虫表皮具有特殊的深褐色不规则细网纹,具 4 只眼点,眼点的形态有的呈独立的 4 个圆点,有的彼此之间有细纹相连,至于其生殖器官的特征,尚未见报道。后续作者的分类鉴定均依据其外表可见的网纹、眼点与体型,而缺少内部解剖学数据,尤其是生殖器官特征。Okugawa 描述分布于日本中部淡水湖泊的斜口涡虫时,仅依据其体表网纹与眼点特征鉴定为莱蒙斜口涡虫^[19]。分布于日本淡水的斜口涡虫是莱蒙斜口涡虫还是其他未知物种,我们认为有必要进行进一步研究。

本文所研究的标本在背部棕褐色网纹、眼点、体型等方面与上述的莱蒙斜口涡虫非常相似,鉴于原始文献缺少关键分类性状的描述,因此本标本只能暂定为斜口涡虫未定种 (*Plagiostomum* sp.),还有待与模式标本作进一步对比后明确定种。

3.2 斜口涡虫的分布 原卵黄目涡虫在世界范围内共有 150 种^[20],多分布于古北区(包括欧洲、亚洲北部、阿拉伯北部以及非洲的撒哈拉以北)^[21]。莱蒙斜口涡虫在法国、德国、芬兰、瑞士、英国、意大利、俄罗斯、日本的淡水均有分布^[19]。作者于 2003 年 10 月在浙江宁波市溪口镇蒋介石故居门口的河流($29^{\circ}41'00.67''\text{N}$, $121^{\circ}17'08.22''\text{E}$)首次发现本文所报道的物种。2004 年 6 月~2011 年 3 月分别在广东省惠州市东江流域($23^{\circ}09'00.31''\text{N}$, $114^{\circ}22'26.59''\text{E}$)、深圳市区的深圳水库($22^{\circ}33'57.88''\text{N}$, $114^{\circ}08'43.07''\text{E}$)以及广州郊区多次采集到该涡虫。这表明,该物种在我国南方的分布是较为广泛的。

3.3 斜口涡虫的习性与生物学意义 斜口涡虫是较为原始的一种涡虫,自然环境下生活于水质清澈无污染的江河^[19]。生活水体 pH 6.8~7.2,水温 $15 \sim 25^{\circ}\text{C}$,常栖息于水葫芦、浮萍(*Lemna minor*)、沉水植物之间或水生植物叶片的反面,或水底的腐叶间,或近岸水生植物的根部^[16-17]。采集中发现,生活于清澈水中的涡虫,背部花纹较浅;生活于水生植物根部的涡

虫,背部花纹较深。该现象提示,这种涡虫体色深浅受环境的影响。培养条件下,该涡虫行动迟缓,用冷光源照射时行为不受影响,说明眼点对光线的明暗无分辨能力,这与单肠目的一些涡虫有明显不同^[22]。

我们的观察首次发现斜口涡虫喜捕食微型涡虫类,对原生动物、轮虫、水蚤、水栖寡毛类等微小动物无捕食兴趣。斜口涡虫一个卵能孵化多只后代,增殖较快。原生动物与轮虫均以微生物、有机碎屑为食^[23]。大口虫目和单肠目涡虫分别以轮虫^[2]、原生动物^[5]为食。本文报道的斜口涡虫以大口虫目、单肠目涡虫为食,其本身又是一些底栖鲤科鱼类的优质饵料。由此可见,斜口涡虫是淡水底栖食物链中重要的一环,能将水底能量传递给上层的鱼类,在维持淡水环境方面具有一定的生态学意义。

3.4 生殖系统结构与受精过程 大多数涡虫雌雄同体,异体受精,精巢、输精管、卵巢与输卵管轮廓明显^[3,10]。本文所报道涡虫中胚层结构致密,充满无明显界限的卵巢、精巢和卵黄腺(图版 II:5),生殖系统结构简单,无交配囊和受精囊。外来精子在体内呈弥散分布,在脑周围、中胚层及肠上皮处均有发现(图版 II:3~5)。假设此涡虫无输精管,则自身精子与外来精子很容易混在一起,难以避免自体受精的危险。有发现自体受精的涡虫卵不能孵化^[22],我们发现个别直径小于 200 μm 的卵难以孵化,是否为自体受精卵或未受精卵尚不清楚。我们认为,该涡虫具输精管,其输精管由一层结缔组织构成,无上皮细胞,故组织学切片上较难发现。我们发现,该涡虫的一只卵能孵化出多只涡虫,这与一个卵胚可同时接受多个精子(图版 II:5)密切相关。此涡虫精子的活动与穿透能力强,能上游至脑附近,在这种生殖结构条件下,四处分布的精子对机体正常生理功能是否有影响?值得进一步研究。

致谢 深圳大学生命科学学院生物科学专业本科 2003 级彭杉、刘笑媚同学制作部分切片标本,2007 级刘洪涛、赵鹏飞同学和 2008 级李世

昌同学采集惠州标本,2007 级刘洪涛、郑东敏、谢洪青及 2009 级宫辰、谭琳同学采集深圳标本,2008 级赖玉龙同学协助培养标本,谨在此鸣谢!

参 考 文 献

- [1] 陈广文,吕九全,马金友,等. 我国的淡水涡虫. 生物学通报,2000,35(7): 11-13.
- [2] 汪安泰. 中国大口涡虫属三新种(扁形动物门,大口虫目,大口虫科). 动物分类学报,2005,30(4): 714-720.
- [3] 汪安泰,罗振国. 中国大口涡虫属一新种记述(大口虫目,大口虫科). 动物分类学报,2004,29(4): 700-701.
- [4] 赵鹏飞,罗慧琳,汪安泰. 大口涡虫属中国一新纪录(扁形动物门,大口虫目)及其分类性状. 四川动物,2011,30(1): 39-44.
- [5] 汪安泰,胡好远,罗振国. 管大口涡虫生物学特性的观察. 动物学杂志,2004,39(4): 55-58.
- [6] 汪安泰,吴海龙. 小达氏涡虫属一新种(扁形动物门,单肠目,达氏科). 动物分类学报,2008,33(1): 123-126.
- [7] 汪安泰,邓利. 杰氏涡虫属一新种及中国一新纪录种(扁形动物门,单肠目,达氏科). 动物分类学报,2006,31(1): 120-124.
- [8] 汪安泰,吴海龙. 达氏科中国一新纪录属及三新种(扁形动物门,单肠目,达氏亚目). 动物分类学报,2005,30(2): 300-308.
- [9] 汪安泰,吴海龙. 达氏科中国一新纪录属一新种(扁形动物门,单肠目,达氏亚目). 动物分类学报,2005,30(3): 516-519.
- [10] 汪安泰. 中国涡虫一新纪录科达氏涡虫属一新种(单肠目,达氏科). 动物分类学报,2004,29(4): 697-699.
- [11] 汪安泰,李慧. 旋涡虫属一新种(单肠目,隐头吻亚目,多囊科). 动物分类学报,2005,30(4): 721-724.
- [12] 张小英,李逸,汪安泰. 小达氏涡虫属(扁形动物门,单肠目,达氏科)亚洲一新纪录种. 四川动物,2010,29(6): 950-953.
- [13] 汪安泰,孙源. 中国涡虫一新纪录科(扁形动物门,单肠目,盲扁虫科)背攀涡虫属一新种. 动物分类学报,2011,36(1): 159-164.
- [14] 彭杉,刘笑媚,汪安泰,等. 中国涡虫一新纪录目一新纪录种(卵黄上皮目,原吻科). 动物分类学报,2007,32(2): 433-437.
- [15] Leidy J. Description of new genera of Vermes. Proc Acad Philadelphia,1850-1851,5: 125-126.