

中国小达氏涡虫和大变杰氏涡虫的生物学特性

易艳琼 梁羽 汪安泰*

(深圳大学生命科学学院 深圳 518060)

摘要:对单肠目(Rhabdocoela)达氏科(Dalyelliidae)的中国小达氏涡虫(*Microdalyellia sinensis*)和大变杰氏涡虫(*Gieysztoria macrovariata 9-spinosa*)进行了长期饲养与观察,了解和比较这两种涡虫的习性、繁殖、发育及组织学特点。结果表明,中国小达氏涡虫比大变杰氏涡虫反应敏捷,生殖器官的形态位置有明显区别,中国小达氏涡虫产卵周期约5 d,每期产卵10.5枚;大变杰氏涡虫产卵周期约10 d,每期产卵22.3枚,两种涡虫卵孵化期约60 h,发育成熟期9 d左右;最后探讨了卵胚非正常发育与雌雄生殖器官成熟期,以及涡虫的淡水生态学意义等问题。

关键词:涡虫;单肠目;中国小达氏涡虫;大变杰氏涡虫;生物学

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)01-84-07

The Biological Characteristics of *Microdalyellia sinensis* and *Gieysztoria macrovariata* in China

YI Yan-Qiong LIANG Yu WANG An-Tai

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

Abstract: Two species of Rhabdocoela turbellarian, *Microdalyellia sinensis* and *Gieysztoria macrovariata 9-spinosa* had been cultivated under appropriate conditions for several months. To make a general understanding on the knowledge of the two species and to elucidate the differences in characters of morphology, histology, behavior, reproduction and development between the two species, a well-connected and consecutive observation on the habits of both species were conducted. The major results obtained from this study show that: *M. sinensis* is more active than *G. macrovariata 9-spinosa*; there are distinct differences in morphologies and locations of genitalia in the two species; for both two species, laying varies from 8 to 25 at each oviposition period of 5–10 days, and egg-incubated period and larva-matured period respectively range from 2 to 3 days and 8 to 10 days. Finally, this paper also discussed the phenomenon of abnormal development of fetation, the matured period of genitalia and the degree in the fresh water ecological system where turbellarian lie in.

Key words: Turbellarian; Rhabdocoela; *Microdalyellia sinensis*; *Gieysztoria macrovariata 9-spinosa*; Biology

对涡虫行为学的研究,离现在最近的是1951年Hyman的无脊椎动物系列丛书,之后这一领域很少受到关注^[1]。行为学作为一门基础学科,为蛋白功能、肌肉和神经功能等的研究提供不可缺少的检测基础。近几年对涡虫生态学、行为学的研究开始引起关注^[2,3],对小达氏和杰氏涡虫属物种的一些生物学特性了解甚少。

小达氏涡虫属(*Microdalyellia*)和杰氏涡虫属(*Gieysztoria*)是单肠目(Rhabdocoela)达氏亚目(Dalyellioida)达氏科(Dalyelliidae)内2个主要的淡水涡虫类群,分布广泛。我国目前对这些涡虫的研究仅限于新种描述^[4,5]。作者数年来在

* 通讯作者, E-mail: wang118@szu.edu.cn;

第一作者介绍 易艳琼,女,生物技术专业。

收稿日期 2005-06-20, 修回日期 2005-11-13

广东、安徽、湖南、湖北等地采集到涡虫多种,有些物种正在鉴定中,部分种类能在实验室繁殖,有的只能生存数日。本文通过对两种涡虫的培养和活体观察,结合组织学数据,分析并比较了两种隶属小达氏涡虫属和杰氏涡虫属涡虫的形态及行为特点,结合对涡虫野外生境的了解,初步探讨了涡虫的生态学意义。

1 材料与方法

1.1 采集 中国小达氏涡虫^[4](*Microdalyellia sinensis*) 采集于汕头市郊区小河的菱角叶反面;大变杰氏涡虫九刺亚种(*Gieystoria macrovariata 9-spinosa*) 采集于安徽芜湖市区九莲塘。采集方法同汪安泰(2004)^[3],用于活体观察和组织学的解剖和分析。

1.2 培养与观察 解剖镜下分离涡虫,分别移入含有草履虫的直径 9 cm 的培养皿,暗处培养。隔日添加草履虫饵料,及时补充因蒸发而减少的水分。每日 9:00 和 17:00 时在解剖镜下各观察一次。对于暂不使用的涡虫,在上述培养皿水中投入 3 粒小麦粒,每周更新小麦粒和补充水分。

1.3 整装片 涡虫移到载玻片上,加盖玻片,解剖镜下用滤纸小心吸取玻片上的水,待涡虫呈扁平状时,立即在玻片一侧加一滴 F. A. A 固定液(75%酒精 85 ml;甲醛 10 ml;冰醋酸 5 ml),在玻片另一侧用滤纸吸除固定液,保持涡虫扁平体型 2 min,把玻片上的涡虫移入固定液,室温固定 2~4 h,水洗 12 h,0.1% 苯胺蓝和 0.01% 曙红混合液染色 24 h,0.1% 的曙红复染 12 h,常规梯度酒精、二甲苯脱水和透明,中性树胶封片。

1.4 石蜡切片 涡虫经 5% 的酒精麻醉, Bouin 氏液固定 4 h,水洗, H. E 整体染色,连续纵切和水平切,切片厚 6 μm 。在 Olympus BX51 显微镜下观察,同时用 DP70 数码相机记录图片,基于标本观察和连续数码图片数据,构建中国小达氏涡虫和大变杰氏涡虫的结构图。

2 结果

2.1 培养 不同涡虫对培养环境的要求不一

致。中国小达氏涡虫和大变杰氏涡虫九刺亚种是实验室最易培养的涡虫,一般不需要换水,耐污染能力强。即使隔一两周不更换麦粒,生长良好。

2.2 生活习性

2.2.1 捕食 以草履虫等原生动物和轮虫为食,24 h 都有捕食行为。当涡虫的头部碰触到草履虫时,头部稍微向后收缩,咽迅速向前伸出,开口似喇叭状,口吸住草履虫后回收,头部伸直,整个过程不足一秒。草履虫进入涡虫肠道,在肠道内仍能游动数秒(图 1:A)。

2.2.2 运动方式 在水底滑行;尾部朝下,头部向上,斜向上方,头部带动全身快速螺旋前进;其尾粘附在沉积物上,头部左右弯曲探取游动方向,游动缓慢且伴有捕食行为;头部带动身体在垂直方向作环形旋转运动和捕食。

2.2.3 排遗 排遗时身体纵向延长,体中部似葫芦状紧缩,肠内废物被挤压至肠前端。经 3~5 次挤压运动后,咽扩张,肠内废物从口排出(图 1:B)。这类涡虫有集体排遗现象,即数条涡虫聚集于表面皿边缘,当其中有涡虫出现排遗时,其他个体依次进行排遗,排遗后涡虫各自朝不同方向游走。

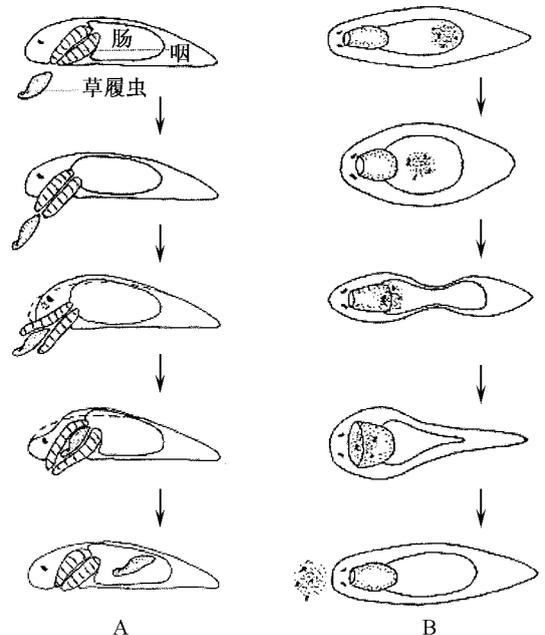


图 1 中国小达氏涡虫的摄食和排遗行为

A. 摄食; B. 排遗

2.2.4 栖息 培养皿内有十余只涡虫时,个体间一般靠得较近;有几十只涡虫时,个体间较分散。白天喜爬到麦粒下方或培养皿的边缘,晚上则滞留在水底或麦粒上方。涡虫也喜欢生活在草履虫培养液的絮状沉积物上或草履虫密集的区域。

2.2.5 个体间反应 当两条游动的涡虫发生接触时,两者头部迅速收缩,然后转移方向,迅速游走。当一条游动的涡虫碰到另一停息同类时,停息者无反应,游动的涡虫立刻收缩后掉头游走。

2.2.6 对灯光的反应 对光的反应小达氏涡虫比杰氏涡虫敏感。在解剖镜灯光下,小达氏涡虫迅速游离视野,杰氏涡虫行为迟钝,仅出现轻微移动或头部摆动。小达氏涡虫在显微镜灯光内,无法用数码显微镜拍摄出清晰的生活图片,必须进行麻醉后才能拍照。而杰氏涡虫可以直接进行拍照。

2.3 生殖与发育

2.3.1 交配行为 两种涡虫都是雌雄同体,异体交配,交配时,虫体相互靠近,各自尾部扭转,生殖孔对接。交配时间一般在下午,过程约半分钟。

2.3.2 产卵 涡虫喜欢把卵产在沉渣中或表面皿的边缘。单个已受精涡虫饲养时,多个卵排列在一起;多个涡虫饲养时,存在数个产卵区,也有零星分布的卵。中国小达氏涡虫 6 个样本的产卵情况是:产卵周期 5~6 d,平均每期产卵 10.5 枚(8~13 枚);九刺杰氏涡虫 3 个样本的产卵情况是:产卵周期为 10 d 左右,平均每期产卵 22.3 枚(20~25 枚)。

2.3.3 受精卵孵化 两种涡虫相似,孵化周期 60 h 左右。刚产出的卵黄色,内有均匀分布的黑色斑点(图版 I :6A);24 h 后,胚胎开始分化和蠕动;36 h 出现脑和眼点;48 h 眼点发育完全,距眼点一端 1/5 处出现一斜圆环裂痕(图版 I :6B),并分化出肠和尾,胚胎在卵壳内左右蠕动,但没有发现胚胎前后翻滚的现象;60 h 幼体从裂痕处破壳而出(图版 I :6D)。当培养皿内涡虫种群达到一定限度,皿底遍布虫卵,不见虫

卵发育,若将虫卵移至另一个培养皿,虫卵能进行发育。

2.3.4 非正常胚胎发育 两种涡虫相似,将一条刚孵化的小涡虫单独饲养,生长发育与群养的涡虫同步,但产卵滞后 15 d 左右,产卵周期和产卵数目与已受精个体相似。卵内可见到胚胎分化、蠕动和发育完全的眼点(图版 I :6C)。但卵壳一端没有出现像受精卵一样的斜圆环裂痕。胚胎不能破壳,随着时间延长胚胎逐渐萎缩,留下黄色的完整的空壳(每种涡虫跟踪观察 5 只,结果相同)。

2.3.5 发育 两种涡虫相似,刚孵出的涡虫身体透明;1~3 d 肠呈灰色;4 d 身体灰色,肠约占体长的 1/3;5 d 体侧出现黄色斑纹;6 d 出现精巢、交接刺、储精囊、颗粒囊;8 d 的涡虫同成体;9 d 出现第一个卵;10 d 产下第一枚卵。即从卵产出至卵孵化、幼体发育成熟后产下第一枚卵的全过程平均历时 12.5 d(每种涡虫跟踪观察 10 只)。

2.4 形态结构 两种涡虫的外形和内部器官位置见图 2 和图 3,组织结构见图版 I :1~5,7~12。

2.4.1 虫体外表色彩深浅与阴茎角质化程度 不同种类的个体大小不一,一般成熟个体的体长为 1~1.5 mm 左右。头部较为扁平,后端为锥形,整个身体纺锤形。中国小达氏涡虫体形修长,外观呈棕红色;大变杰氏涡虫身体中部较宽,整个虫体臃肿,外观呈红色。两种涡虫体表的花纹不同,同种个体之间花纹的颜色有深有浅,但纹路相同。取同种色彩深浅不同的个体,检查角质阴茎的发育情况,发现色彩鲜艳的个体阴茎较软,在临时装片下,待盖玻片下水分蒸发后,交接刺明显萎缩、变形,轻推盖玻片,交接刺出现扭曲现象,表明交接刺没有完全角质化,颜色较淡的个体阴茎已经完全呈角质化,相同实验条件下,交接刺不出现变形、萎缩和扭曲,轻压盖玻片时交接刺出现碎裂。

2.4.2 脑 中国小达氏涡虫的眼点位于身体前端的背面,眼睛的下方是脑,水平切片可以看到靠近背面和腹面的脑神经细胞结构,细胞核

明显,而脑的中心位置 H.E 染色呈粉红色,无细胞核,呈蝶形,由两侧对称的脑神经节膨大连接而成。左右两侧的脑神经节各分出两支延伸向下(图版 I:2,3)。没有分辨出两种涡虫脑部结构的差异。

2.4.3 捕食、消化器官的形态特点 大变杰氏涡虫的口位于身体前端的腹面。在开口处,一圈与脑相连的变移细胞成桶状包裹在咽的外面,延伸到咽的前五分之一处(图版 I:9)。咽为肌肉质,桶状,占体长的四分之一,活体观察

为乳白色,H.E 染色呈红色,从外到内依次为纵肌、环肌、纵肌(图版 I:9,10)。环肌呈辐射状,与两端纵肌相连,其间分布有神经细胞和咽腺细胞。咽后连接盲端的肠,在咽肠交界处有一圈食管腺细胞,细胞个体形态显著比一般的细胞大二到三倍,直径约为 $20\ \mu\text{m}$ (图版 I:10)。细胞质呈粉红色,细胞核明显。有些腺细胞有一条管道深入到咽肠交界处(图版 I:10),肠占体长的三分之一左右,肠上皮细胞为单层立方细胞。中国小达氏涡虫结构同大变杰氏涡虫。

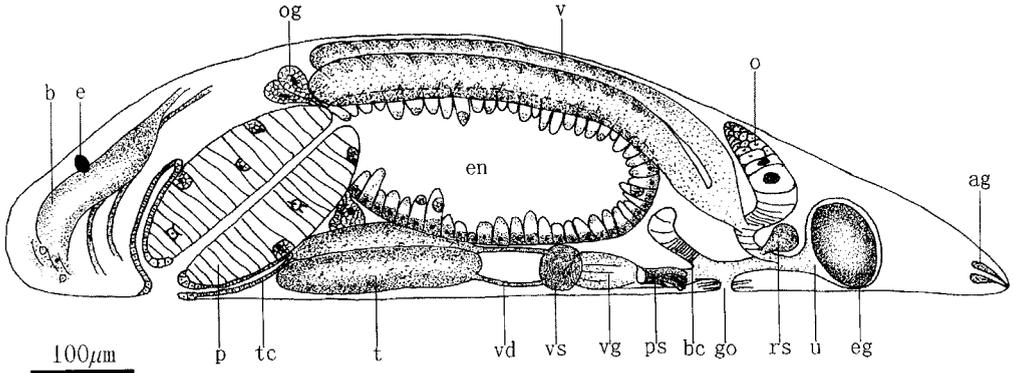


图2 中国小达氏涡虫侧面观

ag 粘液腺; b 脑; bc 交配囊; e 眼; eg 卵; en 肠; go 生殖孔; o 卵巢; og 食管腺; p 咽; ps 阴茎刺; rs 受精囊; t 精巢; tc 变移细胞; u 子宫; v 卵黄腺; vd 输精管; vg 颗粒囊; vs 储精囊。

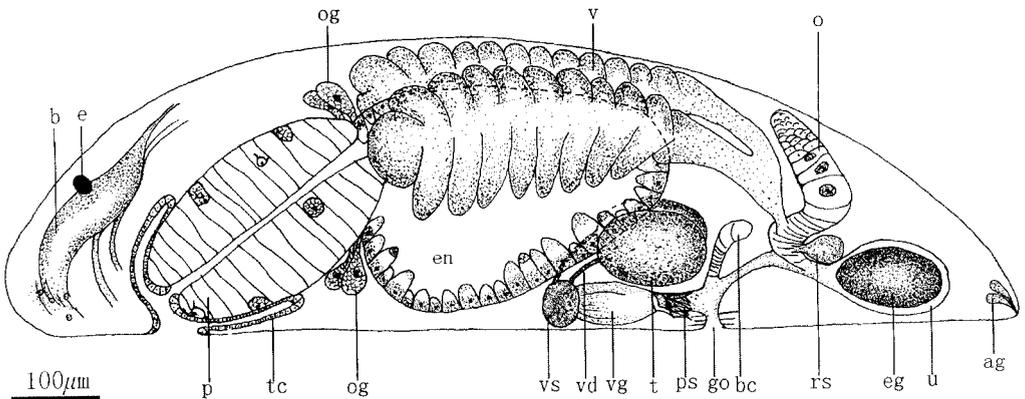


图3 大变杰氏涡虫侧面观

ag 粘液腺; b 脑; bc 交配囊; e 眼; eg 卵; en 肠; go 生殖孔; o 卵巢; og 食管腺; p 咽; ps 阴茎刺; rs 受精囊; t 精巢; tc 变移细胞; u 子宫; v 卵黄腺; vd 输精管; vg 颗粒囊; vs 储精囊。

3 讨论

3.1 生物学特性 比较这两种涡虫以及实验

室饲养的其他涡虫^[4,5],其食性、捕食、运动、栖息、排遗、繁殖周期相似。小达氏属涡虫身体修长,对外界反应较敏感。杰氏属涡虫身体较臃

肿,倾向于群居且活动范围窄,反应较迟钝。

本实验发现,两种涡虫体表花纹依物种而异,同物种相近,颜色深浅各异,一些老化的或将要死亡的个体,其阴茎角质化程度很高,而颜色鲜艳的个体,尽管已经产卵数日,其阴茎角质化不完全,不易选作模式标本或副模标本,不然会引起该类群涡虫分类鉴定上的混乱。该现象提示,两种涡虫雌雄同体,只有一个公用的生殖孔通到体外,但雄性交配器官的最后形成的时间明显滞后于雌性生殖器官,在一定程度上可以预防自体受精,确保后代繁衍。

相对于三角涡虫(*Dugesia*)和大口涡虫(*Macrostomum*)本文两种涡虫的脑神经节或咽与身体的体积比明显大于前2种,其捕食过程快速敏捷,无疑与较为发达的脑和咽的结构有密切关系。

3.2 卵胚非正常发育与雄性生殖器官成熟滞后时间推测 幼体单养的涡虫比群养涡虫延迟15 d后陆续产卵,卵胚能够发育,但不能破壳。正常受精卵孵化48 h后在卵壳的一端出现一斜圆环状裂痕,胚胎从此处破壳,而前者没有裂痕。本文分析,在生殖器官的形态解剖上,阴茎腔与输卵管相通,正常情况下,雌性生殖器官先发育成熟,接受异体精子,由于异体精子先充满交配囊,后充满受精囊。待自体精子成熟时,很难实现自体受精。卵胚发育而不能出壳的现象,是没有获得异体精子而出现自体受精。另一方面,单养涡虫延迟15 d产卵,正常涡虫产卵周期分别为5~6 d(中国小达氏涡虫)和10 d(大变杰氏涡虫),卵细胞受精至产出卵需1 d,本文认为生殖器官成熟时间雄性滞后于雌性13 d左右。也就是说,正常情况下这两种涡虫几乎不会出现自体受精。

3.3 涡虫的分布、繁殖与淡水生态环境的关系

淡水涡虫在平原、山区及丘陵地区的河流、湖泊和池塘内广泛分布。我们在深圳、汕头、湛江等市区或郊区的池塘、小河和水沟中采到不同种类的涡虫,甚至在生活污水污染严重的池塘采集到三肠目(*Tricladida*)、大口虫目(*Macrostomida*)、链虫目(*Catenulida*)和单肠目

(*Rhabdocoela*)涡虫。由此可见,我国有丰富的涡虫资源。

经数年的涡虫采集和饲养观察发现,不同种类涡虫适应环境的能力存在很大差异。大变杰氏涡虫生活于重污染水域(内有绿眼虫),极易人工繁殖,有些杰氏涡虫生活在水的源头,对水质的理化条件要求高,不易人工饲养。深圳杰氏涡虫(*Gieysztorina shenzhenensis*)^[5]于1999年首次在深圳大学文山湖发现,但近年该湖污染严重,湖面漂浮一层蓝藻,涡虫在该湖绝迹。一些来自清澈溪流中的涡虫,当水体变质或食物缺乏时,个体不能正常产卵,体内出现多卵现象,数日后卵在母体内发育。在污染水体中采集到的涡虫无此现象。该现象是涡虫对不利环境的一种适应策略,延迟卵胚的发育,有利于保护后代繁衍,还是环境不利造成涡虫难产,有待进一步研究。该现象表明,对环境敏感的涡虫类群,从它们的产卵行为可以了解其对环境的适应能力,同时也提示对环境保护的迫切性。

3.4 涡虫在淡水生态环境中的作用 涡虫在生态系统中的作用近些年开始引起关注^[1]。本文认为涡虫在维持淡水生态系统方面具有不可忽视的作用。我们采集涡虫时发现,地处深圳市郊坪山水库大坝附近的一个池塘,上有猪圈,猪排泄物流入池塘。水体应属于富营养化水质,但池水清澈见底,水体内无水生植物,有螺类等多种无脊椎水生动物。我们在池塘内采集到数百条三肠目、大口虫目^[6]、单肠目^[7]和链虫目等多种涡虫种类及百余条水螅。本文认为猪排泄物引发细菌繁殖,促进原生动物、轮虫和水蚤的繁衍,为水螅、涡虫提供饵料,同时原生动物、轮虫、水蚤、水螅和涡虫是小鱼的饵料。涡虫能及时清理水蚤等动物残骸,将底层能量传递给上层动物,维持该水体的生态平衡(图4)。该现象提示,在富营养化程度不高的水域中引入一些耐污的涡虫种类,至少有可能控制水体富营养化的进程。在两个高60 cm×70 cm×40 cm的养有水蚤和数条水草的水族箱内,一个箱内放入一些涡虫(主要是三肠目、大口虫目和单肠目种类),另一个作对照。3周后,没有放涡

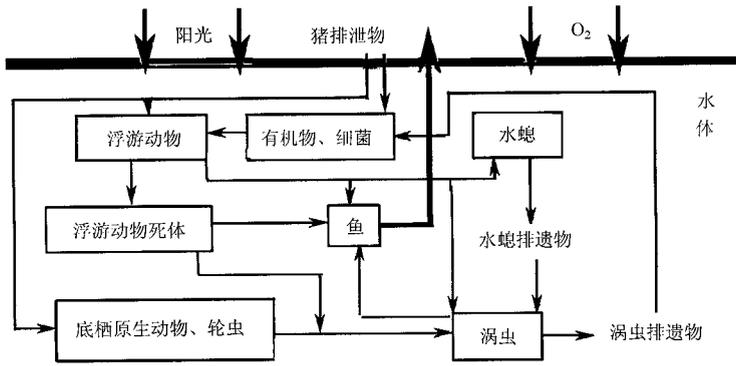


图 4 涡虫、水媳协同净化富营养水体示意图

虫的水箱内的水蚤全部死亡,水质发臭、浑浊;放入涡虫的水箱一切正常,水体清澈,水蚤生长良好。表明对涡虫的环境生态学研究具有一定的应用价值。

致谢 我院 2002 级卢锋同学采集中国小达氏涡虫标本,2003 级涂斌同学帮助培养部分涡虫,在此一并感谢。

参 考 文 献

[1] Reinhard M Rieger. 100 Years of Research on ' Turbellaria '. *Hydrobiologia* ,1998 ,**383** :1 ~ 27.

[2] Schärer L G Joss ,Sandne P R. Mating behaviour of the marine

turbellarian *Macrostomum* sp. : these worms suck. *Marine Biology* 2004 ,**145** :373 ~ 380.

[3] 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.

[4] 汪安泰,吴海龙. 达氏科中国一新记录属及三新种(扁形动物门,单肠目,达氏亚目). *动物分类学报* ,2005 ,**30**(2) :300 ~ 308.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

图 版 说 明

1~ 6. 中国小达氏涡虫;7~ 12. 大变杰氏涡虫九刺亚种。

1. 水平切;2. 前中部水平切;3. 头部水平切;4. 咽肠交界水平切;5. 过卵巢水平切;6 : A. 刚产出受精卵;B. 已发育的受精卵(箭头 裂痕);C. 已发育未受精卵;D. 孵化后的卵;7. 整装片;8. 纵切;9. 咽的前部;10. 咽肠交界处;11. 卵黄腺局部图;12. 整染显示的阴茎刺。

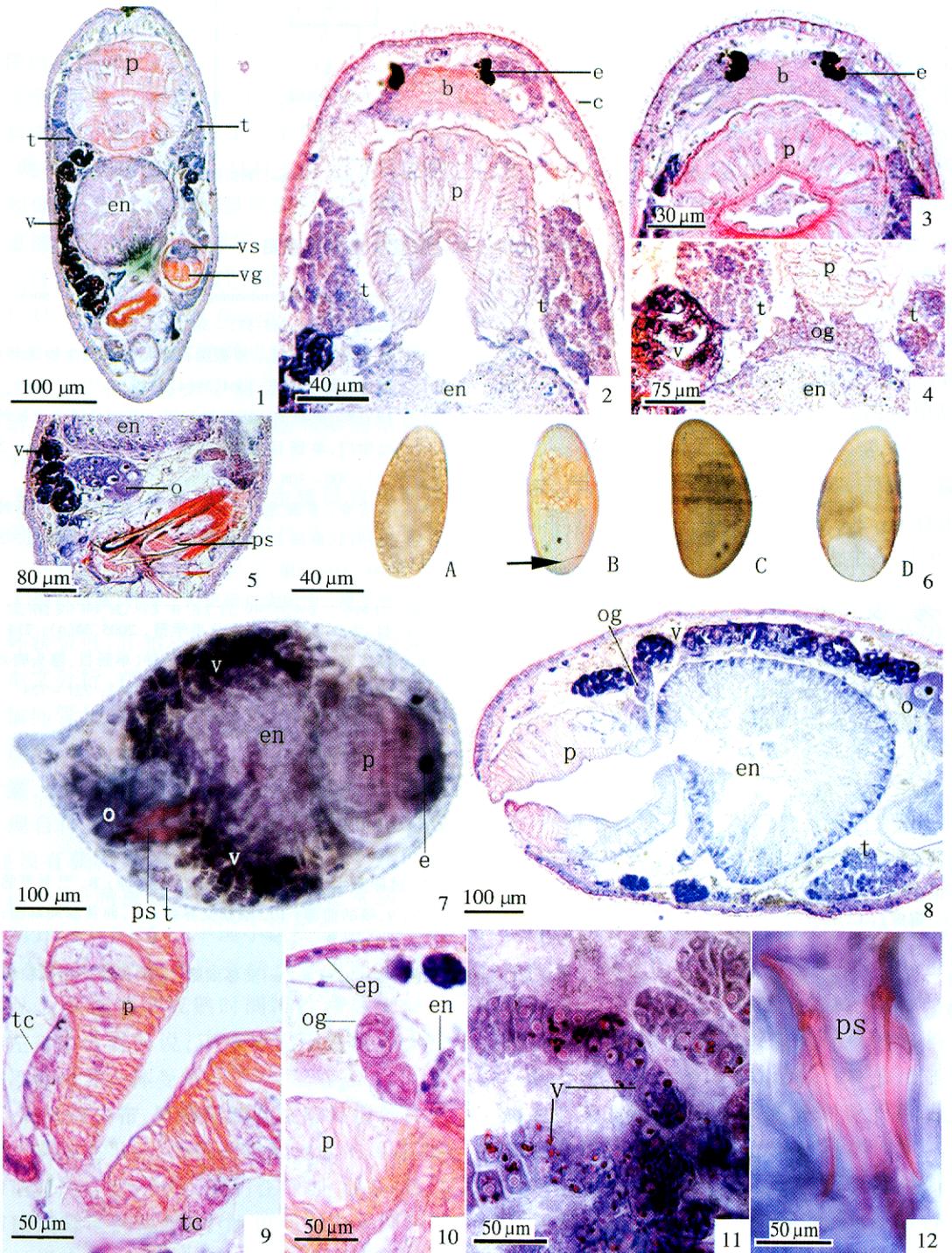
b. 脑; c. 纤毛; e. 眼; en. 肠; ep. 上皮; o. 卵巢; og. 食管腺; p. 咽; ps. 阴茎刺; t. 精巢; tc. 变移细胞; v. 卵黄腺; vg. 颗粒囊; vs. 储精囊。

易艳琼等:中国小达氏涡虫和大变杰氏涡虫的生物学特性

图版 I

YI Yan-Qiong *et al.*: The Biological Characteristics of *Microdalyellia sinensis* and *Gierystoria macrovariata* in China

Plate I



图版说明见文后