

中国海鞭毛藻新纪录目柄钟藻目一新纪录梨形假柄钟藻

殷明焱, 胡晓燕

(中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 对从青岛沿海分离的一株鞭毛藻进行了显微和超微结构研究, 发现其为中国海一新纪录种——梨形柄钟藻(*Pseudopedinella pyriforme* Carter)。该藻细胞为辐射对称结构; 具6个色素体, 色素体内侧具蛋白核, 与细胞核相邻; 线粒体具管状嵴; 细胞前端具一根鞭毛, 鞭毛向一侧加宽形成翼; 尾部具一与液泡相连的柄。这是中国柄钟藻目种类的首次报道。文中还对假柄钟藻属种类的分类状况和特征进行了评价。

关键词: 梨形柄钟藻(*Pseudopedinella pyriforme* Carter); 柄钟藻目; 超微结构; 分类

中图分类号: Q949.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2011)11-0069-04

柄钟藻类(Pedinelliod)的自养种类最初归在金藻类(Chrysophytes)的单鞭金藻目(Chromulinales)中^[1]。随着研究的深入, 人们发现该类群的种类在形态结构上与典型的金藻类赭球藻型(*Ochromonas* type)有着明显的区别。如具辐射对称的细胞结构, 鞭毛向一侧延伸形成具有加固带的翼, 鞭毛过渡区不具有螺旋纹, 有些种类前端具有触丝, 可营吞噬营养, 具有三聚体微管等。因此, 许多研究者对其分类地位及与其他类群的关系进行了探讨^[2-5]。Zimmermann等^[6]基于上述特征将自养的柄钟藻属(*Pedinella*), 假柄钟藻属(*Pseudopedinella*), 无柄钟藻属(*Apedinella*)和被划分在原生动物中的3属异养类群毛幅虫属(*Ciliophrys*), 蕨球虫属(*Pteridomonas*), 光滴虫属(*Actinomonas*)归结一起建立了柄钟藻目(Pedinellales)。随后的研究者将该目和根单鞭金藻目(Rhizochromulinales), 硅鞭藻目(Dictyochales)等结合建立了硅鞭藻纲(Dictyochophyceae)^[7]。而该分类系统也得到了随后的形态学研究^[8]和分子生物学数据^[9]的支持。

作者在对山东近海的微型鞭毛藻进行的分离和培养过程中, 多次观察到一柄钟藻类生物的存在, 并于2005年建立了单藻培养。经过显微和超微结构研究发现, 其为中国海洋鞭毛藻的一个新纪录梨形假柄钟藻(*Pseudopedinella pyriforme* Carter), 这也是中国柄钟藻目种类的首次报道。

1 材料和方法

1.1 藻种的获得和培养

藻种采集于2005年12月15日青岛沿岸的水样

中, 经毛细管挑取法分离纯化至单藻, 用PES培养基, 在水温15℃, 光照3000lx, 光暗周期为12h/12h条件下培养。

1.2 显微观察

将活体或经Lugol固定液固定的纯培养样品在显微镜下观察。

1.3 扫描电镜观察

样品用50%的戊二醇固定至最终浓度2.5%, 离心后涂抹于载玻片上, 二氧化碳临界点干燥, 离子溅射喷金镀膜, 然后在JM-840扫描电镜下观察。

1.4 投射电镜观察

细胞经5%戊二醛固定12h, 离心后用0.2 mol/L磷酸缓冲液(pH7.2)冲洗, 然后按系列浓度丙酮脱水, Epon-812树脂包埋, 聚合后切片, 醋酸铀和柠檬酸铅双染色后, 在JM-1200EX投射电镜下观察。

2 结果

在光学显微镜下, 藻细胞通常为桶形至梨形, 长6~8 μm, 宽8~10 μm。前端具一长约25~40 μm甚至可达60 μm的鞭毛, 后端具一拖曳柄。该藻为单细胞自由游泳的种类, 不固着于任何物体上, 尾柄不作为固着器官。鞭毛在一个平面上做波浪运动, 细胞

收稿日期: 2011-01-15; 修回日期: 2011-03-22

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-3-04-09)

作者简介: 殷明焱(1973-), 男, 山东威海人, 博士, 助理研究员, 主要从事微型鞭毛藻分类研究, E-mail: yinmy@yahoo.com.cn; 胡晓燕, 通信作者, 电话: 0532-82898856, E-mail: xyhu@qdio.ac.cn

围绕长轴旋转,柄呈伸直状态,从而推动细胞作匀速前进。有时细胞会突然加速,鞭毛快速运动而正弦波不可见。

在扫描电镜下可见细胞具有 6 个色素体,分列于细胞周边,与细胞近似等长。叶绿体向细胞表面一侧突出,相互之间形成较深的沟槽,从而使整个细胞呈现特征性的辐射对称结构(图 1a、图 1b)。超薄切片显示,色素体片层沿纵向排列成 4~6 层,每层由 3 层类囊体组成。在每个色素体的内侧具有一个突起的蛋白核,向内与细胞核相邻。细胞核位于细胞正中,大而圆。线粒体通常位于两个相邻的蛋白核和细胞核之间的三角地带,嵴为管状(图 1c)。在这些细胞器中间常可观察到成束的微管存在(图 1g)。

该藻仅具一根可见的鞭毛,鞭毛从细胞的前端正中的一个凹陷中央伸出(图 1a、图 1d-f)。鞭毛为 9+2 微管结构,其一侧向外扩展为特征性的翼结构,翼由一个电镜下染色较深的杆(加固带)支撑着(图 1d、图 1e)。鞭毛通过过渡区与基体相连。过渡区不具螺旋纹,具有一个中央加厚的横隔板。横隔板位于鞭毛与细胞膜连接处略靠上的位置,与基体及鞭毛的周边微管相连。基体位于过渡区下方,为 9 组微管结构(图 1e)。除鞭毛基体外,细胞还具另外一个基体,其长度约为鞭毛基体的一半。两个基体的基部均位于细胞核前端的一个凹陷中,相互之间成一定的角度(图 1e、图 1i、图 1j)。在基体和鞭毛基部两侧的细胞质中,可观察到具有许多充满基质的小泡。此外,还可观察到三联体微管的存在(图 1d)。

高尔基体位于细胞核的正下方,其外侧由呈哑铃状的囊泡垛叠而成,中间则包围着复杂的液泡系统(图 1i-l)。其中有一大的液泡与细胞尾部的拖曳柄相连(图 1l)。拖曳柄在活体时为线状,有时有分枝,长度可达 200 μm,而在电镜下常因固定等原因变形或萎缩。该柄由两层膜组成,其外膜与细胞膜相连,内膜与大液泡相通(图 1l)。液泡和拖曳柄的管状过渡部分由电子染色较深的物质包围着,向外侧则与一些丝状结构相连。Zimmermann 等^[6]称其为括约结构(sphincter),认为它们可能在细胞运动中起到调节细胞后部所受压力的作用。

3 讨论

基于以下几点,本文报道的种类可确认为梨形假柄钟藻。首先,该种为海水种,且无论从细胞大小,形态和运动方式等特征均与 Carter^[10]的初始报道一

致。其次,其超微结构与 Ostroff 等^[5]的观察结果基本吻合。需要指出的是,作者在青岛沿海连续多年秋冬季节的海水样品中,均观察到了该种的存在。2005 年 12 月在山东威海沿海也采集到了该种,因此该种应为中国黄海海域的一个常见种。

假柄钟藻属是 Carter^[10]建立的,其模式种便为梨形假柄钟藻。迄今该属已描述了 9 个不同物种。但是超过半数的物种仅见于初次描述中,且分类依据主要为细胞的形状和大小,鞭毛的长短,触丝的有无,拖曳柄的长短等光镜下形态特征^[2]。Zimmermann 等^[6]在建立柄钟藻目时,就指出上述特征往往随培养条件(培养时间、盐度等)变化而改变,已鉴定种类中许多种很可能为同一种类的不同生长状态或生态型。作者在培养梨形假柄钟藻过程中,也

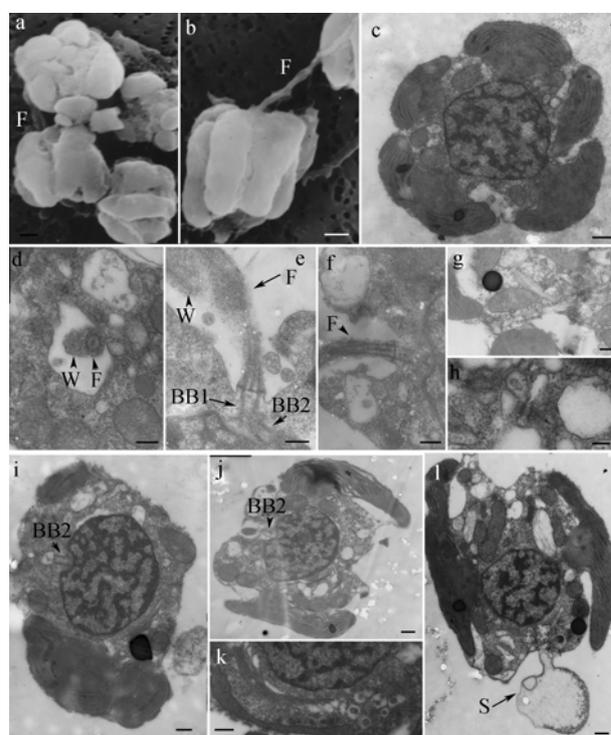


图 1 梨形柄钟藻的电镜超微结构

Fig. 1 The electron microscopic ultrastructures of *Pseudopedinella pyriforme*

a, b. 扫描电镜图片; c. 细胞横切图; d. 鞭毛横切图; e, f. 鞭毛纵切图; g. 微管束切片图; h. 细胞尾部纵切; i-l. 细胞纵切图

F. 鞭毛; W. 鞭毛的翼; BB1. 鞭毛基体; BB2. 第二基体; S. 拖曳柄

标尺: a, b. 1 μm; c-f, i-j. 0.5 μm; g, h. 0.2 μm
a, b. Cells under SEM; c. Transverse section of the cell; d. Transverse section of the flagellum; e, f. Longitudinal section of the flagellum; g. Section of microtubule bundles; h. Longitudinal section of the posterior end of the cell; i-l. Longitudinal section of the cell
F. Flagellum; W. Wing of the flagellum; BB1. Flagellar basal body; BB2. The second basal body; S. The trailing stalk
Scale bar: a, b. 1 μm; c-f, i-j. 0.5 μm; g, h. 0.2 μm

发现了这一现象。例如, 在培养后期常可观察到一些圆形个体, 大小是正常细胞的 2~3 倍, 鞭毛和拖曳柄均可消失。此外, 触丝也不是一个稳定的种类划分特征。例如, 在最初的报道中, 弹性假柄钟藻(*P. elastica*)不具触丝的存在^[11]。但是 Zimmermann 等^[6]观察发现该藻有时也可产生触丝。Thomsen^[12]甚至认为所有的柄钟藻都具有产生触丝的潜力。因此, 已鉴定的许多假柄钟藻属的种类的形态描述并不准确, 有必要对其进行重新划分和界定^[6]。但是同上所述, 由于多数种类仅见于初次报道中, 这就给该项工作带来了很大的难度。

目前, 假柄钟藻属种类中有超微结构研究的有 3 种, 分别为梨形假柄钟藻、弹性假柄钟藻和汤氏假柄钟藻(*P. thomsenii*)。其中, 汤氏假柄钟藻具有 3 个色素体。而梨形假柄钟藻弹性和弹性假柄钟藻则除生活环境和细胞大小不同外(弹性假柄钟藻为淡水种, 细胞大小为梨形假柄钟藻的 1.5~2 倍), 超微结构十分相似。Sekiguchi 等^[9]总结了柄钟藻目的 33 项超微结构特征作为系统分析的依据, 其中除少数几项未观察的特征外, 梨形假柄钟藻的其他特征均与弹性假柄钟藻一致。而作者的观察进一步证实了上述结果, 如本文观察到的鞭毛过渡区与弹性假柄钟藻基本一致, 同时尾部也具有类似的括约结构等。Zimmermann 等^[6]基于上述超微结构的类似提出这两个种可能为同一个种的不同生态型。但是考虑到它们之间细胞大小的显著差异和生活环境的明显不同, 上述结论显然还需要对不同生境和地域的培养株系进行进一步的形态、生理和分子生物学研究来验证。

参考文献:

- [1] Bourrelly P. Recherches sur les Chrysophycées [J]. Revue Algologique, Mémoire Hors-série, 1957, 1: 1-412.
- [2] Swale E M F. A study of the nanoplankton flagellate *Pedinella hexacostata* Vysotskii by light and electron microscopy [J]. British Phycological Journal, 1969, 4: 65-86.
- [3] Thronsen J. *Apedinella* gen. nov. and the fine structure of *A. spinifera* (Thronsen) comb [J]. Norwegian Journal of Botany, 1971, 18: 47-64.
- [4] Hibberd D J. The ultrastructure and taxonomy of the Chrysophyceae and Prymnesiophyceae (Haptophyceae): a survey with some new observations on the ultrastructure of the Chrysophyceae [J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 1976, 72: 55-80.
- [5] Ostroff C R, Van Valkenburg S D. The fine structure of *Pseudopedinella pyriforme* Carter (Chrysophyceae) [J]. British Phycological Journal, 1978, 13: 35-49.
- [6] Zimmermann B, Moestrup Ø, Hallfors G. Chrysophyte or Heliozoon: ultrastructural studies on a cultured species of *Pseudopedinella* (Pedinellales ord. nov.), with comments on species taxonomy [J]. Protistologica, 1984, 20: 591-612.
- [7] Moestrup Ø. Current status of chrysophyte 'splinter groups': synurophytes, pedinellids, silicoflagellates [A]. Sandgren C D, Smol J P, Kristiansen J. Chrysophyte algae: ecology, phylogeny and development [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, 75-81.
- [8] Daugbjerg N. *Mesopedinella arctica* (Pedinellales) II. Phylogeny of mesopedinella, including a cladistic analysis of Dictyochophyceae [J]. Phycologia, 1996, 35: 563-568.
- [9] Sekiguchi H, Kawachi M, Nakayama T, et al. A taxonomic re-evaluation of the Pedinellales (Dictyochophyceae), based on morphological, behavioural and molecular data [J]. Phycologia, 2003, 42:165-182.
- [10] Carter N. New or interesting algae from brackish water [J]. Archiv für Protistenkunde, 1937, 90: 1-68.
- [11] Skuja H. Taxonomie des phytoplanktons einiger seen in Uppland, Schweden [J]. Symbolae Botanicae Upsaliensis, 1948, 10: 1-399.
- [12] Thomsen H A. Ultrastructural studies of the flagellate and cyst stages of *Pseudopedinella tricostata* (Pedinellales, Chrysophyceae) [J]. British Phycological Journal, 1988, 23: 1-16.

First report of a species of Pedinellales, *Pseudopedinella pyriforme* from China Sea

YIN Ming-yan, HU Xiao-yan

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Jan., 15, 2011

Key words: *Pseudopedinella pyriforme*; Pedinellales; ultrastructure; taxonomy

Abstract: A Strain *Pseudopedinella pyriforme* was isolated from coast of Qingdao and its microanatomy was studied by light microscope and electronic microscope. The cells are radially symmetrical and possess six chloroplasts, each with a bulging pyrenoid that is connected with the nucleus. The mitochondrial cristae are tubular. Cells possess one emergent flagellum carrying a wing. A trailing stalk is present at the posterior end of cells and connected to the vacuole system. This is the first species of Pedinellales reported in China. The taxonomic status and characteristics of *Pseudopedinella* are also discussed.

(本文编辑: 梁德海)

《海洋科学》2012年征订启事

《海洋科学》是由中国科学院海洋研究所主办、科学出版社出版的学术性期刊,是中国自然科学核心期刊、华东地区优秀期刊、山东省优秀期刊。本刊以密切联系生产实际、服务于我国现代化建设为宗旨,及时、快速报道海洋学及其分支学科的新成果、新理论、新观点、新工艺及新进展等,对重大科研和应用性研究成果特别予以优先报道。主要刊载内容有:海洋生物、海洋水产生产、海洋活性物质提取、海洋环境保护、海洋物理、物理海洋、海洋地质、海洋化学、海洋工程、海洋仪器研制等方面的学术论文、研究报告、研究简报、专题综述、学术讨论和争鸣、学术动态以及新产品介绍(有偿刊登)等。

本刊为月刊,每月15日出版,大16开本,96页,每期定价30元,全年定价360元。本刊国内外公开发行(国际刊号:ISSN1000-3096;国内刊号:CN37-1151/P;国内邮发代码:2-655;国外发行代号:M6666)。全国各地邮局均可订阅。欢迎各科研机构、高等院校、生产厂家和从事该领域研究的科技人员踊跃订阅。邮局订阅不便者可直接向本刊编辑部订购。本刊发行量在同类期刊中名列前茅,订户遍及全国20多个省、市、自治区,影响面广,宣传力大,欢迎广大的广告客户在本刊刊登广告,价格优惠。

欢迎订阅《海洋科学》 欢迎广告惠顾

《海洋科学》编辑部地址:山东省青岛市南海路7号,266071

电话及传真:0532-82898755

E-mail: pxzhang@qdio.ac.cn