

我国微型硅藻类的新记录属——微壳藻属

¹李 扬 ²高亚辉* ^{1,3}吕颂辉

¹(华南师范大学生命科学学院, 广东省植物发育生物工程重点实验室 广州 510631)

²(厦门大学生命科学学院 厦门 361005)

³(暨南大学赤潮与水环境研究中心 广州 510632)

Nanofrustulum, a new record of nanodiatom genus in China

¹Yang LI ²Ya-Hui GAO* ^{1,3}Song-Hui LÜ

¹(College of Life Sciences, South China Normal University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Biotechnology for Plant Development, Guangzhou 510631, China)

²(School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

³(Institute of Harmful Algae and Aquatic Environment, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract Marine nanoplanktonic diatoms have been frequently either underestimated or overlooked in phytoplankton investigations due to their small size (2–20 µm) which will mostly pass through a regular phytoplankton net of 76 µm pore size. For nanoplanktonic diatom classification, water samples (each 2000 mL) were collected from several representative sea areas of China coast. *Nanofrustulum* Round, Hallsteinsen & Paasche was identified as a newly recorded diatom genus for China under transmission electron microscope (TEM). Its sole species was found, i.e., *N. shiloi* (Lee, Reimer & McEney) Round, Hallsteinsen & Paasche. Detailed description of the taxonomic characteristics with TEM photographs of this species and its ecological behavior and distribution are given in this paper. Morphological characteristics comparisons among several resembling genera were discussed.

Key words nanodiatom, *Nanofrustulum*, new record.

摘要 微型硅藻是海洋浮游植物的重要组成类群, 由于其个体微小, 在以往的研究中大多被忽略了。本文利用透射电镜(TEM)对若干采自我国沿海海域的样品进行观察, 经鉴定, 确认一个我国微型硅藻类的新记录属——微壳藻属 *Nanofrustulum* Round, Hallsteinsen & Paasche 1999。对该属及该属一个新记录种的主要形态学特征进行了描述, 提供了透射电镜下的照片, 并对相似属种进行了形态学比较研究。

关键词 微型硅藻; 微壳藻属; 新记录

微型硅藻(nanodiatom)的个体长度在20 µm以下, 它是微型浮游生物的重要组成部分(Hallegraeff, 1981, 1984), 尤其是在以硅藻为主的近海海域, 微型硅藻的生物量在大部分海区均超过小型硅藻(高亚辉, 1990; 程兆第等, 1993; Gao et al., 2003), 但是, 在网采浮游植物中(孔径76 µm)和光学显微镜下, 它们几乎都被忽略了。微型硅藻在海洋生态系统中具有非常重要的生态作用: 第一, 它们个体小, 周转速率快, 生物量高, 是重要的初级生产者; 第二, 微型硅藻是很多经济动物幼体的优质饵料生

物, 和渔业产量有很大的联系; 第三, 有些微型硅藻种类, 如骨条藻属 *Skeletonema*、海链藻属 *Thalassiosira*、角毛藻属 *Chaetoceros* 等的种类还是我国沿海重要的赤潮原因种; 第四, 有些种类的微型硅藻还可以作为水环境检测的生物指标。

有学者对我国沿海局部海域进行了微型硅藻专题研究(程兆第等, 1993; 刘师成等, 1994; Jiao & Gao, 1995; Gao et al., 2003; Li & Gao, 2003; Li et al., 2004), 为今后工作的深入开展奠定了一定的基础。但我国近海海域辽阔, 以往的研究在调查的时间和空间范围上, 都还是有限的。本文采用透射电镜技术对我国沿海的若干样品进行观察, 报道了一个微型硅藻类的新记录属, 以及该属的唯一物种。

2007-08-27 收稿, 2008-02-28 收修改稿。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: gaoyh@xmu.edu.cn)。

1 材料和方法

样品于2004年12月18日采自香港西贡红树林区, 在林区内的潮间带设置2个相距约200 m的样点, 用小体积柱形采水器在样点分别采集海水2 L, 立即用鲁哥氏液(Lugol's solution)固定, 带回实验室。同时测量现场的水文数据, 如水温、盐度、pH等。固定后的水样经过多次的静置、沉淀, 逐步浓缩到5–10 mL。在浓缩后的样品中加入等体积的浓硫酸(浓盐酸), 并在水浴中煮沸15–20 min, 具体时间可根据有机质含量的多少而定。然后加入蒸馏水多次水洗至中性(程兆第等, 1993)。用微量进样器吸取约5 μ L处理后的样品, 均匀平铺在微孔铜网上, 自然晾干或白炽灯下烘干。然后置于TEM下观察、计数和拍照。每个样品重复观察几片铜网。取平均值, 并换算出每升水样中的细胞个数。对于个别现场无法马上鉴定的种类, 拍照后, 参考有关硅藻分类文献资料进行种类的鉴定(Boyer, 1927; 高亚辉, 1990; 程兆第等, 1993; Round et al., 1999)。

样品编号为HK20041218-1和HK20041218-2, 现保存于厦门大学生命科学学院硅藻实验室的样品陈列柜中。

2 结果

微壳藻属

Nanofrustulum Round, Hallsteinsen & Paasche in *Diatom Research* 14 (2): 343, figs. 1–33. 1999.

本属种类壳面均较小, 圆形或卵圆形, 直径一般在2–6 μ m之间。细胞依靠壳缘的一圈刺可形成短链状群体。壳面纵轴有或宽或窄的中轴区, 舟形或线形, 两侧有排列的点纹, 每排点纹的数目多变, 点纹内有窗纹状结构。纵轴区两端接近壳套处分别有一个多孔区或有一个明显区别于壳面其他点纹的较小点纹。壳缘有一圈显著的刺。壳套处也分布有点纹, 位于壳缘刺的下方。

本属种类为近岸性分布种, 主要分布在热带和亚热带海域, 但细胞丰度相对较低, 细胞壳面的大小随盐度的变化而有明显的变化。自由生活或附着生活或共生(Round et al., 1999)。

目前, 本属只含有一个物种: 施氏微壳藻 *N. shiloi*。

施氏微壳藻 图1, 2

Nanofrustulum shiloi (Lee, Reimer & McEnery) Round, Hallsteinsen & Paasche in *Diatom Research* 14 (2): 343, figs. 1–33. 1999; Sar & Sunesen in *Nova Hedwigia* 77: 399, figs. 2–26. 2003. — *Fragilaria shiloi* Lee, Reimer & McEnery in *Batavica Marine* 23: 43, figs. 12, 13, 1980. — *Pseudostaurosira shiloi* Hallegraeff & Burford in *Nova Hedwigia*, Beiheft 112: 329. 1996.

Opephora pinnata (*Fragilaria pinnata* Ehr.) Petit in *Diatomacées* 111. 1889. — *Fragilaria pinnata* Hargraves & Levandowsky in *Nova Hedwigia* 21: 321. 1972.

细胞间通过壳缘刺的相互交锁而形成短的链状群体(群体易断裂)。壳面圆形或卵圆形, 直径2–6 μ m, 我们的标本直径2–2.2 μ m。壳面平或略突起, 壳套弯曲或垂直。壳面中央具中轴区(拟壳缝), 舟形或线形, 两侧由孔纹组成的点条纹放射状排列, 孔纹形状多变, 圆形或延长成条形, 尤其是在壳套部。壳面中央区或有一些疣状突, 也有较平的。壳缘刺位于壳面点条纹的外围, 刺的基部通常有一个向下的突起结构。壳缘刺的下方还有一圈孔纹。纵轴区的两端会有一块多孔区或一个小的点纹。本文未能观察到壳环面结构, 据以往资料记载, 本种壳环带有很多通过相互交锁而连接在一起的片段, 无孔纹, 有桥状缘结构(Sar & Sunesen, 2003)。

本种的壳面外形多变化, 会因为分布海域的不同或营养条件的变化而不同(Sar & Sunesen, 2003)。

生态: 自由生活, 或附着于海草和大型海藻上, 或与海绵等海洋生物共生。

分布: 标本采自香港西贡红树林区的潮间带海水(12月), 样品编号HK20041218-1, 本种在标本中的细胞丰度低, 只观察到若干细胞的壳面, 未观察到群体形态。本种为近岸性分布种, 主要分布在热带和亚热带海域, 但细胞丰度相对较低。曾记录于挪威奥斯陆的Drøbak Sound (59°40' N, 10°37' E), 英格兰南部海域(Round et al., 1999), 澳大利亚Gulf of Carpentaria (Hallegraeff & Burford, 1996), 美国加利福尼亚沿岸海域, 阿根廷Gulf of San Matías(Sar & Sunesen, 2003)。

3 讨论

在以往的研究中, 因为本属的壳面呈圆形, 壳

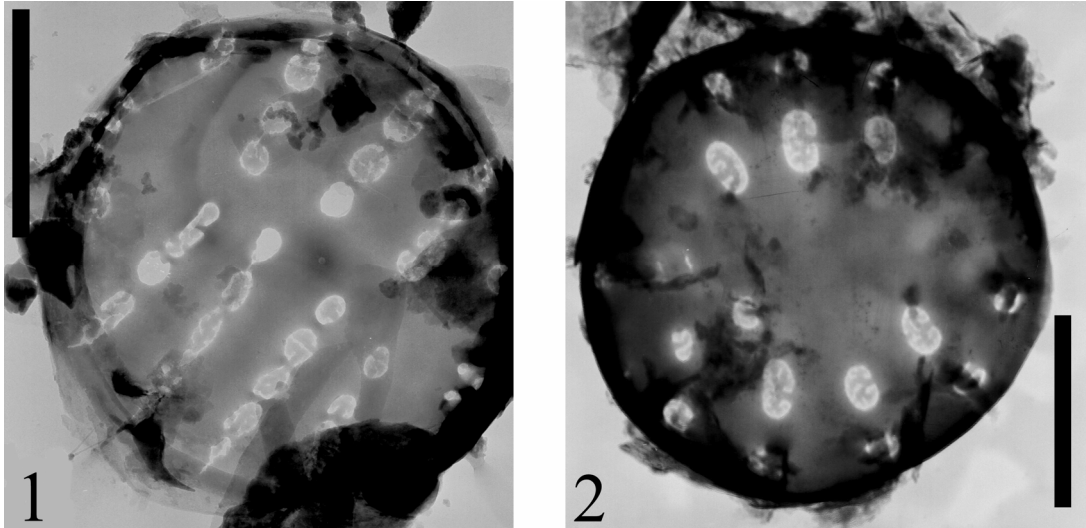


图1, 2 施氏微壳藻, 示不同的壳面特征 1. 示狭长的拟壳缝, 纵轴端具多孔区。2. 示中部较宽的拟壳缝。最外一环孔纹内侧的黑色结构为壳缘刺。

Figs. 1, 2. *Nanofrustulum shiloi*, indicating different valve ornaments. 1. A narrow sternum and a group of pores at the ends of the sternum. 2. A central elongate sternum and marginal spines near the most outside alveoli. Scale bars=1 μm.

面孔纹和壳缘刺规则分布, 所以常被误认为是中心纲硅藻种类, 但实际上, 本属的壳面有或宽或窄的拟壳缝, 孔纹在拟壳缝的两侧对称分布, 所以应该隶属于羽纹纲硅藻, 隶属于等片藻目Diatomales等片藻科Diatomaceae。

本属种类与无管眼藻属*Extubocellulus* Hasle, Von Stosch & Syvertsen和微眼藻属*Minutocellus* Hasle, Von Stosch & Syvertsen的种类在细胞个体的大小上较为相似, 均属于极微小的种类, 细胞壳面直径一般都在2-6 μm, 壳缘分布有刺, 壳面分布有孔纹, 孔纹内都具有窗纹结构。本属种类与它们的主要差别是: 壳面中部有明显的中轴区, 孔纹规则分布在在中轴区的两侧, 壳面近两端处没有显著的长刺。而无管眼藻属和微眼藻属种类在其中一个壳面的两端具有明显延伸的长刺, 这是它们的典型特征; 另外, 它们壳面的孔纹为不规则分布, 没有明显的中轴区。

施氏微壳藻的生活类型多样化, Hendey (1964)曾报道该种附着生活在海藻(主要是大型绿藻)上, 由于群体易断裂等原因, 该种也可漂浮生活在海水中, Round等(1999)、Sar和Sunesen (2003)以及本文的标本均取自海水, 另外, Lee等(1980)曾于1980年从红海海域的有孔虫体内分离培养获得施氏微壳藻, R. Ebel曾于1995年6月从一只地中海海绵*Aphysina*

aerophoba Caissara体内分离到本种(法国南部Banyuls), 并成功培养(Round et al., 1999)。

施氏微壳藻壳面的形态学特征多变, Round等(1999)曾对6株施氏微壳藻进行了较详细的形态学观察, 均观察到细微的形态学差别, 例如壳面中央区或平, 或具疣状突起; 壳缘刺长或短; 拟壳缝的两端均具有多孔区, 或只具有一个小的孔纹等等, 因此, 施氏微壳藻是一个具有复合形态的物种(Sar & Sunesen, 2003)。本文观察到两类不同的壳面特征: 一类是壳面具有明显的线形中轴区(拟壳缝), 壳面孔纹排列整齐, 并规则地分布在在中轴区两侧, 中轴区两端均有多孔区(由多个较小的孔纹密集所构成的区域); 另一类是壳面没有明显的线形中轴区, 但是具有显著的椭圆形或纺锤形的中央无纹区, 两侧有规则对称分布的孔纹, 中央无纹区的纵轴端到达壳端, 并且在靠近纵轴壳端的位置分布有一个较小的孔。施氏微壳藻这些复合多变的特征并非以相对固定的搭配出现, 而是可以存在多种组合, 例如具有线形中轴区的壳面可以具有多孔区, 也可以出现单个小孔纹的结构; 具有成列孔纹的壳面也可能在中轴区两端出现多孔区, 或者是单个小孔的结构等等, 这就使得该种的壳面形态学特征更加多变和复杂。由于施氏微壳藻在样品中的细胞含量很低, 本文只观察到若干个壳面结构, 因此未能

获得足够的形态学特征来反映施氏微壳藻的复合形态这一典型特征。

施氏微壳藻细胞的壳面直径只有2–6 μm , 被认为是目前已知的最小的硅藻种类之一。与其他较小的硅藻物种相比, 本种的生长速率较慢, 最快的细胞分裂速率不超过每天0.6–1次, 最适生长温度范围是16–25 $^{\circ}\text{C}$, 盐度条件是1.5% (Round et al., 1999; Sar & Sunesen, 2003)。在Round等对该种进行详细的电镜观察之前, 曾有多位学者观察到该种, 并命名了多个种名, 最常用的是*Fragilaria pinnata* Ehrenberg。Boyer (1927)将该种隶属于*Opephora*。Williams和Round (1987)则认为该种不具备*Fragilaria*属的特征。Hallegraeff和Burford (1996)认为该种应该隶属于*Pseudostaurosira*属。然而*Fragilaria*属和*Pseudostaurosira*属都是典型的淡水种类, 施氏微壳藻虽然分布广泛, 但均为海水生活, 因此, Round等(1999)建议成立一个新属以包括该种, 鉴于极其微小的细胞壳面直径, 所以命名为微壳藻属*Nanofrustulum*。由于施氏微壳藻个体极其微小, 在样品的采集和观察上具有相当的难度, 在微壳藻属建立至今, 报道该属的文献很少, Sar和Sunesen (2003)在阿根廷的San Matias湾曾采到施氏微壳藻的标本, 经过观察, 他们认同Round等的观点, 并沿用了新的分类系统。我们认为, 除了海水生活的生境特征之外, 施氏微壳藻还具有一些独特的形态学特征, 如极其微小的细胞个体、具有复合形态特征等等, 尤其是多变的复合形态特征, 这一点在脆杆藻属*Fragilaria*等其他属的种类中均未观察到, 因此, 我们也同意Round等的观点, 认为应该独立成属, 建立微壳藻属*Nanofrustulum*, 以往关于施氏微壳藻的同种异名也应当进行相应的修正。

致谢 国家自然科学基金(No. 40476055, 30499340, 40627001)资助, 科技部基础性工作专项(2006FY-120100); 中国水产科学研究院南海水产研究所农业部渔业生态环境重点实验室开放课题资助(2006-7)。

参考文献

Boyer CS. 1927. Synopsis of North American Diatomaceae. Parts 1 & 2. Philadelphia: Proceedings of the Academy of

- Natural Sciences.
- Chen Z-D (程兆第), Gao Y-H (高亚辉), Liu S-C (刘师成). 1993. Nanodiatoms in Fujian coast (福建沿岸微型硅藻). Beijing: China Ocean Press. 1–93.
- Gao Y-H, Chen C-P, Li Y. 2003. Marine nanoplanktonic diatoms from coastal waters of Hong Kong. In: Morton B ed. Perspective on marine environment change in Hong Kong and Southern China, 1977–2001. Hong Kong: Hong Kong University Press. 93–107.
- Gao Y-H (高亚辉). 1990. Studies on nanophytoplankton in Xiamen Harbour (厦门港微型浮游生物研究). Ph.D. Dissertation. Xiamen: Xiamen University. 1–5.
- Hallegraeff GM. 1981. Seasonal study of phytoplankton pigments and species at a coastal station off Sydney: importance of diatoms and the nanoplankton. Marine Biology 61: 107–118.
- Hallegraeff GM. 1984. Species of the diatom genus *Thalassiosira* in Australian waters. Botanica Marina 27: 495–513.
- Hallegraeff GM, Burford MA. 1996. Some new or little known plankton diatoms cultured from tropical and subtropical Australian shelf waters. Nova Hedwigia, Beiheft 112: 329–342.
- Hargraves PE, Levandowsky M. 1972. Fine structure of some brackish pond diatoms. Nova Hedwigia 21: 321–332.
- Hendey NI. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatomeae). In: Pascher A ed. Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Jena: Gustav Fisher. 10: 466.
- Jiao N-Z, Gao Y-H. 1995. Ecological studies on nanoplanktonic diatoms in Jiaozhou Bay, China. In: Dong JH, Jiao N-Z eds. Ecological studies of Jiaozhou Bay, a serial book of ecosystem studies in China. Beijing: Science Press. 96–102.
- Lee JJ, Reimer CH, McEnery ME. 1980. The identification of diatoms isolated as endosymbionts from large Formaminifera from the Gulf of Eilat (Red Sea) and the description of two new species, *Fragilaria shiloi* sp. nov. and *Navicula reissii* sp. nov. Botanica Marina 23: 41–48.
- Li Y, Gao Y-H. 2003. Four new recorded species of marine nanoplanktonic diatoms found in East China Sea and Huanghai Sea. Acta Oceanologica Sinica 22: 437–442.
- Li Y, Gao Y-H, Chen C-P, Liang J-R. 2004. *Nanoneis*, a newly recorded diatom genus from China and *Nanoneis longta* Li et Gao sp. nov. Acta Botanica Sinica 46: 788–792.
- Liu S-C (刘师成), Gao Y-H (高亚辉), Chen Z-D (程兆第). 1994. Nanodiatoms from Fujian coast in Winter. Acta Oceanologica Sinica (海洋学报) 16: 80–84.
- Round FE, Hallsteinsen H, Paasche E. 1999. On a previously controversial “Fragilariod” diatom now placed in a new genus *Nanofrustulum*. Diatom Research 14: 343–356.
- Sar EA, Sunesen I. 2003. *Nanofrustulum shiloi* (Bacillariophyceae) from the Gulf of San Matias (Argentina): Morphology, distribution and comments about nomenclature. Nova Hedwigia, Beiheft 77: 399–406.
- Williams DE, Round FE. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. Diatom Research 2: 267–288.