

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2018.40508

郭晓慧, 郭雅琼, 李扬. 小字海链藻双卫变种, 海链藻属一新变种 [J]. 植物科学学报, 2018, 36(4): 508~517

Guo XH, Guo YQ, Li Y. *Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis*, a new variety in the genus *Thalassiosira* [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(4): 508~517

小字海链藻双卫变种, 海链藻属一新变种

郭晓慧, 郭雅琼, 李扬*

(华南师范大学生命科学学院, 广州市亚热带生物多样性与环境生物监测重点实验室, 广东省水产健康安全养殖重点实验室, 广州 510631)

摘要:采用毛细管复洗技术建立海链藻属(*Thalassiosira*)物种的单克隆培养株系,结合形态学和分子系统学研究,对小字海链藻原变种(*Thalassiosira minuscula* var. *minuscula* Krasske)的形态特征进行观察,并报道了1个新变种:小字海链藻双卫变种(*T. minuscula* var. *bicustodis* X. H. Guo, Y. Q. Guo & Y. Li)。双卫变种与原变种的形态特征基本一致,区别仅在于唇形突的伴生支持突数目不同,双卫变种具有2个,原变种只有1个。基于对多个株系生活史的连续观察,确认其伴生支持突的数目稳定,具有分类学意义。

关键词:小字海链藻双卫变种; 小字海链藻原变种; 形态学; 核糖体小亚基; 核糖体大亚基

中图分类号: Q949.27 文献标识码: A 文章编号: 2095-0837(2018)04-0508-10

Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis*, a new variety in the genus *Thalassiosira

Guo Xiao-Hui, Guo Ya-Qiong, Li Yang*

(Guangzhou Key Laboratory of Subtropical Biodiversity and Biomonitoring, Guangdong Provincial Key Laboratory of Healthy and Safe Aquaculture, College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: To clarify the species diversity of the genus *Thalassiosira*, monoclonal strains were isolated and established from the Chinese coast. Morphology was observed using light and electron microscopy and sequences of small and large subunit nuclear ribosomal encoding genes were obtained to build phylogenetic relationships. Among 10 established *T. minuscula* Takano strains, morphological variations and corresponding molecular divergences were found. After comparison with the original description of *T. minuscula*, specimens with a rimoportula neighboring one fultoportula were assigned as *T. minuscula* var. *minuscula*, and those with a rimoportula neighboring two fultoportulae were proposed as a new variety, *T. minuscula* var. *bicustodis* X. H. Guo, Y. Q. Guo & Y. Li. On the phylogenetic trees inferred from small and large subunit nuclear ribosomal encoding genes, *T. minuscula* var. *minuscula* was clustered with *T. minuscula* var. *bicustodis* as a sister group ($BPP > 0.90$), thus showing their close relationship. These results, combined with the morphological and molecular data, support the erection of *T. minuscula* var. *bicustodis*.

Key words: *Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis*; *Thalassiosira minuscula* var. *minuscula*; Morphology; Small subunit ribosomal gene; Large subunit ribosomal gene

收稿日期: 2018-02-01, 退修日期: 2018-02-12。

基金项目: 国家自然科学基金(31570205, 31370235); 广州市科技计划项目(201607010370)资助。

This work was supported by grants from the National Natural Science Foundation of China (31570205, 31370235) and Science and Technology Foundation of Guangzhou (201607010370).

作者简介: 郭晓慧(1993-), 女, 硕士研究生, 主要从事藻类学研究(E-mail: guoxiaohuizi@126.com)。

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

海链藻属(*Thalassiosira*)是一类常见的海洋浮游硅藻, 是藻类学和水域生态学研究中不可缺少的组成部分^[1, 2]。海链藻属物种多样性丰富, 全世界已报道180多个现生种^[3], 而我国相关研究有限, 仍有较丰富的物种多样性未被发现和认知^[4, 5]。

20世纪50年代起, 电镜(EM)技术开始引入硅藻研究, 从而可以观察到更为细微的形态学特征。硅藻突起结构(支持突 *fultoportula*、唇形突 *rimoportula*、闭合突 *occluded process*)的发现具有重要意义, 极大促进了海链藻属的分类学研究。支持突是海链藻科物种的共同特征^[2, 6], 其数目、密度和排列方式是重要的分类依据^[1, 2, 7]。

然而, 也有极少数海链藻属物种的支持突数目存在变化的情况, 小字海链藻(*Thalassiosira minuscula* Krasske)即是其中的代表。该种的原始描述较为简单, 并未提及唇形突的伴生支持突^[8]。之后 Hasle^[9, 10]对该种进行了较为详细的形态学研究, 记录了该种唇形突有1个或2个伴生支持突。为了验证伴生支持突数目的稳定性, 准确界定小字海链藻的物种信息, 我们在中国海域建立了小字海链藻的单克隆培养株系, 结合形态学和分子系统学数据, 对其进行了分类学研究。经过与原始文献比对, 确认小字海链藻原变种的形态特征为: 唇形突具有1个伴生支持突, 而将唇形突具有2个伴生支持突的类群划分为新变种, 即: 小字海链藻双卫变种(*Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis* X. H. Guo, Y. Q. Guo & Y. Li)。

1 材料与方法

1.1 单克隆培养株系的建立

利用浮游植物网(孔径10 μm)进行水平拖网, 采集活体样品。在生物倒置显微镜下(Mshot MI-12), 利用毛细管复洗技术分离藻细胞, 转移至装有L培养基的48孔细胞培养板内^[11], 置于培养室进行培养。培养条件为: 光照强度50~80 μmol · m⁻² · s⁻¹、光照周期12 h : 12 h, 温度(20 ± 2)℃。培养5~7 d, 待细胞个数达到一定数量后(100个以上), 转移到三角瓶中培养。

海链藻属物种的个体微小, 在光镜下不能准确鉴定物种。在小字海链藻单克隆培养株系建立后, 尽快获取形态特征和目标基因序列, 结合形态学和分子系统学数据, 进行准确鉴定。本研究建立的小

字海链藻10个培养株系详见表1。

表1 小字海链藻单克隆株系信息

Table 1 List of *Thalassiosira minuscula* monoclonal strains established in this study

株系 Strain code	分离地点 Sampling site	采样时间 Sampling time
MC500	湛江	2015.08
MC547	青岛	2015.09
MC557	青岛	2015.09
MC571	深圳	2015.09
MC573	深圳	2015.09
MC591	香港	2015.10
MC1410	香港	2015.10
MC1423	汕头	2015.10
MC1442	香港	2015.10
MC1443	香港	2015.10

1.2 形态学观察

光学显微镜(LM)观察: 取适量对数生长期藻液滴于载玻片上, 采用Olympus BX53光学显微镜进行微分干涉(differential interference contrast, DIC)观察, 并使用Olympus DP27数码相机拍照。

扫描电子显微镜(SEM)观察: 吸取1 mL对数生长期藻液, 转移至试管中, 加入等体积的浓硫酸(或浓盐酸), 静置15 min左右, 酸化以去除有机质。加入灭菌水, 多次水洗至中性^[12]。吸取适量酸化后的样品, 过滤至孔径3 μm的Millipore滤膜上, 自然晾干后溅射喷金, 置于Zeiss Ultra 55扫描电镜下观察和拍照。

1.3 分子系统学分析

采用离心法收集对数生长期藻细胞, 提取总DNA^[13], 扩增核糖体小亚基编码基因(small subunit ribosomal encoding gene, SSU)和核糖体大亚基编码基因(large subunit ribosomal encoding gene, LSU)的D1~D3区序列。PCR产物送上海立菲生物科技有限公司进行纯化和测序。从美国国立生物技术信息中心(National Center of Biotechnology Information, NCBI, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)下载小字海链藻的序列信息, 以及形态学相似种、遗传学相似种的SSU和LSU序列信息。运用BioEdit软件进行序列比对和矩阵^[14]。基于MrModeltest 2.3^[15]计算, 选择最适的模型和参数, 然后分别用RAxML-HPC2^[16]和MrBayes 3.2^[17]构建最大似然树(Maximum likelihood, ML)和贝叶斯系统发育树(Bayesian inference, BI)。

2 结果与分析

2.1 基于形态特征的初步分析

本研究中小字海链藻株系的形态特征基本一致, 均符合现存小字海链藻的描述^[9], 但是各株系间存在细微的形态差异, 主要表现为唇形突的伴生支持突数目不同, 据此可将实验株系划分为两个小类群。类群一(group I)的唇形突仅有1个伴生支持突, 该类群有6个株系: MC500、MC557、MC571、MC573、MC1410和MC1423; 类群二(group II)的唇形突有2个伴生支持突, 该类群有4个株系: MC547、MC591、MC1442和MC1443。通过对各株系不同生活史的连续观察, 发现其伴生支持突数目稳定, 没有出现变化。

2.2 基于核糖体基因的系统学分析

选取SSU的1471个碱基进行分析, 发现类群一的株系(MC500、MC557和MC573)具有完全一致的碱基序列, 与美国株系(DQ514882、DQ514887)、韩国株系(HM991694)也完全相同, 我们选用DQ514882建立分子系统树。类群二的株系(MC547、MC591、MC1442和MC1443)具有完全相同的碱基序列。两个类群之间, 存在12个差异碱基, 遗传距离为0.006。从SSU系统树可见(图1), 类群一与类群二聚在同一个支上, 形成姐妹分支($BPP > 0.90$), 表明这两个类群的亲缘关系紧密。

选取LSU的555个碱基进行分析, 发现类群一的株系(MC500、MC557、MC571、MC573、MC1410和MC1423)具有完全相同的碱基序列, 与美国株系(DQ512437)完全一致。类群二的株系(MC547、MC591、MC1442和MC1443)具有完全相同的碱基序列。两个类群之间存在17个差异碱基, 遗传距离为0.034。LSU系统树显示(图2), 类群一与类群二聚在一起, 形成姐妹分支($BPP > 0.90$)。分子系统学结果支持形态学分类, 表明2个类群具有最近的亲缘关系, 但也存在较小的遗传差异。

2.3 结合形态学与分子系统学确认物种

类群一与类群二具有高度相似的形态特征, 分子系统学结果也验证这两个类群的亲缘关系密切。鉴于两个类群的区别特征仅在于唇形突的伴生支持

突数目不同, 并且遗传距离较小(0.006, SSU; 0.034, LSU), 因此, 我们认为这两个类群隶属于同一物种。

小字海链藻首次报道于1941年, 当时作者仅提供了简单的手绘图, 并未涉及唇形突的伴生支持突。之后Hasle^[9, 10]对该种进行了详细研究, 观察到唇形突具有1个或2个伴生支持突, 认为这应该是伴生支持突的偶然变化。由于所观察的绝大部分标本仅具有1个伴生支持突, 因此Hasle^[9]将其鉴定为小字海链藻的异模标本。本研究中的类群一即为典型的小字海链藻。与之相比, 类群二的区别特征仅在于唇形突具有2个伴生支持突。考虑到该特征在本文建立的4个株系中均能稳定表现, 同时这些株系具有完全一致的SSU和LSU序列, 并与类群一之间存在一定的遗传差异, 因此, 我们认为类群二可以作为一个独立的分类单位。鉴于两个类群之间细微的形态差异以及较小的遗传距离, 建议将类群二作为一个新变种处理, 即: 小字海链藻双卫变种(*T. minuscula* var. *bicustodis* X. H. Guo, Y. Q. Guo & Y. Li)。

2.4 小字海链藻的形态描述

2.4.1 小字海链藻原变种 *Thalassiosira minuscula* var. *minuscula* Krasske emend. (图版I)

Hasle 1972, p. 129, figs. 46–60.

Synonyms: *Thalassiosira monoporocyclus* Hasle 1972, p. 129, figs. 46–60.

1个或多个细胞生活在胶质团中(图版I:A), 或形成2个细胞的短链群体(图版I:B)。细胞鼓形, 壳面中部隆起(图版I:B)。壳面直径11~20 μm。壳面孔纹小而密, 束状排列(图版I:D, E), 密度为10 μm内37~42个。1个中央支持突, 无外管(图版I:F), 基部具有4~5个围孔(图版I:G, H), 常有1个较大孔纹与之相邻(图版I:F)。1圈壳缘支持突, 密度为10 μm内3~5个。1个唇形突位于壳缘支持突内侧2~3个孔纹处, 唇形突旁有1个伴生支持突(图版I:I, J)。上壳环具有8个开放环带(图版I:K, L)。壳环带分布有不规则排列的孔纹, 靠近壳面一侧有1行规则大孔, 远离壳面一侧为无孔区。第2条环带靠近壳环带一侧有一行裂缝状孔纹, 第3条环带靠近壳环带处有一排孔, 其余5条环带光滑无孔纹(图版I:K, L)。

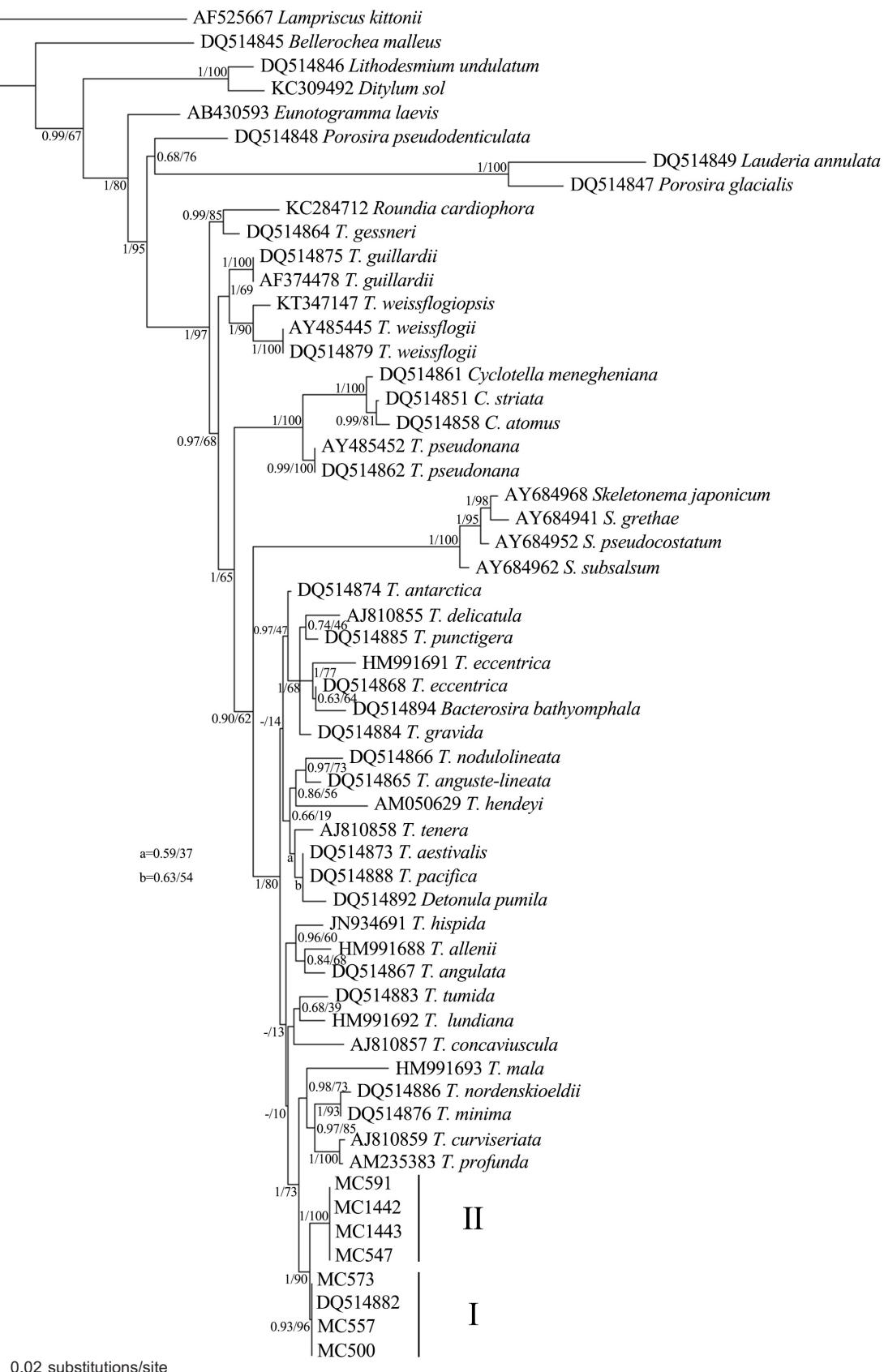


图1 基于核糖体小亚基SSU nrDNA的系统树
Fig. 1 Molecular phylogenetic tree inferred from SSU sequences

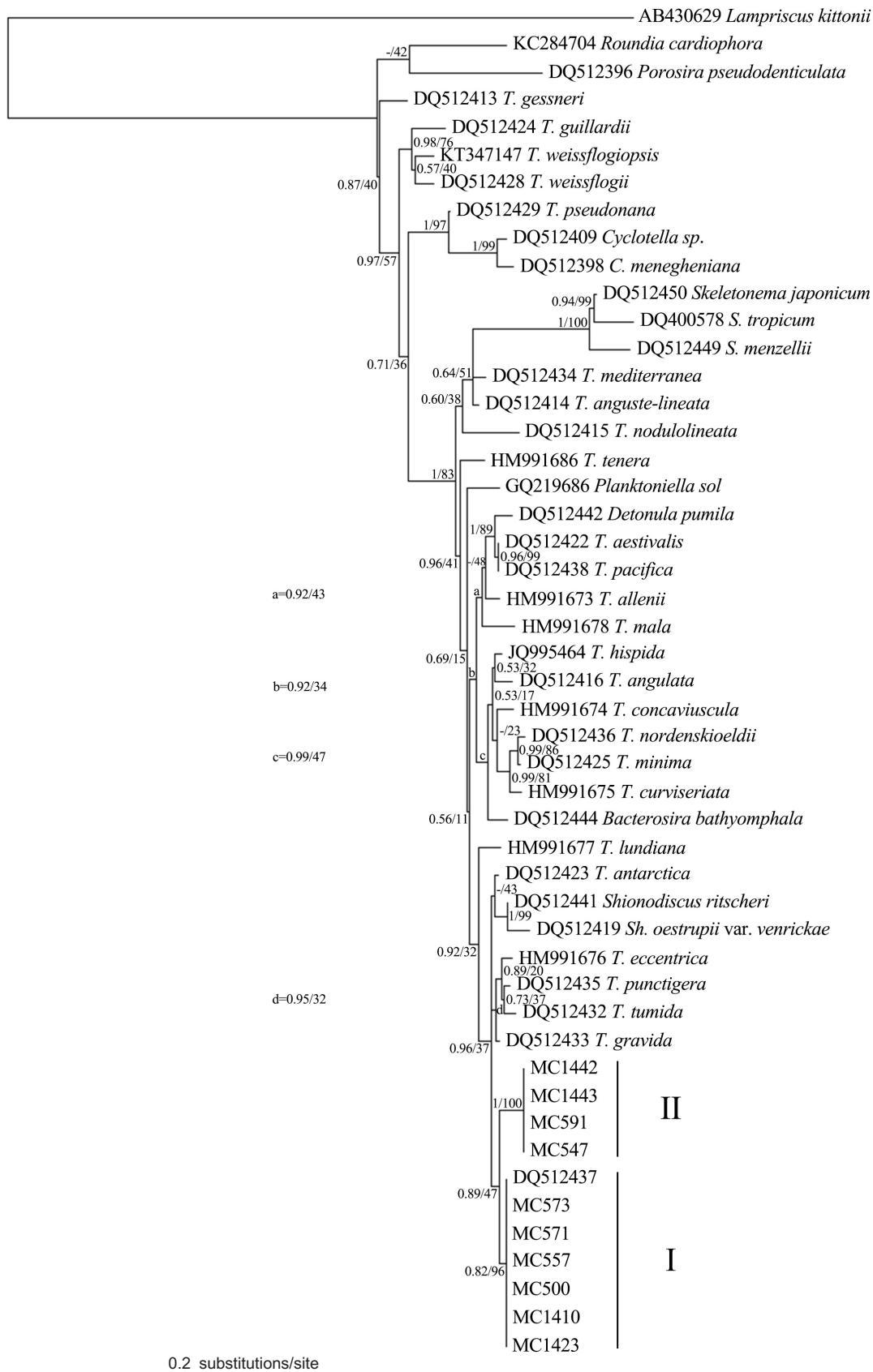


图 2 基于核糖体大亚基 LSU nrDNA D1 ~ D3 区的系统树

Fig. 2 Molecular phylogenetic tree inferred from D1–D3 regions of LSU

2.4.2 小字海链藻双卫变种 *Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis* X. H. Guo, Y. Q. Guo & Y. Li var. nov. (新拟, 图版Ⅱ)

Formal diagnosis: This variety is only distinguished from var. *minuscula* by a rimoportula neighboring two fultoportulae vs. rimoportula neighboring one fultoportula in var. *minuscula*.

Type locality: Hong Kong, South China Sea, P. R. China.

Holotype: Permanent slide of strain MC1443 is deposited at the Marine Diatoms Collection of South China Normal University, catalog number PS99. Illustrated by Pl. Ⅲ, Figs A, C, D, E, F, G, I, J.

Isotype: Glutaraldehyde-fixed material of strain MC1443 is deposited at the Marine Diatoms Collection of South China Normal University, catalog number F-MC1443.

Live strain: MC1443 is deposited in the Laboratory of Phycology, School of Life Science, South China Normal University, China.

Habitat: Marine, planktonic.

Known geographic distribution: Qingdao, Hong Kong (present study), Nanji Islands^[5], Daya Bay^[4], and Portuguese coast^[9].

Etymology: The name refers to the presence of two fultoportulae neighboring a rimoportula, which look like two guardians.

形成短链群体(图版Ⅱ: A)或细胞单独生活(图版Ⅱ: B)。细胞环面观呈鼓形(图版Ⅱ: A), 壳面圆形(图版Ⅱ: B), 直径 13~24 μm。壳面孔纹束状排列(图版Ⅱ: C, D), 密度为 10 μm 内 36~43 个。壳套高 2~3 个孔纹(图版Ⅱ: I~K)。1 个中央支持突(图版Ⅱ: C~H), 基部有 4~6 个围孔(图版Ⅱ: F~H), 与 1 个大孔相邻(图版Ⅱ: E)。1 圈壳缘支持突(图版Ⅱ: C, D), 基部有 4 个围孔(图版Ⅱ: J), 密度为 10 μm 内 4~6 个(图版Ⅱ: J)。1 个唇形突, 位于壳缘支持突内侧 2~3 个孔纹处, 唇形突旁有 2 个伴生支持突(图版Ⅱ: J)。支持突均无外管结构(图版Ⅱ: C, I, K), 唇形突外管明显且长, 呈喇叭状(图版Ⅱ: C, I)。

上壳环有 8 个开放环带(图版Ⅱ: L), 环带特征与原变种一致。

生境: 海洋浮游生活。

分布: 标本采自香港(10月、12月)和青岛(9月)海域。曾记录于葡萄牙海域^[9]。

3 讨论

3.1 小字海链藻原变种与双卫变种的确认

在形态学特征上, 小字海链藻双卫变种与原变种基本一致, 区别仅在于唇形突的伴生支持突数目不同, 前者有 2 个, 后者只有 1 个。该区别特征较为细微, 以致于 Hasle 认为这只是偶然变化, 不属于稳定特征, 并未赋予其分类学价值, 因此认为“唇形突具有 1 个或 2 个伴生支持突”的情况都属于小字海链藻^[9, 10]。

本文对类群二株系的生活史进行了连续观察, 发现其伴生支持突数目始终是 2 个, 同时类群一株系始终为 1 个伴生支持突, 未出现变化情况。这或许说明伴生支持突数目是个稳定特征。为了避免主观性, 我们借助分子生物学技术, 利用目标基因序列信息构建分子系统树。发现无论是 LSU 系统树还是 SSU 系统树上, 分子系统学划分与形态聚类是一致的, 两个类群虽然始终形成姐妹分支, 但均表现出明显的遗传差异。同步存在的细微形态差异和较小的遗传差异, 均支持这两个类群之间的真实区别, 因此将其划分为同一物种下的 2 个变种, 是比较合适的。

截至目前, 全球多个海域均报道有小字海链藻的分布^[2, 4, 5, 9, 10, 12], 但是结合本文的结果, 发现以往报道的小字海链藻多为原变种^[18~21], 双卫变种的报道相对较少, 我国曾报道于广东大亚湾和香港海域^[4]、浙江南麂列岛海域^[5], 国外仅见于葡萄牙海域^[9]。这或许与小字海链藻的形态学界定有直接联系, 以往研究多将双卫变种也鉴定为原变种, 而缺失形态学记录。本文确认双卫变种之后, 或许会有更多该变种的相关报道。

3.2 支持突的分类学价值

在现存的海链藻分类学和系统学体系中, 支持突特征被赋予重要的分类学价值, 其数量、密度和排列方式, 是海链藻属物种的重要形态分类依据^[2]。以往研究也发现, 支持突也存在数目、分布位置变化的情况, 但多见于中央支持突, 如伦德

海链藻(*T. lundiana* Fryxell)、安达曼海链藻(*T. andamanica* Gedde)、细孔海链藻(*T. punctigera* (Castracane) Hasle)，其中央支持突在自然条件下为1个，但在培养时间较久的人工株系中，或出现2个的情况^[4, 5]。壳面和壳缘支持突的特征仍被认为是稳定的，并没有变化^[7]，尤其是壳缘支持突，其分布位置、密度是有效分类依据。本文结果也再次验证了壳缘区支持突的分类学意义，其数目的细微差异也具有一定价值。

参考文献：

- [1] Round FE, Crawford RM, Mann DG. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 747.
- [2] Hasle GR, Syvertsen EE. *Marine Diatoms* [M]// Tomas CR et al. eds. *Identifying Marine Phytoplankton*. San Diego: Academic Press, 1997: 5–387.
- [3] Guiry MD, Guiry GM. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National Universit of Ireland, Galway [EB/OL]. (2011-07-23)[2018-01-10]. <http://www.algaebase.org/>.
- [4] Li Y, Zhao QL, Lü SH. The genus *Thalassiosira* off the Guangdong coast, South China Sea [J]. *Bot Mar*, 2013, 56(1): 83–110.
- [5] Li Y, Zhao QL, Lü SH. Taxonomy and species diversity of the diatom genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae) in Zhejiang coastal waters, the East China Sea [J]. *Nova Hedwigia*, 2014, 99(3–4): 373–402.
- [6] Alverson AJ, Jansen RK, Theriot EC. Bridging the Rubicon: phylogenetic analysis reveals repeated colonizations of marine and fresh waters by thalassiosiroid diatoms [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2007, 45(1): 193–210.
- [7] 郭雅琼, 吴归仪, 李扬. 海链藻属重要形态学特征的二次研究——以艾伦海链藻为例[J]. 植物科学学报, 2017, 35(2): 194–204.
Guo YQ, Wu GY, Li Y. Re-examination and assessment of the morphological traits of the diatom genus *Thalassiosira* Cleve, a case study on *Thalassiosira allenii* Takano [J]. *Plant Science Journal*, 2017, 35(2): 194–204.
- [8] Krasske G. Die Kieselalgen des chilenischen Küstenplanktons [J]. *Arch Hydrobiol*, 1941, 38: 260–287.
- [9] Hasle GR. *Thalassiosira subtilis* (Bacillariophyceae) and two allied species [J]. *Norwegian Journal of Botany*, 1972, 19: 110–137.
- [10] Hasle GR. Examination of diatom type material: *Nitzschia delicatissima* Cleve, *Thalassiosira minuscula* Krasske, and *Cyclotella nana* Hustedt [J]. *British Phycological Journal*, 1976, 11(2): 101–110.
- [11] Guillard RRL, Hargraves PE. *Stichochrysis immobilis* is a diatom, not a chrysophyte [J]. *Phycologia*, 1993, 32(3): 234–236.
- [12] 程兆第, 高亚辉, 刘师成. 福建沿岸微型硅藻 [M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 91.
Cheng ZD, Gao YH, Liu SC. *Nano-diatoms in Fujian Coast* [M]. Beijing: Ocean Press, 1993: 91.
- [13] Lundholm N, Daugbjerg N, Moestrup Ø. Phylogeny of the Bacillariaceae with emphasis on the genus *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae) based on partial LSU rDNA [J]. *Eur J Phycol*, 2002, 37(1): 115–134.
- [14] Hall TA. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT: Nucleic Acids Symposium Series [C]. London: Information Retrieval Ltd, c1979–c2000, 1999, 41(41): 95–98.
- [15] Nylander JAA. Mrmodeltest v2.3. Program distributed by the author [CP]. Evolutionary Biology Centre, Uppsala University, Uppsala, Sweden, 2004. <https://www.abcc.se/~nylander/>.
- [16] Miller MA, Pfeiffer W, Schwartz T. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees: Gateway Computing Environments Workshop (GCE), 2010 [C]. IEEE, 2010: 1–8.
- [17] Ronquist F, Teslenko M, Van Der Mark P, Ayres DL, Darling A, Höhna S, Larget B, Liu L, Suchard MA, Huelsenbeck JP. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space [J]. *Systematic Biol*, 2012, 61(3): 539–542.
- [18] Hallegraeff GM. Species of the diatom genus *Thalassiosira* in Australian waters [J]. *Bot Mar*, 1984, 27(11): 495–514.
- [19] Belcher JH, Swale EMF. Notes on some small *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae) from the plankton of the lower thames and other British Estuaries (identified by transmission electron microscopy) [J]. *British Phycological Bulletin*, 1986, 21(2): 139–145.
- [20] Hoppenrath M, Beszthri B, Drebes G, Halliger H, Van Beusekom JEE, Janisch S, Wiltshire KH. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae, Thalassiosirales) in the North Sea at Helgoland (German Bight) and Sylt (North Frisian Wadden Sea) — a first approach to assessing diversity [J]. *Eur J Phycol*, 2007, 42(3): 71–288.
- [21] Park JS, Jung SW, Lee SD, Yun SM, Lee JH. Species diversity of the genus *Thalassiosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyceae) in South Korea and its biogeographical distribution in the world [J]. *Phycologia*, 2016, 55(4): 403–423.

图版说明

图版 I：小字海链藻原变种 (A~C: LM; D~L: SEM)。A: 胶质群体, MC1576; B: 链状群体, MC573; C: 壳面观, MC573; D: 外壳面观, MC1578; E: 内壳面观, MC557, F~H: 中央支持突的外壳面观(F)和内壳面观(G, H), MC557; I~J: 脣形突和壳缘支持突的外壳面观(I, MC1578)和内壳面观(J, MC557); K: 环面观, MC51L; L: 环带, MC513。

图版 II：小字海链藻双卫变种 (A~B: LM; C~L: SEM)。A: 链状群体, MC1443; B: 单细胞, MC547; C: 外壳面, MC1443; D: 内壳面, MC1443; E~H: 中央支持突的外壳面观(E, MC1443)和内壳面观(F, G, MC1443; H, MC591); I~J: 脣形突和壳缘支持突的外壳面观(I)和内壳面观(J), MC1443; K: 环面观, MC547; L: 环带, MC547。

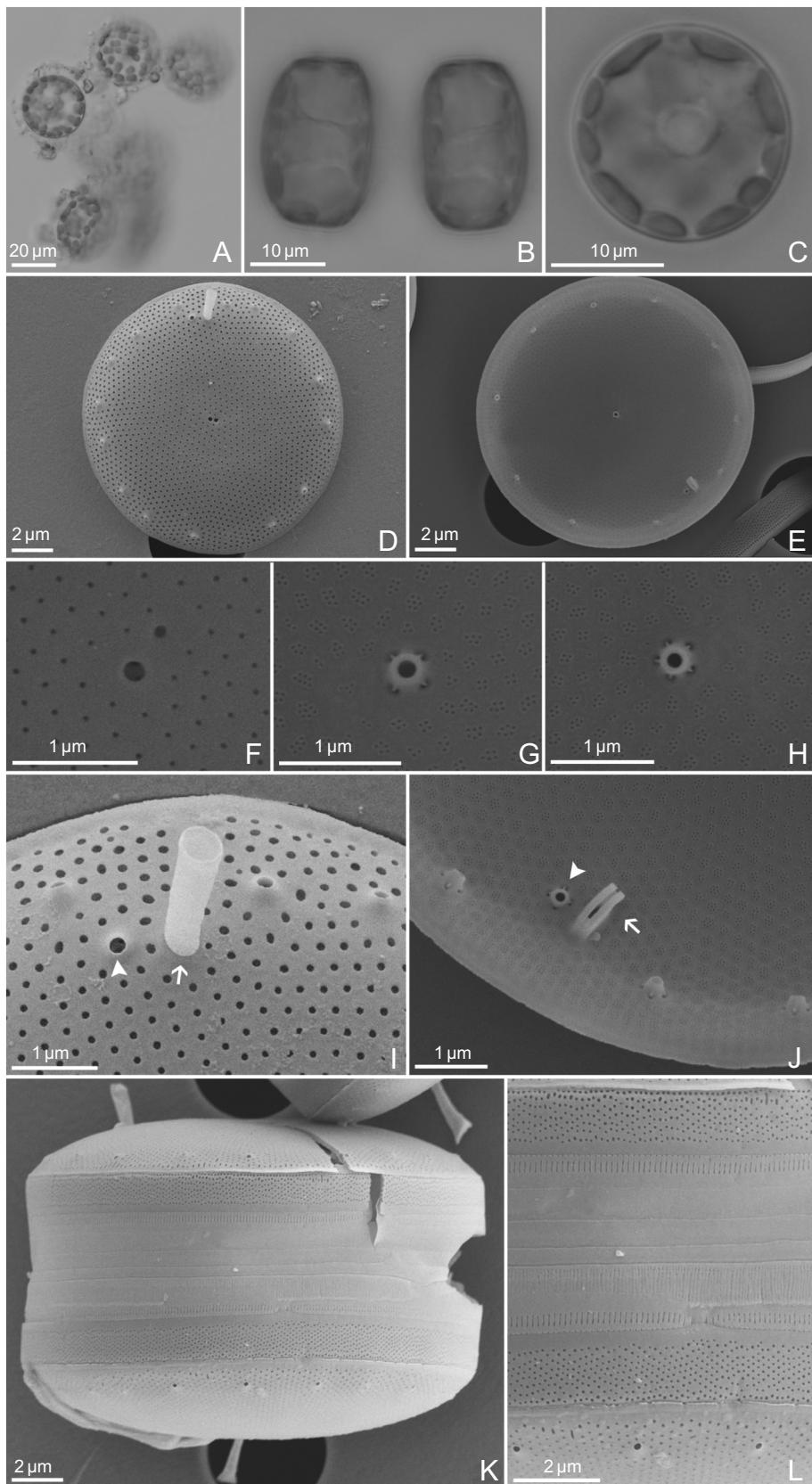
Explanation of plates

Plate I : *Thalassiosira minuscula* var. *minuscula* (A-C: LM; D-L: SEM). A: Gelatinous colony, MC1576; B: Chain in girdle view, MC573; C: Valve view, MC573; D: External valve view, MC1578; E: Internal valve view, MC557, F-H: Central fultoportula on external (F) and internal valve (G, H), MC557; I-J: Rimoportula and marginal fultoportulae on external (I, MC1578) and internal valve (J, MC557); K: Girdle view, MC513; L: Enlargement of bands, MC513.

Plate II : *Thalassiosira minuscula* var. *bicustodis* (A-B: LM; C-L: SEM). A: Chain in girdle view, MC1443; B: Solitary cell, MC547; C: External valve view, MC1443; D: Internal valve view, MC1443; E-H: Central fultoportulae on external (E, MC1443) and internal valve (F, G, MC1443; H, MC591); I-J: Rimoportula and marginal fultoportulae on external (I) and internal valve (J), MC1443; K: Girdle view, MC547; L: Enlargement of bands, MC547.

郭晓慧等: 图版 I

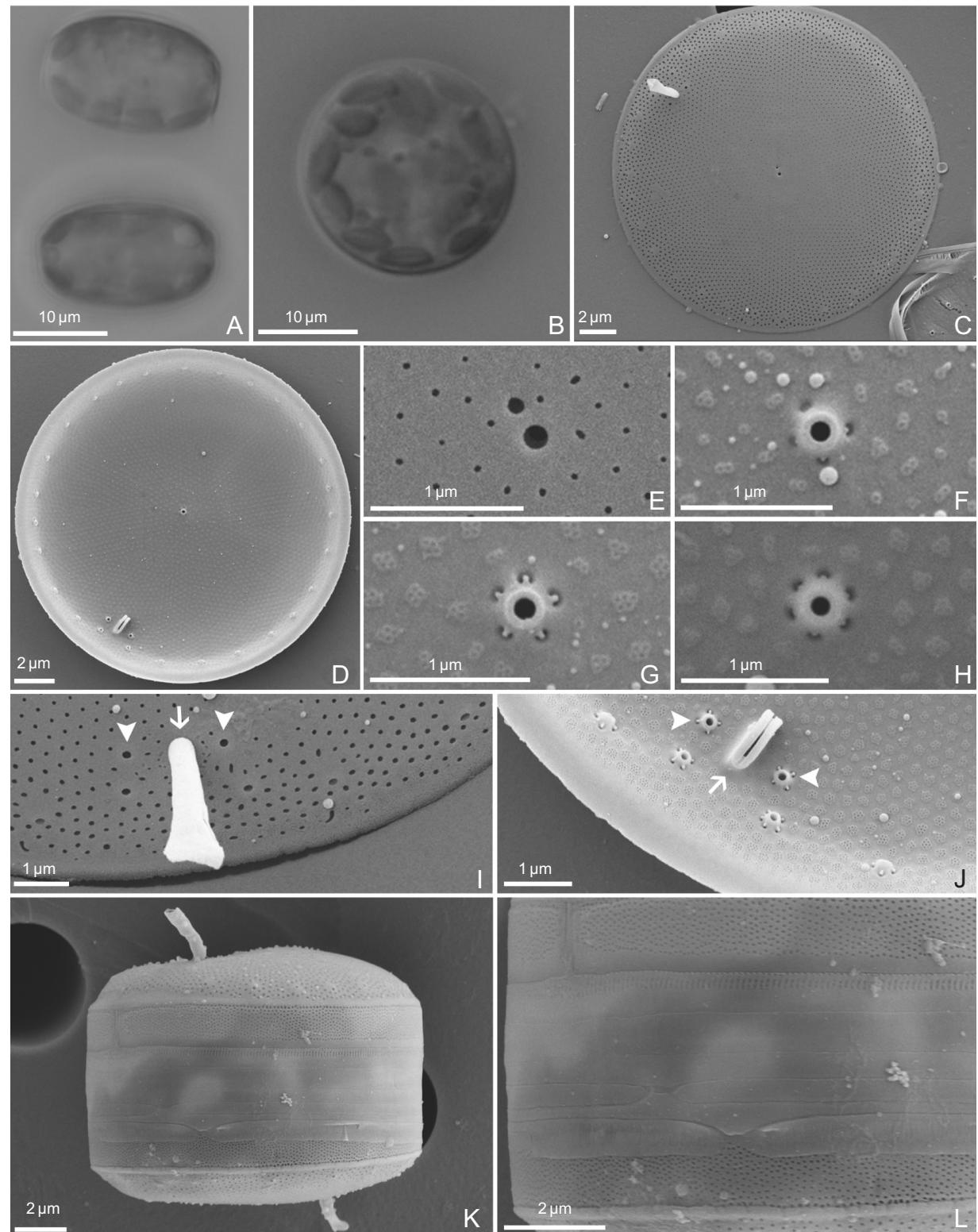
Guo Xiao-Hui et al.: Plate I



See explanation at the end of text

郭晓慧等: 图版 II

Guo Xiao-Hui et al.: Plate II



See explanation at the end of text

(责任编辑:张平)