

武汉东湖隐藻门植物的分类学研究

夏爽^{1,2}, 刘国祥^{1*}, 胡征宇¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 隐藻门植物在各种淡水水体中很常见,其中卵形隐藻、嗜蚀隐藻在国内被多次报道过。但是由于缺乏分类学的资料,国内关于隐藻门植物的报告并不完全准确,其类群也常常被忽视。我们在2009年6月到2010年3月间,不定期从武汉东湖的各个区域采集水样,共鉴定隐藻门植物4属8种:卵形隐藻、嗜蚀隐藻、蛋白核隐藻、四蛋白核隐藻、马索隐藻、反曲弯隐藻、犀角织隐藻、具尾逗隐藻。其中四蛋白核隐藻和犀角织隐藻为中国新记录。作为具尾逗隐藻的异名,尖尾蓝隐藻此前也曾在国内被报道。

关键词: 隐藻门植物; 隐藻属; 弯隐藻属; 逗隐藻属; 织隐藻属

中图分类号: Q949.27

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2011)02-0250-06

Taxonomical Study on Species of Cryptophyta in Lake Donghu in Wuhan

XIA Shuang^{1,2}, LIU Guo-Xiang^{1*}, HU Zheng-Yu¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. Graduate school of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Cryptomonads exist in many types of freshwater. *Cryptomonas ovata* Ehrenberg, *Cryptomonas erosa* Ehrenberg are the most common species in Chinese reports. In fact, cryptomonads diversity was often overlooked because of the absence of Cryptophyta taxonomic articles in Chinese research, and the reports about cryptomonads may be incorrect. Samples were collected in various areas of Lake Donghu in Wuhan from 2009 to 2010. Eight cryptomonads species belonging to four genera were identified, specifically *Cryptomonas ovata* Ehrenberg, *Cryptomonas erosa* Ehrenberg, *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler, *Cryptomonas parapyrenoidifera* Skuja, *Cryptomonas marssonii* Skuja, *Campylomonas reflexa* (Skuja) Hill, *Storeatula rhinosa* Kugrens, Clay & Lee and *Komma caudate* (Geitler) Hill. Both *Cryptomonas parapyrenoidifera* Skuja and *Storeatula rhinosa* Kugrens, Clay & Lee were new records in China. *Chroomonas acuta* Utermöhl, as the synonym of *Komma caudate* (Geitler) Hill, has been reported several times before in China.

Key words: Cryptomonads; *Cryptomonas* Ehrenberg; *Campylomonas* Hill; *Komma* Hill; *Storeatula* Hill

隐藻门植物(Cryptomonads, Cryptophytes)是在全球范围内淡水和海水中都十分常见的单细胞鞭毛藻类,是浮游植物的重要组成部分,重要的初级生产者。隐藻门植物分布很广,但有学者认为它们倾向于生存在温度较低的水体^[1]。在分类学上,Clay等认为目前隐藻门(Cryptophyta)有2个纲,3个目,7个科,17个属,200多个种,其中大部分生活于海水^[2]。但是普遍认为世界上现存的隐藻门植

物的种类远不止这些,Andersen估计总共有约1200种^[3]。目前,隐藻门植物的属种鉴定存在诸多困难之处,其体积小,游泳速率快,且当在样品中加入甲醛等固定剂时细胞就容易变形甚至破碎,而加入鲁哥氏液虽然不易变形,但是会被染上紫色,影响颜色的辨别。这都给标本的采集、保存和观察造成很大困难。由于上述原因,隐藻门植物的现存量在固定过的样品中经常被低估,其分类学特征也难以

收稿日期: 2010-04-13, 修回日期: 2010-06-03。

基金项目: 科技部基础工作专项(2006FY120100)。

作者简介: 夏爽(1985-),男,中国科学院水生生物研究所硕士研究生,目前主要从事淡水藻类的分类学和生态学方面的研究。

*通讯作者(Author for correspondence. E-mail: liugx@ihb.ac.cn)。

观察识别。

绝大多数隐藻门植物的细胞近卵圆形,具有两根不等长鞭毛(flagellum)。原生质体外是周质体(periplast),周质体由不同形状的周质板片(periplast sheet)拼接而成。细胞腹侧表面具有从前向后延伸的沟裂(furrow),有些种类有胞咽(gullet)与之相连通。大型喷射体(ejectosome, ejectosome)排列在胞咽两侧,小型喷射体排列在细胞其它部位,某些种类的细胞内常可见反光的莫帕氏体(corps de maupas)或折射体(refractive bodies)。隐藻门植物的另一重要特征是其游泳方式,细胞向前游动的同时,伴随着细胞沿其纵轴自转,由于其腹背两侧形状不同,使细胞螺旋前进。

东湖位于湖北省武汉市,为典型的富营养化浅水湖泊。长期以来,学者们对东湖进行了系统而深入的湖沼学研究,积累了大量具有重要价值的资料,但是,关于隐藻类的资料却很缺乏。仅有少量文献记载过在东湖观察到尖尾蓝隐藻(*Chroomonas acuta* Utermöhl)、反曲隐藻(*Cryptomonas reflexa* Skuja)和嗜蚀隐藻(*C. erosa* Ehrenberg)^[4-6]。

1 材料与方法

2009年6月到2010年3月间,不定期从东湖(30°N, 114°E)的各个区域采集水样,在光学显微镜下观察鲜样和鲁哥氏液固定样。依照参考文献来鉴定属种^[7-11],主要依据的是细胞颜色、细胞体积、细胞形状、沟裂/胞咽复合体结构、喷射体的排列形式和蛋白核(pyrenoid)、叶绿体、淀粉粒(starch grain)等细胞器的分布形式这6个传统的分类学特征。

2 结果与讨论

2.1 隐藻种类描述

本研究中,共在东湖采集的水样中鉴定出隐藻门植物8种。隐藻属(*Cryptomonas* Ehrenberg)5种,弯隐藻属(*Campylomonas* Hill)1种,逗隐藻属(*Komma* Hill)1种,织隐藻属(*Storeatula* Hill)1种。

2.1.1 隐藻属 *Cryptomonas* Ehrenberg 1831

隐藻属植物的细胞为橄榄绿色到黄褐色,卵圆形或略有扭曲。常形成不运动的四集藻型胶群体,运动细胞有两根不等长鞭毛。通常具有复杂的沟

裂/胞咽复合体,沟裂长度较长,通常等于或超过细胞长度的一半,有大型喷射体排列在胞咽两侧。有一个或两个沿细胞质膜内侧延伸的大型片状叶绿体,其上有蛋白核或无。两个核形体位于细胞核周围。细胞表面周质体由一层薄纤维状板片组成,内层周质体由椭圆形板片组成。

此属的植物在各种淡水水体中很常见。

(1) 卵形隐藻 *Cryptomonas ovata* Ehrenberg 1831(图1:1;图版I:1,2)

细胞颜色呈橄榄绿到黄褐色。细胞卵圆形,后端较前端稍宽,腹侧略平。长18~35 μm,宽8~16 μm,厚6~14 μm。有两个大型片状叶绿体,每片叶绿体上有一个蛋白核。有明显的大型喷射体排列在胞咽两侧。细胞内常可见数量较多的淀粉粒。有两根略不等长的鞭毛,长度约等于细胞长度的一半。卵形隐藻被认为是隐藻属的模式物种。

此种分布很广泛,是隐藻门中被报道最多的两个物种之一。在我国东部地区也曾多次被报道过^[12-14]。

(2) 嗜蚀隐藻 *Cryptomonas erosa* Ehrenberg 1832(图1:2;图版I:3,4)

细胞黄褐色。细胞呈略扭曲的卵圆形,后端较前端稍窄,背侧隆起,腹侧扁平。细胞长16~21 μm,宽10~15 μm,厚8~15 μm。具有两个片状叶绿体,没有蛋白核。有两列大型喷射体排列在胞咽两侧。具有两根不等长鞭毛,长度略大于细胞长度的一半。

此种很常见,也是隐藻门中被报道最多的物种之一,国内也曾多次有过报道^[15-17]。

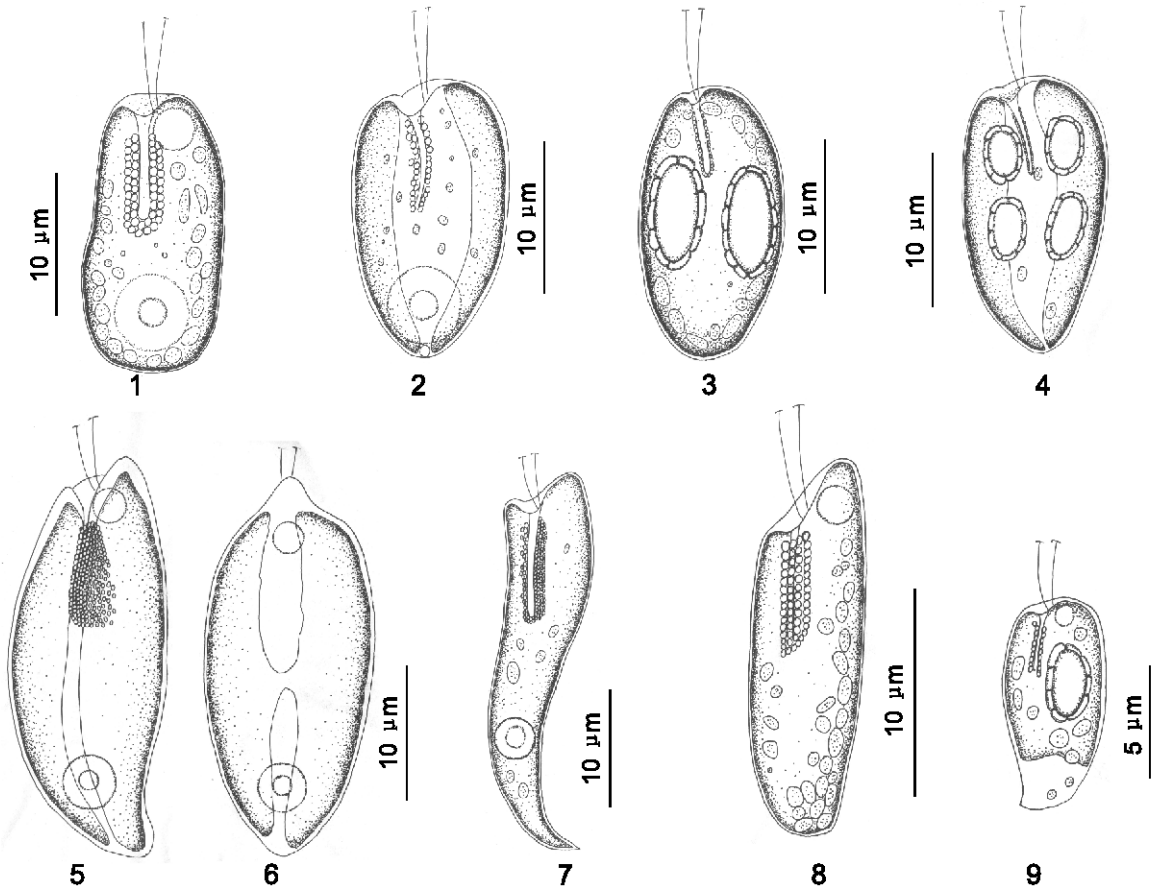
(3) 蛋白核隐藻 *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler 1922(图1:3;图版I:5,6)

细胞黄褐色,呈椭圆形。细胞长15~20 μm,宽10~13 μm,厚8~12 μm。具有两个巨大的花环状蛋白核分居左右两侧的叶绿体上。沟裂/胞咽较短浅。细胞内常可见数量较多的淀粉粒。

关于蛋白核隐藻的报道不多见,曾有文献记载在中国济南发现并被报道过^[18]。

(4) 四蛋白核隐藻 *Cryptomonas parapyrenoidifera* Skuja 1948(图1:4;图版I:7~9)

细胞黄褐色,呈卵形,后端较前端窄。长18~22 μm,宽11~14 μm,厚6~10 μm。具有4个较大蛋白核分两竖排排列在左右两片叶绿体上。无大型喷射体排列在胞咽两侧。细胞内有少量淀粉粒。



1. 卵形隐藻; 2. 嗜蚀隐藻; 3. 蛋白核隐藻; 4. 四蛋白核隐藻; 5,6. 反曲弯隐藻: 5. 半腹侧观, 6. 背面观; 7. 马索隐藻; 8. 犀角织隐藻; 9. 具尾逗隐藻。
1. *Cryptomonas ovata* Ehrenberg; 2. *Cryptomonas erosa* Ehrenberg; 3. *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler; 4. *Cryptomonas paraparenoidifera* Skuja; 5,6. *Campylomonas reflexa* (Skuja) Hill; 5. Semi-ventral view, 6. Dorsal view; 7. *Cryptomonas marssonii* Skuja; 8. *Storeatula rhinosa* Kugrens, Clay & Lee; 9. *Komma caudate* (Geitler) Hill.

图1 8种隐藻门植物(手绘图)

Fig. 1 Drawings of eight species of Cryptophyta

中国新记录种。

(5) 马索隐藻 *Cryptomonas marssonii* Skuja 1948 (图1: 7; 图版I: 14)

细胞橄榄绿色,长20~28 μm,宽7~11 μm,厚6~10 μm。从侧面看,细胞近似“S”形,有一个向背侧翘起的渐尖尾端,前端有喙状突起。细胞具有两个片状色素体,无蛋白核。有数列大型喷射体排列在胞咽两侧。有两根略不等长的鞭毛,长度约等于细胞长度的一半。

在我国济南曾有过报道^[18]。

马索隐藻的“S”形细胞形态,内层周质体的片状结构都与其它卵圆形隐藻属成员不同,而更加接近于弯隐藻属。虽然在《北美淡水藻类》一书已经

使用 *Campylomonas marssonii* 这一名称^[11],但我们没有查到符合国际命名法规的正式的分类学文献,因此暂时仍然把它归在隐藻属中。

2.1.2 弯隐藻属 *Campylomonas* Hill 1991

细胞通常为橄榄绿色到黄褐色。细胞近似扭曲的卵圆形,有喙状突起的前端和向背侧弯曲的尾端。有两根不等长鞭毛。沟裂较短,长度小于细胞长度的一半,并有一条较短的胞咽。有两瓣沿细胞质膜内侧延伸的大型片状叶绿体,其上有蛋白核或无。两个核形体位于蛋白核或细胞核周围。内层周质体片状,外层或无。

目前报道的本属植物均生存在淡水中。该属是从隐藻属中分出来的一个属^[11]。

反曲弯隐藻 *Campylomonas reflexa* (Skuja)

Hill 1991(图1: 5,6; 图版I: 10~13)

Campylomonas reflexa (Skuja) Hill 1991, *Phycologia*, 30(2), p. 173.

Basionym: *Cryptomonas reflexa* Skuja 1939, *Acta Horti Botanici Universitatis Lataviensis*, 7, p. 93–94.

细胞黄褐色到橄榄绿色, 近似扭曲的椭圆形, 前端有喙状突起, 钝圆的尾端朝背侧略微翘起。细胞长 30~35 μm , 宽 15~17 μm , 厚 17~19 μm 。有两个大型片状叶绿体, 每片叶绿体上有一个蛋白核。有数列大型喷射体排列在胞咽两侧。

此种为弯隐藻属的代表种。Skuja 于 1939 年首次报道了此物种, 并且命名为反曲隐藻 *Cryptomonas reflexa* Skuja 1939。随后, 他又报道了几个相近的物种: *Cryptomonas gracilis* Skuja 1948、*Cryptomonas marsonii* Skuja 1948、*Cryptomonas erosa* Ehrenberg var. *reflexa* Marsson。Hill 认为这 4 种隐藻实为一种, 且与隐藻属的种类有较大区别, 于 1991 年提出将这 4 种合并, 并从隐藻属分离出, 命名为 *Campylomonas reflexa*。通过对这几种细胞形态的观察, 我们认为把弯隐藻属从隐藻属独立出来是合理的, 弯隐藻属的细胞形态略扭曲, 具有喙状突起的前端和向背侧翘起的尾端, 这与隐藻属不同。但是 *Cryptomonas marsonii* Skuja 1948 与 *Cryptomonas reflexa* Skuja 1939 有一个很大的不同之处, 前者没有蛋白核, 而后者有。所以此两者不应合并为同一个物种。

在国内, 只有武汉东湖有过报道^[5]。

2.1.3 织隐藻属 *Storeatula* Hill 1991

细胞橄榄绿色到黄褐色, 近似长椭圆形, 前端斜截。无沟裂, 有管状胞咽, 其长度不到细胞长度的一半。有至少 4 列喷射体排列在胞咽两侧。有一片沿细胞质膜内侧延伸的大型片状叶绿体, 其上有一个蛋白核。一个核形体位于蛋白核的凹入中。细胞表面周质体由粗纤维状板片组成。

目前本属仅有一个种。

犀角织隐藻 *Storeatula rhinosa* Kugrens et al., 1999(图1: 8; 图版I: 15, 16)

Storeatula rhinosa Kugrens et al., 1999, *Journal of Phycology*, 37, p. 1080

细胞橄榄绿色到黄褐色, 呈长椭圆形, 前端斜

截, 从侧面看, 背侧高, 腹侧低。细胞长 16~21 μm , 宽 8~10 μm , 厚 6~10 μm 。细胞内有一片叶绿体, 其上有一个蛋白核。有 4 列大型喷射体排列在胞咽两侧。具有两根不等长鞭毛, 其长度均小于细胞长度的一半。

中国新记录属种。

2.1.4 逗隐藻属 *Komma* Hill 1991

细胞蓝绿色, 具有一个向腹侧弯曲的尾端, 细胞侧面观形似逗号。无沟裂, 具有管状胞咽。在细胞背侧有一个大型片状叶绿体, 其上有一个蛋白核, 核形体位于蛋白核附近。细胞表面的周质体由六边形板片组成。

目前本属仅有一个种。淡水产。

具尾逗隐藻 *Komma caudate* (Geitler) Hill 1991(图1: 9; 图版I: 17, 18)

Komma caudate (Geitler) Hill 1991, *Journal of Phycology*, 27, p. 137.

Basionym: *Chroomonas caudate* Geitler 1924, *Österreichische Botanische Zeitschrift*, 73, p. 246–247.

Synonym: *Chroomonas acuta* Utermöhl 1925, *Limnologische Phytoplanktonstudien Arch Hydrobiol Suppl* 5, p. 399

细胞呈蓝绿色, 形似逗号, 有一个向腹侧弯曲的急尖尾端。细胞体积很小, 长 8~12 μm , 宽 4~7 μm 。背侧有一个大型片状叶绿体, 其上有一个蛋白核。无沟裂, 有两列大型喷射体。具有两根近似等长的鞭毛, 其长度略大于细胞长度的一半。

Hill 于 1991 年将两个相近的物种 *Chroomonas caudate* Geitler 和 *Chroomonas acuta* Utermöhl 合并为一个种, 从蓝隐藻属 (*Chroomonas* Hansgirg) 分离出来, 并命名为具尾逗隐藻 *Komma caudate* Hill。具尾逗隐藻形似逗号, 与其它卵圆形的蓝绿色隐藻不同, 因此我们认为将其从蓝隐藻属分离出来是合理的。

国内以前被作为尖尾蓝隐藻被广泛报道, 但没有详细的分类学描述及照片资料。

参考文献:

- [1] Barlow S B, Kugrens P. Cryptomonads from the Salton Sea, California [J]. *Hydrobiologia*, 2002, 473: 129–137.

- [2] Clay B L, Kugrens P, Lee R E. A revised classification of Cryptophyta[J]. *Bot J linn Soc*, 1999, 131: 131–151.
- [3] Andersen R A. Diversity of eukaryotic algae[J]. *Biodiv Conserv*, 1992, 1: 267–292.
- [4] 饶钦止, 章宗涉. 武汉东湖浮游植物的演变(1956–1975年)和富营养化问题[J]. 水生生物学集刊, 1980, 7(1): 1–16.
- [5] 魏印心. 武汉东湖的浮游绿藻、甲藻和隐藻[J]. 武汉植物学研究, 1985, 3(3): 243–254.
- [6] 唐汇娟, 谢平, 刘丽, 等. 武汉东湖浮游植物群落结构的时空变化与环境因子的关系[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(3): 100–104.
- [7] Hill D R A. A revised circumscription of *Cryptomonas* (Cryptophyceae) based on examination of Australian strains[J]. *Phycologia*, 1991, 30: 170–188.
- [8] Hill D R A. *Chroomonas* and other blue-green cryptomonads[J]. *J Phycol*, 1991, 27: 133–145.
- [9] Novarino G. A. Companion to the identification of cryptomonad flagellates (Cryptophyceae, Cryptomonadea) [J]. *Hydrobiologia*, 2003, 502: 225–270.
- [10] Clay B L, Kugrens P, Lee R E. A revised classification of Cryptophyta[J]. *Bot J Linn Soc*, 1999, 131: 131–151.
- [11] Kugrens P, Clay B L. *Cryptomonas* [M]// John D W, Robert G S, eds. *Freshwater Algae of North America*. San Diego, CA: Academic Press, 2003: 715–755.
- [12] 周广杰, 况琪军, 胡征宇. 大宁河春季浮游藻类“水华”及其营养限制[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 1(5): 626–628.
- [13] 沈会涛, 刘存歧. 白洋淀浮游植物群落及其与环境因子的典范对应分析[J]. 湖泊科学, 2008, 20(1): 773–779.
- [14] 孟顺龙, 陈家长, 范立民, 等. 2007年太湖五里湖浮游植物生态学特征[J]. 湖泊科学, 2009, 21(6): 845–854.
- [15] 高远, 苏宇祥, 亓树财. 沂河流域浮游植物与水质评价[J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 544–548.
- [16] 何国全, 雷腊梅, 韩博平. 亚热带河流型水库浮游植物群落的变化: 以广东飞来峡水库为例[J]. 热带亚热带植物学报, 2006, 14(3): 183–189.
- [17] 赵学敏, 魏清伟, 周广杰, 许振成. 改良型生物稳定塘对滇池流域受污染河流净化效果[J]. 湖泊科学, 2010, 22(1): 35–43.
- [18] 史强, 辛益群. 济南春季常见的几种隐藻[J]. 生命世界, 1993, 3: 26–27.

图版说明

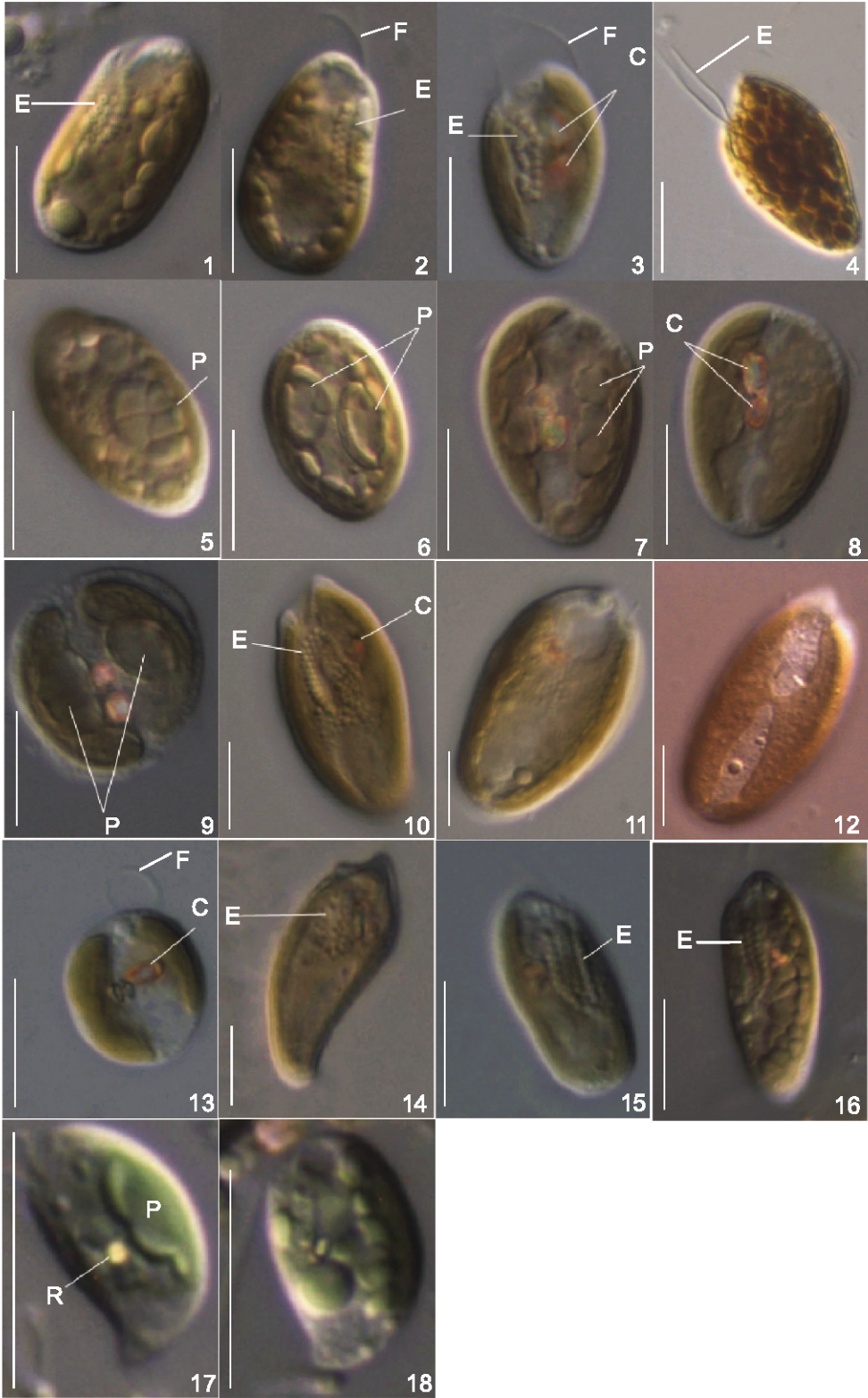
图版 I: 1, 2. 卵形隐藻; 3, 4. 嗜蚀隐藻: 3. 鲜样, 4. 鲁哥氏液固定样品; 5, 6. 蛋白核隐藻: 5. 侧面观, 6. 腹面观; 7–9. 四蛋白核隐藻: 7. 腹面观, 8. 背面观, 9. 顶面观. 10–13. 反曲弯隐藻: 10. 侧面观, 11. 腹面观, 12. 背面观, 13. 顶面观; 14. 马索隐藻侧面观; 15, 16. 犀角织隐藻; 17, 18. 具尾逗隐藻. C: 莫帕氏体; E: 喷射体; F: 鞭毛; P: 蛋白核; R: 折射体. 标尺 = 10 μm .

Explanation of plate

Plate I: 1, 2. *Cryptomonas ovata* Ehrenberg; 3, 4. *Cryptomonas erosa* Ehrenberg: 3. living sell, 4. sample fixed with Lugol's solution; 5, 6. *Cryptomonas pyrenoidifera* Geitler: 5. Lateral view, 6. Ventral view; 7–9. *Cryptomonas parapyrenoidifera* Skuja: 7. Ventral view, 8. Dorsal view, 9. Apical view; 10–13. *Campylomonas reflexa* (Skuja) Hill: 10. Lateral view, 11. ventral view, 12. dorsal view, 13. Apical view; 14. Lateral view of *Cryptomonas marssonii* Skuja; 15, 16. *Stareatula rhinosa* Kugrens, Clay & lee; 17, 18. *Komma caudate* (Geitler) Hill. C: Corps de Maupas; E: ejectosome; F: Flagellum; P: Pyrenoid; R: Refractive bodies. Scale bars = 10 μm .

夏 爽等：图版 I

XIA Shuang *et al.*: Plate I



See explanation at the end of text