

水华蓝藻类群乌龙藻属 (*Woronichinia*) 的分类学讨论*

虞功亮, 吴忠兴, 邵继海, 朱梦灵, 谭文华, 李仁辉**
(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 目前, 世界报道乌龙藻属有 11 个种类, 中国报道 2 种, 但属种特征的描述比较模糊, 尤其是其模式种仍被归在其他属. 根据采自国内的野外藻类样品和分离纯化培养的藻株, 对中国分布的乌龙藻属及其模式种赖格乌龙藻 (*Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, 1933) 的形态特征进行了观察和描述, 并对它们的分类学进行了讨论, 还将乌龙藻与相似属种微囊藻、腔球藻进行了形态学比较.

关键词: 乌龙藻属; 赖格乌龙藻; 蓝藻; 形态; 分类; 中国

Taxonomic notes on bloom forming cyanobacterial Genus *Woronichinia* from China

YU Gongliang, WU Zhongxing, SHAO Jihai, ZHU Mengling, TAN Wenhua & LI Renhui
(*Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, P. R. China*)

Abstract: About eleven taxa in the genus *Woronichinia* (Cyanophyta) have been reported worldwide as yet. However, only two species were found in China, and the taxonomic information about this genus in China was unclear. Based on field samples and the isolated strains from Chinese lakes, the present study described morphological characters for both the *Woronichinia* genus and type species *Woronichinia naegeliana*. The comparison among *Woronichinia* and its related genera *Microcystis* and *Coelosphaerium* was also conducted.

Keywords: *Woronichinia*; *Woronichinia naegeliana*; Cyanophyta; morphology; taxonomy; China

目前蓝藻的分类主要是根据形态特征来决定的, 现已经报道有 150 个属以上, 约 2000 余种蓝藻^[1]. 蓝藻的分类系统在近 100 年来虽然经过了一些变化, 此间蓝细菌 (Cyanobacteria) 分类系统也被提出和发展^[2], 但是目前比较公认的形态分类系统将蓝藻分成五个目: 单细胞体的色球藻目 (Chroococcales)、产内生孢子单细胞的厚皮藻目 (Pleurocapsales)、无异形胞丝状体的颤藻目 (Oscillatoriales)、有异形胞无真分枝丝状体的念珠藻目 (Nostocales)、以及有异形胞具真分枝丝状体的真枝藻目 (Stignematales)^[2]. 但由于蓝藻可利用的表型特征有限, 使得蓝藻的经典形态分类学产生许多混乱点和模糊. 这些新的混乱点给今后的蓝藻分类研究提出了新的难题和挑战. 分类学修订将成为今后蓝藻分类学研究的一个重要内容, 尤其是对一些重要的常见类群显得更加需要和迫切.

乌龙藻属 (*Woronichinia*) 为蓝藻单细胞类群, 由于形态类似微囊藻 (*Microcystis*) 和腔球藻 (*Coelosphaerium*), 而经常被误鉴定. 在我国现有的藻类分类学资料中, 对该属的分类资料也不够充分, 甚至某些种类仍然被错误分类和描述, 如在最新出版的《中国淡水藻类——系统、分类及生态》中, 已经被定义为该属模式种的赖格乌龙藻 (*Woronichinia naegeliana*), 仍然被放在腔球藻属, 命名为纳氏腔球藻, 且在描述上存在一些偏差, 如缺乏关于胶质柄的描述等^[3]. 作者在全国水体调查中, 发现该种大量且广泛存在, 并观察到该种的实际特征, 据此对该种进行分类学修订. 以完善我国对该属类群的分类学描述.

* 国家科技重大专项项目 (2008ZX07105-006) 和中国科学院水生生物研究所“百人计划”启动项目 (055102-1-501) 联合资助. 2010-01-12 收稿; 2010-03-22 收修修改稿. 虞功亮, 男, 1970 年生, 助理研究员; E-mail: yugl@ihb.ac.cn.

** 通讯作者; E-mail: reli@ihb.ac.cn.

1 材料和方法

活体观测藻株来自云南洱海、湖北武汉市武昌区鱼池、广东中山、浙江绍兴等地。纯培养藻株 1 株, 分离于云南洱海, 现保存于中国科学院水生生物研究所有害藻类生物学组的藻种库, 编号: CHAB3101。

藻种分离采用毛细管分离法, 于纯净水中反复冲洗, 至纯净后, 于无菌的 24 孔板中培养。采用通用的 AF-6 液体培养基^[4], 培养温度 20–25℃。藻种的观察和测量参考虞功亮等的方法^[5]。藻细胞染色采用番红染料正染^[6]。

2 结果

2.1 乌龙藻属 *Woronichinia* 的特征

乌龙藻属 (*Woronichinia*) 隶属于蓝藻门 (Cyanophyta) 色球藻目 (Chroococcales) 平裂藻科 (Merismopediaceae)、囊球藻亚科 (Gomphosphaerioideae)。模式种: 赖格乌龙藻 (*Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, 1933)。本属报道 11 种。

自由漂浮。藻群体略为球形、肾形或椭圆形, 通常由 2–4 个亚群体组成肾形或心形复合体。群体具无色、较透明胶被, 胶被离细胞群体边缘较窄, 约 5–10 μm。群体中央具辐射状或平行的分枝状胶质柄 (gelatinous tubular stalk), 细胞胶质柄常常向外延伸形成类似管道状物, 也使得胶被变厚, 形成透明的放射层 (Komárek & Anagnostidis 认为该层为群体胶被所形成的辐射状纹理^[7])。细胞为长卵形、宽卵形或椭圆形, 罕见圆球形。细胞分裂后彼此分离, 呈辐射状排列在群体周边, 但在老群体中细胞排列较为密集。

细胞分裂在群体周边为互相垂直的两个面连续分裂。以群体解聚或群体中释放单个细胞进行繁殖。

2.2 赖格乌龙藻 *Woronichinia naegeliana* 的特征

Woronichinia naegeliana (Unger) Elenkin, Über neue Famil. Cyano. Acta Instit. Bot. Acad. Scient. URSS, ser. 2, fasc. 1, 30–33, 1933. Komárek & Anagnostidis in Ettl et al., Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1 (Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales), 210, fig. 273. 1999.

Coelosphaerium naegeliana (Unger) Elenkin, Beitr. Kenntnis nied. Alg. Form, Denkschr. Akad. Wiss. Wien, 7:195, 1854; Geitler, in Cyanophyceae, Kryptogamenflora, 249, fig. 121a, b, e, 1932. Chu, p. 86, pl. XXIX, fig. 95. 1950. Desikachary in Cyanophyta 147–149, pl. 28, figs. 9, 6, 1959; Chu H-J in Flora Algarum Sinicarum Aquae Dulcis. Tomus II Chroococcophyceae 83, Pl. X X XII, fig. 3. 1991; Hu H-J et al. in The Freshwater Algae of China -Systematics, Taxonomy and Ecology, p. 64, pl. II-8, figs. 2. 2006.

Gomphosphaerium naegeliana (Unger) Lemmermann, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, 80, fig. 19 on p. 44, 1910.

Coelosphaerium kuetzingianum Nag. Forti in De Toni, Sylloge Algarum, 5:100, 1907 (exp.).

群体球形、椭圆形、肾形或不规则心形。通常由多个小群体组成复合体。群体面扭曲, 不处于一个平面, 群体外胶被厚, 无色或微黄色, 较模糊, 胶被离细胞群体边缘较窄, 约 5–10 μm。细胞蓝绿色, 具气囊, 卵形或椭圆形, 长 6.1–7.7 μm, 平均为 6.8 ± 0.35 μm, 宽 3.1–5.5 μm, 平均为 4.6 ± 0.48 μm, 长宽比 1.23–2.25, 平均为 1.51 ± 0.18。细胞呈辐射状较紧密地单层排列在群体外围。细胞末端具不易见的管状胶质柄, 其宽度与细胞等宽, 在老群体中易溶解。胶质柄在群体中央呈放射状分布。细胞胶质柄常常向外延伸形成类似管道状物, 也使得胶被变厚, 形成透明的放射层。

分布: 该种分布广泛, 为常见种, 温带地区常见。普遍分布于富营养化湖泊和池塘, 有时也形成水华。中国已知分布于云南 (洱海、轿子雪山水体)、湖北 (武汉东湖边鱼池)、浙江 (绍兴、西湖)、江苏 (玄武湖)、内蒙古 (呼伦湖)、广东 (中山)、海南 (坝王岭) 等。国外分布于欧洲 (比利时、卢森堡^[10]、瑞典、德国) 和北美、印度、日本^[11] 等。

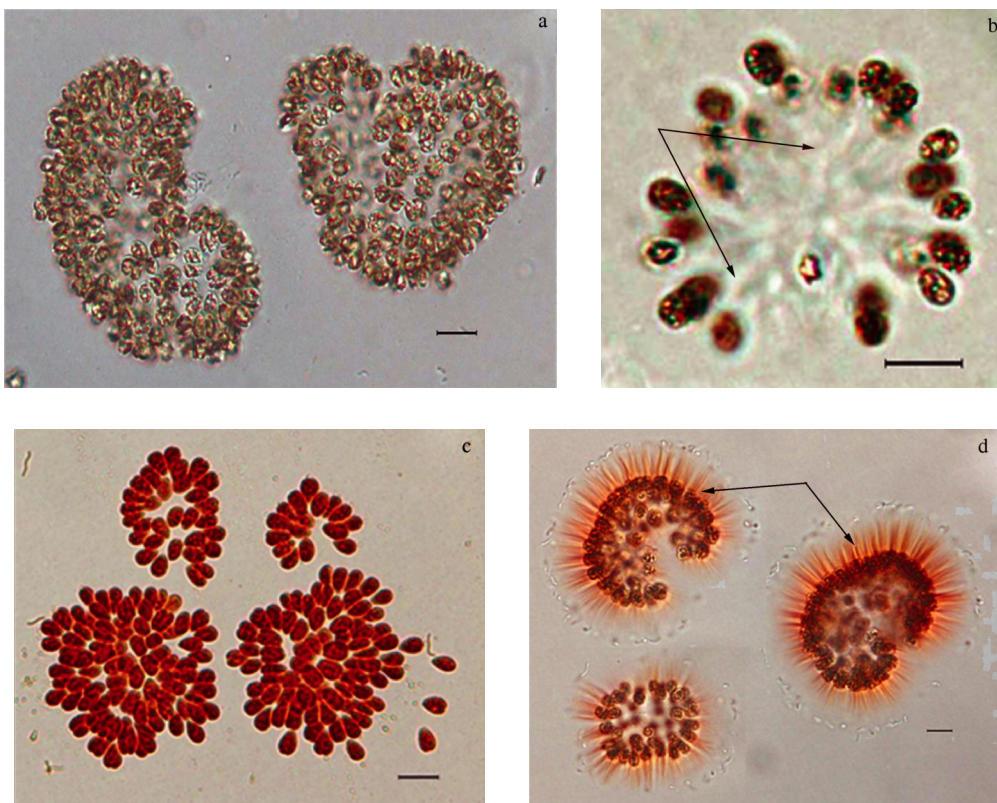


图1 乌龙藻形态特征图(a,b:自然状态的乌龙藻群体;c:鲁哥氏液处理的乌龙藻群体,显示细胞为卵形;d:番红染料正染后的乌龙藻群体,显示胶质柄,图中箭头所指为胶质柄,比例尺 = 10 μ m)

Fig. 1 Colonies of *Woronichinia* (a,b: Colonies sampling from field; c: Colonies from the fixed *Woronichinia* sample by Lugol's solution, showing cells as slightly elongate, oval, or obovoid; d: The *Woronichinia* colonies dyed by Safranin, arrows indicating the structure of gelatinous tubular stalks, All Bars = 10 μ m)

3 讨论

近年来,16S rDNA 等其他分子序列分析表明该属种类与微囊藻属(*Microcystis*)和腔球藻属(*Coelosphaerium*)明显不同,属于新属,即乌龙藻^[7, 12]。目前该属已经报道 11 种^[7, 12]。

乌龙藻与腔球藻十分相似,具有相似的细胞形态和胶被形态,细胞均为卵形,胶被较厚,具辐射状纹理,且均不密贴细胞群体,但二者有着区别。腔球藻的细胞末端以及群体中央没有胶质丝体,而乌龙藻有。腔球藻细胞排列方式为不规则排列,而乌龙藻为放射状排列。

乌龙藻与微囊藻群体形态也十分相似,群体均为近球形,细胞辐射状排列,有气囊,胶被不密贴细胞群体。但放射微囊藻(*Microcystis botrys*)和挪氏微囊藻(*Microcystis novacekii*)的细胞均为球形,细胞排列更加紧密,充满胶被,胶被外缘离细胞群体的距离较近。而乌龙藻细胞为卵形。值得注意的是,由于视角不同,所见乌龙藻细胞有时为顶面观,即呈球形,但实际为卵形或椭圆形,当压片水分较少,藻种群体被压迫扁平时,可以更明显地观察到卵形细胞。乌龙藻的胶被厚,离细胞群边缘较远,细胞呈辐射状排列在外围。

曾呈奎和毕列爵已经明确将 *Woronichinia* 翻译为“乌龙藻属”^[13]。但胡鸿钧和魏印心记录了该属和其中的一种,并将属名译为欧式藻,而没有采用“乌龙藻”的译名^[3]。根据优先原则和规范原则,建议接收曾呈奎和毕列爵的译法,即 *Woronichinia* 翻译为“乌龙藻属”。此外胡鸿钧和魏印心将模式种赖格乌龙藻(*Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, 1933)仍记录为“居氏腔球藻”,没有承认该种为 *Woronichinia* 属的模式种地

位^[3],由于他们没有给出理由,因此本文根据国际现行的蓝藻分类系统以及分子生物学的证据,建议采用赖格乌龙藻(*Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin, 1933)为本种的正式学名。

胡鸿钧和魏印心在 *Woronichinia* 下收录了一种,即密胞欧式藻(*Woronichinia compacta* (Lemmermann) Komárek et Hindák, 1988),该种相应中文译名也应改为“密胞乌龙藻”^[3]。赖格乌龙藻与密胞乌龙藻的主要差别为密胞乌龙藻没有气囊,而赖格乌龙藻有较多的气囊,其次前者细胞主要形态为宽卵形,其长宽比稍小,且排列更密集,后者细胞的长宽要稍大。

根据实验室的培养初步发现,在常用的 CT 和 MA 蓝藻培养基(pH 为 8.5 左右)中,赖格乌龙藻生长不好,而在 pH 为 6.5 左右的 AF-6 培养基中生长很好,这是否表明赖格乌龙藻不适应高 pH 环境,比较适合在中性环境或弱酸性环境,还需要进一步深入研究。

4 参考文献

- [1] 朱浩然. 中国淡水藻志·第二卷·色球藻纲. 北京:科学出版社, 1991:11-23.
- [2] Castenholz RW, Phylum BX. Cyanobacteria. Oxygenic photosynthetic bacteria. In: Boone DR, Castenholz RW eds. Bergey's manual of systematic bacteriology, Vol. 1. New York: Springer-Verlag, 2001:473-599.
- [3] 胡鸿钧,魏印心. 中国淡水藻类——系统、分类及生态. 北京:科学出版社, 2006: 62-68.
- [4] Kasai F, Kawchi M, Erata M *et al.* 2004 NIES-Collection. List of Strains, seventh Edition. Microalgae and Protozoa, 2004:258.
- [5] 虞功亮,宋立荣,李仁辉. 中国淡水微囊藻分类学研究——以滇池为例. 植物分类学报,2007,45(5):727-741.
- [6] 沈萍,范秀容,李广武. 微生物学实验,第三版. 北京:高等教育出版社, 1999:26-28.
- [7] Komárek J, Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: Ettl H, Gartner G, Heynig H *et al.* eds. Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. Ulm:Gustav Fischer, 1999:164-190.
- [8] Geitler L. Cyanophyceae. In:Rabenhorst L ed. Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1932, 14:130-159.
- [9] Desikachary TV. Cyanophyta. New Delhi: Indian Council of Agriculture Research, 1959: 81-132.
- [10] Willame R, Hoffmann L. Bloom-forming blue-green algae in Belgium and Luxembourg. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement, Algological Studies*, 1999, 94:365-376.
- [11] Watanabe M. Taxonomy of waterbloom forming cyanobacteria from Japanese waters. Tokyo: National Science Museum, 1999: 23-26.
- [12] Komárek J, Hindák F. Taxonomic review of natural population of the cyanophytes from the *Gomphosphaeria*-complex. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement, Algological Studies*, 1988, 50-53:203-225.
- [13] 曾呈奎,毕列爵. 藻类学名词及名称. 北京:科学出版社,2005:296.