

## 中国鱼腥藻属的八个新记录种

杨 丽<sup>1,2</sup> 虞功亮<sup>1</sup> 李仁辉<sup>1</sup>

(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:**目前,全世界共报道 100 多种鱼腥藻,中国只记录了 40 余种,而且一些种类的描述仍比较模糊。近期,在湖北、云南、广东、江西、安徽、江苏、上海、北京等地进行野外调查时,发现了多种鱼腥藻,其中有 8 种是中国尚未报道的新记录种,分别是:近亲鱼腥藻 *Anabaena affinis* Lemmema 1897、浮游鱼腥藻 *Anabaena planctonica* Brunnthaler 1903、凯氏鱼腥藻 *Anabaena kisseleviana* Elenkin 1938、束丝鱼腥藻 *Anabaena aphanizomenoides* Forti 1912、伯氏鱼腥藻 *Anabaena bergii* Ostensfeld 1908、乌克兰鱼腥藻 *Anabaena ucrainica* (Schkorb.) Watanabe 1996、大湖鱼腥藻 *Anabaena oumiana* Watanabe 1996 和真紧密鱼腥藻 *Anabaena eucnapha* Li et Watanabe 1999。

**关键词:**蓝藻门;鱼腥藻属;新记录;中国

**中图分类号:** Q949.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)05-0917-07

随着人类活动的频繁增加,各种水体中的营养物质不断积累,导致水体的富营养化程度不断加剧,近年来不断有相关文献报道国内多个湖泊的富营养化程度,如无锡太湖、云南滇池、武汉东湖等<sup>[1-3]</sup>。在适宜的温度、光照等外界条件下,这些富营养化水体中的藻类常常大量繁殖形成水华 (Water bloom),其中最为常见的是蓝藻水华 (Cyanobacteria bloom)。在 2007 年,无锡太湖、云南滇池以及安徽巢湖等地都相继发生了大面积以微囊藻水华为主的蓝藻水华,特别是无锡太湖的微囊藻水华造成了无锡市的供水中断而让人们谈藻色变。蓝藻水华的形成不仅会使水体缺氧,造成其他水生生物大量死亡而恶化环境,水华蓝藻还会向水体释放各种毒素和异味物质,影响水质安全和人类健康。在诸多的水华蓝藻中,微囊藻因污染最广最严重、毒性强在我国被较多报道和研究<sup>[4]</sup>,而其他产生水华的蓝藻类型,如鱼腥藻 *Anabaena* Bory、束丝藻 *Aphanizomenon* Morren、节球藻 *Nodularia* Mertens、浮丝藻 *Planktothrix* Anagnostidis et Komárek 等研究均相对较少。其中,值得一提的是鱼腥藻,其水华种类繁多,它们的丝体形状和细胞形态具较大的多样性,它们产生的毒素也是多种多样,包括鱼腥藻毒素、微囊藻毒素、神经毒素以及拟柱胞藻毒素等。但是,我国对形成水华的鱼

腥藻属种类的基础研究特别是分类上的研究还存在较大不足。

鱼腥藻属 *Anabaena* Bory 属于蓝藻门,念珠藻目,念珠藻科,由 Bory 在 1822 年以类颤鱼腥藻 *Anabaena oscillarioides* Bory 作为模式种创建的一种含异形胞的丝状蓝藻。Geitler 描述了该属分布在欧洲的 87 个分类单位<sup>[5]</sup>,Kondratieva 记录了 78 个分类单位 (Taxa)<sup>[6]</sup>,Stamach 则报道了 92 个分类单位<sup>[7]</sup>。迄今为止,世界上共报道过的鱼腥藻约 100 多个种。但是在中国关于鱼腥藻属的报道较少,在最近出版《中国淡水藻志》第九卷“蓝藻门藻殖段纲”(朱浩然主编)中只描述了 41 个鱼腥藻分类单位,其中包括 11 个变种<sup>[8]</sup>,但是其中记录的水华类型的鱼腥藻种类非常之少。

近几年来,我们在湖北、云南、广东、江西、安徽、江苏、上海、北京等地的水体中进行蓝藻水华的调查和研究时,发现了多种鱼腥藻在蓝藻水华中同微囊藻或其他蓝藻混合存在。对野外水体样品进行单根藻丝分离培养,获得了单种培养藻种,藻种现在存放于中国科学院水生生物研究所有害藻类学科组藻种库中。通过对野外样品以及单种培养藻种的形态观察,确认其中有 8 种是在中国尚未报道过的新记录种,现将这 8 种鱼腥藻的形态特征和分布地域描述如下。

收稿日期: 2008-08-04; 修订日期: 2008-12-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30770165); 中国科学院百人计划 (0823031501) 资助

作者简介: 杨丽 (1985—), 女, 汉族, 江西赣州人; 硕士研究生; 主要从事蓝藻分类和分子系统学研究。E-mail: yangli@ihb.ac.cn

通讯作者: 李仁辉, E-mail: reli@ihb.ac.cn

## 1 材料与方法

**1.1 样品采集** 在湖北、云南、广东、江西、安徽、江苏、上海、北京等地的水体,用 25号筛绢制作的浮游生物网网捞水体中的藻类。

**1.2 藻种分离** 使用最经典的毛细管分离法:选用巴斯德吸管制作的毛细管(Pasteur Micropipette)在解剖镜下挑取单根藻丝,清洗 6—8次,最后放入含有 5 mL CT培养基的试管中。

**1.3 藻种培养和休眠孢子诱导** 光照强度为  $25 \mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ,光暗周期为 12h 12h,温度为  $(25 \pm 1)$ ,一般情况下光照培养 4—6周便可得到单种藻种。但是,许多鱼腥藻藻种在正常培养条件下并不形成休眠孢子。根据 Li, et al. 的发现,在低温条件下容易诱导出鱼腥藻的休眠孢子<sup>[9]</sup>。所以我们在本实验中,通过低温诱导(15 )培养条件下观察到了这些藻种的休眠孢子。

**1.4 形态观察和测量** 藻丝形态的观察使用 Olympus BX51型光学显微镜,外接数码相机(QM-AGNG Micropublish 5.0 RTV)与台式计算机。数码拍照和数据测量通过其附带的图像分析软件 Image-pro express 5.1实行。选取 50个以上的藻体进行各项数据的测量。

## 2 形态描述

**2.1 近亲鱼腥藻** *Anabaena affinis* Lemmermann 1897 图版 -1、2

Lemm., Abh. Nat. Ver. Bremen 14, S. 261, Taf. 1, Fig. 12, 13, 16, 17, 1897.

Synonym: *A. catenula* (Kütz.) Bom. & Flah. var. *affinis* (Lemm.) Geitl. 1932

藻丝自由漂浮,相互之间形成束状。藻丝呈线性或稍微弯曲,两端的细胞比中间的细胞稍细,有胶鞘。营养细胞(Vegetative cell)具气囊(Gas vesicle),球形或近球形,直径约  $4.3—6.3 \mu\text{m}$ 。异形胞(Heterocyte)呈球形,与营养细胞差不多或稍大,直径  $4.8—8.9 \mu\text{m}$ 。孢子(Akinete)椭圆形或长椭圆形,孢子宽  $5.3—8.4 \mu\text{m}$ ,长  $7.2—16.7 \mu\text{m}$ ,长宽比例为  $1.3—2.5$ 。孢子一般单独出现,很少 2个相连。孢子远离异形胞。

这是在富营养化水体中唯一聚集成束状的一种鱼腥藻,其末端稍微变细和在水体中积聚成束状的典型特性使其与其他类型的鱼腥藻相区分。从细胞大小上来看,本藻种其营养细胞、异形胞和孢子的大

小比 Li, et al.<sup>[10]</sup>描述的略小一些,但是孢子的长宽比例差不多,其他形态特征也基本相似。

分布:湖北宜昌三峡、湖北鄂州梁子湖、湖北蕲春赤东湖、云南滇池、江西麻将公河,日本(Lake Inbanuma),澳大利亚(Warren Reservoir, Strathalbyn Reservoir)。

**2.2 浮游鱼腥藻** *Anabaena planctonica* Brunnthaler 1903 图版 -3

Brunnth., Sitz. Ak. Wiss. Wien, 112, Abt. 1, S. 4, 1903.

Synonym: *A. scheremetievi* Elenk. 1909 pro parte; *A. scheremetievi* var. *recta* Elenk. Subf. *Ovalispora* Elenk. 1938; *A. linnetica* G. M. Smith 1916; *A. catenula* var. *affinis* (Lemmermann) Geitler 1932; *A. solitaria* f. *solitaria* sensu Komárek 1958; *A. solitaria* f. *planctonica* (Brunnth) Kom. 1958.

藻丝单生,自由漂浮,藻丝呈线性或稍微弯曲,具厚的胶鞘。营养细胞具气囊,球形或扁球形,宽为  $7.7—11.4 \mu\text{m}$ ,长为  $4.9—11.4 \mu\text{m}$ ,长宽比例为  $0.5—1.0$ 。异形胞球形,略比营养细胞大,直径为  $8.3—10.7 \mu\text{m}$ 。孢子为长椭圆形,宽为  $9.2—12.8 \mu\text{m}$ ,长为  $12.7—23.7 \mu\text{m}$ ,长宽比为  $1.2—2.4 \mu\text{m}$ 。孢子远离异形胞,单个或两个一起出现。

从细胞大小来看,本文中的藻种比 Li, et al.<sup>[10]</sup>描述的略小一点,其他的形态特点均相似。该种与 *Anabaena solitaria* Klebahn在形态上非常相似。其区别在于 *A. solitaria*的孢子是长桶状,宽度与浮游鱼腥藻的相近,但长度大很多。

分布:湖北蕲春赤东湖、湖北武汉南湖,江苏南京取水口;日本(Lake Onnuma)。

**2.3 凯氏鱼腥藻** *Anabaena kisseleviana* Elenkin 1938 图版 -4、5

Elenkin, A. A. Monographia Algarum Cyanophycearum aquidulcium et terrestrium in finibus URSS inventarum Fask. I 777(1—984). 1938.

藻丝单生,自由漂浮,直线状或轻微弯曲,具胶鞘,藻丝两端轻微变细,末端细胞拉长呈椭圆形。营养细胞具气囊,球形或扁球形,一般宽比长略大,末端细胞长大于宽。长  $2.8—6.5 \mu\text{m}$ ,宽  $4.4—6.9 \mu\text{m}$ ,长宽比为  $0.6—1.3$ 。异形胞球形或近球形,直径  $5.1—6.7 \mu\text{m}$ 。孢子球形或近球形,直径  $6.4—12.7 \mu\text{m}$ 。孢子紧邻异形胞,一般同时出现在异形胞的两侧,有时也只出现在一侧。孢子一般单个出现,有时也成串出现,但孢子的位置紧邻异形胞,若

多个时,一般同时出现在异形胞两侧,有时也只出现在一侧。

从细胞大小来看,本文中的藻种比 Li, et al.<sup>[10]</sup>描述的略小一点,其他的形态特点均相似。

分布:湖北武汉关桥鱼塘和南湖,湖北蒲圻陆湖水,湖北蕲春赤东湖,广东文山湖;日本 (Lake Kasumigaura)。

#### 2.4 束丝鱼腥藻 *Anabaena aphanizomenoides* Forti 1912 图版 -6, 7

Forti, Atti Mem. Acc. d'agric. sc. lett. arti e comm., Verona, Ser. IV, 12, S. 126, Fig. 2, 1912.

Synonym s: *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Forti) Horeck and Komárková 1979.

藻丝单生,自由漂浮,呈直线状或轻微弯曲,胶鞘不明显,藻丝两端变细,末端细胞拉长变细成长条形。营养细胞具气囊,球形或长球形,长 3.2—5.8  $\mu\text{m}$ ,宽 3.2—5.7  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 0.57—1.4。异形胞卵形或球形,直径 5.4—7.0  $\mu\text{m}$ 。孢子球形,直径 6.4—11.4  $\mu\text{m}$ 。孢子紧邻异形胞,一般同时出现在异形胞两侧,有时也只出现在一侧。孢子一般成对出现,有时也会单个出现。

从细胞大小来看,本文藻种的营养细胞、异形胞和孢子都比 Baker, et al.<sup>[11]</sup>描述的要小一点,营养细胞的长宽比也小一点,但其他形态特征基本相符。

分布:湖北蕲春赤东湖、湖北洪湖、北京玉渊潭、广东文山湖、澳大利亚 (Murray River)、欧洲、印度、新西兰。

#### 2.5 伯格鱼腥藻 *Anabaena bergii* Ostensfeld 1908 图版 -8

Ostensfeld, Phytopl. Aral Sea, St. Petersburg, S. 142, Taf. 5, Fig. 3, 4, 1908

藻丝单生,自由漂浮,呈直线型或轻微弯曲,胶鞘不明显,藻丝两端逐渐变细,末端细胞拉长变细成钩状,而且末端细胞常失去气囊而呈现浅白色。营养细胞具气囊,为方形或近方形,长为 2.7—8.5  $\mu\text{m}$ ,宽为 2.5—5.5  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 1.5—4。异形胞近球形,长 4.3—6.4  $\mu\text{m}$ ,宽 3.4—6.1  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 0.8—1.5。孢子为卵形,长 5.5—8.0  $\mu\text{m}$ ,宽为 5.0—6.7  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 0.9—1.3。孢子远离异形胞,一般是单个出现。

从细胞大小来看,我们所采集的藻种的营养细胞、异形胞和孢子都比 Baker, et al.<sup>[11]</sup>描述的要小一点。但是 Baker, et al. 所报道的是一个变种 *Anabaena bergii* var. *linnetica* Couté & Preisig, Nyg-

aard<sup>[12]</sup>后来指出 *Anabaena bergii* var. *linnetica* 其实就是浮游鱼腥藻 *A. planctonica*。

分布:湖北武汉南湖、华中农业大学养殖鱼池塘,湖北蕲春赤东湖,美国亚利桑那州,澳大利亚 (Beetabo Reservoir)。

#### 2.6 乌克兰鱼腥藻 *Anabaena ucrainica* (Schkorb.) Watanabe 1996 图版 -9 - 11

Watanabe, Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B, 22(1), Fig 8, 16—18, 1996.

Synonym s: *Anabaena spiroides* var. *ucrainica* Schkorbátow, Not. Syst. Inst. Crypt. Hort. Bot. Petropol. 2(6): 88, 1923.

藻丝单生,自由漂浮,藻丝之间整齐排列,有规则地松散螺旋,胶鞘厚。螺旋直径 46.9—66.2  $\mu\text{m}$ ,螺旋间距 15.8—66.9  $\mu\text{m}$ 。营养细胞具气囊,球形或扁球形,长 9.1—15.1  $\mu\text{m}$ ,宽 11.5—15.2  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 0.7—1.1。异形胞球形,直径 11.8—17.9  $\mu\text{m}$ 。孢子球形或近球形,直径 12.7—27.0  $\mu\text{m}$ ,孢子远离异形胞,且孢子一般单个出现。

从细胞大小上看,本藻种与 Li, et al.<sup>[10]</sup>所描述的无明显差异,只是螺旋直径和螺距稍微小一点。在观察中发现有的藻株一部分藻丝紧密螺旋,一部分较为松散螺旋,紧密螺旋的藻丝周围的胶被很厚,可能厚胶被层的存在限制了藻丝的解旋。该种与 *Anabaena crassa* (Lemmertmann) Komárková et Cronberg 形态上较为相似,区别在于乌克兰鱼腥藻的孢子是球形或近球形,而 *A. crassa* 的孢子为椭圆形。

分布:云南滇池、洱海,日本 (琵琶湖、Lake Sagami)。

#### 2.7 大湖鱼腥藻 *Anabaena oumiana* Watanabe 1996 图版 -12, 13

Watanabe, Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B, 22(1), Fig 5—7, 14, 15, 19, 21, 1996.

藻丝单生,自由漂浮,有规则的松散螺旋,具胶鞘。螺旋直径 26.3—38.9  $\mu\text{m}$ ,螺距 7.3—29.9  $\mu\text{m}$ 。营养细胞具气囊,球形或扁球形,长 4.2—6.7  $\mu\text{m}$ ,宽 5.8—8.3  $\mu\text{m}$ ,长宽比为 0.6—1.0。异形胞球形,直径 6.4—9.2  $\mu\text{m}$ 。孢子球形或近球形,直径 9.2—12.9  $\mu\text{m}$ 。孢子与异形胞紧密相连,成串或单个出现,一般同时出现在异形胞两侧,

从细胞大小上看,本藻种与 Li, et al.<sup>[10]</sup>所描述的无明显差异。该种与螺旋鱼腥藻 (*Anabaena spiroides* Klebahn)、乌克兰鱼腥藻 (*A. ucrainica*) 在螺旋形态上类似,但该种的孢子是球形,且紧邻异形胞,这是与其他两个种相区分开的主要依据。

分布:湖北武汉关桥鱼塘、湖北蕲春赤东湖、日本(琵琶湖、霞浦湖)。

**2.8 真紧密鱼腥藻** *Anabaena eucampacta* Li et Watanabe 1999 图版 -14 - 16

Li & Watanabe. Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. B, 25(3), Fig 89—94, 1999.

藻丝单生,自由漂浮,紧密螺旋,没有胶被。螺旋直径约 12.6—19.3  $\mu\text{m}$ ,螺旋间距 4.2—8.7  $\mu\text{m}$ 。营养细胞具气囊,球形或近球形,直径 3.2—5.9  $\mu\text{m}$ 。异形胞球形,直径 4.8—6.3  $\mu\text{m}$ 。孢子近球形,直径 6.3—11.2  $\mu\text{m}$ 。孢子与异形胞紧密相连,一般同时出现在异形胞的两侧,且是单个出现。

该种是 Li & Watanabe<sup>[13]</sup>在日本发现的一个新种。与 Li et al. 所报道的比较来看,本文中的藻种螺旋直径、营养细胞更大,异形胞和孢子的大小没有明显差异。真紧密鱼腥藻与 *Anabaena compacta* (Nygaard) Hickel 和 *Anabaena pseudocampacta* Watanabe 很相似,都具有紧密的螺旋,但是该种孢子紧邻异形胞,这是与其他两种相区分的主要依据。同时,该种与 *Anabaena reniformis* Lemmermann 也很类似,它们孢子与异形胞的位置相同,但 *A. reniformis* 的孢子是球形,且螺旋更松散。

分布:湖北武汉南湖和关桥鱼塘、湖北蕲春赤东湖,日本千叶县 Yatsuru 湖。

### 3 讨论

鱼腥藻属是蓝藻门中一个重要的属,它分布广泛,是固氮蓝藻的代表,在全球氮循环中起着重要作用。同时它种类繁多,约占整个蓝藻种类的 5%。从生长习性来看,鱼腥藻可以分为浮游性鱼腥藻和固着性鱼腥藻,本文研究对象集中在前者,因为现在全世界报道的浮游性鱼腥藻种类也有 40 多种。目前我国关于鱼腥藻属形态描述的报道还很少,所记载的浮游性鱼腥藻种类非常有限。如胡鸿钧和魏印心<sup>[14]</sup>编著的《中国淡水藻类—系统、分类及生态》一书中记录有 10 个鱼腥藻分类单位,其中仅有 3 种浮游鱼腥藻种类。即使是最新出版的《中国淡水藻志》第九卷“蓝藻门藻殖段纲”(朱浩然主编)中描述的 41 个鱼腥藻分类单位,也只有约 11 种浮游种类。从分布上来看,浮游性鱼腥藻一般从较高纬度的温带的水体中采集得到如日本的北海道地区、欧洲以及北美的五大湖区等等。而本研究中样品采集的范围大部分集中在我国南部的亚热带水体中,仅这些水体中就发现 8 种新记录种,如果我们的调查研究

范围向北扩展,可以推断中国存在更多的新记录种甚至是新种的可能性是很大的。这同时也说明了我国在鱼腥藻分类方面的薄弱,进一步揭示我国的蓝藻种类,摸清我国藻类生物资源和环境问题以及藻类种类家底也是我们今后研究的方向。

Stup<sup>[15]</sup>提出鱼腥藻属的分类标准有五条,分别为 1)营养细胞的形状大小;2)异形胞和孢子的形状大小;3)异形胞与孢子的位置关系;4)末端细胞的形状;5)藻丝的颜色和形状。从本研究中的浮游鱼腥藻类型的形态来看,可以分为弯曲的鱼腥藻和线性鱼腥藻,然后再根据藻丝形状,营养细胞,异形胞和孢子的形态,大小以及相对位置等进一步细化到种水平的分类。根据这些分类的形态标准,我们对本文中的藻种进行形态观察和数据测量,确定 8 种是中国的新记录种。

到目前为止,鱼腥藻的分子系统方面的研究结果并不令人满意,导致鱼腥藻属的分类至今仍然存在很多混乱点。首先是鱼腥藻属与束丝藻属(*Aphanizomenon*)、念珠藻属(*Nostoc*)、项圈藻属(*Anabaenopsis*)之间的区别不是很清晰。如伯格鱼腥藻的藻丝末端结构与束丝藻的比较类似,分子系统上也表明许多浮游性鱼腥藻与水华束丝藻等混合形成一个大的族群。如念珠藻在自然条件下通常是形成胶被群体,但在培养状态下一般会变成单根藻丝,单藻丝的念珠藻与鱼腥藻就很难区分开,分子系统也显示念珠藻与固着性鱼腥藻相互交错。其次是鱼腥藻属种间水平的分类问题。浮游性鱼腥藻与固着性鱼腥藻在形态结构、生理生态和分子生物学特征上区别较大,但是就这两大类是否同属于鱼腥藻属, Li & Watanabe<sup>[16]</sup>提出了质疑,目前许多研究结果特别是分子证据也都提出了质疑,有关鱼腥藻的浮游类和固着类的分类重新整理还有待进一步的研究。

我国有关鱼腥藻以及相关藻的分子多样性和分子系统关系研究还很少,还不能达到充分利用我国资源来解决有关分类科学难题。因为有关具有科学信赖的基础报道如种类分布、新种、新记录种的报道还很少,所得到的藻种就更少。我们还有待于进一步扩大研究调查范围,取得更多研究材料,为我国的鱼腥藻属以及念珠藻科的分类系统的完善提供充足而有力的信息。

致谢:

感谢本实验室吴忠兴助理研究员、林燊博士和余博识硕士,云南大理州洱海湖泊研究中心卫志红高工、孟良工程师以及华中农业大学水产学院马徐

发副教授,在样品采集和实验过程中的帮助和支持,在此深表谢意!

### 参考文献:

- [ 1 ] Qin B Q. A review and prospect about the aquatic environment studies in Taihu Lake [ J ]. *Journal of Lake Sciences*, 2005, 10 (4): 1—9 [秦伯强. 太湖水环境面临的主要问题、研究动态与初步进展. 湖泊科学, 1998, 10 (4): 1—9]
- [ 2 ] Wan N, Song L R, Wang R N. The spatio-temporal distribution of algal biomass in Dianchi Lake and its impact factors [ J ]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, 32 (2): 184—188 [万能, 宋立荣, 王若南. 滇池藻类生物量时空分布及其影响因子. 水生生物学报, 2008, 32 (2): 184—188]
- [ 3 ] Yu B S, Wu Z X, Zhu M L. The formation of cyanobacterial bloom in the Shuiguohu Bay and its effect on Donghu Lake, Wuhan [ J ]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, 32 (2): 286—289 [余博识, 吴忠兴, 朱梦灵. 水果湖湾蓝藻水华的形成及其对东湖影响的评价. 水生生物学报, 2008, 32 (2): 286—289]
- [ 4 ] Li X Y, Song L R, Liu Y D. The production detection and toxicology of Microcystins [ J ]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23 (5): 517—523 [李效宇, 宋立荣, 刘永定. 微囊藻毒素的产生、检测和毒理学研究. 水生生物学报, 1999, 23 (5): 517—523]
- [ 5 ] Geitler L. Cyanophyceae. In Rabenhorst's Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 14 [ M ]. Koenigstein Germany Press 1932, 1196
- [ 6 ] Kondratieva N V. Cyanophyta. In Vizin Vodorost [ M ]. Ukr RSR Press Vid "Naukova dumka", Kiev 1968, 1, 2: 524
- [ 7 ] Starmach K. Cyanophyta-Sinice, Glaucophyta-Glaucophyta. Flora Sbdkowodna Polski, Pol [ M ]. Acad Science Press PWN Warszawa 1966, 2: 808
- [ 8 ] Zhu H R. In: Flora Algarum Sinicarum Aquae Dulcis Tomus IX. Cyanophyta Homogonophyceae [ M ]. Beijing: Science Press 2007, 153—165 [朱浩然. 中国淡水藻志·第九卷·蓝藻门·藻殖段纲. 北京: 科学出版社. 2007, 153—165]
- [ 9 ] Li R, Watanabe M, Watanabe M M. Akinete formation of planktic *Anabaena* spp. by low temperature treatment [ J ]. *Journal of Phycology*, 1997, 33: 576—584
- [ 10 ] Li R, Watanabe M, Watanabe M M. Taxonomic studies of planktic species of *Anabaena* based on morphological characteristic in cultured strains [ J ]. *Hydrobiologia*, 2000, 438: 117—138
- [ 11 ] Baker P. Part I Nostocales. In: Baker P (Eds), Identification of Common Noxious Cyanobacteria [ M ]. Melbourne: Metropolitan Board Press 1991, 29—43
- [ 12 ] Nygaard G. Hydrological studies on some Danish ponds and lakes [ J ]. *Kongl Danske Vidensk Selskab Biol Skr*, 1949, 7: 192—214
- [ 13 ] Li R, Watanabe M M. *Anabaena eucompacta* sp. nov. (Nostocales, Cyanobacteria), a new planktonic species with tightly spiraled filaments from Japan [ J ]. *Bulletin of the National Science Museum Series Botany*, 1999, 25: 89—94
- [ 14 ] Hu H J, Wei Y X. The Freshwater Algae of China Systematics, Taxonomy, and Ecology [ M ]. Beijing: Science Press 2006, 173—176 [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, 173—176]
- [ 15 ] Stup B K. Morphological variability of *Anabaena* strains (Cyanophyceae) under different culture condition [ J ]. *Arch Hydrobiologia/Algological Studies*, 1982, 31: 165—176
- [ 16 ] Li R H, Watanabe M M. Physiological properties of planktonic species of *Anabaena* (Cyanobacteria) and their taxonomic value at species level [ J ]. *Arch Hydrobiologia/Algological Studies*, 2001, 103: 31—46

## EIGHT NEWLY RECORDED SPECIES OF ANABAENA BORY (NOSTOCACEAE, CYANOPHYTA) FROM CHINA

YANG Li<sup>1, 2</sup>, YU Gong-Liang<sup>1</sup> and LI Ren-Hui<sup>1</sup>

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

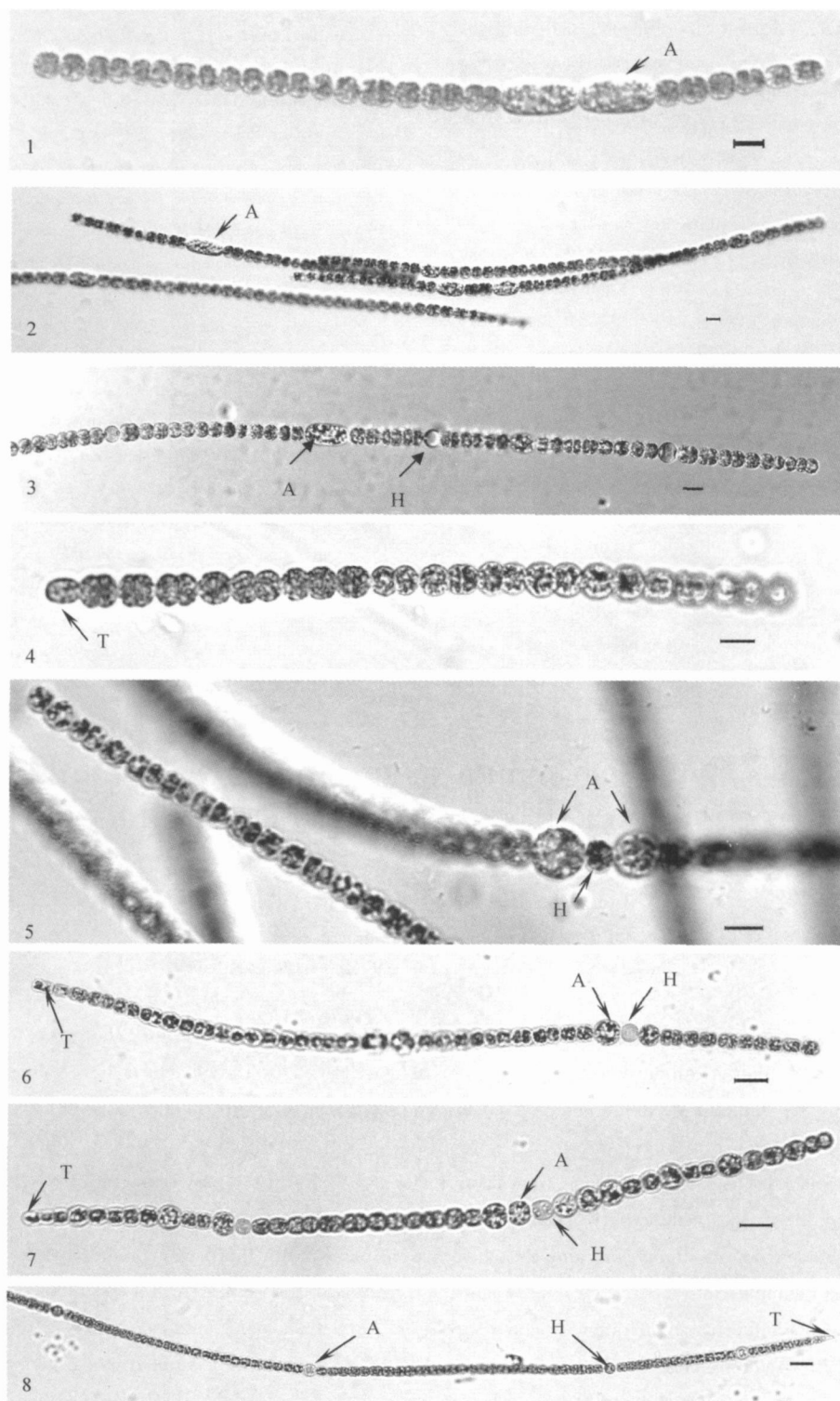
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

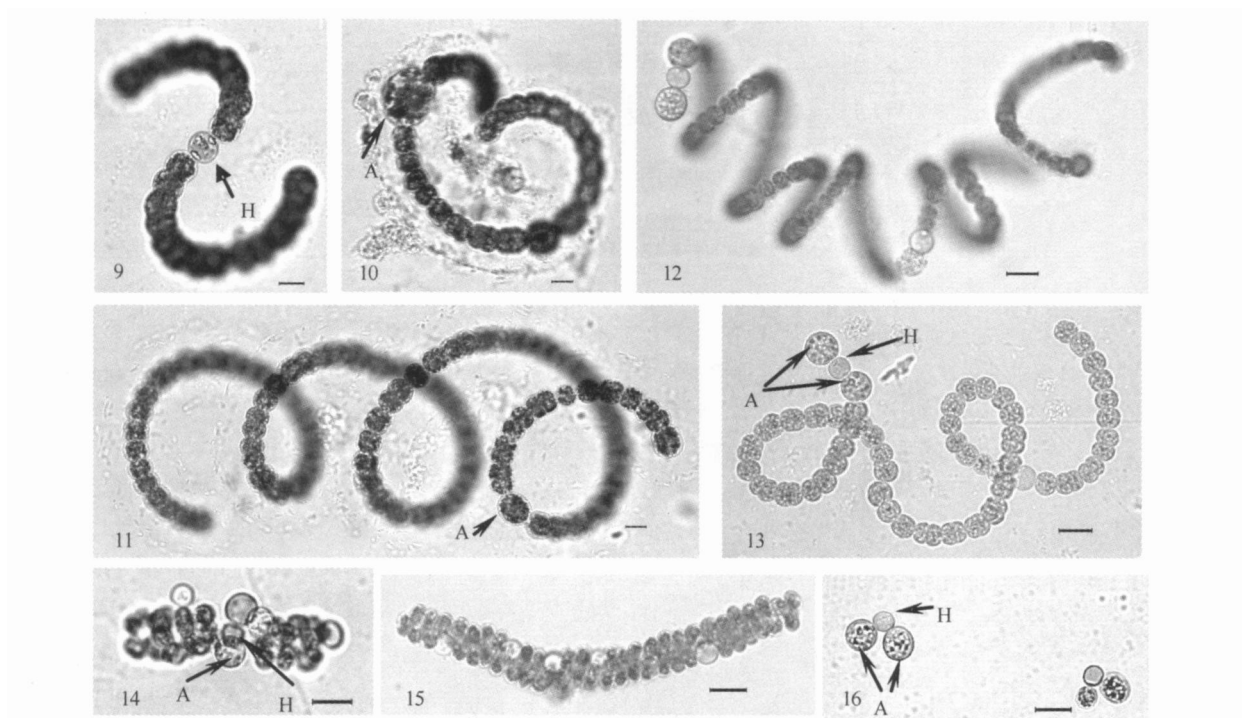
**Abstract:** To date, more than 100 taxa of genus *Anabaena* have been reported in the world, however, only about 40 species were described in China. Frequent occurrence of water blooms formed by cyanobacteria have become a serious environmental issue, but the information about water bloom forming *Anabaena* is quite limited, especially about the taxonomy of planktonic *Anabaena* species.

During field investigations for water-blooms from many regions of China in the past years, a lot of samples were collected using the plankton net from a wide variety of habitats, such as lakes, rivers, ponds, streams and temporary water bodies. Targeting on water bloom forming *Anabaena*, single trichomes were picked with the pasteur micropipettes under a dissecting microscope from water samples into clear water, and washed several times, then cultured in a test tubes of CT medium under routine conditions with appropriate light intensity and temperature, and then many unialgal strains of planktonic *Anabaena* were finally obtained. The morphological characters of these *Anabaena* strains were examined using Olympus BX51 DIC microscope at magnifications of  $\times 200$  and  $\times 400$  connecting with a digital camera Q MAGNMicropublish 5.0 RTV. The re-

sults by morphological observation showed that eight species of *Anabaena* were new to China, and they were *Anabaena affinis* Lemmermann 1897, *Anabaena planctonica* Brunnthaler 1903, *Anabaena kisseleviana* Elenkin 1938, *Anabaena aphanizomenoides* Forti 1912, *Anabaena bergii* Ostensfeld 1908, *Anabaena ucrainica* (Schkorb.) Watanabe 1996, *Anabaena oumiana* Watanabe 1996 and *Anabaena eucompacta* Li et Watanabe 1999. Taxonomic features of these eight *Anabaena* species, including full morphological descriptions, photographs and comparison with the relative taxa, were presented in this study.

**Key words:** Cyanophyta; *Anabaena*; New record; China





图版 八个新记录种的图片 (字母 A 表示孢子, 字母 H 表示异形胞, 字母 T 表示末端细胞)

Plate Photographs of seven recorded species of *Anabaena* (Letter 'A' means akinete, letter 'H' means heterocyte, letter 'T' means terminal cell)  
 1, 2. 近亲鱼腥藻 *Anabaena affinis* Lemmermann 1897; 3. 浮游鱼腥藻 *Anabaena planctonica* Brunnthaler 1903; 4, 5. 凯氏鱼腥藻 *Anabaena kisseleviana* Elenkin 1938; 6, 7. 束丝鱼腥藻 *Anabaena aphanizomenioides* Forti 1912; 8. 伯氏鱼腥藻 *Anabaena bergii* Ostefeld 1908; 9—11. 乌克兰鱼腥藻 *Anabaena ucrainica* (Schkorb.) Watanabe 1996; 12, 13. 大湖鱼腥藻 *Anabaena oumiana* Watanabe 1996; 14—16. 真紧密鱼腥藻 *Anabaena eucompacta* Li et Watanabe 1999; 比例尺 = 10 $\mu$ m

1, 2. *Anabaena affinis* Lemmermann 1897; 3. *Anabaena planctonica* Brunnthaler 1903; 4, 5. *Anabaena kisseleviana* Elenkin 1938; 6, 7. *Anabaena aphanizomenioides* Forti 1912; 8. *Anabaena bergii* Ostefeld 1908; 9—11. *Anabaena ucrainica* (Schkorb.) Watanabe 1996; 12, 13. *Anabaena oumiana* Watanabe 1996; 14—16. *Anabaena eucompacta* Li et Watanabe 1999; Scale bar = 10 $\mu$ m