

水网藻 (*Hydrodictyon reticulatum*) 水华在鄱阳湖的纪录*

吴召仕^{1,2}, 王卷乐³, 夏颖¹, 陈宇炜^{1**}

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008)

(2: 中国科学院大学, 北京 100049)

(3: 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 水网藻水华在国外出现较多, 在国内鲜有报道. 2013年5月对鄱阳湖进行采样时首次发现水网藻水华; 结合现场观测及遥感影像确定其分布范围为老谷庙至落星墩水域, 分布面积约为 26 hm², 推测水网藻可能是由上游稻田等静止水体迁移至鄱阳湖, 在相对静水区进行聚集生长, 加上合适的理化条件(温度及营养盐), 从而形成水华. 在此基础上, 本文进一步分析了水网藻水华对鄱阳湖水生态环境可能产生的影响.

关键词: 水网藻; 藻类水华; 鄱阳湖

A record of bloom in Lake Poyang: *Hydrodictyon reticulatum*

WU Zhaoshi^{1,2}, WANG Juanle³, XIA Ying¹ & CHEN Yuwei¹

(1: *State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China*)

(2: *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China*)

(3: *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China*)

Abstract: *Hydrodictyon reticulatum* blooms, which were common in the overseas, were rare in China. This study reported, first time in China, the *Hydrodictyon reticulatum* bloom in Lake Poyang. It spread over the area between the Laoye Temple and Luoxing-dun in Xingzi County, and covered an area of about 26 ha, based on remote sensing image. It was hypothesized that *Hydrodictyon reticulatum* was migrated from paddy and other lentic waters, grew quickly under relatively favorable conditions. In addition, with enough nutrients, *Hydrodictyon reticulatum* bloom could happen again in Lake Poyang. This study preliminarily illustrated the bloom's potential ecological impacts on Lake Poyang.

Keywords: *Hydrodictyon reticulatum*; algal bloom; Lake Poyang

水网藻生态位较广, 常见于稻田、湖湾、池塘等静止水体中^[1]. 由于其能适应不同营养水平的水体^[2], 且繁殖能力强, 可以较好地去除水体中的营养元素, 因此水网藻在国内被广泛用于富营养水体控制的研究^[3,4]. 国外曾报道, 水网藻水华给水域生态系统带来各种影响^[5,6], 但在国内尚未报道过.

目前, 遥感技术广泛应用于水环境研究, 为水环境监测提供很好的数据支撑. Lathrop 等^[7]通过卫星 TM 数据, 对格林湾和森特勒尔莱克的水质进行评价. 黄家柱等曾利用遥感技术对太湖蓝藻进行监测^[8]. 与传统方法相比, 遥感监测能够实现对水环境的迅速、准确且动态监测和预报, 有利于相关部门更好地对水环境事故的发生和发展进行评估, 以便制定相应对策.

鄱阳湖是我国第一大淡水湖泊, 且与长江连通. 2013年5月对鄱阳湖进行采样时发现存在藻类水华, 经实验室鉴定为水网藻水华. 本研究综合运用生态调查和遥感监测技术方法, 探讨鄱阳湖水网藻水华的成因

* 国家重点基础研究发展计划项目(2012CB417005)和江西省科技重大专项项目(20114ABG01100)联合资助. 2013-09-22 收稿; 2014-01-17 收修改稿. 吴召仕(1987~), 男, 博士研究生; E-mail: zswu1987@163.com.

** 通信作者; E-mail: ywchen@niglas.ac.cn.

及其可能产生的影响,丰富藻类水华研究的新信息,并为进一步研究鄱阳湖水网藻水华提供基础资料.

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析

藻类定性样品用 25[#] 浮游生物网于表层拖取,并带回实验室,在 Olympus BX41 显微镜下观察并拍照. 样品种类鉴定主要参考文献[1]. 现场使用 Hydrolab Datasonde5 型多参数水质监测仪测定水体表层水温、pH、电导率(Cond)和溶解氧(DO),并拍摄水华水面照片. 同时采集垂直混合水化样品,放入酸泡后的 10 L 塑料桶中,冷藏避光保存后带回实验室测定总悬浮物(SS)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、叶绿素 a(Chl. a)、总氮(TN)、总磷(TP)、溶解性总氮(DTN)、溶解性总磷(DTP)、亚硝态氮(NO₂⁻-N)、硝态氮(NO₃⁻-N)、铵态氮(NH₄⁺-N)和正磷酸盐(PO₄³⁻-P). 测定方法参照《水和废水监测分析方法》^[9].

1.2 水华地分布信息的遥感提取与分析

利用环境与灾害监测预报小卫星(HJ-1A/1B)获取 2013 年 5 月 13 日发生水网藻水华地的环境卫星影像,对其进行预处理;利用采样实测的水华发生地(落星墩)的 GPS 数据,建立解译标志;对影像进行判读,获得发生水华点的分布范围和面积. 影像信息提取与分析方法参考文献[10].

2 结果与讨论

2.1 水网藻特征及分布

经实验室显微镜镜检发现,引起鄱阳湖水华的藻类是水网藻(图 1). 水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)隶属于绿藻门(Chlorophyta)绿藻纲(Chlorophyceae)水网藻科(Hydrodictyaceae)水网藻属(*Hydrodictyon*). 植物体细胞呈圆柱形到宽卵形,以其两端的细胞壁连接成网,网眼多为五边或六边^[1],细胞长 130~590 μm、宽 30~60 μm.

本文利用卫星获得了水华发生当天的遥感影像(图 2). 水网藻水华主要分布在近岸区 A 和落星墩附近 B,面积分别约为 1.77 × 10⁵ m² 和 8.78 × 10⁴ m²,合计约 2.6 × 10⁵ m²(图 3). 另外,由落星墩往老爷庙方向,途中也发现有大量绿色漂浮物,面积约为 3 × 10⁴ m²,经鉴定同为水网藻. 由于卫星的最小分辨率为 30 m × 30 m,较小的水华斑块未在遥感影像中反映出来,因此实际水华分布面积可能更大.

2.2 水网藻的生境

鄱阳湖水网藻分布区水体理化参数经过测定分别为:风速 2.40 m/s、风向 SSE、水深 8.10 m、透明度 0.60 m、水温 23.39℃、DO 9.04 mg/L、电导率 116.90 μS/cm、pH 8.76、浊度 19.80、DTN 0.74 mg/L、NO₃⁻-N 0.23 mg/L、NO₂⁻-N 0.026 mg/L、NH₄⁺-N 0.29 mg/L、DTP 23.00 μg/L、PO₄³⁻-P 5.00 μg/L.

水网藻分布范围较广. Dineen 在池塘中发现水网藻^[11]. 此外,水网藻在湿地、湖泊以及稻田等生态系统中也均出现过^[12-14]. 在亚洲,水网藻常见于稻田中^[12]. 胡鸿钧等指出水网藻常见于静止水体中^[1]. 鄱阳湖与长江相通,水体具有一定的流速,且藻类以硅藻为主,水网藻所占比例极少^[15-16]. 水网藻水华发生在 5 月中旬,此时鄱阳湖流域降水增多,降水过程极有可能将水网藻从稻田等静止水体带入河流并流入鄱阳湖中. 另外,枯水期鄱阳湖由于退水形成众多的小水洼同样适合水网藻的生长,在涨水过程中,也有可能迁移至湖区.

老爷庙附近由于其特殊的水文条件,形成一个相对静水区,且落星墩附近的水网藻水华斑块也靠近近岸区,水体流速极小,有利于水网藻的聚集生长. 另外,鄱阳湖水体自南向北流动,有利于水网藻从老爷庙向落星墩方向迁移.

水网藻在春、夏季生长快速,冬季却生长缓慢,这可能是由于其对温度和光照的需求较高^[17]. 王朝晖等研究发现:在水温处于 10~31℃ 范围内,水网藻均能生长,最适温度为 25℃^[2],这与 Hawes 等^[18]的研究结果一致. 本研究在鄱阳湖发现水网藻水华时,水温为 23.39℃,接近前人研究发现的网藻的最适生长温度,为水网藻的快速生长提供了良好的条件.

在实验室内,水网藻可以在水中溶解性无机氮浓度(DIN)低至 0.1 mg/L 的条件下生长,且生长速率与氮浓度呈显著相关^[18]. Hall 等指出在野外条件下,当 DIN 浓度大于 0.03 mg/L 时,水网藻即可生长^[19]. 有研究表明水网藻生长所需的 DIN 饱和浓度为 0.2 mg/L^[17]. 本次水网藻水华发生时,水体中 DIN 浓度为

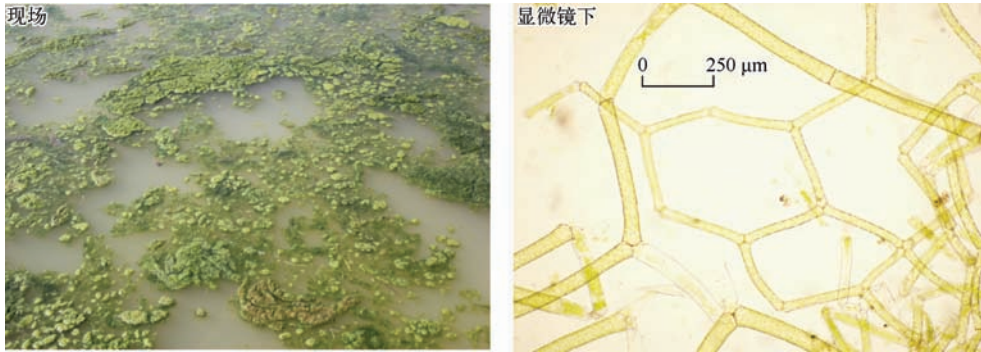
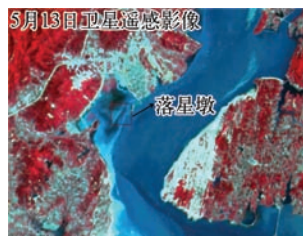


图1 鄱阳湖水网藻水华现场及显微镜照片

Fig. 1 Figures of *Hydrodictyon reticulatum* bloom in the field and under microscope in Lake Poyang图2 鄱阳湖发生水网藻水华时的
卫星遥感影像Fig. 2 Remote sensing image of *Hydrodictyon reticulatum* bloom in Lake Poyang图3 鄱阳湖水网藻水华空间分布
(A 和 B 为水网藻水华主要分布区域)Fig. 3 Spatial distribution of *Hydrodictyon reticulatum* bloom in Lake Poyang

0.55 mg/L, 远高于前人研究所得出的水网藻生长的最低及饱和浓度, 满足了水网藻生长过程中对氮的需求. 王朝晖等^[2]曾指出水网藻能在一定范围的磷浓度(0.05 ~ 3.72 mg/L)下生长, 但未明确指出何种磷形态, 因而本文无法与其进行比较.

从现场和实验室分析的理化指标来看, 合适的温度、充足的营养盐以及流速较小的环境可能是造成水网藻水华发生的主要原因, 但其具体的发生机制仍有待于进一步研究.

2.3 水网藻水华对鄱阳湖的影响

水网藻水华在国外报道较多, 在国内鲜有报道^[5,14], 因而国内有关水网藻水华对水域生态系统影响的研究极少. 国外学者曾研究发现水网藻对水体营养盐的吸收能力较强^[20-21], 且水网藻繁殖能力强, 能在一定程度上降低水体营养盐浓度. 王朝晖等研究表明, 水网藻在较高和较低的营养盐浓度下均能生长^[2]. 由于我国湖泊富营养化越来越严重, 国内学者对水网藻的研究也主要集中于将其应用于控制水体富营养化^[3,4]. 鄱阳湖营养盐浓度较高, 2009—2011 年年均总氮浓度为 1.719 mg/L, 总磷浓度为 0.090 mg/L, 且有逐年增加的趋势^[15]. 根据 OECD^[22] 提出的营养状态划分标准, 鄱阳湖目前处于富营养化状态. 因此, 水网藻水华的发生在一定程度上有利于降低鄱阳湖营养盐水平.

水网藻水华对鱼类和某些无脊椎动物也是有益的. 水网藻能为腹足类(如螺类)提供栖息地和主要的食物来源; 而作为鳊鱼的主要食物来源, 腹足类的数量又在一定程度上影响鱼类的生长^[6]. Thomas 曾指出当发生水网藻水华时, 虹鳊和棕鳊的大小和数量均有所增加^[23].

然而水网藻水华对水生生态系统也会造成一定的负面影响. 水网藻水华会造成水下光照和氧气不足, 进而能导致湖区大型植物的消亡, 且当水网藻腐烂时造成的局部缺氧环境会对底栖生物群落等产生不利影响^[24]. 此外, 大面积的水网藻分布也在一定程度上妨碍鄱阳湖的捕鱼等人类活动.

致谢:感谢中国科学院南京地理与湖泊研究所鄱阳湖湖泊湿地观测研究站为本研究提供了良好的实验条件.陶博亮、钱荣树和刘贺等协助样品采集和样品预处理,在此一并表示感谢.

3 参考文献

- [1] 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.
- [2] 王朝晖,骆育敏,江天久等. 环境条件对水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)生长的影响. 应用生态学报,1999,10(3):345-349.
- [3] 王朝晖,江天久,杞 桑. 水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)对富营养化水样中氮磷去除能力的研究. 环境科学学报,1999,19(4):448-452.
- [4] 林秋奇,王朝晖,杞 桑等. 水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)治理水体富营养化的可行性研究. 生态学报,2001,21(5):814-819.
- [5] Flory JE, Hawley GR. A *Hydrodictyon reticulatum* bloom at Loe Pool, Cornwall. *European Journal of Phycology*, 1994, 29(1):17-20.
- [6] Wells RD, Clayton JS. Ecological impacts of water net (*Hydrodictyon reticulatum*) in Lake Aniwhenua, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 2001, 25(2):55-63.
- [7] Lathrop RG, Lillesand TM. Use of Thematic Mapper data to assess water quality in Green Bay and central Lake Michigan. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1986, 52(5):671-680.
- [8] 黄家柱,赵 锐. 卫星遥感监测太湖水域蓝藻暴发. 遥感信息,1999,4:43-44.
- [9] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法:第4版. 北京:中国环境科学出版社,2002:784.
- [10] 王卷乐,胡振鹏,冉盈盈等. 鄱阳湖湿地烧荒遥感监测及其影响分析. 自然资源学报,2013,28(4):656-667.
- [11] Dineen CF. An ecological study of a Minnesota pond. *American Midland Naturalist*, 1953, 50(2):349-376.
- [12] Pockock MA. *Hydrodictyon*: a comparative biological study. *National Botanic Gardens of South Africa*, 1960, 26:167-319.
- [13] Kimmel BL. Juvenile sunfish entanglement in the colonial alga *Hydrodictyon reticulatum* (Chlorophyta) resulting from predator avoidance behavior. *The Southwestern Naturalist*, 1981, 26(4):432-433.
- [14] Thomas EA. Die Veralgung von Seen und Flüssen, deren Ursache und Abwehr. Schweizerische Vereinigung von Gas und Wasserfachmännern, 1963:6-7.
- [15] Wu ZS, Cai YJ, Liu X *et al.* Temporal and spatial variability of phytoplankton in Lake Poyang: the largest freshwater lake in China. *Journal of Great Lakes Research*, 2013, 39(3):476-483.
- [16] 朱海虹,张 本. 鄱阳湖——水文,生物,沉积,湿地,开发治理. 合肥:中国科学技术大学出版社,1997.
- [17] Hall J, Payne G. Factors controlling the growth of field populations of *Hydrodictyon reticulatum* in New Zealand. *Journal of Applied Phycology*, 1997, 9(3):229-236.
- [18] Hawes I, Smith R. Influence of environmental factors on the growth in culture of a New Zealand strain of the fast-spreading alga *Hydrodictyon reticulatum* (water-net). *Journal of Applied Phycology*, 1993, 5(4):437-445.
- [19] Hall JA, Cox N. Nutrient concentrations as predictors of nuisance *Hydrodictyon reticulatum* populations in New Zealand. *Journal of Aquatic Plant Management*, 1995, 33:68-74.
- [20] Sary J, Kratzer K, Zeman A. The uptake of phosphate ions by the alga *Hydrodictyon reticulatum*. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 1987, 15(3):275-280.
- [21] Sary J, Zeman A, Kratzer K. The uptake of ammonium, nitrite and nitrate ions by *Hydrodictyon reticulatum*. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 1987, 15(2):193-198.
- [22] OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control. Paris: OECD Cooperative Programme on Monitoring of Inland Water (Eutrophication Control), Environment Directorate, OECD, 1982:154.
- [23] Thomas G. The changing face of Aniwhenua. *Fish and Game New Zealand*, 1996, 14:53-58.
- [24] Hawes I, Wells R, Clayton J *et al.* Report of the status of water net (*Hydrodictyon reticulatum*) in New Zealand and options for its control. Hamilton: National Institute of Water and Atmospheric Research, 1991.