

研究简报

云南漫湾水库甲藻水华生态初步研究

王海珍 刘永定 沈银武 肖邦定 刘永梅

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

PRELIMINARY RESEARCH ON WATER BLOOM OF DINOPHYCEAE IN YUNNAN MANWAN HYDROPOWER STATION RESERVOIR

WANG Hai-Zhen, LIU Yong-Ding, SHEN Yin-Wu, XIAO Bang-Ding and LIU Yong-Mei

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072)

关键词: 漫湾水库; 水华; 埃尔多甲藻

Key words: Manwan Hydropower Station Reservoir; Algal bloom; *Peridinium eptaiskyi* (Qstnf.) Lemm.

中图分类号: Q178.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)02-0213-03

漫湾水电站建于 1993 年, 库区位于云南省澜沧江中游河段, 约北纬 $24^{\circ}25'$ — $24^{\circ}40'$, 东经 $100^{\circ}05'$ — $100^{\circ}25'$, 坝址在云县与景东县交界处的漫湾镇附近, 是梯级开发澜沧江水能资源的第一个大型水电站。水库大坝长 418m, 高 132m, 在正常蓄水位 994m 时, 总库容 $10.6 \times 10^8 \text{m}^3$ (小湾电站建成前), 有效库容 $2.6 \times 10^8 \text{m}^3$, 水库面积 23.6km^2 , 干流回水可至小湾附近, 长约 70.0km, 支流回水长度除公郎河可至 2km 外, 其他支流均小于 2km。库区山高谷深, 属典型峡谷河道型水库^[1]。漫湾水电站不但在云南社会经济发展中有十分重要的作用, 而且对澜沧江今后梯级电站及其他大型水电工程, 都有典型的示范作用。

2003 年 2 月中旬, 漫湾水库距坝 30km 库区范围内发生铁锈红色水华, 水华呈条带状, 经鉴定为甲藻水华, 该水华持续时间近一个月, 在此之前该水库并未有水华发生的报道。

国外已有关于水库发生甲藻水华的报道^[2], 而国内报道的甲藻水华主要为小水体的环境, 如池塘^[3]等, 淡水大水体没有类似的报道。为了掌握水库甲藻水华发生的条件及确定甲藻水华可能对人类造成的危害, 作者做了以下的工作, 为水库环境向良好的方向发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样点的设置 根据水库的地段特征和水华分布情

况, 选取以下三个地点采样: 狗头坡, 为狭长水库的转弯处, 此处水流较急; 三家村, 间于狗头坡与落底河, 水体澄清, 呈透亮的绿色; 落底河, 为甲藻水华发生的严重区, 水体呈铁锈红颜色, 在用浮游植物网捞后的瞬间, 由于滤去表层的浮游植物, 水呈现乳白色。

1.2 水化因子的测定 用日本 DKK. TOA 公司生产的 pH 计(HM-20P)、溶氧仪(DO-24p)直接测定离水表 1m 处的酸碱度、氧含量及水温。化学需氧量(COD)采用重铬酸钾法, 总磷(TP)采用过硫酸钾氧化-钼锑分光光度法测定, 总氮(TN)采用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定^[4]。

1.3 浮游植物优势种类组成分析 通过采水器取表层和离水表 0.5m 水样, 1:1 混合至 1L, 鲁哥氏液固定浓缩。通过显微镜(XS-18)观察水样中浮游植物优势种类, 进行定性定量分析。

1.4 叶绿素 a 含量的测定 用玻璃纤维滤膜(Whatman GF/C 47mm ϕ)通过过滤装置, 对三个样点离水表 0.5m 的水样进行抽滤研磨, 90% 丙酮提取 12h 后, 离心收集上清液, 用分光光度计(752 型号)测定^[5]。

1.5 扫描电子显微镜样品处理及观察 水样经离心, 弃去上清, 沉淀物用 2.5% 的戊二醛(磷酸盐缓冲液 pH7.2 配制)固定。用蒸馏水和磷酸缓冲液分别冲洗固定样本去除固定剂, 均匀置于喷了碳然后涂有一薄层 Formvar 的玻璃片、铜片或

收稿日期: 2003-11-17; 修订日期: 2003-12-12

基金项目: 国家 973 项目(2002CB412300); 中国科学院方向性创新课题(220316)资助

作者简介: 王海珍(1976—), 女, 浙江省台州市人, 博士, 从事藻类生理生态方面的研究。文中甲藻种类的鉴定承蒙刘国祥博士的指点和帮助, 水样采集时得到刘辉宇同学的帮助, 在此深表感谢

通讯作者: 刘永定, E-mail: liuyd@ihb.ac.cn

微孔滤膜上,经过一系列逐级酒精脱水过程,然后用 EIKOIB-S 型离子溅射仪镀金钼,用 AMRAY-1830 型扫描电镜观察^[6]。

1.6 小白鼠毒性实验 浮游植物网捞取获得的水华浓缩样品,通过离心去上清液,获得的沉淀物冻融三次和研磨,再离心取上清液(原细胞冻融裂解液)对体重 20.00±0.50g 昆明小白鼠进行腹腔注射^[7]。小鼠毒性实验的设计有四个平行组(每组分别由 2 雌+2 雄四只小鼠组成,雌雄分开放养),分别注射:原裂解液 1mL(0.075g 干藻/小鼠),1/2 裂解液 1mL(0.0375g 干藻/小鼠),1/4 裂解液 1mL(0.01875g 干藻/小鼠),对照 1mL(生理盐水)。为了对注射的冻融裂解液进行定量分析,同时备份了等量的水华浓缩样的离心沉淀物,通过烘

箱 80℃ 历时 24h 干燥处理,直至重量不再减少为止,称量获得的干重来进行定量。

2 结果

2.1 水体的理化特性

测得的理化数据(0.5m 深处)可知,三个样点明显偏碱性,pH 值在 9 上下浮动;溶氧都在 10mg/L 以上;透明度在三家村最高达 141.5cm,而落底河的透明度只有 30.5cm;水温均在 14.2℃ 左右。同时测得三个样点的 COD、TP 和 TN,分别显示了落底河的水质属 V 类水,三家村处的水质属 II 类水,狗头坡处的水质属 V 类水,详见表 1。

表 1 三个样点的理化数据
Tab. 1 The physical and chemical data at three sampling points

采样点 Sampling point	pH	DO (mg/L)	SD (cm)	T (℃)	COD (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)
落底河 Luodihe	8.78	10.32	30.5	14.2	9.98	0.41	1.58
三家村 Sanjiacun	9.28	13.87	141.5	14.2	0.78	0.02	0.46
狗头坡 Goutoupo	9.15	14.80	65.0	14.3	8.65	0.16	1.51

2.2 水华原因种的确定

通过光学显微镜对水华优势藻的平均大小(显微测微尺)进行测定,其结果为(20 个细胞的观测值):长为 29.8±2.6μm,宽为 27.6±2.4μm,上锥部:下锥部(平均比)=23:20。另外,通过扫描电镜观察,结果如下:水华优势种的细胞呈卵圆形,背腹略扁平,具顶孔。横沟几乎为一圆圈,纵沟略伸入上壳,向下逐渐显著的扩大。上锥部圆锥形,比下锥部大;下锥部后端边缘具斜向刻痕,具两块大小相等的底版;下锥部背面板间带具稀疏的刺或密集的刺激众。其甲片(Thecal plate)的方程式:4,4',5'',2'''。结合以上形态学特征,可以确定该优势种为埃尔多甲藻 *Peridinium elpatievskyi* (Qsténf.) Lemm^[8]。

2.3 不同样点浮游植物的优势种类及叶绿素含量

通过显微镜观察计数,对不同样点水样的浮游植物,进行优势种比较。水华严重区的代表样点落底河,其优势种为埃尔多甲藻,个体数占总个体数的 77.9% 以上,其它种类很少;而水色较清绿的三家村其优势种为针杆藻(*Synedra Ehr.*),其个体数约占 93.5%,并存在一定数量的埃尔多甲藻,其个体数约占 6.4%;狗头坡的优势种也为针杆藻,其个体数占 93.5%,亚优势种为埃尔多甲藻,其个体数约占 6.4%。除了三家村外,落底河和狗头坡存在一定数目的裸藻(*Euglena Ehr.*),但含量较低,不到 1%。

另外,测得落底河的浮游植物的叶绿素含量为 0.4847mg/L,为三个样点中最高;狗头坡水样的叶绿素含量次之,0.2569mg/L;最低的为三家村 0.0139mg/L。

2.4 甲藻毒性分析

注射埃尔多甲藻原冻融裂解液、1/2 原冻融裂解液、1/4 原冻融裂解液的小鼠,均未出现致死现象。注射原冻融裂解液和 1/2 冻融裂解液的小鼠,在 3h 内,分别表现出萎靡状态;而注射 1/4 冻融裂解液的小鼠精神状况比注射高浓度的小鼠好些,偶尔有进食现象;对照则处正常状态。小鼠注射后 3—12h 期间不同处理的小鼠其精神状况逐渐好转,12h 后实验小鼠的精神状况及进食情况均已恢复正常。

小鼠的体重变化情况:在注射小鼠时,4 个处理组的小鼠平均体重均在 20.00±0.50g 范围内;24h 后注射埃尔多甲藻原冻融裂解液的小鼠平均体重下降为 18.77g,注射 1/2 冻融裂解液、1/4 冻融裂解液的小鼠其平均体重基本持平没有增加,对照小鼠的平均体重增加到 22.64g,在随后的时间内各小组的小鼠体重均处在增加状态。

3 讨论

漫湾水库建电站后无水华期间(1993—1997 年)与水华发生时间 2003 年 2 月份比较(纵向比较),漫湾坝前 pH 值从 7.61^[1]转变为 8.78(有水华区);加上 2003 年 2 月份,不同地段的水质情况比较(横向比较),说明埃尔多甲藻水华的发生导致水体的 pH 值上升,并可能使水体的 pH 值维持在 8—9 之间而有利埃尔多甲藻大量生长。同样,通过纵向比较溶氧,其含量从无水华期间的 7.16mg/L 上升到水华区的 10.32mg/L,反映了水华的产生,使得水中溶氧增加。

水体中总磷含量,从无水华期间的 0.05mg/L 上升到水

华区的 0.41mg/L, 上升了一个数量级; 同一时间, 水华区的总磷含量远高于无水华区; 说明 TP 为此次水华发生的重要因素, 磷是甲藻大量生长的主要限制性因素^[10], 水华发生处, 总磷的含量最高, 这使埃尔多甲藻在落底河处大量生长而没有受到限制。另外, 通过横向比较, 水华发生处有机质含量最高, 推测水华的发生与此有很大关系, 因甲藻的生长需要有机质^[9]。

漫湾水库二月份较高的温度, 有利甲藻的萌发和水华的形成, 风速较缓平均在 1.1m/s 左右有利水华的发生, 因为大风不利甲藻水华的形成。

甲藻水华发生过程常伴有大量的硅藻, 有人认为甲藻水华之前的硅藻水华可能会消耗并减少一种或更多的无机营养到适合于甲藻的生长, 而此时无机营养的浓度对硅藻的生长又太低, 同时, 有机营养如 VB₁₂ (对甲藻的生长很重要) 又可被硅藻产生, 使得甲藻成为优势种类^[9]。三家村、狗头坡其浮游植物主要为针杆藻, 但已存在相当比例的埃尔多甲藻; 在落底河处埃尔多甲藻是绝对优势。这可能为甲藻水华发生过程的两个不同时期在不同空间却在同一时间内发生的现象。

小鼠腹腔注射实验结果, 表明埃尔多甲藻冰冻融裂解液 1mL(0.075g 干藻/小鼠) 不能致死体重平均为 20.00g 小白鼠, 说明埃尔多甲藻无明显的生物毒性, 本文为埃尔多甲藻水华及其有无毒性的首次报道。

参考文献:

[1] The College of Life Sciences and Chemistry of Yunnan University, Manwan Hydropower Station of Yunnan Province. The ecological environment and biological resources of Manwan Hydropower Station Reservoir along Lancang River in Yunnan[M]. Kunming: Science Press, 2000, 1—17, 24[云南大学生命科学与化学学院, 云南省漫湾发电厂. 云南澜沧江漫湾水电站库区生态环境与生物资

源. 昆明: 云南科技出版社, 2000, 1—17, 24]

[2] Masato Y, Yoshiro O, Isao S. Accumulation of freshwater red tide in a dam reservoir[J]. *Water science and technology*, 1998, **37**(2): 211—218

[3] Liu G X, Hu Z Y. Morphology and life history of an immobile freshwater Dinophyceous alga[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(1): 67—71[刘国祥, 胡征宇. 一种不运动的淡水甲藻的形态学和生活史观察. 水生生物学报, 2000, **24**(1): 67—71]

[4] Wei F S. Monitory and analysis methods of water and wasted water (third edition)[M]. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1998, 278—285, 359—361[魏复盛. 水和废水监测分析方法(第三版). 北京: 中国环境科学出版社, 1998, 278—285, 359—361]

[5] Zhang Z S, Huang X F. Research methods of phytoplankton in freshwater[M]. Beijing: Science Press, 1991, 345—347[章宗涉, 黄详飞. 淡水浮游植物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991, 345—347]

[6] Yuan X P, Wei Y X. Comparative studies on preparation of genus *Peridinium* samples for scanning electron microscope[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, **2**(3): 284—285[袁秀平, 魏印心. 多甲藻扫描电镜样品制备方法的比较研究. 水生生物学报, 1997, **2**(3): 284—285]

[7] Hallegraeff G M, Anderson D M, Cembella A D. Manual on Harmful Marine Microalgae[M]. France: UNESCO's Workshops, 1995, 144—148

[8] Hu H J, Li R Y, Wei Y X *et al.* Freshwater Algae in China [M]. Shanghai: Shanghai Science and technology Press, 1980, 93—101[胡鸿钧, 李尧英, 魏印心等. 中国淡水藻类. 上海科学技术出版社, 1980, 93—101]

[9] Robert F. Phycology(second edition) [M]. London: Cambridge university press, 1989, 359

[10] Halmann M, Elgavish A. An indication to the role of intracellular phosphorus for the development of the dinoflagellate *Peridinium* bloom in Lake Kinneret[J]. *Water Research*, 1979, **13**: 585—588