

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.04.014

南京市月牙湖秋冬季节藻类的区系组成

阮哲璞¹, 刘腾飞¹, 张志明¹, 张群^{1,2}

(1. 南京农业大学生命科学学院, 江苏 南京 210095;
2. 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要:于2012年10月—2013年1月对南京市月牙湖的藻类植物进行实地调查,通过对6个较典型的采样点进行取样,对160余份样品进行观察、鉴定、统计,分析该水域藻类植物的区系组成及藻类时空分布特点。结果表明,在月牙湖的藻类区系中藻类植物有57种及变种,分属57属、29科、8门;以绿藻门种类为最多(占总数的47.37%),其次是硅藻门和蓝藻门;优势种有12种,而优势种中有6种为水华种。在时间分布上,10月份物种丰度和藻类数量最大;随着温度的降低,藻类的种类及数量有明显的减少。对藻类分布规律及其指示的水华种藻类的分析表明,该水域的水体已经受到一定程度的污染。

关键词:藻类;藻类区系;秋冬季;月牙湖;南京市

中图分类号:X826 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2014)04-0067-04

Study of algal flora in autumn and winter in Yueya Lake in Nanjing City

RUAN Zhepu¹, LIU Tengfei¹, ZHANG Zhiming¹, ZHANG Qun^{1,2}

(1. College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
2. State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Algal communities in Yueya Lake in Nanjing City were investigated during the period from October 2012 to January 2013. More than 160 samples of aquatic algae were collected from six typical sampling sites, and these samples were observed, identified, and statistically analyzed, in order to study the floral compositions and temporal and spatial distributions of algae in the lake. The results show that there are 57 taxa of algae belonging to eight divisions, 29 families, and 57 genera, and they are mostly composed of Cyanophyta, Bacillariophyta, and Chlorophyta (accounting for 47.37% of the total). There are twelve dominant taxa of algae in the lake and six of them are bloom species. The algae have the highest species abundance and the highest density in October. As the temperature declines, the species abundance and density begin to decrease. Analysis of the distribution patterns of the algae and pollution-indicating algae in the lake shows that the waters of the Yueya Lake have been polluted to a certain extent.

Key words: alga; algal flora; autumn and winter; Yueya Lake; Nanjing City

藻类是水生生物的重要组成部分,环境污染对藻类的生态有一定影响,同时藻类的体系变化也能使水质环境发生改变。因此,藻类植物的群落组成与结构能作为反映湖水环境状况的重要指标^[1-4]。大部分藻类生长和繁殖对温度很敏感,春夏季节水

温上升,各种水生生物开始生长,在适宜的环境条件下,藻类开始大量繁殖。秋冬季节水温在17℃以下时,藻类生长受到明显抑制,而秋冬季藻类的种类及数量可以用来预测春夏季藻类暴发性生长的类群。因此,研究秋冬藻类的区系种类及其数量对于防治

作者简介:阮哲璞(1992—),女,本科生,生物科学专业。E-mail:ruanzhepu@gmail.com
通信作者:张群,博士。E-mail:zhangqun@njau.edu.cn

夏季藻类水华具有重要意义。

南京市月牙湖公园位于南京市东郊风景区内,其湖水面积 17.2 hm²,环湖步道长 2 600 m。月牙湖湖水由北向南流淌,主要供水水体是外秦淮河,大范围的水循环主要由人工辅助完成。南京属亚热带季风湿润气候,具有气候温和、冬寒夏炎、雨量充沛、光照充足、热量丰富等特点。前一时期,多家媒体不断报道南京市月牙湖藻类疯长、水质变差的现象。调查发现北湖边设有夜上海大酒店、环湖温泉和中西茶社等休闲娱乐场所,中南段湖边则为著名的月牙湖居民小区。由于接近市民居住地带,月牙湖接纳了沿湖居民的生活污水,水质受到了很大程度的污染。生活污水中 N、P、K 富集,再加上适宜的温度环境,使得藻类快速大量地生长。据报道,春末夏初时,月牙湖水生植物浮萍及藻类疯长,整个湖面被覆盖了一大半,湖水质量令人担忧。鉴于月牙湖为南京市较为著名的公园,景色优美,游客络绎不绝,而如今人类活动已严重影响到月牙湖的湖水质量与生态环境的和谐发展,所以对月牙湖藻类的研究与整治显得很有必要。笔者调查主要是以统计出月牙湖内的藻类区系种类及相对数量并确定优势种及水华种为目的,同时为南京市月牙湖生态环境的可持续发展提供一定的数据支持和理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样点设置及次数

2012 年 10 月—2013 年 1 月,笔者对南京市月牙湖藻类植物进行了连续调查,为使所采藻类植物标本具有代表性,选取了遍及湖区 6 个具有代表性的水域作为采样点(图 1),其中涉及月牙湖的入水口(建有游乐场)、“真知味”月牙湖店、紫金桥北面桥下、紫金桥南面餐厅排污管旁、2 个居民区旁,共采集 9 次,共得样本材料 160 余份。

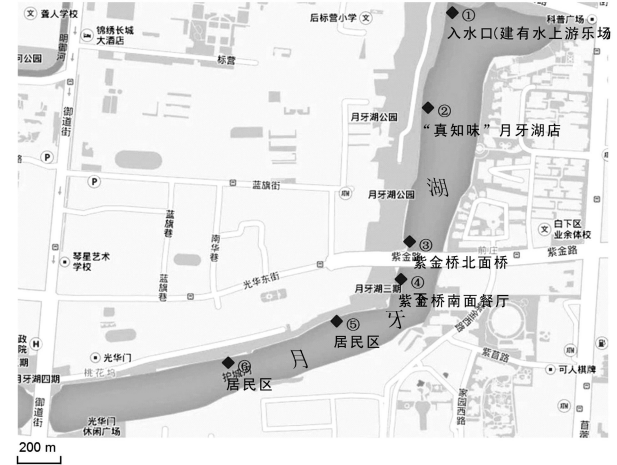


图 1 南京市月牙湖采样点分布示意图

1.2 标本采样及处理

于 2012 年 10 月—2013 年 1 月,每隔约 20 d,13:00—15:00 对月牙湖 6 个典型区域用 25#浮游生物网进行取样,在每个采集点(距离岸边 1.5 m)水面下 10~30 cm 处采集 3 份作为平行试验样本,同时摄取周边石块、岸边的藻类。用 3%~4% 的福尔马林进行固定,以待测定。用 2 000 r/min 离心 6 组样品 10 min,使样品浓度增大便于观测。

相关数据测定:每次测定记录该采集点的大气温度、水温(测 3 份数据)和水样 pH 值等。

1.3 样品鉴定与计数

采样当天样品在离心后取沉淀物于载玻片上,在显微镜下观察,每管标本镜检 3 片,并对照相关淡水藻类进行标本的鉴别与定性计数^[5-8]。规定:当在 0.02 mL 样本中观察到某种藻类数量为 1~5 个时,记作“+”;数量为 6~10 个,记作“++”;数量为 11~15 个,记作“+++”;数量为 16~20 个,记作“++++”;数量大于 20 个,记作“+++++”。

2 结果与分析

2.1 种类组成

通过观察,共鉴定出藻类植物 57 种和变种,隶属 29 科,57 属,8 门,其中蓝藻门 4 科 10 属 10 种,绿藻门 12 科 27 属 27 种,硅藻门 6 科 12 属 12 种,金藻门 2 科 2 属 2 种,甲藻门 2 科 2 属 2 种,裸藻门 1 科 2 属 2 种,隐藻门 1 科 1 属 1 种,黄藻门 1 科 1 属 1 种。

绿藻门、硅藻门和蓝藻门构成藻类植物区系的主体,3 门藻类种数占了总种数的 86%,其中绿藻门比例最高,占总种数的 47.37%(图 2)。

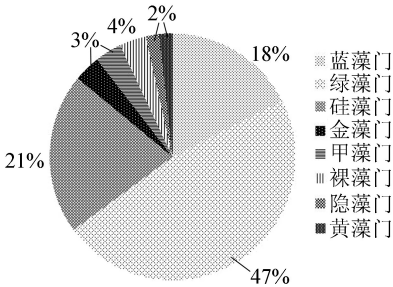


图 2 南京市月牙湖藻类种类组成及各藻门所占的比例

2.2 时空分布

2.2.1 时间分布

各门藻类组成中,绿藻门种数始终最多,其次是硅藻门和蓝藻门。

从 10 月到翌年 1 月,各门藻类种类数都在不断减少,整体呈下降趋势。另外 pH 变化不大,但水温在不断降低,所以得出藻类种数的变化规律与水温

有关的结论,水温越低越不利于其生长代谢,出现种类就少(图3)。由于蓝藻和绿藻喜好水温较高的环境,对温度较敏感,所以变化幅度较大;而硅藻受水温影响较小,所以随着水温的变化,硅藻的变化幅度没有蓝藻和绿藻那么明显。随着温度的降低,一些耐寒的藻类没有了生存空间、食物等的限制,开始相对增长^[9],特别是黄群藻(*Synuraceae urelin*),在12月及1月的时候,黄群藻的数量虽然也有所减少,但是相对较多。在0.02 mL样本中观察到黄群藻在6个采样点的数量都远大于20个,而其他藻类数量仅为0~10个。

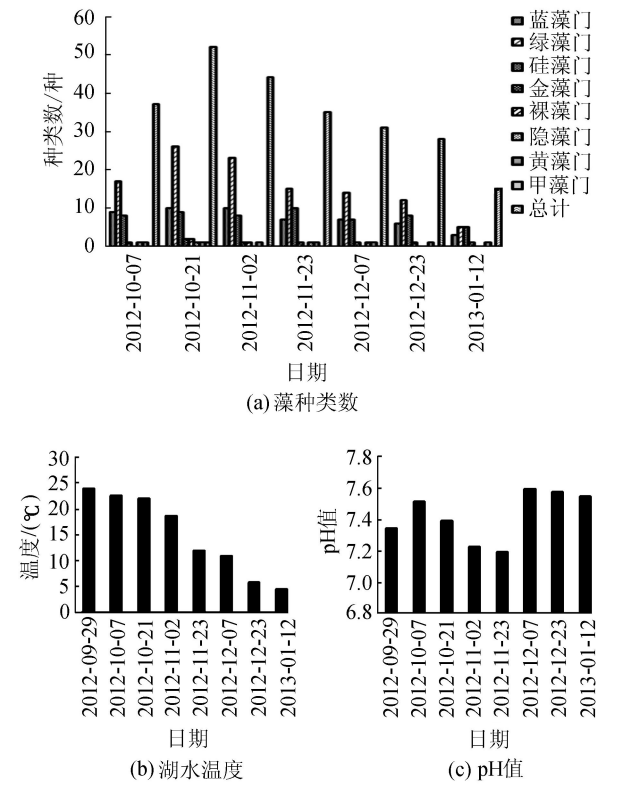


图3 南京市月牙湖藻种类数、湖水温度及pH值随时间变化情况

2.2.2 空间分布

综合统计2012年10月到翌年1月藻类种数,各采样点均有所属的门为蓝藻门、绿藻门、硅藻门、金藻门、隐藻门和黄藻门。藻类种数组成基本为绿藻门最多,其次是硅藻门,蓝藻门,黄藻门和金藻门,隐藻最少。甲藻门藻类只在1号点和3号点出现。

由于存在着竞争,所以一般在水质清洁的情况下,各种水生生物虽然种类众多,但只能以有限的数量存在,并且相互制约,维持水域的生态平衡;当水体被污染时,能适应生存条件改变的生物就能生存下来,而不适应的生物则会灭绝或迁移,那些生存下来的生物少了天敌、食物和空间等条件的制约而大量繁殖,每种的数量急剧上升。由此得出,在清洁的

水域中生物种类数多,每种的数量较少,而在被污染的水域中,生物种类较少,每种的数量较多^[10]。

由表1的统计数据不难看出,3、5、6号采样点的藻类种类明显多于其余3个采样点,3号采样点及6号采样点到5号采样点之间的污染程度较小,藻类的种类较为丰富;从4号采样点开始,污染程度较大;此外,1号与2号采样点的污染情况最为严重,此处藻类数量和种类都较少,且多为水华种。从实地考察发现,1号点的地理位置处于桥梁和岔口附近,而且在1号至2号点还有一个规模不小的水上游乐场,但沿湖的垃圾箱数量明显不足,这促使少数民众向湖内丢弃垃圾,导致湖水有一定程度污染;4号采样点位于一家沿湖而建的餐饮店旁,并且有两个雨水排水沟,源源不断地向湖中注水,水面上明显飘浮大量油渍,可见月牙湖周边娱乐餐饮业及雨水排水管道的污水排放导致水藻数量特别是水华种的增加。3号点采样点位于紫金桥下,5、6号采样点位于友谊村旁,属于居民区,三处沿湖的围栏较高,且游客较少,使得这两段的湖水水质相比前几个点较好。

表1 南京市月牙湖各采样点藻种类组成累积

门	各采样点藻种类					
	1号	2号	3号	4号	5号	6号
蓝藻门	16	11	29	24	36	31
绿藻门	35	49	55	33	56	52
硅藻门	23	25	38	34	38	37
金藻门	5	3	4	3	7	7
裸藻门	0	1	3	1	0	0
隐藻门	1	6	4	1	3	3
黄藻门	6	1	6	5	5	4
甲藻门	1	0	1	0	0	0
总计	87	96	140	101	145	134

2.3 优势种类

南京月牙湖藻类植物,大多数为偶见种,优势种主要是硅藻门和蓝藻门的一些种类,而在优势种中,水华种又占了相当大的比例^[11-12]。研究发现,优势种有等片藻(*Diatom aelongaturn*)、黄丝藻(*Tribonema niridePasch*)、针杆藻(*Synedra acusvar*)、集星藻(*Actinastrum hantzschii*)、浮球藻(*Planktosphaeria gelatinosa*)、平裂藻(*Merismopedia sinica*)、微囊藻* (*Microcystis aeruginosa*)、栅藻* (*Scenedesmus quadricandas*)、小环藻* (*Cyclotella striata*)、实球藻* (*Pandorina morum*)、变异直链藻* (*Melosira varians*)和绿星球藻* (*Asterococcus superbis*)。在这些优势种类中,标*表示为水华种。

2.4 水质分析

在水质调查和研究过程中,水污染指示生物(即在一定水质条件下生存且对水体环境质量的变化反应敏感的水生生物)是监测和评价水体污染状

况的重要指标之一^[13]。水生藻类便是水污染指示生物的主要组成成分之一,这些对水环境反应敏感的藻类称为污染指示藻类^[14-15]。从上述藻类的种类和时与空分布的分析中可以看出,月牙湖中确实存在一些对水域环境反应敏感的污染指示藻类,这主要是由于水体的化学物质组成和物理性质的差异的原因,导致了藻类分布频度和密度的差异(表2)。

由表2可见,月牙湖共有污染指示藻类27种,其中指示微污的藻类有14种,指示乙型中污的藻类有21种,指示甲型中污的藻类有7种,指示重污有1种。由此可见月牙湖的水质已遭受一定程度的污染。从污染指示的藻类来看,乙型中污指示种最多,占有污染指示种的77.8%,其次是微污和甲型中污。所以,月牙湖的污染类型大致在微污和乙型中污之间,且偏向乙型中污。

表2 南京市月牙湖内污染指示藻类名录

污染指示藻类	污染程度	污染指示藻类	污染程度
色球藻(<i>Chroococcus</i>)	os	新月藻(<i>Closterium</i>)	βm
小环藻(<i>Cyclotella</i>)	os	月牙藻(<i>Selenastrum</i>)	βm
微囊藻(<i>Microcystis</i>)	os	颗粒直链藻(<i>Melosira</i>)	βm
念珠藻(<i>Nostoc</i>)	os	变异直链藻(<i>Melosira</i>)	βm
等片藻(<i>Diatom</i>)	os	菱形藻(<i>Nitzschia</i>)	βm
球囊藻(<i>Gloeocystis</i>)	os	美丽胶网藻(<i>Dictyosphaerium</i>)	βm
黄丝藻(<i>Tribonema</i>)	βm、os	黄群藻(<i>Synuraceae</i>)	αm、βm
实球藻(<i>Pandorina</i>)	βm、os	栅藻(<i>Scenedesmus</i>)	αm、βm
空球藻(<i>Eudorina</i>)	βm、os	多芒藻(<i>Golenkinia</i>)	αm、βm
盘星藻(<i>Pediastrum</i>)	βm、os	平裂藻(<i>Merismopedia</i>)	αm、βm
空星藻(<i>Coelastrum</i>)	βm、os	颤藻(<i>Oscillatoria</i>)	αm、βm
针杆藻(<i>Synedra</i>)	βm、os	席藻(<i>Phormidium</i>)	αm、βm
集星藻(<i>Actinastrum</i>)	βm、os	绿色裸藻(<i>Euglena</i>)	Ps、αm、βm
四星藻(<i>Tetrastrum</i>)	βm、os		

注:os:微污;βm:乙型中污;αm:甲型中污;Ps:重污。

3 讨论与结论

南京市月牙湖藻类在秋冬季节有57种,物种相对较丰富,其中以绿藻、硅藻、蓝藻为主,多数种类为偶见种,出现次数较少。

在藻类植物的时间分布上,其物种丰度和相对数量都出现在10月,并随着温度的下降开始不同程度的减少,而一些耐寒藻类随着温度的降低,其生存优势更加明显,如黄群藻(*Synuraceae urelin*)。在藻类植物的空间分布上,人类活动较频繁的水域藻类物种的丰度及相对数量则相对较高,特别是游乐场、湖边餐厅及污水排出口旁,这些地方水质都较差。

虽然秋冬季气温较低,不适宜大多数藻类生存,但就所发现的优势种及水华种来看,月牙湖共有污染指示藻类27种,目前处于微污和乙型中污之间,且偏向乙型中污。因此有关部门应加大管理力度,例如禁止在湖内进行养殖鱼类,对雨水沟污水进行

处理后再排入湖中,找到雨水沟的污染源,控制污染物的排放;对于湖内的悬浮垃圾和局部爆发性的水华藻类应及时打捞等。

随着春夏季的到来和气候的转暖,各种生物都开始新的生长繁殖。藻类的生长尤其值得重视,特别是湖周边一些人为因素造成的不同程度污染,也需引起重视并进行治理,这将促使月牙湖为市民的游玩增添更多兴致。

参考文献:

[1] GOMÀ J, ORTIZ R, CAMBRA J, et al. Water quality evaluation in Catalanian Mediterranean Rivers using epilithic diatoms as bioindicators[J]. *Vie Milieu*, 2004, 54 (2/3): 81-90.

[2] MOACIR A, MARCELO P, SARA C G, et al. Biochemical biomarkers in algae and marine pollution: a review[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2008, 71(1): 1-15.

[3] WESTHEAD E, PIZARRO C, WALTER W. Treatment of swine manure effluent using freshwater algae: production, nutrient recovery, and elemental composition of algal biomass at four effluent loading rates [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2006, 18(1): 41-46.

[4] LI Shunxing, HONG Huasheng, ZHENG Fengying, et al. Effects of metal pollution and macronutrient enrichment on the photoproduction of hydroxyl radicals in seawater by the alga *Dunaliella salina* [J]. *Marine Chemistry*, 2008, 108 (3/4): 207-214.

[5] 施之新. 中国淡水藻志(第六卷)[M]. 北京: 中国科学出版社, 1999.

[6] 魏印心. 中国淡水藻志(第七卷)[M]. 北京: 中国科学出版社, 2003.

[7] 毕列爵, 胡征宇. 中国淡水藻志(第八卷)[M]. 北京: 中国科学出版社, 2004.

[8] 李家英, 齐雨藻. 中国淡水藻志(第十四卷)[M]. 北京: 中国科学出版社, 2010.

[9] 熊丽, 谢丽强, 生秀梅, 等. 湿地中的藻类生态学研究进展[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(6): 1007-1011. (XIONG Li, XIE Liqiang, SHENG Xiumei, et al. A review on algae ecology in wetland [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(6): 1007-1011. (in Chinese))

[10] 张茹春, 牛玉璐, 赵建成, 等. 北京怀沙河-怀九河自然保护区藻类组成及时空分布动态研究[J]. *西北植物学报*, 2006, 26(8): 1663-1670. (ZHANG Ruchun, NIU Yulu, ZHAO Jiancheng, et al. Algae composition and temporal and spatial distributions in Huaishuhe River-Huaijiuhe River Nature Reserve [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(8): 1663-1670. (in Chinese))

(下转第85页)

- [9] 邱滔,张建文,胡琦,等. 印染废水分质处理研究[J]. 江苏工业学院学报, 2007, 19 (2) : 47-49. (QIU Tao, ZHANG Jianwen, HU Qi, et al. Dual treatment study of dyeing wastewater [J]. Journal of Jiangsu Polytechnic University, 2007, 19(2) : 47-49. (in Chinese))
- [10] TAHRI N, MASMOUDI G, ELLOUZE E, et al. Coupling microfiltration and nanofiltration processes for the treatment at source of dyeing-containing effluent [J]. Journal of Cleaner Production, 2012, 33 : 226-235.
- [11] KURT E, KOSEOGLU-IMER D Y, DIZGE N, et al. Pilot-scale evaluation of nanofiltration and reverse osmosis for process reuse of segregated textile dye wash wastewater [J]. Desalination, 2012, 302 : 24-32.
- [12] 马春燕,杨波,陈季华,等. 针织印染废水处理回用的中试[J]. 水处理技术, 2008, 34 (5) : 74-75. (MA Chunyan, YANG Bo, CHEN Jihua, et al. Pilot research on treatment of knitting printing and dyeing wastewater to reuse [J]. Technology of Water Treatment, 2008, 34 (5) : 74-75. (in Chinese))
- [13] 赖冬麟,周律,李涛,等. 清浊分流条件下的混凝-臭氧处理棉针织印染清废水[J]. 环境工程学报, 2012, 6 (11) : 3861-3865. (LAI Donglin, ZHOU Lyu, LI Tao, et al. Treatment of light polluted wastewater from cotton knitting dyeing and finishing by coagulation-ozone oxidation process with wastewater source separation [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2012, 6(11) : 3861-3865. (in Chinese))
- [14] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [15] 邹衡. 纱线筒子染色工程[M]. 北京:中国纺织出版社, 2004:4-5.
- [16] 夏明芳,陆继来,尹协东,等. 曝气生物滤池处理印染废水二级出水试验研究[J]. 污染防治技术, 2006 (4) : 3-5. (XIA Mingfang, LU Jilai, YIN Xiedong, et al. Pilot test on advanced treatment of printing and dyeing wastewater by biological aeration filter [J]. Pollution Control Technology, 2006 (4) : 3-5. (in Chinese))
- [17] 师朋飞,曹斌,韩巧玲. 悬浮填料生物流化床在城镇污水厂的应用[J]. 环境科学与技术, 2012, 35 (61) : 258-260. (SHI Pengfei, CAO Bin, HAN Qiaoling. Application of suspended media biofilm fluidized-bed in municipal wastewater treatment plant [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35 (61) : 258-260. (in Chinese))
- [18] NANDY T, MANEKAR P, DHODAPKAR R, et al. Water conservation through implementation of ultra filtration and reverse osmosis system with recourse to recycling of effluent in textile industry: a case study [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2007, 51 (1) : 64-77.
- [19] 曲颖,王磊,王旭东,等. 城市污水二级出水有机物性状及对膜污染的贡献[J]. 水处理技术, 2012, 38 (8) : 15-19. (QU Ying, WANG Lei, WANG Xudong, et al. The characteristics of organic matter and contribution to the membrane fouling of urban sewage secondary effluent [J]. Technology of Water Treatment, 2012, 38 (8) : 15-19. (in Chinese))

(收稿日期:2014 - 03 - 19 编辑:徐 娟)

(上接第 70 页)

- [11] 李仁全,王明书,孙敏,等. 赤城湖指示藻类的组成及物种多样性指数分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (2) : 773-776. (LI Renquan, WANG Mingshu, SUN Min, et al. Analysis of constitution features and species diversity index of indicator algae in Chicheng Lake [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2009, 37 (2) : 773-776. (in Chinese))
- [12] 李超,冯佳,谢树莲. 山西运城硝池藻类植物区系组成的研究[J]. 山西大学学报:自然科学版, 2011, 34 (增刊 2) : 96-99. (LI Chao, FENG Jia, XIE Shulian. Study on algal flora in Xiaochi Lake in Yuncheng, Shanxi, North China [J]. Journal of Shanxi University: Natural Science, 2011, 34 (Sup2) : 96-99. (in Chinese))
- [13] 龙和珍,汪敏学. 西河淡水藻类植物区系与水体污染[J]. 南充师院学报, 1988, 9 (2) : 103-108. (LONG Hezheng, WANG Minxue. The fresh water algal flora and the water body pollution in the west stream [J]. Journal of Nanchong Teach College, 1988, 9 (2) : 103-108. (in Chinese))
- [14] 冯天翼,宋超,陈家长. 水生藻类的环境指示作用[J]. 中国农学通报, 2011, 27 (32) : 257-265. (FENG Tianyi, SONG Chao, CHEN Jiazhong. Environmental indication function of aquatic algae [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27 (32) : 270-274. (in Chinese))
- [15] 彭徐,吴坚,何平,等. 四川邛海藻类植物调查初报[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 1995, 20 (2) : 187-194. (PENG Xu, WU Jian, HE Ping, et al. A preliminary investigatory report of the algae in Qinghai Lake of Sichuan [J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 1995, 20 (2) : 187-194. (in Chinese))

(收稿日期:2014 - 02 - 24 编辑:徐 娟)