

西凉湖水生植物多样性研究

彭映辉¹, 简永兴², 倪乐意³, 李仁东⁴

(1. 中南林学院生命科学与技术学院, 湖南长沙 410004; 2. 武汉大学生命科学院, 湖北武汉 430072; 3. 中国科学院水生生物研究所, 湖北武汉 430072; 4. 中国科学院测量与地球物理研究所, 湖北武汉 430077)

摘要: 研究了江汉湖群西凉湖水生植物多样性的现状及其变化, 讨论了西凉湖水生植物多样性丧失的原因和保护的途径。主要结果是: (1) 西凉湖现有水生植物 32 科 56 属 77 种, 优势种类为微齿眼子菜、密齿苦草、轮叶黑藻、菹草、野菱、双角菱、金鱼藻、凤眼莲和菰等。(2) 西凉湖现有水生植物群落类型 13 个, 全湖水生植被覆盖率约为 61%, 平均生物量为 1 470.5 g/m²。(3) 物种多样性指数最高的群落是“凤眼莲+野菱+双角菱群落”(D=0.849 9, H=2.975 8), 其次为“菰-凤眼莲群落”与“野菱+双角菱群落”(D=0.840 1, H=2.823 5; D=0.832 4, H=2.888), 以微齿眼子菜群落的多样性指数最低(D=0.228 1, H=0.782 3)。(4) 二十年来, 西凉湖水生植物多样性严重丧失: 植被覆盖率和全湖平均单位面积生物量分别下降了 38.80% 与 77.87%, 先后有 8 种水生植物(水葱、荸荠、莲子草、乌菱、细果野菱、萍蓬草、睡莲、小眼子菜)和 4 个水生植物群落类型(荇菜群落、乌菱群落、马来眼子菜群落、穗花狐尾藻群落)从西凉湖消失。(5) 多样性丧失的原因是围网养殖、过度收获水草、耙捞蚌类螺类等人干扰。

关键词: 水生植物; 多样性; 生物量; 保护

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)03-0211-06

Studies on the diversity of aquatic plants in Lake Xiliang

PENG Ying-hui¹, JIAN Yong-xing², NI Le-yi³, LI Ren-dong⁴

(1. College of Life Sciences and Biological Technique, Central South Forestry University, Changsha 410004 China; 2. College of Life Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 3. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072 China; 4. Institute of Geodesy and Geophysics Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China)

Abstract: The diversity of aquatic plants and its changes in Lake Xiliang were studied. Both the mechanisms for the diversity loss and approaches to protect the diversity were also discussed. The main results are given as follows: (1) Seventy-seven species distributed in Lake Xiliang in 2001, of which *Potamogeton maackianus*, *Valisneria denseserrulata*, *Hydrilla verticillata*, *P. crispus*, *Trapa incisa*, *T. bispinosa*, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes* and *Zizania latifolia* were dominant species. (2) The vegetation could be divided into 13 communities. In 2001 its coverage was about 61%, and its mean biomass in the whole lake was 1 470.5 g/m². (3) The community “*Eichhornia crassipes* + *Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass” displayed the highest species diversity indices (D=0.849 9, H=2.975 8). Community “*Zizania latifolia* - *Eichhornia crassipes* Ass” and “*Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass” displayed the second highest indices (D=0.840 1, H=2.823 5; D=0.832 4, H=2.888). (4) During the last 20 years a heavy loss in aquatic plant diversity occurred in the lake:

收稿日期: 2002-10-08 修订日期: 2002-12-16

基金项目: 中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-SW-01); 国家自然科学基金重大项目(39893360)资助。

作者简介: 彭映辉(1964-), 女, 湖南省双峰县人, 副教授, 主要从事生物多样性与生态学研究。

the vegetation coverage and biomass decreased by 38.80% and 77.87%, respectively. At the same time 8 aquatic plant species and 4 plant communities disappeared from the lake. (5) It could be concluded that it was violent human disturbance, such as over aquatics breed, over harvest of water grass, dragging for mussels and spiral shells, that led the diversity loss in the lake.

Key words: aquatic plant; diversity; biomass; protection

西凉湖为湖北省目前第五大湖泊,面积为 72.1 km²;其湖盆平坦、底泥肥沃、水较浅,兼具调蓄、养殖、饮水和航运等多种功能,在当地经济建设中起着重要作用。西凉湖原来水生植物丰富,其是水生动物的食物、栖息地与产卵场所;但随着人为干扰的加剧,西凉湖水生植物多样性遭到了严重的破坏,致使该湖水质恶化、水产品质量下降,已威胁到水产业的可持续发展与沿湖居民的生活。本文旨在对西凉湖水生植物多样性的现状与丧失情况进行研究,为生物多样性的保护提供必要的依据。

1 研究地点的自然概况

西凉湖位于湖北省嘉鱼县,地理坐标为 N 29° 51' ~ 30° 01', E 114° 00' ~ 114° 10', 属亚热带湿热季风气候,四季交替明显;年平均气温 17 °C, 极端最高气温与极端最低气温分别是 37.6 °C 和 -6.1 °C, 年无霜期天数为 254 d。

2 研究方法

2.1 水生植物物种多样性的研究方法

从 1998 年 10 月至 2001 年 11 月,在西凉湖采集水生植物标本、鉴别种类,以 Cook(1990)的水生植物概念划定水生植物范畴。各种类个体数量的相对等级采用布朗-布朗喀(Braun-Blanquet)的多度等级划分标准(云南大学生物系,1982)。

5:非常多(extra-abundant); 4:多(abundant); 3:较多(common); 2:较少(few); 1:少(occasional); +:极少(rare)。

2.2 水生植物群落多样性的研究方法

2.2.1 群丛类型的命名 群丛的命名采用优势种原则:即以各群丛优势种的名称作为该群丛的名称,处于同一层的优势种用“+”连接,不同层中的优势种用“-”连接。

2.2.2 群落物种多样性指数的研究方法 每一群丛类型各设 6 个 2 m × 2 m 的样方以研究群落物种多

样性指数,同时计算 Simpson 物种多样性指数和 Shannon-Wiener 物种多样性指数,以便相互验证,计算公式分别为 $D = 1 - \sum p_i^2$ (于丹,1996;钱迎倩等,1994;Magurran,1988), $H = 3.3219 (\lg N - \sum n_i \lg n_i / N)$ (于丹,1996;钱迎倩等,1994;王伯荪,1987;Krebs,1978), 式中 P_i 是第 i 物种第一次被抽中的概率($P_i = n_i / N$), n_i 是样方内第 i 物种的个体数目, N 是样方内的全部物种个体数(克隆繁殖的种类按无性系小株计算个体数)。

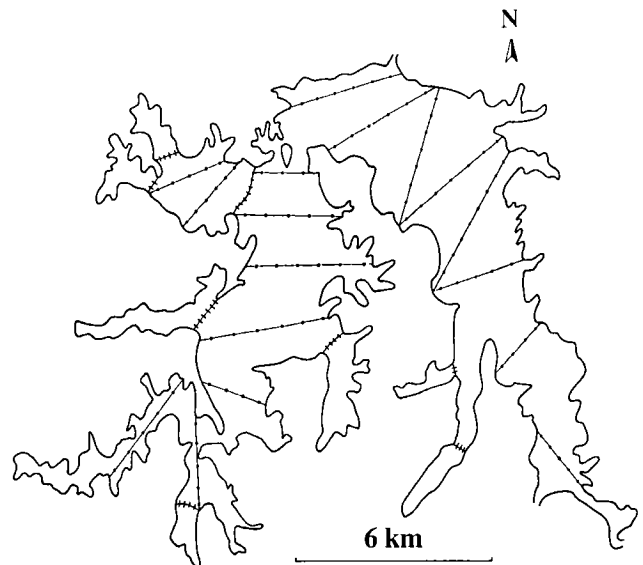


图 1 西凉湖水生植被采集断面图(2001年)

Fig. 1 Sketch of transects and sampling points for aquatic vegetation investigation in Lake Xiliang (2001)

2.2.3 植被分布面积与覆盖率的求算方法 首先结合 1:50 000 的湖泊地形图,采用断面法进行调查、采集,所设断面与采样点的分布见图 1,调查采样过程中用手持式“Garmin-12C GPS”(精度 15 m)定位,并记录坐标,依据所获得的各群丛边界坐标,描绘水生植被图;然后使用地理信息系统软件求算各群丛的分布面积:首先用绘图软件 Coreldraw 将所得植被图矢量化,并勾绘群丛边界线条→在 GIS 软件 ARC/INFO 的支持下图形编辑(包括图斑封闭与改错)→在 GIS 软件 ARC/INFO 的支持下

建立拓扑关系,生成 Pat 表→在 Pat 表中量算各类型群丛斑块所占该植被图的百分比→求算各群丛的实际分布面积;最后求各群丛的分布面积之和,便得该湖泊的总植被面积;将总植被面积除以该湖泊总面积便得全湖植被覆盖率。

2.2.4 生物量的研究方法 采用断面法,先求各群丛的单位面积生物量,结合上述方法所得的各群丛斑块分布面积,求算各群丛的生物量,各群丛生物量之和为全湖水生植被总生物量,总生物量除以湖泊总面积即得全湖平均单位面积生物量。采集调查方法的具体步骤是:首先根据西凉湖的具体情况于西凉湖设置采集断面,每一断面各设一定数目的采集

点(图 1),同时根据需要增设若干不规则断面以确定群丛类型的边界;对浮水植物群丛和沉水植物群丛,于每一采集点用样方面积为 0.32 m×0.52 m 的加重带网铁夹,在方圆 500 m² 的范围内随机采草 6 次,将样方内的植株连根拔起,称量样方内所有植株的总生物量(鲜重),然后计算单位面积生物量;而对于湿生植物群丛和挺水植物群丛,在每一采集点于方圆 500 m² 的范围内随机设置 6 个 2 m×2 m 的样方,称量所有植物地上部分的总生物量(鲜重),再计算单位面积生物量。整个调查过程均采用“Garmin 12C GPS”定位,并记录不同群丛类型边界的坐标,用于在 GIS 中确立各群丛斑块的边界。

表 1 西凉湖水生植物物种多样性 (2001 年)

Table 1 Species diversity of aquatic plants in Lake Xiliang of Jiangnan Lake Cluster in China (2001)

种类 Species	A	种类 Species	A	种类 Species	A
1 水蕨科 Ceratopteridaceae		14 小二仙草科 Haloragidaceae		26 水鳖科 Hydrocharitaceae	
粗梗水蕨 <i>Ceratopteris pteroides</i>	1	穗花狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	4	轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	5
2 苹科 Marsileaceae		轮叶狐尾藻 <i>M. verticillatum</i>	3	苦草 <i>Vallisneria natans</i>	3
苹 <i>Marsilea quadriifolia</i>	2	15 伞形科 Umbelliferae		密齿苦草 <i>V. denseserrulata</i>	5
3 槐叶苹科 Salviniaceae		水芹 <i>Oenanthe japonica</i>	1	刺苦草 <i>V. spinulosa</i>	2
槐叶苹 <i>Salvinia natans</i>	4	16 龙胆科 Gentianaceae		水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i>	1
4 满江红科 Azollaceae		苕菜 <i>Nymphoides peltata</i>	2	水车前 <i>Ottelia alismoides</i>	1
满江红 <i>Azolla imbricata</i>	3	金银莲花 <i>N. Indica</i>	+	27 禾本科 Poaceae	
5 蓼科 Polygonaceae		17 玄参科 Scrophulariaceae		菰 <i>Zizania latifolia</i>	5
丛枝蓼 <i>Polygonum caespitosum</i>	2	水苦苣 <i>Veronica undulata</i>	1	芦苇 <i>Phragmites communis</i>	2
两栖蓼 <i>P. amphibium</i>	2	石龙尾 <i>Lymnophila sessiliflora</i>	2	荻 <i>Miscanthus sacchariflorus</i>	2
水蓼 <i>P. hydro Piper</i>	1	通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	4	藨草 <i>Phalaris arundinacea</i>	3
红蓼 <i>P. orientale</i>	2	18 胡麻科 Pedaliaceae		茵草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	2
小蓼 <i>p. minus</i>	1	茶菱 <i>Trapella sinensis</i>	1	看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	3
早苗蓼 <i>P. lapathi folium</i>	2	19 狸藻科 Lentibulariaceae		稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	2
羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	2	黄花狸藻 <i>Utricularia aurea</i>	3	光头稗子 <i>E. colonum</i>	2
酸模 <i>R. acetosa</i>	2	狸藻 <i>U. vulgaris</i>	3	双穗雀稗 <i>Paspalum distichum</i>	3
6 苋科 Amaranthaceae		20 桔梗科 Campanulaceae		李氏禾 <i>Leersia hexandra</i>	3
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	3	半边莲 <i>Lobelia chinensis</i>	4	28 莎草科 Cyperaceae	
7 睡莲科 Nymphaeaceae		21 菊科 Compositae		荆三棱 <i>Scirpus yagara</i>	3
莲 <i>Nelumbo nucifera</i>	1	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	3	蔗草 <i>S. triquetra</i>	1
芡实 <i>Euryale ferox</i>	+	菱蒿 <i>Artemisia selengensis</i>	3	水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	2
8 金鱼藻科 Ceratophyllaceae		稻槎菜 <i>Lapsana apogonoides</i>	2	灰化苔草 <i>Carex cinerascens</i>	3
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	5	马蓝 <i>Kalimeris indica</i>	3	水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	1
9 毛茛科 Ranunculaceae		22 香蒲科 Typhaceae		牛毛毡 <i>Eleochari yokoscensis</i>	2
石龙芮 <i>Ranunculus sceleratus</i>	1	水烛 <i>Typha angustifolia</i>	+	29 浮萍科 Lemnaceae	
10 十字花科 Cruciferae		23 眼子菜科 Potamogetonaceae		浮萍 <i>Lemna minor</i>	3
细子蔊菜 <i>Rorippa cantoniensis</i>	1	菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	5	紫萍 <i>Spirodela polyrhiza</i>	4
11 水马齿科 Callitricheaceae		眼子菜 <i>P. distinctus</i>	1	无根萍 <i>Wolffia arrhiza</i>	3
沼生水马齿 <i>Callitriche palustris</i>	1	竹叶眼子菜 <i>P. malaianus</i>	3	30 鸭趾草科 Commelinaceae	
12 菱科 Trapaceae		微齿眼子菜 <i>P. maackianus</i>	5	水竹叶 <i>Murdannia triquetra</i>	1
双角菱 <i>Trapa bispinosa</i>	5	24 茨藻科 Najadaceae		31 雨久花科 Pontederiaceae	+
野菱 <i>T. incisa</i>	5	大茨藻 <i>Najas marina</i>	2	鸭舌草 <i>Monochoria vaginalis</i>	2
红菱 <i>T. acornis</i>	+	小茨藻 <i>N. minor</i>	3	凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i>	5
13 柳叶菜科 Onagraceae		25 泽泻科 Alismataceae		32 灯心草科 Juncaceae	
丁香蓼 <i>Ludwigia prostrata</i>	2	慈姑 <i>Sagittaria trifolia</i>	1	野灯心草 <i>Juncus setchuesis</i>	2

注: A: 多度 (A: abundance grade)

3 研究结果

3.1 西凉湖水生植物多样性的现状

3.1.1 水生植物物种多样性 西凉湖 2001 年分布有水生植物 32 科、56 属、77 种,多度等级最大的种类是微齿眼子菜、密齿苦草、轮叶黑藻、菹草、野菱、双角菱、金鱼藻、凤眼莲、菰,其次是槐叶苹、紫萍、通泉草(表 1)。

3.1.2 水生植物群落多样性 (1)群丛类型多样性: 2001 年西凉湖水生植被面积为 44.11 km²,覆盖率为 61%,可划分为 13 个群丛类型,其中挺水植物群丛类型 3 个、浮水植物群丛类型 3 个、沉水植物群丛 7 个(表 2,图 2);分布面积最大的是微齿眼子菜群丛(30.731 1 km²),其次是菹草群丛(3.138 9

km²)、“菰—凤眼莲群丛”(3.061 5 km²)。(2)群落物种多样性指数:多样性指数值以“凤眼莲+野菱+双角菱群丛”的最大,其次是“菰+凤眼莲群丛”、“野菱+双角菱群丛”与菰群丛,以微齿眼子菜群丛的指数值最小(表 2)。(3)群落盖度与生物量:2001 年西凉湖水生植被总生物量为 1.06×10⁸ kg,全湖平均单位面积生物量为 1 470.5 g/m²,群落盖度最大的是“菰—凤眼莲群丛”,其次为莲群丛、荇菜群丛、“凤眼莲+野菱+双角菱群丛”与“金鱼藻+轮叶黑藻群丛”,以菹草群丛的盖度最小;生物量最高的是“菰+凤眼莲群丛”,其次为“凤眼莲+野菱+双角菱群丛”(表 2)。

3.2 西凉湖水生植物多样性的长期变化

3.2.1 物种多样性的长期变化 据西凉湖管理处 1980 年的内部资料及苏泽古等 1992 年的记录(苏泽

表 2 西凉湖水生植物群落多样性(平均值±标准差;2001 年)

Table 2 Community diversity of aquatic plants in Lake Xiliang of Jiangnan Lake Cluster in China (Mean±S. E;2001)

群丛类型 Association type	D	H	C	B
菰群丛 <i>Zizania latifolia</i> Ass.	0.808 4±0.102 8	2.699 9±0.276 3	85.6±6.1	6 631.4±624.9
菰+凤眼莲群丛 <i>Zizania latifolia</i> - <i>Eichhornia crassipes</i> Ass.	0.840 1±0.089 1	2.823 5±0.216 6	96.8±8.2	13 962.0±1 122
莲群丛 <i>Nelumbo nucifera</i> Ass.	0.628 0±0.078 3	1.824 9±0.189 6	94.5±5.4	1 036.6±130.8
凤眼莲+野菱+双角菱群丛 <i>Eichhornia crassipes</i> + <i>Trapa incisa</i> + <i>T. bispinosa</i> Ass.	0.849 9±0.114 7	2.975 8±0.294 3	91.7±6.3	11 413.3±787.1
野菱+双角菱群丛 <i>Trapa incisa</i> + <i>T. bispinosa</i> Ass.	0.832 4±0.105 2	2.888 8±0.286 9	90.3±4.6	1 723.0±117.2
荇菜群丛 <i>Nymphoides peltatum</i> Ass.	0.758 2±0.120 7	2.170 3±0.318 1	92.1±4.9	1 201.7±137.5
菹草群丛 <i>Potamogeton crispus</i> Ass.	0.474 0±0.066 72	1.321 6±0.154 4	31.7±8.8	1 616.3±109.4
微齿眼子菜群丛 <i>Potamogeton maackianus</i> Ass.	0.228 1±0.055 1	0.782 3±0.129 3	32.7±14.4	1 100.6±203.8
轮叶黑藻群丛 <i>Hydrilla verticillata</i> Ass.	0.692 0±0.110 4	1.986 3±0.283 3	87.2±15.3	2 238.4±147.5
密齿苦草群丛 <i>Vallisneria denseserrulata</i> Ass.	0.445 0±0.072 9	1.358 5±0.180 5	42.5±8.2	1 514.2±126.3
苦草群丛 <i>Vallisneria natans</i> Ass.	0.392 9±0.071 0	1.215 3±0.173 1	36.0±6.6	1 088.3±107.6
金鱼藻+轮叶黑藻群丛 <i>Ceratophyllum demersum</i> + <i>Hydrilla verticillata</i> Ass.	0.646 4±0.098 6	1.692 9±0.263 4	91.4±3.8	5 698.7±1 365.4
金鱼藻+密齿苦草群丛 <i>Ceratophyllum demersum</i> + <i>Vallisneria denseserrulata</i> Ass.	0.636 1±0.088 3	1.667 3±0.211 1	22.3±8.7	1 079.4±426.6

注:表中数据调查时间:菹草群丛是 2001 年 5 月 10 日,其他群丛为 2001 年 7 月 16 日(Notes: Investigation date; *Potamogeton crispus* Ass.: May 10, 2001; the other associations: Jul. 16, 2001). D: Simpson 指数; H: Shannon-Wiener 指数; C: 盖度 Coverage; B: 单位面积生物量(鲜重)Biomass per square meter, fresh weight.

古等,1995),结合本研究的调查结果,二十年来先后有 8 种水生植物从西凉湖消失,其分别为水葱、荸荠、莲子草、乌菱、细果野菱、萍蓬草、睡莲、小眼子菜。

3.2.2 群落多样性的长期变化 二十年来,西凉湖水生植物群落多样性丧失严重,荇菜群丛、乌菱群丛、马来眼子菜群丛和穗花狐尾藻群丛已消失,莲群丛、菰群丛的分布面积已极大地缩小,至 2001 年其面积分别只有 0.003 km² 和 0.679 7 km²,群落内物种数目减少,群落结构简化。二十年来,水生植被覆

盖率下降了 38.80%,平均单位面积生物量下降了 77.87%(图 3)。

4 讨 论

4.1 人为干扰是水生植物多样性丧失的根本原因

二十年来西凉湖水生植物多样性已严重丧失,不仅植被覆盖率下降、植被结构简化、生物量降低,而且 8 种水生植物与 4 个水生植物群丛类型已从该

湖消失。笔者认为,多样性丧失的根本原因是人为干扰。二十年来,西凉湖所受人干扰主要包括围网养殖、打草、耙捞作业等。(1)围网养殖:二十世纪80年代末,西凉湖围网养殖大发展,养殖强度不断提高,圈养区内鱼类放养量极大,由于草食性鱼类的直接啃食、以及各种鱼类强烈的机械活动,圈养区一两年内就变成次生裸地,这种机械活动还将水生植物的地下茎掘出水面,使水生植物无法繁衍(而大多数水生植物的种子萌发率很低,主要靠地下茎进行繁殖)。(2)打草:随着生产力的不断发展,水草收获

强度极大提高,常可见成百上千机动船在西凉湖掠夺式地打捞水草,严重碎断了水生植物赖以繁殖的地下茎。(3)耙捞等作业:机动船只成天在圈养区内外耙捞蚌类、螺类、捕鱼、运输等,在枯水季节或丰水季节的浅水区,其高速运转的涡轮常将底泥搅起,破坏了水生植物的地下茎,同时频繁的活动不仅使地上茎支离破碎,尚使湖水常年浑浊。(4)透明度下降:因渔民作业强度与放养量逐年增大,湖水透明度极大降低,水下光线严重不足,致使水生植物生长不良,不能开花结实,甚至难以产生休眠芽(繁殖体)。

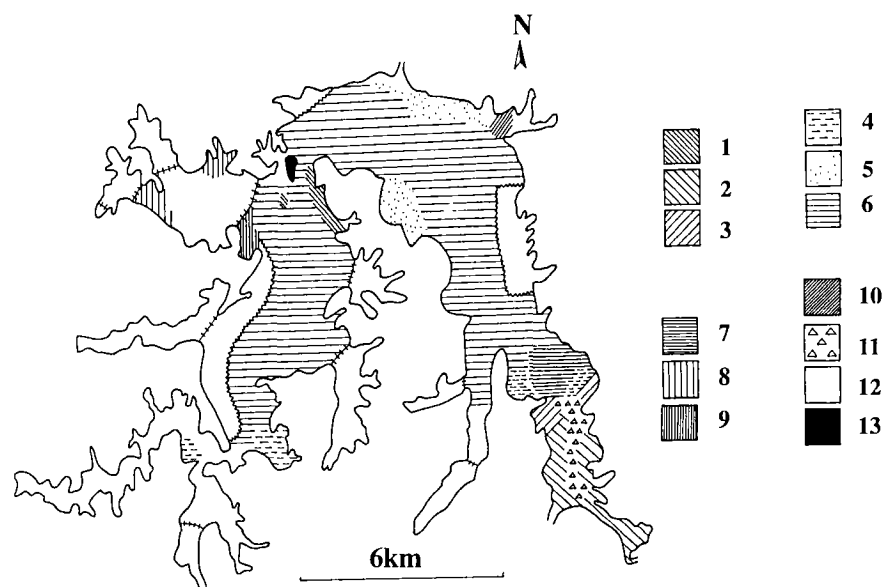


图 2 西凉湖水生植被图 (2001 年)

Fig. 2 Aquatic vegetation sketch in Lake Xiliang (2001)

1. 菰群丛 *Zizania latifolia* Ass. ; 2. 菰+凤眼莲群丛 *Zizania latifolia*-*Eichhornia crassipes* Ass. ; 3. 凤眼莲+野菱+双角菱群丛 *Eichhornia crassipes*+*Trapa incisa*+*T. bispinosa* Ass. ; 4. 野菱+双角菱群丛 *Trapa incisa*+*T. bispinosa* Ass. ; 5. 菹草群丛 *Potamogeton crispus* Ass. ; 6. 微齿眼子菜群丛 *Potamogeton maackianus* Ass. ; 7. 轮叶黑藻群丛 *Hydrilla verticillata* Ass. ; 8. 密齿苦草群丛 *Vallisneria denseserrulata* Ass. ; 9. 苦草群丛 *Vallisneria natans* Ass. ; 10. 金鱼藻+轮叶黑藻群丛 *Ceratophyllum demersum*+*Hydrilla verticillata* Ass. ; 11. 金鱼藻+密齿苦草群丛 *Ceratophyllum demersum*+*Vallisneria denseserrulata* Ass. ; 12. 无植被 without vegetation; 13. 滩地 beach land.

4.2 水生植物多样性保护的有效途径探讨

中国在淡水湖泊水生植物多样性研究方面作了不少的工作(于丹等,1996a,b;简永兴等,2001,2002),结果表明中国淡水湖泊水生植物多样性已普遍衰退(简永兴等,2001,2002),西凉湖水生植物多样性虽然所受破坏较小,但多样性亦呈下降趋势:水生植物生物量日趋降低、初级生产力日益下降,致使动物多样性普遍丧失、水产品种资源枯竭、水产品质量下降、水生生态系统的美学价值急剧降低,严重影响了水产业的可持续发展。因此水生植物多样性的保护迫在眉睫。笔者认为,政府部门是决定多样性保护能否成功的关键。如果没有政府部门以行政手

段的方式主持多样性的保护工作,光靠生态学家大声疾呼,保护将只是一句空话。应该说多样性保护是政府部门不可推卸的责任,政府部门首先应拨出专项经费,用于这项工作所必需的科研立项;同时应制定有关保护水生植物多样性的法规,法规中应包括惩治与奖励条款;政府还应给予沿湖渔民一定的经济补偿,以达到有效控制养殖、捕捞、打草强度的目的;同时,还应加强多样性保护意义的宣传力度。多样性的保护也离不开生态学家与政府部门的配合,生态学家的角色是技术员,为政府提供保护的技术与方法。生态学家应将多样性的保护研究作为一项系统工程,制定完整的研究计划和实施方案,研究

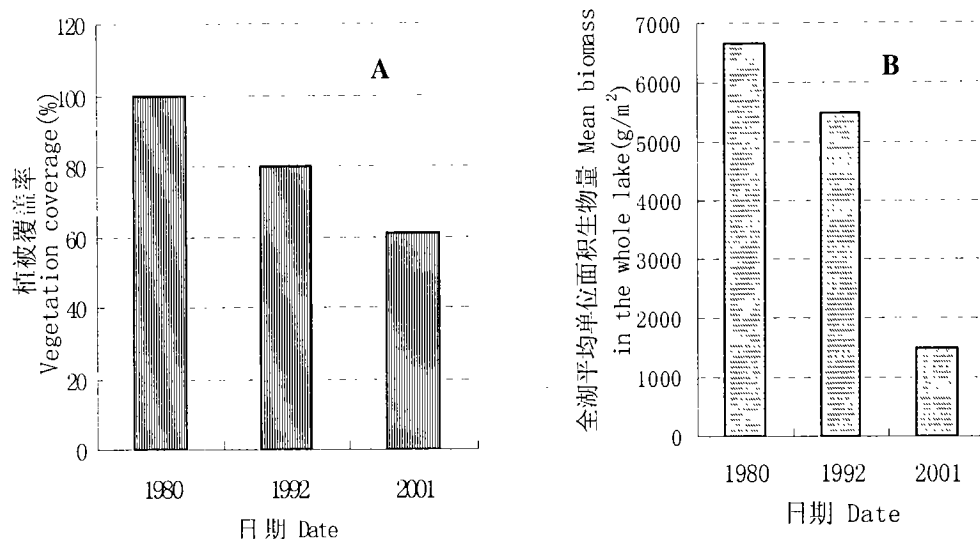


图3 西凉湖水生植被覆盖率与平均生物量的变化 (A. 覆盖率; B. 生物量; 鲜重)

Fig. 3 Changes of the vegetation coverage and mean biomass in Lake Xiliang

(A. coverage; B. biomass; fresh weight)

计划中必须包括有关对多样性进行监测的内容,因监测是保护的基础(Heywood 和 Watson,1995);同时,应将保护水生植物多样性与发展特种养殖相结合,达到既改变目前西凉湖水产品种单一的现状、又提高渔民的经济效益,从而提高渔民对保护水生植物多样性的积极性。

参考文献:

- 云南大学生物系. 1982. 植物生态学[M]. 北京: 人民教育出版社, 188.
- 王伯荪. 1987. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 49.
- 钱迎倩, 马克平, 韩兴国. 1994. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 148-152.
- Cook CDK. 1990. Aquatic Plant Book[M]. The Hague, the Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Heywood VH, Watson RT. 1995. Global Biodiversity Assessment[M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jian YX(简永兴), Wang JB(王建波), He GQ(何国庆), et al. 2001. A comparative study of aquatic plant diversity of Haikou, Taibai and Wushan lake in Hubei Province of China(湖北省海口湖、太白湖与武山湖水生植物多样性的比较研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **21**(11): 1 815-1 824.
- Jian YX(简永兴), Wang JB(王建波), He GQ(何国庆), et al. 2002. A comparative study on aquatic plant diversity and its long-term changes in the three lakes of Dongtinghu District in China(洞庭湖区三个湖泊水生植物多样性及其长期变化研究)[J]. *Acta Hydrobiol*

Sin(水生生物学报), 2002, **26**(2): 160-167.

- Krebs C. 1978. Ecology: The Experimental Analysis of Distributions and Abundance (2nd ed) [M]. New York: Harper & Row Publishers.
- Magurran AE. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement[M]. New Jersey: Princeton University Press.
- Su ZG(苏泽古), Zhang TL(张堂林), Cai QH(蔡庆华). 1995. On the aquatic vascular plant in Xiliang Lake(西凉湖水生维管束植物)[A]. In(见): Liang YL(梁彦龄), Liu HQ(刘火泉). Resources, Environment and Fishery Ecological Management of Macrophytic Lakes(I)(草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一))[C]. Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 160-171.
- Yu D(于丹). 1996. Comparison of species diversity of aquatic plants in four subregions of Lake Baoanhu(保安湖四个子湖区水生植物物种多样性的比较)[J]. *Acta Hydrobiol Sin*(水生生物学报), **20**(Supp.): 164-171.
- Yu D(于丹), Kang H(康辉), Xie P(谢平), et al. 1996a. A comparative analysis on the species diversity of aquatic plants in Qingling Lake and Huangjia Lake(青菱湖和黄家湖水生植物多样性的比较分析)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **16**(6): 565-575.
- Yu D(于丹), Zeng YB(曾一本), Zhang HH(张汉华), et al. 1996b. Restoration of aquatic vegetation and its role in the ecological pool of natural resources in Lake Yunihu(淤泥湖退化水生植被恢复及其在湖泊资源天然生态库中作用的研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 1996, **7**(4): 401-406.