

武汉东湖水生植被及其恢复途径探讨*

严国安 任南 马剑敏 谭智群 李益健

(武汉大学环境科学系, 武汉 430072)

摘要 1992~1993年对武汉东湖三个主要湖区(郭郑湖、汤林湖和牛巢湖)水生植被的调查表明, 该湖区共有水生植物32种, 优势种为大茨藻、狐尾藻、苦草和菱。金鱼藻呈不断扩大的趋势。植被类型可分为11个群丛, 植被面积约为0.65 km², 总生物量为1 236.39 t(湿重), 植被带状分布仅见于汤林湖北部和其他部分湖汊。汤林湖和牛巢湖水生植被正处于自然恢复演替阶段。

关键词 东湖; 水生植被; 恢复

Study on aquatic vegetation and its restoration in East Lake, Wuhan Yan Guo-An, Ren Nan, Ma Jian-Ming, Tan Zhi-Qun, Li Yi-Jian (Department of Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430072), *J. Plant Resour. & Environ.* 1995, 4(3): 21~27
The results obtained from investigation on the aquatic vegetation of three main subregions of East Lake (Guozhenghu, Tanglinhu and Niucaohu) of Wuhan, in 1992~1993 are presented. There were 32 species of plants, among them the dominant of community was *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*, *Vallisneria spiralis* and *Trapa natans*. The types of aquatic vegetation can be divided into 11 associations, the areas covered by plants was about 0.65 km² and the biomass in total 1 236.39 t (wet weight). The distribution of vegetation appears zonally only mainly in the north of Tanglin lake subregion and other parts of lake bends. The aquatic vegetation in the subregions of Tanglin lake and Niucuo lake is now in the natural succession stage. And, the approach to the restoration of vegetation in East Lake is also discussed.

Key words East Lake; aquatic vegetation; restoration

东湖(E114°23', N30°33')位于武汉市武昌区东北郊, 是一个具游览、饮水、水上运动和渔业养殖等多功能的中型浅水湖泊, 面积27.899 km²(20.5 m 高程), 平均水深2.21 m, 包括郭郑湖、汤林湖、牛巢湖、后湖、水果湖、筲箕斗湖和庙湖7个子湖区。30多年来, 随着湖周人口增多和产业的发展, 大量生活污水和工业废水排入, 使东湖由本世纪50年代的中营养湖至70年代变为重富营养湖^[1]。湖水中植被大面积消失, 藻类大量繁殖, 透明度降低。造成生物多样性下降和湖泊生态系统退化, 影响了水资源的利用及其功能的发挥。水生植物是湖泊生态系统的初级生产者, 在湖泊生态系统结构和功能中占有重要地位, 利用水生植物治理水体污染的研究报道较多^[6], 周凌云等^[4]、陈洪达等^[2,3]、姚作五等^[5]对东湖水生植被的种类组成、分布、生物量及其与渔业养殖和富营养化的关系进行过调查和分析。本文报道1992~1993年东湖水生植被的变化情况及恢复途径。

收稿日期 1994-12-09

* 国家“八五”科技攻关项目(85-908-01-02)部分内容
本文承于 丹教授提出许多宝贵意见, 特此致谢。

1. 调查方法

采用样方进行调查。为与前人调查结果进行比较,断面的设置和采样点的选择参照陈洪达^[3]的模式进行。1992年9月和1993年6~9月在东湖三个主要湖区(郭郑湖、汤林湖和牛巢湖)共设16个断面172个采样点,根据调查路线广泛采集标本,了解水生植物种类组成,由各种植物分布面积、频度和生物量确定水生植被的优势种类。依据水生植物群落的外貌、结构和优势种等特征划分群丛类型。从断面调查资料确定植物分布的地点和范围,结合东湖的水下地形图绘制水生植被分布图。水生植物生物量的测算:采用面积为0.25 m²的带网铁钎将样方内的植物连根带泥夹起,洗净淤泥,除去杂质,滴尽水分后称其湿重,每一样点采集两次,取平均值计算生物量。由于仅有17%(29个)的采集点是分布在植被区内,用断面计算法计算的生物量数值过高,故采用群丛计算法计算。

2. 水生植物的种类组成

东湖水生植物共有32种,隶属于17科22属(表1),其中蕨类植物3科3属3种;单子叶植物8科12属17种;双子叶植物6科7属12种。按植物的生活型划分,有挺水植物5种,占种类总数的15.62%;漂浮植物7种,占22.22%;浮叶植物10种,占31.23%;沉水植物10种,占31.23%。从种类组成分析,绝大部分为长江中下游湖泊中普生性的种类^[7],较陈洪达等^[3]1962~1963年调查统计的29科53属83种少12科32属45种。除一些湿生种类未统计在内,以沉水植物相比,狸藻科(Lentibulariaceae)的少花狸藻(*Utricularia exoleta* R. Br.)、细叶狸藻(*U. minor* L.),眼子菜科的微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus* A. Benn.)、篦齿眼子菜(*P. pectinatus* L.)、眼子菜(*P. distinctus* A. Benn.)和鸡冠眼子菜(*P. cristatus* Rgl. et Maack)等种类现已消失。东湖的三个主要湖区中,又以汤林湖和牛巢湖种类较丰富。

3. 水生植被类型及分布

3.1 组成水生植被的优势种类 随着东湖富营养化的不断加剧和鱼类放养量不断增加,特别是草食性鱼类比例提高,导致许多种类消失,组成水生植被的优势种代之为耐污的或光补偿点低及鱼类不适口的种类,使水生植被组成及分布也发生很大的变化。1962~1963年间组成全湖植被的主要种类是微齿眼子菜、黑藻、大茨藻、狐尾藻和金鱼藻,1967年后,微齿眼子菜等植物分布面积逐年减少。至1972年和1975年,微齿眼子菜分别在郭郑湖和汤林湖绝迹,代之以大茨藻成为优势种^[2]。近年来,草食性鱼类的放养量受到控制,一些具低光补偿点、种子量大或种子生活力强的种类,如苦草、狐尾藻和菱得以逐渐恢复,生物量和分布面积增大,与大茨藻一起成为东湖水生植被的优势种。几种主要的水生植物种类出现的频度见表2。

从表2可知,大茨藻、狐尾藻和苦草出现的频度较高,而金鱼藻和菱的分布则在扩大,其他种类出现频度很低,为偶见种。

表1 东湖水生植物名录

Tab 1 The list of aquatic plants in East Lake

植物种类 Species		分布区 Distribution area		
		郭郑湖 Guozhenghu	汤林湖 Tanglinhu	牛巢湖 Niucaohu
1. 苹科 Marsileaceae	1) 苹 <i>Marsilea quadrifolia</i> L.		+	+
2. 槐叶苹科 Salviniaceae	2) 槐叶苹 <i>Salvinia natans</i> (L.) All.		+	+
3. 满江红科 Azollaceae	3) 满江红 <i>Azolla imbricata</i> (Roxb.) Nakai		+	+
4. 苋科 Amaranthaceae	4) 喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	+	+	+
5. 睡莲科 Nymphaeaceae	5) 芡实 <i>Euryale ferox</i> Salisb.		+	+
	6) 莲 <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.		+	+
6. 金鱼藻科 Ceratophyllaceae	7) 金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	+	+	+
7. 菱科 Trapaeeae	8) 菱 <i>Trapa natans</i> L.	+	+	+
	9) 野菱 <i>T. incisa</i> Sieb. et Zucc.	+	+	+
	10) 双角菱 <i>T. bispinosa</i> Roxb.	+	+	+
	11) 格菱 <i>T. pseudoincisa</i> Nak.		+	
	12) 冠菱 <i>T. litvinowii</i> Vassil		+	+
8. 小二仙草科 Halorrhagaceae	13) 狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	+	+	+
9. 龙胆科 Gentianaceae	14) 荇菜 <i>Nymphaoides peltatum</i> (Gmel.) Kuntze	+	+	+
	15) 金银莲花 <i>N. indica</i> (L.) Kuntze		+	+
10. 香蒲科 Typaceae	16) 水烛 <i>Typha angustifolia</i> L.		+	+
11. 眼子菜科 Potamogetonaceae	17) 菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L.	+	+	+
	18) 竹叶眼子菜 <i>P. malaiamus</i> Miq.		+	+
12. 茨藻科 Najadaceae	19) 大茨藻 <i>Najas marina</i> L.	+	+	+
	20) 小茨藻 <i>N. minor</i> All.		+	+
	21) 草茨藻 <i>N. graminea</i> Del.			+
12. 水鳖科 Hydrocharitaceae	22) 水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i> (Bl.) Backer	+	+	+
	23) 黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle		+	+
	24) 苦草 <i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	+	+	+
	25) 密齿苦草 <i>V. denseserrulata</i> (Makino) Makino		+	+
14. 禾本科 Gramineae	26) 芦苇 <i>Phragmites communis</i> Trin.	+	+	+
	27) 菰 <i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Turcz. et Stapf	+	+	+
15. 莎草科 Cyperaceae	28) 荆三棱 <i>Scirpus yagara</i> Ohwi		+	
16. 浮萍科 Lemnaceae	29) 浮萍 <i>Lemna minor</i> L.	+	+	+
	30) 紫萍 <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	+	+	+
	31) 芜萍 <i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Wimmer	+	+	+
17. 雨久花科 Pontederiaceae	32) 凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	+	+	+

“+”表示有分布 “+” indicating presence of the species

表2 东湖几种水生植物的频度比较

Tab 2 The comparison of frequency for some plants in East Lake

种类 Species	频度 Frequency (%)					
	1992年9月		1993年6月		1993年9月	
	A	B	A	B	A	B
大茨藻 <i>Najas marina</i> L.	14.53	82.20	10.47	62.07	15.70	93.10
狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	11.05	65.52	13.37	79.31	14.53	86.21
苦草 <i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	10.47	62.07	13.95	82.76	14.53	86.21
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	2.30	13.79	9.30	55.17	12.21	72.41
菱 <i>Trapa natans</i> L.	4.07	24.14	9.88	58.52	9.88	58.52

A — 以全湖172个采样点计算; B — 以植被区29个采样点计算 A — number counted with 172 sampling site in the whole lake; B — number counted with 29 sampling site in the vegetation region

3.2 东湖水生植物群丛类型及分布 根据水生植物群落的分类原则^(1,3),可以把1993年的水生植被划分为11个植物群丛(图1)。1963年的水生植被为14个群丛⁽³⁾,1988年为9个群丛⁽⁵⁾,由于一些种类已消失或退为伴生种和偶见种,相应的植物群丛也随之不复存在。1988年的9个群丛几乎全为单优群丛。即使在1992年~1993年两年的调查期间,水生植物群丛及其种类组成也有明显的变化。1992年的水生植物群丛多为单优群丛,到了1993年,共优群丛数增多,群丛的类型增加,分布面积也扩大。

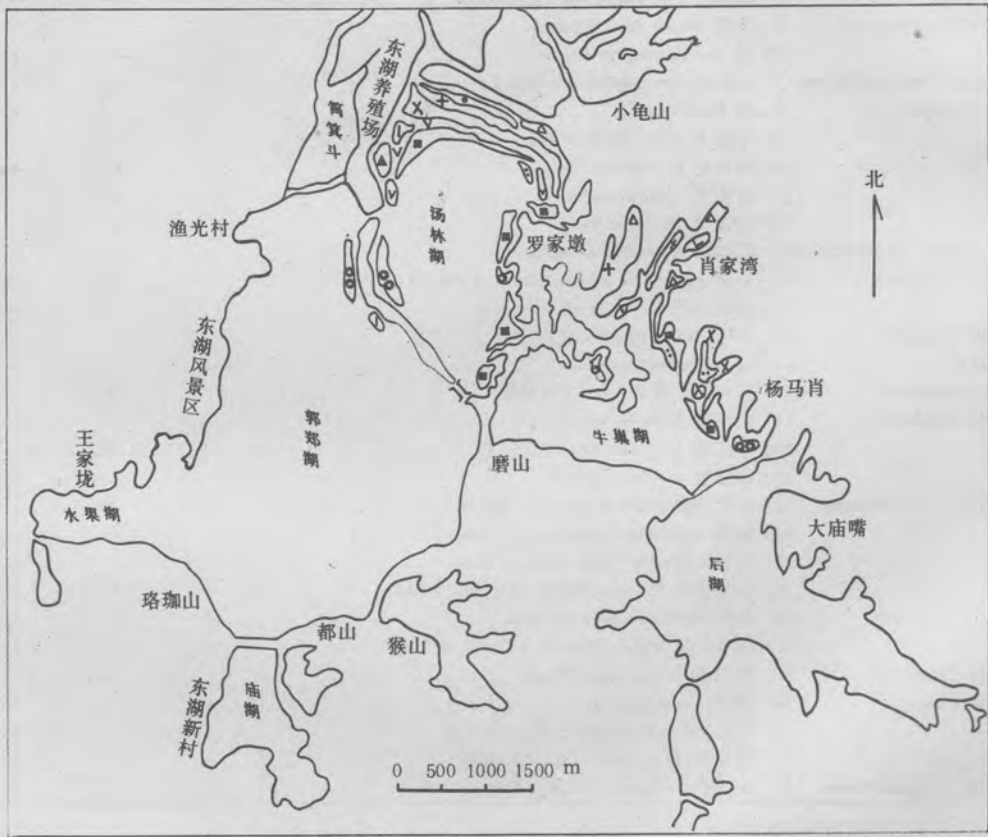


图1 东湖水生植被图

Fig 1 The map of aquatic vegetation in East Lake

- 芦苇群丛 Ass. *Phragmites communis*
- △ 香蒲群丛 Ass. *Typha angustifolia*
- + 莲群丛 Ass. *Nelumbo nucifera*
- × 菱群丛 Ass. *Trapa natans*
- 狐尾藻+苦草群丛 Ass. *Myriophyllum spicatum* + *Vallisneria natans*
- ▲ 狐尾藻+金鱼藻群丛 Ass. *Myriophyllum spicatum* + *Ceratophyllum demersum*
- ∨ 狐尾藻+大茨藻群丛 Ass. *Myriophyllum spicatum* + *Najas marina*
- 苦草+大茨藻群丛 Ass. *Vallisneria natans* + *Najas marina*
- 狐尾藻群丛 Ass. *Myriophyllum spicatum*
- | 苦草群丛 Ass. *Vallisneria natans*
- ∧ 大茨藻群丛 Ass. *Najas marina*

东湖三大湖区现有水生植被面积约为0.65 km²,仅占总湖面积的3.75%。其中以汤林湖分布面积最大,约为0.45 km²,占该湖区面积的8.2%,多分布在沿岸水深为1.9 m以内;郭郑湖除湖心亭两侧沿岸有小面积的苦草群落和狐尾藻+苦草群落分布外,全湖区水生植被几乎绝迹;牛巢湖植被主要分布在东部沿岸和湖湾。而1963年全湖植被面积23.78 km²,占全湖

面积的83%, 其中汤林湖植被面积占该湖区面积的100%, 郭郑湖的植被面积约占该湖区面积的44%。与之相比, 植被分布面积已大大缩小。

3.3 东湖水生植物群落带及群丛层次 东湖水生植被由于长期受人类经济活动的影响, 植被的带状分布已受到很大的破坏, 其中以挺水植物带受害最严重, 仅在汤林湖北部沿岸、东部湖汊和牛巢湖个别湖汊有小面积分布; 浮叶植物带的分布也一样; 沉水植物带的面积最大, 约占植被面积的88.2%。由于菱已成为许多沉水植物群丛的伴生种, 预计不久, 汤林湖沿岸沉水植物带会被菱群丛侵占。较明显的植被带状分布仅见于水较浅、底质较软的汤林湖北部和其他部分湖汊。以汤林湖北部为例, 从湖岸至离岸700 m(水深1.9 m)左右, 植被依次为芦苇群丛、香蒲群丛和莲群丛组成的挺水植被带; 菱群丛构成浮叶植被带; 狐尾藻+苦草群丛、狐尾藻+大茨藻群丛和大茨藻+苦草群丛构成沉水植被带。

群落分层现象在1963年比较明显, 一般分为高挺水植物层、低挺水植物层、浮叶植物层、高沉水植物层和低沉水植物层。由于植物带状分布受到很大破坏, 种类减少等也导致群落层次的破坏, 群落层次减为2~3层。但1992年分布于汤林湖西部和北部沿岸、牛巢湖东部沿岸的大面积大茨藻群丛, 到了1993年已变为大茨藻+苦草群丛和狐尾藻+大茨藻群丛, 伴生种有金鱼藻和菱等种类, 并在东湖养殖场附近沿岸出现狐尾藻+金鱼藻群丛。1993年水生植被与1992年相比, 不但群丛类型增多, 各群丛种类组成和层次结构也有增加, 可见, 东湖水生植被正处于自然恢复演替阶段。

4. 水生植被的生物量

东湖三大湖区水生植被总生物量为1236.39t(湿重), 沉水植物群落的分布面积和生物量

表3 东湖水生植被的面积和生物量(1993.9)

Tab 3 The areas and biomass of aquatic vegetation in East Lake

群丛 Association	分布面积 Area (km ²)	生物量 Biomass (g·m ⁻²)	群丛生物量 Total biomass(t)	占全湖总生物量 Biomass rate(%)
芦苇群丛 Ass. <i>Phragmites communis</i>	4.60×10 ⁻⁴	13.00	0.598	0.048
狭叶香蒲群丛 Ass. <i>Typha angustifolia</i>	2.56×10 ⁻³	1300	3.328	0.269
莲群丛 Ass. <i>Nelumbo nucifera</i>	1.09×10 ⁻²	1600	17.440	1.411
菱群丛 Ass. <i>Trapa natans</i>	6.40×10 ⁻²	2316.6	148.262	11.990
狐尾藻群丛 Ass. <i>Myriophyllum spicatum</i>	1.19×10 ⁻¹	1248	148.512	12.012
苦草群丛 Ass. <i>Vallisneria natans</i>	1.00×10 ⁻³	258	0.258	0.021
大茨藻群丛 Ass. <i>Najas marina</i>	2.18×10 ⁻²	1800	39.240	3.174
狐尾藻+苦草群丛 Ass. <i>Myriophyllum spicatum</i> + <i>Vallisneria natans</i>	3.82×10 ⁻¹	2120	809.840	65.510
狐尾藻+金鱼藻群丛 Ass. <i>Myriophyllum spicatum</i> + <i>Ceratophyllum demersum</i>	2.40×10 ⁻²	1900	45.600	3.688
狐尾藻+大茨藻群丛 Ass. <i>Myriophyllum spicatum</i> + <i>Najas marina</i>	2.06×10 ⁻²	816	16.810	1.360
苦草+大茨藻群丛 Ass. <i>Vallisneria natans</i> + <i>Najas marina</i>	5.00×10 ⁻³	1300	6.500	0.526
合计 Total	6.50×10 ⁻¹	—	1236.29	100

最大,相应占总数的88.2%和86.28%。从表3可知,在群丛中,主要为狐尾藻+苦草群丛,其面积和生物量分别占植被总数的58.65%和65.51%,其次为狐尾藻群丛和菱群丛。苦草群丛作为恢复演替的先锋群落,仅是一个过渡性群丛,它的面积和生物量很小。三大湖区中,以汤林湖区水生植被生物量最大,约为919.25 t,占全湖总生物量的74.35%。

5. 东湖水生植被恢复途径探讨

东湖是一个多功能的水体,渔业养殖、游览、饮水等对水质的要求往往是有矛盾的,难以兼容。同时,东湖作为著名的风景湖泊,以游览为主要功能的立体开发目标正在实施,因此,治理东湖水环境污染,恢复湖泊生态系统迫在眉睫。国内外长期的研究和实践证明湖泊的恢复离不开生态工程^[8],水生植被的恢复即是生态工程的重要组成部分。恢复方案的制订必须建立在对水生植物群落结构、功能和动态规律研究的基础上。

(1) 控制外污染源,减少污染物入湖和在湖内积累 这是湖泊恢复的基本措施。对主要的点污染源,可采用截污、集中处理污水的方式;小的点源可采用就地处理方式,在入湖前经过水生植物强化氧化塘或土地处理系统等经济、有效的方法进行净化处理。对于与农田接壤的湖岸,可在岸边滩涂种植芦苇、香蒲等植物,建立生态缓冲带^[10],以减少农田地带径流所含农药、化肥等物质入湖。

(2) 改善渔业养殖结构,控制人工放养量,限制草食性鱼类的放养 东湖渔业养殖应在有利于湖泊恢复和改善水质的前提下进行,确定放养鱼类的合理种群组成。在植被恢复的前期,应尽量减少湖中现有的草食性鱼类数量,可采用捕捞及建立围栏恢复区。放养以食浮游植物、有机碎屑和杂食性的鱼类为主,如鲢、鲫和鲮等,这样既可减少对水生植物的摄食破坏,又可减少水中藻类等,提高透明度。待植被恢复以后,再考虑其他鱼类的放养。可以设想,由于植被的恢复及其对水体的净化作用,水质将会得到不断改善,一个新的、以优质名贵鱼类为主的养殖模式将应运而生。

(3) 自然恢复与人工种植、调控相结合 东湖各湖区水生植被状况不尽相同,恢复的过程也应具体而定。汤林湖正处于自然恢复演替阶段,任其自然,其群落组成往往不太理想,且恢复时间也较长,特别是菱群丛在湖区沿岸正迅速扩大分布,沉水植物带受到威胁。通过人工种植、调控优化植物群落措施,可考虑在沿岸种植莲以控制菱的蔓延,在狐尾藻或大茨藻占优势的群丛中种植眼子菜、黑藻和伊乐藻(*Elodea canadensis*)等种类。

(4) 根据水生植物的生物学、生态学特征优选植物种类进行人工种植 水生植被几近绝迹的郭郑湖,水透明度仅为0.6~0.75 m,而湖岸水深多在0.6 m以上,在这种光效应差的次生裸地上,应选择光补偿点低的种类建立先锋群落。研究表明,苦草和大茨藻的光补偿点最低,菹草和狐尾藻略高,而金鱼藻较高^[9]。同时,先锋物种还须能产生大量种子,植株再生能力强,有利于扩大分布,防御鱼类取食;牛巢湖虽然水透明度较高,达1.1~1.5 m,但湖底底质较硬,则应选择易于扎根的种类;而郭郑湖区水果湖一带污染最严重的区段,水透明度仅0.3 m,可先移植漂浮植物(如凤眼莲、大藻等)对湖水先行净化,待透明度提高后,再种植沉水植物,建立先锋群落,而后人工优化。

(5) 强化人工措施,促进水生植被的迅速恢复 水生植被的恢复应在水浅的岸边开始,

为防止草食性鱼类的摄食破坏,可在沿岸设置围栏。由于东湖湖面较大,又位于城郊,水生植物开始生长季节,风浪很大,影响人工种植后植物的扎根存活和生长,可考虑在恢复区外围设置一定宽度的防浪带^[6]。另外,水生植物的种植技术也是植物能否成活的关键,应根据植物的生物学特性和湖底底质状况,采用全株、断枝、球茎、殖芽或种子作为繁殖体,采用竹叉插入法、裹泥抛入法或吊笼栽培法等进行种植。

(6) 水生植被恢复的规划和管理 在风景点集中区域,如磨山、东湖公园沿岸,多种植可供观赏的植物,如不同品种的莲、金银莲花和睡莲(*Nymphaea*)等,为东湖风景区增添新的景观。在水生植被恢复过程中,还须重视保护和管理,将水生植物的生物量控制在较合理的水平,特别是要注意植物群落种类的多样性,逐步建立良性循环的湖泊生态系统。

参 考 文 献

- 1 刘建康. 1990: 东湖生态学研究(一), 科学出版社, 北京. 47~51.
- 2 陈洪达. 1980: 海洋与湖沼 11(3): 275~283.
- 3 陈洪达, 何楚华. 1975: 水生生物学集刊 5(3): 410~419.
- 4 周凌云, 李清义, 戴伦膺. 1963: 武汉大学学报 2: 122~131.
- 5 姚作五, 李益健, 夏盛林. 1990: 重庆环境科学 12(4): 26~30.
- 6 屠清瑛, 顾丁锡, 尹澄清等. 1990: 巢湖富营养化研究, 中国科技大学出版社, 合肥. 206~213.
- 7 颜素珠. 1983: 中国水生高等植物图说, 科学出版社, 北京.
- 8 Brinck P. 1988: *Ambio* 17(20): 84~89.
- 9 Madsen J D. 1991: *Freshwater Biology* 26: 233~240.
- 10 Oberts G L, R A. Osgood. 1991: *Environmental Manage* 15(1): 131~138.

(责任编辑: 盛国英)

International Conference on Diversification and Evolution of Terrestrial Plants in Geological Time (ICTPG) will be held in Nanjing, China

The International Conference on Diversification and Evolution of Terrestrial Plants in Geological Time (ICTPG) will be held in Liuyuan Hotel of Nanjing, China during Sept. 4 ~ 8, 1995 attached the paleobotanical excursions in Henan, Shandong, Yunnan and NE China during Sept. 9 ~ 18, 1995. Chinese academician, Prof. Li Xingxue will be the Chairman; Prof. D. L. Dilcher (USA), Prof. Zhou Zhiyan (China), Dr. J. M. Anderson (S. Africa), Prof. T.

Kimura (Japan) and Prof. V. A. Krassilov (Russia) will be the Vice-Chairmen of the conference.

The detailed information on the conference can be gained from Secretariat of the ICTPG, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, Chi - Ming - Ssu, Nanjing 210008, China. Tel: 86-25-6637208; Fax: 86-25-3357026; E-mail: lixx@njnet.ihp.ac.cn.

(Tianshu)