

# 人为干扰对滇池湖滨区湿地高等植物种类组成的影响\*

项希希 吴兆录\*\* 罗康 丁洪波 张海艳

(云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

**摘要** 引种高等植物构建半自然湿地生态系统, 是修复遭受严重污染和破坏的湖泊湿地的重要方法之一。以 2011—2012 年滇池湖滨区 26 个样点 128 个样方的调查数据为基础, 结合 1960—1970 年的研究资料, 探讨了人为活动对滇池湖滨区高等植物种类的影响。结果表明: 2012 年在滇池湖滨区共发现湿地高等植物 88 科 299 种, 其中本土植物 181 种, 外来植物 118 种(包括 32 种入侵物种); 在 42 种水生植物中, 13 种为外来植物(包括 2 种入侵物种)。与 1960—1970 年资料相比, 新记录植物 232 种、已消失植物 43 种。其中, 沉水植物、漂浮植物和浮叶植物分别减少了 2 种、2 种和 5 种, 挺水植物增加了 8 种。目前共有 14 个植物群落类型, 新出现了以大薸、喜旱莲子草等外来植物为优势种的群落类型, 而以海菜花、苦草等本土植物为优势种的植物群落已消失。在引种高等植物修复退化湖泊湿地时, 应科学合理地选配植物物种, 以免人工引发湿地退化。

**关键词** 滇池 湿地植物 退化湿地 植物群落 物种入侵

**文章编号** 1001-9332(2013)09-2457-07 **中图分类号** Q941 **文献标识码** A

**Impacts of human disturbance on the species composition of higher plants in the wetlands around Dianchi Lake, Yunnan Province of Southwest China.** XIANG Xi-xi, WU Zhao-lu, LUO Kang, DING Hong-bo, ZHANG Hai-yan (*Institute of Ecology and Geobotany Yunnan University, Kunming 650091, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2013, 24(9): 2457–2463.

**Abstract:** Introducing higher plants to build semi-natural wetland ecosystem is one of the key approaches to restore the wetlands and lakes that suffered from serious pollution and destruction. Based on the investigation data from 128 quadrats at 26 sampling sites in the wetlands around Dianchi Lake in December 2011–October 2012, and in combining with the references published in the 1960s, this paper discussed the impacts of human activities on the species composition of higher plants in the wetlands around the Lake. In 2012, there were 299 species of 88 families in the wetlands, of which, 181 species were native species, and 118 species were alien ones (including 32 invasive species). Of the 42 species of hydrophytes in the total species, 13 species were alien ones (including 2 invasive species). In comparing with the species data recorded in the 1960s, 232 plants were newly recorded and 43 species disappeared in 2012. Aquatic plants changed obviously. The decreased species were 2 submerged plants, 2 floating plants, and 5 floating leaved plants, and the increased species were 8 emergent plants. Fourteen community types were identified by cluster analysis, of which, the main communities were those dominated by alien species including *Pistia stratiotes* and *Alternanthera philoxeroides*. As compared with the data in the 1960s, the plant communities dominated by native species such as *Ottelia acuminata* and *Vallisneria natans* were not found presently. Therefore, in the practice of introducing higher plants to restore the degraded wetlands and lakes, it would be necessary to scientifically and appropriately select and blend plant species to avoid the wetland degradation by human activities.

**Key words:** Dianchi Lake; wetland plant; degraded wetland; plant community; species invasion.

\* 国家自然科学基金项目(31060079)和云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室开放基金项目(2012KF020)资助。

\*\* 通讯作者. E-mail: zlwu@ynu.edu.cn

2012-11-20 收稿, 2013-06-30 接受.

湿地在调节气候、调蓄洪水、降解污染、保护生物多样性等方面发挥着重要的作用<sup>[1]</sup>。但是,伴随着区域性社会经济发展,湿地正在遭受前所未有的破坏和污染,导致其急速退化<sup>[2]</sup>。退化湿地最明显的特点是植物多样性的变化<sup>[3]</sup>,进一步导致野生动植物栖息地的破碎化、单一化<sup>[4]</sup>,以及湿地资源价值的降低<sup>[5]</sup>。因而,引种高等植物构建半自然湿地生态系统,成为修复退化湖泊湿地的重要途径<sup>[6-7]</sup>,其中恢复和重建湿地植被是最重要的手段<sup>[8]</sup>。如何正确引种、科学配置高等植物成了湿地恢复的关键<sup>[9-10]</sup>。

滇池位于云南省昆明市西南部,属于长江流域金沙江水系,是我国著名的高原淡水湖泊<sup>[11]</sup>。最近几十年来,污染、破坏、引种外来植物等人类活动对滇池湿地生态系统产生了巨大的影响<sup>[12]</sup>,20世纪70年代的大规模围湖造田蚕食填埋湿地,近期严重的污染<sup>[13]</sup>、物种入侵和人工引入栽种外来植物<sup>[14-16]</sup>,更使滇池的自然生态系统面目全非。调查研究发现,引种外来植物强调了绿化、美化和净化,却忽视了外来植物的逃逸和入侵,生态风险巨大。本文以2011年11月至2012年10月的逐月调查数据为基础,参考1960—1970年的文献资料<sup>[17-18]</sup>,探讨了在强烈的人为干扰下,湿地高等植物的物种变化及其趋势,旨在为退化湿地的植被恢复提供科学依据。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区概况

滇池是云贵高原面积最大的永久性淡水湖泊,地理坐标为 $24^{\circ}40'—25^{\circ}02' N, 102^{\circ}36'—102^{\circ}47' E$ 。滇池常年平均深度4.4 m,最大深度10.9 m,湖面海拔1887.4 m,湖容15.7亿m<sup>3</sup>。现有水域面积300 km<sup>2</sup>,南北长约40 km,东西宽约12.5 km,湖岸线163 km。研究区气候属亚热带季风半湿润气候,冬无严寒、夏无酷暑;年平均水温17.03℃,湖水终年适宜于多种水生植物的生长。区内土壤主要为冲积性水稻土,土层深厚,有机质、氮含量高<sup>[19]</sup>。

### 1.2 样点的设置

目前,滇池湖泊生态系统遭受了严重的人为影响,陆地与水域之间,从陆地逐渐过渡进入水域的天然湖滨带已不复存,取而代之的是人工驳岸或鱼塘。因而,本研究对象为湖滨区,即以湖岸(驳岸)为中线包括滇池水域和湖岸带人工池塘、湿地和湿生陆地的区域。参照1960—1970年的植被调查资料,

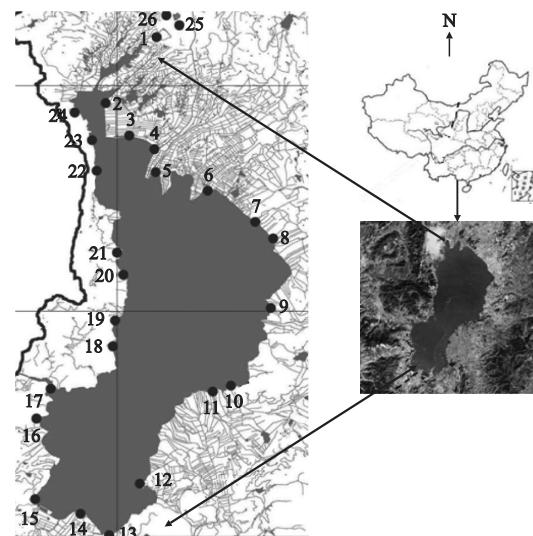


图1 滇池湖滨区调查取样点

Fig. 1 Sampling sites in the studied area around Dianchi Lake.

以人为干扰强度及植物群落分布状况为主线,围绕滇池选择了26个样点(图1)。每个样点约为4 hm<sup>2</sup>,即沿着湖岸200 m(包括滇池一侧100 m宽的水域和湖岸带一侧100 m宽的人工池塘、湿地和湿生陆地)。

**1.3 调查及分析方法** 2011年11月至2012年10月,采用样方法逐月对研究区内26个样点128个10 m×10 m<sup>[20]</sup>样方内的植物种类、盖度和高度进行调查,记录每个样点的植物种类,采集植物标本或摄影,并于室内进行种类鉴定。

**1.3.1 植物来源组成的划分** 查阅《中国植物志》、《云南植物志》等确定植物的原产地,将植物分为本土植物和外来植物,参照《中国外来入侵物种编目》<sup>[21]</sup>确定外来植物是否为入侵种。

**1.3.2 植物生活型和生态类型的划分** 参照金振洲等<sup>[22]</sup>的方法,将植物生态类型系统划分为水生、湿生、中生、旱生4大类,再将水生种类细分为沉水植物、漂浮植物、浮叶植物和挺水植物等生活型。

**1.3.3 植物区系成分分析** 参照吴征镒等<sup>[23-24]</sup>种子植物分布区划原则,划分植物科属的区系地理成分。

**1.3.4 群落分类方法** 以128个样方中72个种的相对盖度为数据,构成128×72的原始数据矩阵,用Pc-ord软件中的聚类分析方法<sup>[25-26]</sup>对样方进行植物群落聚类分析,划分出群落类型。

## 2 结果与分析

### 2.1 滇池湿地植物组成及区系地理成分

在26个调查样点中共出现299种植物,隶属

表 1 滇池湖滨区高等植物科的种属多样性

Table 1 Diversity of species and genus in families of higher plants in the studied area around Dianchi Lake

科名 Family name		属 Genera		种 Species	
		数量 Number	%	数量 Number	%
菊科	Compositae	24(7)	10.3(7.9)	27(7)	9.0(6.4)
禾本科	Gramineae	20(10)	8.6(11.2)	23(10)	7.7(9.1)
豆科	Leguminosae	15(7)	6.5(7.9)	19(7)	6.4(6.4)
蔷薇科	Rosaceae	12(6)	5.2(6.7)	14(6)	4.7(5.4)
桑科	Moraceae	5	2.2	10	3.4
天南星科	Araceae	7(2)	3.0(2.3)	9(3)	3.0(2.7)
莎草科	Cyperaceae	5(6)	2.2(6.7)	9(9)	3.0(8.2)
蓼科	Polygonaceae	4(2)	1.7(2.3)	9(7)	3.0(6.4)
茄科	Solanaceae	4	1.7	8	2.7
伞形科	Umbelliferae	6(2)	2.6(2.3)	7(2)	2.3(1.8)
百合科	Liliaceae	6	2.6	7	2.3
唇形科	Labiateae	6(4)	2.6(4.5)	6(4)	2.0(3.6)
杨柳科	Salicaceae	2(2)	0.8(2.2)	6(2)	2.0(1.8)
眼子菜科	Potamogetonaceae	1(1)	0.4(1.1)	6(8)	2.0(7.3)
玄参科	Scrophulariaceae	3(4)	1.3(4.5)	5(4)	1.7(3.6)
水鳖科	Hydrocharitaceae	3(5)	1.3(5.6)	3(6)	1.0(5.4)
单种科	Single species family	34(17)	14.7(19.1)	34(17)	11.4(15.5)
其他科	Others	75(14)	32.3(15.7)	97(18)	32.4(16.4)
合计 Total		232(89)	100	299(110)	100

括号内为 1960s 的数据 Number in brackets were data in 1960s. 下同 The same below.

88 科 232 属。其中, 蕨类植物 9 种(占总种类的 3.0%)、裸子植物 6 种(占 2.0%)、被子植物 284 种(占 95.0%)。说明在滇池湖滨区湿地植物组成中, 被子植物占有重要的地位。

由表 1 可以看出, 在 88 个科中, 超过 10 种的优势科有菊科、禾本科、豆科和蔷薇科, 共占总属数的 30.6% 和总种数的 27.8%; 单种科 32 科, 占总科数的 38.6%、总属数的 14.7% 和总种数的 11.4%。而在 1960s, 滇池湿地全部水生维管束植物共 38 科 89 属 110 种, 超过 8 种的优势科为禾本科、莎草科和眼子菜科, 共占总属数的 19.1% 和总种数的 24.6%。在过去的半个世纪中, 滇池湖滨区菊科植物种类明显增加, 莎草科、眼子菜科植物的优势已不复存在。

由表 2 可以看出, 滇池湖滨区湿地的植物中, 单

种属最丰富, 达 190 属(种), 占属总数的 81.9%、种总数的 63.6%。3 种及 3 种以上的属有女贞属(*Ligustrum*)、狼尾草属(*Penisetum*) 等 14 属 53 种植物, 分别占属总数和种总数的 6.0% 和 17.7%, 其中榕属(*Ficus*) 和眼子菜属(*Potamogeton*) 含种数最多(共 12 种), 占种总数的 4.0%。

按照吴征镒<sup>[24]</sup>对中国种子植物科、属的区划原则, 滇池湖滨区的 88 个科湿地植物分属于 10 个分布区类型(表 3)。其中, 世界分布类型最多, 占科总数的 44.32%; 232 个属分属于 15 个分布区类型, 热带成分和温带成分各占总属数的 40.1%。中国特有属仅占总属数的 1.7%。反映出滇池湖滨区湿地植物分布具有广域性, 但中国特有属的数量很少。

在 20 世纪 60 年代, 滇池湖滨区湿地植物的 38 个科分属 6 个分布区类型, 世界分布类型最多, 占科总数的 65.8%; 89 个属分属 13 个分布区类型, 热带成分和温带成分各占总属数的 37.1% 和 36.0%。可见, 经过 50 余年的变迁, 在滇池湖滨区中, 属于世界分布的科属所占比例减少, 而热带成分和温带成分稍有增加。

## 2.2 外来植物及入侵物种的比例

在调查发现的 299 种植物中, 本土植物 181 种、外来植物 118 种, 分别占总数的 60.5% 和 39.5%。其中有 32 种外来植物为入侵物种, 占外来植物种类的 27.1%。在 20 世纪 60 年代调查记录的 110 种植

表 2 滇池湖滨区湿地植物的属、种多样性

Table 2 Diversity of species and genera of wetland plants in the studied area around Dianchi Lake

属内种数 Number of species in the genera	属 Genera		种 Species	
	数量 Number	%	数量 Number	%
1	190	81.9	190	63.6
2	28	12.1	56	18.7
3	8	3.4	24	8.0
4	3	1.3	12	4.0
5	1	0.4	5	1.7
6	2	0.9	12	4.0
总计	232	100.0	299	100.0
Total				

表 3 滇池湖滨区湿地植物科、属的分布区类型

Table 3 Geographic distribution types of families and genera in wetlands of Dianchi Lake

地理成分 Geographical element	分布区类型 Distribution types	科 Family		属 Genera	
		数量 Number	%	数量 Number	%
世界分布 World distribution	1 世界分布	39(25)	44.3(65.8)	42(23)	18.1(25.9)
热带成分	2 泛热带分布	23(8)	26.1(21.1)	40(19)	17.2(21.4)
Tropical components	3 热带亚洲和热带美洲间断分布	3(1)	3.4(2.6)	17(2)	7.3(2.3)
	4 旧世界热带分布	3(1)	3.4(2.6)	10(6)	4.3(6.7)
	5 热带亚洲至热带非洲分布	2	2.3	7(3)	3.1(3.4)
	6 热带亚洲至热带非洲分布	1	1.1	8(1)	3.5(1.1)
	7 热带亚洲分布			11(2)	4.7(2.2)
温带成分	8 北温带分布	13(2)	14.9(5.3)	43(21)	18.5(23.6)
Temperate components	9 东亚和北美洲间断分布	2	2.3	14(4)	6.0(4.5)
	10 旧世界温带分布	1(1)	1.1(2.6)	18(5)	7.8(5.6)
	11 温带亚洲分布			1	0.4
	12 地中海区、西亚至中亚分布	1	1.1	7(1)	3.1(1.1)
	13 中亚分布			1	0.4
	14 东亚分布			9(1)	3.9(1.1)
中国特有成分	15 中国特有分布			4(1)	1.7(1.1)
Elements endemic to China					
总计 Total		88(38)	100	232(89)	100

物中,本土植物 99 种、外来植物 11 种,分别占物种总数的 90.0% 和 10.0%. 其中凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*) 和喜旱莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 2 种外来植物(占外来植物总数的 18.2%) 成为入侵物种. 可见,在过去的半个世纪中,滇池湖滨区外来植物及其入侵物种明显增多(图 2).

### 2.3 植物生态类型的构成

在调查发现的 299 种植物中,水生植物 42 种、湿生植物 94 种、中生植物 163 种,分别占物种总数的 14.1%、31.4% 和 54.5%. 而 1960s 调查的植物中,水生植物 41 种、湿生植物 47 种、中生植物 22 种. 在过去的半个世纪中,滇池湖滨区中生植物所占比例明显增加,水生植物种数变化不大,但所占比例明显减少(图 3).

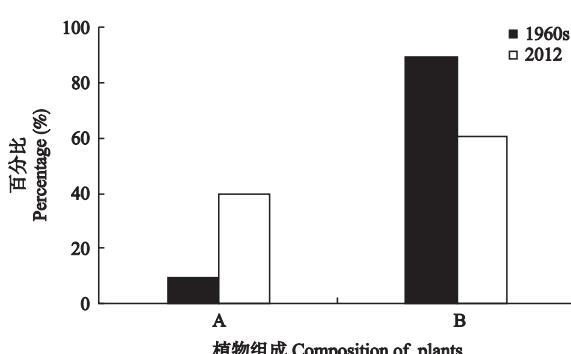


图 2 滇池湖滨区植物来源组成

Fig. 2 Change of plants' sources in the studied area around Dianchi Lake.

A: 外来植物 Alien plants; B: 本土植物 Native plants.

在调查发现的 42 种水生植物中,挺水植物和沉水植物占优势. 与 20 世纪 60 年代的调查数据相比,2012 年挺水植物由 8 种增加到 18 种,而沉水植物由 19 种减少到 14 种(图 4).

### 2.4 水生植物群落类型的变化

对 128 个样方进行聚类,划分出了 14 个植物类群(表 4). 由表 4 可以看出,截至 2012 年,以苦草 (*Vallisneria natans*)、马来眼子菜 (*Potamogeton malayanus*) 等物种为优势种的 13 个类群已消失,新增加了以喜旱莲子草、红线草 (*Potamogeton pectinatus*)、大薸 (*Pistia stratiotes*) 等为优势种的 8 个群落类型. 说明从 20 世纪 60 年代到 2012 年,原有群落类型中 68.4% 的群落已消失. 莼菜 (*Nymphoides peltatum*)、菹草 (*Potamogeton crispus*) 和海菜花 (*Qttelia acuminata*)

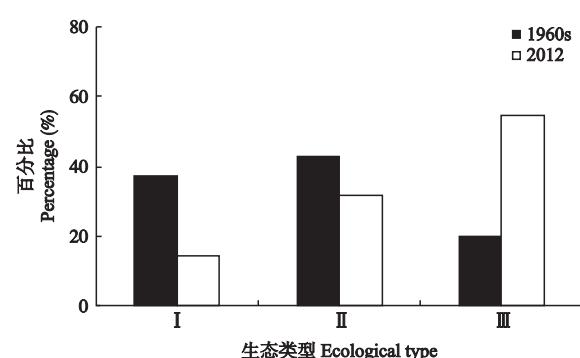


图 3 滇池湖滨区高等植物生态类型的变化

Fig. 3 Change of plants' ecotypes in the studied area around Dianchi Lake.

I : 水生植物 Aquatic plants; II : 湿生植物 Hygrophyte; III : 中生植物 Mesophyte.

表 4 滇池水域植物群落的变化

Table 4 Change of plant communities in wetlands of Dianchi Lake

群落类型 Community type	1960s <sup>[17]</sup>			2012		
	平均盖度 Average coverage (%)	物种数 Number of species	平均盖度 Average coverage (%)	物种数 Number of species	平均高度 Average height (cm)	分布于取样点 Distribution sites No.
芦苇 <i>Phragmites australis</i>	100	6	90	7	160	3、8、10、14、21
菖蒲 <i>Acorus calamus</i>	50	4	-	-	-	-
茭草 <i>Zizania latifolia</i>	90	7	-	-	-	-
水烛 <i>Typha angustifolia</i>	-	-	100	8	140	4、10、14、26
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	-	-	90	6	30	7、10、15、16
水稗 <i>Echinochloa crus-galli</i>	80	1	-	-	-	-
紫茅草 <i>Eleocharis dulcis</i>	15	8	-	-	-	-
莲 <i>Nelumbo nucifera</i>	-	-	50~70	8	100	6、25
睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i>	-	-	40~50	7	10	2、6、14
荇菜 <i>Nymphoides peltata</i>	95	7	-	-	-	-
菱 <i>Trapa natans</i>	50	7	-	-	-	-
海菜花 <i>Ottelia acuminata</i>	60	4	-	-	-	-
水葫芦 <i>Halerpestes cymbalaria</i>	100	1	100	5	15	4、7、12、15、16
满江红 <i>Azolla imbricata</i>	100	2	100	2	1	8、13、16、17
浮萍 <i>Lemna minor</i>	-	-	90	2	1	11、12、16
大藻 <i>Pistia stratiotes</i>	-	-	90~100	3	10	12、15、16、17、18、21
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	100	1	-	-	-	-
苦草 <i>Vallisneria natans</i>	60	5	-	-	-	-
马来眼子菜 <i>Potamogeton wrightii</i>	75	8	-	-	-	-
光叶眼子菜 <i>Potamogeton lucens</i>	40~60	5	-	-	-	-
丝藻 <i>Potamogeton pusillus</i>	83	4	-	-	-	-
轮藻 <i>Chara vulgaris</i>	70	4	-	-	-	-
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	100	3	80	3	-10	13、14、19、21
粉绿狐尾藻 <i>Myriophyllum aquaticum</i>	80~90	7	90	2	20	除2、8、12、16、20、25外均有分布
黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	80	6	80	5	-15	14、21、23
红线草 <i>Chloranthus holostegius</i>	-	-	90	1	-10	8、10、13、20
李氏禾 <i>Leersia hexandra</i>	-	-	100	3	15	2、5、19

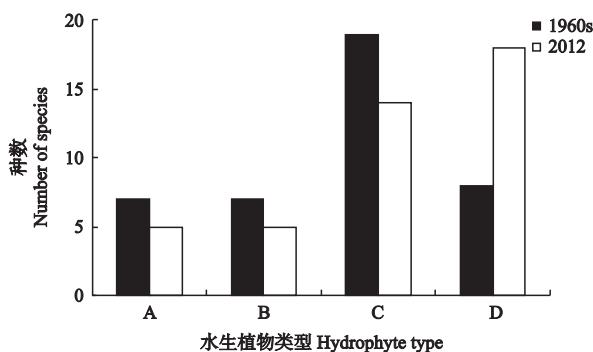


图 4 滇池湖滨区水生植物种类的变化

Fig. 4 Change of aquatic plant species in the studied area around Dianchi Lake.

A: 浮叶植物 Floating leaved plants; B: 漂浮植物 Floating plants; C: 沉水植物 Submerged plants; D: 挺水植物 Emergent plants.

等虽偶有残留,但数量极少,已不能构成群落。

### 3 讨 论

人工引种植物、建设半自然的湿地植物群落,可

以在一定程度上恢复恶化的生态环境,改善入湖水质,增加物种多样性。滇池是我国西南地区最重要的高原淡水湖泊,在遭受到前所未有的污染、破坏和人工干扰后,生态功能变得相当脆弱。湖滨区湿地植物及其群落也发生了明显的变化。本文的全年逐月调查表明,滇池湖滨区湿地共有维管植物 88 科 232 属 299 种,其中,种数最多的有菊科(27 种)、禾本科(23 种)、豆科(19 种),单种科 34 科(占科总数的 38.6%)、单种属 190 属(种)(占属总数的 81.9%、种总数的 63.6%)。与 20 世纪 60 年代的调查结果相比,物种多样性明显增加。

但是,滇池湖滨区湿地植物多样性数量的增加却是以质量的脱变为代价的。在现有的 299 种高等植物中,有 118 种(占 39.5%)是外来植物,其中 32 种被列为入侵物种,占总种数的 10.7%、外来植物种数的 27.1%。而且还没有被列入现有入侵植物名录的外来植物粉绿狐尾藻(*Myriophyllum aquaticum*)

已经广泛分布在 20 个取样点中,且明显形成单优群落,排挤其他植物的生长,具有明显的入侵性。同时,1960s 调查发现的本土植物中,苦草、黄花狸藻 (*Utricularia aurea*)、睡菜 (*Menyanthes trifoliata*)、水筛 (*Blyxa japonica*)、两栖蓼 (*Polygonum amphibium*) 等 43 种植物不见踪影。根据生物抵抗假说<sup>[27]</sup>,如果一个区域的本地物种多样性高,则会在一定程度上抵御外来种的入侵。滇池湖滨区外来植物和入侵植物比例如此之高,现有的本土植物岌岌可危,遭受物种入侵的风险巨大。

与以往的调查数据比较,滇池湖滨区湿地植物中,变化最大的是水生植物。滇池湿地水生植物,20 世纪 60 年代有 41 种,1995—1997 年有 22 种<sup>[28]</sup>,2012 年(本次调查)有 42 种。从 20 世纪 60 年代到 2012 年,挺水植物增加了 8 种、沉水植物和漂浮植物各减少了 2 种、浮叶植物减少了 5 种(图 4)。因而,2012 年的 42 种水生植物中,更多的是人工引种的挺水植物,且主要是外来植物,而荇菜、菹草、海菜花等本土植物偶有残留,但数量极少,已不能构成群落。

目前滇池湖滨区湿地中虽然植物种类较多,但植物群落却相对单一。20 世纪 60 年代出现的 19 个植物群落类型,到 2012 年仅存 6 个。新增加的 8 个群落类型基本以外来植物为优势种(表 4)。而且植物群落结构简单,物种多样性较低,一个群落通常只有 7~8 个物种。另一方面,以漂浮植物、浮叶植物和挺水植物为主的群落明显增加,以沉水植物为主的群落明显减少。在 20 世纪 60 年代,沉水植物群落从湖岸区到近于湖心区都有分布<sup>[29]</sup>,到了 2012 年(本次调查),除耐污染的红线草、粉绿狐尾藻分布范围较广外,其余现存沉水植物则仅出现在湖滨浅水区。目前分布较广的是凤眼莲、大薸等漂浮植物群落,以及芦苇 (*Phragmites australis*)、茭草 (*Zizania latifolia*) 等挺水植物群落。

由于沉水植物是完全水生的,在水生植物各生活型中,其对环境胁迫的反应最为敏感<sup>[30]</sup>,严重的水体污染是沉水植物及其群落消失或减少的主要原因<sup>[31]</sup>。而人工引种外来植物净化被污染的水体、兴建湖滨区湿地,则促进了漂浮植物、浮叶植物和挺水植物的蔓延。

总之,在 2012 年,本土植物及以其为优势的群落明显减少,外来植物及以其为优势的群落逐渐增加,整个滇池湖滨区植物群落稳定性明显降低。在以绿化、美化和净化为目的而引种高等植物修复退化湖泊湿地的过程中,要慎重进行植物物种的选择和

群落物种配置,以避免人工修复带来的物种的入侵和湿地退化。

## 参考文献

- [1] Hester MW, Batzer and Sharitz—Ecology of freshwater and estuarine wetlands: Ecology of freshwater and estuarine wetlands fills niche. *Ecology*, 2008, **89**: 589–590
- [2] An N (安 娜), Gao N-Y (高乃云), Liu C-E (刘长娥). Wetland degradation in China: Causes, evaluation, and protection measures. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2008, **27**(5): 821–828 (in Chinese)
- [3] Brock MA. Australian wetland plants and wetlands in the landscape: Conservation of diversity and future management. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2003, **6**: 29–40
- [4] Shen L-X (沈立新), Liang L-H (梁洛辉). Assessment on the resources and environmental situation of plants and animals in Beihai Wetland. *Forest Resources Management* (林业资源管理), 2005(2): 61–64, 79 (in Chinese)
- [5] Jiang B (江 波), Ouyang Z-Y (欧阳志云), Miao H (苗 鸿), et al. Ecosystem services valuation of the Haihe River basin wetlands. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2011, **31**(8): 2236–2244 (in Chinese)
- [6] Chen F-Q (陈芳清), Hartman JM. The ecological restoration and management of degraded wetland ecosystem: A case study of Hackensack Meadowlands in America. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2004, **19**(2): 217–223 (in Chinese)
- [7] Yan C-Z (颜昌宙), Jin X-C (金相灿), Zhao J-Z (赵景柱), et al. Ecological restoration and reconstruction of degraded lakeside zone ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(2): 360–364 (in Chinese)
- [8] Mitsch WJ, Gosselink JG, Wiley J, et al. Long-term spread and control of invasive, common reed (*Phragmites australis*) in Sheldon Marsh. *The Ohio Journal of Science*, 2008, **108**: 108–112
- [9] Li Z-Z (李自珍), Han X-Z (韩晓卓), Li W-L (李文龙), et al. Conservation of species diversity and strategies of ecological restoration in alpine wetland plant community. *Acta Botanica Boreali-Occidentalis Sinica* (西北植物学报), 2004, **24**(3): 363–369 (in Chinese)
- [10] Ao Z-Q (敖子强), Peng S-S (彭世寿), Yan C-L (严重玲), et al. Study on using artificial wetland to restore Qianling Lake. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* (安徽农业科学), 2009, **10**(5): 16522–16523, 16541 (in Chinese)
- [11] Yan W-H (闫伟华), Shi Z-T (史正涛), Guan H-B (关海波), et al. The utilization of artificial wetlands in ecological rehabilitation of Dianchi Lake. *Territory & Natural Resources Study* (国土与自然资源研究), 2008(2): 59–60 (in Chinese)

- [12] Tian J (田军). Ecological restoration of wetland in Dianchi Lake. *Yunnan Environmental Science* (云南环境科学), 2000, **19**(4): 27–29 (in Chinese)
- [13] Zheng B-H (郑丙辉), Zhi Y-K (郅永宽), Zheng F-D (郑凡东), et al. Study on ecological environment dynamic change in Dianchi Lake basin. *Research of Environmental Sciences* (环境科学研究), 2002, **15**(2): 16–18, 33 (in Chinese)
- [14] Zhang L (张玲), Li G-H (李广贺), Zhang X (张旭), et al. An ecological study on plant community in artificial wetland in Dianchi area, China. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* (长江流域资源与环境), 2005, **14**(5): 570–573 (in Chinese)
- [15] Huang L (黄亮), Li D-F (黎道丰), Cai Q-H (蔡庆华), et al. Purification efficiency of several macrophytes on polluted inflow river of Dianchi Lake. *Ecology and Environment* (生态环境), 2008, **17**(4): 1385–1389 (in Chinese)
- [16] Ma Q (马庆), Sun C-J (孙从军), Gao Y-J (高阳俊), et al. Study on selecting the species of macrophytes for the ecological floating rafts in one of estuaries of Dianchi Lake. *Ecological Science* (生态科学), 2007, **26**(6): 490–494 (in Chinese)
- [17] Tang T-G (唐廷贵). Preliminary study of aquatic plant communities in Dianchi Lake. The 30th Anniversary Annual Meeting of Botanical Society of China. Beijing, 1963 (in Chinese)
- [18] Li S-H (黎尚豪), Yu M-J (俞敏娟), Li G-Z (李光正), et al. Investigation of Yunnan plateau lakes. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), 1963, **5**(2): 87–114 (in Chinese)
- [19] Kunming Municipal Forestry Bureau (昆明市林业局), Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University (云南大学生态学与地植物学研究所). Vegetation of Kunming. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1998 (in Chinese)
- [20] Cui X-H (崔心红), Chen J-K (陈家宽), Li W (李伟). Survey methods on aquatic macrophyte vegetation in lakes in the middle and lower reaches of Changjiang River. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 1999, **17**(4): 357–361 (in Chinese)
- [21] Xu H-G (徐海根), Qiang S (强胜). Inventory Invasive Alien Species in China. Beijing: China Environmental Science Press, 2004 (in Chinese)
- [22] Jin Z-Z (金振洲). *Compilation on Systematics, Geographical and Ecological Features of Wetland Plants in Yunnan Plateau*. Beijing: Science Press, 2009 (in Chinese)
- [23] Wu Z-Y (吴征镒), Zhou Z-K (周浙昆), Li D-Z (李德铢), et al. The areal-types of the world families of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 2003, **25**(3): 245–257 (in Chinese)
- [24] Wu Z-Y (吴征镒). The areal-types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 1991, **13**(S4): 1–139 (in Chinese)
- [25] Pang J (庞洁), He T-P (和太平), Li X-D (黎向东), et al. Clustering analysis on plant communities in Fangcheng Yellow Camellia National Nature Reserve. *Journal of Guangxi Academy of Sciences* (广西科学院学报), 2008, **24**(3): 189–193 (in Chinese)
- [26] Yang J (杨剑), Lu C-Y (卢昌义), Yu X-N (于兴娜). Seasonal variations and cluster analysis of the turf weed communities in Shenzhen, China. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 2006, **24**(6): 518–524 (in Chinese)
- [27] Elton CS. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. London: University of Chicago Press, 2000
- [28] Yu G-Y (余国营), Liu Y-D (刘永定), Qiu C-Q (丘昌强), et al. Macrophyte succession in Dianchi Lake and relations with the environment. *Journal of Lake Sciences* (湖泊科学), 2000, **12**(1): 73–80 (in Chinese)
- [29] Zhao S (赵晟), Wu X-C (吴学灿), Xia F (夏峰). On aquatic plant in Dianchi Lake. *Yunnan Environmental Science* (云南环境科学), 1999, **18**(3): 4–8 (in Chinese)
- [30] Liu J-K (刘建康). *Advanced Aquatic Biology*. Beijing: Science Press, 1999 (in Chinese)
- [31] Luo M-B (罗民波), Duan C-Q (段昌群), Shen X-Q (沈新强), et al. Environmental degradation and loss of species diversity in Dianchi Lake. *Marine Fisheries* (海洋渔业), 2006, **28**(1): 71–78 (in Chinese)

作者简介 项希希,女,1988年生,硕士研究生。主要从事湿地生态研究。E-mail: 460511437@qq.com

责任编辑 李凤琴