

洱海湖滨缓冲带主要入湖河流植被特征分析

卢少勇¹, 张森霖^{1,2}, 金鑫², 毕润成²

1. 中国环境科学研究院, 湖泊水污染治理与生态修复技术国家工程实验室, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 国家环境保护洞庭湖科学观测研究站, 北京 100012
2. 山西师范大学生命科学学院, 临汾 041000

摘要 2016年1月对洱海湖滨缓冲带内的植被进行了详细调查, 结合现有资料和调查结果, 运用植物地理学手段将结果进行多样性计算和聚类模型等, 量化分析了洱海湖滨缓冲带内植物群落结构和多样性。结果表明: 共采集鉴定到维管植物 56 科 144 属 199 种; 包括挺水植物、浮叶植物、漂浮植物、沉水植物、湿生草本和乔灌木 6 个群落类型; 有柳-叶子花-紫茎泽兰群丛 (*Salix* sp. - *Bougainvillea spectabilis*-*Ageratina adenophora*)、池杉-鹅掌柴-芦苇群丛 (*Taxodium distichum* var. *imbricatum*-*Anemone flaccida*-*Phragmites australis*)、麦冬-紫茎泽兰群丛 (*Ophiopogon japonicus*-*Ageratina adenophora*) 等 7 个群丛; 有 12 个分布型和 10 个变型, 植物地理分布和组成的复杂程度较高。

关键词 洱海; 湖滨缓冲带; 多样性; 植物区系; 植被特征

湖滨缓冲带是生态交错带的一种重要类型, 是湖泊水生生态系统与流域陆地生态系统间一种非常重要的生态过渡带, 是湖泊天然的保护屏障, 是健康湖泊生态系统的重要组成部分和评价标志^[1]。湖滨缓冲带的植物不仅可涵养水源, 还可通过生物循环有效影响湿地土壤中污染物含量和分布^[2]。关于湖滨缓冲带的功能, 自 20 世纪 70 年代起, 发达国家开始相关研究和探索^[3-4], 中国虽起步较晚, 但发展很快。湖滨缓冲带的主要功能归结为 3 点: 生态、环境和经济美学^[5-6]。健全的湖滨缓冲带是湖泊和陆地及景观功能的重要组成部分, 对水土流失、养分循环、非点源污染物有强大缓冲和过滤作用, 并对维持较高生物生产力和生物多样性等具积极作用^[7-8]。

洱海作为中国内陆重要高原湖泊之一, 其重要性不言而喻, 开展“三退三还”洱海生态修复 10 年来, 在洱海湖滨缓冲带生态恢复与重建^[9-11]和水生植物、植被^[12-13]及洱海水质、底泥^[14-16]等方面的研究很多, 多集中于对水生植被、水质、底泥等的探索, 对湖滨缓冲带内陆地植物调查较少。为探明这些措施对洱海湖滨缓冲带建设的效果, 摸清带内植被特征现状, 本研究组于 2016 年 1 月对湖滨缓冲带进行了较全面调查, 并着重于对湖滨缓冲带内陆地植被的调查和分析, 为其恢复和进一步治理提供理论依据。

1 自然地理概况

洱海地处中国西南边陲、滇中高原西部与横断山脉南端交汇处的大理白族自治州境内, 是云南省第 2 大淡水湖, 是典型的内陆断陷湖泊, 素有“高原明珠”之称, 是国家重点风景名胜区。洱海流域位于澜沧江、金沙江、沅江 3 大水系分水岭地带, 属澜沧江公河水系, 地处 99°32'E~100°27'E、25°25'N~26°16'N, 流域面积 2565 km², 地跨大理市和洱源县。流域雨量充沛, 多年平均降雨量 1048 mm, 平均水深 10.6 m, 湖面水温全年 10~20℃, 湖水终年不结冰, 属亚热带湖^[17-18]。透明度季节性变化显著。境内有弥苴河、永安江、罗时江及苍山 18 溪等大小入湖河流 117 条, 而出湖河流仅有西洱河^[19]。

2 调查方法

调查主要内容为洱海西、北、南湖湖滨缓冲带的植被特征现状, 涉及苍山 18 溪、北三江、8 条沟 (图中未标出) 及出湖河流共 30 条主要河流 (图 1)。据生态学植物群落调查规范^[20]及现场情况, 用样线法, 设置样线起点为各河入湖口, 向陆向辐射至 1970 m 高程处作为样线终点, 其间随机设置样点, 每个采样点设置样方并对各样点陆向辐射带、水陆交错带、水向辐射带进行植被调查, 其中水生植物调查从河流源头、上游、

收稿日期: 2016-07-02; 修回日期: 2016-08-12

基金项目: 环境基准与风险评估国家重点实验室自由探索课题 (2014-GOT-042-N-18); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项 (2012-YSKY-14); 国家科技基础性工作专项 (2015FY110900)

作者简介: 张森霖, 硕士研究生, 研究方向为湖泊生态, 电子信箱: 578129741@qq.com; 卢少勇 (通信作者), 研究员, 研究方向为水污染防治与水环境生态修复, 电子信箱: lushy2000@163.com

引用格式: 卢少勇, 张森霖, 金鑫, 等. 洱海湖滨缓冲带主要入湖河流植被特征分析[J]. 科技导报, 2017, 35(9): 41-49; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.09.005

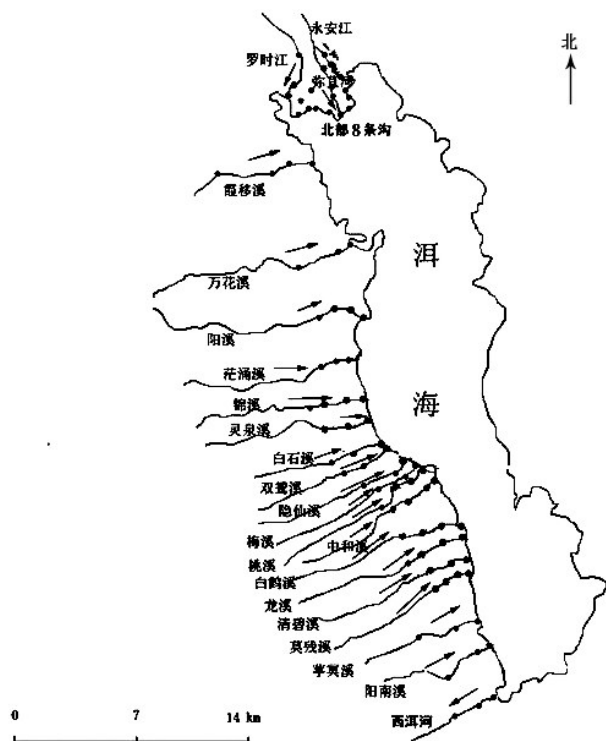


图1 洱海湖滨缓冲带采样点分布

Fig. 1 Sampling sites distribution in Erhai lakeshore investigation

中游、下游和河口等不同地段根据不同情况设置断面,在每个断面上等距离设置样方。乔灌木样方为5 m×5 m,草本及水生植物样方为1 m×1 m。

3 结果与分析

3.1 植物组成

通过调查29条入湖河流及1条出湖河流并结合已有成果^[21-26],洱海湖滨缓冲带水生植物共有56科144属199种,含属种数较多的科有菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、蔷薇科(Rosaceae)、桑科(Moraceae)、蓼科(Polygonaceae)、天南星科(Araceae);含种数较多的属有蒿属(Artemisia)、侧柏属(Platycladus)、莎草属(Cyperus)、蓼属(Polygonum)。包括6个生活型,即挺水植物、浮叶植物、漂浮植物、沉水植物、湿生草本、乔灌木(表1、表2)。

结合图2可知各条样线(河流)出现的物种数从11到45不等,平均24。西部苍山18溪中绿玉溪、清碧溪、中溪的物种数较不均衡,与如下因素有关:这3条溪入湖口附近较开阔,临湖建有人工娱乐场地,其周围物种人工栽培居多。而北三江的物种数占8条沟物种数的50%,远高于8条沟,是因北部8条沟流经区域穿过村庄,白马黑泥沟、东马黑泥沟、杨家武沟等甚至与村民生活污水管道连通,严重影响植物生长;小排沟、旧河口则流经农田,人为破坏较重,加之农田灌溉用水也引自河流,导致8条沟的植物种数偏少。南部西洱

表1 2016年洱海湖滨缓冲带水生植物名录

Table 1 2016 Erhai lakeside and buffer zone aquatic plants

生活型	物种	拉丁名	科	属
挺水植物	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	芦苇属
	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	香蒲科	香蒲属
	菰	<i>Zizania latifolia</i>	禾本科	菰属
浮叶植物	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i> (Gmel.)O.Kuntze	睡菜科	荇菜属
	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>	水鳖科	水鳖属
漂浮植物	满江红	<i>Azolla pinnata</i> subsp. <i>Asiatica</i>	满江红科	满江红属
	浮萍	<i>Lemna minor</i>	浮萍科	浮萍属
沉水植物	马来眼子菜	<i>Potamogeton malaianus</i> Miq.	眼子菜科	眼子菜属
	篳齿眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i>	眼子菜科	眼子菜属
	苦草	<i>Vallisneria natans</i>	水鳖科	苦草属
	穗花狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	小二仙草科	狐尾藻属

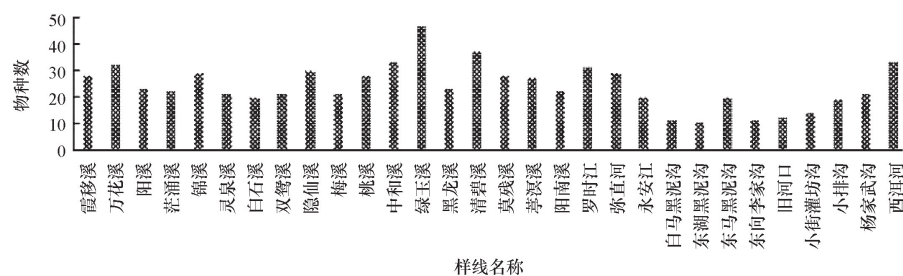


图2 洱海湖滨缓冲带不同样线物种数量比较

Fig. 2 Comparison of the number species in different sampling lines of Erhai lakeshore wetland

表2 2016年洱海湖滨缓冲带禾本科、菊科、豆科植物名录

Table 2 2016 Erhai lakeside and buffer zone wet grass, arbor and shrub

物种	拉丁名	科	属
荩草	<i>Arthraxon hispidus</i>	禾本科	荩草属
菰	<i>Zizania latifolia</i>	禾本科	菰属
芦竹	<i>Arundo donax</i>	禾本科	芦竹属
慈竹	<i>Bambusa emeiensis</i>	禾本科	慈竹属
狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i>	禾本科	狗牙根属
马唐	<i>Digitaria sanguinalis</i>	禾本科	马唐属
画眉草	<i>Eragrostis pilosa</i>	禾本科	画眉草属
滇蔗茅	<i>Erianthus rockii</i> Keng	禾本科	蔗茅属
雀稗	<i>Paspalum thunbergii</i>	禾本科	雀稗属
狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	禾本科	狼尾草属
棒头草	<i>Polypogon fugax</i>	禾本科	棒头草属
狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	禾本科	狗尾草属
鸭茅	<i>Dactylis glomerata</i>	禾本科	鸭茅属
麻竹	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	禾本科	牡竹属
稗	<i>Echinochloa crusgalli</i>	禾本科	稗属
牛筋草	<i>Eleusine indica</i>	禾本科	稗属
小金竹	<i>Phyllostachys sulphurea</i> (Carr.) A. et C. Riv.	禾本科	刚竹属
早熟禾	<i>Poa annua</i>	禾本科	早熟禾属
薏苡	<i>Coix lacryma-jobi</i>	禾本科	薏苡属
假稻	<i>Leersia japonica</i>	禾本科	假稻属
芦苇	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	芦苇属
翼茎草	<i>Pterocaulon redolens</i>	菊科	翼茎草属
云南蒿	<i>Artemisia yunnanensis</i>	菊科	蒿属
长穗蒿	<i>Styrophyton caudatum</i>	菊科	蒿属
秋英	<i>Cosmos bipinnata</i>	菊科	秋英属
续断菊	<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) MB.	菊科	秋英属
白酒草	<i>Conyza japonica</i>	菊科	白酒草属
劲直白酒草	<i>Conyza stricta</i>	菊科	白酒草属
小苦蕒	<i>Ixeridium sonchifolium</i>	菊科	小苦蕒属
黄冠菊	<i>Pachystegia insignis</i>	菊科	黄冠菊属
紫茎泽兰	<i>Ageratina adenophora</i>	菊科	泽兰属
鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	菊科	鬼针草属
革命菜	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	菊科	野苘蒿属
苦蕒菜	<i>Ixeris sonchifolia</i> Hance	菊科	苦蕒菜属
蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>	菊科	蒲公英属
双蕒决明	<i>Cassia bicapsularis</i>	豆科	决明属
黄槐决明	<i>Senna surattensis</i>	豆科	决明属
尖叶长柄山蚂蝗	<i>Hylodesmum podocarpum</i> subsp. <i>Oxyphyllum</i>	豆科	长柄山蚂蝗属
合欢	<i>Albizia julibrissin</i>	豆科	合欢属
山合欢	<i>Albizia julibrissin</i>	豆科	合欢属
刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科	刺槐属
刺桐	<i>Erythrina variegata</i>	豆科	刺槐属
草木犀	<i>Osmanthus fragrans</i>	豆科	草木樨属
白车轴草	<i>Morina nepalensis</i> var. <i>alba</i>	豆科	车轴草属
野豌豆	<i>Vicia sepium</i>	豆科	野豌豆属
银荆树	<i>Tapiscia sinensis</i>	豆科	金合欢属
红花羊蹄甲	<i>Bauhinia blakeana</i>	豆科	羊蹄甲属
国槐	<i>Sophora vestita</i>	豆科	槐属

表2 2016年洱海湖滨缓冲带禾本科、菊科、豆科植物名录(续)
Table 2 2016 Erhai lakeside and buffer zone wet grass, arbor and shrub (continued)

物种	拉丁名	科	属
常春油麻藤	<i>Mucuna sempervirens</i>	豆科	蠶豆属
枇杷	<i>Eriobotrya japonica</i>	蔷薇科	枇杷属
委陵菜	<i>Potentilla chinensis</i>	蔷薇科	委陵菜属
紫叶李	<i>Prunus cerasifera f. atropurpurea</i>	蔷薇科	李属
石楠	<i>Phoebe chinensis</i>	蔷薇科	石楠属
月季花	<i>Rosa chinensis</i>	蔷薇科	蔷薇属
日本晚樱	<i>Cerasus serrulata var. lannesiana</i>	蔷薇科	樱属
垂丝海棠	<i>Malus halliana</i>	蔷薇科	苹果属
火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i>	蔷薇科	火棘属
干香柏	<i>Cupressus duclouxiana</i>	柏科	柏木属
墨西哥柏木	<i>Cupressus lusitanica</i>	柏科	柏木属
西藏柏木	<i>Cupressus torulosa</i>	柏科	柏木属
侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	柏科	侧柏属
圆柏	<i>Juniperus chinensis</i>	柏科	侧柏属
柏木	<i>Cupressus funebris</i>	柏科	侧柏属
象头花	<i>Arisaema franchetianum</i>	天南星科	天南星属
春羽	<i>Philodenron selloum Koch</i>	天南星科	林芋属
芥	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	天南星科	芥属
爬山虎	<i>Parthenocissus</i>	天南星科	石柑属
三棱草	<i>Scirpus</i>	天南星科	半夏属
麦冬	<i>Ophiopogon japonicus</i>	天南星科	榆属

河流域植物种类较多,但因靠近大理市区,城市绿化、植被管理作业较频繁,人为种植植物占到多数,加之定期修剪和管理,抑制了植物原有生态位。

通过对每条样线的乔木层、灌木层和草本层加权计算得出多样性指数(图3),观察 Shannon-wiener 指数,可知各点位

差异明显(1.06~2.78),而 Simpson 指数差异并不显著(0.52~0.67),表明组成各样线的植被种类差异不大,结合已有资料,本次调查得出多样性指数较低,可能与调查时间在冬季,植物处于越冬期,生长发育不旺盛,且洱海湖滨缓冲带范围不完整有关。

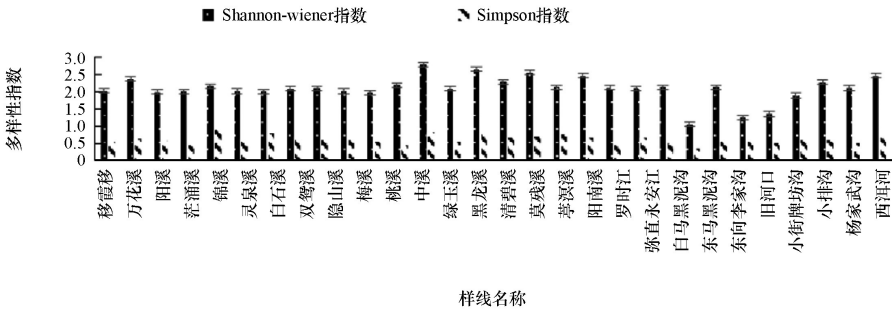


图3 不同样线多样性比较
Fig. 3 Comparison of diversity indices in different sampling lines

由于研究区域范围限制,无法得出30条河流从源头到入湖口的整体植被特征变化,但是可较全面反映洱海湖滨缓冲带内各入湖河流的植被特征,结合图2、图3及表3可见,绿玉溪、清碧溪、西洱河3条河流在物种丰富度上位列前3,其中

西岸平均27.3、北岸18;绿玉溪、清碧溪、苧苧溪的 Shannon-wiener 指数则较高,其中西岸2.19、北岸1.90;Simpson 指数则变化不明显;西岸盖度平均为31.14%,而在洱海北岸显著升高到38.97%。

表3 洱海湖滨缓冲带河流植被特征

Table 3 Rivers of vegetation features in Erhai lakeside and buffer zone

区域	编号(流向)	河流名称	科数	属数	种数	盖度/%
西岸	1(入湖)	霞移溪	10	20	28	36.4
	2(入湖)	万花溪	16	24	32	30.8
	3(入湖)	阳溪	9	14	23	31.5
	4(入湖)	茫涌溪	8	16	22	35.5
	5(入湖)	锦溪	17	29	29	30.1
	6(入湖)	灵泉溪	13	21	21	28.6
	7(入湖)	白石溪	14	19	20	25.5
	8(入湖)	双鸳溪	13	20	21	26.5
	9(入湖)	隐仙溪	14	26	30	28.0
	10(入湖)	梅溪	11	20	21	22.3
	11(入湖)	桃溪	11	18	28	35.2
	12(入湖)	中和溪	19	28	33	39.8
	13(入湖)	白鹤溪	24	44	47	50.0
	14(入湖)	黑龙溪	15	18	23	28.5
	15(入湖)	清碧溪	21	33	37	23.5
	16(入湖)	莫残溪	11	23	28	29.9
	17(入湖)	葶苈溪	13	22	27	25.3
	18(入湖)	阳南溪	10	19	22	33.1
北岸	19(入湖)	罗时江	13	23	31	45.0
	20(入湖)	弥苴河	15	25	29	43.5
	21(入湖)	永安江	9	18	20	42.5
	22(入湖)	白马黑泥沟	7	10	11	35.1
	23(入湖)	东湖黑泥沟	8	10	10	34.4
	24(入湖)	东马黑泥沟	12	20	20	33.3
	25(入湖)	东向李家沟	8	11	11	36.8
	26(入湖)	旧河口	10	11	12	31.5
	27(入湖)	小街牌坊沟	8	14	14	40.2
	28(入湖)	小排沟	14	19	19	46.6
	29(入湖)	杨家武沟	10	19	21	39.8
南岸	30(出湖)	西洱河	14	29	33	47.5

3.2 植物的多样性组成

结合野外调查与已有资料,建立植物区系数据库,其中裸子植物7科5属11种,双子叶植物35科84属148种,单子叶植物11科52属38种,蕨类植物3科3属3种(表4)。

3.2.1 科的多样性组成

湖滨缓冲带内含20属以上的科仅有禾本科(*Gramineae*, 23属),占总科、属数的1.78%和17.07%,说明优势科在湖滨

缓冲带内区系占重要地位;含10~19科的有蔷薇科(*Rosaceae*, 10)、豆科(*Leguminosae*, 11)、菊科(*Asteraceae*, 17)3科38属,分别占总科、属数的5.36%和23.17%;含5~9属的科有锦葵科(*Malvaceae*, 5)、唇形科(*Labiatae*, 7)、天南星科(*Araceae*, 7)3科19属,分别占总科、属数的5.36%和11.59%;含2~4属的共19科49属,占总科、属数的33.93%和29.88%,单属科是植物演化的终极科,科内大量属都消亡殆尽,现存残留种类^[15],其

表4 洱海湖滨缓冲带维管植物的多样性

Table 4 Composition of plant biodiversity of vascular plants in Erhai lakeside and buffer zone

类型	科数	属数	种数	单属科数	单种属数	少种属(2~4)数
裸子植物 <i>Pteridophytes</i>	7	5	11	1	2	3
双子叶植物 <i>Gymnosperms</i>	35	84	148	19	36	28
单子叶植物 <i>Dicotyledons</i>	11	52	38	7	33	36
蕨类植物 <i>Monocyledons</i>	3	3	3	3	3	3
合计	56	144	199	30	74	70

中1科1属的占总科、属数的53.57%和18.29%(表5)。

表5 洱海维管植物科内属的组成

Table 5 Genus composition in families of Vascular plants in Erhai lakeside and buffer zone

科内属数	科数	占总科数 比例/%	含总属数	占总属数 比例/%
≥20	1	1.78	28	17.07
10~19	3	5.36	38	23.17
5~9	3	5.36	19	11.59
2~4	19	33.93	49	29.88
1	30	53.57	30	18.29
合计	56	100	164	100

湖滨缓冲带内含种数大于20种的科有禾本科(28种)、菊科(23种),共2科51种,占总科、种数的3.57%和25.63%;含种数10~19种的科有蔷薇科(12种)、豆科(14种)2科共26种,占总科、种数的3.57%和13.07%;含种数5~9种的科有9科39种,占总科、种数的16.07%和19.60%;含2~4种的科有26科66种,占总科、种数的46.43%和33.17%;仅有1种的科有17科,占总科的30.56%(表6)。

表6 洱海维管植物科内种的组成

Table 6 Species composition in families of Vascular plants in Erhai lakeside and buffer zone

科内种数	科数	占总科数 比例/%	含总种数	占总种数 比例/%
≥20	2	3.57	51	25.63
10~19	2	3.57	26	13.06
5~9	9	16.07	39	19.60
2~4	26	46.43	66	33.17
1	17	30.36	17	8.54
合计	56	100	199	100

3.2.2 属的多样性组成

洱海维管植物科内属的组成见表7。湖滨缓冲带内含5~9种的维管植物有榕树(*Ficus microcarpa*, 6);含4种的有蓼属(*Polygonum*)、木兰属(*Magnolia*)、女贞属(*Ligustrum*);含3种的有柏木属(*Cupressus*)、侧柏属(*Platycladus*)、樱属(*Cerasus*)、樟属(*Cinnamomum*)、木兰属(*Magnolia*);含2种的有17属,仅

表7 洱海维管植物科内属的组成

Table 7 Genus composition in families of Vascular plants in Erhai lakeside and buffer zone

属内种类	含属数	占总科数 比例/%	含总种数	占总属数 比例/%
5~9	1	0.69	6	3.02
2~4	26	18.06	76	38.19
1	117	81.25	117	58.79
合计	144	100	199	100

含1种的有117属。单种属和寡种属代表植物进化的2个相反方向,一是建立新属,种属尚未分化;另一是古老属演化终极,仅少数残留种类^[26]。

3.3 群落类型及其分布

借助R语言包对湖滨缓冲带内所有样线的植物样方多样性指数进行了K均值聚类分类,生成动态聚类图(图4),图中每个样点代表一个样方,相同颜色的原点代表一类群丛,从图上可见将139个样方的植物划成7个群丛,各群落样方个数分别为:19、26、19、18、15、24。结合原始数据和已有文献,具体分类如下。

1) 柳-叶子花-紫茎泽兰群丛(*Salix* sp.-*Bougainvillea spectabilis*-*Ageratina adenophora*),包括样方19个,该群落分布在洱海西岸的茫涌溪、清碧溪、万花溪、莫残溪,北部的白马黑泥沟、永安江,东向李家沟及永安江上游,在该群落的伴生种还有菖蒲(*Acorus calamus*)、牛筋草(*Eleusine indica*)和小叶榕(*Ficus parvifolia*)等。

2) 池杉-鹅掌柴-芦苇群丛(*Taxodium distichum* var. *imbricatum*-*Anemone flaccida*-*Phragmites australis*),包括样方26个,该群落分布在洱海西岸莫残溪上游、阳南溪中游,北部旧河口上游、下游,该群落伴生种还有酢浆草(*Oxalis corniculata*)、鸭子花(*Adhatoda vasica*)等。

3) 麦冬-紫茎泽兰群丛(*Ophiopogon japonicus*-*Ageratina adenophora*)包括样方19个,位于茫涌溪上游、锦溪上游、灵泉溪中游,北部位于东马黑泥沟入村处、小排沟入湖口处。该群落伴生种有白茅(*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.)、双荚决明(*Cassia bicapsularis*)、紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)等。

4) 滇杨-蓖麻-白酒草群丛(*Populus yunnanensis*-*Ricinus communis*-*Conyza japonica*)包括样方18个,位于洱海西岸阳溪中游、霞移溪下游,万花溪、茫涌溪上游及龙溪中游。该群落的伴生种有桉(*Eucalyptus robusta*)、叶子花(*Bougainvillea spectabilis*)、鸭跖草(*Commelina communis*)等。

5) 大青树-鬼针草群丛(*Ficus hookeriana*-*Bidens pilosa*)包括样方15个,主要位于洱海西岸双鸳溪上游、隐仙溪中游、白石溪上游,北部小街排灌沟上游,杨家武沟中游。该群落伴生种有土荆芥(*Dysphania ambrosioides*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、繁缕(*Stellaria media*)等。

6) 柳-红花檵木-紫茎泽兰群丛(*Salix* sp.-*Loropetalum chinense* var. *rubrum*-*Ageratina adenophora*)包括样方24个,该群落位于洱海西岸梅溪上游、桃溪下游、白鹤溪下游,黑龙溪上游,北部罗时江中游和下游。该群落的伴生种有密蒙花(*Buddleja officinalis*)、车轴草(*Galium odoratum*)、北美独行菜(*Lepidium virginicum*)等。

7) 桉-鬼针草群丛(*Eucalyptus robusta*-*Bidens pilosa*),包括样方18个,位于洱海西岸万花溪上游、下游,北部罗时江入湖口、弥苴河中游。该群落的伴生种有滇杨(*Populus yunnanensis*)、红蓼(*Polygonum orientale*)、芦竹(*Arundo donax*)。

总体上,洱海湖滨缓冲带西岸 19 条河流拥有完整的 7 个群丛类型,每条河流拥有 2~3 个群丛,分散较均匀;北部的三江和 8 条沟仅有 6 个群丛类型,且集中在三江附近,8 条沟中

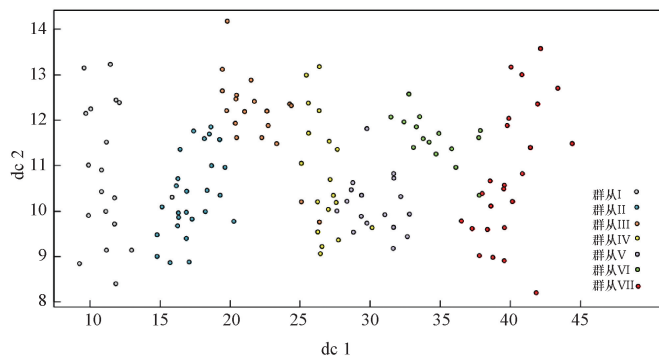


图 4 K均值对多样性指数聚类分类
Fig. 4 Clustering classification of biodiversity index
depan on K-mean

仅有 5 条拥有 1 个群丛。
3.4 种的区系分布类型多样性

通过野外调查和结合已有资料,物种的地理成分能反映较小区域植物区系性质和特点,用种子植物科分布类型法^[27-28],分析湖滨缓冲带内 30 条河流的植物的分布区类型(表 8)。其中,世界分布占 18.06%,主要有蔷薇科(*Rosaceae*)、豆科(*Leguminosae*)、菊科(*Compositae*)、禾本科(*Gramineae*)、桑科(*Moraceae*)等,分布属有 26 属;温带、热带区系分别占 21.25%、16.65%,热带区系中主要科有樟科(*Lauraceae*)、大戟科(*Euphorbiaceae*)、五加科(*Araliaceae*)、天南星科(*Araceae*)、马鞭草科(*Verbenaceae*)等,分布的属有 27 属;温带区系中主要科有柏科(*Cupressaceae*)、杉科(*Taxodiaceae*)、杨柳科(*Salicaceae*)、黄杨科(*Buxaceae*)、小檗科(*Berberidaceae*)等,分布的属有 39 属;中国特有种有 2 属,占全部的 0.69%。由此可知,植物区系分布较集中,虽只有 12 个分布型,但有 10 个变型,这表明植物地理分布和组成的复杂程度较高。

表 8 2016 年洱海湖滨缓冲带植物科分布区类型
Table 8 2016 distribution of seed plants in Erhai lakeside and buffer zone

分布区类型	属数	比重/%
1 世界分布	26	18.06
2 泛热带	17	11.81
2-2 热带亚洲、非洲和南美洲间断分布	1	0.69
2s 以南半球为主的泛热带	1	0.69
3 热带亚洲和热带美洲间断分布	3	2.08
3c 亚马逊河盆地	3	2.08
4 旧世界热带分布	1	0.69
5 热带亚洲至热带大洋洲	1	0.69
8 北温带	3	2.08
8-3 北极至阿尔泰和北美洲间断分布	11	7.64
8-4 北温带和南温带间断分布	5	3.48
8-5 欧亚和南美洲温带间断	3	2.08
8-6 地中海、东亚、新西兰和墨西哥-智利间断分布	4	2.78
9 东亚及北美间断	9	6.25
11 温带亚洲	13	9.03
12 地中海区、西亚至中亚	8	5.56
12-3 地中海区至温带-热带亚洲、大洋洲和或北美南部至南美洲间断	3	2.08
12-4 地中海至热带非洲和喜马拉雅间断	4	2.78
14 东亚	18	12.50
14-1 中国-喜马拉雅	8	5.56
15 中国特有	2	1.39
总计	144	100.00

注:比重指湖滨缓冲带内各区系类型植物的属数和总属数的比值。

4 结论

1) 苍山作为植物多样性最丰富地区之一^[26],洱海湖滨缓冲带(部分位于苍山脚下)内植被群落结构相对单一,多样性较差,大部分集中在河流入湖口、浅水、滩地等场所,物种种类和多样性相对单一。因本次调查范围内含大量村庄和农

田,很大程度上占用了植物生长生态位,人为影响十分显著。
2) 洱海湖滨缓冲带植物区系深受显著的温带性质影响,又受热带植物区系影响,并含括东、西、南、北各个区系的特征,是重要区系纽带。
3) 洱海湖滨缓冲带内植被群落被划分为 7 个群落类型,

单优势群落少,共优势群落增多,说明湖滨缓冲带内植物群落处于波动中,其中池杉-鹅掌柴-芦苇优势较大。

4) 洱海湖滨缓冲带北部地区植被覆盖度较高,但群落类型较单一,南部西洱河地区植物种类较多,同时受人为干扰较频繁。

参考文献(References)

- [1] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 湖滨带退化生态系统的恢复与重建[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 360-364.
Yan Changzhou, Jin Xiangcan, Zhao Jingzhu, et al. Ecological restoration and reconstruction of degraded lakeside zone ecosystem[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(2): 360-364.
- [2] 白军红, 高海峰, 肖蓉, 等. 向海湿地不同植物群落下土壤有机质和全磷的空间分布特征[J]. 农业系统科学与综合研究, 2011, 27(1): 31-34.
Bai Junhong, Gao Haifeng, Xiao Rong, et al. Spatial distribution of organic matter and total phosphorous in marsh soils with different plant communities in Xianghai wetland[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2011, 27(1): 31-34.
- [3] Franklin J F. Scientific basis for new perspectives in forests and streams [C]//Watershed Management. New York: Springer, 1992: 25-72.
- [4] Gregory S V, Swanson F J, McKee W A, et al. An ecosystem perspective of riparian zones[J]. BioScience, 1991, 41(8): 540-551.
- [5] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 湖滨带的功能及其管理[J]. 生态环境, 2005, 14(2): 294-298.
Yan Changzhou, Jin Xiangcan, Zhao Jingzhu, et al. The functions of lakeside zone and its management[J]. Ecology and Environment, 2005, 14(2): 294-298.
- [6] 叶春, 李春华, 邓婷婷. 论湖滨带的结构与生态功能[J]. 环境科学研究, 2015, 28(2): 171-181.
Ye Chun, Li Chunhua, Deng Tingting. Structures and ecological functions of lake littoral zones[J]. Research of Environmental Sciences, 2015, 28(2): 171-181.
- [7] 张光富, 陈会艳, 陈瑞冰, 等. 南京近郊自然湿地维管植物群落特征[J]. 生态学报, 2007, 26(2): 145-150.
Zhang Guangfu, Chen Huiyan, Chen Ruibing, et al. Characters of vascular plant communities in natural wetlands of Nanjing Suburb[J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(2): 145-150.
- [8] 王勇, 刘义飞, 刘松柏, 等. 三峡库区消涨带植被重建[J]. 植物学通报, 2005, 22(5): 513-522.
Wang Yong, Liu Yifei, Liu Songbai, et al. Vegetation reconstruction in the water-level fluctuation zone of the three gorges reservoir[J]. Chinese Bulletin of Botany, 2005, 22(5): 513-522.
- [9] 赵果元, 李文杰, 李默然, 等. 洱海湖滨带的生态现状与修复措施[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(17): 89-92.
Zhao Guoyuan, Li Wenjie, Li Moran, et al. Current ecological situation and ecological restoration measures in lakeside zone of Erhai Lake[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2008, 14(17): 89-92.
- [10] 金丹越, 刘滨, 杜劲冬. 洱海东区湖滨带现状及生态修复[J]. 环境科学研究, 2004(增刊1): 80-85.
Jin Danyue, Liu Bin, Du Jindong. Present status of lakeshore and ecological restoration of east part of Lake Erhai, Yunnan Province[J]. Research of Environmental Sciences, 2004(suppl 1): 80-85.
- [11] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 云南洱海的生态保护及可持续利用对策[J]. 环境科学, 2005, 26(5): 38-42.

- Yan Changzhou, Jin Xiangcan, Zhao Jingzhu, et al. Ecological protection and sustainable utilization of Erhai Lake, Yunnan[J]. Environmental Science, 2005, 26(5): 38-42.
- [12] 储昭升, 叶碧碧, 田桂平, 等. 洱海沉水植物空间分布及生物量估算[J]. 环境科学研究, 2014, 27(1): 1-5.
Chu Zhaosheng, Ye Bibi, Tian Guiping, et al. Spatial distribution characteristics and estimation of submerged plant biomass in Lake Erhai[J]. Research of Environmental Sciences, 2014, 27(1): 1-5.
- [13] 卫志宏, 张利仙, 杨四坤, 等. 洱海浮游植物群落结构及季节演替[J]. 水生态学杂志, 2012, 4(33): 21-25.
Wei Zhihong Zhang Lixian, Yang Sikun, et al. Community structure and seasonal succession of Phytoplankton in Erhai Lake[J]. Journal of Hydroecology, 2012, 4(33): 21-25.
- [14] 尹延震, 王苗, 郑钊. 洱海湖滨带底泥全氮、全磷及有机质空间分布特征研究[J]. 环境科学与管理, 2014(7): 11.
Yi Yanzhen, Wang Miao, Zheng Zhao. Spatial distribution characteristics of organic matters, TN and TP in sediment of Erhai Lakeshore[J]. Environmental Science and Management, 2014(7): 11.
- [15] 张闻涛, 邢奕, 卢少勇, 等. 入洱海河流湖段底泥氮的分布[J]. 环境科学研究, 2015, 28(2): 213-218.
Zhang Wentao, Xing Yi, Lu Shaoyong, et al. Characteristics of nitrogen distribution in sediments of inflow rivers of Erhai Lake, China [J]. Research of Environmental Sciences, 2015, 28(2): 213-218.
- [16] 赵凤琴. 洱海水质分析及综合评价[J]. 云南环境科学, 1998, 17(3): 35-37.
Zhao Fengqin. Water quality analysis and comprehensive assessment of Erhai Lake[J]. Yunnan Environmental Science, 1998, 17(3): 35-37.
- [17] 杜宝汉. 洱海富营养化研究[J]. 湖泊科学, 1992, 4(2): 86-92.
Du Baohan. Loss of biodiversity results in Erhai Lake eutrophication [J]. Journal of Lake Sciences, 1992, 4(2): 86-92.
- [18] Cao Yiqiong, Xu Qian, Dong Limin. Technology design for controlling cultivation contamination in Erhai Basin based on the theory of recycling economy[J]. Energy Procedia, 2011(5): 2219-2223.
- [19] 李恒. 洱海水生植被回顾[C]//云南洱海科学论文集. 昆明: 云南民族出版社, 1989: 31-44.
Li Heng. Aquatic vegetation review[C]//Erhai Yunnan Scientific Papers. Kunming: The Nationalities Publishing House of Yunnan, 1989: 31-44.
- [20] 方精云, 王襄平, 沈泽昊, 等. 植物群落清查的主要内容, 方法和技术规范[J]. 生物多样性, 2009, 17(6): 533-548.
Fang Jingyun, Wang Xiangping, Shen Zehao, et al. The main contents, methods and technical specifications of plant community inventory[J]. Biodiversity Science, 2009, 17(6): 533-548.
- [21] Ostendorp W, Schmieder K, Jöhnk K D. Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe [J]. International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology, 2004, 4(4): 379-395.
- [22] 吴庆龙, 王云飞. 洱海生物群落的历史演变分析[J]. 湖泊科学, 1999, 11(3): 267-273.
Wu Qinglong, Wang Yunfei. On the succession of aquatic communities in Erhai Lake[J]. Journal of Lake Sciences, 1999, 11(3): 267-273.
- [23] 戴全裕. 洱海水生植被的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 1984(4): 31-40.
Dai Quanyu. A preliminary study on the aquatic vegetation in Erhai [J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1984(4): 31-40.

- [24] 胡小贞, 金相灿, 杜宝汉, 等. 云南洱海沉水植被现状及其动态变化[J]. 环境科学研究, 2005, 18(1): 1-4.
Hu Xiaozhen, Jin Xiangcan, Du Baohan, et al. Growth characteristics and pollutant removal effect of cleistocalyx operculatus in constructed wetland[J]. Research of Environmental Sciences, 2005, 18(1): 1-4.
- [25] 鲁静, 周虹霞, 田广宇, 等. 洱海流域44种湿地植物的氮磷含量特征[J]. 生态学报, 2011, 31(3): 709-715.
Lu Jing, Zhou Hongxia, Tian Guangyu, et al. Nitrogen and phosphorus contents in 44 wetland species from the Erhai Basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(3): 709-715.
- [26] 贾延亨. 洱海、西湖轮藻群落现状及与环境因子的关系[D]. 武汉: 华中师范大学, 2010.
Jia Yanting. Study on Charophyte community and its relationship with environment factors in lake Erhai and lake Xihu[D]. Wuhan: Huazhong Normal University, 2010.
- [27] 张梅. 辽东半岛仙人洞自然保护区植物区系多样性分析[J]. 西北植物学报, 2013, 34(8): 1693-1698.
Zhang Mei. Plant floristic diversity in Xianrendong natural reserve from Liaodong Peninsula[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2013, 34(8): 1693-1698.
- [28] 尹志坚, 彭华. 大理苍山种子植物区系的研究[J]. 植物分类与资源学报, 2015(3): 1.
Yi Zhijian, Peng Hua. A floristic study on the seed plants of the Cangshan Mountain Range, Dali, Yunnan, China[J]. Journal of Plant Classification and Resources, 2015(3): 1.

Analysis of main rivers vegetation features in Erhai lakeside and buffer zone

LU Shaoyong¹, ZHANG Senlin^{1,2}, JIN Xin^{1,2}, BI Runcheng²

1. State Environmental Protection Scientific Observation Station of Dongting Lake, State Key Laboratory of Environmental Benchmark and Risk Assessment, National Engineering Laboratory for Lake Water Pollution Control and Ecological Restoration, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China
2. School of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041000, China

Abstract Based on an investigation of vegetation in the Erhai lakeside and buffer zone in January 2016 and other available data, the plant community structure and diversity within that area are quantitatively analyzed using the theory of plant geography and plot survey. The results show the followings. 199 species belonging to 144 genera in 56 families are found in the Erhai lakeside and buffer zone. There are 6 community types, including emergent macrophytes, floating-leaved plants, floating plants, submerged macrophytes, wetland plants, arbor, and frute. The wetland holds 7 associations, such as *Salix* sp.-*Bougainvillea spectabilis*-*Ageratina adenophora*, *Taxodium distichum* var. *imbricatum*-*Anemone flaccida*-*Phragmites australis*, *Taxodium distichum* var. *imbricatum*-*Anemone flaccida*-*Phragmites australis*, *Ophiopogon japonicas*-*Ageratina adenophora*. There are 12 distribution patterns and 10 variants. The distribution and composition of plants are complex.

Keywords Erhai Lake; lakeside and buffer zone; diversity index; vegetation floristic; vegetation features

(责任编辑 王媛媛)