

近 30 年滇西北高原湖泊海菜花 (*Ottelia acuminata*) 群落变化*

李宁云^{1,2}, 田 昆³, 陈玉惠^{4**}, 刘朝蓬³, 李 靖⁴, 敖新宇⁴, 雷 然⁴

(1: 云南省林业科学院, 昆明 650201)

(2: 云南大学, 昆明 650091)

(3: 国家高原湿地研究中心, 昆明 650224)

(4: 西南林业大学, 昆明 650224)

摘 要: 采用对比研究法, 研究了近 30 年来滇西北洱海、茈碧湖、剑湖、拉市海和泸沽湖 5 个高原湖泊海菜花 (*Ottelia acuminata*) 群落的变化, 结果表明: 与 1980 年相比, 天然海菜花群落仅在泸沽湖和剑湖有分布. 现时海菜花群落物种数增加, 泸沽湖海菜花群落物种数由 1980 年的 7 种增至 2008 年的 10 种, 剑湖海菜花群落物种数由 1980 年的 6 种增至 2011 年的 12 种. 群落生活型构成变得复杂, 泸沽湖海菜花群落由沉水植物和漂浮植物构成向沉水植物、浮叶植物和漂浮植物构成变化; 剑湖海菜花群落由单一沉水植物构成向沉水植物、浮叶植物、漂浮植物和湿生植物构成变化. 两湖海菜花群落物种组成均发生更替, 但泸沽湖海菜花群落物种组成与 30 年前相似度较高, 群落保存相对较好; 剑湖海菜花群落物种组成则与 30 年前相似度较低, 群落变化大.

关键词: 海菜花群落; 物种更替; 群落相似度; 高原湖泊

Changes of *Ottelia acuminata* communities in the lakes of northwestern Yunnan Plateau over the past three decades

LI Ningyun^{1,2}, TIAN Kun³, CHEN Yuhui⁴, LIU Zhaopeng³, LI Jing⁴, AO Xinyu⁴ & LEI Ran⁴

(1: Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, P. R. China)

(2: Yunnan University, Kunming 650091, P. R. China)

(3: National Plateau Wetland Research Center, Kunming 650224, P. R. China)

(4: Southwest Forestry University, Kunming 650224, P. R. China)

Abstract: Comparative studies were carried out to study the distribution, species and life-forms composition of *Ottelia acuminata* communities over the past three decades. Results showed that in comparison to year 1980: 1) *Ottelia acuminata* communities are only found in Lake Lugu and Lake Jianhu nowadays. 2) Species composition has been changed, e. g. the total number of species in Lake Lugu increased from 7 to 10 during 1980 and 2008. Similarly, the total number of species in Lake Jianhu increased from 6 to 12 during 1980 and 2011. 3) Life-forms composition has become more complex. The submerged-floating life-form system has developed to a submerged-floating-leaved-floating life-form system in Lake Lugu, whereas the submerged life-form system has developed to a submerged-floating-leaved-floating-hygrophyte life-form system in Lake Jianhu. 4) The replacement of species occurred at the level of family, genus and species, and the changes in Lake Jianhu were dramatic. By contrast, there were no much changes in Lake Lugu.

Keywords: *Ottelia acuminata* community; replacement of species; community similarity; plateau lakes

海菜花 (*Ottelia acuminata*) 群落为云贵高原湖泊特有, 沉水植物群落以其为优势是云贵高原湖泊的特

* 国家自然科学基金项目 (U0933601, 40971285)、国家重点基础研究发展计划“973”项目 (2010CB434807) 和云南省应用基础研究计划面上项目 (2011FB130) 联合资助. 2013-12-26 收稿; 2014-07-16 收修改稿. 李宁云 (1977~), 男, 硕士, 助理研究员; E-mail: ningyun.li@163.com.

** 通信作者; E-mail: cyh196107@126.com.

征^[1,2]. 海菜花属于水鳖科(Hydrocharitaceae)大型沉水单子叶植物,为云南省Ⅲ级保护植物,已列入中国珍稀濒危植物名录,通常认为其对水体污染较为敏感,能够指示环境变化^[3,5]. 由于地理隔绝,海菜花在云南高原湖泊形成了4个变种,即原变种(*Ottelia acuminata* var. *acuminata*)、波叶海菜花(*Ottelia acuminata* (Gagnep.) Dandy var. *crispa* (Hand. Mazz.) H. Li)、通海海菜花(*Ottelia acuminata* (Gagnep.) Dandy var. *tonghaiensis* H. Li)和长湖海菜花(*Ottelia acuminata* (Gagnep.) Dandy var. *lunanensis* H. Li). 依优势种的不同,形成的群落在生境、结构上有所差异^[6]. 但自1960s,人类活动干扰的加剧导致云南高原湖泊环境急剧变迁,海菜花群落相继发生变化,甚至在部分湖泊中消亡.

对海菜花群落的研究集中于1970s末至1980s中期,李恒^[6,7]对滇西北高原湖泊(洱海、茈碧湖、剑湖和泸沽湖)和滇中高原湖泊(异龙湖、阳宗海和杞麓湖)进行研究,钱德仁^[8]对洱海进行研究,基本掌握了海菜花群落的地理分布(云贵高原湖泊特有)、垂直分带(分布于山地亚热带和山地暖温带)、群落特征(物种组成、生活型、多优度和群聚度等)和生境条件(水深和基质)等;此后,胡小贞等^[9]、符辉等^[10]报道海菜花群落在洱海消亡的时间,但对于海菜花群落的变化特征还未见报道. 本文以洱海、茈碧湖、剑湖、拉市海和泸沽湖5个高原湖泊的海菜花群落为研究对象,对比分析其近30年来的变化特征,以期对珍稀濒危物种及高原湿地生态系统的保护提供科学依据.

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

研究区为滇西北洱海、茈碧湖、剑湖、拉市海和泸沽湖5个历史上分布有海菜花群落的高原湖泊,各湖泊特征见表1. 其中洱海、茈碧湖、剑湖和拉市海分布有浅水变型—海菜花原变种群落,泸沽湖分布有深水变型—波叶海菜花群落^[2,6].

表1 滇西北海菜花群落分布湖泊湿地特征*

Tab. 1 Characteristics of lakes with *Ottelia acuminata* community distribution in northwestern Yunnan Province

湖泊特征	洱海	茈碧湖	剑湖	拉市海	泸沽湖
海拔/m	1973.7	1731.0	2188.0	2440.5	2690.0
面积/hm ²	24940.0	783.0	623.0	5330.0	5130.0
最大水深/m	20.5	32.0	9.0	7.5	93.5
平均水深/m	10.5	11.0	4.5	4.6	40.3
年平均降雨/mm	1185.7	808.0	745.0	900.0~1200.0	876.6
年平均水温/℃	10~20	18	11	—	13~18
水环境质量	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ

* 数据来自文献[11]及湿地管理部门.

1.2 研究方法

结合近年来对上述湖泊的考察成果和文献资料^[2,6,9,12-14],并访谈湿地管理部门,发现洱海海菜花群落为人工种植海菜花后形成的,仅泸沽湖和剑湖的海菜花群落为天然分布. 因此,以泸沽湖和剑湖为对象,分别于2008年和2011年生长季对两湖的海菜花群落进行调查.

海菜花群落界定采用宋永昌野外群落的界定方法^[15]. 结合李恒^[6]对泸沽湖和剑湖海菜花群落的调查,对比研究海菜花群落的变化. 考虑调查方法的差异,从海菜花群落物种组成变化的角度来反映群落变化. 在泸沽湖,采用样线法,从东部的普乐落(地名)至西部的下落水(地名),对李恒^[6]1980年的调查地点(长岛前、长岛南和小鱼坝)进行调查,记录样线上海菜花群落的物种组成、生活型、水深等. 在剑湖,采用典型样方法,对李恒^[6]1980年的调查地点(格美河口)进行调查,共设置1 m×1 m典型样方5个,记录群落的物种组成、生活型、水深等.

以各分类阶元上的数量表征群落物种组成变化^[16],利用 β 多样性指数中的Cody指数(β_c)、Sorensen指数(C_s)^[17]来反映群落物种组成在科、属、种上的更替以及相似度,公式分别为:

$$\beta_c = [g(H) + l(H)]/2 \quad (1)$$

式中, $g(H)$ 为现时海菜花群落各分类阶元上增加的数量, $l(H)$ 为 1980 年海菜花群落演化到现在各分类阶元上减少的数量.

$$C_s = 2j / (a + b) \tag{2}$$

式中, a 为 1980 年海菜花群落物种组成在各分类阶元的数量, b 为现时海菜花群落物种组成在各分类阶元的数量, j 为两次共有的分类阶元数量.

2 结果与分析

2.1 群落物种组成

近 30 年来, 泸沽湖和剑湖海菜花群落在物种组成上发生了较大变化(表 2), 1980 年泸沽湖海菜花群落物种组成为 7 种, 分属 5 科 6 属, 2008 年增至 10 种, 分属 6 科 7 属; 1980 年剑湖海菜花群落物种组成为 6 种, 分属 4 科 6 属, 但 2011 年增至 12 种, 分属 8 科 10 属, 两湖泊海菜花群落在物种组成上均呈现出由少到多的变化趋势.

2.2 群落生活型构成

从生活型构成上(表 2), 泸沽湖海菜花群落在 1980 年由沉水植物和漂浮植物构成, 2008 年则由沉水植物、浮叶植物和漂浮植物构成; 与 1980 年相比, 沉水植物增至 8 种, 漂浮植物种数不变, 为 1 种, 增加的生活型(浮叶植物)种数为 1 种. 剑湖海菜花群落在 1980 年由单一沉水植物构成, 2011 年却由沉水植物、浮叶植物、漂浮植物和湿生植物构成; 与 1980 年相比, 沉水植物种数由 6 种减至 5 种, 漂浮植物、浮叶植物和湿生植物种数则分别为 3、1 和 3 种. 两湖泊海菜花群落生活型构成的变化反映了生境条件由相对均一向复杂转变, 为多种生活型物种提供了生存空间; 群落组成物种的生活型增加, 呈现出由简单到复杂的变化.

表 2 近 30 年泸沽湖和剑湖海菜花群落物种组成与生活型的变化

Tab. 2 Changes of species composition and life forms during the past three decades in Lake Lugu and Lake Jianhu

物种	生活型	泸沽湖		剑湖	
		1980 年 ^[6]	2008 年	1980 年 ^[6]	2011 年
海菜花(<i>Ottelia acuminata</i>)	沉水植物	✓	✓	✓	✓
轮叶黑藻(<i>Hydrilla verticillata</i>)	沉水植物	✓	✓	✓	✓
亮叶眼子菜(<i>Potamogeton lucens</i>)	沉水植物	✓	✓		
穿叶眼子菜(<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	沉水植物		✓		
金鱼藻(<i>Ceratophyllum demersum</i>)	沉水植物	✓	✓		
穗花狐尾藻(<i>Myriophyllum spicatum</i>)	沉水植物	✓	✓	✓	
马来眼子菜(<i>Potamogeton malainus</i>)	沉水植物			✓	✓
浮叶眼子菜(<i>Potamogeton natans</i>)	沉水植物		✓		✓
篦齿眼子菜(<i>Potamogeton pectinatus</i>)	沉水植物	✓	✓		
小茨藻(<i>Najas minor</i>)	沉水植物			✓	
苦草(<i>Vallisneria natans</i>)	沉水植物			✓	
豆瓣菜(<i>Nasturtium officinale</i>)	沉水植物				✓
菱(<i>Trapa bispinosa</i>)	浮叶植物		✓		
荇菜(<i>Nymphoides peltatum</i>)	浮叶植物				✓
品藻(<i>Lemna trisulca</i>)	漂浮植物	✓			
满江红(<i>Azolla imbricata</i>)	漂浮植物		✓		
紫萍(<i>Spirodela polyrhiza</i>)	漂浮植物				✓
浮萍(<i>Lemna minor</i>)	漂浮植物				✓
浮苔(<i>Ricciocarpus natans</i>)	漂浮植物				✓
李氏禾(<i>Leersia hexandra</i>)	湿生植物				✓
两栖蓼(<i>Polygonum amphibium</i>)	湿生植物				✓
酸模叶蓼(<i>Polygonum lapathifolium</i>)	湿生植物				✓

2.3 群落物种组成更替

近 30 年来,两湖泊海菜花群落组成物种在科、属、种上发生了更替,在种的阶元上 Cody 指数达到最大值;但也存在共有科、属、种未随湿地环境的变迁而发生更替,其数量不尽相同,以泸沽湖共有科、属、种数量最多;从两湖对比来看,在各分类阶元上均以剑湖的 Cody 指数较大,表明其群落物种组成更替更为明显(表 3).

表 3 近 30 年泸沽湖和剑湖海菜花群落科、属、种更替

Tab. 3 Cody's diversity index changes in family, genus and species during the past three decades in Lake Lugu and Lake Jianhu

湖泊	分类阶元	年份	总数	共有数量	增加数量	减少数量	Cody 指数
泸沽湖	科	1980	5	—	—	—	—
		2008	6	4	2	1	1.5
	属	1980	6	—	—	—	—
		2008	7	5	2	1	1.5
	种	1980	7	—	—	—	—
		2008	10	6	4	1	2.5
剑湖	科	1980	4	—	—	—	—
		2011	8	2	6	2	4
	属	1980	6	—	—	—	—
		2011	10	3	7	3	5
	种	1980	6	—	—	—	—
		2011	12	3	9	3	6

2.4 群落物种组成相似度

近 30 年来,泸沽湖海菜花群落物种组成在科、属、种上的相似度较高;从生活型来看,沉水植物科、属组成未改变,种的相似度为 0.86,表明群落保存较好.剑湖海菜花群落物种组成在科、属、种上的相似度较低,表明群落变化较大(表 4).

表 4 近 30 年泸沽湖和剑湖海菜群落科、属、种的相似度比较(Sorensen 指数)

Tab. 4 Sorensen's similarity coefficient changes in family, genus and species during the past three decades in Lake Lugu and Lake Jianhu

湖泊	分类阶元	总体	沉水植物	浮叶植物	漂浮植物	湿生植物
泸沽湖(1980—2008 年)	科	0.73	1.00	0	0	—
	属	0.77	0.86	0	0	—
	种	0.71	0.86	0	0	—
剑湖(1980—2011 年)	科	0.33	0.57	0	0	0
	属	0.38	0.60	0	0	0
	种	0.33	0.55	0	0	0

3 讨论

长期以来,海菜花一直作为水体污染的指示种,用以指示水环境变化;水体污染会导致海菜花叶绿素含量下降,从而影响其光合作用,引起植株死亡^[18],威胁种群的维持,导致群落种间关系改变.泸沽湖 1988—2008 年间 TN 增加了 7.4 倍,水质垂直分布差异性增强^[19],出现以喜氮植物—满江红为主体的漂浮层;但泸沽湖最大水深达 93.5 m,平均水深 40.3 m(表 1),环境容量大,从 2004—2011 年云南省环境保护厅对泸沽湖的监测来看,水质常年以 I 类为主^[20];近 30 年来,泸沽湖海菜花群落物种组成前后相似度仍较高,组成物种更替较小.剑湖水环境质量由 1990s 的 II 类发展为当前的 III 类^[21];出现了耐污的浮萍科植物^[22],其形成

的漂浮层改变了光照、溶解氧、pH等生境条件^[23],是促使物种发生更替的重要原因之一,与30年前相比,群落组成差异较大;但剑湖仍存在海菜花种群,并形成群落,表明水体污染还未突破海菜花的耐受阈值.从我们的调查来看,湖泊水环境质量为Ⅱ类(茈碧湖)或Ⅲ类(洱海)的湖泊(表1),海菜花群落已消亡,其与水环境变化的关系还有待进一步研究.

湿地水文过程变化影响湿地的物种组成,也影响物种的丰富度^[24].滇西北高原湖泊受流域水文影响较大,泸沽湖海菜花群落1980s分布水深为1.5~4.0 m,但2008年分布水深为2.5~5.6 m,呈现出向深水分布的趋势;1980s前后,采伐导致泸沽湖流域森林面积大幅锐减^[25],产生的水土流失向湖体输送了营养与淤积物质,1980s中期建立了保护区,禁止森林采伐,之后又实施了天然林保护工程,减缓了水土流失,入湖径流泥沙含量下降,水体透明度增加,群落向深水发展;群落物种数由1980年的7种增至2008年的10种,群落生活型由沉水植物和漂浮植物构成向沉水植物、浮叶植物和漂浮植物构成转变.剑湖流域森林植被的破坏使水土流失面积达105.45 km²,占径流区总面积的21.7%,年均产生淤积物10.67 × 10⁴ m³^[21];湖底的淤高为挺水植物扩散创造了条件,加之周边社区种植茭草(*Zizania latifolia*)以获取牲畜饲料,沿湖岸形成了大面积茭草单优群落,减缓了入湖水流速度,拦截了泥沙^[26],促进湖泊的淤积、变浅;湖周垦殖以及环湖公路的建成,切割了地表径流,改变了其呈散流状态的汇入形式,缩减了径流补给湖滨带的面积,加速湖泊沼泽化;李恒1980年调查时海菜花群落生境水深为1.1 m、1.5 m^[6],2005年西南林学院科考时生境水深为1.1 m^[12],2011年的调查发现其水深范围为59~73 cm;沼泽化的发展导致生境过渡性质增强,物种数由1980年的6种增至2011年的12种,群落生活型构成则由单一的沉水植物向沉水植物、浮叶植物、漂浮植物和湿生植物转变.茈碧湖、拉市海由于筑坝蓄水,改变了原有水文情势,海菜花群落的消亡与水文变化的关系还有待进一步研究.

海菜花味美,具有较高的营养成分^[27],是传统的水生蔬菜,随滇西北旅游的迅速发展,市场需求量激增;同时,海菜花是草食鱼类和牲畜的优良饵料,打捞、大量草食性鱼类的投放促使种群数量减少^[1].随种群数量的减少,海菜花群落组成物种间竞争关系发生变化,物种发生更替,推动群落演替.

从洱海、茈碧湖、剑湖、拉市海和泸沽湖5个滇西北湖泊来看,当前海菜花群落仅分布于泸沽湖和剑湖;从群落变化来看,泸沽湖群落保存相对较好;这一系列变化反映了滇西北上述5个主要高原湖泊环境的变迁.在滇西北社会经济发展中,作为重要的自然资源,高原湖泊举足轻重.在促进社会经济发展的同时,如何维持湿地环境的稳定、保护好这一珍稀濒危物种、进而保护或恢复湖泊生态系统结构特征成为急需解决的重要科学问题,有待进一步加强海菜花及其群落与湿地环境关系的研究;同时,采取各种措施促进海菜花资源的可持续利用,既满足社会经济发展的需要又实现对珍稀濒危物种的保护是当务之急.

4 结论

1) 近30年滇西北高原湖泊海菜花群落呈现出分布湖泊数量减少、物种组成发生更替、物种数增加、生活型构成复杂化的变化趋势.

2) 水环境和水文变化、海菜花资源利用是滇西北高原湖泊海菜花群落变化的重要原因,但导致海菜花群落消亡的关键因素仍需进一步研究.

5 参考文献

- [1] 蒋柱檀,李恒,刀志灵等.云南传统食用植物海菜花(*Ottelia acuminata*)的民族植物学研究.内蒙古师范大学学报:自然科学版,2010,39(2):163-168.
- [2] 李恒.横断山区的湖泊植被.云南植物研究,1987,9(3):257-270.
- [3] 李恒.海菜花属的分类、地理分布和系统发育.植物分类学报,1981,19(1):29-42.
- [4] 云南省林业厅.云南省第一批珍稀濒危保护植物名录.云南林业,1985,2:2-3.
- [5] 中国林业网.中国珍稀濒危植物名录. <http://www.forestry.gov.cn/portal/zrbh/s/3053/content-457748.html>.
- [6] 李恒.云南高原湖泊水生植被的研究.云南植物研究,1980,2(2):113-118.
- [7] 李恒.洱海水生植被的回顾.见:大理白族自治州科学技术委员会,大理白族自治州洱海管理局编.云南洱海科学论文集.昆明:云南民族出版社,1989:31-44.

- [8] 钱德仁. 洱海水生植被考察. 见:大理白族自治州科学技术委员会,大理白族自治州洱海管理局编. 云南洱海科学论文集. 昆明:云南民族出版社,1989:45-67.
- [9] 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. 环境科学研究,2005,18(1):1-5.
- [10] 符 辉,袁桂香,曹 特等. 洱海近 50 年来植被演替及其主要驱动要素. 湖泊科学,2013,25(6):854-861.
- [11] 杨 岚,李 恒. 云南湿地. 北京:中国林业出版社,2010:45-51,77-88,108-116,137-139,150.
- [12] 西南林学院. 云南省剑湖湿地自然保护区综合科学考察报告. 昆明:西南林学院,2005.
- [13] 李 恒,徐廷志. 泸沽湖植被考察. 云南植物研究,1979,1(1):125-137.
- [14] 李英南,赵 晟,王忠泽. 泸沽湖特有水生生物的保护初探. 云南环境科学,2000,19(2):39-41.
- [15] 宋永昌. 植被生态学. 上海:华东师范大学出版社,2001:27-28.
- [16] 李智琦,欧阳志云,曾慧卿. 基于物种的大尺度生物多样性热点研究方法. 生态学报,2010,30(6):1586-1593.
- [17] 吕宪国. 湿地生态系统观测方法. 北京:中国环境科学出版社,2005:92-94.
- [18] 李 恒. 滇池海菜花的盛衰. 云南大学学报,1985,7(增刊):138-142.
- [19] 于 洋,张 民,钱善勤等. 云贵高原湖泊水质现状及演变. 湖泊科学,2010,22(6):820-828.
- [20] 云南省环境保护厅. http://www.ynepb.gov.cn/gylp/jhszjcyb/201011/t20101110_11695.html.
- [21] 张宝元. 对保护高原湖泊剑湖的思考. 环境科学导刊,2011,30(3):49-52.
- [22] 种云霄,胡洪营,崔理华等. 浮萍植物在污水处理中的应用研究进展. 环境污染治理技术与设备,2006,7(3):14-18.
- [23] 李敦海,史龙新,李根保等. 漂浮植物水鳖对沉水植物轮叶黑藻生长及它们对水质的影响作用. 环境科学与管理,2007,32(12):54-58.
- [24] 崔保山,杨志峰. 湿地学. 北京:北京师范大学出版社,2006:54-55.
- [25] 董仁才,余丽军,邓红兵等. 泸沽湖流域生物多样性特点与保护对策分析//第五届中国青年生态学工作者学术研讨会论文集. 广州:中国生态学会青年工作委员会,2008:265-270.
- [26] 李卫东,刘云根,田 昆等. 滇西北高原剑湖茭草湿地湖滨带对入湖泥沙截留效果研究. 安徽农业科学,2010,38(31):17643-17645,17685.
- [27] 朱 静,杨亚维,郭爱伟等. 云南几大湖泊海菜花营养成分分析. 安徽农业科学,2010,38(24):12592-12593.