

高原湿地纳帕海水生植物群落分布格局及变化

肖德荣, 田 昆, 袁 华, 杨宇明, 李宁云, 徐守国

(西南林学院环境科学与工程系, 云南 昆明 650224)

摘要:采用 3S 技术与植物群落研究法, 对高原湿地纳帕海 24a 来的湿地植物群落分布格局及变化的研究表明: 与 24a 前水生植物群落相比较, 纳帕海水生植物群落类型、数量改变, 原生群落不断减少或消失, 耐污、喜富营养类群如水葱群落 (*Com. Scirpus tabernaemontani*)、茭草群落 (*Com. Zizania caduciflora*)、穗状狐尾藻群落 (*Com. Myriophyllum spicatum*)、满江红 (*Com. Azolla imbricata*) 群落等大量出现; 群落总数由 24a 前的 9 个增至当前的 12 个, 其中挺水植物群落增加 2 个, 浮叶植物群落增加 1 个, 挺水植物群落增幅最大。由东向西、由南向北, 纳帕海水生植物群落分布大致呈现出浮叶群落、挺水群落、沉水群落斑块状依次配置的水平格局规律。挺水植物群落分布面积最大, 达 528.42 hm², 其次是沉水植物群落, 分布面积为 362.50 hm², 浮叶植物群落分布面积最小, 为 70.23 hm²。随沉水群落、浮叶群落向挺水群落的演替, 群落伴生种数量增加、优势种优势度减小、层次类型改变, 群落结构变得更为复杂。纳帕海湿地水生植物群落分布格局及变化是对湿地环境变化的响应, 表明了人为干扰作用影响下, 纳帕海湖岸线内移、水量减少、水质恶化等湿地水文条件的改变, 致使湿地生态系统功能不断退化。

关键词:高原湿地; 植物群落; 分布格局; 变化趋势; 纳帕海

文章编号:1000-0933(2006)11-3624-07 **中图分类号:**Q948 **文献标识码:**A

The distribution patterns and changes of aquatic plant communities in Napahai Wetland in northwestern Yunnan Plateau, China

XIAO De-Rong, TIAN Kun, YUAN Hua, YANG Yu-Ming, LI Ning-Yun, XU Shou-Guo (Department of Environment Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3624~3630.

Abstract: Using 3S technology and plant community research methodology, a study on the distribution patterns of and changes to the aquatic plant communities in the high plateau Napahai wetland over the past 24a produced the following results: compared with the aquatic plant communities 24a before, the types and numbers of aquatic plant communities changed, and pollution-tolerant, nutrient-loving plant communities such as *Com. Scirpus tabernaemontani*, *Com. Zizania caduciflora*, *Com. Myriophyllum spicatum*, and *Com. Azolla imbricata* flourished while primary aquatic plant communities shrank or disappeared. Over the past 24a, the number of aquatic communities has increased from 9 to 12, with two new emergent plant communities and one new floating-leaved plant community. The increase in emergent plant communities was most marked. From east to west and from south to north, there was a pattern of successively distributed floating-leaved plant communities, emergent plant communities and submerged plant communities. With the succession of communities from submerged plant communities to floating-leaved plant communities, and floating-leaved plant communities to emergent plant communities, the composition of communities became complicated, and the number of accompanying species increased while the occurrence of dominant plant species decreased. The

基金项目:国家重点基础研究发展(973)计划资助项目(2003CB415100); 云南省环境科学与工程创新人才联合培养基地资助项目(A3003015); 云南省林业厅云南高原湿地保护区功能分区研究资助项目(200612)

收稿日期:2006-04-10; **修订日期:**2006-09-20

作者简介:肖德荣(1973~), 男, 四川宜宾人, 硕士生, 主要从事湿地生态研究. E-mail: xiaoderong1@163.com

Foundation item: The project was financially supported by National Basic Research Program of China (973) (No. 2003CB415100); Yunnan Environmental Science and Engineering Co-Educate Center for qualified innovation people (No. A3003015); Yunnan Plateau Wetland Protection Zone Function Subregion Research Program of the Forestry Department of Yunnan Province

Received date:2006-04-10; **Accepted date:**2006-09-20

Biography: XIAO De-Rong, Master candidate, mainly engaged in wetland ecology. E-mail: xiaoderong1@163.com

current distribution area of emergent plant communities, 528.42hm^2 , is the largest; submerged plant communities cover 362.50hm^2 ; and the distribution area of floating-leaf plant communities is the smallest, covering 70.23hm^2 . The distribution pattern and change in Napahai wetland's aquatic plant communities is a reaction to the change in the wetland environment. This research showed that human disturbances have led to an inward movement of the wetland shoreline, a decrease in water quality and a reduction in wetland habitat.

Key words: plateau wetland; plant community; distribution pattern; change trends; Napahai

湿地植被分布面积、种类、数量及其优势种的变化是判定湿地生态系统稳定程度的重要指标^[1],其深受水体理化因子变动的影响,这种制约作用明显反映在水生植物群落的动态和演替上^[2],而湿地水文过程的人类干扰是导致湿地快速退化和丧失的最主要因素^[3]。对湿地水生植物群落分布格局及变化进行研究,有利于揭示人为干扰下湿地退化的生态过程及作用机制。当前国内外在这方面的研究多集中在江河中下游的河流湿地、沼泽、湖泊等湿地类型,而对地处江河源头的高原湿地植物群落分布格局特征研究较少,结合植物群落演替动态,研究湿地生态环境退化的报道更是鲜见。

位于滇西北横断山脉中段的纳帕海湿地是石灰岩上发育而成的喀斯特型季节性高原沼泽湿地,水量补给主要依靠降雨、地表径流、冰雪融水和湖两侧沿断裂带上涌的泉水。受西南季风影响,每年6月初形成大量降水而湖水上涨,8月湖水逐渐退落,10月前后由于秋季季风退缩再次产生降雨而湖水再次上涨并于11月后退落,湖水通过西北角落水洞流入金沙江。纳帕海是许多植物物种的交汇区^[4],为典型的脆弱生态系统,这决定了其植物对环境变化的生态敏感性与群落分布的不稳定性。近年来,随着纳帕海区域人为活动干扰加剧,湿地水文受到较大干扰,湿地环境不断丧失,湿地植被类群改变,水生植物分布面积急剧萎缩^[5,6],浅水植物类群不断增多、分布面积扩大,湿地植物群落空间分布格局发生较大变化,纳帕海湿地功能受到严重影响。本文分析了24a来纳帕海主要湿地水生植物群落类型、数量变化以及不同演替阶段植物群落分布面积现状与水平配置格局变化特征,结合高原湿地资源利用方式,探讨其植物群落分布格局形成及动态的主要驱动力,从植物群落分布格局特征及变化规律方面揭示高原湿地退化的生态过程和规律,以期为湿地资源的合理利用、湿地的保护以及退化湿地恢复提供理论依据。

1 研究方法

根据宋永昌^[7]野外鉴别植物群落的方法对纳帕海湿地植物群落进行界别。鉴于纳帕海湿地植被类型单一,生长期较短的特点,在植物生长季节,采用样方法^[8,9]对植物群落野外调查,在不同植物群落各个典型样地内随机选择 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的大样方,按对角线取 7 个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的小样方分别记录群落特征、植物种类及各种群的多度、盖度和其它群落特征,掌握湿地植物群落的垂直分布格局。选取美国陆地卫星 (LandSat) 影像 (ETM20001225),经 RGB543 彩色合成,通过卫星影像目视判读,然后采用 Trimble GPS (精度为 0.5m) 在野外实地对群落分布进行更新调查,绘制纳帕海湿地植物群落分布格局图,结合前人研究资料,比较分析纳帕海湿地植被 24a 来在群落类型、群落数量上的变化,研究不同演替阶段植物群落的分布面积、水平配置以及群落结构等群落格局特征与湿地环境变化的关系。

2 研究结果与分析

2.1 群落组成结构及其分布面积变化

纳帕海湿地 2005 年 8 月的水生植物群落与 1981 年 6 月的水生植物群落^[10,11]相比较 (表 1),湿地植物群落类型发生了较大变化。挺水植物类型除杉叶藻群落、华扁穗草-无翅苔草群落外,新出现了茭草群落 (Com. *Zizania caduciflora*)、水葱群落 (Com. *Scirpus tabernaemontani*)、水蓼群落 (Com. *Polygonum hydropiper*) 和刘氏荸荠群落 (Com. *Eleocharis liouana*),但原有的黑三棱群落、刘氏荸荠-北水苦荬群落消失。浮叶类型增加了荇菜群落 (Com. *Nymphaeodes peltatum*)。沉水类型由扇叶水毛茛群落、红线草群落、丝草群落演化为穗状狐尾藻群落 (Com. *Myriophyllum spicatum*)、马来眼子菜群落 (Com. *P. malainus*) 和金鱼藻群落 (Com. *Ceratophyllum*

demersum)。漂浮植物青萍群落消失,在湿地东部人口密集地带的泉眼、静水沟区域出现了小面积的满江红群落(Com. *Azolla imbricata*)。在新出现的植物群落类型中,菱草生物产量高,繁殖快,生活力旺盛,耐污耐肥,能大量吸收水土中的营养物质,对净化污水,减缓水体的营养化过程起着良好作用;水葱因其空茎中储藏气体可降解污染物,其粗大的根茎吸附污染物功能较强^[12];穗状狐尾藻在有机质含量丰富的底质上定植的成功性最大^[13],具有着较高的耐受范围^[14,15];金鱼藻对养分要求较高;满江红是良好的固氮植物。这些植物群落的大量出现,标志着纳帕海水体理化性质的改变,这与有关学者对纳帕海水质研究结果一致(表2)。

表 1 纳帕海湿地水生植物群落类型变化比较

Table 1 Changes of the aquatic plant communities between 1981 and 2005 in Napahai		
群落类型 Community types	群落变化 Changes in the aquatic plant communities	
	1981 年 6 月 June, 1981	2005 年 8 月 August, 2005
挺水群落 Emergent plant communities	杉叶藻群落 Com. <i>Hippuris vulgaris</i>	杉叶藻群落 Com. <i>Hippuris vulgaris</i>
	黑三棱群落 Com. <i>Sparganium</i>	菱草群落 Com. <i>Zizania caduciflora</i>
	华扁穗草-无翅苔草群落 Com. <i>Blysmus sinocompressus-Carex pleistogyna</i>	华扁穗草-无翅苔草群落 Com. <i>Blysmus sinocompressus-Carex pleistogyna</i>
	刘氏荸荠-北水苦荬群落 Com. <i>Eleocharis liouana-Veronica anagallis-aquatica</i>	刘氏荸荠群落 Com. <i>Eleocharis liouana</i>
		水葱群落 Com. <i>Scirpus tabernaemontani</i> 水蓼群落 Com. <i>Polygonum hydropiper</i>
漂浮群落 Floating plant communities	青萍群落 Com. <i>Lemna minor</i>	满江红群落 Com. <i>Azolla imbricata</i>
浮叶群落 Floating-leaved plant communities	牙齿草群落 Com. <i>Potamogeton tepperi</i>	牙齿草群落 Com. <i>Potamogeton tepperi</i>
		荇菜群落 Com. <i>Nymphoides peltatum</i>
沉水群落 Submerged plant communities	扇叶水毛茛群落 Com. <i>Batrachium bungei</i>	穗状狐尾藻群落 Com. <i>Myriophyllum spicatum</i>
	红线草群落 Com. <i>Potamogeton pectinatus</i>	马来眼子菜群落 Com. <i>P. malainus</i>
	丝草群落 Com. <i>P. pussillus</i>	金鱼藻群落 Com. <i>Ceratophyllum demersum</i>

水质的改变使得耐污、耐肥的菱草、水葱、穗状狐尾藻、金鱼藻等非优势物种逐渐占据优势,成为群落的优势种,并且开始出现满江红固氮植物,这与水生植物群落随水质的改变发生演替的前人研究结果相一致^[2]。

不同的水深区域生活着相异的植物类群^[16],水深对植物的种类组成与分布产生重要影响^[17]。与 24a 前相比较(表 3:其中满江红群落分布面积小,未作分布面积统计),纳帕海植物群落总数由 9 个增加到 12 个,除沉水群落为 3 个保持不变外,浮叶群落由 1 个增至 2 个,挺水群落由 4 个增至 6 个。群落分布面积以挺水植物群落最大,达 528.42hm²,占湿地总面积的 17.06%;其次是沉水群落,分布面积为 362.50 hm²,占湿地总面积的 11.71%;浮叶群落分布面积最小,仅 70.23 hm²,占湿地总面积的 2.27%。需浅水环境的挺水群落大幅度增加、分布面积优势度增大,与纳帕海

表 2 纳帕海旱季地表水与相邻湖泊湿地地表水水质对比*

Table 2 Comparison of surface water quality of Napahai with adjacent wetlands during the dry season

水质指标 Water quality index	纳帕海(纳赤河、龙潭河) Napahai (Nachi & Longtan river in Napahai)	碧塔海 Bitahai	属都湖 Shuduhu
酸碱度 pH (1 2.5)	8.08	7.80	7.45
细菌个数 Bacterial (Number ml ⁻¹)	900.00	42.00	86.00
大肠杆菌 Colon bacillus (Number L ⁻¹)	750.00	3.00	230.00
溶解氧 DOC(mg L ⁻¹)	2.08	6.63	6.94
生化需氧量 BOD ₅ (mg L ⁻¹)	1.70	1.22	0.68
高锰酸钾指数 Index of KMnO ₄ (mg L ⁻¹)	13.00	2.29	4.03
氨氮 Ammoniacal N(mg L ⁻¹)	4.89	0.07	0.24
总氮 Total N(mg L ⁻¹)	7.89		
总磷 Total P(mg L ⁻¹)	0.83		
悬浮物 Suspended matter (mg L ⁻¹)	17.63	8.21	8.21

* 田昆博士论文,《云南纳帕海湿地土壤退化过程及驱动机制》. 西南林学院. 2004.

湿地排水垦殖及其他人为生产活动对水文干扰有关,挺水植物群落大量出现正是对湿地深水环境丧失、浅水生境不断增加的响应。另外,随着湿地水量的减少,浮叶植物群落呈现出分布面积逐渐缩小的趋势。挺水植物群落的增加,占据了大量的浅水生境,使得原来分布在浅水区的沉水植物群落如扇叶水毛茛群落、丝草群落等失去竞争优势而发生群落演替,挺水群落的增加也表征了湿地陆地化进程的加速。而群落总数的增加,则表征了纳帕海湿地生境的多样化,水体生境异质性增加,适合不同植物群落生存的生境出现。

表 3 纳帕海湿地水生植物群落分布面积及特征
Table 3 The distribution area of aquatic plant communities in Napahai

生活型 Life form	群落 Community	分布面积 (hm ²) Distribution area	占湿地总面积的百分比 (%) Area percentage
挺水植物 Emergent plant communities	杉叶藻群落 Com. <i>Hippuris vulgaris</i>	8.81	0.28
	茭草群落 Com. <i>Zizania caduclora</i>	4.38	0.14
	水葱群落 Com. <i>Scirpus tabernaemontani</i>	329.37	10.64
	水蓼群落 Com. <i>Polygonum hydropiper</i>	44.85	1.45
	华扁穗草-无翅苔草群落 Com. <i>Blysmus Sinocompressus-Carex pleistogyna</i>	107.51	3.47
	刘氏荸荠群落 Com. <i>Eleocharis liouana</i>	33.38	1.08
合计 Total		528.42	17.06
浮叶植物 Floating-leaved plant communities	牙齿草群落 Com. <i>Potamogeton tepperi</i>	47.95	1.55
	苳菜群落 Com. <i>Nymphaoides peltatum</i>	22.28	0.72
合计 Total		70.23	2.27
沉水植物 Submerged plant communities	穗状狐尾藻群落 Com. <i>Myriophyllum spicatum</i>	20.77	0.67
	马来眼子菜群落 Com. <i>P. malainus</i>	233.96	7.56
	金鱼藻群落 Com. <i>Ceratophyllum demersum</i>	107.77	3.48
合计 Total		362.50	11.71
总计 Total		961.15	31.04

近年来,不少学者对纳帕海研究结果均表明:纳帕海沼泽面积不断减少。中国科学院考察队^[18]报道纳帕海沼泽面积 28200hm²,由于人口膨胀和经济快速发展带来的城镇、道路和机场建设,纳帕海区域的湿地大面积消失,现仅存松赞林寺下方和纳帕海两块较完整的沼泽湿地。即便是建立了自然保护区的纳帕海,由于湿地资源的非可持续性利用(排水垦殖、放牧、无序旅游以及砍伐森林),使湿地水量减少,导致沼泽面积减少了 69%,田昆^[6]对纳帕海自然保护区进行研究时发现沼泽面积仅有 2400 hm²,在雨季也只有 3125hm²,湿地在一年的大部分时间里都处于排水疏干状况,淹水地带呈现为大小不同、形状各异的斑块状分布格局,湖岸线呈内移趋势。

2.2 群落水平分布格局

响应人为干扰下湿地水文情势的变化,纳帕海湿地植物群落在水平分布上呈现有规律的配置(图 1)。沉水植物主要分布在西北角一带;挺水群落则以沉水群落为中心,在周围水位较浅地带大面积集中分布,另外在湖水退落后形成的低洼地带也存在零星分布斑块;浮叶型群落主要分布在较大泉眼或湖水退落形成的具有厚质淤泥的水塘、湖湾和沟渠积水区域。由于纳帕海西北海拔低,加之高大挺水植物群落的外围分布,以及人为筑堤修路减缓水流,形成了有利于金鱼藻、马来眼子菜等沉水群落生存的生境,而成为其主要的分布区域。在金鱼藻群落分布的临近北部地带,由于水位较浅、水流较急而分布穗状狐尾藻。湿地东南部由于人为干扰大,水质受到较大污染,茭草、水葱等挺水植物群落随之大量分布。这种挺水植物群落的大量分布,为浮叶植物群落分布创造了较为稳定的生境条件^[19],因此在挺水植物边缘带分布着浮叶群落。可见水生植物的水平分布是与纳帕海湿地人为干扰下水文情势变化相适应的。

2.3 群落垂直分布格局

纳帕海水生植物群落随沉水型向浮叶型、挺水型演化,群落结构发生较大变化(表 4)。沉水群落、浮叶群落总体盖度大于挺水群落盖度,不利于伴生种的生长,为单优植物群落。沉水、浮叶群落无亚优势种,而挺水群落中出现亚优势种,如华扁穗草-无翅苔草群落以华扁穗草为优势种,无翅苔草为亚优势种,体现了群落优

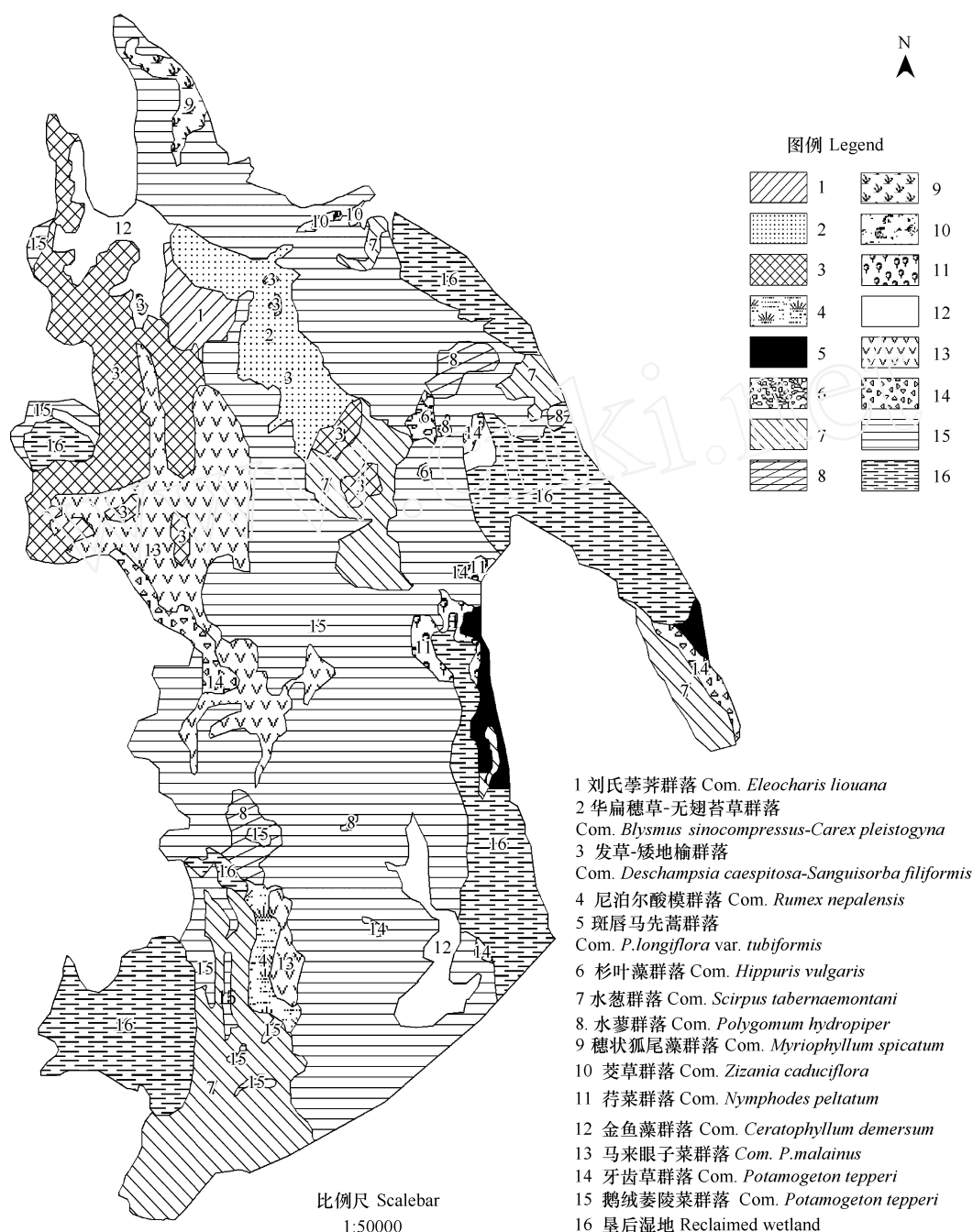


图1 纳帕海湿地植物群落分布(2005年)

Fig.1 The distribution of Napahai wetland plant communities (2005)

势种优势度的降低,群落结构更为复杂多样。沉水群落层次有浮叶层次和沉水层次,以沉水层次为主;浮叶群落层次较沉水群落略为复杂,一般有浮叶、沉水层,有的更为复杂,如牙齿草群落有挺水、浮叶、沉水3个层次,以浮叶层为主;挺水群落有挺水层和沉水层,以挺水层为优势,体现出对湿地水文的较好适应。挺水群落伴生种总数最多(28种),其次是浮叶群落(15种),沉水群落伴生种最少(9种),这主要是浅水环境营养、光照条件较好,大量物种产生;而在沉水群落分布地带,由于常年淹水,土壤养分处于相对封闭状态,有机质的矿化分解作用较弱,不利于植物的吸收利用与物种分化,同时长年淹水也影响了下层物种生存的光照条件,所以伴生种类最少;而浮叶植物分布地带的光照、营养条件介于二者之间,伴生种多于沉水群落而少于挺水群落。可见水

生植物群落的垂直分布格局受湿地水文的影响较大,人为活动对水文的干扰必将影响水生植物群落的结构组成,从而影响湿地功能。

表 4 纳帕海湿地植物群落结构特征比较

Table 4 Comparison of the composition of aquatic plant communities in Napahai						
群落类型 Community type	群落名称 Community	总盖度(%) Total coverage	群落层次 Community structure			伴生种数 Companion
			挺水层 Emergent	浮叶层 Floating-leaved	沉水层 Submerged	
挺水群落 Emergent plant communities	杉叶藻群落 Com. <i>Hippuris vulgaris</i>	30~40	√		√	6
	菱草群落 Com. <i>Zizania caduciflora</i>	30~50	√		√	4
	水葱群落 Com. <i>Scirpus tabernaemontani</i>	60~90	√		√	10
	水蓼群落 Com. <i>Polygonum hydropiper</i>	< 60	√		√	8
	华扁穗草-无翅苔草群落 Com. <i>Blysmus Sinocompressus-Carex pleistogyna</i>	85	√		√	8
	刘氏荸荠群落 Com. <i>Eleocharis liouana</i>	50~80	√		√	6
总计 Total						28
浮叶群落 Floating-leaved plant communities	牙齿草群落 Com. <i>Potamogeton tepperi</i>	80~100	√	√	√	6
	荇菜群落 Com. <i>Nymphaoides peltatum</i>	80~100		√	√	11
总计 Total						15
沉水群落 Submerged plant communities	穗状狐尾藻群落 Com. <i>Myriophyllum spicatum</i>	< 80			√	7
	马来眼子菜群落 Com. <i>P. malainus</i>	60~90		√	√	8
	金鱼藻群落 Com. <i>Ceratophyllum demersum</i>	40~75		√	√	5
总计 Total						9

3 结论

- 3.1 纳帕海 24a 来水生植物群落类型、组成数量及水平分布格局的变化是对湿地陆地化进程加速、水质不断恶化、水量不断减少以及湿地生境的多样化和湿地景观的破碎化的响应。湿地水生植物群落格局的改变是湿地生态系统退化的重要标志。
- 3.2 人为活动的湿地水文干扰改变了纳帕海湿地水文,致使湿地植物群落分布类型、数量、水平配置等群落分布格局特征发生改变,加速了纳帕海水生植物群落由沉水型向浮叶、挺水型的演替进程,促使湿地植物由水生向湿生、中生演替,植物群落结构改变,使湿地环境不断丧失,湿地生态系统功能退化。
- 3.3 针对纳帕海湿地水生植物群落格局退化特征,实现纳帕海退化湿地生态系统恢复的关键在于对湿地水文产生干扰的人为生产活动的有效管理,恢复纳帕海湿地水文,实现湿地资源的可持续开发利用。

References :

[1] L üX G. The observation techniques of wetland ecosystem. Beijing: Science Press ,2004.

[2] Yu D. Study on the dynamics and succession of aquatic macrophyte communities in the Zhushun Lake , Harbin. Acta Phytoecologica Sinica , 1994 ,18 (4) 372~378.

[3] Department of Wildlife Conservation , Sate Forestry Administration , China , Management and Research of Wetlands. Beijing: China Forestry Press , 2001. 105~115 ,166~186.

[4] Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning. Nature Protection Zones in Yunnan: The Plateau Lake Ecosystem Type in Nature Protection Zone- Napahai Nature Protection Zone. Beijing: China Forestry Press ,1989.

[5] Yin W Y. A study on the wetland vegetation of the Bitahai Nature Reserve. Southwest Forestry College ,2002 ,22 (3) : 16~19.

[6] Tian K, Lu M, Chang F L , et al. The Ecological environment degradation and degradation mechanism of Napahai Karst wetland in southwest Yunnan Plateau. Lake Sciences , 2004 ,16 (1) :35~42.

[7] Song Y C. Vegetation Ecology. East China Normal University Press ,2001. 27~28.

[8] Yang C S, Lan C Y, Shu W S , et al. Restoration of wetland plant communities dominated by *Typhalatifolia* , Acta Phytoecologica Sinica , 2001 , 26 (1) : 101~108.

[9] Zhang L , Li G H, Zhang X , et al. An ecological study on plant community in artificial wetland in Dianchi area , China , Resources and Environment in the

- Yangtze Basin, 2005, 14(5): 570~573.
- [10] Li H. The lake vegetation of Hengduan Mountains. *Acta Botanica Yunnanica*, 1987, 9(3): 257~270.
- [11] Zhao K Y. Types of mire vegetation and characteristics of vertical zonation in the Hengduan mountain section of northwest Yunnan Province. In: Huang X C, Study on China Mire. Beijing: Science Press, 1988. 284~292.
- [12] Yu D, Yu H X, Song L F, et al. Study on the structure and function of aquatic plant community of Hongqi Lake in Daqing Oil-field. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1994, 18(1): 50~58.
- [13] Kimbel J C. Factors influencing potential intralake colonization by *Myriophyllum spicatum* L. *Aquatic Botany*, 1982, 14: 295~307.
- [14] Hellquist C B. Range extension of vascular plants in New England. *Rhodora*, 1972, 74: 131~141.
- [15] Reed C F. History and distribution of Eurasian *terre-mer* in United States and Canada. *Phytology*, 1977, 36: 416~436.
- [16] Chen H D. Structure and dynamics of aquatic vascular plant communities in Wuchang Eastern Lake. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1980, 11(3): 275~284.
- [17] Kunii H et K Maeda. Seasonal and long-term changes in surface cover of aquatic plants in a shallow pond, Ojagari-ike, Chiba, Japan. *Hydrobiologia*, 87: 45~55.
- [18] Sun G Y. A preliminary discussion on types, formation and distribution of mires in the Hengduan Mountain section of northwest Yunnan Province. In: Huang X C, Study on China Mire. Beijing: Science Press, 1988. 275~283.
- [19] Yamasaki S. Role of plant aeration in zonation of *Zizania latifolia* and *Phragmites australis*. *Aquat. Bot.*, 1984, 18: 287~297.

参考文献:

- [1] 吕宪国. 湿地生态系统的观测方法. 北京: 科技出版社, 2004.
- [2] 于丹. 水生植物群落动态与演替的研究. *植物生态学报*, 1994, 18(4): 372~378.
- [3] 国家林业局野生动植物保护司. 湿地管理与研究方法. 北京: 中国林业出版社, 2001. 105~115, 166~186.
- [4] 云南省林业调查规划院. 云南自然保护区: 高原湖泊生态系统类型的自然保护区——纳帕海自然保护区. 北京: 中国林业出版社, 1989. 273.
- [5] 尹五元. 碧塔海自然保护区湿地植被研究. *西南林学院学报*, 2002, 22(3): 16~19.
- [6] 田昆, 陆梅, 常凤来, 等. 云南纳帕海岩溶湿地生态环境变化及驱动机制. *湖泊科学*, 2004, 16(1): 35~42.
- [7] 宋永昌. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001. 27~28.
- [8] 阳承胜, 蓝崇斌, 况琪军, 等. 凡口宽叶香蒲湿地植物群落恢复的研究. *植物生态学报*, 2001, 26(1): 101~108.
- [9] 张玲, 李广贺, 张旭, 等. 滇池人工湿地的植物群落学特征研究. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(5): 570~573.
- [10] 李恒. 横断山的湖泊植被. *云南植物研究*, 1987, 9(3): 257~270.
- [11] 赵魁义. 滇西北横断山区植被类型及其垂直地带性特征. 见: 黄锡畴主编. 中国沼泽研究. 北京: 科学出版社, 1988. 284~292.
- [12] 于丹, 于洪贤, 宋连发, 等. 红旗泡水生植物群落结构与功能的研究. *水生生物学报*, 1994, 18(1): 50~58.
- [16] 陈洪达. 武昌东湖水生微管束植物群落的结构和动态. *海洋与湖沼*, 1980, 11(3): 275~284.
- [18] 孙广友. 横断山滇西北地区沼泽成因、分布及主要类型的初步探讨. 见: 黄锡畴主编. 中国沼泽研究. 北京: 科学出版社, 1988. 275~283.