

半干旱区湿地植被群落结构与交错带的变化分析

王 晓, 张克斌, 程中秋, 苏鹏飞, 庞吉林

(北京林业大学 水土保持和荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 以宁夏回族自治区盐池县四儿滩湿地为例, 通过 2005—2010 年 7—9 月份的野外调查, 以重要值为基础数据, 采用丰富度指数、物种多样性指数、生态优势度指数对四儿滩湿地植被群落结构年际间的变化以及湿地湿生带、交错带、旱生带这 3 带之间植被群落结构的差异进行了对比分析, 并研究了湿地—干草原交错带边缘效应。结果表明: (1) 四儿滩湿地植被生长状态在 2005—2007 年呈现增长趋势, 2008—2010 年长势衰减, 湿地出现退化情况。其中 2007 年植被长势最好, 2010 年植被长势最差。(2) 在湿地与干草原交错带中, 出现明显的边缘效应。生态优势度 (SP)、丰富度 (R) 和物种多样性 (SW) 均是交错带最大, 其次是旱生带, 湿生带最小。(3) 铁路建设对湿地边缘靠近铁路的旱生带影响最大, 而上游人工湖的建设对湿生带影响最大。(4) 在四儿滩湿地, 交错带的植被变化情况与降雨量密切相关。

关键词: 湿地; 群落结构; 交错带; 环境因子; 边缘效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)02-0100-05

中图分类号: Q948

Structure and Ecotone Variations of Wetland Vegetation Communities in Semi-arid Region

WANG Xiao, ZHANG Ke-bin, CHENG Zhong-qiu, SU Peng-fei, PANG Ji-lin

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The edge effects of plant communities were investigated in a wetland-dry grassland ecosystem of Siertan wetland in Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region. Based on the importance values, the indices of abundance, diversity and ecological dominance were calculated to analyze the changes and the major environmental factors of plant community structure among three strips and three lines in the ecosystem. The calculated indices show that the vegetations of the investigated area were growing well during the years from 2005 to 2007. However, the exuberant growth had been retarded from 2008 to 2010. Among these five years, the vegetation in 2007 exhibited the best growing condition, while that in 2010 showed the worst. The edge effect was amplified apparently in the community ecotone of wetland and arid grassland, where had the highest ecological dominance (SP), richness indices (R) and diversity (SW) indices. The dry zone was the most disturbed area by the railway construction. Observations indicated that the changes of vegetation growth in the ecotone were highly related to the amount and frequency of the precipitation.

Keywords: wetland; community structure; ecotone; environmental factors; edge effect

湿地是由水陆相互作用而形成的自然综合体, 是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一^[1], 具有稳定环境、物种基因保护和资源利用功能, 被誉为自然之肾脏、生物基因库和人类摇篮^[2-3]。近年来在自然因素和人类活动的影响下, 湿地生态系统正遭受着严重的破坏, 湿地面积大片萎缩, 生

态环境恶化。湿地在中国各省均有分布, 面积较多的有黑龙江省湿地面积占全国湿地总面积的 25.05%, 新疆自治区占 20.9%, 西藏自治区占 14.24%, 江苏省、上海市占 7.49%, 青海省占 4.31%^[4]。西北地区的湿地面积不仅在我国总的湿地面积中占很大的比例, 而且多分布在江河源头地区、绿洲、河滩、内

收稿日期: 2011-05-30

修回日期: 2011-06-30

资助项目: 国家自然科学基金项目“半荒漠湿地植被群落时空分布特征研究”(30771764)

作者简介: 王晓(1986—), 男(汉族), 山西省运城市人, 硕士研究生, 主要研究方向为荒漠化防治与监测。E-mail: zhangkedr@163.com。

通信作者: 张克斌(1957—), 男(汉族), 陕西省兴平市人, 博士, 教授, 主要从事荒漠化防治及干旱区环境方面的研究与管理工作。E-mail: ct-
eed@bjfu.edu.cn。

陆湖滨等生态环境敏感地带,一旦破坏则很难恢复。湿地作为西北干旱、半干旱区宝贵的资源,对于维持区域生态平衡起着不可估量的作用。但湿地的形成和维持需要源源不断的外界水源补给。随着西北水资源的短缺,湿地入水量一般呈下降趋势,特定的水文条件是湿地形成与维持的驱动力,对这种条件的破坏会导致湿地的退化及消失,这种依赖性在干旱区尤为明显^[5-6]。湿地植被作为湿地生态系统的重要组成部分,是湿地生态系统的关键属性之一,湿地植被的结构、功能和生态特征能综合反映湿地生态环境的基本特点和功能特性^[1]。湿地的退化必然引起湿地植被的结构、功能和生态特征的变化。湿地—草原生态生态系统干旱加剧的直接后果是交错带收缩,边缘效应减弱,区域荒漠化程度加剧,群落生态优势度、物种多样性等降低^[7]。因此湿地植物的变化对湿地的退化具有一定的指示作用。本研究在实地调查的基础上,对2005—2010年四儿滩湿地植被群落结构,多样性和交错带的边缘效应进行对比分析,对湿生带、交错带、旱生带的群落变化进行比较,同时将2005—2010年降雨量的变化与湿地范围内人为因素的影响考虑在内,分析不同年份及总体上影响湿地植被变化的主导因子,对湿地在变化过程中湿生带、交错带、旱生带这3带之间的先后顺序做了一定描述,为深入研究该区的湿地退化及为该区的湿地保护提供依据。

1 研究区概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部、毛乌素沙地的南缘,属于陕、甘、宁、蒙四省(区)交界地带,东邻陕西定边县,南接甘肃环县,北靠内蒙古鄂托克前旗,西连灵武、同心两市县。坐标为北纬 $37^{\circ}04'—38^{\circ}10'$,东经 $106^{\circ}30'—107^{\circ}41'$ 。该县南北长110 km,东西宽66 km,辖区总面积8 661.3 km²,是宁夏自治区面积最大的县,占全区总面积的16.7%。盐池县内地势南高北低,海拔高度在1 295~1 951 m之间,南部为黄土丘陵区,中部为鄂尔多斯缓坡丘陵区。该县属于典型中温带大陆性气候,年均气温为8.1℃,极端最高均温为34.9℃,极端最低温为-24.2℃,年均无霜期为165 d;年降水量仅250~350 mm,从南向北,从东南向西北递减。地形主要为剥蚀的准平原地形,土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土、少量的盐土、白浆土等。

研究区位于盐池县城以南8 km处的四儿滩湿地。四儿滩湿地隶属于哈巴湖荒漠湿地国家级自然保护区,保护区于2006年2月经国务院批准成立,主

要保护对象为荒漠—湿地典型的自然生态系统。该湿地类型属于沼泽湿地,季节性积水特征明显,水面面积受降雨量影响较大。由于湿地盐碱化程度较高,主要生长耐湿、耐盐碱植物,而且主要生长在湿地边缘,如芦苇(*Phragmites australis*)、盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)等;草原生态系统由于水分条件较差,其植被类型主要是旱生和中旱生植物,如苦马豆(*Sphaerophysa salsula*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)等;湿地—干草原交错带由于土壤水分条件较好,植物种类丰富,植被类型包括了所有湿地植物和草原植物,同时还有交错带的特有植物,如海乳草(*Glaux maritima*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、草瑞香(*Diarthron linifolium*)等植物。根据从植物生活型、植被分布特征、生境特征等将研究区湿地至干草原划分为湿生带、交错带、旱生带,以下简称“3带”。

2 研究方法

2.1 外业调查

结合国家荒漠化定位监测项目,以盐池四儿滩(沼泽)湿地—干草原生态系统为湿地定位监测点(使用GPS和水泥桩进行定位),在2005—2010年期间选择每年的7—9月(植物生长季节)进行外业调查。植物群落调查内容包括:植物名称、株数、盖度、高度、生物量等,调查方法采用样线法,以湿地为中心向西、西北、东、东北辐射取4条样线,每条样线长度超过1 km。样线跨度包括典型盐碱滩(湿生带)、整个交错带和典型旱生带。湿生带每20 m设置1个样方,交错带50 m设置1个样方,旱生带100 m设置1个样方。调查的区域主要是一年生草本植物,所以样方的大小取1 m×1 m。

2.2 气象数据

根据荒漠化培训中心与国家气象局达成的协议,从2004年以后气象数据直接从国家气象局下载收集。

2.3 群落组成结构指标

结合主要研究的内容,群落群落组成结构指标采用生态优势度指标(SP)、多样性指标(SW)以及丰富度指标(R)等进行计量。

2.3.1 群落丰富度指数 群落丰富度指数:

$$\text{丰富度指数}(R) = (S - 1) / \ln N \quad (1)$$

式中: S ——物种数; N ——湿地样方植物重要值的总和。

2.3.2 物种多样性指数 选用被证明较为有效的Shannon—Wiener多样性指数。

Shannon—Wiener 指数: $SW = \sum -P_i \ln P_i$ (2)

其中: $P_i = N_i/N$

式中: SW——Shannon—Wiener 多样性指数; N ——样带植物重要值总和; N_i ——样方中第 i 种植物的重要值; P_i ——重要值比例; S ——样带的植物物种数。

2.3.3 生态优势度指数 生态优势度是群落水平的综合数值,它是把群落作为一个整体而把各个种的重要性总结为一个合适的度量值,以表征群落的组成结构特征。Odum 建议用 Simpson 指数来测定群落的生态优势度。

Simpson 指数: $SP = 1/\sum P_i^2$ (3)

关于上述指数计量公式,不少学者选择种群多度进行计算^[8-10]。Pielou 等^[11]建议采用相对盖度、重要值和生物量等作为多样性测度的指标。

本研究认为重要值作为度量植物种群的重要指标,综合反应了植物物种在群落中的重要程度,故全部采用重要值作为度量指标,重要值计量公式为:

重要值 = (相对生物量 + 相对盖度 + 相对多度 + 相对频度 + 相对高度) / 5 (4)

3 结果与分析

3.1 四儿滩湿地 2005—2010 年年际变化分析

四儿滩湿地 2005—2010 年群落组成结构指数变化如图 1 所示。由图 1 可以看出,四儿滩湿地 2005 年的丰富度指数最低,为 4.885,2007 年最高为 6.952。2005 年到 2007 年丰富度指数增幅明显,从 2008 年开始到 2010 年,丰富度指数明显呈下降趋势;生态优势度指数 2010 年最低,为 8.431,2007 年最高,为 14.985。尽管 2006 年生态优势度出现降低的情况,但 2005—2007 年生态优势度整体上呈上升趋势,2008—2010 年则呈现下降趋势。

多样性指数也是 2007 年最大,为 3.151,2010 年最低,为 2.742。2005—2007 年多样性指数呈现增加,到 2008 年就开始降低,尽管随着 2009 年降雨量的增加,多样性指数略有所增长,但到 2010 年则出现下降。2005—2007 年降雨量逐年增加,分别为 194.7、216.5、287.7 mm。2008 年降雨量相比较 2007 年出现降低,为 266.7 mm。2009 年降雨量为 280.7 mm 相比较 2008 年出现增加,但 2010 年降雨量又有所减少为 248.4 mm。

四儿滩湿地类型属于沼泽湿地,季节性积水特征明显,水面面积受降雨量影响较大。结合数据来看,湿地植被各项指标的变化与年降雨量的变化情况密切相关,其中多样性指数与年降雨量指数最为相近。

但同时可以看出,从 2008 年开始,除了多样性指数的变化跟降雨量的变化很密切外,丰富度指数与生态优势度指数已经不随着 2009 年降雨量的增加而呈现增加趋势,而表现为从 2008 年开始持续降低。

研究结果表明,四儿滩湿地植被长势最好的是 2007 年,长势最差的为 2010 年,根据湿地植被对湿地的变化具有一定指示作用的原理,说明 2007 年四儿滩湿地状况最好,2010 年状况最差。四儿滩湿地植被及湿地的变化情况对降雨量的变化十分敏感,非常依赖于湿地补给水源的情况。

针对 2008 年之后生态优势度和丰富度指数不随降雨量的增加而增加,而是出现持续降低的状况,以及 2008 年之后从年均降雨量来看,尽管 2008—2010 年呈现总体减少的趋势,但单个年度的降雨量依旧大于 2005 年和 2006 年,然而植被长势却没有该时期好,并且是从 2007 年植被长势最好的状态到之后的衰减。结合实地调查我们发现,2006 年设立哈巴湖荒漠湿地国家级自然保护区之后,采取封禁等一系列措施,加强对湿地的保护,在此基础上,湿地植被状况逐年转好。从 2008 年开始,国家建设的铁路项目从湿地外围穿过,以及在湿地上游火车站附近修建人工湖,人为地拦截了注入湿地的外部水源,这极大地改变了湿地所处的环境,对湿地造成很大的破坏,导致植被长势衰退,湿地退化。由此分析得出,2005—2007 年由于保护区建立之后人为保护的增强,四儿滩湿地及植被状况逐年转好,2008—2010 年铁路建设以及上游人工湖的建立成为导致湿地退化的最主要因子。

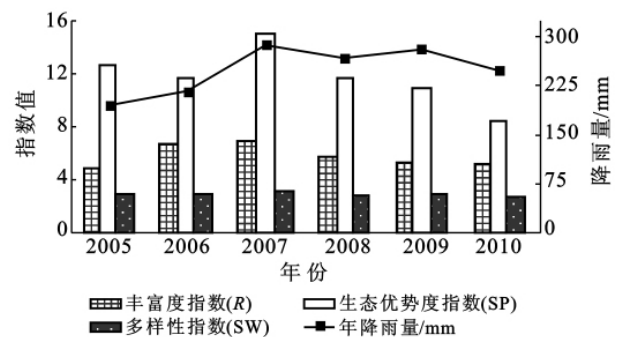


图 1 四儿滩湿地 2005—2010 年群落组成结构指数

3.2 四儿滩湿地 3 带间植被结构特征随年际变化分析

生态交错带之所以引起生态学家的关注,主要由于边缘效应^[12],不同尺度不同类型的生态交错带均显示出较高的生物多样性^[13]。毕润成等^[14]在研究山西霍山落叶阔叶林边缘效应时得出结论,无论何种机制形成的边缘,边缘上都有增加物种多样性的趋

势。从本研究 2005—2010 年分析数据表明,在丰富度指数、群落优势度、物种多样性方面,均表现为:交错带 > 旱生带 > 湿生带,这与李瑞等^[15]研究得出的“湿地植物群落物种多样性最低,干草原植物群落物种多样性较高,湿地干草原植物群落物种多样性最高”研究结论相吻合。这充分体现了群落交错带的边缘效应。王国良等^[16]指出由于生态交错带是多种“应力”作用下的过渡带,交错带内的植被在组成、结构上存在很大不同,表现在能流、物流和信息流方面,是明显的生态环境脆弱带,该区植被建设应遵循交错带特有规律。由表 1 可以看出,在湿生带中,长势最好为 2007 年,最差为 2009 年;湿生带多样性指数、生态优势度指数、丰富度指数 2005—2010 年的变化情况与降雨没有很大的相似性;多样性指数与生态优势度指数变化相同,表现为 2005—2007 呈现波动增长趋势,2008—2009 有所降低,2010 有所上升;丰富度为 2005—2007 年表现为增加趋势,2008—2009 表现为降低趋势,2010 年又有所增加。

表 1 四儿滩湿地 2005—2010 年“3 带”群落结构

年份及样带分布	丰富度指数	生态优势度指数	多样性指数	
2005 年	湿生带	0.380	2.844	1.157
	交错带	4.736	11.317	2.900
	旱生带	3.261	9.977	2.675
2006 年	湿生带	0.557	1.274	0.483
	交错带	4.800	15.519	2.950
	旱生带	4.693	8.774	2.672
2007 年	湿生带	0.899	2.860	1.277
	交错带	5.737	17.325	3.147
	旱生带	5.596	10.491	2.955
2008 年	湿生带	0.636	2.378	1.035
	交错带	5.020	11.592	2.866
	旱生带	4.512	10.894	2.764
2009 年	湿生带	0.389	1.154	0.334
	交错带	5.166	15.219	3.059
	旱生带	3.791	12.925	2.764
2010 年	湿生带	0.627	1.855	0.873
	交错带	5.087	12.580	2.976
	旱生带	5.155	8.959	2.725

由表 1 也可以看出,2005—2010 年影响湿生带的首要因素是人为因素而不是降雨量的变化。2005—2006 年,湿生带内部机制已经因为之前的放牧及其它因素出现衰退现象,这表现为 2006 年降雨量增加后生态优势度和丰富度指数降低的状况,而随

着 2006 保护区的建立,人为保护的增强,植被增多,丰富度指数增强。这集中体现在 2007 年各项指数达到 5 a 内最大值。2005—2007 年哈巴湖管理区的保护作用超过了降雨量的影响,使得即将出现衰退的湿地环境转好。2008—2010 年由于上游建设人工湖拦截注入湿地的水源,经过两年保护已经恢复的湿地环境遭到破坏,植被群落各项指数 2008—2009 年出现衰减,2009 年湿生带达到最差值。随着 10 a 降雨量的增加,植被群落各项指数又出现增加趋势。这也反映出作为湿地核心部分的湿生带,非常依赖于外部注水的情况。同样可以看出(表 1),交错带 2007 年植被状况最好,2005 年最差。而 2005 年降雨量为 6 a 间最低,2007 年为该时期最大;同时交错带中多样性指数、生态优势度指数以及丰富度的指数变化情况与降雨量的变化情况完全相同。由此得出,影响四儿滩湿地交错带变化的主要因子是降雨量,同时由于交错带与其周边生境是相互影响、相互依赖的有机体,若其周边生境遭受破坏,则将影响交错带动植物以及微生物的正常运转,从而导致群落交错带边缘效应的下降^[7]。在此基础上可以得出,尽管由于上游人工湖拦截水源及铁路建设造成湿生带破坏,但情况并不是很严重,还未对交错带造成较大影响,四儿滩湿地的交错带并未出现萎缩的状况。

研究数据表明(表 1),旱生带 2007 年植被状态最好,2005 年最差。旱生带 2005—2007 年的变化状况与湿生带相同,旱生带是湿地边缘的草原区,受放牧等人为因素影响最大。这导致旱生带多样性指数与生态优势度指数在 2006 年出现衰退现象,在 2006 保护区建立之后得到迅速恢复。2008—2010 年阶段旱生带多样性指数出现持续降低的情况,在 2009 年降雨量增加的情况下,多样性指数与丰富度指数表现为降低趋势,在 2010 年铁路建设基本停止后,多样性指数和生态优势度指数仍呈现降低的现象。这说明铁路建设对最靠近它的旱生带影响最大,旱生带已经出现退化迹象,湿地最外围的受破坏情况最为严重。

4 结论

(1) 2005—2007 年四儿滩湿地由于保护区的建立、人类保护行动的增强,湿地植被状态呈现增长趋势,湿地状况逐年转好。2008—2010 年,由于铁路建设及湿地上游人工湖的建设的原因,人为改变和破坏了湿地的环境,人类因素超越了自然因素成为影响湿地的第一要素,湿地植被长势衰减,湿地出现退化情况。

(2) 在湿地与干草原交错带中,出现明显的边缘

效应,在丰富度指数、群落优势度、物种多样性方面,均表现为:交错带 > 旱生带 > 湿生带。

(3) 保护区的建立对湿生带与旱生带的影响最大,及时遏制了湿生带与旱生带出现的退化现象;湿地上游人工湖的建设对湿地核心部分湿生带影响最大,使得湿地水域面积出现萎缩;铁路建设对湿地边缘靠铁路最近的旱生带影响最大,旱生带已经出现严重退化现象。由于交错带并未造成严重的破坏,同时湿生带在 2010 年降雨量出现减少的情况下出现恢复状况,这些都表明湿地尽管遭受破坏,但还未出现不可逆转的退化现象。只要恢复湿地的外部供水机制和停止铁路建设等人为因素对湿地的破坏,湿地的生态环境还可得到恢复。

(4) 四儿滩湿地交错带植被变化情况与降雨量密切相关。

[参 考 文 献]

- [1] 陈宜瑜. 中国湿地研究 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995.
- [2] 孙广友. 中国湿地科学的进展和展望 [J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 666-672.
- [3] Lunetta R S, Balogh M E. Application of multi-temporal landsat 5 TM imagery for wetland identification [J]. Photogram Metric Engineering & Remote Sensing, 1999, 65(11): 1303-1310.
- [4] 陆健健. 中国湿地 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1990: 1-177.
- [5] 王国平. 水资源开发对科尔沁湿地环境的负面效应 [J]. 国土与自然资源研究, 2001, 4(2): 45-47.
- [6] 买买提·阿不都拉. 新疆湿地现状与保护 [J]. 新疆林业, 2001, 43(4): 4-5.
- [7] 张克斌, 刘云芳, 李瑞. 半干旱区湿地—干草原群落交错带边缘效应研究 [J]. 西北植物学报, 2007, 27(5): 990-993.
- [8] 彭少麟, 方炜, 任海, 黄忠良, 等. 鼎湖山厚壳桂群落演替过程的组成和结构动态 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 245-249.
- [9] 周先叶, 王伯荪, 李鸣光, 等. 广东黑石顶自然保护区森林次生演替过程中的群落动态 [J]. 植物学报, 1999, 41(8): 877-886.
- [10] 李全发, 刘文耀, 沈有信, 等. 南涧干热退化山地植被恢复的植物多样性变化 [J]. 山地学报, 2005, 22(5): 557-564.
- [11] Greig S P. Quantitative Plant Ecology [M]. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science Publications, 1983: 105-112.
- [12] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及运用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [13] 王庆锁. 生态交错带与生物多样性 [J]. 生物多样性, 1997, 5(2): 126-131.
- [14] 毕润成, 杨焕根, 朱新军. 山西霍山落叶阔叶林边缘效应的研究 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1441-1447.
- [15] 李瑞, 张克斌, 王百田. 湿地—干草原生态系统植物物种多样性研究: 以宁夏盐池为例 [J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 12-17.
- [16] 王国梁, 刘国彬, 刘芳. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被特点与生态交错带效应 [J]. 西北植物学报, 2002, 22(5): 1102-1108.

(上接第 99 页)

(3) 示踪模型计算所得流速与视流速总体接近,说明该模型适用于该排泥库地下水问题的研究。本研究进一步利用该模型对示踪曲线的双峰、多峰问题进行分析,用计算所得弥散度值分析了投放点到各接收点不同渗漏通道的情况。

(4) 通过对地下水示踪试验所得流速、流向及渗漏特性分析,该排泥库存在对环境产生污染的隐患,在施工过程中应做好防渗处理工作。

[参 考 文 献]

- [1] 张祯武, 郇成杰. 岩溶地下水分散流场示踪探测原理及其在水库渗漏研究中的应用 [J]. 中国岩溶, 1995, 14(3): 251-259.
- [2] 车友明. 基于现场示踪试验的水库渗流研究 [D]. 江苏南京: 河海大学, 2006.
- [3] 陈崇希, 李国敏. 地下水溶质运移理论及模型 [M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 63-65.
- [4] 郑克勋. 地下水人工化学连通示踪理论及试验方法研究 [D]. 江苏南京: 河海大学, 2007.
- [5] 李敬兰, 李益民. 广西龙布排泥库地下水多元示踪试验研究 [J]. 安全与环境工程, 2004, 11(1): 59-61.
- [6] Martin R, Thomas A. An example of the bacteriophage as a groundwater tracer [J]. Journal of Hydrology, 1974, 23(1): 68-70.