

黄河三角洲芦苇湿地的恢复

唐 娜, 崔保山*, 赵欣胜

(北京师范大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875)

摘要:近年来由于人类活动及自然灾害等多种因素的影响,黄河三角洲芦苇湿地生态系统的健康受到威胁,出现不同程度的退化。为进一步研究 2002 年开始实施的湿地恢复工程,选择未恢复区、恢复区比较其水、植被、土壤等生态特征,结合野外调查及实验分析数据,结果显示至 2005 年 7 月恢复区湿地水域面积比例增加,水质得到明显改善,植被群落呈正向演替,土壤达到中、轻度盐化土水平,水禽种类增加,生物多样性更加丰富。研究表明,以恢复湿地水文条件为核心措施的湿地恢复方案具有可行性。研究对于黄河三角洲其他类型湿地的恢复及改善其生态功能具有指导作用。

关键词:芦苇;湿地;恢复;黄河三角洲

文章编号:1000-0933(2006)08-2616-09 中图分类号:Q941.2, Q948.11 文献标识码:A

The restoration of reed (*Phragmites australis*) wetland in the Yellow River Delta

TANG Na, CUI Bao-Shan*, ZHAO Xin-Sheng (Environment School, Beijing Normal University, State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2616 ~ 2624.

Abstract: Influenced by the human activities and the natural disasters, the reed wetland ecosystem in the Yellow River Delta has been deteriorating in the past. In the paper, the evaluation of the reed wetland was researched with the ecological characteristics of water, vegetation and soil investigated. With the water area increased and the water quality improved, the soil salinity was reduced to the medium and the low level; the vegetation was improved in the positive succession; the biodiversity in the restored wetland was obviously improved and the number of water fowls increased in July of 2005. The results show that water is dominant factor in the restoring process of reed wetland.

The results are as follows: (1) Water is the controlling factor of the wetland, and the key factor of its restoration. The fitting water supply is obviously accelerative to the reform of the water quality, the positive succession of the hydrophyte community, the protection of biodiversity, the optimization of the ecosystem, the strengthening of the ecological function and ability to provide resources. On this foundation, it then reaches the aim of natural restoration. (2) The fluency of drainage is also important besides filling water to the wetland. Through the rational irrigation and drainage, and the fluent water flow can dissolve the salt in soil and improve water quality, and then reach the aim of optimizing the ecological environment. (3) According to the climate and hydrological conditions, the rational management of water resources and strict assistance measures, both can accelerate its restoration. (4) The main aim of wetland restoration is to strengthen the ecological benefit of the wetland, but the social and ecological benefit is also important. It requires implementing the harmonious development of social and ecological benefit. (5) This restoration project is relatively successful, and is an instructional example for the expanding of the ecological restoration in the Yellow River Delta.

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(50239020);国家自然科学基金资助项目(40571149)

收稿日期:2005-12-07;修订日期:2006-06-30

作者简介:唐娜(1981~),女,河北省南宫人,硕士生,主要从事湿地生态及生态需水研究.E-mail: lolica@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cuibs@bnu.edu.cn

致谢:感谢黄河三角洲管理局吕卷章主任、刘月良副总工、大汶流管理站路峰副站长及王立东同志在数据、文献资料工作中给予的帮助。

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50239020, 40571149)

Received date: 2005-12-07; Accepted date: 2006-06-30

Biography: TANG Na, Master candidate, mainly engaged in wetlands ecology and ecological water requirement. E-mail: lolica@163.com

Key words: reed; wetland; ecological restoration; Yellow River Delta

近几十年来,由于人类活动和自然因素的影响,全球湿地出现不同程度的退化,其恢复与重建已经是国际湿地学界前沿领域的研究热点和关键问题^[1-6]。美国、加拿大、瑞典、芬兰、英国、澳大利亚、荷兰、中国等国家在湿地恢复和重建方面做了大量研究,并取得了显著成果。其中,美国及加拿大南部主要以富营养沼泽研究为主^[7-10],通过工程及生物措施控制污染,来恢复湿地水质和生物多样性;欧洲国家及加拿大北部以贫营养沼泽的恢复研究为主^[11-15],侧重于扩大沼泽和湖泊湿地的面积;国内研究开展的较晚,恢复和重建对象以湖泊湿地为主,重点在消除水体污染和富营养化^[16-23]。相对湖泊及河流等湿地恢复研究来讲,关于滨海芦苇湿地恢复研究还是不足,有待全面展开。

芦苇湿地和其它湿地生态系统一样,在蓄水调洪、补充地下水、维持区域水平衡、调节气候、净化环境和保护生物多样性等方面均具有重要意义,而且芦苇这一湿地植物资源对发展造纸业十分重要,因而又具有经济价值。黄河三角洲地理位置独特,芦苇湿地资源丰富,孕育着丰富的生物多样性。然而,近年来由于黄河断流、海平面上升、农业开发活动、石油开采、交通道路的快速发展、污染物大量排放等各种因素的影响,使芦苇湿地生态系统的健康受到严重影响,对其进行恢复已迫在眉睫。采取工程措施恢复水文条件,引黄河水恢复地表径流循环,增加湿地水量来洗碱脱盐,初步达到了扩大水域面积、改善湿地水质、提高植被质量、保护生物多样性和增强其生态功能的目的。

黄河三角洲是黄河泥沙淤积而成,其成土过程也就是土壤脱盐和地面不断抬高的过程,因此,成土年龄自海向陆不断增加,所以生态系统的空间演替可以看作是时间演替的缩影。于2004年及2005年的芦苇生长季内,在恢复区(恢复工程实施地)及与其相邻的未恢复区内进行野外调查、样品采集等多项内容的试验研究,采用混合型布点方法,即根据生态环境梯度变化、地形、地貌特性空间变异性等,在不同地点合理运用布点方案,样方大小 $1\text{m} \times 1\text{m}$,具体样方及样点数目结合具体工作内容加以调整。

1 试验区概况

1.1 自然生态环境特征

试验区位于黄河三角洲自然保护区下属的大汶流管理站的核心保护区内,黄河现行河道以南4km处,东距入海口15km,中心地理坐标为 $N37^{\circ}45'48.4''$, $E119^{\circ}03'07''$ 。其地貌特征为海拔小于7m的低平原,以坡度 $0.1\% \sim 0.2\%$ 向海倾斜。本区属北温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,雨热同期。年平均气温 12.1°C ,无霜期196d。降雨较少,且蒸发旺盛,年均降雨量551.6mm,年均蒸发量为1962mm。

1.2 两比较试验区相似性分析

为了对试验区在恢复过程中进行相关要素的对比,在2002年工程实施前,对两个试验区的地质地貌、气候水文条件及土壤等自然环境特征进行了比较分析。恢复区(5023.7hm^2)与未恢复区(5900hm^2)芦苇湿地的地理位置如图1所示。

(1) 地貌与地质特点 黄河平均年输入三角洲的泥沙量为 $10.5 \times 10^6\text{t}$,其中64%沉积在沿程河道及河口沿岸地区,构成了以河成高地为骨架与微斜平地 and 河间洼地相间的扇状地形。两区的地貌形态均属由于河床淤高、河道及其两侧的河流堆积体相对高出地面形成的河成高地,地势平坦,海拔1~6m,未恢复区南部存在小部分微斜平地。

黄河三角洲处在中朝古陆的华北地台上,主要受新华夏构造体系和北西向构造的控制,为中新生代断块——拗陷盆地。两区处在古老的变质岩基底上,沉积地层较全,底层总厚度达万米以上;地表是全新世沉积,主要是黄河冲积物,按成因类型可归为河床-漫滩沉积物;在地质构造上位属济阳拗陷东部。

(2) 水文与气候条件 两区地处黄河河道沿岸,形成和维持两区水系的主体是黄河。同时,两区位于滨海地区,地下水基本上为松散岩类孔隙水,微咸,矿化度较高。

由于地理位置临近,两区气候特点相同。虽地处沿海,但具有明显的大陆性气候特征。

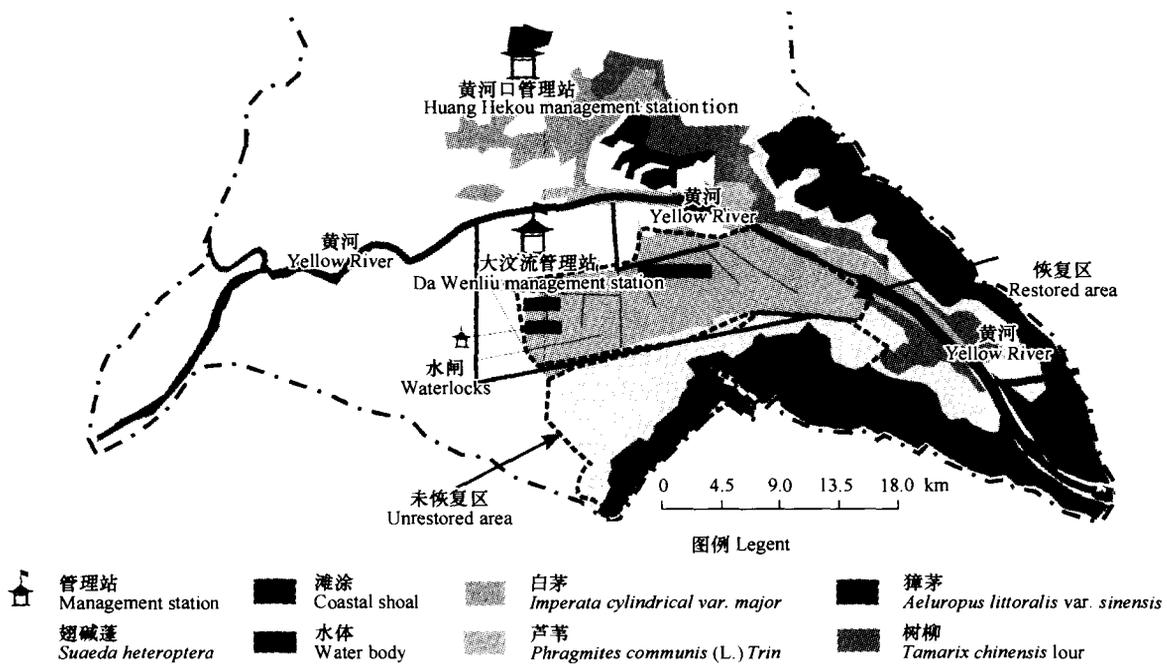


图1 2005年研究区地理位置及湿地生态恢复工程示意图

Fig. 1 The location of wetland in the study area in 2005 and the distribution of works of wetland restoration

(3) 植被状况 虽然在恢复工程实施后,两区植被状况明显差异,但在实施前植物种类、群落类型及面积等相差不大。

在恢复区内,草本沼泽以芦苇、香蒲 (*Typha orientalis*) 及酸模叶蓼 (*Polygonum lapathifolium*) 沼泽为主。水生植物包括:沉水植物群落:金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum* L.)、黑藻 (*Hydrilla verticillata*), 竹叶眼子菜 (*Potamogeton malianus*) 和川蔓藻 (*Ruppia maritima*) 群落;浮水植物群落:浮萍 (*Lemna minor* L.)、品藻 (*Lemna trisulca* L.), 紫萍 (*Spirodela polyrrhiza*)、眼子菜 (*Potamogetonaceae*) 群落;挺水植物以莲 (*Nelumbo nucifera Gaertn*) 群落为主。森林植被类型较少,且树种单一,仅有落叶阔叶林——刺槐林和天然柳林,灌丛仅有天然盐生柽柳灌丛。草甸主要为翅碱蓬草甸,主要分布在西部地势较高的区域及南部。

在未恢复区内,草本沼泽和水生植物与恢复区类型相同,分布相对较少。草甸面积相对较大,以盐生草甸为主,由适盐、耐盐和抗盐性的多年生盐生植物组成,主要植被类型有翅碱蓬 (*Suaeda heteroptera*)、獐茅 (*Aeluropus littoralis*) 和补血草 (*Limonium bicolor*) 草甸。森林植被仅存在盐地碱蓬群落的基础上发展起来的盐生柽柳灌丛。

(4) 土壤条件 两区内的土壤的形成发育均是在三角洲成陆过程中,不断受到黄河泛滥改道、海岸线变迁、海水侵袭、潜水浸润、大气降水、地面蒸发、植被演替以及农业垦殖等多种因素的影响,形成了以潮土和盐土为主的土壤类型。由于地下水位高,潜水矿化度也较高,形成大面积盐渍土壤。

由于两个研究区域同处于黄河三角洲湿地内,气候特征、地质地貌、土壤条件及水文特征基本相同,二者之间主要差异来自植被特征,因此判断两个研究区的相似性须从植被特征上开展。统计每个物种在一个地区出现的样方数,与该地区总样方数相比得到此物种在该地区出现的样方频率(%)。用 Jaccard 群落相似性指数计算两个地区间的群落相似性^[24~26]。

群落相似性系数指各样方单位共有种的百分率,其计算方法很多,以 Jaccard 相似性系数是目前最为基础和常用相似性系数之一,其公式为:

$$C_j = \frac{c}{a + b - c}$$

式中, a 为样方 A 的物种数, b 为样方 B 的物种数, c 为样方 A 和 B 中的共有种数。Jaccard 指数反映群落或样方间物种的相似性。

本文在恢复区和未恢复区各设置了 10 个样方, 其计算结果见表 1, 从表 1 看出, 恢复区和未恢复区以前的同一类型植被群落相似性指数都在 0.90 以上, 不同类型植被 Jaccard 相似性指数最小为 0.42, 最大为 0.93, 说明两个区域植被 Jaccard 相似性指数非常显著, 也说明两个区域植被特征具有相同之处, 可以认定为相同类型植被分布, 进一步说明本文选择两个区域进行生态恢复比较研究的可行性。

表 1 恢复区和未恢复区相似性 Jaccard 指数计算对比^①

Table 1 The calculation and comparison of the similarity Jaccard exponent of the two areas

序号 No.	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
H1	1.00*	0.57	0.65	0.76	0.76	0.73	0.81	0.82	0.92	0.71
H2	0.90	0.99*	0.85	0.50	0.55	0.60	0.53	0.52	0.72	0.62
H3	0.65	0.73	0.98*	0.95	0.42	0.89	0.44	0.57	0.83	0.74
H4	0.95	0.89	0.51	1.00*	0.54	0.47	0.29	0.56	0.74	0.88
H5	0.76	0.79	0.58	0.87	1.00*	0.69	0.59	0.49	0.77	0.76
H6	0.82	0.90	0.49	0.79	0.59	0.97*	0.56	0.46	0.78	0.73
H7	0.69	0.88	0.72	0.79	0.79	0.93	0.99*	0.95	0.86	0.93
H8	0.52	0.68	0.65	0.80	0.59	0.69	0.93	1.00*	0.70	0.90
H9	0.68	0.83	0.47	0.91	0.66	0.93	0.91	0.98	1.00*	0.77
H10	0.77	0.72	0.58	0.80	0.77	0.82	0.54	0.65	0.68	0.99*

① W1 ~ W10 表示未恢复区样方, H1 ~ H10 表示恢复区样方 The mark W1 ~ W10 denotes the sampling site in the unrestored area, and H1 ~ H10 denotes the sampling site in the restored area; * 表示同一类型植被群落相似性指数 The mark '*' denotes the community similarity exponent of the same vegetation type

2 湿地恢复方案

2.1 湿地恢复工程的实施

2002 年 7 月份开始实施芦苇湿地恢复工程, 主要通过筑坝修堤, 在雨季和黄河丰水期蓄积淡水, 旱季则引水补充, 以淡压碱, 扩大芦苇湿地面积, 提高芦苇质量, 并形成一定水面, 为鸟类取食、栖息提供良好的场所。由于恢复区地处黄河入海口, 除天然降水外, 恢复工程用水全部引自黄河。

黄河口地区平均高潮位一般在 2.7 ~ 2.9m 之间, 风暴潮潮位接近甚至高于 5m, 平均高潮线以下的潮间地带地势平坦低洼, 滩面泥泞, 受潮汐往复作用, 形成众多潮沟。为保证泥沙充分淤积, 修建了围堤控制尾水, 同时也保证尾水排泄畅通。考虑到潮间带施工难度大, 同时也为避免潮水往复冲刷, 经实地勘察, 确定湿地恢复区围堤修筑在 3.0m 高程线附近。围堤长 9km, 宽 3.5m, 高 1.5m。围堤内每隔 200m 修一条格堤, 格堤宽 1m, 高 0.5m。格堤纵横交织组成方田, 每条格堤上都留有进出水口, 使方田间相互连通。并在恢复区修建长 2.5km 封育沟一条, 底宽 3m, 顶宽 8m, 深 1.5 ~ 2m, 作为黄河枯水期工程引水渠用。由于现有的道路阻碍了黄河水漫滩, 修建了桥涵 20 座, 以利于黄河水通过(图 1)。在规划测量的基础上, 在大汶流沟子设东西防潮坝一条, 以遏制海水的侵袭; 建设水库四座和多处自然水面, 为鸟类营造了良好的栖息地环境; 并购置了扬水船, 通过封育沟向恢复区内引水, 以淡压碱。在围堤东坝子修建了宽 4m 的排水闸, 可以随时调节水量, 不仅解决了尾水排泄问题, 同时有利于泥沙淤积形成盐分含量低的新生土壤。

2.2 水资源管理

恢复区气候四季明显, 芦苇湿地水质情况受季节变化影响明显。另外, 由于地处黄河入海口, 湿地土壤盐渍化程度也具有明显的季节性。相对来说, 在每年的春秋两季(4、5 月份及 9、10 月份)属降水量少的旱季, 因而地表水径流循环较弱, 导致水质差、土壤盐渍化加重, 这些不良生境因素致使芦苇生长受抑。

基于以上的变化规律, 为改善湿地土壤基底及水质, 制定以下方案: 每年 4 月上旬开始通过封育沟引黄河水向恢复区灌排, 持续每日引水, 以淡压碱, 溶洗湿地上层土壤累积的盐分; 直至丰水期黄河河道达到一定水位, 可以通过桥涵向恢复区自流灌水; 至 10 月份下旬, 灌水量逐渐减少。

2.3 辅助管理措施

虽然恢复区地处核心保护区,但人类活动依然对恢复区有较大的影响。为充分保证恢复效果,在恢复过程中须尽量减少这些人为干扰。首先,严格的防止牲畜进入,避免践踏、啃食对芦苇的破坏。其次,在进入核心区的入口设置专职人员控制机动车辆流通,防止火源进入,避免在芦苇收割季节造成火灾。以及限制农业开发活动,在恢复区严禁耕作及人员进入践踏。并且,防止偷猎者猎取湿地鸟类等动物资源,保证湿地作为生物栖息地的功能并保护生物多样性。

3 恢复后芦苇湿地特征及其比较

未恢复区湿地基本处于半闭流状态,裸地面积较大,占 40%;明水面面积 15%,水深 2~20cm;芦苇-黄蒿(*Herba Artemisiae Annuae*)及翅碱蓬-补血草等耐盐碱植被群落面积 45%。土壤含盐量高,盐碱化现象严重,大面积裸露地表并呈黑色,有明显盐分颗粒晶体析出。地表积水中少鱼虾,水禽栖息活动少见,生物多样性低。

恢复区在工程实施后,生态环境得到初步改善。湿地水域面积得到明显扩大,现在该区明水面面积达 60%。植被群落以芦苇、香蒲等水生植物为优势种,生长状况良好。有了植物作为动物食物来源,并形成了优越的栖息繁殖环境,有多种水生动物以及珍稀鸟类栖息,其中一处面积较大的水域已形成湖区,总面积在 500hm² 以上,有多达十万只的野鸭栖息,形成了独特的湿地景观,生物多样性明显高于未恢复区。

3.1 水质特征

在两区随机选择各 145 个典型样点采集水样,并于当日在实验室进行水质检验,统计结果见表 2。

表 2 湿地水质检验结果(mg/L)

Table 2 Quality of water in the wetland

区域 Area	pH	COD _{Cr}	氨氮 NH ₃ -N	总氮 Total N	总磷 Total P
范围 Range					
未恢复区 Unrestored area	7.1~7.6	265~277	0.12~0.44	0.7~2.4	0.41~0.60
恢复区 Restored area	6.8~7.4	15~31	0.13~0.28	0.5~1.2	0.01~0.14
均值					
未恢复区 Unrestored area	7.53	271	0.21	1.48	0.44
恢复区 Restored area	7.1	22	0.19	0.72	0.07

参照《地表水环境质量标准》一类水质标准,未恢复区地表水体除氨氮未超标外,其他化学性状指标均属严重超标,水质较差,pH 平均值显示水体偏碱性。化学耗氧量(COD)在区内分布均匀,其值间接地反映了水体中有机物质的含量过高,这与实际检测的氮磷含量严重超标相符。这一方面与该区水文状况有关,因为淡水资源补给主要依靠天然降水,净化能力不强,而且水体流动性弱、更新能力差;以及由于植被覆盖率低,水体中的营养物质不能被稀释和吸收,导致含量居高不下。

而恢复区水体感官性状较好,比较检验结果可知,恢复区水质显著优于未恢复区水质,地表水体得到显著改善。COD 明显较低,间接反映出恢复区水体中有机物质的含量相对较低。氮磷类营养物质的含量也明显低于未恢复区水体中的含量。

3.2 湿地植物群落特征

在植物生长季内,根据卫星照片、地貌地形图及近期遥感考察报告之植被分布图,选取考察范围及路线。在典型样点设置样方,鉴定样方内建群物种的种类、数量、生长时期,测定各种植物的盖度及植株高度,以分析物种多度、密度、盖度及频度。

由于未恢复区湿地水域面积小、水位低,以及淡水资源补给不足等多种原因,导致土壤盐碱化严重,因而湿地水生植被较少,耐盐碱的盐生植物较多(图 2)。在该区内,芦苇分布范围较广,但密度小,盖度低;而翅碱蓬由于耐盐碱性强,分布面积大,密度及盖度都高;黄蒿及碱蓬(*Suaeda glauca*)的分布范围也较广,补血草、獐茅、白茅(*Imperata cylindrica*)、怪柳(*Tamarix chinensis*)等耐盐碱性较强的植物均有较广分布。

在恢复区,不仅形成了具有一定面积和深度的水域,并且形成了以芦苇为优势种的水生植物群落,伴生大量香蒲、水蓼(*Polygonum hydropiper*)、水稗(*Echinochloa crusgallii*)、蒲草(*Lepironia articulata*)、荻(*Miscanthus sacchari florus*)等水生、湿生植物,种类和数量多且生长旺盛,密度和盖度大;翅碱蓬、怪柳及黄蒿的分布较广,

密度较高;以及野大豆 (*Glycine sojasieb*)、草木樨 (*Melilotus suaveolens*)、白茅、罗布麻 (*Apocyman venetum*) 等多种植物,生物多样性较为丰富(图3)。

3.3 芦苇植株形态特征

在芦苇生长旺盛期,采用直接观察的方法,观测典型植物群落中生长的芦苇。记录的芦苇植株形态特征参数,包括密度、株高、叶长、叶宽、穗长,这些特征对芦苇的形态具有代表性并容易获得,也是研究芦苇形态经常采用的性状指标^[27]。在两区分别设置了10个样方,每个样方设置5个采样监测点,统计结果见图4及图5。

从以上比较结果可以看出,未恢复区内的芦苇植株矮而细弱,叶短而窄,生物量低,穗较大,其生长情况较差,处于轻度受抑的生境。而在恢复区内,芦苇植株密度较高,植株高大、粗壮,叶长而宽,地上及地下生物量均明显高于未恢复区内芦苇生物量,穗略显短小,反映出其生长情况较好,处于良好生境。

3.4 湿地土壤盐分特征

在未恢复区,淡水资源短缺及海水侵蚀的影响使湿地处于逐渐退化的状态,由于近年来气候干旱,蒸发作用强烈,使原本盐碱化的土壤的盐分累积现象不断恶化,在该区内采用挖掘法采集土壤样品在实验室进行测定,在两区分别设置了10个样方,每个样方设置了5个采样监测点,统计分析结果见图6。

根据我国滨海盐土的分级标准^[28],未恢复区表层土壤属盐土,20cm 深层土壤属中度盐化土,40cm 和70cm 深层的土壤属轻度盐化土。

恢复工程实施后,湿地水资源得到充分的补给,及时的灌排水使恢复区湿地水体得到不断更新。通过地表径流循环溶盐洗碱,土壤盐分大幅度降低,盐渍化现象得到显著改善。在恢复区内,枯水季节地下水埋深为40~70cm,而同期内未恢复区埋深则在150cm左右。虽然地下水埋深变浅有助于蒸发作用的地表积盐,但由于植被盖度大,降低了实际蒸发量,而且植物蒸腾作用使地下水中的盐分主要积累在植物根系的根尖分布层,同时地表径流的溶盐洗盐作用带走土壤表层盐分,由此湿地水体及土壤含盐量不断下降。

测试结果表明,恢复区湿地各层土壤的总盐量分别比未恢复区低54.1%、46.4%、12.7%、3.7%。根据我国滨海盐土的分级标准,恢复区表层土壤属中度盐化土,20、40cm 及70cm 深层土壤属轻度盐化土,地表基本达到无明显碱斑,土壤改良成功。

由图6比较发现,两区土壤表层 pH 及盐分含量明显高于深层土壤,主要由于在旱季到来时,可溶性盐随土壤毛管水一起上升到表层土壤,使土壤基处于饱和状态,pH 值就呈弱碱性。在恢复区内,表层土壤 pH 值低于底层,是由于植株残体的分解导致有机质的积累和分解,从而影响到土壤的酸碱性。

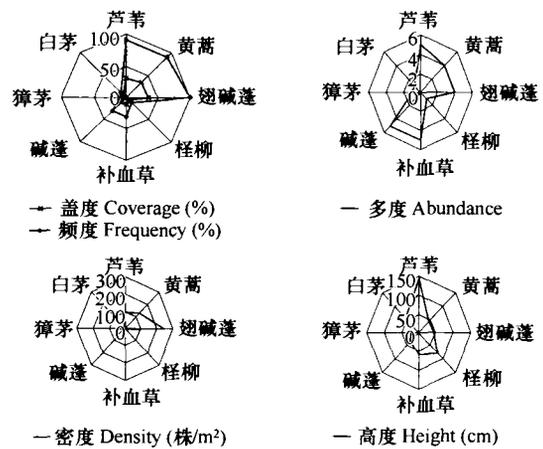


图2 未恢复区典型植被特征雷达图*

Fig.2 Plant characteristics of wetland in the unrestored area

* 白茅 *Imperata cylindrical*, 怪柳 *Tamarix chinensis*, 獐茅 *Aeluropus litoralis*, 翅碱蓬 *Suaeda heteroptera*, 芦苇 *Phragmites australis*, 黄蒿 *Herba Artemisiae Annuae*, 碱蓬-*Suaeda glauca*, 补血草 *Limoninum bicolor*

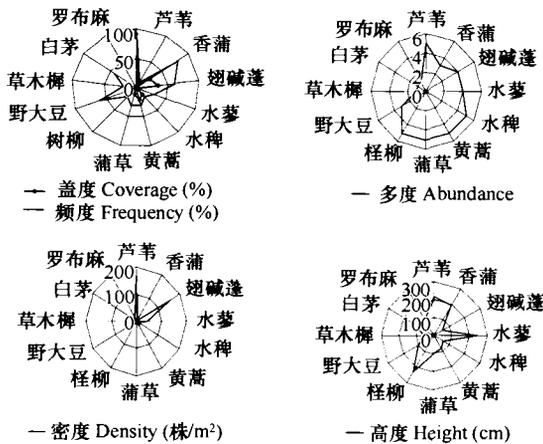


图3 恢复区典型植被特征雷达图*

Fig.3 Plant characteristics of wetland in the restored area

* 白茅 *Imperata cylindrical*, 怪柳 *Tamarix chinensis*, 翅碱蓬 *Suaeda heteroptera*, 芦苇 *Phragmites australis*, 黄蒿 *Herba Artemisiae Annuae*, 香蒲 *Typha orientalis*, 水蓼 *Polygonum hydropipe*, 蒲草 *Lepironia articulate*, 野大豆 *Glycine sojasieb*, 草木樨 *Melilotus suaveolens*, 罗布麻 *Apocyman venetum*

3.5 湿地土壤有机质含量特征

土壤有机质指土壤中来源于动植物的所有有机物质,是植物和微生物养料的主要来源,其含量的多少,是土壤肥力高低的一个重要指标。两区土壤有机质含量相比较可以发现,恢复区不同深度土壤有机质含量要略低于未恢复区(图7)。恢复区水源充足,植物生长旺盛,但土壤有机质含量低于未恢复区的主要原因在于:区内封育的芦苇作为经济植物资源,收割后不利于土壤有机质的累积。在该区内,水湿条件较好,有利于微生物的活动,枯枝落叶的分解速度较快,有机质含量相对

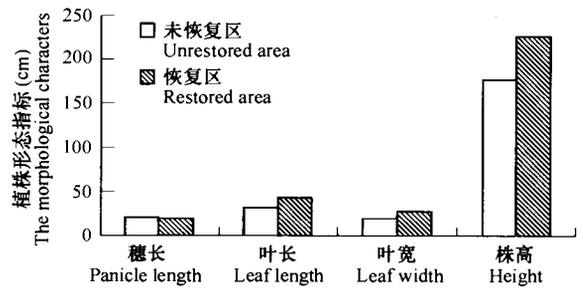


图4 两区湿地芦苇植株形态特征

Fig.4 The morphological characters of reed in the two areas

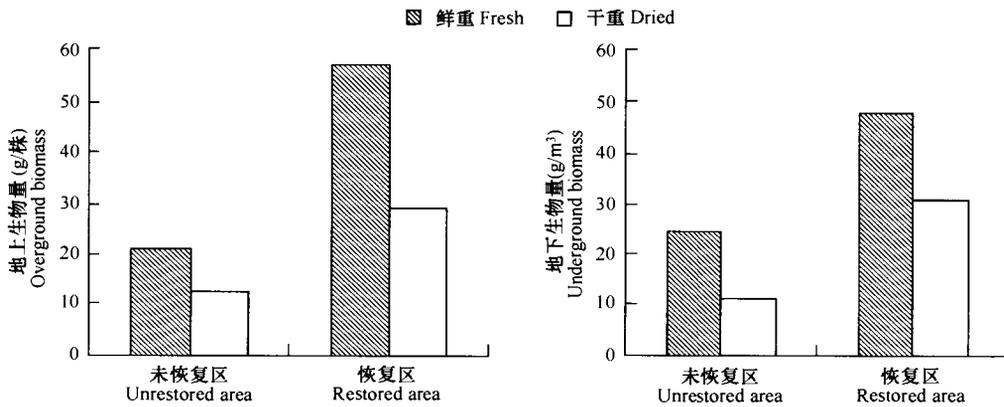


图5 湿地芦苇生物量比较示意图

Fig.5 The biomass of reed in the wetland

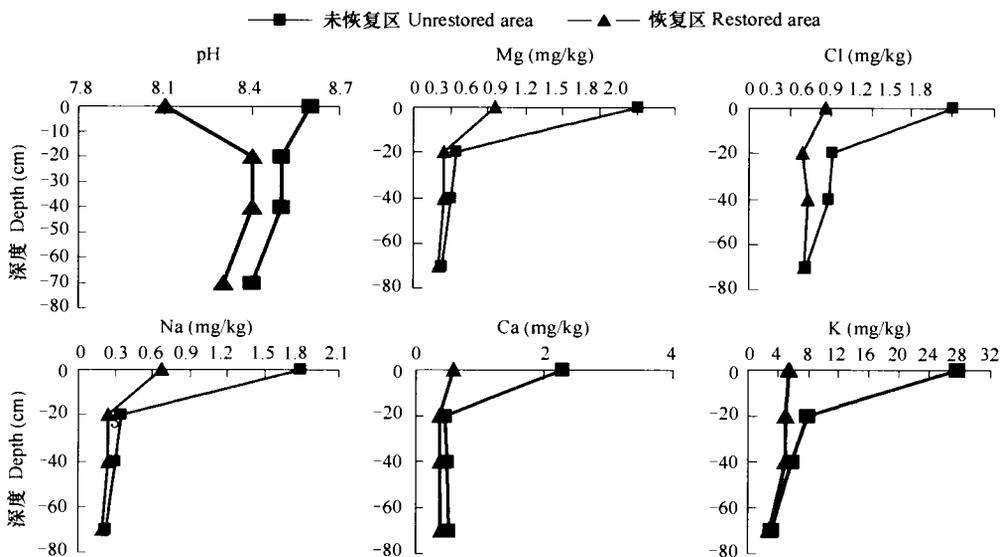


图6 两区湿地土壤 pH 及盐分现状比较示意图

Fig.6 The comparison of soil salt and pH status in the wetland of the two areas

较低。同时,由于引黄河水灌溉湿地,大量淤积泥沙形成的新生湿地土壤本身肥力不高,这也是恢复区表层土壤有机质含量较低的重要原因。未恢复区土壤有机质含量略高于恢复区,但仍处于较低水平,主要是由于雨

水不充足,植物生长量低,不利于土壤有机质的积累,加之新生湿地成土年龄短,所以含量普遍较低,这也是黄河三角洲湿地土壤的一项主要特征。

3.6 湿地土壤含水量特征

在未恢复区内,枯水季节期间裸地面积所占总面积比例较大,在60%以上。因此,不同深度土壤的含水量可以作为反映该区土壤对湿地生态系统的适宜性。在采集土壤样品的同时,现场进行土壤含水量测定,统计分析结果如图8所示。

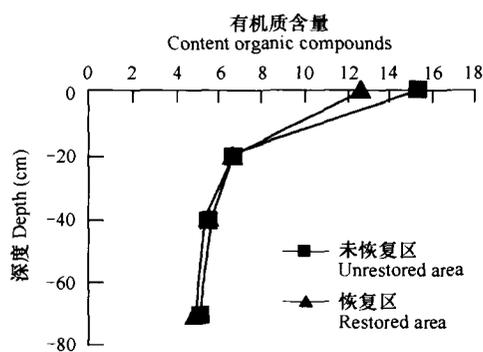


图7 湿地土壤有机质含量(mg/kg)

Fig.7 Content of organic compounds in the wetland soil

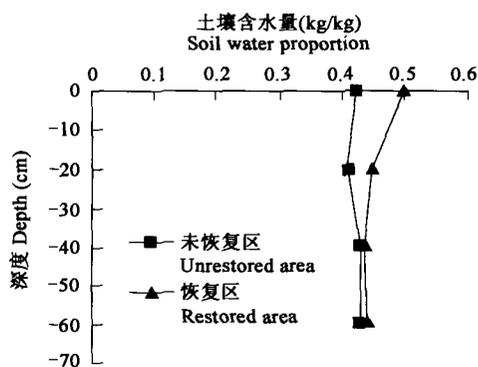


图8 湿地土壤含水量(kg/kg)

Fig.8 The water proportion of wetland soil

未恢复区表层土壤含水量较低,而80及100cm的深层土壤由于接近地下水位,含水量略高,但仍处于较低水平。直接反映出了水资源的短缺,也是该区不适于水生动植物生长的主要原因。而恢复区由于地势西高东低,所以在枯水季节内,该区西部仍存在相对较大面积的裸地。

比较结果发现,枯水季节内,恢复区不同深度土壤的含水量均明显高于未恢复区,尤以表层土壤含水量最为显著,升幅达18.25%。一方面因为恢复工程不断灌水保持土壤湿润,同时还随着植被盖度的不断提高,削弱了近地层的风速,降低地面温度,因而引起蒸发量的降低,土壤持水能力的提高,从而提高土壤含水量。

此外,在恢复区内,芦苇湿地面积增大后,飞禽鸟类有充足的食物,由此成为鸟类理想栖息地。在该区内发现了丰富的珍稀濒危鸟类资源,主要有丹顶鹤(*Grus japonensis*)、大白鹭(*Egretta alba modestus* (J. E. Gray))、草鹭(*Ardeidae purpurea manilensis* Mcyen)、苍鹭(*Ardea cinerea jouyi*. Clark)、黑嘴鸥(*Lariformes saundersi* (Swinhoe))、小天鹅(*Cygnus columbianus jankowskii* Alpheraky)、绿翅鸭(*Auas creca crecca* Linnaeus)、中华秋沙鸭(*Mergus squamatus* Gould)、斑嘴鸭(*Auas poecilorhyncha zonorhyncha* Swinhoe)等等。而未恢复区内,没有发现长期栖息在此的鸟类,只是偶尔见到在此停留。

在黄河三角洲芦苇湿地生态环境恢复的同时,芦苇作为一种湿地植物资源,也为当地经济发展增加了创收的机会;同时,桤柳等经济植物以及珍稀鱼类资源也可以增加经济效益;湿地水环境恢复良好,珍稀鸟类与湿地独特生境组成的天然景观资源还具有开发生态旅游潜力。实施恢复工程后,仅恢复区芦苇资源每年可为当地创收数万元。

4 结论

(1)水作为湿地的控制因子,同时也是湿地恢复的关键因素。适宜的水量供给,并保证地表径流畅通,不断的更新水体,对湿地水质的改善、水生植物群落的正向演替、保护生物多样性、优化生态系统结构、增强湿地生态功能和资源提供能力都有非常明显的促进作用,达到在人工调控水量下湿地自然恢复的目的。

(2)在向湿地灌水的同时,也应保证尾水排放的畅通性,进行合理灌、排,由此可快速溶洗土壤中的盐分、改善水质,达到优化湿地生境的目的。

(3)根据试区的气候及水文条件,实施合理的水资源管理措施及严格的辅助管理措施,进行湿地灌、排水

的人工调控,可以起到促进湿地恢复的作用。

(4)湿地恢复的主要目的是提高湿地的生态效益,同时也应重视社会和经济效益,保证在不断提高生态效益的前提下,能实现区域社会、经济与生态效益的协调发展。

(5)此次恢复工程实施比较成功,对在湿地类型多、分布广的黄河三角洲内进一步扩大恢复范围与规模提供了借鉴实例,具有一定的指导意义。

References:

- [1] Heikkilä H, Lindholm T. The basis of mire restoration in Finland. In: B D, W J. Fojt and Robertson eds. Restoration of Temperate Wetland. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1995. 549 ~ 556.
- [2] Eduardo R F. The role of restoration in sustainable bio- resources management. Natural Resources Form, 1999, 23: 79 ~ 80.
- [3] Jay S W, Suzanne E B. Restoration of a Canadian prairie wetland with agricultural and municipal wastewater. Environmental Management, 1999, 24(1): 25 ~ 37.
- [4] Zhang Y Z, Wang X. A review of ecological restoration studies in natural wetland. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(1): 309 ~ 314.
- [5] Zhou J, Tachibana H, Li W, et al. An overview of studies on the restoration and reconstruction of disturbed wetland vegetation communities. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(5): 561 ~ 572.
- [6] Gert R. Selecting target species to evaluate the success of wet grassland restoration. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 98: 227 ~ 246.
- [7] William J M, Naiming W. Large-scale coastal wetland restoration on the Laurentian Great Lakes: Determining the potential for water quality improvement. Ecological Engineering, 2000, 15: 267 ~ 282.
- [8] Line R, Suzanne C, Jean L B. Does prolonged Flooding prevent or enhance regeneration and growth of Sphagnum? Aquatic Botany, 2002, 74: 327 ~ 341.
- [9] Richard M, Petrone J S, Price J M, et al. Surface moisture and energy exchange from a restored peatland, Que'bec, Canada. Journal of Hydrology, 2004, 295: 198 ~ 210.
- [10] Kennedy G W, Price J S. A conceptual model of volume-change controls on the hydrology of cutover peats. Journal of Hydrology, 2005, 302: 13 ~ 27.
- [11] Ulrich W, Thomas K, Anton L, et al. Cultivation of Typha spp. in constructed wetland for peatland restoration. Ecological Engineering, 2001, 17: 49 ~ 54.
- [12] Schipper L A, Clarkson B R, Vojvodi V M, et al. Restoring cut-over restored peat bogs: A factorial experiment of nutrients, seed and cultivation. Ecological Engineering, 2002, 19: 29 ~ 40.
- [13] Stephan G, Karsten K, Mike D, et al. Dissolved organic matter properties and their relationship to carbon dioxide efflux from restored peat bogs. Geoderma, 2003, 113: 397 ~ 411.
- [14] Schot P P, Dekker S C, Poot A. The dynamic form of rainwater lenses in drained fens. Journal of Hydrology, 2004, 293: 74 ~ 84.
- [15] Ni X M, Chen M, Zhou Y J, et al. Study the restoration and regulation of aquatic vegetation in DongHu. Conservation & research of wetlands in China. Changchun: Jiling Science Technology Press, 1995, 271 ~ 221.
- [16] Liu J K. Studies on the Ecology of Lake Donghu (II). Beijing: Science Press, 1995.
- [17] Liu J K. Studies on the Ecology of Lake Donghu (I). Beijing: Science Press, 1990.
- [18] Xu M Q, Huang Y Y. Restoration and reestablishment of the damaged ecosystem of inland waters. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(5): 547 ~ 558.
- [19] Jin X C. Environment of Lake in China. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1995.
- [20] Zhang S, Tang Y. Study on water pollution control for Baiyangdian Lake Area (I): Environmental characteristics and management of land/water ecotone. Beijing: Science Press, 1995.
- [21] Luo X Z, Zhu T, Sun G Y. Wetland restoration and reconstruction in Da'an Paleochannel of Songnen Plain. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(2): 244 ~ 250.
- [22] Tian Y B, Xiong M B, Song G Y. Study on Change of Soil Organic Matter in the Process of Wetland Ecological Restoration in Ruergai Plateau. Wetland Science, 2004, 2(2): 88 ~ 93.
- [23] Bao S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis, Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000.
- [24] Koleff P, Gaston K J. Latitudinal gradients in diversity: real patterns and random models. Ecography, 2001, 24: 341 ~ 351.
- [25] Patricia K, Kevin J G, Jack J L. Measuring beta diversity for presence-absence data. Journal of Animal Ecology, 2003, 72: 367 ~ 392.
- [26] Wilson M V, Shmida A. Measuring beta diversity with presence-absence data. Journal of Ecology, 1984, 72: 1055 ~ 1064.
- [27] Clevering O A. An investigation into the effects of nitrogen on growth and morphology of stable and die-back populations Phragmites australis. Aquatic Botany, 1998, 60: 11 ~ 25.

参考文献:

- [4] 张永泽,王焯.自然湿地生态恢复研究综述.生态学报, 2001, 21(2): 309 ~ 314
- [5] 周进, Tachibana H, 李伟, 等.受损湿地植被的恢复与重建研究进展.植物生态学报, 2001, 21(5): 561 ~ 572.
- [15] 倪学明, 陈路, 周远捷, 等.东湖水生植被恢复与调控技术研究.见: 陈宜瑜主编.中国湿地研究.长春:吉林科学技术出版社, 1995: 271 ~ 221.
- [16] 刘建康.东湖生态学研究(二).北京:科学出版社, 1995.
- [17] 刘建康.东湖生态学研究(一).北京:科学出版社, 1990.
- [18] 许木启, 黄玉瑶.受损水域生态系统恢复与重建研究.生态学报, 1998, 18(5): 547 ~ 558.
- [19] 金相灿, 等.中国湖泊环境(第一册).北京:中国环境科学出版社, 1995.
- [20] 章申, 唐以.白洋淀区域水污染控制研究(第一集).北京:科学出版社, 1995.
- [21] 罗新正, 朱坦, 孙广友.松嫩平原大安古河道湿地的恢复与重建.生态学报, 2003, 23(2): 244 ~ 250.
- [22] 田应兵, 熊明彪, 宋光煜.若尔盖高原湿地生态恢复过程中土壤有机质的变化研究.湿地科学, 2004, 2(2): 88 ~ 93.
- [23] 鲍士旦.土壤农化分析.北京:中国农业出版社, 2005.