

松嫩平原大安古河道湿地的恢复与重建

罗新正¹, 朱 坦¹, 孙广友²

(1. 南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071; 2. 中国科学院长春地理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要:近半个世纪以来,松嫩平原大安古河道湿地退化严重,湿地提供资源的能力和生态功能逐渐丧失,生态环境日益恶化。为改善区域生态环境和居住条件,1994~2000年,湿地的恢复和重建试验在大安古河道试区展开。在恢复地表径流循环的基础上,试验重点在于扩大湿地面积、消减湿地水土的盐分和提高湿地生物多样性。至2000年,试区湿地面积增加550hm²,湿地水土含盐量下降30%~80%,湿地植被盖度提高30%~40%,水禽从无到有,已增至数十种。试验表明,以恢复地表径流为核心措施的湿地恢复与重建具有可行性。此项研究对于松嫩平原其他湿地的恢复和重建,促进其资源和生态功能再生具有指导作用。

关键词:松嫩平原;大安古河道;湿地;恢复;重建

Wetland restoration and reconstruction in Da'an Paleochannel of Songnen Plain

LUO Xin-Zheng¹, ZHU Tan¹, SUN Guang-You² (1. Environmental Science and Engineering College, Nankai University, Tianjin, 300071, China; 2. Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130021, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 244~250.

Abstract: Wetlands of Da'an Paleochannel in Songnen Plain were seriously deteriorating in the past fifty years. They were gradually losing the ability to provide resources and the ecological functions, and the ecological environment was worsening. An experiment has been launched in Da'an Paleochannel from 1994 to 2000 in order to improve the regional ecological environment and the inhabited conditions. The experiment focused on enlarging the area, desalting water and soil and raising the bio-diversity of the wetlands by restoring surface flows. By 2000, the area of wetlands has increased by 550 hectares, salinity in water and soil decreased by 30%~80%, the coverage of the vegetation increased by 30%~40%, and waterfowls increased out of nothing to dozens of kinds in the experimental area. The experiment indicates that it is feasible to restore and reconstruct wetlands through approaches centering on the surface flow restoration. The study could be a guidance to restore and reconstruct other wetlands in Songnen Plain, and to promote regeneration of their resources and ecological functions thereby.

Key words: Songnen Plain; Da'an Paleochannel; wetland; restoration; reconstruction

文章编号: 1000-0933(2003)02-0244-07 中图分类号: F323.2, P941.78, X171.4 文献标识码: A

基金项目:中国科学院湿地创新资助项目(KZCX2-302);迁西县生态环境规划资助项目

收稿日期:2002-04-12; **修订日期:**2002-07-18

作者简介:罗新正(1965~),男,河南临颍人,博士,副研究员。主要从事区域生态环境与资源研究。xzhluo@sohu.com

致谢:1994~2000年共同参加湿地恢复和重建调查、试验和研究工作的还有易富科、杨慧媛、杨富亿、张小平和宋玉祥等同志,水和土壤样品由王国平、张玉霞、徐小峰同志协助测试,在此谨致谢意。

Foundation item: Financially supported by wetland creation item of CAS(No. KZCX2-302) and ecological environment plan item of Qianxi County

Received date: 2002-04-12; **Accepted date:** 2002-07-18

Biography: LUO Xin-Zheng, Doctor, Associate Professor. Mainly engaging in research of regional environment and resources. Email: xzhluo@sohu.com

湿地是长期或季节性被水淹没或饱和的土地,具有不可替代的提供资源的能力和生态功能。近半个世纪以来,由于人类活动和气候变化的影响,湿地一直处于面积不断减少、环境不断恶化、功能不断减弱的过程之中,局部地区湿地的退化甚至危及到了人类的生存。湿地的恢复与重建日益受到关注^[1~5]。中国、美国、加拿大、瑞典、芬兰等国在湿地恢复和重建方面做了大量研究。中国、美国湿地恢复和重建的重点在于消除河流湿地和湖泊湿地的污染和富营养化,加拿大、瑞典和芬兰则主要侧重于扩大沼泽湿地和湖泊湿地的面积,恢复贫营养沼泽^[1,4~8]。过去湿地恢复和重建的对象主要是淡水湿地,有关内陆盐碱湿地恢复和重建的研究还鲜见报端,其研究的深度和广度有待于进一步加强。

松嫩平原是我国内陆盐碱湿地的主要分布区,盐碱湿地面积已达 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[9],尤其是平原中部的古河道区,湿地分布集中,湿地的盐渍化程度更强,生态环境恶化,呈现荒漠化景观。内流化是松嫩平原湿地退化为盐碱湿地的主要原因。1994~2000 年,在大安古河道进行的湿地恢复和重建试验,遵循“盐随水来,盐随水走”的规律,通过恢复地表径流循环,增加湿地水量并洗盐洗碱,以达到扩大湿地面积、改善湿地水质、土质和增强湿地生态功能的目的。

1 试验区概况

试验区位于松嫩平原中部的大安古河道北端,月亮泡水库南 15km,大安市区西北 30km 处,东临嫩江,中心地理坐标为 $45^{\circ}38'20''\text{N}$, $124^{\circ}03'30''\text{E}$ 。地形为嫩江冲积低平原,微地貌由一级阶地和高、低河漫滩构成。

试区属于温带大陆性季风气候。年均温 5.5°C ,最热月(7 月份)平均气温 23.5°C ,最冷月(1 月份)平均气温 -19°C 。降水较少,蒸发旺盛。年降水量为 402.1mm,集中夏季,6~8 月份降水量占全年的 76.55%。年蒸发量高达 1466.3mm,干旱指数达到 3.65。

试区内湿地以串珠状分布在大安古河道底部,主要湖泊湿地有韩福元泡(350hm^2)、根宝店泡(250hm^2)、小榆树泡(100hm^2)和腰泡(30hm^2);季节性沼泽湿地有西甸子沼泽(300hm^2)和塔头塘沼泽(450hm^2)。20 世纪 40 年代以后,由于堤防的陆续修建,使得上述湿地均处于闭流状态(图 1)。

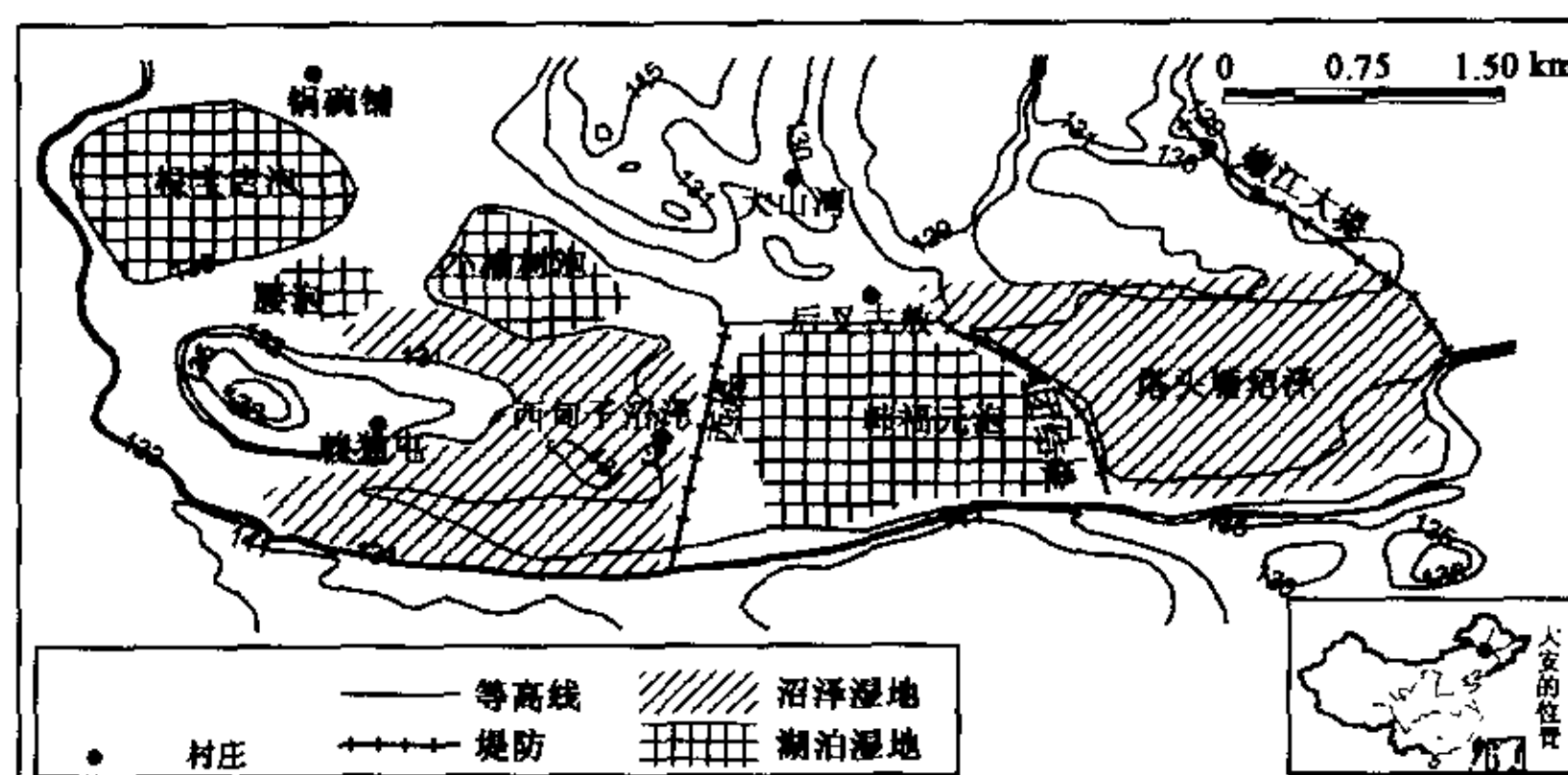


图 1 1993 年试区湿地和堤防的分布

Fig. 1 Distribution of wetlands and dikes in the experimental area in 1993

村庄 Village, 等高线 Contour, 堤防 Dike, 沼泽湿地 Marsh wetland, 湖泊湿地 Lake wetland

干燥的气候和区域内流化使湿地逐渐退化,湿地生态系统组成和结构遭到严重破坏,生态环境日益恶化。在强烈的蒸发作用下,内流化的湖泊湿地和季节性沼泽湿地成为盐分的积累区,使得湿地的水体和土壤严重盐渍化(表 1~2)。

表 1 1993 年韩福元湖泊湿地水体盐分状况

Table 1 Water's salt-status in Hanfuyuan Lake Wetland (mg/L)

pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺
8.7	1573.80	198.80	2.00	32.80	42.08	44.99	604.91

由于湿地水、土盐碱化,根宝店泡和韩福元泡湖泊湿地的岸滩成为不毛之地,水中无鱼虾,湖泊少水禽。沼泽湿地植被多由耐盐碱的盐生植物构成(表 3)。

表 2 1993 年试区湿地土壤盐分状况

Table 2 Soil's salt-status of wetland in the experimental area in 1993 (mg/kg)

区域 Area	深度(cm) Depth	pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	全盐(%) Total salt
西北湖泊区 Xibei huboqu	0~9	9.01	10	579	22	54	58	966	32	69.9	0.18
	9~22	8.35	3.6	100	62	40	0	468	34	22.5	0.07
	22~58	8.07	2.8	53	70	37	0	351	34	13.9	0.06
	58~128	8.2	3.6	46	77	42	0	322	41	20.6	0.06
西甸子 Xidianzi	0~11	8.85	9.7	1600	320	369	403.2	3045	—	10	0.59
	11~30	9.95	5.7	210	112	134	374	1446	51	10	0.25
	30~55	9.97	5	97	82	55	0	468	50	2	0.08
	55~116	8.47	4.3	53	90	15	0	340	30	1	0.05
	116~130	8.5	5	80	82	31	0	351	62	3	0.06
塔头塘 Tatoutang	0~3	9.02	17.2	1049.9	32.2	38.7	68	1652	79.9	138	0.18
	3~10	8.43	18.7	119.3	198.2	165.9	150	348	53	0	0.24
	10~15	8.06	3.4	12.8	90.1	81	14	348	67	0	0.06

表 3 1993 年试区沼泽湿地植物群落特征

Table 3 Plant community characteristics of marsh wetland in the experimental area in 1993

区域 Area	群落类型 Type	高度 Height (cm)	盖度 Coverage (%)
塔头塘 Tatoutang	香蒲-蕨草 <i>Typha latifolia-Scirpus Komarovii</i> comm.	200~250	80
	羊草-星星草-寸草苔 <i>Aneurolepidium chinense-Puccinellia tenuiflora-Cares duriuscula</i> comm.	5~40	40~60
西甸子 Xidianzi	鹅绒萎萎菜-寸草苔-星星草 <i>Potentilla anserine-Puccinellia tenuiflora-Cares duriuscula</i> comm.	2~20	45~50
	羊草-星星草-寸草苔 <i>Aneurolepidium chinense-Puccinellia tenuiflora-Cares duriuscula</i> comm.	5~35	50~60
	寸草苔-星星草 <i>Cares duriuscula-Puccinellia tenuiflora</i> comm.	3~35	50~60
	羊草-星星草-碱地蒲公英 <i>Aneurolepidium chinense-Puccinellia tenuiflora-Taraxacum sinicum</i> comm.	30~40	60~70
	虎尾草-星星草-碱毛茛 <i>Chloris virgata-Puccinellia tenuiflora-Halerpestes ruthennica</i> comm.	2~15	50

2 研究方法

2.1 湿地恢复与重建原则

①地域性原则 根据地理位置、气候特点、湿地类型和功能要求等因素,制定适当的湿地生态恢复与重建策略和技术途径。

②生态学原则 根据生态系统自身的演替规律分步骤、分阶段进行恢复和重建,并根据生态位和生物多样性原则来构建生态系统结构和生物群落,使物质循环和能量转化处于最大利用和最优循环状态,达到水文、植被和动物同步和谐演替。

2.2 湿地恢复与重建目标

①恢复湿地水状况 通过恢复湿地的水文条件,改善湿地水环境质量,降低试区湿地水体含盐量,使其适宜水生动植物生存。

②恢复湿地植被和土壤 使其具有一定的植被盖度和土壤肥力。利用地表径流循环,降低试区湿地土

壤盐分含量,逐年提高植被盖度。

③增加物种组成和生物多样性 恢复生物群落,提高湿地生态系统的生产力和自我维持能力。恢复湿地景观,增加视觉和美学享受。

④实现区域生态、社会和经济可持续发展^[2] 在恢复和重建天然湿地的基础上,增加人工湿地——稻田,以提高试区生态环境质量,发展农村经济,稳定社会。

2.3 湿地恢复与重建技术

通过湿地生境恢复,特别是湿地水状况恢复,实现生物、土壤的自动调节和自动恢复^[3]。湿地水状况恢复包括湿地水文条件的恢复和湿地水环境质量的改善。水文条件的恢复通过修建灌排水渠、排水渠等水利工程来实现,湿地水环境质量改善则主要通过水体循环来实现。

2.4 湿地恢复与重建实施方案

2.4.1 建设湿地恢复与重建工程 1994年,利用月亮泡水库水源在试区开始湿地恢复与重建试验。月亮泡水库提灌站,始建于20世纪70年代,装机容量240kW,提水能力5400m³/h,长期搁置。试验开始后,提灌站重新投入使用,并经1997年更新改造,提灌站装机容量增至750kW,提水能力增至16875m³/h。同时,主灌渠加宽增深,底宽5m,顶宽15m,深5m,过水能力达9000m³/h,每年向试区供水324万m³。

1995年在试区修建主排渠和排水站,解决试区的尾水排泄问题。改造团结堤,增建过堤涵,建成近东西向贯通团结堤的“一”字型长约3000m的主排渠,沟通了塔头塘和韩福元泡,排水站建在团结堤南端东侧,与主排渠之间有长约700m的引水渠相连(图2)。排水站安装5台机泵,排水能力达2900~3000m³/h,每年排水108万m³。

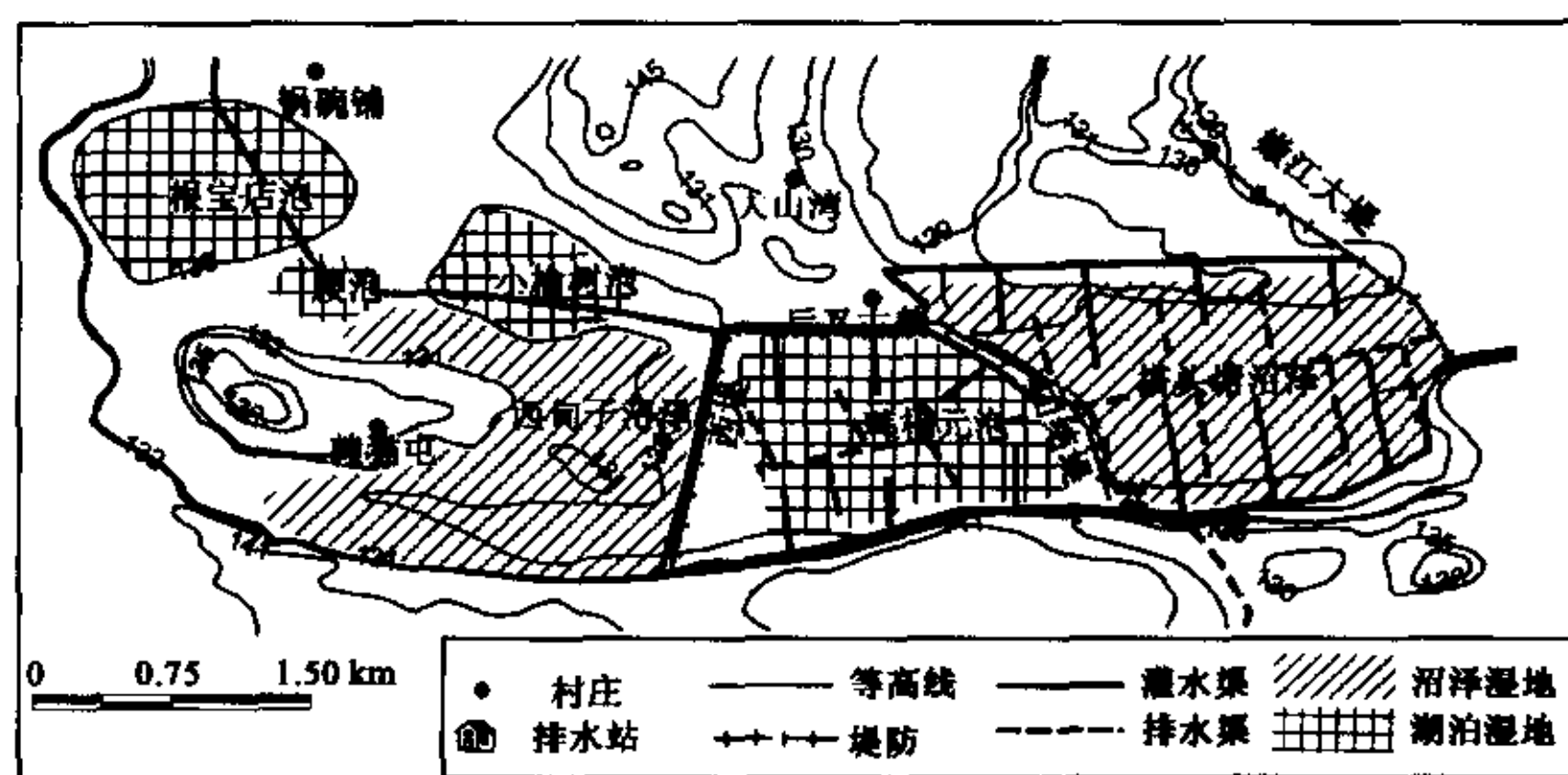


图2 试区湿地恢复和重建工程分布

Fig. 2 Distribution of works of wetland restoration and reconstruction in the experimental area

村庄 Village, 等高线 Contour, 堤防 Dike, 排水站 Drainage station, 灌水渠 Irrigation canal, 排水渠 Escape canal, 沼泽湿地 Marsh wetland, 湖泊湿地 Lake wetland

2.4.2 水资源管理 受气候的影响,试区内湿地盐分积累具有明显的季节性。春季4、5月份为一年中的主要积盐期,秋季9、10月份为一年中的次要积盐期,其他季节盐分积累不明显。

针对上述的湿地积盐变化规律,为提高洗盐脱碱效率,制订下列方案:每年5月下旬开始对湿地灌水、浸泡和排水,以3~5d为周期,反复冲洗秋、春季累积在湿地表层的盐分;进入6月份,灌排周期延长至7~15d。多年得出的灌排调控规律是根据实际情况,确定灌水数量,尾水及时排出;灌排周期逐渐加长,灌水量逐渐减少。

2.4.3 确立湿地恢复与重建模式 (1)湖泊湿地的恢复和重建 经过渠系改造和人工灌排水调控,促进水体更新。将根宝店泡、小榆树泡和腰泡的水位提高至129m,水深保持在2.5m上下,促进湖泊湿地的自然

恢复和重建。

(2)沼泽湿地的恢复和重建 沼泽湿地承载的牲畜压力过大,其恢复与重建过程必须避开牲畜的干扰。在西甸子季节性沼泽湿地,选择具有代表性的虎尾草-星星草-碱毛茛群落分布区,通过人工调控灌、排水,进行湿地的恢复与重建。面积 $50 \times 50 \text{m}^2$,碱斑占 30%。四周围以铁蒺藜,防止牲畜进入。

(3)人工湿地-稻田的建立 试区内的叉古敖村(包括后叉古敖、赖猫屯、大山湾和锅碗铺自然村)过去贫穷落后,依靠坡岗沙地种植旱田,产量低,干旱年份常颗粒不收,生活水平非常低。稻田既具有和季节性沼泽湿地相近的生态功能,又具有较高的稻谷产量。为改善生态环境并解除当地贫困,遂于湿地周围干地上开辟人工湿地——稻田。至 2000 年,环韩福元湖泊湿地开辟稻田 300hm^2 ,环塔头塘沼泽湿地开辟稻田 250hm^2 。

3 结果

3.1 湿地水体盐分降低

在水资源的人工调控下,及时的灌排水使试区湿地水体得到不断的更新,水体含盐量不断降低,水质基本淡化(表 4)。

表 4 试区湖泊湿地水体盐分状况变化

Table 4 Salt-status change of water of lake wetland in the experimental area (mg/L)

区域 Area	年份 Year	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	CO_3^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	总盐 Total salt
小榆树泡	1997	8.76	409.92	24.85	3.08	1.00	14.40	18.04	12.16	139.85		623.30
Xiaoyushupao	1999	7.98	212.28	19.52	3.16	3.00	0.00	32.06	5.54	35.21	1.11	311.88
韩福元泡	1994	8.07	1573.80	198.80	32.80	2.00	0.00	42.08	44.99	604.91		2499.38
Hanfuyuanpao	1997	8.56	651.48	72.26	14.88	4.00	18.00	24.05	17.02	255.45		1057.14
	1999	7.79	556.32	26.63	3.20	1.00	0.00	28.06	41.34	140.51	0.99	798.05
	2000	7.93	329.49	22.16	3.16	2.50	0.00	70.42	4.79	62.42	1.99	496.93

3.2 湿地土壤盐分减少

多年来,依靠地表径流循环洗盐洗碱,湿地土壤含盐量大幅度下降,部分湿地土壤已由盐渍土转化为非盐渍土。

测试结果表明,韩福元泡稻田湿地 80cm 深土体的平均含盐量由 1998 年时的 1771.22mg/kg 降至 2000 年的 1027.93mg/kg 。至 2000 年,西甸子季节性沼泽湿地碱斑面积减少 25%,表层 30cm 土壤含盐量显著降低(表 5)。

表 5 西甸子沼泽湿地土壤含盐量的变化 (mg/kg)

Table 5 Salt change of soil of marsh wetland in Xidianzi

年份 Year	0~10cm	10~30cm	30~55cm	50~110cm
1995	5851.00	2500.70	778.05	546.20
2000	2729.77	2467.61	1499.87	780.82

3.3 湿地生物多样性增加

湿地恢复与重建之前,湖泊湿地植被缺乏,湖岸多为荒凉的盐碱滩。至 2000 年,湖泊湿地岸滩及浅水区植被得到恢复,植物种类增多,生长茂盛。

腰泡湖泊湿地植被状况显著改观(表 6)。

表 6 2000 年腰泡湖泊湿地的植被状况

Table 6 Plant-status in Yaopao Lake Wetland in 2000

种类 Type	盖度(%) Coverage	密度(株/ m^2) Density	平均高度(cm) Average height	鲜重(kg/m^2) Fresh weight	面积比(%) Area ratio
芦苇 <i>Phragmites communis</i>	90	400	200	1.5	14
香蒲 <i>Typha latifolia</i>	80	43	300	5.04	45
荇菜 <i>Nymphoides peltata</i>	50	—	—	—	26
荆三棱 <i>Scirpus fluviatilis</i>	55	296	28	0.43	2
水葱 <i>Scirpus tabernaemontani</i>	60	64	80	0.64	1

西甸子季节性沼泽湿地保护区植被状况显著改变。植被类型由虎尾草-星星草-碱毛茛群落,演替为羊草-星星草-碱地蒲公英群落,草被层高度由原来 2~4cm 增至 30~40cm,盖度由原来 50%增至 80%左右。

随着试区内湿地水、土条件改善,水生、湿生植物的种类和数量迅速增加,高度和盖度不断增大。植物为动物提供了充足的食物、有利的隐蔽场所和优越的栖息、繁殖环境条件,动物的种类和数量也逐年增加。湖泊湿地的鱼类以鲤鱼、鲢鱼、草鱼和鲫鱼为主。1998 年之后,小榆树泡鲤鱼和鲢鱼年产量达到 45000kg,年捕获量为 10000kg。鸟类以麻雀、大天鹅、赤膀鸭和鸿雁为主。麻雀主要分布在稻田,水稻成熟季节,多达数万只。夏候鸟大天鹅、鸿雁和留鸟赤膀鸭栖息于芦苇沼泽。大天鹅和鸿雁,常有十几只到几十只,群栖群飞。两栖类以蛙为主,主要分布于稻田。

4 讨论

湿地退化具有不同的原因,湿地的恢复与重建应采取不同的针对性措施。国外主要采取控制污染排放、恢复湿地的物理、化学和生物过程或使地表再湿和提高湖泊水位来恢复与重建湖泊、沼泽湿地。国内长江中、下游平原地区和黄淮海平原地区主要采取氧化塘技术、防止富营养化技术、流域控制技术和多水塘净化技术来恢复与重建湖泊、河流湿地。

大安古河道湿地退化源自湿地与河流之间地表水力联系的丧失。20 世纪 40 年代至 70 年代,嫩江大坝、团结堤和西堤相继建成,阻断了试区湿地与嫩江之间的地表水力联系。嫩江补给湿地的水量逐渐减少直至完全停止。湿地萎缩,水、土盐化。基于大安古河道湿地退化的原因,采取工程措施引入月亮泡水库水源恢复地表径流循环,实施湿地的恢复与重建。地表径流循环恢复后,湿地水体得到补充和更新,水、土含盐量逐渐下降,动、植物种类和数量迅速增加。试验表明:利用工程措施恢复地表径流循环来恢复与重建大安古河道湿地是可行的,并为松嫩平原其他湿地的恢复与重建提供参考模式。

月亮泡水库位于洮儿河与嫩江的交汇处。水库水位变动于 128~133.5m 之间,相应的蓄水量变动于 $0.89 \times 10^8 \sim 11.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间。正常年份的水位为 131m,蓄水量为 $4.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。试区每年从水库提水 $0.0324 \times 10^8 \text{ m}^3$,占正常年份水库蓄水量的 0.68%。目前,大安市只有试区从水库取水,大量的水库水资源汇入嫩江外泄,水库水资源没有得到充分利用。因此,大安古河道湿地恢复与重建的潜力巨大。月亮泡水库和嫩江丰富的水资源正是吉林省目前酝酿中的通过湿地的恢复与重建进行西部生态环境建设的基础条件。

随着大安古河道湿地的恢复与重建,区内地下水埋藏深度变浅,因有灌有排,地下水位的上升幅度有限。塔头塘季节性沼泽湿地枯水季节的地下水埋深,湿地恢复与重建前的 1993 年为 1.5m,2000 年减到 1.0m 左右。尽管地下水埋深变浅有助于蒸发作用的地表积盐,但由于植被盖度增大,植被覆盖削弱了实际蒸发量,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,尤其是周期性地表径流溶洗并带走土壤表层盐分,湿地水土的含盐量仍不断下降。

湿地的恢复与重建,并非机械地复原。在大安古河道湿地的恢复与重建中,人工湿地-稻田的建立,既恢复与重建湿地的生态功能,又兼顾其经济效益。增加稻田使湿地的恢复与重建不仅得到生态效益,还得到经济效益和社会效益。1994~2000 年,试区内水稻单产由 3500 kg/hm^2 增至 8500 kg/hm^2 。叉古敖村人均纯收入由 1995 年的 490 元增至 2000 年的 960 元。居民生活水平不断提高,社会日趋稳定。

5 结论

(1)湿地恢复和重建的关键因素是水。增加湿地水资源供给和不断更新湿地水体是湿地恢复和重建的重要前提。试验表明,恢复地表径流循环、增加水资源补给和湿地水体得到不断更新之后,大安古河道湿地生态系统快速优化,提供资源能力和生态功能迅速恢复,湿地的恢复和重建得以实现。

(2)人工调控湿地水源,合理灌排可加速湿地恢复和重建进程。根据试区的气候条件和土壤积盐规律,适时调控湿地灌、排水,可快速消减湿地水、土中的盐分,迅速优化湿地生态环境。

(3)湿地恢复和重建过程中,在不危及其生态效益的前提下,应同时重视经济效益和社会效益,帮助当地居民脱贫致富。加强恢复与重建区湿地生态环境的持续建设与管理,确保湿地“三大”效益的稳定发挥。

(4)湿地的恢复和重建是区域生态环境建设的重要任务。松嫩平原退化湿地分布广泛,大安古河道湿

地恢复和重建的成功,为松嫩平原大范围、大规模的湿地恢复与重建提供了例证,具有一定的指导作用。

References

- [1] Eduardo R. Fuentes. The role of restoration in sustainable bio-resources management. *Natural Resources Form*, 1999, (23): 79~80.
- [2] Zhang Y Z, Wang X. A review of ecological restoration studies in natural wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 309~314.
- [3] 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.
- [4] Heikkila H, Lindholm T. The basis of mire restoration in Finland. In: B. D. W. J. Fojt and Robertson eds. *Restoration of Temperate Wetlands*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1995. 549~556.
- [5] Jay S White, Suzanne E Bayley. Restoration of a Canadian prairie wetland with agricultural and municipal wastewater. *Environmental Management*, 1999, 24(1): 25~37.
- [6] Li W C. Ecological function and utilization of Taihu lake wetland. In: Chen Y Y ed. *Study on Wetlands of China*. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1995. 191~201.
- [7] Liu Z Q, Liu H Y, Lu X G. Ecological fragility of wetland in Sanjiang Plain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(2): 241~244.
- [8] Chandhari P R and Rekha Sarkar. Threatened wetland and their restoration. In: B. C. Rana, ed. *Damaged Ecosystem and Restoration*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1998. 103~131.
- [9] Luo X Z, Yi F K, Sun G Y. Inquiry about characteristics and agricultural development of weak alkali lake wetlands in Songnen Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(5): 483~486.

参考文献

- [2] 张永泽,王旭. 自然湿地生态恢复研究进展. *生态学报*, 2001, 21(1): 309~314.
- [3] 周进, Hisako Tachibana, 李伟, 等. 受损湿地植被的恢复与重建研究. *植物生态学报*, 2001, 25(5): 561~572.
- [6] 李文朝. 太湖湿地的生态功能与利用. 见陈宜瑜主编. *中国湿地研究*. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995. 191~201.
- [7] 刘振乾, 刘红玉, 吕宪国. 三江平原湿地的生态脆弱性. *应用生态学报*, 2001, 12(2): 241~244.
- [9] 罗新正, 易富科, 孙广友. 松嫩平原弱碱性湖泊湿地特片及其农业开发的探讨. *地理科学*, 2000, 20(5): 483~486.

