

农牧交错区湿地景观动态变化分析

——以内蒙古多伦县为例

胡小龙¹, 李锦荣², 薛博¹, 郭建英²

(1. 内蒙古林业科学研究所, 呼和浩特 010010; 2. 水利部牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010020)

摘要:以典型农牧交错区多伦县三期具有代表性(1987 年、2000 年和 2010 年)的湿地遥感数据为基础,对多伦县湿地时空变化及其驱动力进行分析。结果表明:1987—2010 年,湿地面积呈递减趋势,23 a 共减少了 13 504.63 hm²;其中 1987—2000 年,沼泽湿地变化率为-1.74%,河流水库湿地变化率为-0.12%。2000—2010 年间,多伦县全县沼泽湿地变化率为-4.81%,河流水库湿地变化率为 0.18%。湿地向非湿地转移,约 90% 以上是沼泽湿地向林地、草地和耕地转移,其中 2000 年之后的转移速率是 1987—2000 年转移速率的 1.3 倍。湿地内部转移,1987—2000 年,表现为沼泽湿地净增加,2000—2010 年表现为河流水库净增加。驱动力主成分分析结果显示,气候干热是湿地减少的主要自然因素,由人口数量增加引起的一系列连锁反应是导致湿地面积萎缩的人为原因。正确的政策引导对缓解人口、资源和环境之间的矛盾以及湿地保护都起到了积极作用。

关键词:湿地; 动态变化; 农牧交错区; 多伦县

中图分类号: TP931

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)01-0116-05

Analysis of Dynamic Change in Wetland Landscape in Agro-pastoral Ecotone —A Case Study of Duolun County, Inner Mongolia

HU Xiao-long¹, LI Jin-rong², XUE Bo¹, GUO Jian-ying²

(1. Inner Mongolia Academy of Forestry Science, Hohhot 010010, China;

2. Institutes of Water Resources for Pastoral Area, Hohhot 010020, China)

Abstract: Based on the remote sensing data of wetland in 1987, 2000 and 2010, the spatio-temporal change of wetland in Duolun County and its driving force were analyzed. The result showed that the wetland area increased from 1987 to 2010, and the total reduced area was 13 504.63 hm². The transfer rates of swamp wetland and river-reservoir wetland from 1987 to 2000 were -1.74% and -0.12%, respectively. The transfer rates of swamp wetland and river-reservoir wetland from 2000 to 2010 were -4.81% and 0.18%, respectively. More than 90% of the wetland area was conversed to non-wetland including forestland, grassland and farmland. The transfer rate from 2000 to 2010 was 1.3 times of the rate from 1987 to 2000. Swamp wetland demonstrated the net increase from 1987 to 2000, and river-reservoir wetland presented the net increase from 2000 to 2010 in terms of the internal transfer. The result of principal component analysis of driving force showed that the main natural factors which made wetland decrease were dry and hot climate. Population growth and a series of chain reaction from it led to the decrease of wetland area. Meanwhile, proper policy guide can deal with the conflicts among population, resources and environment, and protect wetland.

Key words: wetland; dynamic change; agro-pastoral ecotone; Duolun County

湿地作为陆地系统与水域系统相互作用的过渡地带,与海洋、森林并称三大生态系统,是多功能的独

特生态系统,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。因湿地具有重要的水

收稿日期: 2012-07-29

修回日期: 2012-10-09

资助项目: 多伦县滦河源湿地动态演变机制及保护问题的研究(2010MS0608)

作者简介: 胡小龙(1965—),男,内蒙古呼和浩特人,博士,副研究员,主要从事水土保持与荒漠化防治方面的研究。E-mail: hushihxl@yahoo.com.cn

通信作者: 李锦荣(1980—),男,内蒙古呼和浩特人,博士,主要从事荒漠化防治方面的研究。E-mail: lijnrong918@126.com

文与化学功能及支持着丰富的生物多样性,从而被形象地喻为“地球之肾”和“生物超市”^[1]。目前,中国国际湿地的总数达到了 30 个,总面积为 357.70 万 hm^2 ^[2];类型较多,几乎囊括《湿地公约》所列出的所有湿地类型。然而,由于人类对湿地功能认识的不足,加之来自生存的压力致使湿地数量减少、质量下降。随着人类认识的提高,对湿地保护的呼声日益增强,但湿地仍处于退化和丧失的过程中^[3-4]。在我国北方地区,湿地在维护生态平衡方面起着不可估量的作用^[5-7]。我国北方草原区处于干旱半干旱地区,年降水量一般都低于 400 mm,湿地的意义重大,然而随着人口增长,人们为了生存开荒造田,大水漫灌,修建水库,严重开采地下水,致使地下水位严重下降。水资源短缺问题的突出,使得湿地入水量呈逐年下降的趋势,加之气候干旱程度的加剧,湿地周边生境由于物质、能量流受到影响,从而导致湿地减少甚至消失。近年我国北方的干旱半干旱草地退化、沙化,湿地面积锐减,恶劣天气增多^[8-9]就是最明显的启示。有生态屏障之称的北方草原区湿地的消减是关系我国生态安全的大事,湿地退缩与消失现象已得到社会各界的广泛关注。我国关于湿地动态变化及驱动力分析的研究主要集中在各流域^[10-13]及北方的湿润草原地区^[14],在干旱区农牧交错带的研究较少。鉴于此,本文以遥感为手段,分析研究多伦县 20 世纪 80 年代以来湿地资源的动态变化,并从自然和人为两方面对多伦县湿地变化的驱动力进行探讨。

1 研究区概况

多伦县地处内蒙古自治区中部、锡林郭勒盟东南部,阴山北麓的东段,浑善达克沙地的东南端,地理位置北纬 $41^{\circ}46'$ — $42^{\circ}36'$,东经 $115^{\circ}51'$ — $116^{\circ}54'$,总面积 $3\,871\text{ km}^2$,平均海拔 $1\,350\text{ m}$,地势南高、北次高、中间低。地貌为低山丘陵、丘陵、河谷洼地和沟谷洼地、山前倾斜平原及高平台、堆积类型沙丘 5 种类型,分别占总县域面积的 21.92%,4.37%,31.62%,20.47%,21.62%。低山丘陵、丘陵主要分布于多伦县的西部和西南部,河谷洼地和沟谷洼地分布于多伦县中南部呈现东北—西南走向;山前倾斜平原及高平台分布在多伦县南部,与河北省接壤;堆积类型沙丘有 3 处集中分布,一处位于多伦县城南部 3 km 处,一处位于多伦中部地区一家河乡南边,一处位于多伦县北部蛇皮河边。湿地主要沿滦河水系分布,北部分布在上都河、蛇皮河以及一家河;中部以滦河主水系为主,分布在大河口水库和西山湾水库;南部是从滦河水系多伦县城以南沿胜利和黑山嘴两个方向分布。

多伦县地处中温型草原带典型草原亚带,属欧亚草原植物区蒙古高原植物省,是蒙古高原东部州的一部分,主要分布有典型草原植被、草甸草原植被、沙地植被、沼泽植被等。全县土壤分为 7 个土类、14 个亚类、29 个土属、59 个土种,其中栗钙土是全县分布最广泛的一种土壤,面积 $271\,923\text{ hm}^2$,占全县总土地面积的 70.26%。年平均气温 $1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期约 95 d。年平均降水量 386 mm 左右,多集中在 6—8 月,占年降水量的 67%;年蒸发量 $1\,925.5\text{ mm}$ 左右,是降水量的 4 倍多。年平均风速为 $4.3\sim 4.7\text{ m/s}$,最大风速可达 24 m/s ;沙尘暴、扬沙及浮尘天气频繁发生;年平均大风日数为 $30\sim 65\text{ d}$;除夏季出现偏东偏南风外,其他季节盛行西北风或西风。

2 资料来源及研究方法

2.1 数据来源及处理

TM 影像为 Landsat 全波段遥感数据,共 3 期(1987 年、2000 年和 2010 年),其空间分辨率为 30 m,每期影像共三景(p123r31, p124r30, p124r31)。其中 1987 年和 2010 年数据为 Landsat 5 TM(国际科技数据服务平台 <http://datamirror.csdb.cn/>),2000 年数据为 Landsat 7 ETM 数据(中国科学院对地观测与数字地球科学中心)。基础地理信息数据包括 1:25 万多伦县全要素数字地图、1:5 万地形图,1:3 万地貌图和水系图,这些辅助数据主要用于图像精校正、辅助分类、综合制图和地学分析。地面调查资料用于监督分类样本训练和精度验证。文中的气象数据来源于多伦县气象局,经济数据来源于《内蒙古统计年鉴》中的旗县篇部分。

2.2 研究方法

遥感影像经过几何校正、大气校正、图像的镶嵌和裁剪,获得研究区遥感影像预处理数据。通过野外调查获得地面解译标志,结合多伦县的土地利用现状以及河流水系的特点,利用 Erdas 2011 完成监督分类。将多伦县的土地利用类型划分为耕地、林地(有林地、灌木林地)、草地(高盖度草地、中盖度草地、低盖度草地)、湿地(河流、水库湿地及沼泽湿地)、居民建设用地以及未利用地(流动沙地)(表 1)。基于土地利用数据,通过 ArcGIS 10.0 对多伦县湿地面积、空间分布以及湿地与非湿地之间的相互转移进行分析,研究多伦县在 20 世纪 80 年代到 21 世纪初湿地动态变化,分析其变化趋势。利用多伦县的气象数据及经济数据,通过主成分分析法,分析湿地变化的主要原因。

表 1 土地利用/覆被分类体系

一级分类	一级编码	二级分类	二级编码	内 涵
耕 地	1	旱 地	11	靠天然降水生长作物的耕地
林 地	2	有林地	21	郁闭度 $\geq 20\%$ 的乔木林地
		灌木林地	22	覆盖度 $\geq 30\%$ 的灌木林地
草 地	3	高盖度草地	31	覆盖度 $\geq 50\%$ 的各类草地
		中盖度草地	32	$20\% \leq \text{覆盖度} < 50\%$ 的各类草地
		低盖度草地	33	$10\% \leq \text{覆盖度} < 20\%$ 的各类草地
水 域	4	河流、水库湿地	41	天然河流以及人工修筑的水区、水库或天然形成的积水区
		沼泽湿地	42	与河流连接的无明显积水的天然湿地,植被盖度一般 $> 15\%$
居民建设用地	5	居民、建设、交通等用地	5	城乡居民地、工矿用地、交通用地等
未利用地	6	流动沙地	6	植被覆盖度 $< 10\%$ 的杂草地、沙地和裸岩、裸土地

3 多伦县湿地空间分布及其变化趋势

根据多伦县 1987 年、2000 年和 2010 年的景观类型的变化(表 2—3)来看,部分景观类型的面积呈现增高—减少—增高的变化趋势,如有林地、灌木林地、高盖度草地、低盖度草地和河流水库湿地;部分景观类型的面积呈现降低—增加—降低的趋势,如耕地、沙地和中盖度草地;另有部分景观呈现逐步降低的趋势,如沼泽湿地;也有表现出缓慢增加趋势,如居民城乡建设用地。

表 2 多伦县 1987 年与 2000 年地类面积变化

地类名称	1987 年 面积/hm ²	2000 年 面积/hm ²	变化量/ hm ²	变化 率/%
耕 地	78875.39	96525.21	17649.82	1.72
河流水库	1774.98	1746.97	-28.01	-0.12
居民城乡建设用地	1960.11	3615.51	1655.40	6.50
沙 地	4368.70	5762.87	1394.17	2.45
有林地	60623.43	14428.51	-46194.93	-5.86
灌木林地	61869.69	48080.96	-13788.73	-1.71
高盖度草地	63420.73	57022.97	-6397.75	-0.78
中盖度草地	35959.89	93253.48	57293.59	12.26
低盖度草地	45867.42	39396.51	-6470.90	-1.09
沼泽湿地	22579.66	17467.00	-5112.67	-1.74

3.1 多伦县湿地面积变化

对多伦县湿地数据进行分析后发现,1987—2010 年这 23 a 间,多伦县湿地面积共减少了 13 504.63 hm²。其中,1987—2000 年间,面积变化最大的是沼泽湿地,共减少了 5 112.66 hm²,变化率为-1.74%;河流水库湿地共减少了 2 800.89 hm²,变化率为-0.12%。2000—2010 年,多伦县全县沼泽湿地共减少了 8 396.15 hm²,变化率为-4.81%,河流水库湿地共增加了 32.19 hm²,变化率为 0.18%(表 2—3)。从图 1 也可以看出,在这 23 a 间,沼泽湿地面积明显

减少,特别是 2000 年以后,沼泽湿地面积减少得更快更多,河流水库的面积变化不明显。

表 3 多伦县 2000 年与 2010 年地类面积变化

地类名称	2000 年 面积/hm ²	2010 年 面积/hm ²	变化 率/%
耕 地	96525.21	17191.54	-8.22
河流水库	1746.97	1779.16	0.18
居民城乡建设用地	3615.51	4651.55	2.87
沙 地	5762.88	3715.28	-3.55
有林地	14428.51	24224.69	6.79
灌木林地	48080.96	102798.92	11.38
高盖度草地	57022.97	108858.85	9.09
中盖度草地	93253.48	55021.50	-4.10
低盖度草地	39396.51	49987.64	2.69
沼泽湿地	17467.00	9070.85	-4.81

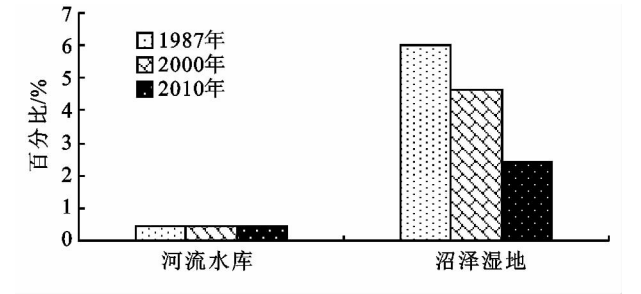


图 1 1987—2010 年多伦县湿地面积变化百分比

3.2 湿地面积变化转移

3.2.1 湿地向非湿地转移 1987—2000 年的 13 a 间,湿地向非湿地的转移主要是湿地转变为耕地、林地(有林地、灌木林地)、草地(高盖度草地、中盖度草地和底盖度草地)和其他用地。湿地向非湿地转移的总面积为 16 744.10 hm²,平均每年转移 1 288.00 hm²。其中,湿地向耕地、林地、草地和其他景观类型分别转移了 2 939.14,5 579.18,8 067.26,15 851.98 hm²,分别占总转移面积的 17.55%,33.32%,48.18%,0.95%(表 4)。湿地的转出以沼泽湿地为

主,占到湿地向非湿地转移面积的 96.53%,河流水库湿地向非湿地的转移面积只占总转移面积的 3.57%。同时,湿地主要转向林地、草地和耕地 3 个景观类型,向其他类型转移的不足 1%。

2000—2010 年,湿地向非湿地转移的面积为 16 909.92 hm²,平均每年转移 1 690.99 hm²,平均转移速度是 2000 年之前的 1.31 倍。其中,湿地向耕地、林地、草地和其他景观类型面积转移的面积分别为

2 469.44,106 66.52,3 678.82,95.14 hm²,分别占转移面积的 14.60%,63.08%,21.76%和 0.56%(表 5)。与 1987—2000 年类似,湿地的转出以沼泽湿地为主,占到湿地向非湿地转移面积的 93.74%,河流水库湿地向非湿地的转移面积只占总转移面积的 6.36%。与 1987—2000 年不同的是,此次湿地主要转出为林地,占到总转移面积的 63.08%,其中有林地占 27.16%,灌木林地占 35.92%。

表 4 1978—2000 年湿地向非湿地转移结果 hm²

湿地	耕地	居民城乡建设用地	沙地	有林地	灌木林地	高盖度草地	中盖度草地	低盖度草地	面积合计
河流水库	36.06	10.50	2.80	294.28	104.08	76.68	39.83	16.89	581.12
沼泽湿地	2903.07	89.98	55.23	1519.37	3661.45	4718.83	2833.49	381.55	16162.98
面积合计	2939.14	100.49	58.03	1813.66	3765.52	4795.51	2873.31	398.44	16744.10

表 5 2000—2010 年湿地向非湿地转移结果 hm²

湿地	耕地	居民城乡建设用地	沙地	有林地	灌木林地	高盖度草地	中盖度草地	低盖度草地	面积合计
河流水库	54.61	21.18	4.02	100.65	575.98	202.35	61.79	38.51	1059.11
沼泽湿地	2414.83	65.64	4.29	4491.82	5498.06	2010.74	1261.63	103.80	15850.81
面积合计	2469.44	86.82	8.31	4592.47	6074.05	2213.09	1323.42	142.31	16909.92

3.2.2 湿地内部转移 1987—2000 年,沼泽湿地向河流水库湿地转移了 359.76 hm²,河流水库向沼泽湿地转移了 495.17 hm²,沼泽湿地净增加了 135.41 hm²,表现出河流水库面积减少、沼泽湿地面积增加的趋势(表 6)。

表 6 1987—2000 年湿地类型间转移结果 hm²

湿地	河流水库	沼泽湿地	合计
河流水库	696.58	495.17	1191.74
沼泽湿地	359.76	6058.06	6417.82
面积合计	1056.34	6553.23	7609.56

2000—2010 年,沼泽湿地转向水库河流的面积为 355.87 hm²,水库河流向沼泽湿地转移 172.59 hm²,沼泽湿地减少 183.27 hm²,河流水库湿地呈增加趋势(表 7)。

表 7 2000—2010 年湿地类型间转移结果 hm²

湿地	河流水库	沼泽湿地	合计
河流水库	514.98	172.59	687.58
沼泽湿地	355.87	1259.62	1615.49
面积合计	870.85	1432.22	2303.06

3.3.3 驱动力分析 驱动力是指导致湿地变化的各种动力因素,从自然因素和人为因素两个方面分析可能引起多伦县湿地变化的主要因素^[15]。本研究的时间尺度是 10~20 a,地质、地貌以及土壤等自然因素不可能发生很大变化,因此在自然因素中气候和水文变化表现最为活跃,对湿地变化影响较大^[16]。自然因素中选择气温、降水和蒸发量;人为因素选择人口

数量、耕地面积、牲畜头数以及政策因素。

(1) 自然因素分析。温度的变化影响水面蒸发的过程和强度,是引起湿地景观改变的因素之一。多伦县 1981—2010 年的平均气温呈波动递增趋势。1981—1990 年平均气温为 2.1℃,1991—2000 年平均气温 2.9℃,2000—2010 年这 10 a 间平均气温达到 3.2℃,平均增幅为 0.37℃/10 a,明显高于全球的平均变化(0.03~0.06℃/10 a)^[17]。当温度升高时,蒸发面的饱和水汽压比较大,饱和差大,就易于蒸发,在其它因素变化不大的条件下,势必会加速蒸发过程,引起沼泽湿地水量减少,使其面积萎缩^[18-19]。特别是 1981—2000 年,气温升高趋势明显,1998 年达到 30 a 最高值 4.3℃。从转移类型来看,1987—2000 年,河流水域向沼泽湿地转移,而原本的沼泽湿润地区向林草地转化,表现出干旱的趋势(图 2a)。

大气降水是湿地的主要补给水源,降水量变化直接影响湿地面积大小^[20]。多伦县地表水主要是靠大气降水补给,降水除蒸发外,大部分形成地表径流补给河流,或潜入地下补给地下水。从多伦县近 30 a 的降水量变化趋势来看,降水量减少影响河流径流量进而影响湿地的变化(图 2b)。

由于水面的蒸发量可反映大气控制各种下垫面蒸发过程的能力,亦即大气向植物(或下垫面)夺取水分的能力,可见水面蒸发量可直接度量大气的干旱程度。根据观测资料,除个别年份外,年均蒸发量曲线呈现较规律的变化。蒸发量在 2000 年之前表现出较

高水平, 年均蒸发量介于 1 590.1~1 869.2 mm; 2001—2010 年均蒸发量陡然下降, 平均蒸发量 1 197.5 mm。造成这一现象的原因主要可能是 2000 年以后地表覆被增加, 蒸发量减小(图 2c)。蒸发量是与温度相对应的气象因子, 蒸发量的大小通常与温度

成正比, 而研究区由于地表植被的增加, 致使蒸发量减少, 与气温增加趋势出现不一致。2000 年之后, 蒸发量呈现减少趋势, 而湿地面积继续在减少或消失, 这一现象说明 2000 年之后蒸发量的减少与平均气温的降低有关。

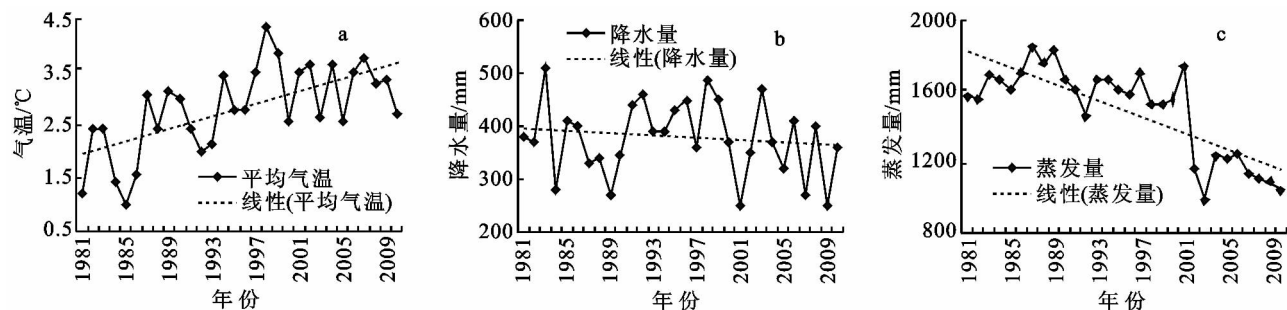


图2 多伦县 30 a 间气象因子变化

(2) 人为因素分析。1987—2000 年多伦县人口从 9.53 万人增加到 10.22 万人, 人口数量呈逐年增长的趋势。2000 年以后略有减少, 2005 年减少至 9.45 万人, 此后又继续增加(图 3a)。人口的逐年增长势必使得人们对粮食的需求增加, 为满足这一需求, 获取更多的收益, 农民不断开垦沼泽湿地, 扩大耕

地面积(图 3b)。

同时, 人口的增长加大了人们对肉食品的需求, 促进了养殖业的发展, 使得年末牲畜存栏头数从 1987 年的 30.84 万头只增加到了 2000 年的 46.35 万头(图 3c), 从而进一步加大了对粮食和牧草的需求, 最终致使大量湿地变为耕地和草地。

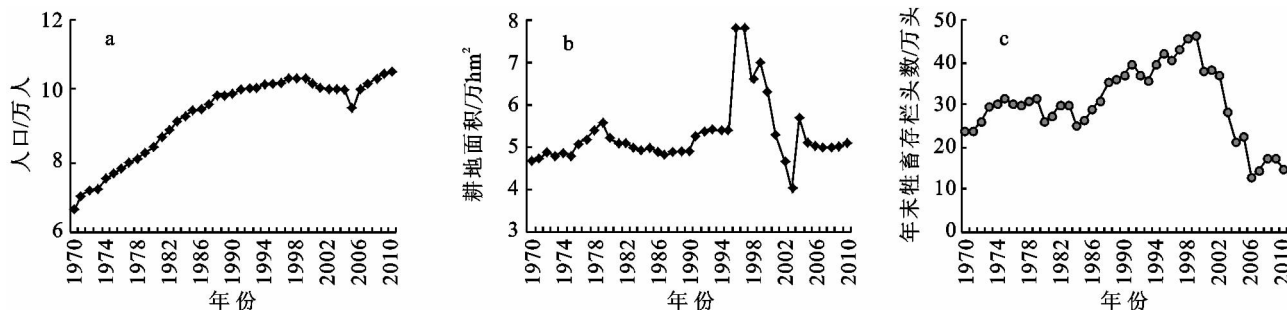


图3 1970—2010 年多伦县社会经济因子变化

随之而来的是草地沙化、沙尘天气频发等一系列恶劣的生态后果。在此背景下, 多伦县于 2000 年开始实施京津风沙源治理工程, 经过 10 a 的努力, 多伦县的生态环境得到明显改善。在建设生态多伦的同时, 国家政策因素对湿地的保护也起到了积极作用。

4 结论

选择多伦县 1987 年(起始年)、2000 年(转折年)和 2010 年(成果年)三期关键遥感数据, 分析其湿地动态变化, 并利用主成分法对造成多伦县湿地减少的因子进行了分析, 结果表明:

(1) 1987—2000 年的 13 a 间, 湿地主要转出为耕地、林地和草地。湿地向非湿地平均每年转移 1 288.01 hm², 主要以沼泽湿地的转出为主, 占到转移面积的 96.53%。2000 年之后, 湿地向非湿地转移的平均转移速度是 2000 年之前的 1.31 倍。与 1987—2000 年类似, 湿地向非湿地的转移仍然以沼

泽湿地的转出为主, 且 2000 年之后湿地主要向林地转移, 占到总转移面积的 63.08%。

(2) 对其驱动力主成分分析结果显示, 气温升高、降水减少是湿地面积减少的主要自然因素。因此, 国家及时地在多伦县实施了风沙源治理和退耕还林还草等生态建设工程, 使多伦县的生态环境得到了明显改善。这说明有效的政策引导对多伦县湿地面积的变化起到了积极的作用。

参考文献:

- [1] 邓培雁, 陈桂珠. 湿地价值及其有关问题探讨[J]. 湿地科学 2003, 1(2): 136-140.
- [2] 张明祥, 张建军. 中国国际重要湿地监测的指标与方法[J]. 湿地科学, 2007, 5(1): 1-6.
- [3] 赵义魁, 陈宜瑜. 中国湿地研究[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995.

- tion indices[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(6): 1161-1179.
- [5] 孙小红, 王长耀, 牛铮, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系: 基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 204-209.
- [6] 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 丁建丽, 等. 干旱区绿洲盐渍化土壤空间信息研究[J]. 干旱区地理, 2007, 30(4): 544-551.
- [7] Rao B R M, Dwived R S, Venkataratnam L, et al. Mapping the magnitude of sodicity in part of the Indo-Gangetic plains of Uttar Pradesh, northern India using Landsat-TM data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1991, 12(3): 419-425.
- [8] 顾祝军, 曾志远. 遥感植被盖度研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 18-21.
- [9] 曹永翔, 刘小丹, 张克斌, 等. 青海省都兰县察汗乌苏绿洲植被覆盖度变化研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1267-1272.
- [10] 塔西甫拉提·特依拜, 赵睿, 丁建丽, 等. 干旱区绿洲 LUCC 马尔可夫过程分析: 以新疆于田绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2006, 29(4): 548-556.
- [11] Kiira Aaviksoo. Simulating vegetation dynamics and land use in a mire landscape using a Markov model[J]. Landscape and Urban Planning, 31(1995): 129-142.
- [12] 仝川, 郝敦元, 高霞, 等. 利用马尔可夫过程预测锡林河流域草原退化格局的变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(4): 488-493.
- [13] Heiko Balzter. Markov chain models for vegetation dynamics[J]. Ecological Modelling, 2000, 126(2/3): 139-154.
- [14] 丁建丽, 张飞, 江红南, 等. 塔里木盆地北缘绿洲土壤含盐量和电导率空间变异性研究: 以渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2008, 31(4): 624-632.
- [15] 塔西甫拉提·特依拜, 张飞, 赵睿. 新疆干旱区土地盐渍化信息提取及实证分析[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 625-630.
- [16] 姜圣阶, 曲格平, 张顺将, 等. 决策学基础[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [17] 沙晋明, 李小梅, 杨武年, 等. 利用马尔可夫模型预测福州市植被动态变化[J]. 水土保持通报, 2004, 24(5): 5-9.
- [18] 陈云浩, 李晓兵, 陈晋, 等. 1983—1992 年中国陆地植被 NDVI 演变特征的变化矢量分析[J]. 遥感学报, 2002, 6(1): 12-18.
- [19] 李晓兵, 史培. 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国主要植被类型的 NDVI 变化规律研究[J]. 植物学报, 1990, 41(3): 314-324.
- [20] 马勇刚, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 塔里木南缘绿洲“冷岛”效应及与植被覆盖相关分析: 以于田绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2007, 30(6): 865-870.
- [21] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 新疆典型盐渍区植被覆盖度遥感动态监测: 渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J]. 林业科学, 2011, 47(7): 27-35.
- [22] 塔西甫拉提·特依拜, 熊黑刚, 丁建丽, 等. 塔里木盆地南缘生态环境演变研究[M]//干旱区环境演变论文集. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 2001.
- [23] 俎瑞平, 高前兆, 钱翰, 等. 2000 年来塔里木盆地南缘绿洲环境演变[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 125-127.
- ~~~~~
- (上接第 120 页)
- [4] 安树青. 湿地生态工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [5] 杨朝飞. 中国湿地现状及其保护对策[J]. 中国环境科学, 1995, 15(6): 407-412.
- [6] 陆健健, 何文珊, 童春富, 等. 湿地生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [7] 国家林业局, 外交部, 国家发展和改革委员会, 等. 中国湿地保护行动计划[Z]. 北京: 林业出版社, 2000.
- [8] 刘子刚, 马学慧. 中国湿地概览[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [9] 秦伯强. 近百年来亚洲中部内陆湖泊演变及其原因分析[J]. 湖泊科学, 1999, 11(1): 11-16.
- [10] 李颖, 田竹君, 叶宝莹, 等. 嫩江下游沼泽湿地变化的驱动力分析[J]. 地理科学, 2003, 23(6): 686-691.
- [11] 郭跃东, 何艳芬. 松嫩平原湿地动态变化及其驱动力研究[J]. 湿地科学, 2005, 3(1): 54-59.
- [12] 蒋卫国, 李京, 王文杰, 等. 基于遥感与 GIS 的辽河三角洲湿地资源变化及驱动力分析[J]. 国土资源遥感, 2005(3): 62-65.
- [13] 田素娟, 陈为峰, 田素锋. 基于 RS 和 GIS 的黄河口湿地景观变化研究: 以垦利县为例[J]. 草业科学, 2010, 27(4): 57-63.
- [14] 刘及东, 陈艳梅, 陈雅琳, 等. 3 呼伦贝尔草原湿地景观格局对气候变化的响应[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(11): 74-78.
- [15] 刘丽云. 黄河三角洲湿地演化及其驱动力研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2004.
- [16] 蓝岚. 基于 3S 技术的若尔盖高原湿地动态监测及驱动力分析[D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [17] Houghton J. Global Climate Warming[M]. Beijing: Meteorological Publishing House, 1995.
- [18] 赵广明, 叶思源, 李广雪. 卫星遥感在湿地研究中的应用[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(12): 28-33.
- [19] 孙广友. 中国湿地科学的进展与展望[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 666-672.
- [20] 王效科. 中国西北湿地群干旱之地的湿润[J]. 森林与人类, 2010(8): 12-23.