

# 四子王旗景观格局演变与沙化土地动态变化分析

孙景梅<sup>1</sup>, 杨联安<sup>2</sup>, 周欢水<sup>1</sup>, 廖雅萍<sup>3</sup>

(1. 国家林业局 西北林业调查规划设计院, 陕西 西安 710048; 2. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069;  
3. 国家林业局 调查规划设计院, 北京 100714)

**摘要:**利用 RS 和 GIS 的空间分析技术, 通过提取分析四子王旗两期遥感影像数据, 结合现地调查, 对区域景观格局演变和沙化土地动态变化进行分析。结果表明: 从 2003 年到 2008 年 5 a 间, 景观类型和沙化土地类型发生了较为明显的变化, 主要表现在: 林地景观面积明显增加, 耕地、草地和未利用地明显减少, 林地面积增加了 41 361 hm<sup>2</sup>, 耕地、草地和未利用地面积分别减少了 14 561、9 427 hm<sup>2</sup> 和 19 307 hm<sup>2</sup>; 沙化土地 5 a 间减少了 664 hm<sup>2</sup>, 其中半固定沙地减少了 261 hm<sup>2</sup>, 固定沙地增加了 322 hm<sup>2</sup>, 露沙地减少了 512 hm<sup>2</sup>, 沙化耕地减少了 153 hm<sup>2</sup>, 风蚀劣地减少了 60 hm<sup>2</sup>。分析认为近年来实施的京津风沙源治理工程是区域景观演变和沙化土地动态变化的主要因素。

**关键词:**景观演变; 沙化土地; 动态变化; 分析

**中图分类号:**S718.55      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2012)03-0160-07

## Changes of Landscape Patterns and Sandy Lands of Siziwang Banner

SUN Jing-mei<sup>1</sup>, YANG Lian-an<sup>2</sup>, ZHOU Huan-shui<sup>1</sup>, LIAO Ya-ping<sup>3</sup>

(1. Northwest Institute of Forest Inventory, Planning and Design, State Forestry Administration, Xi'an, Shaanxi 710048, China;  
2. Department of Urban and Resources Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;  
3. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** Evolution of regional landscape patterns and dynamic changes of sandy lands in Siziwang Banner, Inner Mongolia, China, were analyzed by using RS and GIS spatial analysis technology to abstract and analyze remote sensing images of two periods. The results showed that the landscape types and sandy land types changed remarkably during 5 years (from 2003 to 2008). The area of forest landscape increased, the area of cropland, grassland and unused land decreased. The area of forest lands increased 41 361 hm<sup>2</sup>, the areas of cropland, grassland and unused land decreased 14 561 hm<sup>2</sup>, 9 427 hm<sup>2</sup> and 19 307 hm<sup>2</sup>. The sandy lands reduced 664 hm<sup>2</sup> during 5 years, in which semi-fixed sandy lands decreased 261 hm<sup>2</sup>, fixed sandy lands increased 322 hm<sup>2</sup>, sandy patch lands decreased 512 hm<sup>2</sup>, sandy croplands decreased 153 hm<sup>2</sup>, and aeolian barren lands reduced 60 hm<sup>2</sup>. The implementation of "Wind and Sand Storm Control Project around Beijing and Tianjing" was considered the key factor of the regional landscape and sandy lands changes.

**Key words:** landscape pattern change; sandy land; dynamic change; analysis

景观是由各个在生态系统上和发生上共轭的、有规律地结合在一起的最简单的地域单元所组成的复杂地域系统。景观格局一般指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置<sup>[1]</sup>。景观生态学的主要研究对象是景观的结构、功能、变化和景观规划管

理<sup>[2]</sup>, 其中景观格局及其动态变化分析是景观生态学的核心研究内容<sup>[3]</sup>, 景观格局的变化原因在于自然环境、各种生物以及人类活动的干扰作用<sup>[4]</sup>。以风力侵蚀为主造成的土地沙化, 是土地退化和环境恶化的主要类型。

地处阴山北部的四子王旗,生态环境十分脆弱,人类活动对区域自然环境影响较大,其景观格局演变及沙化土地动态变化在乌盟后山地区具有较强的代表意义。近年来,对半干旱沙地自然景观格局演变和沙化土地动态变化的研究取得了丰硕的成果,但将景观格局演变与沙化土地动态变化结合起来的研究相对薄弱。利用 2003 年和 2008 年的 TM 影像数据,运用定量与定性分析相结合的景观空间格局分析和沙化土地动态变化分析方法,对其近 5 a 来的景观特征和空间格局、沙化土地动态变化特征进行分析,旨在对该区的景观格局和沙化土地变化状况进行客观、科学地分析与评价,使其能够真实地反映区域景观格局和沙化土地的变化规律,以期对沙化土地的预防和治理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

四子王旗位于内蒙古自治区中部,乌兰察布市西北部,大青山北麓,东与乌兰察布市察右中旗、察右后旗及锡林郭勒盟苏尼特右旗毗邻,南与乌兰察布市卓资县、呼和浩特市武川县交界,西与包头市达茂旗相连,北与蒙古国接壤,国境线全长 104 km。地理坐标为  $110^{\circ}20' \sim 113^{\circ}E$ 、 $41^{\circ}10' \sim 43^{\circ}22'N$ 。地形从南至北由阴山山脉北缘、乌兰察布丘陵和蒙古高原 3 部分组成。其中:山地占 4.1%,丘陵占 56.1%,高原占 39.8%,地形趋势东南高而西北低。海拔高度为 1 000~2 100 m 之间,相对高差 1 100 m。

该旗属中温带大陆性气候,春季寒冷干旱多风,夏季短促温热,秋季多雨凉爽,冬季漫长严寒。年均气温  $2.9^{\circ}C$ ,无霜期 90~120 d,年均降水量由南向北递减,南部 310.7 mm,中部 232 mm,北部 134.7 mm,全年降水量集中在 7~9 月。

土壤以棕钙土、栗钙土为主。自然植被为干草原向荒漠草原过渡地带,地带性的天然植被属于典型的荒漠草原带。野生植物有 45 科、225 种。其中以禾本科、菊科最多,豆科、藜科、蔷薇科、百合科次之,单科单种的有 18 种。天然乔木主要有:白桦(*Betula platyphylla*)、胡杨(*Populus euphratica*)、黄榆(*Ulmus macrocarpa*)、山杨(*Populus davidiana*)等,其中胡杨为世界珍稀树种。药用植物产量较高的有:黄芪(*Astragalus membranaceus*)、知母(*Anemarrhena asphodeloides*)、甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)、柴胡(*Radix bupleuri*)、百合(*Lilium brownii* var. *viridulum*)、苁蓉(*Cistanche salsa*)等。优良牧草 19 种,分布广、产草量高的有羊草

(*Leymus chinensis*)、冰草(*Agropyron cristatum*)、花苜蓿(*Medicago ruthenica*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)、马蔺(*Iris lactea* var. *chinensis*)等。有毒植物主要有狼毒(*Stellera chamaejasme*)、天仙子(薰牙籽)(*Hyoscyamus niger*)、荨麻(*Urtica fissa*)等。

### 1.2 研究方法

以四子王旗 2003 年和 2008 年两期 TM 遥感影像作为基础数据,土地利用及社会经济相关数据作为参考。通过对遥感影像进行几何校正、配准、图像增强等处理,建立解译标志进行人工判读,分类得到两期景观类型和沙化土地动态变化数据。之后通过各景观类型及沙化土地动态变化数据的统计分析,研究景观格局演变和沙化土地动态变化及其相关关系,并结合社会经济数据,对景观格局演变和沙化土地动态变化驱动力进行分析。

1.2.1 数据来源 采用的遥感数据源为两期四子王旗 TM 影像数据,分别摄于 2003 年 7 月 23 日和 2008 年 7 月 29 日,分辨率 30 m。矢量数据源为 1:10 000 研究区行政区划图、沙化土地现状图、以及当地的实地调查、地面监测分析资料和气象水文资料等。

#### 1.2.2 TM 数据处理和图斑区划

(1)遥感数据融合 数据融合的目的是将研究区内同一时相多光谱数据与全色波段融合,以提高卫星影像的空间分辨率和光谱分辨率,增强影像判读的准确性。本研究是对沙化土地变化的动态过程进行监测,提取沙化土地和植被盖度的变化信息,为了使遥感影像能提供更多的类别和更高的分类精度,突出沙化特征,在对研究区 TM 数据 7 个波段的信息特征进行统计分析和相关性分析后,确定影像最佳波段组合为 TM4(R),5(G),3(B)假彩色合成方案。

(2)图像几何校正 本次几何校正处理过程是利用四子王旗 1:5 万数字地形图对 2008 年影像图作几何校正,选择的 GCP 点的精度小于 1 个像元,像元的大小为  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。投影方式是高斯—克吕格投影。以校正好的 2008 年的投影 TM 作为基准,校正 2003 年的卫星影像使获得的两副图像有相同的地图投影、同样的像元大小。

(3)图像增强处理 图像增强的实质是增强感兴趣目标和周围背景图像间的反差。为了最大限度地提取图像所反映的本底信息,本研究针对图像上反差较小的地物及难以辨认的地物进行对比度增强处理,使图像中的亮度范围拉伸或压缩,从而提高图

像的对比度,便于图像解译。

(4)建立遥感解译标志 根据对 TM 影像的初步判读,选择典型的野外调查路线和调查样地,结合地形图对调查样地的地貌地形、植被、土壤、地表形态、沙化土地类型、植被盖度等进行调查记载,并与相应的 TM 影像特征对照验证,得出区域 TM 影像解译标志。

(5)图像区划及汇总 在经过处理后的遥感影像上,根据 TM 影像特征,依据建立的解译标志及地物光谱特征,借助辅助数据和野外实地调查数据进行分类。首先应用 ARCGIS 软件的 Arctools 模块,对 TM 影像进行图斑勾画,建立拓扑关系,形成四子王旗空间数据库;然后利用 Arcmap 模块逐小班填充属性数据。

(6)地面验证和调查 将经过 ARCGIS 软件区划后的图斑按照地形图图幅大小进行打印,图上标明室内判读的图斑基础属性信息。现地对照区划图斑,逐块图斑进行边界核对和地类属性确认,对边界错位的图斑现地对边界进行调整,对图斑内的属性现地进行完善修正。形成四子王旗景观格局与沙化土地数据库。

1.2.3 景观类型分类 依据已有的景观分类原则和分类系统,四子王旗景观类型分为耕地、林地、草地、居民工矿交用地、水域和未利用地等 6 个类型<sup>[5]</sup>。

1.2.4 沙化土地类型划分 根据中华人民共和国国家标准,沙化土地监测技术规程对沙化土地分类的相关规定,结合研究需要及 TM 影像的地面分辨率状况,将四子王旗沙化土地划分为半固定沙地、固定沙地、风蚀劣地、露沙地和非沙化土地 5 个类型<sup>[6-8]</sup>。半固定沙地指植被盖度大于等于 10%且小于 30%的(当植被主要为乔木且林冠下无其他植被时,郁闭度小于 0.5),且分布比较均匀,风沙流活动受阻,但仍有较明显风沙活动的沙地(丘)。固定沙地指土壤质地为沙质,植被盖度大于等于 30%(当植被主要为乔木且林冠下无其他植被时,郁闭度大于等于 0.5),无明显风蚀现象,地表环境稳定或基本稳定的沙地(丘)。风沙劣地指由于风蚀作用导致土壤细粒物质流失,粗粒物质相对增多或砾石和粗砂集中于地表形成的粗化土地。露沙地指土壤通体为沙质,但表层覆盖一薄层表土,植被主要为草本植物,有斑点状流沙出露(流沙出露面积比例小于 5%)或疹状灌丛沙堆分布,能就地起沙的土地。

1.2.5 景观格局分析 景观指数是指能高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间分析分布特

征的定量指标体系<sup>[9]</sup>。它能够比较准确地反映土地景观变化的时空量化状态<sup>[10]</sup>。为描述研究区景观结构与组成特征,选用的景观斑块单元特征指数有斑块数、斑块密度、斑块面积等。景观多样性指数用于描述景观组成的复杂性,用景观优势度描述景观各要素的相对优势程度。用景观破碎度描述景观中镶嵌块体的破碎化程度,选择分离度分析景观之间的离散程度。各景观指数计算公式如下:

平均斑块面积( $PA_i$ ):

$$PA_i = A_i / n_i \tag{1}$$

式中: $A_i$  为某种景观斑块总面积; $n_i$  为某种景观类型斑块数目。

多样性指数( $H$ ):

$$H = - \sum_{K=1}^m (P_k) \times \ln(P_k) \tag{2}$$

式中: $m$  为景观元素数目; $P_k$  为第  $k$  类景观元素所占的面积比例<sup>[11]</sup>。

均匀度指数( $E$ ):

$$E = (H / H_{\max}) \times 100\% \tag{3}$$

式中: $H_{\max}$  为研究区各类景观所占比例相等时,景观拥有的最大多样性指数  $H_{\max} = \ln(m)$ 。

优势度指数( $D$ ):

$$D = H_{\max} - H^{[12]} \tag{4}$$

斑块数破碎化指数( $C$ ):

$$C = (N_f - 1) / N_c \tag{5}$$

式中: $N_f$  为斑块总数; $N_c$  为研究区景观总面积<sup>[13]</sup>。

1.2.6 沙化土地分析 利用 ARCGIS 地理信息系统软件,在遥感影像上勾划出不同沙化土地类型的多边形图斑,然后进行矢量化和拓扑运算,形成矢量图层,进而进行属性链接,完成对各种沙化土地类型所占面积、面积百分比等项目的统计<sup>[14-15]</sup>。最后进行汇总,归类,提取沙化土地动态变化信息。

## 2 结果与分析

### 2.1 景观格局演变

2.1.1 景观的总体构成 四子王旗景观类型面积统计表明,2008 年该旗草地、未利用地、林地为主要景观类型,三者之和占该旗总面积的 94.95%,尤以草地所占景观类型面积比重最大,占区域总面积的 68.20%。

分析显示,在 2003 年至 2008 年 5 a 间,景观类型构成比例发生了较大的变化(表 1),主要表现在林地景观面积明显增加,由 2003 年占区域总面积的 20.83%,上升到 2008 年的 22.53%,居民工矿交用地由 0.54%上升到 0.63%,耕地由 3.95%下降到 3.35%,草地由 68.59%下降到 68.20%,水域由

1.09%下降到 1.08%,未利用由 5.00%下降到 4.21%。居民工矿交通用地和水域变化不大,林地面积增加较多,耕地、草地和未利用地减少幅度较大。林地的增加主要是由于近年来京津风沙源治理

工程中退耕还林面积较大,使得一部分沙化风蚀严重的耕地退耕还林;草地和未利用地由于采取封山育林、飞播造林、人工造林等多种治理措施,使得地表植被类型发生变化,达到了林地的建设标准。

表 1 景观类型面积统计  
Table 1 Areas of landscape types

年度	项目	耕地	林地	草地	居民工矿交通用地	水域	未利用地
2003	面积/hm <sup>2</sup>	95 938	505 814	1 665 569	13 094	26 335	121 524
	百分比/%	3.95	20.83	68.59	0.54	1.09	5.00
2008	面积/hm <sup>2</sup>	81 377	547 176	1 656 142	15 244	26 119	102 217
	百分比/%	3.35	22.53	68.20	0.63	1.08	4.21
	面积差值	-14 561	41 361	-9 427	2 150	216	-19 307
	百分比差值	-0.60	1.70	-0.39	0.09	-0.01	-0.80

2.1.2 景观多样性分析 从研究区景观多样性指数分析可以看出,2003 年至 2008 年研究区多样性指数整体是下降的,从 0.934 下降到 0.789,下降了 0.145。均匀度指数从 0.52 下降到 0.44,下降了 0.08。优势度指数从 0.858 上升到 1.003,上升了 0.145。结果表明各景观组分面积比例的差别在逐渐拉大,景观中各组分分配越来越不均匀,原来占优势的景观逐渐发生变化,尤其是林地景观增加幅度较快,说明区域景观整体结构受人类活动影响较大,或者说人类的生产经营活动直接影响了研究区景观类型面积的重新分配。

2.1.3 景观空间构型 从不同年度景观破碎度指数可以看出,研究区 2003 年破碎度指数为 0.003 7,

2008 年破碎度指数为 0.005 7,景观破碎度指数加大,说明在 2003 到 2008 年 5 a 间人为因素对景观的干扰程度加大,主要反映在 5 a 间退耕还林、人工种草、人工造林、居民工矿建设用地增加,使得地类斑块增加,尤其是林地、草地和居民工矿交通用地出现了许多小的斑块。

2.1.4 景观斑块特征 从 2003 年到 2008 年间,研究区斑块的平均面积是下降的,从 2003 年的 273 hm<sup>2</sup> 下降到 2008 年的 176 hm<sup>2</sup>,平均下降了 98 hm<sup>2</sup>。各景观类型斑块平均面积变化(表 2)可看出,各种景观类型的斑块平均面积均呈下降态势,主要是由于 5 a 间区域开展的各项生态建设工程和基础设施建设工程所致。

表 2 景观类型斑块数与斑块平均面积  
Table 2 Patches of landscape types and average area of the patch

年度	项目	合计	耕地	林地	草地	居民工矿交通用地	水域	未利用地
2003	斑块总数/个	8 890	429	5 624	1 943	287	494	113
	总面积/hm <sup>2</sup>	2 428 275	95 938	505 814	1 665 569	13 094	26 335	121 524
	斑块平均面积/hm <sup>2</sup>	273	224	90	857	46	53	1 075
2008	斑块总数/个	13 770	461	8 669	3 377	597	544	122
	总面积/hm <sup>2</sup>	2 428 275	81 377	547 176	1 656 142	15 244	26 119	102 217
	斑块平均面积/hm <sup>2</sup>	176	177	63	490	26	48	837

2.2 沙化土地动态变化分析

2.2.1 沙化土地分布现状 截止 2008 年底四子王旗土地总面积 2 428 275 hm<sup>2</sup>,沙化土地总面积 1 993 914 hm<sup>2</sup>,其中半固定沙地 22 376 hm<sup>2</sup>,固定沙地 727 249 hm<sup>2</sup>,露沙地 1 145 192 hm<sup>2</sup>,沙化耕地 1 145 192 hm<sup>2</sup>,风蚀劣地 94 120 hm<sup>2</sup>。

沙化土地分布按照土地利用类型划分,半固定沙地主要分布在草地上;固定沙地主要分布在林地、草地和未利用地上,且以草地为主;露沙地主要分布在林地和草地上;沙化耕地分布在耕地上;风蚀劣地分布在未利用地上。

2.2.2 沙化土地动态变化分析 对比两期数据(表

3),得出区域沙化土地面积 2008 年与 2003 年相比减少 664 hm<sup>2</sup>,其中半固定沙地减少 261 hm<sup>2</sup>,固定沙地增加 322 hm<sup>2</sup>,露沙地减少 512 hm<sup>2</sup>,沙化耕地减少 153 hm<sup>2</sup>,风蚀劣地减少 60 hm<sup>2</sup>。在所有沙化土地类型中,只有固定沙地增加,其他类型沙化土地均呈减少趋势。其中半固定沙地的减少主要是由于近年来京津风沙源治理工程实施以来,区域内对大面积的半固定沙地实行封育管护,植被盖度明显增加,使得大部分半固定沙地转化为固定沙地;露沙地的减少是由于经过治理后转化为非沙化土地;沙化耕地的减少则是退耕还林后原来的耕地转变为林地或草地,部分林地和草地转变为固定沙地,部分转变

为非沙化土地;风蚀劣地的减少主要是由于区域内路、工矿等建设用地,改变了地表风蚀沙埋的状况。基础设施建设的不断深入,使得风蚀劣地转变为公

表 3 沙化土地动态变化

Table 3 Dynamic changes of sandy land types						hm <sup>2</sup>
年度	合计	半固定沙地	固定沙地	露沙地	沙化耕地	风蚀劣地
2003	1 994 578	22 637	726 927	1 145 704	5 130	94 180
2008	1 993 914	22 376	727 249	1 145 192	4 977	94 120
差值	-664	-261	322	-512	-153	-60

2.2.3 沙化土地动态变化转移矩阵分析 根据区域 2003—2008 年沙化土地类型动态变化情况,做出研究区沙化土地动态变化转移矩阵表(表 4)。

表 4 沙化土地类型动态转移矩阵

Table 4 Dynamic transfer matrix of sandy land types						hm <sup>2</sup>
前期 /后期	半固定 沙地	固定 沙地	露沙地	沙化 耕地	风蚀 劣地	
半固定沙地	22 376					
固定沙地	261	726 927		61		
露沙地			1 145 192			
沙化耕地				4 977		
风蚀劣地					94 120	
非沙化土地			512	92	60	
转移面积	261		512	153	60	

从表 4 中可见,在半固定沙地中,有 261 hm<sup>2</sup> 沙化土地面积发生转移,占前期半固定沙地面积的 1.15%,全部转移为固定沙地;固定沙地呈增加态势,主要从半固定沙地和沙化耕地转化而来;露沙地有 512 hm<sup>2</sup> 发生转移,占前期露沙地面积的0.04%,全部转移为非沙化土地;风蚀劣地有 60 hm<sup>2</sup> 发生转移,占前期风蚀劣地面积的 0.06%,全部转移为非沙化土地。

从转移矩阵数据变换情况可以看出,半固定沙地向固定沙地转移面积较大,露沙地、沙化耕地向非

沙化土地转移面积较大,其他沙化土地类型之间互相转化较小。总体来看,研究区沙化土地处于好转态势,说明近几年在沙化土地治理和基础设施建设方面取得了可喜的成效。

2.3 景观格局演变与沙化土地动态变化关联分析

2.3.1 景观类型与沙化土地类型 景观类型是对区域全部土地利用类型的描述,而沙化土地类型则是区域内土壤为风沙土的地块,是景观类型的一部分。在耕地景观类型中,土壤为风沙土且没有灌溉设施和防护设施的旱作耕地,属于沙化土地类型中的沙化耕地;林地和草地景观类型中土壤为风沙土的地类,属于沙化土地类型中的固定或半固定沙地;未利用地景观类型中土壤为风沙土的地类,属于沙化土地类型中的风蚀劣地,研究区中未利用地全部属于风蚀劣地;居民工矿交通用地和水域由于其表面被建筑物或水覆盖,属于非沙化土地。6 种景观类型中只有耕地、林地、草地和未利用地才可能是沙化土地。

从表 5 可以看出,土地利用景观类型面积和斑块数均大于沙化土地面积和斑块数,沙化土地类型是景观类型的一部分。亦即区域内只有在土壤类型是风沙土的地域上才可能是沙化土地。

表 5 景观类型与沙化土地类型关系

Table 5 Relationship between landscape types and sandy land types								
年度	项目	合计	耕地	林地	草地	居民工矿 交通用地	水域	未利用地
2003	景观类型	2 428 275	95 938	505 814	1 665 569	13 094	26 335	121 524
	沙化土地类型	1 994 578	5 130	260 799	1 634 469			94 180
	斑块总数	8 890	429	5 624	1 943	287	494	113
	沙化土地斑块数	1160	0	533	593			34
2008	景观类型	2 428 275	81 377	547 176	1 656 142	15 244	26 119	102 217
	沙化土地类型	1 993 914	4 977	282 121	1 612 696			94 120
	斑块总数	13 770	461	8 669	3 377	597	544	122
	沙化土地斑块数	1 962	0	811	1071	0	0	80

2.3.2 景观演变对沙化土地的影响 景观演变与沙化土地类型的变化紧密相关,沙化耕地在退耕还林后或增加了防护林带和灌溉设施后,沙化土地类型相应地转变为非沙化土地。分布在沙化土地上的耕地、林地、草地和未利用地经过人工治理,地表沙

物质或被移除,或土壤类型发生改变,或植被盖度增加较大,相应地,该区域转变为非沙化土地;而经过基础设施建设转变为居民、工矿、交通用地后,则沙化土地类型转化为非沙化土地。

研究区沙化耕地中有 92 hm<sup>2</sup> 因为增加了防护

林和灌溉设施转化为非沙化土地,景观类型仍然是耕地。有 61 hm<sup>2</sup> 因退耕还林转化为固定沙地;半固定沙地中有 261 hm<sup>2</sup> 草地由于采取封育措施,植被盖度增加,转化为固定沙地,但其景观类型没有发生变化,仍是草地;固定沙地中有 322 hm<sup>2</sup> 是由退耕还林和半固定沙地转换而来;露沙地有 512 hm<sup>2</sup> 由于实施京津风沙源治理,使得植被盖度增加,转化为非沙化土地;风蚀劣地有 60 hm<sup>2</sup> 由于基础设施建设转换为非沙化土地。

2.3.3 沙化土地动态变化对景观类型的影响 沙化土地动态变化一是指沙化土地与非沙化土地之间的相互转换,二是指沙化土地不同类型之间的相互转换。沙化土地与非沙化土地之间的相互转换是指沙化土地经过人为或自然干预,如覆盖在表土上的沙物质经过土壤改良后土壤发生变化,或经过植物多年腐殖质积累后土壤质地发生改变,或沙化土地由于基础设施建设使得景观类型转变为居民工矿交通用地等,这些情况都会导致沙化土地转换为非沙化土地。沙化土地不同类型之间的相互转化是指由于自然或人为因素的影响,导致沙化土地上的植被盖度发生变化,从而产生沙化土地类型之间的相互转换,如植被盖度在 10% 至 30% (乔木林郁闭度小于 0.5) 时为半固定沙地,植被盖度在 30% (乔木林郁闭度大于 0.5) 以上时为固定沙地;在沙化的林地、草地或未利用地上进行土地开垦,而未营造防护林带,也没有灌溉设施,则会转换为沙化耕地;沙化耕地弃耕后可能会转换为固定沙地、半固定沙地或流动沙地。

沙化土地动态变化对景观类型的影响主要表现在,沙化土地转换为非沙化土地时景观类型是林地、草地或耕地的景观类型可能不变,也可能转换为居民工矿用地和水域;景观类型是未利用地的将转换为林地、草地、耕地、居民工矿交通用地或水域。

2.4 景观演变及沙化土地动态变化驱动因素分析

2003 年至 2008 年 5 a 间,四子王旗景观类型和沙化土地类型发生了较大的变化,造成这种变化的驱动因素分为两类:一类是自然驱动因素,另一类是人文驱动因素。自然驱动因素对景观和沙化土地的影响常常在较大尺度的空间范围内产生作用,小范围内的自然驱动因素对景观格局和沙化土地影响相对较小,或者在一定时间范围内基本上对景观或沙化土地不产生影响。人文驱动因素短时间内在局部区域对景观演变和沙化土地动态变化起着决定性的作用。

2.4.1 自然因素 自然因素中降水是影响研究区景观格局和沙化土地变化的重要因素,沙源是产生

土地沙化的物质基础,如果没有沙源,就不可能形成沙地景观。监测期内四子王旗大气降水除 2003 年明显偏多之外,近 5 a 降水量总体呈平稳趋势,平均在 300 mm 左右(图 1),大气降水的稳定为植被的生长提供了稳定的水源保障。沙物质总量在短时间内不会发生明显变化,稳定的沙物质总量和其相对固定的态势,基本上不会产生新的沙化土地以及沙化程度加重的现象。同时,稳定的降水也会对景观格局的稳定起到重要作用,自然因素变化不明显的情况下,景观格局基本上在 5 a 内不会产生大的演变。因此,区域内自然因素对景观格局演变和沙化土地动态变化的影响是很小的。

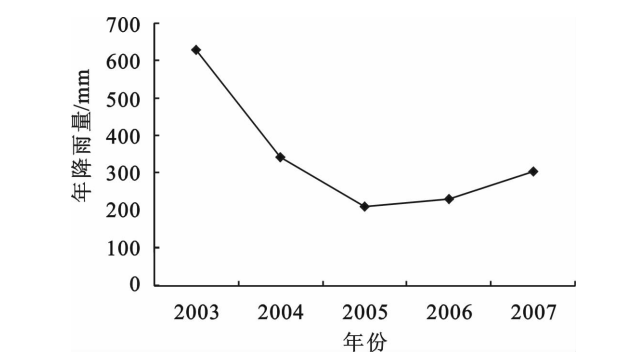


图 1 2003—2007 年降水量变化曲线  
Fig.1 Changes of precipitation from 2003 to 2007

2.4.2 人为因素

2.4.2.1 国家和地方防沙治沙和环境治理的法律法规对景观格局和沙化土地的影响

国家和地方近几年出台的一系列有关林地、耕地保护和环境建设的法律法规,尤其是实施了京津风沙源治理工程后,一系列封山禁牧、舍饲圈养的政策在工程区广泛推广,使得土地使用和管理有法可依,植被保护法律化、制度化。林地保护利用、退耕还林还草等政策有效约束了乱开采、乱占林地、毁林开荒等行为,进一步改善了当地的生态环境。同时在工程实施过程中,采取政治、经济、法律相结合的办法,广泛宣传各项与生态环境相关的法律、法规,严格依法办事,加大管护,强化执法力度,有效保障了生态环境建设成效的持续稳定发展<sup>[16]</sup>。景观格局演变和沙化土地动态变化朝着有利于人们生存的方向发展。

2.4.2.2 以京津风沙源治理工程建设为主体的生态建设项目对景观格局和沙化土地的影响

国家在区域内实施的京津风沙源治理工程和自治区在区域内实施的生态建设工程,以及人们保护生态环境意识的增强,为景观格局演变和沙化土地好转起到了推动作用。景观格局演变影响了沙化土地的变化,沙化土地的好转是区域景观格局演变和

沙化土地动态变化的主要特征。这种变化趋势,是防沙治沙,大规模植树造林、封山育林育草、退耕还林的结果。

京津风沙源治理工程林业项目启动以来累计完成治理任务 125 100 hm<sup>2</sup>,其中人工造林 89 430 hm<sup>2</sup>,封山育林 24 000 hm<sup>2</sup>,飞播造林 11 670 hm<sup>2</sup>。在人工造林任务中,该旗从 2001 年开始到 2006 年退耕还林工程结束,累计完成退耕还林造林任务 37 800 hm<sup>2</sup>。耕地退耕后,冬春季节裸露的土地被植被覆盖,风蚀沙化情况得到有效缓解。

#### 2.4.2.3 区域工矿开发和修建道路等基础设施建设对景观格局和沙化土地的影响

区域工矿开发和修建道路等基础设施建设采取边开发边治理的模式,有效地减少了土地沙化危害,同时减少了项目建设对景观格局产生的破坏作用。以往的工矿和交通建设,首先是破坏现有景观格局和地表植被,矿区周边及交通沿线植被在破坏后几年内建设部门才采取恢复措施,导致建设项目周边区域景观格局破碎,地表裸露,沙化土地扩展,风沙也对矿区及基础设施构成威胁。目前的工矿开发和修建道路等基础设施建设采取的是建设施工与生态保护同步实施的方法,即工矿建设用地在开发的同时,对于地表植被受到破坏的区域采取地面硬化、覆盖等措施减少地表风蚀,项目建设完工后对需要恢复植被的区域及时进行生态恢复建设;道路修建等采取道路铺设与道路两侧边坡硬化同步实施的办法,尽可能减少地表风蚀量,同时在道路建设完工后及时进行道路两侧绿化。这样一种谁建设、谁开发、谁治理的建设模式,有效地遏制了沙化土地的扩展和由于工程建设造成的景观破碎。

### 3 结论与讨论

在 RS 和 GIS 空间分析技术的支持下,对四子王旗景观格局特征指标和沙化土地类型的分析结果表明,从 2003 年到 2008 年 5a 间,景观类型发生了较为明显的变化,主要表现在林地景观面积明显增加,耕地、草地和未利用地明显减少,林地增加了 41 361 hm<sup>2</sup>,耕地,草地和未利用地分别减少 14 561 hm<sup>2</sup>,9 427 hm<sup>2</sup> 和 19 307 hm<sup>2</sup>。沙化土地面积 2008 年与 2003 年相比减少 664 hm<sup>2</sup>,其中:半固定沙地减少 261 hm<sup>2</sup>,固定沙地增加 322 hm<sup>2</sup>,露沙地减少 512 hm<sup>2</sup>,沙化耕地减少 153 hm<sup>2</sup>,风蚀劣地减少 60 hm<sup>2</sup>。在此期间,研究区多样性指数从 0.934 下降到 0.789,均匀度指数从 0.52 下降到 0.44,优势度指数从 0.858 上升到 1.003,破碎度指数从 0.003 7 上升到 0.005 7,斑块的平均面积从 273 hm<sup>2</sup> 下降到

176 hm<sup>2</sup>。这些变化说明研究区景观类型演变和沙化土地动态变化受人类活动影响较大。分析表明,景观类型与沙化土地类型之间存在一定的关系。区域景观演变和沙化土地动态变化受多方面因素驱动,其中自然因素对景观演变和沙化土地的动态变化影响较小,人文因素是促使区域景观演变和沙化土地变化的主要因素。

#### 参考文献:

[1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2006:1-60.

[2] 赵学勇,常学礼,张铜会,等. 景观生态学原理在沙漠化研究中的应用[J]. 中国沙漠,2000,20(增):38-41.

ZHAO X Y, CHANG X L, MA K M, *et al.* Application of landscape ecological principles in desertification research[J]. Journal of Desert Research, 2000, 20(Supp.):38-41. (in Chinese)

[3] 柯美红. 东山县景观空间格局研究[J]. 集美大学学报:自然科学版,2005,10(1):75-82.

KE M H. Study on spatial pattern of landscape in Dongshan County[J]. Journal of Jimei University: Natural Science, 2005, 10(1):75-82. (in Chinese)

[4] 马明国,王雪梅,角媛梅,等. 基于 RS 和 GIS 的干旱区绿洲景观格局变化研究—以金塔绿洲为例[J]. 中国沙漠,2003,23(1):53-58.

MA M G, WANG X M, JIAO Y M, *et al.* Study on the change of landscape pattern of oasis in arid region based on RS and GIS methods—application of Jinta Oasis[J]. Journal of Desert Research, 2003, 23(1):53-58. (in Chinese)

[5] 吴晓旭,邹学勇. 基于 3S 的毛乌素沙地腹地景观格局演变及其驱动力分析[J]. 中国沙漠,2010,30(4):763-769.

WU X X, ZOU X Y. Analysis of landscape pattern change and its driving factors based on 3S technology[J]. Journal of Desert Research, 2010, 30(4):763-769. (in Chinese)

[6] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况公报[R]. 2005.

[7] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况简况[R]. 2005.

[8] GB/T 24255-2009 沙化土地监测技术规程[S]. 北京:中国标准出版社,2009.

[9] 王兮之,李森,王金华. 粤北典型岩溶山区石漠化景观格局动态分析[J]. 中国沙漠,2007,27(5):758-764.

WANG X Z, LI S, WANG J H. Analysis on landscape pattern dynamic of rock desertification in northern Guangdong[J]. Journal of Desert Research, 2007, 27(5):758-764. (in Chinese)

[10] 王兮之,郑影华,李森. 海南岛西部土地利用变化及其景观格局动态分析[J]. 中国沙漠,2006,26(3):409-414.

WANG X Z, ZHENG Y H, LI S. Analysis of land use and landscape pattern change in west of Hainan Island[J]. Journal of Desert Research, 2006, 26(3):409-414. (in Chinese)

[11] 王玉梅,秦树辉,尚金城. 呼和浩特城市景观生态格局分析[J]. 干旱区资源与环境,2004,3(2):92-95.

WANG Y M, QIN S H, SHANG J C. Analysis of city landscape pattern in Huhhot[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 3(2):92-95. (in Chinese)