

2009—2017 年阿拉善左旗沙漠化土地空间分布格局及 驱动机制

张 洁, 秦富仓

(内蒙古农业大学 沙漠治理学院, 呼和浩特 010020)

摘 要:为发现时间与空间上阿拉善左旗沙漠化土地的变化趋势,选取 2009 年、2013 年、2017 年的 MODIS 影像数据作为数据源,在 ENVI 和 ArcGIS 软件的支持下,对阿拉善左旗的沙漠化土地空间分布进行了分析与研究。结果表明:(1) 在 2009—2017 年期间土地整体向良好方向发展,在研究时间内沙漠化程度一直以严重沙漠化和重度沙漠化为主要沙漠化形式,二者占全部沙漠化土地面积比例的 95% 以上,重度沙漠化所占比例最大,高达 60% 以上。(2) 2009—2017 年期间沙漠化土地主要是以严重沙漠化向重度沙漠化转化,重度沙漠化向中度沙漠化转化,中度沙漠化向轻度沙漠化转化的方式呈现,直至 2017 年轻度沙漠化与中度沙漠化的面积也相对应的有所增加。(3) 严重沙漠化土地重心在 2009—2013 年期间向北偏移了 0.08° ,整体向东北方向偏移了 24.53 km,2013—2017 年往北偏移 0.08° ,整体向西北方向折回偏移了 25.46 km,严重沙漠化迁移变化最为明显呈递减趋势。沙漠化土地重心由北向南依次是严重沙漠化、重度沙漠化、中度沙漠化、轻度沙漠化。在沙漠化的治理与防治过程中,应当采取因地制宜,合理利用土地以有效地治理沙漠化。

关键词:阿拉善左旗; 沙漠化; 沙漠化程度; 重心迁移

中图分类号:P941.73

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)06-0174-06

Spatial Distribution Pattern and Driving Mechanism of Desertification Land in Alxa Zuoqi from 2009 to 2017

ZHANG Jie, QIN Fucang

(College of Desert Control Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010020, China)

Abstract: In order to find out the change trend of desertification land in time and space in Alxa Left Banner, MODIS image data from 2009, 2013 and 2017 were selected as data sources. With the support of ENVI and ArcGIS software, the spatial distribution of desertification land in Alxa Zuoqi was analyzed and researched. The results showed that: (1) during 2009—2017, the land as a whole developed in a good direction; during the study period, the degree of desertification had been mainly deserted and severely desertification, which accounted for more than 95% of the total desertification land area; the proportion of severe desertification was the largest, and reached up to 60%; (2) during the period from 2009 to 2017, desertification lands were mainly transformed from severe desertification to severe desertification, severe desertification to moderate desertification, and moderate desertification to mild desertification; until 2017, the areas of desertification and moderate desertification also increased correspondingly; (3) the center of gravity of severe desertification land shifted 0.08° northward from 2009 to 2013, shifted 24.53 km northeast overall, shifted 0.08° northward from 2013 to 2017, and turned back to the northwest as a whole; after 25.46 km, the change of severe desertification was most obvious. From north to south, the center of gravity of desertification land was severe desertification, severe desertification, moderate desertification, and mild desertification. In the process of desertification control and prevention, the measures should be adopted to effectively control desertification according to local conditions and rationally use land.

Keywords: Alxa Zuoqi; desertification; degree of desertification; center of gravity migration

收稿日期:2019-11-26

修回日期:2020-01-06

资助项目:国家重点基础研究发展计划项目“荒漠化治理技术产业化机制和业态培育”(2017YFC0506702)

第一作者:张洁(1996—),女,内蒙古呼伦贝尔人,硕士生,研究方向为土地资源管理和荒漠化防治。E-mail:759927624@qq.com

通信作者:秦富仓(1966—),男,内蒙古呼和浩特人,博士,硕士生导师,主要从事土地资源管理和荒漠化防治研究。E-mail:qinfu@126.com

荒漠化是全球人类现如今所面对的一项重要环境问题,是一种极为严重的土地退化现象。是全球性质上一项重要的生态环境问题之一^[1-2]。由于荒漠化现如今的面积较大,分布广泛,已经引起当代国际以及社会上的重点关注^[3-4]。研究表明,21 世纪初期由于环境的恶化沙尘暴在沙漠化地区频繁发生^[5-8],阿拉善左旗处于土地沙漠化较为严重的环境下,研究者们也从许多的方面去探索土地沙漠化的过程,在这个过程中有许多的学者利用 MODIS 影像^[9]作为数据源对土地沙漠化的发展趋势进行研究分析,研究者们发现 MODIS 影像不仅可以对植被覆盖率进行分析,还可以很好地监测土地荒漠化。在空间上,前人对阿拉善左旗的研究相对较少,对土地沙漠化重心迁移方面的报道也较为罕见,本文也将通过贾科利等^[10]的研究对土地重心迁移变化偏移的方向与距离进行了进一步的分析与研究^[11-15]。

本研究以阿拉善左旗土地沙漠化为重点研究对象,以 ArcGIS 10.2, ENVI 5.3 为基础平台,选取 2009—2017 年 3 期分辨率为 500 m 的 MODIS 影像数据与矢量数据进行空间叠加分析,提取出该地区不同沙漠化程度下的土地沙漠化面积,研究其空间分布,并结合土地利用数据分析几年来沙漠化土地的变化情况以及在时间与空间上的变化趋势,分析并讨论影响近几年土地沙漠化变化的驱动力因素,亦为阿拉善左旗生态脆弱区提供参考。

1 研究区概况

阿拉善左旗全旗南北长 495 km,东西宽 214 km,面积 8.04 万 km²,地处北纬 37°24′—41°52′,东经 103°21′—106°51′,是阿拉善盟下属的一个行政区,位于内蒙古自治区西部阿拉善盟东部,国境线长约为 188.28 km²。阿拉善左旗地势东南高、西北低,平均海拔为 800~1 500 m,最高海拔 3 556 m。人口在近两年在逐步上升,总人口近 15 万人。可利用草场有 4.6 万 km²,主要为荒漠、半荒漠草原。沙漠面积约为 3.4 万 km²,主要是腾格里、乌兰布和两大沙漠。阿拉善左旗属于温带干旱荒漠区,为典型的大陆性气候,以风沙大、干旱少雨、日照充足、蒸发强烈为主要特点。太阳年平均辐射总量为 646.32 J,年降雨量 80~220 mm,年蒸发量 2 900~3 300 mm。日照时间 3 316 h,年平均气温 7.2℃,无霜期 120~180 d。地带性土壤特征主要为棕钙土、灰漠土、灰棕漠土,由于沙漠化的原因,大部分退化成为了风沙土^[16-17]。阿拉善左旗幅员广阔、地形地貌复杂,矿产资源丰富且拥着贺兰山国家级自然保护区,具有独特的生态系

统、自然风光和人文景观,系草原到荒漠的过渡地带,是内蒙古自治区乃至西北的天然生态屏障。

2 数据源和方法

2.1 数据源及其处理

遥感数据选取采用的是 NASA 网站所提供的 MODIS 产品,其中产品中包括 MOD13A1 植被指数 16 d 合成产品、MOD09A1 地表反射率 8 d 合成产品,空间分辨率均为 500 m,研究时间选择的是 2009 年、2013 年、2017 年 8 月份的植被生长旺盛时期,这个时间下的地物辐射反射差异较为明显,更有利于不同地表情况之间的对比分析。数据采取的轨道号分别是 h25v04, h25v05, h26v04 和 h26v05,研究区的土地利用数据和矢量文件是通过内蒙古土地勘测院获取得到。

将下载的 MODIS 数据基于 WGS-84 坐标系进行投影转换并转换为.tif 的格式,依据研究区的矢量数据对影像进行拼接裁剪处理,在 ArcGIS 下创建 2000×2000 的栅格渔网,将渔网与 NDVI 值进行空间链接,把 NDVI 值赋到每一个栅格点上后按照植被覆盖度及实地特征对沙漠化程度进行划分并编辑处理,每一个栅格同一土地利用类型下的面积统计得到不同类型沙漠化程度的面积。

2.2 沙漠化程度土地分级标准

沙漠化土地程度的分级主要是为了客观地反映沙区土地的变化,更好地监测沙漠化土地在时间和空间上的动态演变。本文中阿拉善左旗沙漠化程度的划分主要参考国家“973”项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究”所制定的沙漠化遥感监测分类体系标准^[18-19]以及大量土地沙漠化相关文献,在前人^[20-22]的研究基础上根据植被覆盖率和影像解译特征将沙漠化土地程度分成轻度沙漠化、中度沙漠化、重度沙漠化和严重沙漠化 4 大类(表 1)。

2.3 沙漠化土地变化重心迁移模型

沙漠化土地重心迁移模型是运用 ArcGIS 平台绘制出不同时期下不同程度沙漠化土地的重心坐标,根据重心坐标能够更加直观地反映出每个时期的迁移方向及迁移的距离等空间动态变化规律,本文对 2009—2017 年 4 种沙漠化土地类型进行计算,重心坐标的运算方式如下^[23]:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \cdot X_{ti})}{\sum_{i=1}^n C_{ti}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \cdot Y_{ti})}{\sum_{i=1}^n C_{ti}} \quad (2)$$

式中: X_t 为在第 t 年时某一种沙漠化程度土地的经度; Y_t 为在第 t 年时某种沙漠化程度土地的纬度; n

为第 t 年时的某一种沙漠化土地类型的斑块数; C_{ti} 为第 t 年第 i 种沙漠化土地斑块的面积; X_i 是第 i 个斑块在土地沙漠化类型当中的经度坐标; Y_i 是第 i 个斑块在土地沙漠化类型当中的纬度坐标。

表 1 阿拉善左旗沙漠化土地分级指标体系

沙漠化类型	植被覆盖度/%	实地特征	影像解译特征
轻度沙漠化	50~80	植被衰退,土壤基本保持原生景观,在植被底部有风沙堆积,耕垄有些许风蚀痕迹	斑块不规则,红色基调,具有红色斑点,略有裸露地表
中度沙漠化	30~50	草场虽仍保持原生状态,但已出现明显退化性指示植物,地表也有薄层覆沙	不规则斑块,地面不平边界不怎么明显,有流沙分布
重度沙漠化	10~30	原始的地表形态基本上已被破坏,灌丛大面积死亡,耕地基本都已弃耕,只有一些沙漠特有植物	成棕黄色略带有些许浅红色斑点,有零散灌木丛,可以明显看见沙丘
严重沙漠化	0~10	几乎已无植被分布,风蚀坑、流动沙丘已占据草场和耕地的大部分,有机质土壤基本已被风沙化	大面积沙丘分布,成黄色沙垄条纹明显,几乎没有植被的覆盖

3 结果与分析

3.1 沙漠化现状及其空间分布

通过表 2 可知,在 2009 年沙漠化土地总面积为 7 973 597.05 hm²,其中重度沙漠化所占比例最高,所占比例高达 60.39%,其次是严重沙漠化,所占比例为 38.21%;到 2013 年各类沙漠化程度面积在 4 a 间变化趋势不大,严重沙漠化相对 2009 年面积减少 4.24%,在减

少的面积当中有 4.02%转化成为重度沙漠化;直至 2017 年沙漠化变化趋势幅度较为强烈,严重沙漠化与重度沙漠化面积的变化相对于前几年较为明显,其中重度沙漠化增加的比例最大,比 2013 年增加了 11.11%,严重沙漠化比 2013 年减少 11.46%,中度与轻度沙漠化变化不明显,可以明确严重沙漠化的减少是因为绝大部分转化为重度沙漠化。对比几年的数据严重沙漠化与重度沙漠化两者所占沙漠化总面积比例高达 95%以上。

表 2 2009—2017 年阿拉善左旗沙漠化土地面积及比例

沙漠化程度	2009 年		2013 年		2017 年	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
严重沙漠化	3046876.57	38.21	2708167.86	33.97	1794903.54	22.51
重度沙漠化	4815478.24	60.39	5135384.41	64.41	6021273.66	75.52
中度沙漠化	59370.64	0.75	62846.31	0.79	89512.83	1.12
轻度沙漠化	51871.59	0.65	66398.47	0.83	67507.02	0.85
总计	7973597.05	100.00	7972797.05	100.00	7973197.05	100.00

2009—2013 年重度沙漠化面积增加了 319 906.17 hm²,2013—2017 年增加了 885 883.25 hm²,在重度沙漠化的变化当中沙地类型与其他草地类型的面积变化是造成沙漠化程度变化显著的主要因素。其次变化范围较大的是严重沙漠化,在 2009—2013 年期间面积减少 338 708.71 hm²,在 2013—2017 年面积减少 885 889.25 hm²,中度沙漠化与轻度沙漠化比例在 2009—2017 年期间均有所提高,根据重度沙漠化比例大幅上升、严重沙漠化比例大幅下降可以看出沙漠化整体水平是在逐渐变缓,在 2009—2017 年期间,仅有严重沙漠化面积在减少,轻度、中度以及重度沙漠化面积均在增加。草地面积的变化是造成严重沙漠化面积减少的主要土地利用类型。由于轻度以及中度沙漠化程度的土地面积小幅度增加,重度沙漠化面积大幅度增加,严重沙漠化大幅度下降,说明几年以来土地沙漠化逐渐趋于良好,更易于后期治理与防护,但同时,轻度与中度沙漠化的比例依然很少,说明阿拉善左旗地区仍处于一个干旱、半干旱的生态脆弱的情况下,依然面临着随时会处于严重沙漠化的危险当中。

阿拉善左旗的土地沙漠化分布面积较为集中,在图 1 中可以明显看出严重沙漠化在 3 个时期中主要集中在阿拉善左旗的北部地区且北部地区沙漠化在 2009—2017 年期间一直处于严重程度下,重度沙漠化分布范围较广,大部分分布在阿拉善左旗的中部及北部地区,严重沙漠化与重度沙漠化之间的转化主要是西南地区与中部地区之间转化较为明显。轻度与中度沙漠化研究时段内大部分分布在东南地区,在 4 类沙漠化程度当中,各种土地利用类型用地相互交错分布,沙漠化程度也各不相同。

3.2 不同程度沙漠化转化特点

将 3 个时期的土地利用数据与土地沙漠化程度数据经过叠加分析,得到阿拉善左旗在 2009—2017 年期间土地沙漠化面积动态变化的转移矩阵(表 3),在表中可以得到 2009—2013 年期间重度沙漠化与严重沙漠化土地在减少,减少面积为 18 002.53 hm²,轻度沙漠化和中度沙漠化土地有所增加,所增加的面积的来源是重度与严重沙漠化面积的减少。轻度沙漠化土地面积的增加主要是由中度沙漠化土地提供来

源,中度沙漠化转化面积为 14 303.78 hm²,共占轻度沙漠化面积所有来源的 28.22%,剩余增加由重度沙漠化提供;中度沙漠化主要来源是由重度沙漠化转化而来;重度沙漠化中转化面积最大的是严重沙漠化,共 737 972.1 hm²,占重度沙漠化转化面积所有来源的 16.8%,其次是中度沙漠化转化占比较高;重度沙漠化主要是由严重沙漠化转化,相同严重沙漠化土地面积的增加主要也是由重度沙漠化提供,重度沙漠化向严重沙漠化转化了 399 688.81 hm²,占严重沙漠化比例的 17.32%。在 2013—2017 年期间重度沙漠化与严重沙漠化土地依然在减少,减少面积为 27 775.07 hm²,

轻度沙漠化和中度沙漠化土地有所增加,增加面积与减少面积一致。其中轻度沙漠化土地面积的增加主要是由中度沙漠化逆转而来,转化面积不大,中度沙漠化转化面积为 4 619.62 hm²,占其来源的 7.67%,重度及严重各有一小部分转化为轻度沙漠化;中度沙漠化大部分面积来源是由重度沙漠化转化,重度沙漠化转化面积为 32 031.84 hm²,所占比例为 68.29%;重度沙漠化在 2013—2017 年期间由严重沙漠化转化过来的面积较大,重度转为严重相比 2009—2013 期间较少,13—17 a 的时间段内与 2009—2013 年时间段内相比呈稳定逆转趋势。

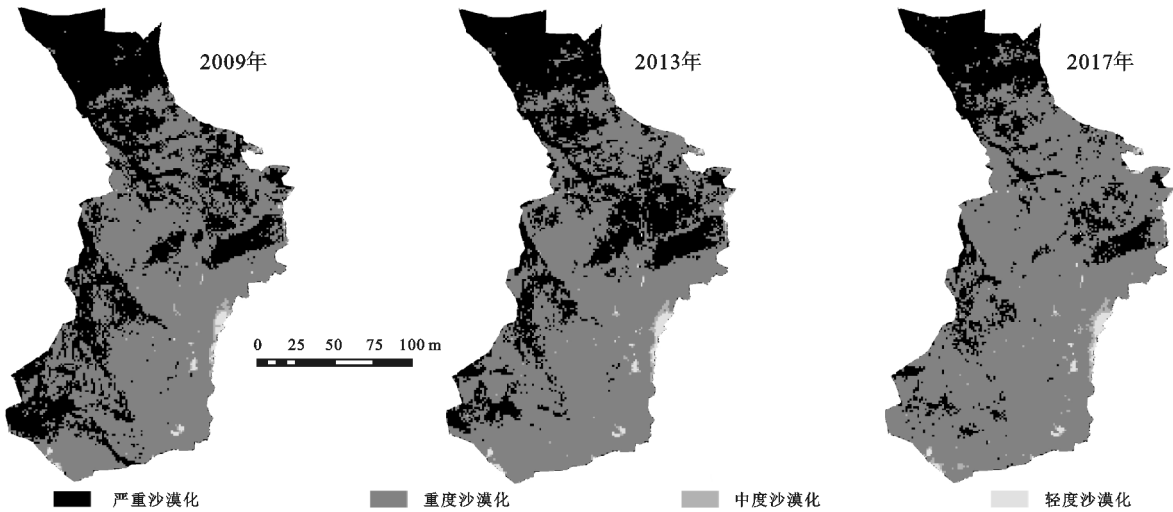


图 1 2009—2017 年阿拉善左旗土地沙漠化空间变化

表 3 2009—2017 年不同沙漠化土地转移矩阵 hm²

时期	沙漠化程度	轻度沙漠化	中度沙漠化	重度沙漠化	严重沙漠化	总计
2009—2013 年	轻度沙漠化	50671.59	800	400	0	51871.59
	中度沙漠化	14303.78	40185.29	4507.00	374.58	59370.65
	重度沙漠化	1423.10	21861.02	4392505.31	399688.81	4815478.24
	严重沙漠化	0	0	737972.10	2308104.47	3046076.57
	总计	66398.47	62846.30	5135384.41	2708167.87	7972797.05
2013—2017 年	轻度沙漠化	60250.92	6147.55	0	0	66398.47
	中度沙漠化	4619.62	50933.44	7293.25	0	62846.31
	重度沙漠化	2236.48	32031.84	4972637.31	128478.78	5135384.41
	严重沙漠化	400	400	1041343.1	1666024.76	2708167.86
	总计	67507.02	89512.83	6021273.66	1794503.54	7972797.05

由表 3 可见,在 2009—2017 年期间大部分的转化都是由严重沙漠化与重度沙漠化两种程度类型的沙漠化相互转化得到,重度沙漠化与严重沙漠化也在逐渐向轻度沙漠化与中度沙漠化转移,面积也在逐渐的分散,阿拉善左旗的沙漠化整体,在逐步趋于良好。

3.3 土地沙漠化的重心迁移

为了更好地监测沙漠化的变化趋势,基于 Arc-GIS 平台的重心迁移模型对 2009—2017 年每种土地沙漠化程度的中心坐标进行处理运算,并利用经纬网更明显地反映出偏移的方向(图 2)。从图 2 中可以

看出,严重沙漠化主要集中于研究区域的西北方向,重度沙漠化集中于研究区的中南方向,轻度与重度沙漠化均分布在研究区的东西方向。对比沙漠化程度图与重心迁移图可以看出沙漠化走向分布大致相同,说明土地重心迁移的变化可以体现出土地空间性的变化。严重沙漠化土地重心在 2009—2013 年期间向北偏移了 0.08°,整体向东北方向偏移了 24.53 km,2013—2017 年明显往北折回偏移,折回偏移了 0.08°,整体向西北方向折回偏移了 25.46 km,从 3 个时间段来看,严重沙漠化土地随着时间的变化往北移动尤为明显且

整体处于缩退的状态;重度沙漠化的土地重心 2009—2013 年期间向西偏移了 0.06° ,整体往西南方向偏移了 10.06 km,2013—2017 年期间又向北折回偏移了 0.02° ,向东北方向偏移了 12.65 km;中度沙漠化在 2009—2013 年期间向南偏移了 0.03° ,整体向西南方向偏移了 5.82 km,在 2013—2017 年期间向南偏移了 0.07° ,整体向西南方向偏移了 12.55 km,逐步向轻度沙漠化在靠近;轻度沙漠化 3 年变化偏移不明显,中度与轻度两者之间的重心分布较为集中,且变化范围不大;在各种程度土地当中严重沙漠化的重心迁移尤为明显,主要原因是严重沙漠化在逐渐转化为其他程度类型的沙漠化,从而导致严重沙漠化土地类型所占比重的减少。所以,可以通过土地重心迁移模型更为直观地发现不同时期下土地迁移的趋势以及更好地进行下一步的观测处理。

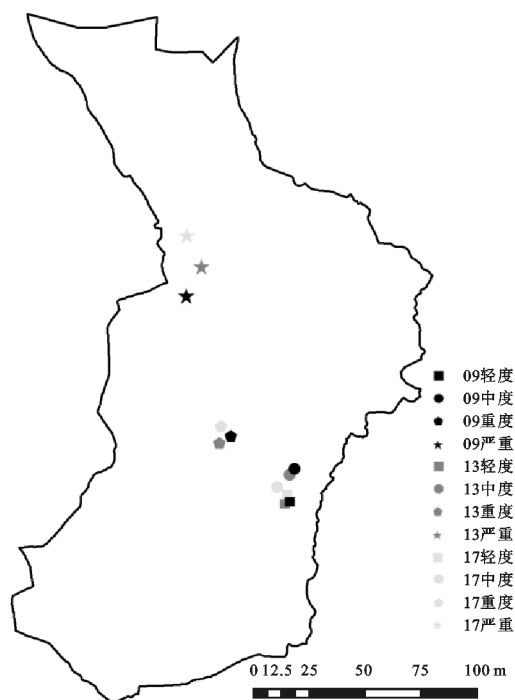


图 2 2009—2017 阿拉善左旗不同沙漠化土地重心迁移

4 讨论

土地的变化一般情况下总是与相对应的自然因素与社会因素有所关联,在近几年的土地沙漠化程度的相互转化当中,阿拉善左旗重度沙漠化变化最大,整体以重度沙漠化变化为主占整个荒漠化发生面积的 60%以上,严重沙漠化次之,轻度沙漠化与中度沙漠化较少,在本文数据当中主要是重度沙漠化与严重沙漠化之间的相互转化,其次是向中度与轻度沙漠化之间转移,通过以上数据告诉人们,如果在今后荒漠化治理当中治理方法不得当很容易会造成荒漠化程度之间向严重与重度沙漠化大量转移,加大荒漠化治

理难度,并会让之前的治理工作变得前功尽弃。在阿拉善左旗重度沙漠化中大面积变化的土地类型主要是草地,而造成草地变化的原因。根据刘树林等^[24-25]的研究结果表明各地草场因过度放牧、持续干旱等各种人为及自然原因还在持续恶化中,草地的退化导致被植被保护着的疏松土地裸露出来加上地区风沙较大草地沙漠化的发展为沙尘暴提供了足够的来源。随着逐渐的沙漠化土壤性质也会被降低,所生长植被条件也受到了一定的抑制;而在后期根据京津风沙林治理。退耕还林还草等制度、“三北”防护林工程等工程措施的实施使生态环境受到修复,植被覆盖率增加,草地面积也有所提高重度沙漠化土地也向轻度与中度沙漠化土地移动。

在土地沙漠化重心迁移的过程当中严重沙漠化变化最为明显,造成严重沙漠化整体向北部迁移的原因是在自然条件和人为因素的影响下,根据阿拉善左旗的退耕还林还草工程的落实^[26],以往裸露的土地现在已大面积覆盖植被,使生态环境得到了改善,气候在近几年趋于良好,使得严重沙漠化土地在空间上向北部集中推进。而向北部推进的原因是在阿拉善左旗的北部与东北方向有着乌兰布和沙漠,主要土地沙漠化形式是以严重与重度沙漠化为主。对于此类敏感的沙漠化更应该给予特别关注,在乌兰布和沙漠周边主要是以流沙、戈壁为主,而紧挨着这些流沙、戈壁的边缘土地主要是以零散灌木、稀疏草地等植被为主,治理不得当边缘土地都面临着荒漠化形式趋势严峻的危险^[27]。轻度沙漠化与中度沙漠化在空间上变化有所推进两类沙漠化所涉及的范围边缘变化不明显,在这两种程度的沙漠化土地中包含了城镇等土地利用类型,这一类的土地利用情况改善了周边人类所生存的环境状况并带动了经济的发展,根据李嘉麟^[28]和刘魁立等^[29]的研究可以推论出轻度沙漠化与中度沙漠化变化在空间上有所增加有可能是随着政策的要求人口在不断增加的同时对城镇市区周边的绿化也有所改善,与此同时兴起了许多对沙漠化有一定治理作用的企业,这些企业在自身发展的同时所遵守的理念就是对沙漠化土地的改良治理对沙漠化发生了潜移默化的影响。

5 结论

(1) 在 2009—2017 年期间重度沙漠化是 4 大类型中所占比例最大的沙漠化类型,严重沙漠化和重度沙漠化两者共占沙漠化面积的比例达到 95%以上,重度沙漠化占 60%以上,严重沙漠化占比 30%以上。在各类沙漠化程度当中各种土地利用类型的土地沙

漠化面积随着年份也在变化,其中沙地和草地所占面积最大,在沙漠化变化当中起到了一定的作用。

(2) 阿拉善左旗沙漠化面积处于一个稳定逆转趋势,2009—2017年期间严重沙漠化面积明显减少转化为重度沙漠化,转化了 $1\,631\,065.53\text{ hm}^2$,在重度沙漠化中也有 $289\,523.28\text{ hm}^2$ 转化为严重沙漠化,重度沙漠化面积有 $69\,319.3\text{ hm}^2$ 转化为中度沙漠化, $32\,508.3\text{ hm}^2$ 转化为轻度沙漠化,由于重度沙漠化所占面积较大主要由重度沙漠化向其他沙漠化程度转化,呈现出一个逐级转化的趋势,整体而言沙漠化程度趋于良好。

(3) 沙漠化土地重心从北向南依次是严重沙漠化、重度沙漠化、中度沙漠化、轻度沙漠化。在2009—2017年严重沙漠化相对稳定仅向北迁移了 43.91 km ;重度沙漠化土地重心向东南方向迁移了 9.91 km ;中度沙漠化土地重心向东北方向迁移 18.22 km ;轻度沙漠化土地重心向东南方向迁移了 5.32 km ,根据重心迁移模型可以看出沙漠化土地在空间上的变化趋势,严重沙漠化范围最大,通过重心迁移模型对土地沙漠化可以进行更好地监测并进行及时控制。

参考文献:

- [1] 丁文广,陈丽珍,李丹露,等.1975—2014年晋西北地区沙漠化动态变化趋势研究[J].干旱区地理,2016,39(5):994-1003.
- [2] Millennium Ecosystem Assessment Council. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis[R]. Washington DC: World Resources Institute, 2005.
- [3] 陈雅琳,常学礼,崔步礼.达拉特旗典型地区沙漠化动态及驱动力累加效应分析[J].水土保持通报,2007,27(2):112-118.
- [4] 赵媛媛,高广磊,秦树高,等.荒漠化监测与评价指标研究进展[J].干旱区资源与环境,2019,33(5):82-87.
- [5] 王涛,吴薇,赵哈林,等.科尔沁地区现代沙漠化过程的驱动因素分析[J].中国沙漠,2004,24(5):519-528.
- [6] 吴薇.近50年来科尔沁地区沙漠化土地的动态监测结果与分析[J].中国沙漠,2003,23(6):646-651.
- [7] 王涛,朱震达.我国沙漠化研究的若干问题:1.沙漠化的概念及其内涵[J].中国沙漠,2003,23(3):209-214.
- [8] 夏晨曦.吉林省西部土地沙漠化动态遥感监测[D].长春:吉林大学,2017.
- [9] Yan F, Wu B, Wang Y. Estimating spatiotemporal patterns of aboveground biomass using Landsat TM and MODIS images in the Mu Us Sandy Land, China[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2015,200:119-128.
- [10] 贾科利,常庆瑞.陕北农牧交错带土地沙漠化景观格局动态分析[J].应用生态学报,2007,18(9):2046-2049.
- [11] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理[M].北京:海洋出版社,2003.
- [12] 李克云,杨永奇.阿拉善盟梭梭苁蓉开发利用成为地区重点产业化建设工程[J].中国沙漠,2002,22(5):510-512.
- [13] 杨俊平,邹立杰.中国荒漠化状况与防治对策研究[J].干旱区资源与环境,2000,14(3):15-23.
- [14] Dong Z, Hu G, Yan C, et al. Aeolian desertification and its causes in the Zoige Plateau of China's Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Environmental Earth Sciences, 2010,59(8):1731-1740.
- [15] Reynolds J F, Grainger A, Stafford Smith D M, et al. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification[J]. Land Degradation & Development, 2011, 22(2):166-183.
- [16] 姚艳芳,巴依尔,常桂霞,等.阿拉善左旗灌木林主要林业有害生物危害及防治研究[J].内蒙古林业调查设计,2019,42(5):27-35.
- [17] 常佩静,陈秀莲,杨宗英,等.基于 Arcgis 的阿拉善左旗霜冻风险区划[J].现代农业,2013(1):30-31.
- [18] Han Z W, Wang T, Yan C Z, et al. Change trends for desertified lands in the Horqin Sandy Land at the beginning of the twenty first century[J]. Environmental Earth Sciences, 2010,59(8):1749-1757.
- [19] 杜子涛,占玉林,王长耀,等.基于 MODIS NDVI 的科尔沁沙地荒漠化动态监测[J].国土资源遥感,2009,21(2):14-18.
- [20] 段翰晨,王涛,薛娟,等.基于 RS 和 GIS 的科尔沁沙地沙漠化时空演变[J].中国沙漠,2013,33(2):470-477.
- [21] 胡孟春.科尔沁土地沙漠化分类定量指标初步研究[J].中国沙漠,1991,11(3):57-60.
- [22] 贾科利,常庆瑞,张俊华.陕北农牧交错带沙漠化土地时空变化特征分析[J].中国沙漠,2009,29(2):224-228.
- [23] Weiske A, Benckiser G, Herbert T, et al. Influence of the nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphat(DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments[J]. Biology and Soils, 2001, 34(2):109-117.
- [24] 刘树林,王涛.浑善达克沙地地区土地沙漠化初步研究[J].水土保持学报,2004,18(5):99-103.
- [25] 刘树林,王涛.浑善达克沙地的土地沙漠化过程研究[J].中国沙漠,2007,27(5):719-724.
- [26] 胡振通,柳荻,靳乐山.草原生态补偿:生态绩效、收入影响和政策满意度[J].资源与环境,2016,26(1):165-176.
- [27] Lamchin M, Lee J Y, Lee W K, et al. Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia[J]. Advances in Space Research, 2016,57(1):64-77.
- [28] 李嘉麟.20世纪中期阿拉善地区社会变迁研究综述[J].赤峰学院学报,2018,39(10):24-26.
- [29] 刘魁立,高丙中.阿拉善生态环境的恶化与社会文化的变迁[M].北京:学苑出版社,2007.