

近 10 年农牧交错区生态环境变化分析 ——以内蒙古太仆寺旗为例

魏 雯^{1,2}, 高 娃³, 师尚礼^{1*}, 田青松², 于凤春⁴

(1. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010;
3. 内蒙古草原勘察设计院, 内蒙古 呼和浩特 010010; 4. 太仆寺旗草原工作站, 内蒙古 太仆寺旗 027000)

摘要:利用 2000 年和 2009 年 2 个时期的 Landsat 5 的 4,3,2(RGB)波段合成影像的解译结果,分析研究区近 10 年的景观格局变化,并结合气象数据,探讨景观格局在气候背景下的演变规律,揭示生态环境变化与气候变化的关系。结果表明:10 年来研究区林地和草地面积有所增加,但区域整体生态环境还是呈退化趋势,表现为水域及低湿地草甸的大量减少和低地盐化草甸的增加;在全球气候变暖背景下,研究区气温上升趋势明显,加上降水量季节分布不均,持续的干旱使生态环境变得更差,农牧业生产受到极大影响。基于分析结果,指出在气候变化背景下,应加强生态环境保护的力度,限制或取消引起生态退化的各种干扰因子,充分利用系统的自我修复功能,达到恢复和改善生态环境的目的,实现区域的可持续发展。

关键词:景观生态学;农牧交错区;气候变化;生态环境

中图分类号:S16;X322.013

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0031-06

Ecosystem Change Analysis of Agriculture and Animal Husbandry Regions in Last Ten Years: A Case Study in Taipusi, Inner Mongolia

WEI Wen^{1,2}, GAO Wa³, SHI Shang-li^{1*}, TIAN Qing-song², YU Feng-chun⁴

(1. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu Province 730070, China;
2. Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Science, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China;
3. Grassland Survey and Design Institute of Inner Mongolia, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China;
4. Taipusiqi Grassland Station, Taipusiqi, Inner Mongolia, 027000, China)

Abstract: Based on the interpretation of composite imagery of band 4, 3, 2 of Landsat 5 in 2000 and 2009, analyzed, study area changes of the landscape pattern were analyzed. The landscape pattern evolution in the context of climate change was investigated combined with the meteorological data of 30 years to reveal the relationship between environment and climate change. Results showed that both forestland and grassland areas were increased over the past decade. However, the overall ecological environment of studied area degenerated reflecting in significant reduction of water and low wetland meadow as well as increased low salt meadow area. The temperatures of studied areas rise significantly under the background of global warming. The ecological environment became worse with uneven distribution of seasonal rainfall and persistent drought. Both agriculture and animal husbandry production were affected. Based on above analysis the following strategies were suggested to restore and improve the ecological environment, eventually realize the regional sustainable development in the context of climate change: strengthen ecological and environmental protection, limit or eliminate the interference factors of causing ecosystem degradation, make full use of the system self-healing capabilities.

Key words: Landscape ecology; Agro-pastoral ecotone; Climate change; Ecological environment

内蒙古农牧交错区是位于内蒙古北部牧业带与南部农业带之间的狭长地带,由鄂尔多斯高原向东

沿伸至大兴安岭北端东南侧,区内农田与草地镶嵌分布,种植业和畜牧业并存,是生态环境脆弱的特殊

收稿日期:2011-08-12;修回日期:2011-11-02

基金项目:国家重点基础研究计划项目(2007CB106806);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2010-Z-3);内蒙古太仆寺旗典型草原放牧管理优化模式研究项目(1610332011019)资助

作者简介:魏雯(1982-),女,甘肃兰州人,博士研究生,工程师,研究方向为草地资源与生态, E-mail: wenwenwei21@163.com; * 通信作者
Author for correspondence, E-mail: shishl@gsau.edu.cn

区域,其生态系统具有不稳定性 and 敏感性 2 个突出特点,不稳定性表现在生态系统受到外来扰动容易发生变化,从而破坏原有生态平衡;敏感性是指生态系统内部的各种环境要素极易发生改变,一个环境要素的变化往往会触发其他多个要素的改变,从而产生“链式”反应,使脆弱的生态系统发生根本性的质量改变,而这些改变往往都是不可逆的、灾害性的退化^[1~4]。近年来,国家环境保护战略已从单纯的污染防治向污染防治与生态保护并举转变,农牧交错区的生态保护问题也逐渐成为景观生态学研究热点^[5,6]。但是,我国目前对区域生态的监测与评价仍处于初级阶段,还没有十分有效的评价方法和评价模型。因此,现阶段如何评价生态脆弱区的生态环境变化和生态保护战略的成果就显得十分必要。本文选取内蒙古太仆寺旗作为研究区域,以 3S 技术为主要技术支撑,结合野外实地调查,对研究区近 10 年的景观格局变化进行分析研究,并结合当地 30 年的气象资料探讨景观格局在气候变化背景下的演变规律,从而揭示生态环境变化与气候变化之间的关系。为太仆寺旗土地资源的合理利用、推进区域可持续发展提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

太仆寺旗位于内蒙古锡林郭勒盟最南端,地处阴山北麓,浑善达克沙地南部边缘,属低山丘陵区, $E114^{\circ}51' \sim 115^{\circ}49'$, $N41^{\circ}35' \sim 42^{\circ}10'$, 西北与白旗接壤,东北与蓝旗相连,东南与河北省沽源县交界,西与河北省康保县毗邻(图 1)。东西长 85 km,南北宽 65.5 km,总面积 3414.74 km²,其中,农区面积 2557.7 km²,牧区面积 850.0 km²,城镇面积 7.04 km²^[7]。全旗辖 1 个乡、1 个苏木、4 个镇,总人口 20.8 万。是一个以农为主,半农半牧的北方典型农牧交错区。气候类型为中温带半干旱大陆性气候,冬季寒冷干燥,夏季温暖湿润。年平均气温 1.6℃,无霜期 115 d,年降水量 407 mm,主要集中在 6—8 月,水热同期,平均日照 2937.4 h。土壤为淡栗钙土。草原类型为干旱与半干旱典型草原,以羊草(*Leymus chinensis*)、克氏针茅(*Stipa krylovii*)、根茎冰草(*Agropyron michnoi*)为优势种^[7]。

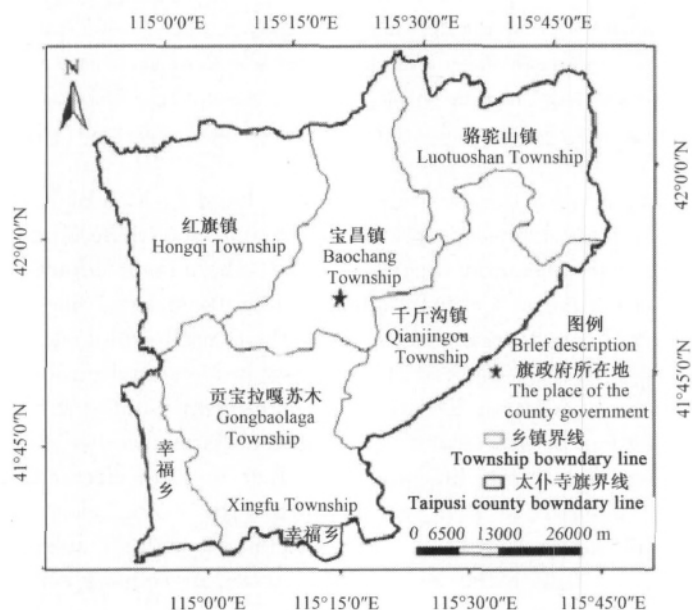


图 1 研究区示意图

Fig. 1 Sketch map of studied area

1.2 数据来源与处理

1.2.1 TM 数据 本文选取研究区 2 期 Landsat TM 影像作为数据源,成像时间分别是 2000 年 8 月和 2009 年 8 月,空间分辨率为 30 m。应用 ERDAS MAGINE 软件对遥感影像进行几何校正、融合和镶嵌,

参照中国科学院环境数据库中的全国 1:10 万土地资源利用分类系统,采用人机交互的方式进行解译,为确保解译精度满足研究需要^[8],分别于 2009 年 6—9 月和 2010 年 5 月在研究区进行野外实地调查,用 GPS 定位记录,并在草原上随机建立

监测样点采集草本样方,作为草地分类的辅助依据,调查指标主要有植物种、植被盖度、高度和频度,每个指标的调查方法采用常规方法。将解译后的数据转化为矢量图层,利用 Arc GIS 的空间分析功能,将数字化得到的 2 期环境地物矢量数据进行叠加分析,获得相应的空间信息^[9,10]。

1.2.2 气象数据 选用太仆寺旗气象站提供的 1979—2009 年逐旬平均气温、降水等基本气候资料,运用 Excel 2003 软件对数据进行统计分析,探讨研究区景观格局在气候背景下的演变规律,以期揭示生态环境变化与气候变化的关系。

1.3 研究方法

1.3.1 动态度 土地利用动态度可定量描述土地利用变化速度,指区域一定时间范围内,某种土地利用类型变化速度的情况,计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{T \times U_a} \times 100\%$$

式中: U_a 、 U_b 分别为研究期初和研究期末土地利用类型的数量; T 为研究步长,当 T 设为年时, K 为研究时段内某种土地利用类型的年变化率。

1.3.2 土地利用转移矩阵 根据地图代数原理,对任意 2 期土地利用类型图 A 和 A_{k+1} ,采用下式的地图代数方法:

$C_{ij} = A_{ij}^k \times 10 + A_{ij}^{k+1}$ (土地利用类型 < 10 时适用),可以求得由 k 时期到 $k+1$ 时期的土地利用变化图 C_{ij} ,它直观表现了土地利用变化的类型及其分布,据此可以进一步求得反映土地利用类型相互转化定量关系的转移矩阵^[11]。

2 结果与分析

2.1 TM 结果与分析

2.1.1 内蒙古太仆寺旗环境地物变化 由表 1 可知,10 年间面积增加的环境地物类型为林地、草地和居民工矿用地,而耕地、低湿地草甸和水域面积在减少。其中,林地面积变化幅度最大,由 2000 年的 166.19 km² 增加到 2009 年的 532.82 km²,净增长 217.31%;草地总面积增加了 5.32%,具体表现为平原丘陵草原和低地盐化草甸面积增加,山地草原和低湿地草甸面积减少;耕地面积由 1520.47 km² 减少到 1063.51 km²,减少了 29.6%。耕地、林地和草地面积的变化,充分显示了 2000 年以来太仆寺旗实行退耕还林(草)政策的成效;居民工矿用地增加了 21.45 km²,反映出区域城镇化进程加快的趋势;水域面积和低湿地草甸分别减少了 42.41%和 89.41%,这种变化与区域气候“暖干化”的趋势一致^[12]。

表 1 2000—2009 年各环境地物类型面积及其变化

Table 1 Changes of environmental features and types in Taipusi from 2000 to 2009

km²

类型 Type	2000 年	2009 年	2000—2009 年变化 Changes from 2000 to 2009	变化率 Change rate/%	动态度 Annual change rate/%
I	1520.47	1063.51	-456.97	-29.60	-2.96
II	166.19	532.82	366.63	217.31	21.73
III	1218.52	1371.96	153.45	12.40	1.24
IV	212.24	195.90	-16.34	-7.58	-0.76
V	132.71	12.25	-120.46	-89.41	-8.94
VI	45.94	95.46	49.52	106.17	10.62
VII	19.93	40.48	20.56	101.60	10.16
VIII	57.80	79.24	21.45	36.55	3.66
IX	40.86	23.27	-17.59	-42.41	-4.24

注(Note): I:耕地 Cultivated land; II:林地 Forest land; III:平原丘陵草原 Plain and hilly grassland; IV:山地草原 Mountain grassland; V:低湿地草甸 Low land meadow; VI:低地盐化草甸 Low salt meadow; VII:人工草地 Artificial turf; VIII:居民工矿用地 Resident and industrial land; IX:水域 Waters。下表同(the same as below)

2.1.2 地物类型转移过程

运用迭加运算和统计分析形成环境地物转移矩阵(表 2),清晰地反映出不同类型环境地物之间的转换关系。从 2000—2009 年 10 年间研究区各类环境地物转移的方向看,主要表现为:①耕地:44.4%的耕地发生了变化,主要转化为林地(20.28%)和平

原丘陵草原(18.68%),这与研究区 2000 年以来实施退耕还林(草)政策密切相关。②林地:由于总面积小,发生转化的面积也少,表现相对稳定。③草地:23.17%的平原丘陵草原发生了转化,主要转变为耕地(9.61%)、林地(6.53%)和低地盐化草甸(2.69%);35.34%的山地草原发生了转化,主要转

变为耕地(11.74%)和林地(14.98%);90%以上的低湿地草甸发生了变化,主要转化为平原丘陵草原(56.09%),部分转化为耕地(19.45%)和林地(14.97%);18.52%的低地盐化草甸恢复为平原丘陵草原,是近年来生态环境治理的结果;④水域:58.41%的水域发生了改变,其中47.88%转变为低地盐化草甸,反映了研究区生态环境退化的趋势。

从2009年各类环境地物的转化源分析:①耕地主要由平原丘陵草原转化而来,说明近年来由于人口增长,造成人地关系紧张,部分草原被开垦为耕地;②57.89%的林地由耕地转化而来,20.91%的林地由平原丘陵草原和山地草原转换而来;③平原丘陵草原和山地草原多来自于退耕地;低地盐化草甸主要来自平原丘陵草原;人工草地的主要来源是耕

地和平原丘陵草原;林地和草地的这种变化是2000年以来实施退耕还林(草)政策的成果;④居民工矿用地主要由耕地和草地转化而来,这部分用地的增加,反映了区域人口的增长和城镇化进程加快的趋势;⑤水域由其他用地类型转化的面积很小,转入比例低。

自2000年以来,太仆寺旗的土地利用与土地覆盖情况发生了很大的变化,土地利用状况在2000年以耕地和草原为主,发展到2009年,则以耕地、林地和草地为主,这是该地区长期注重生态治理的成果。但这种治理所带来的改良并不能掩盖日益频繁的人类盲目活动所带来的生态环境的退化,如草原退化、水域及低湿地草甸面积的大量减少和低地盐化草甸面积的增加,都是生态环境退化的表现^[13]。

表 2 2000—2009 年太仆寺旗环境地物转移矩阵

Table 2 Transform matrix of environmental features of Taipusi between 2000 and 2009

km²

2000 年	2009 年									百分比/%
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Percentage
I	844.82	308.42	283.99	34.93	1.65	5.35	11.73	28.99	0.65	44.53
II	35.39	87.56	29.00	9.93	0.05	0.08	2.35	1.67	0.14	4.87
III	117.10	79.57	936.01	12.04	7.51	32.75	17.93	12.01	3.32	35.68
IV	24.93	31.82	17.11	137.33	0.00	0.06	0.02	1.05	0.06	6.22
V	25.82	19.88	74.47	0.17	1.76	3.69	0.24	6.60	0.15	3.89
VI	0.57	0.45	8.50	0.00	0.91	33.25	0.00	0.46	1.76	1.34
VII	0.69	0.47	10.33	0.00	0.00	0.21	8.22	0.00	0.00	0.58
VIII	13.47	4.46	9.40	1.35	0.06	0.45	0.00	28.49	0.18	1.69
IX	0.77	0.13	3.02	0.01	0.32	19.57	0.00	0.04	17.00	1.20
百分比/%	31.15	15.60	40.17	5.73	0.36	2.79	1.19	2.32	0.68	100.00

2.2 气候变化分析

2.2.1 内蒙古太仆寺旗气温的变化 研究区气温升高趋势明显(图2),1979—2009年31年的平均气温为2.36℃。以10年为时间尺度看,1979—1988年属于相对较冷的时段,10年的均温为1.60℃,比30年的均温低0.76℃,除了1983年和1987年的均温高于多年平均值外,其他年份的均温均较低。1989—1998年的均温为2.54℃,较第1个10年的平均值升高了0.94℃,其中,1998年的年均温达到31年来的最高值,为3.95℃,比气温平均值最低年份1985年高出3.19℃。特别是近10年,气温上升的趋势更加明显,1999—2009年的11年均温达到2.9℃,高于31年的平均值0.54℃,除2000年和2003年的均温低于30年平均值外,其他年份均偏高。温度的持续升高势必使研究区的潜在蒸发量提高,气候更加干燥^[14]。

2.2.2 内蒙古太仆寺旗降水量的变化 研究区降水量呈微弱的下降趋势(图3),31年平均降水量为

379.16 mm。以10年为时间尺度看,1979—1988年的平均降水量为393.65 mm,比1989—1998年的平均降水量多15.3 mm,1999—2009年的平均降水量仅为366.7 mm,且由图2可知,近年来,降水量的稳定性更差,降水量最多年是2003年,当年降水量达到550.3 mm,是降水最少年2001年的2.47倍。

以1979年以来研究区的平均降水量为该区域降水的多年平均值,考虑到遥感影像的时段以及植被生长与降水的季节性关系密切,选取2000—2009年的降水量为研究对象,计算各年份的全年及四季降水距平百分比^[15],发现太仆寺旗降水季节分布不均现象明显,从表3可以看出,除2004年,2006年和2008年3年外,其余年份夏季均表现为不同程度的干旱,有些年份甚至为重旱和特旱,如2001年和2009年降水距平百分比都达到了80%以上,夏季是农作物需水量最多的时期^[16],特别在7月中旬至8月上旬,干旱对当地农牧业生产造成极大的影响。

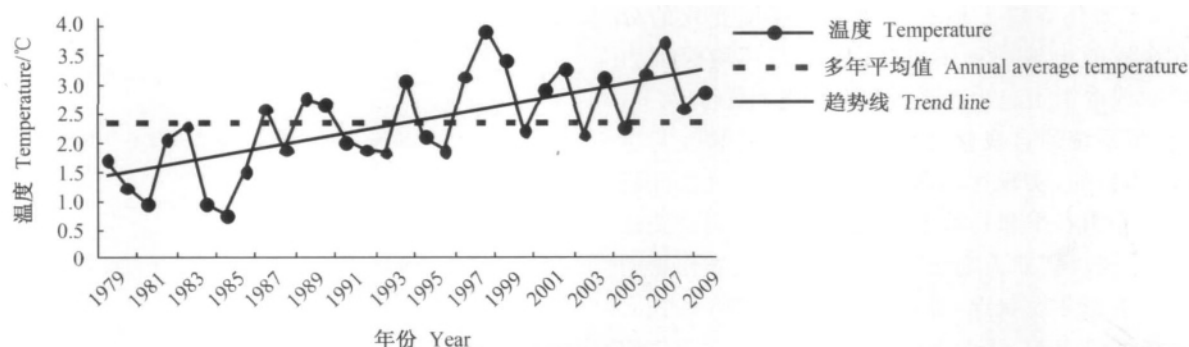


图 2 太仆寺旗 1979—2009 年气温变化图

Fig. 2 The annual temperature change in Taipusi from 1979 to 2009

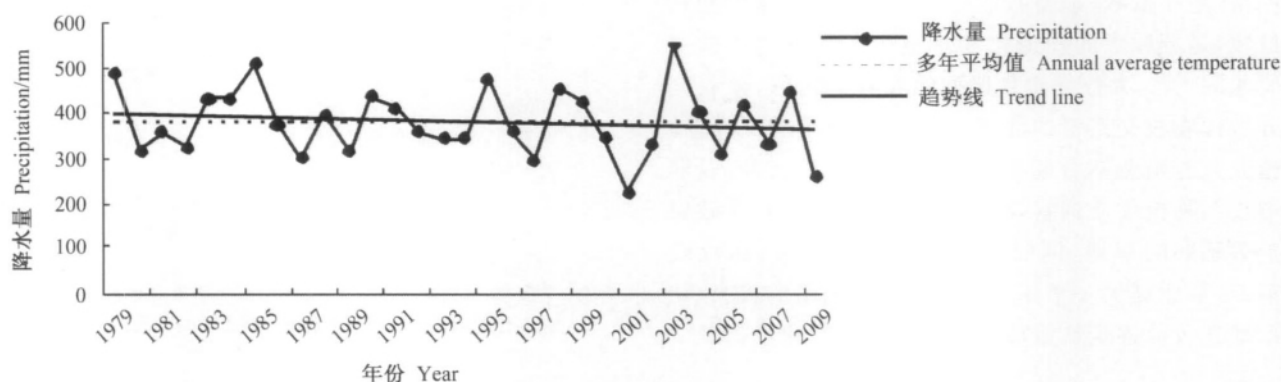


图 3 太仆寺旗 1979—2009 年降水量变化图

Fig. 3 The annual precipitation change in Taipusi from 1979 to 2009

表 3 2000—2009 年太仆寺旗四季及全年降水距平百分比

Table 3 Seasonal and annual precipitation anomaly percentage in Taipusi from 2000 to 2009

%

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
春季 Spring	58.49	-63.89	16.03	172.01	8.67	-6.71	46.62	4.33	18.87	12.52
夏季 Summer	-24.02	-84.38	-36.35	-24.83	17.24	-34.07	22.33	-24.56	40.35	-83.10
秋季 Autumn	-46.12	3.81	-10.21	147.33	-9.33	-27.00	-36.20	-16.19	-4.95	4.39
冬季 Winter	25.40	-46.24	91.53	-4.22	8.18	-3.53	4.04	-26.27	-22.82	-30.40
全年 Annual	-8.80	-41.34	-13.47	45.13	6.31	-18.80	9.32	-12.04	17.47	-31.98

3 讨论

气候变化特别是由 CO_2 等温室气体浓度升高引起的全球变暖给人类社会和生态系统带来巨大影响^[17]。目前在我国已引起气候带边界位置的相应摆动,以及农作物种植制度的相应改变,干旱半干旱地区许多生态环境问题可能与此密切相关^[18~20]。农牧交错区的生态环境也与气候变化有很大关系^[21,22]。气温升高,降水量季节分布不均,加之研究区地表水资源匮乏,地下水埋藏深^[7],导致干旱频发,春季和夏季干旱对农牧业生产造成很大影响,使农民无法播种,牧草难以返青。目前,干旱已成为影响本区农牧林业生产最主要自然灾害之一^[23]。

虽然气温升高和降水减少会加速一个地区生态环境恶化,但区域生态环境演化是受到自然、社会经济多因子综合作用的复杂过程,生态环境的退化是在自然和人为因素共同作用、相互激发、相互促进下陷入恶性循环的结果^[24,25],如果没有人为干扰,这种变化也不会像目前这样剧烈^[26]。建国 50 多年来,太仆寺旗人口数量由 7 万人增长到 20 多万^[7]。人口增长导致对耕地资源的需求增加,人们只有通过不断开垦草地以增加耕地面积,其中一些不适宜耕种的草地也被大面积开垦,致使大量土地资源遭到破坏。近年来通过“退耕还林(草)”、“生态移民”、“禁牧舍饲工程”和“京津风沙源治理工程”的相继实施,生态环境的恶化趋势已得到一定程度的控制。

基于太仆寺旗土地利用及生态环境变化的分析,在今后的土地利用中,应加强生态环境保护力度,限制或取消引起生态系统退化的各种干扰因子,充分利用系统的自我修复功能,达到恢复和改善生态环境的目的,实现区域的可持续发展。就农区而言:太仆寺旗春季和夏季干旱频发,加快水利设施建设、减少农牧民“靠天吃饭”的比重,可促进农作物增收,改善生态环境状况,提高农民生活质量;对牧区来说,受气候影响,草地生产力的强烈季节性变化使自然畜牧业生产需求与草地可供能力产生间断性分异^[27]。研究区未划分季节性草场,传统的“靠天养畜,全年放牧”型畜牧业生产方式造成严重的超载过牧,是草原大面积退化和草地生态环境恶化的主要原因^[28]。太仆寺旗是典型的农牧交错区,建议充分发挥农牧交错带的优势,改变传统放养方式,将种植业与养殖业结合起来^[29,30],实现“为养而种,以养增收”,种植优质饲料,减轻天然草地的压力,有效保护敏感期的草地,同时还应积极推行禁牧、休牧政策,给草原提供一个休养生息或有性繁殖的机会,使草地畜牧业逐步从粗放型经营走向集约化经营。

4 结论

2000—2009年,通过退耕还林(草)政策的实施,太仆寺旗林地和草地面积有所增加;但是整体生态环境还是呈退化趋势,具体表现为水域及低湿地草甸面积的大量减少和低地盐化草甸面积的增加。

在全球气候变暖背景下,自2000年以来,研究区气温上升的趋势更加明显,温度的持续升高势必使潜在蒸发量提高,气候更加干燥,植被生长困难,加上降水量季节分布不均,持续的干旱使生态环境变得更差,农牧业生产均受到很大的影响。

参考文献

- [1] 赵杰, 赵士洞. 基于RS、GIS的奈曼旗土地覆盖/利用变化研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 414-418
- [2] 李增慧, 刘惠清, 罗海江. 遥感监测下鄂尔多斯市地物类型动态分析[J]. 干旱区地理, 2006, 29(2): 269-274
- [3] 张宏斌, 杨桂霞, 黄青, 等. 呼伦贝尔草甸草原景观格局时空演变分析—以海拉尔及周边地区为例[J]. 草地学报, 2009, 18(1): 134-143
- [4] 邝生爱, 田淑芳, 程博. 农牧交错带土地沙化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2002, 2: 10-14
- [5] 海春兴, 马礼, 王学萌, 等. 农牧交错带典型地段土地沙化主要因素分析—以河北坝上张北县为例[J]. 地理研究, 2002, 21(5): 543-550
- [6] 李增, 刘惠清. 基于遥感的鄂尔多斯农牧交错区生态环境变化研究[J]. 农业与技术, 2005, 25(5): 68-70
- [7] 王海亮. 太仆寺旗志[M]. 呼和浩特: 内蒙古文化出版社, 2000: 3-4
- [8] 李书娟, 曾辉. 遥感技术在景观生态学研究中的应用[J]. 遥感学报, 2001, 6(3): 233-240
- [9] 陈贵廷, 刘清泉, 叶生星, 等. 内蒙古多伦县景观格局动态变化分析[J]. 草地学报, 2011, 19(2): 207-214
- [10] Wu J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: Scaling relations [J]. Landscape Ecology, 2004, 19: 125-138
- [11] 蒙古军, 李正国, 吴秀芹. 1995—2000年河西走廊土地利用变化研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 645-651
- [12] 乌云娜, 裴浩, 白美兰. 内蒙古土地沙漠化与气候变化和人类活动[J]. 中国沙漠, 2002, 21(3): 91-96
- [13] 封建民, 王涛. 呼伦贝尔草原沙漠化现状及历史演变研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 356-360
- [14] 赵媛媛, 何春阳, 李晓兵, 等. 干旱化与土地利用变化对中国北方草地与农牧交错带耕地自然生产潜力的综合影响评价[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 123-135
- [15] SL 424-2008. 旱情等级标准[S]. 中华人民共和国水利部, 2008: 3-6
- [16] 宋春桥, 游松财, 柯灵红, 等. 藏北高原地表覆盖时空动态及其对气候变化的响应[J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2091-2097
- [17] 丁一汇, 任国玉, 何金海, 等. 气候变化国家评估报告(I). 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3-8
- [18] 刘及东, 陈艳梅, 陈雅琳, 等. 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): 73-78
- [19] 李青丰. 气候变化与内蒙古草地退化初探[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 23-27
- [20] 吴建国, 吕佳佳. 气候变化对青藏高原高寒草甸适宜气候分布范围的潜在影响[J]. 草地学报, 2009, 17(6): 699-705
- [21] 牛建明. 气候变化对内蒙古草原分布和生产力影响的预测研究[J]. 草地学报, 2001, 9(4): 277-282
- [22] 任健美, 尤莉, 高建峰, 等. 鄂尔多斯高原近40a气候变化研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 874-879
- [23] 魏雯, 徐柱, 师尚礼, 等. 基于参与式方法的农牧户生计现状评估——以内蒙古太仆寺旗为例[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2686-2692
- [24] 刘湘南, 黄方. 土地利用变化驱动下的区域生态环境退化机制分析[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 2002, 34(1): 87-92
- [25] 王秀兰. 基于遥感的呼伦贝尔盟农牧业土地利用变化及其对地区农业持续发展影响的研究[J]. 地理科学进展, 1999, 4: 38-45
- [26] 邹亚荣, 张增祥, 周全斌, 等. 中国农牧交错区土地利用变化空间格局与驱动力分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 222-227
- [27] 韩芳, 牛建明, 刘朋涛, 等. 气候变化对内蒙古荒漠草原牧草气候生产力的影响[J]. 中国草地学报, 2010, 32(5): 57-64
- [28] Yang Z, Zhu X, David K, et al. Modeling optimal grazing management for grassland rehabilitation on the typical steppe: A case study in Taipusi Banner, Inner Mongolia, China [J]. The Philippine Agricultural Scientist, 2010, 93(4): 420-428
- [29] 吕玉华, 郑大玮. 内蒙古农牧交错带农牧系统耦合及相悖的机理及效应[J]. 草业学报, 2009, 18(4): 217-223
- [30] Liu Z Z, Liang C Z, Wang L X, et al. Inheriting and advancing the essence of nomadic culture, and searching for a new course of harmonious development on the grassland [C]// Organizing Committee of 2008 IGC/IRC Conference, ed. Multifunctional grasslands in a changing world. Guangdong People's Publishing House, 2008: 853-856

(责任编辑 李美娟)