

陕北农牧交错带土地荒漠化动态变化研究^{*}

常庆瑞¹, 贾科利^{1, 2}, 刘 京¹, 杨云贵¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 淮阴师范学院 地理系, 江苏 淮阴 223001)

[摘 要] 应用遥感技术与GIS相结合的方法,对陕北农牧交错带不同时期的遥感影像进行校正、增强和自动分类识别,得到1986、1993和2000年3个时期土地荒漠化分布图(数字地图)、空间数据库及其面积统计。结果表明,近15年来该地区土地荒漠化面积增加,严重荒漠化土地大幅度减少,中度和轻度荒漠化土地增多;荒漠化土地的时空转换频繁且复杂,耕地沙化和林地退化是土地荒漠化的主要来源,基本农田建设和生态自然恢复使荒漠化土地发生逆转,区域土地荒漠化得到有效控制,但土地生态系统还相当脆弱;其中人畜数量增加、社会经济发展是驱动荒漠化的主要因子。

[关键词] 农牧交错带; 土地荒漠化; 动态变化; 遥感与地理信息系统

[中图分类号] S151.9⁺5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)02-0074-05

陕北农牧交错带位于毛乌素沙漠和黄土高原过渡地区,这里环境条件恶劣,人类活动频繁且干预强度大,生态系统相当脆弱,土地退化严重,是我国荒漠化的主要发生区域和沙尘暴的重要沙源地之一。近年来,随着陕北能源重化工基地的建设和西部大开发项目的实施,环境问题愈来愈严重,成为制约当地社会经济持续发展的主要限制因子。所以进行区域生态环境建设,防治土地荒漠化与生态系统衰退成为历史的必然选择。本研究应用遥感技术与地理信息系统相结合的方法,调查研究了该地区土地荒漠化的基本状况,掌握荒漠化的类型、程度、空间格局和动态变化,探讨荒漠化形成的驱动机制和演化模式,以为农牧交错带荒漠化防治和规划决策提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省北部,东经107°35′~111°29′,北纬37°35′~39°02′,土地总面积为356.44万hm²。该区是毛乌素沙漠与黄土高原过渡区,平均海拔800~1800m,横山以东地形走势由西北向东南倾斜,横山以西南高北低。大体以长城为界,西北部是毛乌素沙漠,地势平缓,沙丘绵延不断,滩地、海子散布其间;东南部是黄土高原,其西段为白于山,是黄土覆盖的低山丘陵,地面连绵起伏,切割较弱,

坡度相对较小;东北部是以梁为主的黄土丘陵,地面破碎,切割强烈,零星分布着流沙和裸露的基岩。该区属于内陆干旱、半干旱季风气候,光照充足,热量丰富,降水稀少,蒸发强烈,冬季寒冷,夏季温热,无霜期短,大风日数多,自然环境较为恶劣。

区内植被从东南向西北由森林草原向干草原和荒漠草原过渡,植被类型单一,植物种类稀少,生物多样性较低,生态系统波动较大。长城沿线以北属草原地带,分布着长芒草、百里香、冷蒿、兴安胡枝子等组成的典型草原群落,以及沙生针茅、戈壁针茅、兔唇花、宽叶大戟和红砂、优若藜等超旱生植物组成的荒漠草原。长城以南是森林草原向草原的过渡地带,可以见到残存的侧柏、油松、刺槐、杨、柳组成的乔木林,黄蔷薇、沙棘、柠条、扁桃木、胡枝子、长芒草、百里香、白羊草、沙樱桃等组成的灌丛草原。在风沙滩地上则生长着沙柳、沙旋复花、牛心朴、鸡爪芦苇、沙竹、籽蒿、泡泡豆、油蒿、臭柏灌丛、踏榔、苦豆子,以及寸草、苔草、芨芨草、碱蓬、盐爪爪、百刺、香蒲、芦苇、三棱草等。由于受强烈的水土流失和风蚀沙化的影响,该区土壤的分化发育程度较差,处于以物理风化为为主的幼年阶段;土壤质地以砂粒和粉粒为主,有机质含量低,养分贫乏;主要土壤类型为雏形土和新成土,局部地方有均腐土、盐成土、潜育土和有机土分布。

研究区包括榆阳、神木、府谷、横山、靖边、定边、

^{*} [收稿日期] 2004-10-07

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30170790);教育部科学技术研究重点项目(03157);农业部“948”项目(2003-Z57)

[作者简介] 常庆瑞(1959-),男,陕西子洲人,教授,博士生导师,主要从事土地资源与空间信息技术研究。

佳县等7县区,共174个乡镇,总人口212.99万人,其中农业人口178.71万人,人口密度58.7人/km²。国民经济以农业为主,种植业和养殖业占据农业的主导地位,是典型的农牧交错带。由于区域自然条件恶劣,特别是不合理的利用土地和滥垦滥伐,大量植被和草原遭到严重破坏,全区风蚀沙化十分严重,生态经济系统相当不稳定。

1.2 研究方法

本研究采用遥感技术与地理信息系统相结合的方法,依据1986、1993和2000年3个不同年份,由Landsat 5获取的TM影像数据,经过图像纠正和增强处理,应用监督分类、空间分析和多元统计方法进行分类识别^[1-3]。

1.2.1 图像几何校正与镶嵌 以1:250 000地形图上控制点坐标为依据,对遥感数字图像进行拼接、分割和几何校正。采用亚尔勃斯等积圆锥投影,空间拼接选用重接区域匹配法,像元灰度取值采用重叠法,得到研究区完整数字影像;几何校正用二次多项式,系数通过32~34对地面控制点由最小二乘法估计,像元灰度重采样利用邻近点双线性内插法计算,校正后像元的空间分辨率为36 m,控制点中误差在1个像元以内,接边中误差小于2个像元。

1.2.2 图像增强处理 在ERDAS 8.5图像处理系统上,对经过几何校正和镶嵌的图像进行彩色合成转换、交互拉伸、直方图均衡化等增强处理。用TM 4(R),3(G),2(B)波段进行彩色影像合成,产生用于分类识别的遥感影像。

1.2.3 监督分类与数字化 应用人机交互方式进行样区选择与识别解译,建立分类模板和判别函数;用最大似然分类法(MLH)对各期影像进行监督分类,初步生成不同时期荒漠化土地分布图;对初步分类图进行处理,剔除无实际意义的小图斑,标定分

类有误像元;最后对分类图像矢量化,形成矢量分类图。

1.2.4 空间叠加与统计分析 在ARC/GIS系统软件支持下,对矢量分类图进行编辑处理,创建拓扑关系,并建立空间数据库;通过空间叠加分析和对数据库的操作,提取土地荒漠化的时空演变信息,同时生成相应的专题地图;根据区域自然条件和社会经济状况进行相关分析,确定引起土地荒漠化的主要因子,揭示导致土地荒漠化的驱动机制。

2 土地荒漠化的动态变化过程

2.1 土地荒漠化状况

陕北农牧交错带土地荒漠化状况如表1所示。由表1可见,1986年以来荒漠化土地面积均在90万hm²以上,占全区土地总面积的1/4,土地荒漠化状况比较严重。该区荒漠化土地主要分布在长城以北地区,特别是无定河鱼河镇以上流域,榆溪河及秃尾河两岸,荒漠化土地集中连片,面积辽阔,是严重荒漠化土地分布的主要地带。同时,神木县北部、横山县东南部及佳县西北部的黄土丘陵区已有片状流沙分布,黄土区面临着荒漠化的严重威胁。其中1986和1993年严重荒漠化土地分布广泛,处于主导地位,面积分别占到全区荒漠化土地总面积的49.7%和43.4%;2000年中度荒漠化土地面积最大,占到全区荒漠化土地总面积的35.8%,成为主导类型。各县区中,神木县荒漠化土地面积最大(超过34万hm²),且以严重荒漠化为主;其次是榆阳、横山和靖边,荒漠化土地面积都在10万hm²以上,其中榆阳、横山中度荒漠化土地分布广泛,靖边严重荒漠化土地面积较大;佳县、府谷土地荒漠化较弱,荒漠化土地不到1万hm²。

表1 陕北农牧交错带荒漠化土地面积及重要度指数统计

荒漠化程度 Degree of desertification	面积/万hm ² Area			1986~2000年		1986~1993年		1993~2000年	
	1986	1993	2000	面积变化/ 万hm ² Area change	变化率/% Rate of change	多度/% Abundance	重要度/% Importance	多度/% Abundance	重要度/% Importance
严重 Serious	45 266.5	40 107.7	33 119.0	-12 147.5	-26.8	11.11	17.93	9.43	15.05
中度 Moderate	24 135.6	20 825.0	34 231.7	10 096.1	41.8	9.46	14.85	5.70	23.60
轻度 Light	21 566.3	31 293.9	28 248.3	6 682.0	31.0	5.73	10.90	10.01	16.55
合计 Total	90 968.4	92 226.6	95 599.0	4 630.6	5.1	26.30	43.69	24.16	39.01

注:多度=某类型变化的斑块数(面积)/某类型全部的斑块数(面积)×100;重要度=斑块多度+面积多度。
Note: Abundance= the number of change spot (area)/total spot (area) × 100; Importance= Abundance of spot+ Abundance of area
© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 2 土地荒漠化动态变化

陕北农牧交错带土地荒漠化动态变化见表1。近 15 年来研究区土地荒漠化范围有所扩展,荒漠化土地增加了5.09%,而荒漠化程度却明显减弱。其中严重荒漠化土地不断缩小,15年间面积减少了26.84%,多度和重要度指数逐渐变小,空间分布范围收缩,对区域环境的支配能力下降;中度荒漠化土地呈“V”形变化,1986~1993年呈下降趋势,1993~2000年又逐渐增加,变化率高达41.8%,从多度和重要度指数来看,中度荒漠化土地在空间分布上趋于集中,图块变大,破碎化程度降低,到2000年时已成为区域土地的主导类型;轻度荒漠化土地变化过程呈“U”形,1986~1993年面积大幅度增加,1993年后趋于减少,但仍然比1986年高,监测时段轻度荒漠化土地的多度与重要度指数升高,表明空间分布范围扩大,图块数量增多,体现出明显的碎化特征。

2 3 荒漠化土地类型转化分析

将不同时期土地利用类型和荒漠化土地分布

表2 1986~2000年土地利用类型转化矩阵

Table 2 Transformation matrix of type of land use from 1986 to 2000				万 hm ²
土地利用类型 Type of land use	其他类型转化为荒漠化土地 Others land into desertification		荒漠化土地转化为其他类型 Desertification land to other types	
	1986~ 1993	1993~ 2000	1986~ 1993	1993~ 2000
耕地 A rable land	20 256	13 125	8 992	14 350
林地 Forest land	4 337	11 177	12 393	2 549
牧草地 Grass land	2 304	1 760	2 777	2 170
居民点及工交用地 Civil, industrial and transportation land	0 010	0 007	0 039	0 057
其他未利用土地 U nusable land	3 175	4 151	4 590	7 727
合计 Total	30 082	30 220	28 791	26 853

荒漠化土地内部转换。从1986~2000年,研究区严重荒漠化土地明显向中度和轻度转化,中度荒漠化土地也向轻度荒漠化转化,期间共有30 258.5万hm²严重荒漠化土地转变为中、轻度荒漠化,8 708.7万hm²中度荒漠化土地转化为轻度荒漠化。与此同时,既有轻度荒漠化土地向严重荒漠化

图,通过空间叠加分析,统计出相互转化的面积数量,得到监测时段的土地利用类型和荒漠化土地动态转化矩阵,见表2,表3。

荒漠化土地与其他利用类型之间的转化。1986年以来,陕北农牧交错带荒漠化土地主要由耕地沙化和林地退化形成,分别占到转化面积的55.36%和25.72%,草地和裸岩(土)等用地类型对土地荒漠化的贡献较小。特别是1993~2000年,有超过11万hm²的林地退化为沙地,占同期新形成荒漠化土地的36.99%。在土地荒漠化的同时,也有大量荒漠化土地经过综合防治逆转为其他类型,其中1986~1993年主要通过植树造林和发展耕地,对荒漠化土地进行治理改造,1993~2000年则是耕地开发与植被的自然生态恢复相结合,使荒漠化土地发生逆转。

和中度荒漠化逆转,也有大面积中度荒漠化土地逆转为严重荒漠化,其中共有17 667.3万hm²中、轻度荒漠化土地逆转为严重荒漠化,4 957.6万hm²轻度荒漠化土地转化为中度荒漠化,特别是1986~1993年7年间,轻度荒漠化逆转为严重荒漠化的土地高达6 740.6万hm²。

表3 1986~2000年荒漠化土地类型转化矩阵A_{ij}

荒漠化程度 Degree of desertification	Table 3 Transformation matrix of type of desertification from 1986 to 2000 A _{ij}				万hm ²			
	1986~1993年				1993~2000年			
	严重 Serious	中度 Serious	轻度 Light	合计 Total	严重 Serious	中度 Serious	轻度 Light	合计 Total
严重 Serious	20 449.3	7 079.0	7 768.0	35 296.3	19 666.9	9 169.2	6 242.3	35 078.4
中度 Moderate	4 839.9	4 525.8	6 466.9	15 832.6	2 404.1	11 013.5	2 241.8	15 659.4
轻度 Light	6 740.6	1 533.8	2 775.7	11 050.1	3 682.7	3 423.8	7 529.1	14 635.6
合计 Total	32 029.8	13 138.6	17 010.6	62 179.0	25 753.7	23 606.5	16 013.2	65 373.4

注:A_{ij}表示统计年间第i种土地利用类型转变为第j种土地利用类型的面积。

Note:A_{ij} shows the area that i desertification turned into j desertification in Statistic

2.4 土地荒漠化空间变化特征

近15年来, 陕北农牧交错带土地荒漠化主要发生在长城以北地区, 包括定边和靖边的北部、横山和神木的西北部、榆阳的大部、府谷和佳县有零星分布。地表以流沙、新月形沙丘和链状沙丘等广泛分布为特征。从1986~1993年, 定边和靖边一带严重荒漠化土地缩减, 中度荒漠化土地向北退缩, 轻度荒漠化土地零星散布其间; 榆阳区河口水库以南大片轻度荒漠化土地转化为严重荒漠化土地; 五道河流域和神木县西北地区中度荒漠化土地减少, 地表植被覆盖度增加, 而大柳塔地区严重荒漠化土地面积明显扩展。横山、榆阳、神木是荒漠化最活跃地区, 荒漠化土地向东南部的黄土丘陵区扩展, 黄土区面临荒漠化危险。到2000年, 定边-靖边一带大面积土地中度荒漠化, 并且较1993年向南部有明显扩展; 横山严重荒漠化土地向东推进, 大面积轻度沙地被流沙取代; 榆阳、神木东南部黄土地区也呈现明显的荒漠化特征。

综上所述, 陕北农牧交错带荒漠化土地面积15年来有所增大, 向东南方向略有扩张; 而荒漠化程度明显下降, 严重荒漠化土地面积逐渐减少, 稳步转化为中度和轻度荒漠化, 中度、轻度荒漠化面积已占到荒漠化土地面积的65%以上, 荒漠化的主导类型已由严重荒漠化转变为中度荒漠化。说明在农牧交错带等生态环境脆弱地区, 经过大规模的生态环境建设, 土地荒漠化态势能够得到控制, 生态环境可由初期的地表流沙蔓延、寸草不生, 转变为沙丘基本固定、地表有一定植被生长覆盖的良好状况。但是, 区域生态系统十分脆弱, 地表和覆盖其上的植被极不稳定, 在气候趋于干旱的情况下, 森林和草地因缺少水分容易发生枯萎、退化, 加之不合理的人为活动, 严重的土地荒漠化就有可能发生, 土地荒漠化形势仍然十分严峻。

3 土地荒漠化驱动机制

土地荒漠化是干旱、半干旱及部分半湿润地区, 由于气候变异和人为不合理的经济活动, 破坏了脆弱的生态环境而造成的土地退化。其动态过程受自然因素和人为作用的综合控制。

3.1 自然因素的影响

气候是影响土地荒漠化的重要因素, 包括降水、气温、蒸发量、光照等因子。陕北农牧交错带位于鄂尔多斯高原和黄土高原相互交错、干旱区向半干旱区过渡地带。气候特征是降水稀少、光照充足、蒸发

强劲、地表干燥, 大风频繁, 容易发生风蚀和沙尘暴。近年来区域气温渐渐升高, 降水量不断减少, 气候趋于干旱, 诱发了荒漠化的发展。冬季在强冷气团的控制下, 形成大风天气, 平均最大风速达 16.5 m/s , 稀疏的荒漠草原植被难以抵御大风侵蚀, 流沙、流动沙丘等在大风的驱动下向前推进。尤其是在春季, 不仅干旱少雨、地表干燥, 而且大风最为频繁, 3~5月的平均大风日数 9.3 d , 因而是风蚀和沙尘暴最为严重的季节。同时, 在此时期许多植物尚未开始萌发生长, 地表植被覆盖稀疏, 并且正值农民耕种季节, 破坏了地表植被覆盖和土被结构, 使地表松散的沙粒无法得到植被覆盖的有效保护, 进一步加剧了风蚀输沙的程度。因此, 风蚀和沙尘暴对地表土壤的大量搬运和堆积, 是导致区域土地荒漠化发展最重要、最直接的作用。

3.2 社会经济因素的影响

据20世纪80年代中国科学院兰州沙漠所调查^[4], 我国北方现代沙漠化扩大的成因中, 94.5%为人为因素所致, 人类不合理的开发建设活动是导致沙化不断扩大的主要原因。陕北农牧交错带历经明朝修筑长城, 屯驻人马; 清中叶“借地养民”; 垦荒伐木, 天然植被遭受严重破坏, 导致土地荒漠化发生^[5]。研究区解放初期人口为68.98万人, 2000年达到212.99万人, 平均每年以2.88万人的速度增长, 人口密度 58.9 人/km^2 , 远远超过联合国有关组织确定的临界指标^[6]。人口的增长带来对食物等基本生活资料需求的增加, 解决的途径就是资源开发, 随之而来的就是对土地资源的粗放式经营, 导致脆弱的生态环境进一步破坏, 土地荒漠化加剧。

随着科技的进步、社会经济的发展, 研究区利用得天独厚的草地资源, 大力发展畜牧业, 取得了显著的经济效益, 曾有“畜牧天下饶”的佳誉。家畜由20世纪50年代初的67.27万头发展到20世纪末的236.93万头, 牲畜数量大规模增加, 引起草地资源退化, 草场生产能力下降。加之, 受自然及风沙的毁坏, 大面积草场沦为沙地, 而倍增的牲畜又集中在逐渐减少的草场上, 草场因超过了其极限承载力而退化, 逐渐为沙漠所取代。同时, 该区具有丰富煤炭、石油、天然气等矿藏资源, 带动了城镇的发展。资源的开采和城镇化建设难免要破坏地表植被、土地资源与水资源, 这些又为荒漠化的发生提供了条件, 促进了土地荒漠化进程。

为了定性的分析人类社会经济因素对土地荒漠化的驱动作用, 以1986~2000年荒漠化土地面积

(Y)为因变量、人口密度(X_1)、农业总产值(X_2)、工业总产值(X_3)、社会投资总额(X_4)、农民人均年收入(X_5)、农业机械总动力(X_6)、粮食总产量(X_7)、牲畜存栏头数(X_8)为自变量进行相关分析和逐步回

归分析,结果各因子与荒漠化土地面积均达极显著相关(表4),表明各因子对土地荒漠化的发生起到了积极的推动作用。

表4 荒漠化土地面积与社会经济因子之间的相关系数

Table 4 Coefficient of relation between desertification land and factors of society and economy

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
荒漠化土地面积(Y) Desertification area	0.908 27**	0.996 74**	0.985 26**	0.980 1**	0.999 93**	0.998 19**	0.963 52**	0.775 5*

由此可见,人口的增长增大了对粮食及水源、燃料、能源的需求,而在有限的土地上要满足过剩人口生存的基本需求,必将加大对土地资源的利用程度。与此同时,农民为了摆脱贫困的面貌,也不得不依赖有限的土地;而且社会投资的增大,带动了工、矿企

业的蓬勃发展,势必加大对土地资源的开发和过度开采,造成地表植被破坏,覆盖度降低。这些使区域本来脆弱的生态环境进一步恶化,在气候干旱条件下,助长了土地荒漠化的发生,导致了荒漠化的扩展。

[参考文献]

- [1] 孙家柄,刘继琳,李军,等.多源遥感影像融合[J].遥感学报,1998,2(1): 47- 50
- [2] 杨凯.遥感图像处理原理和方法[M].北京:测绘出版社,1998.192- 348
- [3] [日]田村秀行.计算机图像处理技术[M].北京:北京师范大学出版社,1988.45- 187.
- [4] 朱震达,刘恕.中国北方地区沙漠化过程及其治理区划[M].北京:中国林业出版社,1981.125- 293
- [5] 刘彦随, Jay Gao. 陕北长城沿线地区土地退化态势分析[J].地理学报,2002,57(4): 443- 450
- [6] Petit C, Scudder T, Lambin E. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(7): 3435- 3456

Study on dynamic changes of desertification of interlaced zone for agriculture and animal husbandry in northern Shaanxi

CHANG Qing-rui¹, JIA Ke-li^{1,2}, LIU Jing¹, YANG Yun-gui¹

(1 College of Resources Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Physics Department, Huaiyin Teachers College, Huaiyin, Jiangsu 223001, China)

Abstract: Integrating RS with GIS, distribution maps of land desertification (digital map), space data base and their statistics in the year of 1986, 1993 and 2000 were obtained by correcting, amplifying and auto classifying the RS images of interlaced zone for agriculture and animal husbandry in northern Shaanxi. The results showed that: In the last 15 years, the area of land desertification was extended and worsened. While the land of serious desertification was diminished by a big margin, the moderate and light desertification was increased; The change of time and space of desertification was frequent and complicated due to cultivated land desertification and forest land degradation; Fundamental farmland construction and ecological natural recovery reversed the land of desertification; Regional land desertification had been under control, but the land ecosystem was so fragile that desertification was liable to occur. The rising number of people and livestock and the social economic development were primary elements of causing desertification.

Key words: interlaced zone for agriculture and animal husbandry; land desertification; dynamic change; RS (remote sensing) and GIS (geographic information system)