

风蚀水蚀过渡区近 20 年土地利用/覆被动态分析

——以横山县为例

蔚霖¹, 常庆瑞², 孟庆香¹

(1 河南农业大学 资源与环境学院, 河南 郑州 450002; 2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究陕北风蚀水蚀过渡区的土地利用/覆被分布格局及变化规律, 为该地区土地利用规划与管理提供依据。**【方法】**以 1986 年和 2003 年的 TM 影像为数据源, 利用分层分类法获得陕西榆林市横山县两个时期的土地利用/覆被图, 分析其动态变化。**【结果】**1986—2003 年, 横山县土地利用/覆被变化的总体规律为: 水浇地、有林地、灌木林、草地、城镇用地和荒草地的面积增加, 增幅最大的是灌木林地; 旱地、水域和沙地面积减少, 减幅最大的是旱地。在类型转化上, 旱地向林地和草地转化, 草地向灌木林转化, 沙地向灌木林和草地转化。**【结论】**受国家退耕还林还草工程和沙地综合治理措施的影响, 横山县的土地利用/覆被类型及其面积发生了较大变化, 该县的生态环境质量正在逐步提高。

[关键词] 横山县; TM 影像; 分层分类; 土地利用/覆被; 动态监测

[中图分类号] S181; F301.24

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)11-0212-07

Study on land use/cover change of wind-water erosion region in recent two decades

——Taking Hengshan as an example

YU Lin¹, CHANG Qing-rui², MENG Qing-xiang¹

(1 College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China;

2 College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The research studied the land use/cover change of wind-water erosion region to provide evidence for land use planning and management of this area. **【Method】** Taking TM image as data source, we used the hierarchical classification method to obtain land use/cover maps of Hengshan County in 1986 and 2003, then analyzed the dynamic changes. **【Result】** The law of land use/cover change of Hengshan County from 1986 to 2003 was: The area of irrigated land, forest land, shrub forest, grassland and waste grassland increased, and the largest increase was shrub forest. The area of dry land, water area and sandy land decreased, and the largest decrease was dry land. The types of transformation were: dry land transformed to woodland and grassland, grassland to shrub forest, sandy land to shrub forest and grassland. **【Conclusion】** Affected by the project of conversion cropland to forest and grassland and the control measures of sandy land, the type and area of land use/cover of Hengshan County has changed a lot, the quality of ecological environment of Hengshan County is being improved gradually.

Key words: Hengshan County; TM image; hierarchical classification; land use/cover; dynamic monitoring

* [收稿日期] 2009-02-09

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B0603); 国家自然科学基金项目(30872073)

[作者简介] 蔚霖(1983—), 女, 河南南阳人, 助教, 主要从事土地资源与空间信息技术研究。E-mail: yulin8323@163.com

[通信作者] 常庆瑞(1959—), 男, 陕西子洲人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源环境与空间信息技术应用研究。

ring

近年来,随着人类对土地资源的过度开发和不合理利用,由此造成的环境问题也日益突出,国际上针对土地的科学研究的,更多地关注土地系统本身的演变、土地利用活动所造成的资源环境影响以及区域乃至全球环境的变化。由于地球表面的土地利用/覆被状况及其动态变化,直观地反映了自然变化和人类活动的结果。因此,人类的生存和发展对土地的开发利用以及引起的土地覆被变化,成为全球研究的前沿和热点课题^[1]。

对土地利用/覆被变化的研究多采用传统的人工监测方法,如统计和实地调查方式,但其存在空间定位不准确、不统一和不稳定的缺点,导致数据的可信度降低且耗时耗力,花费巨大。利用 3S 技术研究土地利用/覆被状况,揭示其空间分布格局和动态变化规律,已成为当前国际上研究的最新趋势。

我国对土地利用/覆被变化的研究主要集中在热点地区和生态脆弱区,而位于我国西北部的陕北风蚀水蚀过渡区是一个典型的生态脆弱区^[2]。该地区位于黄土高原与毛乌素沙漠过渡地带,地貌类型分为风沙滩地地貌和黄土丘陵沟壑地貌两大类,在自然条件下其具有气候干旱且变率大、地貌性质特殊和土地贫瘠等特点,极易在人类不合理的利用下发生退化。特别是近几十年来,随着当地经济的发展、人口的增加和城乡生产生活方式的改变,水土资源需求量日渐加大,导致土地利用强度增强及范围扩大,土地覆被发生着迅速变化,由此造成植被破坏、水土流失、沙漠化扩展等生态问题日趋严重,生态环境十分脆弱,给区域社会经济的发展和人类生存安全带来严重影响。

本研究选取位于陕北风蚀水蚀过渡区的横山县为研究对象,采用 3S 技术对其近 20 年的土地利用/覆被变化状况进行分析,以期在理论上、技术上为此领域的研究提供依据,同时也对该地区的发展、环境保护、生态建设提供參考^[3-4]。

1 研究区概况

横山县隶属陕西省榆林市,地处毛乌素沙漠南缘,无定河中游,东经 $108^{\circ}39' \sim 110^{\circ}02'$ 、北纬 $37^{\circ}22' \sim 38^{\circ}44'$ 。地势西南高东北低,西南部海拔 $1\,200 \sim 1\,400\text{ m}$,东北部海拔 $1\,000 \sim 1\,200\text{ m}$ 。长城沿线以北为毛乌素沙漠南缘风沙区,地形平坦开阔;南部为黄土丘陵沟壑区,地形破碎,梁峁起伏,沟壑

纵横。该区属温带大陆性季风半干旱草原气候,年平均降雨量 390 mm 左右,且多集中在 $7 \sim 9$ 月;年平均气温 $8.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均日照时数为 $2\,815\text{ h}$,无霜期为 146 d 左右。

由于农业开垦及对土地的长期不合理利用,研究区大面积的自然植被不多,仅在黄土梁峁顶部、沟坡边缘出现小片的天然草地,北部沙区生长着稀疏的沙生植被。近年来由于生态环境建设工程及植树造林和种草政策的实施,沙柳、加拿大杨、刺槐、油松等均有大面积种植。农业植被主要有玉米、高粱、谷子、马铃薯、小麦、荞麦、豆类等,基本上一年一熟,川道少部分水浇地一年两熟。

2 材料与方法

2.1 数据来源与预处理

根据 Landsat TM 数据的分辨能力和本研究要求,选用 1986 年和 2003 年 8 月的 TM 数据为数据源,轨道号为 127/33 和 127/34。在 ERDAS IMAGINE 9.1 环境下,分别对 2 个时期的影像进行镶嵌,然后对两期影像进行几何精校正,计算模型为二次多项式,重采样方法为双线性内插法,误差控制在一个像元以内。校正后的影像为亚尔勃斯(Albers)等积圆锥投影,椭球体为克拉索夫斯基椭球体(Krasovsky),像元大小为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。利用矢量化陕西省行政区划图通过掩模运算,提取研究区的遥感影像。

2.2 分类系统的制定

本研究采用的土地利用/覆被分类体系,参考中国科学院国家资源环境遥感宏观调查与动态研究中制定的土地资源分类系统^[5],结合陕北风蚀水蚀过渡区的特点,将该区土地资源分为 6 个一级类,9 个二级类:耕地(水浇地、旱地)、林地(有林地、灌木林)、草地、城镇用地、水域、未利用土地(荒草地、沙地)。

2.3 分类方法的选取

通过对 TM 影像进行分层分类获得研究区的土地利用/覆被图。分层分类法是利用各类地物的光谱特征,分析其在遥感影像各波段及其组合上的可分性,先将影像上的地物分为几个一级层,每一层包含若干种地物类型,然后再将其进一步分解为不同的二级层、三级层,针对拟分地物的光谱特征,选择不同的特征参数和分类方法,逐层提取信息^[6-8]。

它打破了原有统计模式的局限性,方法简单、有效,在近年来的常规遥感和高光谱遥感分类中有一定的优势,具体技术路线见图 1。

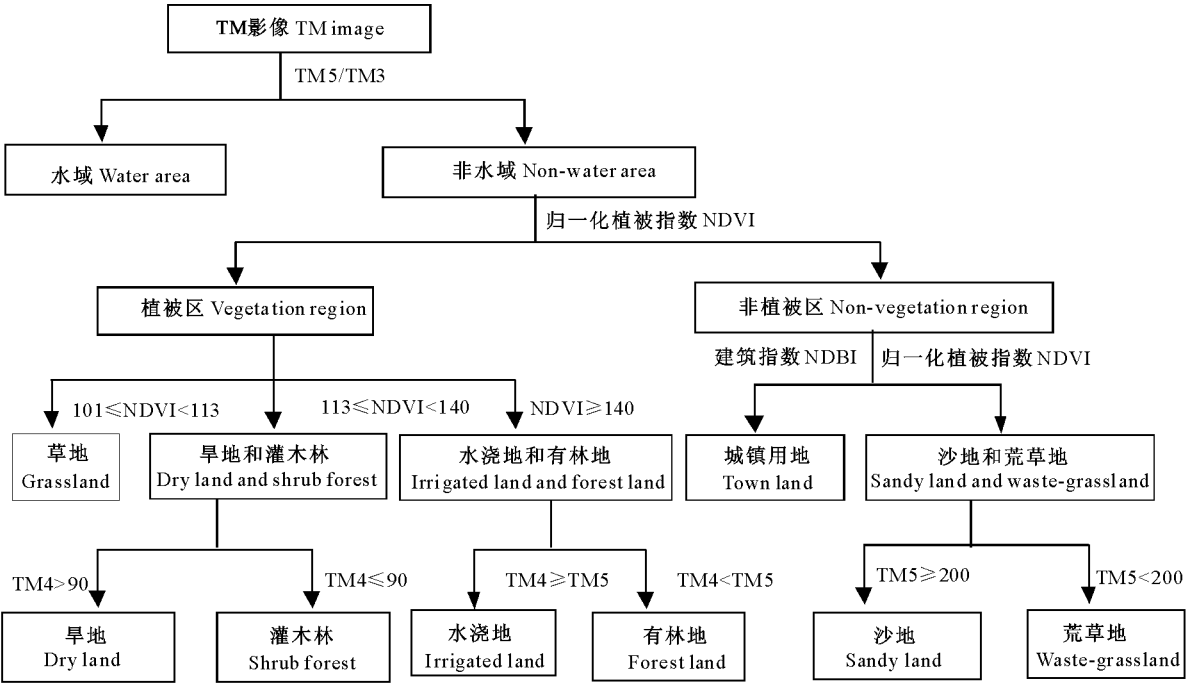


图 1 土地利用/覆被类型分层提取的方案^[9-11]
Fig. 1 Multi-layer information extraction of land use/cover type

2.4 精度评价

根据以上技术路线对横山县 1986 年和 2003 年的 TM 影像进行分类,得到两个时期的土地利用/覆被图,对其进行精度评价。精度评价主要参考横山县地面实地调查资料,采用分层随机采样法,可知总体精度为 86.8%,Kappa 系数为 0.850 6,分类结果精度超过最低允许判别精度(0.7),满足精度要求^[12-13]。

3 结果与分析

3.1 土地利用/覆被的总体特征

横山县总面积为 422 450.6 hm²。由表 1 和图 2 可以看出,1986 年,横山县主要的土地利用方式为耕地,占全县总面积的 38.19%;其中水浇地的面积很少,只有 6 636.15 hm²,占横山县总面积的 1.57%,主要分布在横山县无定河、芦河及大理河沿岸的阶地和河漫滩;旱地面积为 154 703.1 hm²,是耕地的主要组成部分,占横山县总面积的 36.62%,多分布于南部的丘陵沟壑区。有林地面积仅占横山县总面积的 7.05%,主要分布在较为平缓的背阴沟坡;灌木林面积是有林地面积的 2 倍。草地面积占横山县总面积的 18.87%,主要分布在梁峁沟坡上。

沙地面积较大,占横山县总面积的 13.97%,主要分布在无定河以北、芦河以西的毛乌素沙漠东南延伸地,这里有连片的沙漠分布,植被稀少,只有少量片状的草地存在。

2003 年,横山县主要的土地利用方式为灌木林和草地,分别占全县总面积的 32.91%和 22.46%。因为灌木林有良好的水土保持效应,生长所需的水分条件又低于有林地,还可以起到良好覆盖地表的作用,所以该区主要的林地类型为灌木林,是面积变化最大的地类,比 1986 年的面积增加了 17.87%。草地主要分布在横山县的东南部、西南部芦河沿岸地带以及芦河以西的风沙滩区,呈片状分布。旱地面积有较大缩减,仅有 87 331.23 hm²,占横山县总面积的 20.67%。在 2003 年,TM 影像上能够识别出的城镇面积为 234.99 hm²,占横山县总面积的 0.06%,主要是横山县城和几个比较大的乡镇。虽然 2003 年横山县城的面积比 1986 年有较大的扩展,但还是明显低于发达地区同类用地的比重^[14]。水域面积占横山县总面积比例减少,由 1986 年的 1.43%下降到 0.83%,主要是无定河流域水量减少所致,且多转化为水浇地(图 2B)。

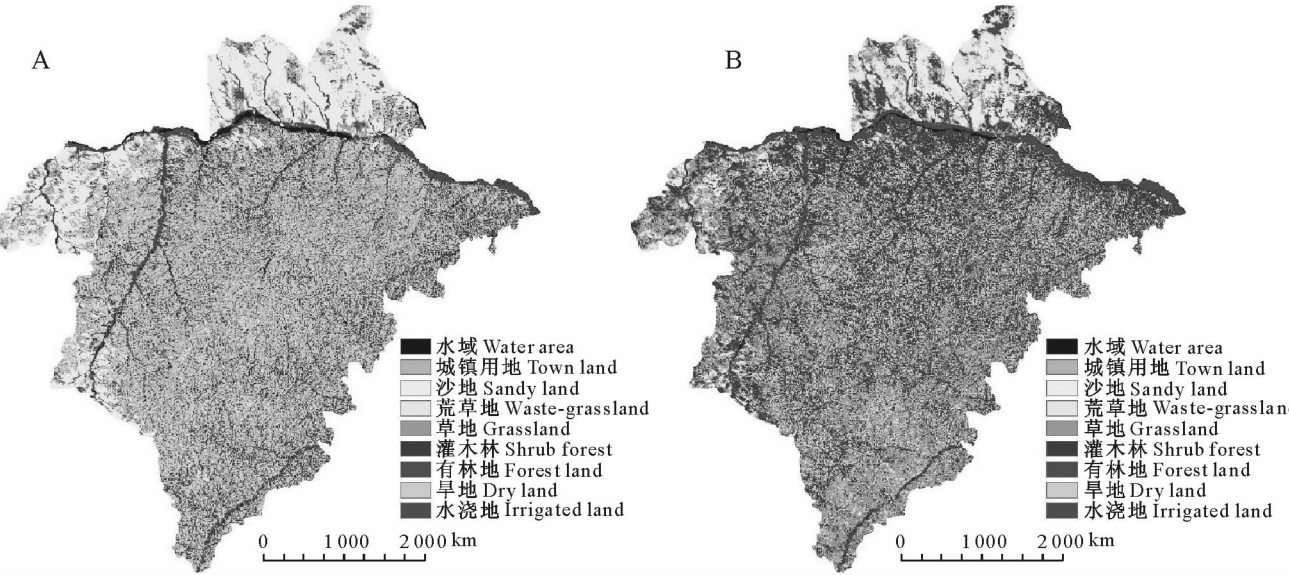


图 2 横山县 1986 年(A)和 2003 年(B)的土地利用/覆被分类图

Fig. 2 Classified map of land use/cover of Hengshan County in 1986 (A) and 2003 (B)

表 1 1986—2003 年横山县土地利用/覆被的变化状况

Table 1 Change of land use/cover of Hengshan county from 1986 to 2003

土地利用/覆被类型 Land use/cover type		面积/hm ² Area		占总面积比例/% Ratio		变化面积/hm ² Change
		1986	2003	1986	2003	
耕地 Cultivated land	水浇地 Irrigated land	6 636.15	11 304.18	1.57	2.68	4 668.03
	旱地 Dry land	154 703.1	87 331.23	36.62	20.67	−67 371.87
林地 Wood land	有林地 Forest land	29 776.59	38 877.48	7.05	9.20	9 100.89
	灌木林 Shrub forest	63 537.12	139 039.30	15.04	32.91	75 502.18
草地 Grassland		79 714.26	94 901.94	18.87	22.46	15 187.68
城镇用地 Town land		69.12	234.99	0.02	0.06	165.87
水域 Water area		6 059.52	3 497.85	1.43	0.83	−2 561.67
未利用土地 Unutilized land	荒草地 Waste-grassland	22 944.06	26 863.65	5.43	6.36	3 919.59
	沙地 Sandy land	59 010.66	20 399.94	13.97	4.83	−38 610.70

3.2 土地利用/覆被的动态变化

析,得到 1986—2003 年的土地利用/覆被变化转移

对横山县两期的土地利用/覆被图进行叠加分 矩阵(表 2)。

表 2 1986—2003 年横山县土地利用/覆被转移矩阵

Table 2 LUCC matrix of Hengshan County from 1986 to 2003

hm²

土地利用/覆被类型 Land use/cover type	2003								
	水浇地 Irrigated land	旱地 Dry land	有林地 Forest land	灌木林 Shrub forest	草地 Grassland	城镇用地 Town land	水域 Water area	荒草地 Waste- grassland	沙地 Sandy land
水浇地 Irrigated land	4 589.52	102.29	1 246.30	276.01	90.99	48.42	242.30	28.53	11.79
旱地 Dry land	495.90	65 946.70	8 467.84	42 769.25	32 802.57	19.97	81.17	2 515.41	1 604.25
有林地 Forest land	3 361.11	3 382.54	12 594.59	6 957.27	2 852.01	63.64	279.45	209.39	76.59
灌木林 Shrub forest	598.32	4 010.99	7 791.77	41 633.54	8 117.78	27.63	190.53	1 102.75	63.81
1986 草地 Grassland	395.28	9 078.05	5 501.43	34 209.13	27 730.93	8.46	114.21	2 064.89	611.88
城镇用地 Town land	0	0	1.89	5.31	0.99	60.30	0	0.63	0
水域 Water area	1 524.57	132.03	875.61	672.39	257.76	0	2 458.92	118.08	20.16
荒草地 Waste-grassland	157.41	3 291.12	1 524.24	5 967.74	7 593.57	6.57	104.99	4 076.66	221.76
沙地 Sandy land	182.07	1 387.51	873.81	6 548.64	15 455.34	0	26.28	16 747.31	17 789.70

1986—2003 年,横山县的土地利用/覆被状况

无论在数量上还是在空间分布上都发生了明显变

化,其中面积增加的有水浇地、有林地、灌木林、草

地、城镇用地、荒草地,增幅最大的是灌木林;面积减

少的有旱地、水域和沙地,减幅最大的是旱地,土地利用的主要方式由耕地变为林地和草地(表 1、表 2、

图 3)。

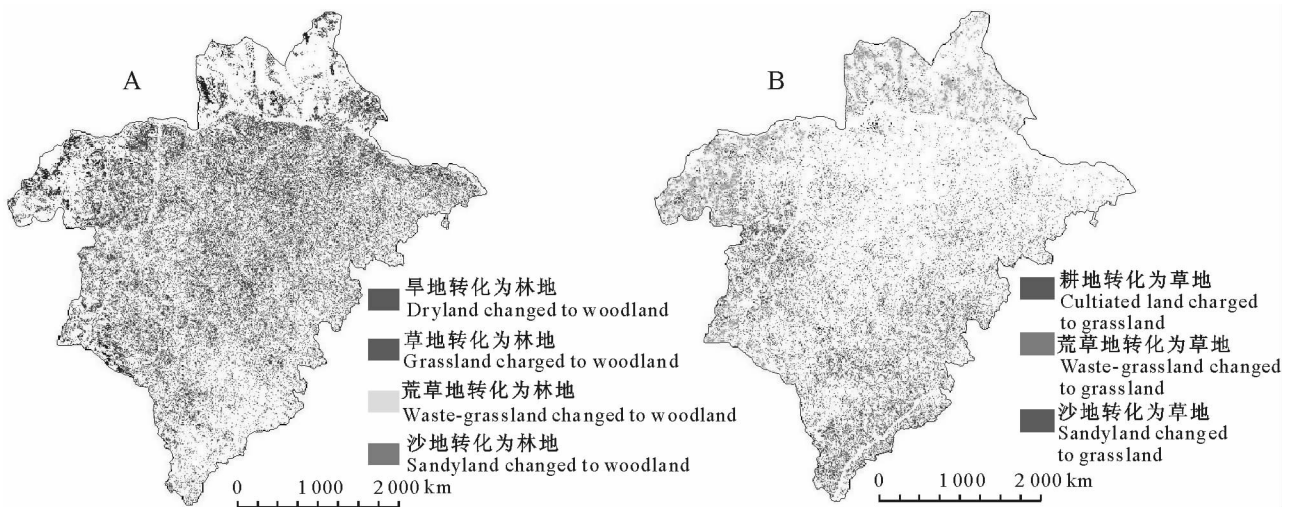


图 3 1986—2003 年横山县其他地类转化为林地(A)和草地(B)

Fig. 3 Other land types changed to woodland (a) and grassland (B) of Hengshan County in 1986—2003

3.2.1 耕地 由表 1 和表 2 可知,1986—2003 年,横山县耕地总面积呈下降趋势,其中旱地面积减幅为 67 371.87 hm²,为减幅最大的地类。旱地面积的减少主要表现为向林地和草地的转化。扣除有林地、灌木林和草地向旱地的逆转,在这 17 年间,旱地净转为有林地的面积为 5 085.3 hm²,净转为灌木林的面积为 38 758.26 hm²,净转为草地的面积为 23 724.52 hm²。这说明国家的退耕还林还草政策取得了一定成效。旱地转化为林地的区域主要集中在横山县黄土丘陵沟壑区的中部,转化为草地的区域主要集中在横山县的东南部。

由表 1 和表 2 还可知,水浇地的面积有所增加,增幅为 4 668.03 hm²,这说明横山县稳产高产农业得到了发展,集约化程度得到了提高。水浇地面积向有林地转化了 1 246.30 hm²,但有林地向水浇地的逆转面积为 3 361.11 hm²,呈负增长趋势。由于近年来横山县大力发展水浇地种植模式,导致了部分河流沿岸毁林造田现象的发生。

3.2.2 林地和草地 由表 1 和表 2 可知,1986—2003 年,横山县有林地面积增加了 9 100.89 hm²,灌木林面积增加了 75 502.18 hm²,主要分布在沟谷山坡上,是增幅最大的地类。林地面积的增加主要来源于旱地和草地。其中旱地向有林地转化了 8 467.84 hm²,但有林地中也有 3 382.54 hm² 转化为旱地,这说明横山县的区域农业开发活动中存在着毁林为田的现象。1986—2003 年,草地面积增加

了 15 187.68 hm²,增幅不大,这主要是因为现有草地一大部分是由旱地和沙地转化而来,而原有草地又有相当数量转化为灌木林,说明横山县这些年的退耕还林还草和沙地综合治理工作成绩显著,自然植被得到明显恢复,生态环境质量正在逐步提高。

3.2.3 城镇用地 1986—2003 年,横山县城镇用地面积的增幅较大,这是当地经济发展和人口增长的必然结果。城镇用地的增加,主要是由水浇地和有林地转化而来。由于横山县城位于芦河沿岸,城区周围分布着成片的水浇地和有林地,所以城区的扩张直接造成了水浇地和有林地面积的减少(表 1 和表 2)。

3.2.4 水域 横山县水域主要包括无定河、芦河流域。1986—2003 年,横山县水域面积减少了 2 561.67 hm²,萎缩了近一半(表 1)。水域面积的减少主要发生在无定河流域,部分水体向水浇地转化(表 2)。从图 2B 可以看出,在无定河的某些河段存在着人为围河造田的现象。

3.2.5 未利用土地 1986—2003 年,沙地面积大幅减少,主要是向灌木林和草地转化,转化的林地多分布在水源的附近。未利用土地内部面积的转化也很多,主要是沙地向荒草地的转化,净转化量为 16 525.55 hm²。所以,在此期间横山县的荒草地面积虽然有所增加,但并非是由生态环境恶化造成的,而是由于部分沙地转化为了荒草地。说明这些年通过综合防风治沙工程,横山县的荒漠化治理取得了

明显成效。

3.3 土地利用/覆被的变化原因分析

在区域尺度上,影响土地利用变化的因素,可以概括为社会经济因素和自然环境因素。自然因素在大环境背景下控制土地利用的状况和变化,而人类社会经济活动则决定了土地利用的变化速率和方向,对土地利用变化起着主导作用^[15]。横山县的土地利用/覆被变化主要是在政策制度的引导下进行的。近年来,横山县沿无定河、芦河两岸建成了陕北最大的水稻生产基地,所以水浇地面积有所增加,围河造田的措施使无定河的水域面积萎缩了近一半。横山县为全国柠条采种基地,政府大力推广柠条的种植,所以在 1986—2003 年,横山县的灌木林面积有大幅增加。同时,受国家退耕还林工程、天然保护林工程等生态环境建设政策的影响,横山县无定河以北、芦河以西的沙地面积大幅度减少,沙地向林地和草地转化;南部丘陵沟壑区的旱地面积也有大幅度缩减,向灌木林地和草地转化。这些政策的实施使横山县的土地利用朝着更合理和持续利用的方向发展,生态环境有了极大改善。

4 结 论

(1)1986 年,横山县主要的土地利用/覆被类型是旱地和草地,分别占全县总面积的 36.62% 和 18.87%;2003 年,主要的土地利用/覆被类型是灌木林和草地,分别占全县总面积的 32.91% 和 22.46%。1986—2003 年,土地利用/覆被变化总体规律是水浇地、有林地、灌木林、草地、城镇用地和荒草地的面积增加,增幅最大的是灌木林;旱地、水域和沙地的面积减少,减幅最大的是旱地。

(2)受国家退耕还林还草工程和沙地综合治理措施的影响,横山县生态环境质量正在逐步提高,旱地向林地和草地转化,草地向灌木林转化,沙地向灌木林和草地转化。同时受农业发展的影响,无定河水域存在围河造田现象,造成了水域面积的萎缩。

(3)利用分层分类法对横山县的 TM 数据进行土地利用/覆被专题信息提取,获得了较高的精度,但由于 TM 影像的地面分辨率为 30 m,可解译能力有限,加上研究区地处黄土丘陵沟壑区,地形破碎、土地利用类型呈零星散状分布,因此分类的精度也受到了一定限制。所以,在后续的黄土丘陵沟壑区的影像分类研究中,应引入数字高程模型(DEM)信息、坡度图等,采用 GIS 辅助的多信息复合方法,消除地形阴影的影响,并按不同的坡度等级提取坡耕

地,以满足退耕还林还草工程实施的具体需求。

[参考文献]

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向 [J]. 地理学报,1996,51(6):553-557.
Li X B. The core area of global change research: a review of international research on land use/ land cover change [J]. Acta Geographica Sinica,1996,51(6):553-557. (in Chinese)
- [2] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆盖变化研究 [J]. 地理研究,2002,21(3):24-33.
Liu Y S, Chen B M. The study framework of land use/cover change based on sustainable development in China [J]. Geographical Research,2002,21(3):24-33. (in Chinese)
- [3] 肖兴媛. GIS 支持下陕北黄土高原土地利用动态变化及驱动机制分析 [D]. 西安:陕西师范大学,2003.
Xiao X Y. The analyses of land use change and driving mechanism in the loess plateau in the north of Shanxi Province in support of GIS [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2003. (in Chinese)
- [4] 郝成元,吴少红,杨勤业. 毛乌素地区沙漠化与土地利用研究 [J]. 中国沙漠,2006,25(1):33-39.
Hao C Y, Wu S H, Yang Q Y. Research on relationship between sandy desertification and land use in Mu Us Region [J]. Journal of Desert Research,2006,25(1):33-39. (in Chinese)
- [5] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 [M]. 北京:中国科学技术出版社,1996:7-10.
Liu J Y. Macroscopic survey and dynamic research for resources & environment remote sensing survey in China [M]. Beijing: China Scientific and Technologic Press, 1996: 7-10. (in Chinese)
- [6] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京:科学出版社,2003:222-226.
Zhao Y S. The principle analysis and methodology of remote sensing application [M]. Beijing: Science Press, 2003: 222-226. (in Chinese)
- [7] 崔林丽. 遥感影像解译特征的综合分析与评价 [D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2005.
Cui L L. Integrative analysis and evaluation of the interpretation features in remote sensing image [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2005. (in Chinese)
- [8] 李爽,钱乐祥,丁圣彦. 遥感影像土地覆盖(LC)专题信息提取方法研究 [J]. 中国土地科学,2002,16(2):30-33.
Li S, Qian L X, Ding S Y. Study on methods for extracting land cover thematic information from remote sensing image [J]. China Land Science, 2002, 16(2): 30-33. (in Chinese)
- [9] 刘顺喜,张定祥,尤淑萍,等. 分区控制和分层提取下的 OMIS-I 影像土地利用/覆盖分类方法研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(5): 28-32.
Liu S X, Zhang D X, You S C, et al. Classification of land use/cover with OMIS-I images based on segmentation control and multi-layer information extraction [J]. Geography and Geo-In-

formation Science,2005,21(5): 28-32. (in Chinese)

[10] 李四海,恽才兴. 土地覆盖遥感专题信息的分层提取方法及其应用 [J]. 遥感技术与应用,1999,14(4):23-28.
Li S H, Hui C X. The multi-layer information extraction of landcover from remotely sensed imagery [J]. Remote Sensing Technology and Application,1999,14(4):23-28. (in Chinese)

[11] 孟 飞,刘 敏,张心怡. 基于 RS 和 GIS 的上海市植被覆盖变化特征研究 [J]. 遥感信息,2006(4):53-56.
Meng F,Liu M,Zhang X Y. Research on the vegetation cover change in Shanghai based on RS and GIS [J]. Remote Sensing Information,2006(4):53-56. (in Chinese)

[12] Lucas I F J,Frans J M,Wel V D. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: review [J]. Photogram-metric Engineering & Remote Sensing,1994,60(4):410-432.

[13] 李 静,刘钦火,刘 强,等. 基于波谱知识的 CBERS-02 卫星遥感图像棉花像元识别方法研究 [J]. 中国科学:E 辑,信息科学,2005,35(S I):141-155.
Li J,Liu Q H,Liu Q,et al. The research on recognition of cotton pixel of CBERS-02 satellite remote sensing image based on spect rum knowledge [J]. Science in China:Ser E,Information Science,2005,35(S I):141-155. (in Chinese)

[14] 贾科利. 基于遥感、GIS 的陕北农牧交错带土地利用与生态环境效应研究 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
Jia K L. A study on land use and eco-environmental effects based on the RS and GIS in agriculture and pasturage inter-laced zone of northern Shaanxi [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University,2007. (in Chinese)

[15] 郝丙辉,田自强,王文杰,等. 中国西部地区土地利用/土地覆盖近期动态分析 [J]. 生态学报,2004,24(5):1078-1085.
Zheng B H,Tian Z Q,Wang W J,et al. Analysis of recent land usage and survey in Western China [J]. Acta Ecologica Sinica,2004,24(5):1078-1085. (in Chinese)

.....

(上接第 211 页)

[13] 戴建军,樊小林,梁有良,等. 应用电导法测定肥料溶液浓度标准曲线的校验研究 [J]. 磷肥与复肥,2005,20(4):15-17.
Dai J J,Fan X L,Liang Y L,et al. Study on calibration of standard regression curve of fertilizer solution concentration by conductivity method [J]. Phosphate and Compound Fertilizer,2005,20(4):15-17. (in Chinese)

[14] 戴建军,樊小林,喻建刚,等. 水溶性树脂包膜控释肥肥效期快速检测方法研究 [J]. 中国农业科学,2007,40(5):966-971.
Dai J J,Fan X L,Yu J G,et al. Longevity of controlled release modified resin fertilizer [J]. Scientia Agricultura Sinica,2007,40(5):966-971. (in Chinese)

[15] 中华人民共和国发展和改革委员会. HG/T 3931—2007 缓/控释肥 [S]. 北京:化学工业出版社,2007:1-9.
National Development and Reform Commission. HG/T 3931—2007 Slow/controlled release fertilizer [S]. Beijing:Chemical Industry Press,2007:1-9. (in Chinese)

[16] 杨相东,曹一平,江荣凤,等. 几种包膜控释肥氮素释放特性的评价 [J]. 植物营养与肥科学报 2005,11(4):501-507.
Yang X D,Cao Y P,Jiang R F,et al. Evaluation of nutrients release feature of coated controlled release fertilizes [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11 (4): 501-507. (in Chinese)