

陕北农牧交错带土地利用动态监测研究

贾科利^{1,2}, 常庆瑞¹, 刘梦云¹, 刘 京¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

[摘 要] 陕北农牧交错带生态环境脆弱, 土地利用强度大, 为掌握该地区土地利用类型面积及空间格局的变化, 揭示土地利用变化的机制, 利用 1986, 1993 和 2000 年 3 期 Landsat TM 遥感影像, 基于遥感和 GIS 技术相结合的方法, 分析了 1986~2000 年陕北农牧交错带旱地、林地、草地、城乡建筑用地等 12 种土地利用类型的面积变化和空间格局变化特征。结果显示, 15 年间旱地面积减少了 28.32%, 沙地面积增加了 3.94%, 林地、草地和城乡建筑用地面积分别增加了 131 240.5, 47 663.0 和 8 427.1 hm²。表明干旱、人口增长和社会经济发展是导致土地利用发生变化的主要因素。

[关键词] 遥感与 GIS; 土地利用; 动态监测; 陕北农牧交错带

[中图分类号] F301.24

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)09-0210-05

Study of monitoring of land use change in the ecotone between agri-animal husbandry in northern Shaanxi

JIA Ke-li^{1,2}, CHANG Qing-rui¹, LIU Meng-yun¹, LIU Jing¹

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

2 College of Resources Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Feeble environment and highly intensive land uses change were the main characters in the ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi of China. This research attempted to monitor the land use process and spatial heterogeneity dynamic, and therefore revealed the driving mechanism. The land use change in the region from 1986 to 2000 was also investigated through land use classification of three sets of the remotely sensed data of TM, acquired in 1986, 1993 and 2000. Based on the RS and GIS, the paper analyzed the quantitative and spatial change character of farmland, woodland, grassland, town and countryside industrial land and unused land. The results show that dry farmland has decreased by 28.32% whereas desertification land increased by 3.94% between 1986 - 2000. At the same time, woodland and grassland have increased by 131 240.5 hm² and 47 663.0 hm² which were converted mainly by dry farmland and desertification land, town and countryside industrial land also have increased 8 427.1 hm². The main driving forces of land use change are drought, population increase and socio-economic developing.

Key words: RS and GIS; land use; dynamic monitor; the ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi

随着全球环境变化研究的深入, 人们认识到土地 土地利用与土地覆被变化(Land Use/ Cover Change,

收稿日期: 2006-08-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(30571527); 国家重点基础发展计划项目(2007CB407203); 教育部科技重点项目(03157)

作者简介: 贾科利(1975-), 男, 陕西宝鸡人, 讲师, 在读博士, 主要从事土地资源与“3S”技术应用研究。E-mail: jiakeli@163.com

通讯作者: 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应用研究。

E-mail: changqr@nwsuaf.edu.cn

LUCC)是造成全球环境变化的重要原因^[1-2]。土地利用/覆被变化影响到了人类生存与发展的自然基础;同时由于人类对自然环境的影响范围和强度不断加大,由此引起的生态环境问题也在不断扩大和加剧^[2-6]。陕北农牧交错带位于毛乌素沙地和黄土高原过渡地区,这里人类活动频繁且干预强度大,生态系统脆弱,是我国土地退化最严重、生态环境最恶劣的地区之一。近年来,随着陕北能源工业的深度开发和西部大开发战略的实施,土地利用的强度逐步增强,由此带来的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;加之受毛乌素沙地的影响,该区土地退化总体上不断加剧,土地荒漠化仍在发生^[7-9]。为了区域土地资源可持续利用和生态环境建设,一些学者从动态和景观生态学的角度^[10-14],对榆林地区土地利用变化进行了研究,评价了区域土地利用变化的生态环境效应。笔者选取陕西榆林地区农牧交错的7个县为研究区,对土地利用变化的过程及空间格局变化进行分析,揭示了土地利用变化的机制,以期探索出一条协调人地关系、解决生态脆弱地区粮食安全与生态安全的可持续农牧发展途径提供参考依据。

1 研究区概况

陕北农牧交错带位于东经 107°35′~111°29′,北纬 37°35′~39°02′,土地总面积为 361.36 万 hm^2 。该区位于毛乌素沙地南缘、陕北黄土高原北端,平均海拔 800~1 800 m,横山以东地形走势由西北向东南倾斜,横山以西南高北低,地势起伏平缓,沙丘绵延不断,滩地、海子散布其间;西南部是黄土覆盖的低山丘陵区,地面坡度较大;东北部为以梁为主的黄土丘陵,零星分布着流沙和裸露的基岩,地形破碎,水土流失强烈。植被从东南向西北由森林草原向干草原、荒漠草原过渡,属于内陆干旱草原气候,无霜期短,降水少且集中,自然环境恶劣。

研究区包括榆阳、神木、府谷、横山、靖边、定边、佳县等7县区,共174个乡镇,总人口212.99万,其中农业人口178.71万。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。

2 数据处理与方法

2.1 土地利用信息提取

应用遥感与地理信息系统相结合的方法,以1986、1993和2000年3期TM影像作为数据源,利

用 ERDAS 8.5 软件^[15],用 1:250 000 地形图进行了几何精校正。对经过校正的数字影像进行拼接、分割和融合处理,用 TM4(R)、3(G)、2(B)波段合成假彩色影像^[11],并用人机交互方式解译出不同时期的土地利用矢量图。采用 ARCGIS 8.3 软件的空间分析功能,将获得的3期土地利用矢量图进行叠加,得到陕北农牧交错带 1986~1993 年和 1993~2000 年土地利用变化图,然后提取土地利用变化信息,分析土地利用动态及空间格局变化^[16]。

2.2 土地利用变换参数计算

2.2.1 土地利用变化强度指数 土地利用变化强度指数的计算公式如下^[17]:

$$LTI_i/\% = \frac{K_{j,b} - K_{j,a}}{LA_i} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, LTI_i 为土地利用类型 j 在某一空间单元 i 内的土地利用变化强度指数, $K_{j,b}$ 、 $K_{j,a}$ 分别为研究初期 a 及研究末期 b 土地利用类型 j 在空间单元 i 内的面积, LA_i 为空间单元 i 的土地面积, T 为研究末期和初期相间隔的时间。

2.2.2 土地利用变化的空间趋向性 多度指数可定量地表示土地利用变化类型在区域内的空间分布状况^[17]。多度指数值高的土地利用变化类型指在空间分布上频次高的类型,但不一定是空间变化的主导类型。要判断空间变化的主导类型不仅需要考考虑多度指数,而且还要考虑变化类型的重要度指数,从而反映区域土地利用变化的方向^[6]。多度指数和重要度指数分别按下列公式求得^[17]。

$$D/\% = N_i/N \times 100\%, \quad (2)$$

$$IV = D + B. \quad (3)$$

式中, D 为某种土地利用变化类型的多度指数, N_i 为该种土地利用类型变化的斑块数, N 为该区全部土地利用类型的斑块数, IV 为某种土地变化类型的重要度指数, B 为该种土地利用类型变化的面积占有图斑总面积的比例。

3 结果与分析

3.1 1986~2000年陕北农牧交错带土地利用转化分析

利用 Arc/Info 软件的空间叠加分析功能^[18],对陕北农牧交错带 1986、1993 和 2000 年土地利用矢量图进行叠加,提取土地利用变化信息,并且统计出土地利用各类型的面积以及各种土地利用变化面积,将统计结果转成不同土地利用/覆盖类型的动态转化矩阵(表1和表2)。

表 1 1986~1993 年陕北农牧交错带土地利用转化矩阵

Table 1 Land use change matrix from 1986 to 1993 in the ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi hm²

类型 Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计 Total
1	14 487.0	15 024.5	2 372.1	1 231.1	1 330.9	3 064.2	1 563.5	0.0	45.6	12279.1	91.2	0.0	51 489.1
2	59 820.0	1546 775.3	85 067.4	111 377.8	16.2	10 831.9	149 762.0	12 544.7	1 310.1	187 067.5	27 494.1	-	2192 067.0
3	3 386.4	37 151.0	21 967.7	7 037.6	46.4	1 679.4	5 899.0	1 022.2	163.5	43 373.9	1 571.7	520.4	123 819.2
4	336.1	30 930.0	2 710.4	24 123.2	445.4	221.3	5 084.5	834.8	119.8	23 035.1	311.1	-	88 151.6
5	0.0	0.0	0.0	0.0	4 243.8	5.6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-	4 349.4
6	5 939.9	15 359.7	1 388.9	1 132.5	13.4	25 449.7	1 493.0	457.4	317.9	0.0	0.0	-	51 552.3
7	1 184.6	21 314.7	3 714.1	8 599.6	88.2	389.2	11 190.0	722.8	222.6	27 501.6	547.0	-	75 474.2
8	0.0	1 955.3	92.5	0.0	0.0	130.0	0.0	1 260.4	7.3	235.9	272.9	-	3 954.3
9	157.5	1 935.5	347.0	0.0	43.9	1 230.0	0.0	754.9	478.1	0.0	105.8	-	5 052.7
10	6 947.5	82 974.7	123 910.2	27 424.6	-	-	27 562.0	5 370.0	-	621 791.3	11 954.5	-	907 934.7
11	403.2	13 728.6	1 715.1	591.8	-	-	2 210.3	386.7	-	4 010.7	1 210.0	-	24 256.5
12	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83 424.1	83 424.1
合计 Total	92 662.1	1 767 149.3	243 285.4	181 518.2	6 228.1	43 001.2	204 764.2	23 353.9	2 664.9	919 395.1	43 558.3	83 944.6	3611525.2

注:1.水田;2.旱地;3.林地;4.草地;5.城乡建设用地;6.水域;7.荒草地;8.盐碱地;9.沼泽;10.沙地;11.裸土地;12.裸岩砾石地。“-”表示未发生转化。下表同。

Note: 1. Paddy field;2. Dry land;3. Forest land;4. Grass land;5. Town construction land;6. Water area;7. Wasteland;8. Salina land;9. Swampland;10. Sand;11. Bared land;12. Bared gravel land.“-”. Denote not conversion. The following table as the same.

表 2 1993~2000 年陕北农牧交错带土地利用转化矩阵

Table 2 Land use change matrix from 1993 to 2000 in the ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi hm²

类型 Type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计 Total
1	40 676.5	17 559.8	8 073.8	1 501.9	1 072.7	3 557.9	6 210.0	222.6	207.5	13 397.8	181.6	-	92 662.1
2	82 392.5	1142 532.6	171 550.3	51 120.2	3 844.3	10 003.3	171 627.3	121.1	1 334.3	117 855.7	14 767.7	-	1767 149.3
3	8 455.2	57 076.7	35 900.0	6 961.3	308.7	1 226.2	22 029.7	1 216.7	125.8	108 673.7	709.8	601.5	243 285.4
4	1 537.3	81 230.6	4 030.8	39 476.2	151.2	656.0	35 640.8	-	40.8	17 611.2	1 096.5	46.8	181 518.2
5	-	-	-	32.4	6 052.6	88.9	-	-	0.0	54.2	-	-	6 228.1
6	3 644.7	6 073.9	1 753.9	337.4	154.3	25 544.2	1 482.0	353.9	195.0	3 307.8	154.2	-	43 001.2
7	2 521.1	111 693.0	3 260.0	13 807.0	292.2	6 930.4	48 326.7	-	110.4	16 711.9	1 111.6	-	204 764.2
8	431.3	4 526.7	1 894.8	200.1	195.9	1 005.6	1 607.6	13 076.8	174.2	227.4	13.5	-	23 353.9
9	296.4	835.0	339.8	133.5	28.9	325.1	254.4	99.1	315.8	36.2	0.9	-	2 664.9
10	11 220.4	132 275.2	25 492.5	21 696.2	556.9	1 326.7	68 124.5	-	-	653 733.5	4 969.2	-	919 395.1
11	691.8	17 380.6	2 763.8	548.3	118.9	1 272.3	6 001.8	1 714.9	22.1	12 053.0	674.3	317.3	43 559.3
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83944.6	83 944.6
合计 Total	151 867.1	1571 184.0	255 059.7	135 814.6	12 776.5	51 936.6	361 304.7	16 804.9	2 526.0	943 662.5	23 679.2	84 910.2	3611 526.2

由表 1 和表 2 可知,陕北农牧交错带 15 年间各土地利用类型之间的相互转化较为复杂,同时土地利用空间格局发生了变化,主要表现为:

(1)耕地面积减少以旱地面积减少为主。1986~1993 年旱地面积减少主要转变为草地、荒草地和沙地;1993~2000 年旱地面积减少主要转变为林地、草地、荒草地和沙地。(2)增加的林地面积是在退耕还林和沙地治理后,主要由旱地和沙地转化而来,面积增加了 131 240.5 hm²。1986~1993 年增加的林地面积主要由旱地和沙地转化而来,扣除林地转化成旱地及部分沙化的林地外,林地面积净增了 119 466.2 hm²;1993~2000 年增加的林地面

积主要以退耕还林为主,有 171 550.3 hm²旱地退耕为林地。(3)草地面积大幅度增加,其主要来自旱地和沙地。1986~2000 年草地面积增加了 47 663.0 hm²,增加的面积主要来自旱地还草和沙地治理。(4)城乡建设用地面积大幅度增加。15 年间城乡建设用地面积扩大了 8 427.1 hm²,变化最明显的是市区的扩展。(5)沙地面积增加,土地沙化、盐渍化十分严重。1986~2000 年来沙地面积增加了 35 727.8 hm²,盐碱地面积增加了 12 850.9 hm²。旱地大面积盐碱化是盐碱地面积增加的主要原因。盐碱地和沙地面积的增加,表明陕北农牧交错带土地退化现象仍然十分严重。

3.2 1986 ~ 2000 年陕北农牧交错带土地利用空间分析

土地利用变化空间序列的分析,反映了 15 年间陕北农牧交错带土地利用空间分布上的差异(表 3)。由表 3 可知,1986 ~ 2000 年沙地和旱地多度指数的和约为 50 %,表明二者是研究区主要用地类型。其中沙地多度指数和重要度指数均最大,表明沙地在区域土地利用变化中空间分布最广,占主导类型;与 1986 ~ 2000 年相比,1993 ~ 2000 年沙地和旱地的多度指数和重要度指数逐渐减小,说明空间

变化的广泛性和重要度程度相对减小。1993 ~ 2000 年林地重要度指数高于 1986 ~ 1993 年,表明其在空间分布的广度趋于增加。

由表 3 还可知,旱地变化强度指数绝对值较大,面积不断减少;在监测初期(1986 ~ 1993 年)林地变化强度指数较大,面积逐渐增加,到监测后期(1993 ~ 2000 年)变化强度指数减小。草地的多度指数和重要度指数在整个监测时期均增大,表明草地在空间分布上的频次和重要度程度增大。其他土地利用类型变化强度指数均较小。

表 3 1986 ~ 2000 年陕北农牧交错带不同土地利用类型的变化强度、多度和重要度指数
Table 3 Intensity ,abundance and importance of different land use type in the ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi %

土地利用类型 Type of land use	1986 ~ 1993			1993 ~ 2000		
	变化强度指数 Intensity	多度指数 Abundance	重要度指数 Importance	变化强度指数 Intensity	多度指数 Abundance	重要度指数 Importance
1	0.16	4.28	5.55	0.23	4.82	6.74
2	- 1.68	25.61	43.47	- 0.78	21.92	39.41
3	0.47	11.13	14.31	0.05	9.94	16.30
4	0.37	2.72	4.48	- 0.18	4.63	8.68
5	0.01	0.04	0.05	0.03	0.11	0.14
6	- 0.03	3.41	4.30	0.04	2.16	2.80
7	0.51	4.08	5.85	0.62	7.34	11.96
8	0.08	0.26	0.34	- 0.03	0.97	1.45
9	- 0.01	0.81	0.94	0.00	0.19	0.28
10	0.05	26.30	43.69	0.10	24.16	39.01
11	0.08	2.69	3.33	- 0.08	3.02	4.20
12	0.00	0.41	0.46	0.00	2.65	3.54

4 结论与讨论

4.1 陕北农牧交错带土地利用变化的总体特征

本研究中,从总体看来,毛乌素沙地边缘地带是农牧交错带生态环境最脆弱的地区,因而也是土地利用类型变化最剧烈的地区,以旱地面积减少和林地、草地、沙面积地扩大为主。1986 ~ 2000 年旱地大面积缩减,一部分转化为林地和草地,转化的区域主要在南部和东北部黄土丘陵地区;另一部分退化为沙地和盐碱地,退化的区域主要集中在毛乌素沙漠边缘地带,以榆阳、神木、横山、靖边、定边等区县较为严重。受毛乌素沙地风沙活动的影响,处于沙漠附近的旱地被风沙所蚕食,加之人为的不合理开发利用,旱地变得更加脆弱,受强烈的风沙侵蚀而渐渐荒漠化。

4.2 沙地逆转变化显著,但土地沙漠化依然严重

由于研究区处于毛乌素沙地与黄土高原的过渡区,受毛乌素沙地的影响,沙地与其他土地类型之间

的转化比较明显,是该区土地利用变化的主要特点。从经叠加的 1986 ~ 1993 年和 1993 ~ 2000 年土地利用变化图中,提取沙地与其他土地类型之间相互转化信息,得到沙地与其他土地类型之间转化的面积的关系(表 4)。由表 4 可见,1986 ~ 2000 年土地沙化面积为 587 532.7 hm²,扣除沙地逆转部分外,沙地实际面积扩大了 35 727.8 hm²。其中,1986 ~ 1993 年,沙地面积扩大了 11 460.4 hm²,主要是旱地沙化严重,同时经治理 84 925.8 hm² 沙地净转化为林地和草地;1993 ~ 2000 年沙地面积扩大了 24 267.4 hm²,主要是林地和裸土地沙化严重。同时经治理 18 504.5 hm² 沙地净转化为旱地和草地。表明了 90 年代以后,国家加大西部生态环境建设和沙漠治理的力度取得了明显的效益,沙漠治理取得了明显的成绩。但是沙地面积的扩展,警示着陕北农牧交错带土地荒漠化的趋势还在加剧,沙漠化发展态势严峻,沙漠化防治是一项不容忽视、亟待解决的重大问题。

表 4 1986 ~ 2000 年陕北农牧交错带土地沙化和沙地逆转面积 hm²

Table 4 Desertification and reversion of sand land from 1986 to 2000 in ecotone agri-animal husbandry in northern Shaanxi

土地类型 Type of land	1986 ~ 1993			1993 ~ 2000		
	沙地逆转面积 Reversion of sand land	土地沙化面积 Desertification	沙地净逆转面积 Net reversion	沙地逆转面积 Reversion of sand land	土地沙化面积 Desertification	沙地净逆转面积 Net reversion
水田 Paddy field	6 947.5	- 12 279.1	- 5 331.6	11 220.4	- 13 397.8	- 2 177.4
旱地 Dry land	82 974.7	- 187 067.5	- 104 092.8	132 275.2	- 117 855.7	14419.5
林地 Forest land	123 910.2	- 43 373.9	80 536.3	25 492.5	- 108 673.7	- 83 181.2
草地 Grass land	27 424.6	- 23 035.1	4 389.5	21 696.2	- 17 611.2	4 085.0
城乡建设用地 Town construct land	0.0	- 100.0	- 100.0	556.9	- 54.2	502.7
水域 Water area	0.0	0.0	0.0	1 326.7	- 3 307.8	- 1981.1
荒草地 Wasteland	27 562.0	- 27 501.6	60.4	68 124.5	- 16 711.9	51 412.6
盐碱地 Salina land	5 370.0	- 235.9	5 134.1		- 227.4	- 227.4
沼泽 Swamp land	0.0	0.0	0.0	0.0	- 36.2	- 36.2
裸土地 Bared land	11 954.5	- 4 010.7	7 943.8	4 969.2	- 12 053.0	- 7 083.8
合计 Total	286 143.5	- 297 603.8	- 11 460.3	265 661.6	- 289 928.9	- 24 267.3

注：“-”表示土地利用类型转化为沙地。
Note：“-”shows the type of land use is translated into sand land.

4.3 土地利用动态变化机制分析

土地是一个自然 - 人文综合体,土地利用与覆被变化既受自然因素的制约,又受社会、经济和历史等人文因素的影响,具有很强的综合性和地域性^[19]。

4.3.1 自然因素的影响 气候是影响土地利用变化的重要因素,包括气温、降水、大风、蒸发量等因子。陕北农牧交错带位于内蒙古鄂尔多斯荒漠草原、毛乌素沙漠与黄土高原过渡地带,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,易影响土地利用的方式,特别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。冬季严寒多风,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;春季旱象严重,林草由于缺少水分而枯衰^[20]。另外区域日照时间长,平均年日照时数达到 2 642.5 h,年均地表蒸发量达 1 235.3 mm,强烈的蒸发使地表干裂,造成地表植被枯萎并在地表大量集盐而使土地盐碱化^[9]。

4.3.2 社会经济因素的影响 人是社会经济活动中一个独特的因素,人通过改变土地的类型和结构,来满足人类对生存环境的需求。研究区解放初人口为 68.98 万,2000 年达到 212.99 万,平均每年以 2.88 万的速度增长,人口密度 58.9 人/km²,远远超过联合国有关组织确定的临界指标^[21]。人口的增长带来对食物等基本生活资料需求量的增加,随之而来的就是对土地资源的粗放式经营,最终导致脆弱的生态环境进一步破坏。主要表现在林地和草地

面积锐减、草地退化、沙地扩张。随着社会经济发展,大规模资源开发,特别是研究区大量煤炭、油气资源的开发,破坏了地表植被,使本来脆弱的生态环境更加恶化,加之气候干旱,从而造成了新的沙化。

【参考文献】

[1] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC 研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展,2003,22(1):22-29.
[2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆盖变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-558.
[3] 摆万奇,柏书琴. 土地利用和覆盖变化在全球变化研究中的地位和作用[J]. 地域研究与开发,1999,18(4):1-16.
[4] 史培军. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京:科学出版社,2000:1-30.
[5] Turner B L. Two type of global environment change: definitional and spatial scale issues in their human dimensions[J]. Global Environment Change,1990,1(1):14-22.
[6] 李景刚,何春阳,史培军. 近 20 年中国北方 13 省的耕地变化与驱动力[J]. 地理学报,2004,59(2):274-282.
[7] 刘彦随,Gao J. 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.
[8] Liu Y S,Zhang X P,Li X W,et al. Mechanism and regulation of land degradation in Yulin district [J]. Journal of Geographical Sciences,2003,13(2):218-224.
[9] 常庆瑞,贾科利,刘京,等. 陕北农牧交错带土地荒漠化动态变化研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(2):74-78.
[10] 李忠锋,王一谋,冯毓荪,等. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J]. 水土保持学报,2003,17(2):97-99.
[11] 高小红,王一谋. 遥感与 GIS 的榆林地区土地利用动态变化研究[J]. 干旱区地理,2004,27(1):106-111.

(下转第 220 页)

- [J]. Bioresource Technology, 1992, 41: 209-223.
- [6] 中华人民共和国农牧渔业部. GB7173 - 87. 土壤全氮测定法(半微量凯氏法)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990: 140-142.
- [7] 全国农业分析标准化技术委员会. GB9837 - 88. 土壤全磷测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992: 13-15.
- [8] 全国农业分析标准化技术委员会. GB9836 - 88. 土壤全钾测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1992: 8-12.
- [9] Wang J Y, Zhang D S, Stabnikova O, et al. Evaluation of electrokinetic removal of heavy metals from sewage sludge[J]. Journal of Hazardous Materials B, 2005, 124: 139-146.
- [10] 孙颖, 陈玲, 赵建夫, 等. 测定城市生活污水中重金属的酸消解方法研究[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(3): 170-172.
- [11] 国家环境保护局科技标准司. GB/T 17140 - 1997. 土壤质量铅、镉的测定 KF-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 174-177.
- [12] 国家环境保护局科技标准司. GB/T 17136 - 1997. 土壤质量总汞的测定 冷原子吸收分光光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 157-161.
- [13] 建设部标定额研究所. CJ/T 97 - 1999. 城市生活垃圾 总铬的测定 二苯碳酰二肼比色法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 210-213.
- [14] 国家环境保护局科技标准司. GB/T 17134 - 1997. 土壤质量总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 148-151.
- [15] 李永涛, 刘科学, 张池, 等. 广州大宝山地区重金属污染水田土壤的 Cu、Pb、Zn、Cd 全量与 DTPA 浸提态含量的相互关系研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(6): 1110-1114.
- [16] 贺建群, 许嘉琳, 杨居荣, 等. 土壤中有有效态 Cd、Cu、Zn、Pb 提取剂的选择[J]. 农业环境保护, 1994, 13(6): 246-251.
- [17] Fuentes A, Llorens M, Saez J, et al. Simple and sequential extractions of heavy metals from different sewage sludges[J]. Chemosphere, 2004, 54: 1039-1047.
- [18] 李发生, 韩梅, 熊代群, 等. 不同浸提剂对几种典型土壤中重金属有效态的浸提效率研究[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(6): 704-706.
- [19] 陈同斌, 黄起飞, 高定, 等. 中国城市污泥的重金属含量及其变化趋势[J]. 环境科学学报, 2003, 23(5): 561-568.
- [20] 鲍士旦, 江荣风, 杨朝光, 等. 土壤农化分析: 第 3 版[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [21] 肖玲, 王秀琴. 西安市污水处理厂污泥成分月际变化及其农业利用问题探讨[J]. 环境杂志, 1993, 9(2): 36-39.
- [22] Harrison E Z. Land application of sewage sludge: an appraisal of the US regulations[J]. Environment and Pollution, 1999, 11(1): 4.

(上接第 214 页)

- [12] 杨述河, 闫海利, 郭丽英. 北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应——以陕北榆林市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 49-55.
- [13] 王永军, 李团胜, 刘康. 榆林地区景观格局分析及其破碎化评价[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 161-166.
- [14] 高小红, 王一谋, 杨国靖. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区景观格局动态变化研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 168-172.
- [15] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [16] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(2): 1031-1040.
- [17] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近 10 年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 659-667.
- [18] 樊红, 詹小国. ARC/INFO 应用与开发技术[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [19] 张明. 区域土地利用结构及其驱动因子的统计分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 381-384.
- [20] 张华, 张勃, 石惠春. 干旱区土地利用/土地覆盖变化研究——以黑河流域为例[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 49-54.
- [21] Petit C, Scudder T, Lambin E. Quantify in 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.