

博乐垦区土地利用/覆被变化及预测研究

陈江, 马松梅, 刘琳, 凯楠, 罗冲

(石河子大学 理学院 地理系, 新疆 石河子 832000)

摘要:基于博乐垦区1990年8月、2003年8月和2010年8月的3期TM影像数据,定量分析了研究区近20 a土地利用/覆被的数量变化和空间变化,以及各地类质心的空间变化趋势。在此基础上,采用马尔科夫链方程预测了研究区未来10 a(2015—2025年)土地利用/覆被的演变趋势。结果表明:近20 a来,研究区的土地利用/覆被变化显著:(1)居民点用地大幅度增加,主要由草地和未利用地转化而来。林地大幅度减少,转化成了草地。耕地和草地先增加后减少,但总体呈增加趋势。水域面积略有减少;(2)各类用地的质心变化:1990—2003年,质心偏移幅度较小。除居民点用地外,其余地类都在10 km以内。但2003—2010年,各类用地的空间质心都发生了较大的偏移;(3)在保持人为影响因素不变的前提下,未来10 a(2015—2025年)垦区居民点用地、耕地和草地将继续增加,而水域、林地和未利用地将继续减少,但是各类用地的变化幅度都将减小。

关键词:土地利用/覆被变化;演变趋势;质心;马尔科夫链预测;博乐垦区

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0044-06

Study on Land Use/Cover Change and the Prediction of Bole Reclamation Area

CHEN Jiang, MA Songmei, LIU Lin, KAI Nan, LUO Chong

(Department of Geography, College of Sciences, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: This paper quantitatively analyzed the spatial-temporal patterns of land use/cover change, and the spatial transfer trends of centroids of all land use classes in recent 20 years based on three TM images in Augusts, 1990, 2003 and 2010 of Bole reclamation area. We employed Markov chain equation to predict the evolution trend of LUCC in the coming 10 years(2015—2025). Our results showed the LUCC of our study area changed significantly in recent 20 years: (1) the residential lands increased sharply, and were mainly transformed from grasslands and unused lands. Forestlands decreased greatly, and were converted into grasslands. Farmlands and grasslands increased firstly, and decreased slightly later, but generally presented the increase trend, and the water areas reduced slightly; (2) during the period from 1990 to 2003, the amplitude of centroid skewing of our land use classes was small, specifically, except the residential land, the centroid skewing of the other land use classes was all within 10 km, but during the period from 2003 to 2010, the centroids of all land use classes occurred great migration; (3) under the conditions of constant anthropogenic influence, in the coming 10 years, the residential land, farmland and grassland will continue to increase, and the water area, forestland and unused land will continue to decrease, but the variation amplitude of all land use classes will decrease.

Keywords: land use/cover change; evolution trend; centroid; Markov chain prediction; Bole reclamation area

“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”与“全球环境变化的人文领域计划(IHDP)”联合启动了土地利用/覆被变化(Land Use/Land Cover Change, LUCC)项目^[1],使得土地利用/覆被变化研究在全球或局部环境变化和可持续发展研究中占有重要地位。土地利

用/覆被变化被认为是自然与人文过程交叉最为密切的问题,是人地关系的具体体现,也是全球气候变化最重要的原因,因此已成为当前全球环境变化研究领域的核心内容之一^[2-5]。质心是描述地理对象空间分布的重要指标,常用于土地利用类型的空间转移、变

化研究^[6]。基于研究区不同用地类型的空间分布,定量分析各类用地空间质心的偏移情况和时空转移特点,可以较好地反映研究区土地利用/覆被的空间变化。基于遥感影像数据,利用3S技术定量研究、评价区域土地利用/覆被的数量变化、空间变化,并分析、展示各地类用地空间质心的转移,有助于阐明区域土地利用变化、演变的趋势及其驱动力。此外,基于马尔科夫模型预测未来土地利用结构的演变趋势,已逐渐成为土地利用空间变化分析的重要方法之一^[7-10]。

博乐垦区是新疆天山北坡经济带的重要组成部分,属于第二座亚欧大陆桥的贯道,现已成为我国连接中亚和欧洲各国及向西开放国际贸易大通道的前沿基地。但是,近年来,由于垦区独特的地缘优势,社会经济发展迅速,城市用地扩张,农田大规模开垦,严重加大了土地利用的压力,土地利用方式发生了重大改变,而由此导致的土地利用/覆被变化将严重影响生态系统的结构和功能,进而影响垦区的稳定持续发展。因此,定量研究博乐垦区土地利用/覆被的时空变化,并预测土地利用的动态演变趋势及特点,对垦区土地资源的可持续利用、植被恢复以及生态系统的有效管理与修复都具有重要意义。

本研究以博乐垦区 Landsat 陆地资源卫星 1990 年、2003 年、2010 年(8 月)TM 影像为基本数据源,综合运用 3S 技术,结合野外调查验证和研究区相关统计资料,旨在分析、揭示垦区土地利用/覆被的数量变化、空间变化以及各地类质心的空间演变趋势,并预测未来 10 a(2015—2025 年)垦区土地利用/覆被的演变趋势,以期研究区的土地利用规划、可持续利用、生态环境的保护等提供科学依据和参考。

1 研究区概况

博乐垦区(44°20′—45°23′N, 80°39′—82°44′E)包括温泉县、博乐市及精河县,位于新疆维吾尔自治区西北部,艾比湖以西,天山西段北麓,准噶尔盆地西南部。东北部与精河县、塔城地区的托里县接壤,西连温泉县,南邻伊犁哈萨克自治州的伊宁市、霍城县,北以阿拉套山为分水岭,与哈萨克斯坦共和国接壤,边境线长 150 km。地处阿拉套山和岗吉格山间谷地,博尔塔拉河畔,地势西高东低,境内高山、中山、低山丘陵和谷地平原呈阶梯状分布。垦区土地总面积为 25 365 km²。2010 年,垦区总人口为 21.81 万人。其中,博乐市、温泉县及精河县总人口分别为 26.36, 7.48, 14.33 万人,他们的农业人口占总人口的比例分别为 35.29%, 48.9%, 56.3%;少数民族人口占总人口的比例分别为 33.4%, 39.5%, 30.7%。目前,垦区主

要土地利用类型为耕地、建设用地、宜农荒地、草地、水域等。垦区气候属中温带荒漠、半荒漠气候,夏季炎热、冬季寒冷,降雨稀少,为典型的生态脆弱区。

2 数据来源、处理和研究方法

2.1 数据源与处理

TM 影像即美国陆地卫星 4—5 号专题制图仪获取的多波段扫描影像,有 7 个波段,具有较高的空间分辨率、波普分辨率,以及极为丰富的信息量和较高的定位精度,有利于分析土地利用的动态和植被信息。本文以研究区 1990 年 8 月、2003 年 8 月和 2010 年 8 月的 3 期 Landsat 陆地资源卫星的 TM 影像(数据来源为 <http://www.gscloud.cn>,分辨率为 30 m)为基础数据源,利用 ENVI 5.0 对 3 期影像进行辐射校正、几何精校正和坐标转换等预处理。

为了确保本研究的遥感分类及解译符合研究区的实际情况,根据中国科学院土地资源分类系统(1984 年全国农业区划委员会《土地利用调查技术规程》),于 2012 年 8 月野外沿线随机选取了一定数量的调查与验证点,并结合 Google Earth 共同分析,最终将垦区的土地划分为林地、水域(包括河流、湖泊、坑塘、人工水渠、冰川等)、草地、耕地、居民点用地和未利用地 6 个地类。利用 ENVI 5.0 软件,基于最大似然分类法,对 3 期遥感影像进行了监督分类。为了检查遥感解译的精度,利用 Kappa 指数法,得到 3 期影像分类精度的混淆矩阵,进而量化评价了每一期影像的分类精度。

2.2 研究方法

2.2.1 博乐垦区土地利用的数量变化分析 (1)土地利用/覆被变化的幅度分析。土地利用变化幅度是指土地利用类型在面积方面的变化幅度,主要反映不同土地类型在总量上的变化,可了解土地利用变化总的态势和土地利用结构的变化^[11]。其表达式为:

$$R_d = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中: R_d ——研究时段内某一土地利用类型的面积变化幅度; U_a, U_b ——研究初期和末期某一土地利用类型的面积。

(2)土地利用/覆被变化的速度分析。选择土地利用动态度、开发度和耗减度^[12-13]3 个指标,分别从净变化和实际变化两方面定量分析博乐垦区土地利用/覆被的变化速度。其中,单一土地利用动态度反映了研究区内一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况。土地利用开发度表示单位时间内某种土地利用类型实际被开发的程度。土地利用耗

减度反映单位时间内某种土地利用类型被实际耗减的程度。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K ——研究期内研究区某一土地利用类型的动态度; U_a, U_b ——研究期期初和期末该土地利用类型的面积; T ——研究时段。本文 T 的时段为年, 所以 K 值是该土地利用类型的年变化速率。

$$LUD = (LA_{T_2} - ULA) / LA_{T_1} / (T_2 - T_1) \times 100\% \quad (3)$$

式中: LUD ——某种地类土地利用开发度; LA_{T_2} ——监测期末某地类的土地利用类型的面积; ULA ——监测期间某地类土地利用类型未变化部分的面积; $LA_{T_2} - ULA$ ——监测期间其他地类土地利用类型转化为这类土地利用类型的面积总和; ULA ——监测期初期某地类的土地利用类型的面积; $T_2 - T_1$ ——监测的时间段。

$$LUC = (LA_{T_1} - ULA) / LA_{T_1} / (T_2 - T_1) \times 100\% \quad (4)$$

式中: LUC ——某种地类土地利用耗减度; LA_{T_1} ——监测期初期某地类的土地利用类型的面积; ULA ——监测期间某地类土地利用类型未变化部分的面积; $LA_{T_1} - LUC$ ——该地类土地利用类型转化为其他地类土地利用类型的面积总和; $T_2 - T_1$ ——监测的时间段。

2.2.2 博乐垦区土地利用的空间变化分析 基于马尔科夫链模型, 利用 GIS 空间分析功能对博乐垦区 1990 年 8 月、2003 年 8 月、2010 年 8 月 3 期影像进行空间叠置分析, 得到各土地利用类型空间变化图和空间转移矩阵。

2.2.3 博乐垦区各地类空间质心的变化趋势分析 本研究利用空间质心分析研究区不同土地利用类型的时空变化和迁移。具体做法是: 利用 ArcGIS 10.0 的空间分析工具生成各用地类型的质心, 获得各质心的经纬度坐标, 分析各类用地的空间偏移幅度和方向, 进而揭示垦区土地利用/覆被的空间变化。

2.2.4 博乐垦区土地利用/覆被的变化趋势预测 在土地动态变化分析的基础上, 基于马尔科夫链模型^[14]对垦区土地利用动态演变的趋势与特点进行预测。具体做法是: 基于初始状态的转移概率矩阵, 以 1 a 步长, $n=10$ 步运行马尔柯夫链模型, 计算各类用地预测面积所占的百分比, 从而得出预测年(2015—2025 年)各类用地的面积。具体公式如下:

$$P(n) = P(n-1)P_{ij} = P(0)P_{ij}^n \quad (5)$$

式中: $P(n)$ ——经 n 步转移后状态概率向量; $P(0)$ ——

初始状态概率向量; P_{ij}^n —— n 步转移概率矩阵。

3 结果与分析

3.1 博乐垦区土地利用/覆被的数量变化

3.1.1 土地利用/覆被的幅度变化 垦区 3 期遥感影像解译的分类总精度高于 87.1%, kappa 系数也都达到 0.82 以上, 满足本研究动态分析的精度要求。近 20 a 内, 垦区 LUCC 的总特点是: 居民点用地大幅度增加, 林地大幅度减小, 耕地和草地基本呈增加的趋势, 水域和未利用地的变化不大(表 1)。具体来讲, 1990—2003 年, 居民点用地增幅 74.5%, 林地减幅 49.5%, 草地增幅为 15.9%。2003—2010 年, 居民点用地继续增加, 增幅为 56.8%, 林地进一步减少, 减幅为 83.1%, 草地略微减少, 减幅为 9.3%。

表 1 1990—2010 年博乐垦区土地利用/覆被变化幅度

土地利用 类型	1990—2003 年		2003—2010 年	
	变化 面积/hm ²	变化 幅度/%	变化 面积/hm ²	变化 幅度/%
居民点用地	3138.26	74.5	5544.3	56.8
水域	-22962.04	-14.5	43642.0	21.6
耕地	74102.66	27.4	-17710.1	-7.0
林地	-95137.97	-49.5	-87217.4	-83.1
草地	78336.79	15.9	-41914.4	-9.3
未利用地	-92440.96	-7.0	104438.5	7.3

3.1.2 土地利用/覆被的速度变化 基于单一动态度、开发度和耗减度 3 个指标定量描述了垦区土地利用/覆被的速度变化(表 2)。从单一动态度来看, 2003 年之后, 各类用地的变化速度基本都呈逐渐加快的趋势。尤其是居民点用地快速持续增加, 增长率由 17.2% 增加为 43.9%。林地呈迅速持续减少趋势, 减少速率从 1.9% 变为 15.1%。水域和未利用地的变化速率也不断加快。从开发度和耗减度来看, 2003—2010 年时段的各类用地的开发度和耗减度均高于 1990—2003 年时段。

3.2 博乐垦区土地利用/覆被的空间变化

近 20 a 来, 垦区各类用地的空间变化比较明显, 尤其是林地、耕地和草地(附图 1, 表 3, 4)。就林地而言, 垦区北部和东南部(阿拉山口和精河县地区)林地面积大量减少, 主要转化成了草地或未利用地。1990—2003 年和 2003—2010 年两个时段, 分别有 23.8%, 32.6% 的林地转为草地。垦区中部(博乐市和精河县西部地区)的耕地面积明显增加, 主要由草地和未利用地转化而来, 其中, 1990—2003 年时段, 有 12.9% 的草地转为耕地; 2003—2010 年时段, 有 6.2% 的未利用地转为耕地。

表 2 博乐垦区土地利用/覆被动态变化指数 %

土地利用类型	1990—2003 年			2003—2010 年		
	单一动态度	开发度	耗减度	单一动态度	开发度	耗减度
居民点用地	17.2	22.5	4.8	43.9	77.2	32.6
水域	−0.7	5.1	5.8	9.2	42.3	33.2
耕地	2.2	8.1	5.9	−2.2	31.1	33.4
林地	−1.9	3.9	5.7	−15.1	18.2	33.4
草地	1.1	7.0	5.5	−2.8	30.4	33.5
未利用地	−0.4	—	5.8	2.6	—	33.3

表 3 博乐垦区 1990—2003 年各地类转移面积 hm²

年份	土地利用类型	2003 年					
		居民点用地	水域	耕地	林地	草地	未利用地
1990 年	居民点用地	585.70	19.94	9.54	12.09	78.18	174.96
	水域	15.32	148046.74	106.95	467.99	212.79	30478.10
	耕地	703.57	116.44	142444.99	8366.99	22404.78	21578.47
	林地	33.61	2265.30	5709.91	121493.39	65818.53	81182.65
	草地	22.82	1369.08	7512.53	49892.80	284417.83	42432.36
	未利用地	2754.93	5581.67	114695.72	11822.89	119270.40	1147075.40

表 4 博乐垦区 2003—2010 年各地类转移面积 hm²

年份	土地利用类型	2010 年					
		居民点用地	水域	耕地	林地	草地	未利用地
2003 年	居民点用地	3154	32	51	9	102	779
	水域	15	146027	18	269	2031	9542
	耕地	1093	87	208085	1356	34502	26160
	林地	115	1422	6900	76524	62770	44637
	草地	1082	3251	13345	17018	268172	191444
	未利用地	4299	50018	24322	9591	82108	1155290

3.3 博乐垦区各地类空间质心的变化趋势

在 1990—2010 年期间,垦区不同土地利用类型的质心都在不同程度上发生了偏移(表 5)。其中,1990—2003 年,除居民点用地以外,各类用地的质心偏移幅度相对都较小。然而,在 2003—2010 年,各类用地的质心都发生了较大幅度的偏移,尤其是草地向东偏南偏移了 36.3 km,水域向西偏北偏移了 16.8 km。

3.4 博乐垦区土地利用/覆被的趋势预测

基于当前人为活动对土地利用/覆被的影响与未

来 10 a(2015—2025 年)基本一致的假设,以 1 a 为步长,利用初始状态转移概率矩阵(表 6),预测了博乐垦区各类用地面积的变化趋势(表 7)。2015—2025 年,土地利用/覆被的总体变化趋势与近 20 a 相似,居民点用地、耕地、草地面积逐年持续增加,而林地、水域和未利用地面积则逐年持续减少。从各地类的变化幅度来讲,相比较而言,未来 10 a 居民点用地、耕地、林地和未利用地的变化幅度都减小,草地的变化幅度与近 20 a 基本一致(表 1,8)。

表 5 博乐垦区不同时间各地类质心偏移方向和距离 km

年份		居民点用地	水域	耕地	林地	草地	未利用地
1990—2003 年	方向	东偏北	东偏北	东偏北	西偏南	东偏南	东偏南
	/距离	/22.6	/1.7	/2.3	/4.3	/8.4	/4.9
2003—2010 年	方向	东偏南	东偏北	东偏南	东偏南	东偏南	东偏北
	/距离	/5.4	/16.8	/1.6	/10.3	/36.3	/13.7

表 6 初始状态各土地类型的初始转移概率矩阵

土地利用		2010 年					
类型	居民点用地	水域	耕地	林地	草地	未利用地	
1990 年	居民点用地	0.98388	0.00109	0.00052	0.00066	0.00428	0.00957
	水域	0.00001	0.98985	0.00003	0.00015	0.00007	0.00988
	耕地	0.00021	0.00003	0.98407	0.00251	0.00671	0.00646
	林地	0.00001	0.00046	0.00117	0.96826	0.01348	0.01662
	草地	0.000003	0.00019	0.00107	0.00709	0.98561	0.00603
	未利用地	0.00011	0.00023	0.00476	0.00049	0.00495	0.98945

表 7 2011—2025 年博乐垦区土地利用/覆被的马尔科夫预测

hm²

年份	居民点用地	水域	耕地	林地	草地	未利用地
2011	4359.04	157324.82	273240.64	190857.10	496191.67	1320570.92
2012	4501.85	156233.32	275935.09	189676.13	500025.85	1316171.96
2013	4642.41	155152.33	278568.44	188564.36	503785.79	1311830.86
2014	4780.76	154081.76	281141.93	187518.94	507473.38	1307547.42
2015	4916.93	153021.54	283656.80	186537.12	511090.41	1303321.38
2016	5050.94	151971.59	286114.25	185616.28	514638.65	1299152.48
2017	5182.84	150931.82	288515.46	184753.86	518119.80	1295040.42
2018	5312.63	149902.16	290861.60	183947.44	521535.50	1290984.88
2019	5440.36	148882.52	293153.80	183194.64	524887.34	1286985.53
2020	5566.06	147872.83	295393.19	182493.22	528176.89	1283042.01
2021	5694.66	146869.99	297649.69	181794.49	531487.06	1279110.57
2022	5826.24	145873.95	299923.42	181098.43	534817.97	1275191.18
2023	5960.86	144884.66	302214.52	180405.03	538169.75	1271283.80
2024	6098.58	143902.08	304523.13	179714.29	541542.55	1267388.40
2025	6239.49	142926.17	306849.37	179026.20	544936.48	1263504.92

表 8 2011—2025 年博乐垦区土地利用/覆被变化幅度

土地利用类型	2011—2025 年	
	变化面积/hm ²	变化幅度/%
居民点用地	1880.45	43.14
水域	−14398.65	−9.15
耕地	33608.73	12.30
林地	−11830.90	−6.20
草地	48744.81	9.82
未利用地	−57066.00	−4.32

据资料,进行了对比分析,最终表明本研究的结果具有一定的合理性。

近些年,随着博乐垦区经济的快速发展和人口数量不断增加,对居民点用地的需求量大幅度提高。所以,近 20 a 居民点用地面积呈现出不断增加的趋势。而且,居民点用地的变化速度也明显高于其他地类(表 2)。1990—2003 年期间,耕地面积大幅度增加,林地面积大量减小,而且它们的开发度和耗减度也明显大于其他地类(表 1,2)。2003—2010 年时段,各用地类型的开发速率及耗减度都显著增加了 4~8 倍,例如林地大量减少,主要转化为草地或未利用地,还有一部分转化为耕地和居民点用地(表 3,4)。

预测结果表明:未来 10 a,垦区 LUCC 的总趋势与近 20 a 基本一致,体现在:居民点用地和耕地面积进一步增加,而林地面积则进一步减少,同时,未利用地面积略有减少。而且,我们基于相关文献和 2011—2012 年新疆兵团统计年鉴的数据^[18]对模型预测的 2011 年、2012 年的 LUCC 进行了验证,结果表明预测的 LUCC 的特点与实际基本一致。所以,本研究基于马尔科夫模型预测的未来 10 a 垦区的 LUCC 具有一定的合理性。

基于预测结果,林地面积将进一步减少,这将严重影响到垦区的农业生产、生态环境的维持和维护,以及生物多样性的保护。因此,科学保护、管理现有林地,并大力营造人工防护林(如政府利用优惠政策,按照人工防护林的具体规划,鼓励、支持当地农户种植一定面积的防护林)将对垦区土地资源的可持续利用和生态环境的维护具有重要的现实意义。而且,居民点和耕地面积继续增加,一方面将造成对现有林地

4 结论与讨论

土地利用/覆被是在自然和人类的共同作用下的产物,具有高度复杂性^[15]。干旱区既是气候敏感区,又是生态环境脆弱带,因而干旱区的土地利用也更容易受到人类活动的干扰和影响,引起土地荒漠化、脆弱的生态环境进一步恶化等生态环境问题。所以,干旱区土地利用/覆被的定量研究,旨在揭示具体的人地关系,对区域土地资源、生态环境的可持续利用与保护都具有重要的现实意义和指导作用^[16-17]。本研究的结果表明:近 20 a 来,博乐垦区土地利用/覆被发生了显著变化,尤其是 2003—2010 年时段,各用地类型的面积变化较快,主要体现在:居民点用地大幅度增加,耕地面积总体呈现增加趋势,而林地面积大量减少(表 1,附图 1)。而且,该时段垦区 LUCC 的开发度和耗减度都显著增加(表 2),说明垦区土地利用程度加重,LUCC 很可能进一步加重了区域生态环境的脆弱性程度。而且,对于本研究得到的 LUCC 的特点和趋势,分别查阅了 1990 年、1995 年、2000 年、2003 年、2005 年、2007 年、2009 年和 2010 年的《新疆兵团统计年鉴》的相关数

和草地的占用或破坏,另一方面还会间接引起土地退化、盐渍化、荒漠化等。因此,尽量保持垦区林地面积的动态稳定,控制居民点用地面积和耕地面积的持续增加,做到合理利用、开发垦区的土地资源,是当地政府在近些年需要出台的调控政策。

参考文献:

[1] 白泽龙,包安明,赵金,等. 艾比湖流域近 40 a 来土地利用与覆被动态变化研究[J]. 水土保持通报,2012,32(2):172-177.

[2] 蒙古军,李正国. 河西走廊张掖绿洲 LUCC 的驱动力分析[J]. 地理科学,2003,23(4):464-469.

[3] 李名勇,晏路明,王丽丽,等. 基于高程约束的区域 LUCC 及生态效应研究:以福州市为例[J]. 地理科学,2013,33(1):75-82.

[4] 周德成,赵淑清,朱超. 退耕还林还草工程对中国北方农牧交错区土地利用/覆被变化的影响:以科尔沁左翼后旗为例[J]. 地理科学,2012,32(4):442-449.

[5] 裴欢,覃志豪. 干旱区绿洲荒漠化演变趋势及成因分析:以吐鲁番绿洲为例[J]. 地理科学,2012,32(4):506-510.

[6] 宫兆宁,张翼然,宫辉力,等. 北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析[J]. 地理学报,2011,66(1):77-88.

[7] Aaviksoo K. Simulating vegetation dynamics and land use in mire landscape using a Markov mode[J]. Landscape and Urban Planning,1995,31(1):129-142.

[8] Cabral P. Markov processes in modeling land use and land coverchanges in Sintra-Cascais, Portugal[J]. Dyna-

colombia, 2009,76(158):191-198.

[9] 乔伟峰,盛业华,方斌,等. 基于转移矩阵的高度城市化区域土地利用演变信息挖掘:以江苏省苏州市为例[J]. 地理研究,2013,32(8):1497-1507.

[10] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学,2010,32(8):1544-1550.

[11] 朱会义,李秀彬,何书金,等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报,2001,56(3):253-260.

[12] 朱邦耀,卞维珍,李秀霞. 基于 GIS 的经济欠发达地区土地利用动态变化分析及预测:以保亭黎族苗族自治县为例[J]. 水土保持研究,2010,17(3):273-276.

[13] 程磊,徐宗学,罗睿,等. 渭河流域 1980—2000 年 LUCC 时空变化特征及其驱动力分析[J]. 水土保持研究,2009,16(5):1-7.

[14] 李素英,李晓兵,王丹丹. 基于马尔柯夫模型的内蒙古锡林浩特典型草原退化格局预测[J]. 生态学杂志,2007,26(1):78-82.

[15] 刘春雨,赵军,刘英英,等. 25 a 来额济纳天然绿洲 LUCC 及景观格局时空变化[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(9):32-38.

[16] 王范霞,毋兆鹏. 近 40 年来精河流域绿洲土地利用/覆被时空动态演变[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(2):150-155.

[17] 张钰,刘桂民,马海燕,等. 黑河流域土地利用与覆被变化特征[J]. 冰川冻土,2004,26(6):740-746.

[18] 马晓玲,高敏华,马晓丽,等. 新疆生产建设兵团土地利用规划及效益分析[J]. 新疆农业科学,2008,45(5):909-915.



(上接第 43 页)

程整地间土壤水分存在显著差异,在这 4 种雨水资源化工程技术中,土壤含水量均值都是“88542”>水平梯田>鱼鳞坑>水平沟>自然坡面;“88542”水平沟在调控水分、集雨蓄水方面具有潜在的优势,对保持土壤含水量有较大的改善效果。由此可见,宁南半干旱黄土丘陵区荒山坡地在经过雨水资源化工程技术措施治理后,水分有了明显的提高,这些集雨整地技术,在促进林地农业土壤水分的快速恢复上效果极为显著,且对促进流域内的植被恢复、防止水土流失、改变山区生态环境、提高土地生产力有着重要的意义。

参考文献:

[1] 上官周平. 黄土区水分环境演变与退化生态系统恢复

[J]. 水土保持研究,2005,12(5):92-94.

[2] 侯庆春,韩蕊莲. 黄土高原人工林草地“土壤干化”问题初探[J]. 中国水土保持,1999(5):11-14.

[3] 杨维西. 试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题[J]. 林业科学,1996,32(1):78-85.

[4] 王力,邵明安,侯庆春. 黄土高原土壤干层初步研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2001,29(4):34-38.

[5] 王月玲,蔡进军,张源润,等. 宁南黄土丘陵干旱区小流域雨水资源潜力研究[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(3):44-49.

[6] 王俊,刘文兆,胡梦瑶,等. 黄土丘陵区小流域土壤水分时空变异[J]. 应用生态学报,2008,19(6):1241-1247.

[7] 李生宝,蒋齐,赵世伟,等. 半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术与模式[M]. 北京:科学出版社,2011.