

塔里木河流域耕地面积动态变化特征及驱动因子

王希义¹, 徐海量², 潘存德¹

(1. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: [目的] 对塔里木河流域耕地面积动态变化特征及驱动因子进行分析, 为实现区域内耕地保护与可持续利用提供理论依据。[方法] 依据 1990—2014 年塔里木河“九源一干”区域各地州的统计资料, 分析塔里木河流域耕地面积和重心的变化特点, 将主成分分析与多元回归分析相结合, 探讨耕地面积变化的驱动因子。[结果] (1) 1990—2014 年, 耕地总面积由 $1.01 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 增加到 $2.05 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 人均耕地面积由 0.131 hm^2 增加到 0.194 hm^2 , 耕地面积重心向东偏北方向移动 61.10 km; (2) 社会经济发展、人口增加和农业生产发展是耕地面积变化的主要驱动因子; (3) 建立了耕地面积与驱动因子之间的多元线性回归模型 ($R^2 = 0.960$), 检验结果表明模拟值与实际值之间没有显著差异 ($p > 0.05$)。[结论] 耕地的面积和重心始终处于一个动态变化的过程中, 人文因素是影响耕地特征变化的主要原因。

关键词: 耕地面积; 动态变化; 主成分分析; 驱动因子; 塔里木河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0327-06

中图分类号: X24, F301.2

文献参数: 王希义, 徐海量, 潘存德. 塔里木河流域耕地面积动态变化特征及驱动因子[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 327-332. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.050; Wang Xiyi, Xu Hailiang, Pan Cunde. Change Features of Cultivated Land Resources and Its Driving Factors in Tarim River Basin[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 327-332. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.050

Change Features of Cultivated Land Resources and Its Driving Factors in Tarim River Basin

WANG Xiyi¹, XU Hailiang², PAN Cunde¹

(1. College of Grassland and Environment Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: [Objective] Dynamic change features of agricultural area and the driving factors were elucidate to provide theoretical foundation for the sustainable utilization and protection of cultivated land in Tarim River basin. [Methods] Change characteristics of agricultural area and superficial orthocenter were analyzed according to the statistical data of all regions, including so-called “nine sources and one main stream”. Both PCA and multivariate regression analysis were used to detect the driving factors. [Results] (1) Total cultivated area from $1.01 \times 10^6 \text{ hm}^2$ to $2.05 \times 10^6 \text{ hm}^2$, from 0.131 hm^2 to 0.194 hm^2 for each person. Orthocenter of the agricultural area moved northeastward with a distance about 61.10 km. (2) Three main factors as socioeconomic development, increase in population and development of agricultural production drove the changes of agricultural area. (3) The established multi-linear regression model ($R^2 = 0.960$) between agricultural area and driving factors showed that there was no significant difference ($p > 0.05$) between the simulated values and the actual values. [Conclusion] It was always in a dynamically changing status for agricultural area and orthocenter. Human factors were the major influencing cause of the cultivated land.

Keywords: agricultural area; dynamic changes; principal component analysis; driving factors; Tarim River basin

土地是人类赖以生存和发展的基础, 而耕地是土地资源最重要的组成部分^[1-5]。耕地的动态变化过程

与区域发展密切相关, 其保护工作一直是土地管理工作中的重点^[6-7]。在国外, 耕地管理很早就引起了人

收稿日期: 2015-07-11

修回日期: 2015-12-23

资助项目: 国家科技部基础性工作专项“中国北方内陆盐碱地植物种质资源调查及数据库构建”(2015FY110500-16); 国家自然科学基金项目(31370551; 41471099; 31400466); 中国科学院“西部之光”人才培养计划(XBBS-2014-13); 中国科学院特色研究所主要服务项目(TSS-2015-014-FW-2-2)

第一作者: 王希义(1987—), 男(汉族), 山东省滨州市人, 博士研究生, 研究方向为生态需水与恢复生态学。E-mail: binzhouwxy@163.com。

通讯作者: 徐海量(1971—), 男(汉族), 江苏省宝应县人, 博士, 研究员, 硕士生导师, 主要从事恢复生态学研究。E-mail: xuhl@ms.xjb.ac.cn。

们的关注,主要是通过收集资料进行对比分析^[8-9],而且也成功建立了一些模型,如 IMAGE 模型、CENTURY 模型、PAT 模型等^[10-12],指出区域内的气候、人口与经济政策对土地变化起共同作用^[13-14]。中国对耕地的重视也是由来已久,自 1996 年以来就强调实现耕地的动态平衡,以遏制数量减少与质量降低的趋势^[15],并且与环境要和谐发展^[16],指出城市化进程加快、经济发展、人口增加等是耕地变化的主要影响因素^[17-18]。由于耕地保护理论较为缺乏,导致耕地变化驱动因子的研究大都停滞在宏观层面^[19];并且以上研究集中在城市土地或者湿润半湿润地区,针对干旱区耕地的研究较少。本文以极端干旱区塔里木河流域的耕地面积为研究对象,重点对人类生产生活行为与耕地面积间的关系进行了分析。

塔里木河流域的农业发展主要依靠耕地资源^[20]。自改革开放以来,随着经济发展以及人口增加,流域资源不合理利用程度日益加剧^[21-23]。区域内对耕地的研究主要集中在干流区^[24-26]和各个河段^[27-29],研究内容包括土地利用格局的变化及其与水文环境间的关系,并对生态价值效益进行了分析^[30]。然而针对塔里木河全流域耕地面积变化特征及驱动因子的研究较为少见。塔里木河流域地处干旱区,其地理位置、经济发展状况和土地利用在干旱区都具有一定的代表性,因此对塔里木河流域耕地面积变化特征及驱动因子进行分析,可以为实现区域内耕地保护与可持续利用提供理论依据,对其他地区耕地保护工作也有一定的参考作用。

1 研究区概况

塔里木河流域是中国最大的内陆河流域,是环塔里木盆地的阿克苏河、喀什噶尔河、叶尔羌河、和田河、开都—孔雀河、迪那河、渭干河、库车河、克里雅河以及车尔臣河等 9 大水系 144 条河流的总称,流域总面积为 $1.02 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。流域位于远离海洋的亚欧大陆腹地。周围的山系受第三纪、第四纪造山运动的影响,形成一个四周高山环绕的封闭盆地^[31],干旱区自然地理特征更加明显。区域内山区降水量 250~500 mm,平原区降水量为 20~80 mm,但蒸发十分强烈。耐盐碱植被较多,大都沿河而生。研究区内光照充足,热量丰富,农业生产条件良好,尤其适合早熟长绒棉和瓜果生产^[32]。塔里木河流域在行政区域上包括巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、克孜勒苏柯尔克孜自治州、喀什地区与和田地区 5 个地州的 42 个县市和生产建设兵团的 55 个团场,总人口 1 057.89 万,耕地总面积为 $1.76 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。在供水较为充裕的地区,植被生产力有了较大改善,人们通过兴修水利、饮水灌

溉和土地垦殖等,使大片荒漠演变成绿洲耕地^[33]。塔里木河各行业用水总量约为 $2.05 \times 10^{10} \text{ m}^3$,其中农业灌溉水量约占 98.47%。近年来,塔里木河流域盲目开垦以扩大耕地面积,河道水量减少,河岸林大量死亡,生态环境问题日趋严重。本文通过研究塔里木河流域耕地面积变化特征及影响因素,以为生态环境保护和水土资源合理开发提供理论依据。

2 数据来源与研究方法

查阅《统计年鉴》中 1990—2014 年塔里木河流域各地州的耕地面积、GDP、农业生产总值、人口总量、农村人口数量、城市人口数量、粮食单位面积产量等资料,分析流域内耕地面积的变化特征,并利用主成分分析法分析了各主要驱动因素对耕地面积的影响情况,并对耕地面积的变化过程进行了模拟。主成分分析方法(principal component analysis, PCA)是多元统计分析中的一种重要方法,它将多个变量通过线性变换,选出几个有代表性的综合因子代表原来众多的变量,最后建立多元回归模型。本研究使用的数理统计软件为 Excel 和 SPSS 16.0。

3 结果与分析

3.1 塔里木河流域耕地的变化特征

3.1.1 1990—2014 年塔里木河流域耕地面积的变化过程 从图 1 中可以看出,耕地面积呈增加的趋势。1990—2005 年增加了 $1.938 \times 10^5 \text{ hm}^2$,涨幅很小;2005 到 2009 年增加显著,几年间增加了 $4.875 \times 10^5 \text{ hm}^2$;2009—2014 年增加了 $3.783 \times 10^5 \text{ hm}^2$,增加速率减缓。人均耕地面积在 1990—2005 年期间变化幅度小于 0.019 hm^2 ,这是由于在耕地增加的同时,人口也在增加,导致人均耕地面积变化不大;2005—2009 年耕地增加明显,人均耕地面积增加了 0.025 hm^2 ;2009—2014 年,人口继续增加,但耕地面积增加缓慢,人均耕地面积仅增加了 0.017 hm^2 。

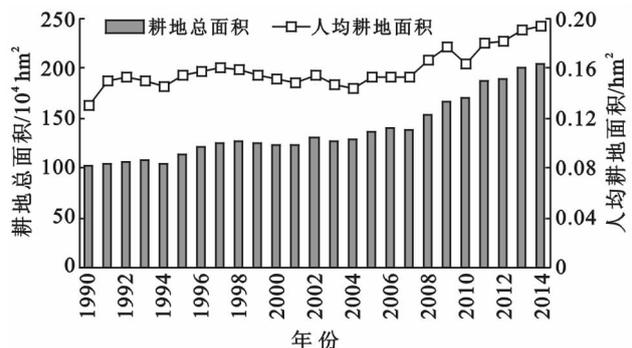


图 1 塔里木河流域 1990—2014 年耕地总量与人均耕地面积变化

3.1.2 塔里木河流域耕地重心的变化 耕地的重心位置由经纬度地理坐标来表示。 t 年耕地中心的计算公式为:

$$X_t = \frac{\sum C_{ii} x_i}{\sum C_{ii}} \quad (1)$$

$$Y_t = \frac{\sum C_{ii} y_i}{\sum C_{ii}}$$

式中: X_t, Y_t —— t 年耕地重心的经纬度坐标;
 C_{ii} —— t 年 i 流域的耕地面积; x_i, y_i ——对应的流域中心经纬度坐标^[34]。

塔里木河流域是“九源一干”的综合体。本研究分别总结了 1990—2014 年各年度九大源流区和干流区的耕地面积,并查阅了 9 大源流区和干流区的中心经纬度坐标,结合公式(1),得出了 1990—2014 年塔里木河流域耕地重心的变化特征(图 2)。由图 2 可得,主要年份耕地重心分别为:1990 年 80.05°E, 39.73°N;1995 年 80.10°E, 39.76°N;2000 年 80.20°E, 39.82°N;2005 年 80.31°E, 39.77°N;2014 年 80.76°E, 39.81°N。南北方向上,耕地重心向北偏移了 0.08°, 大约 8.82 km;东西方向上,耕地重心向东偏移了 0.71°, 约 60.46 km,南北方向的变化幅度要小于东西方向。总体而言,耕地重心向东偏北方向移动了 61.10 km。

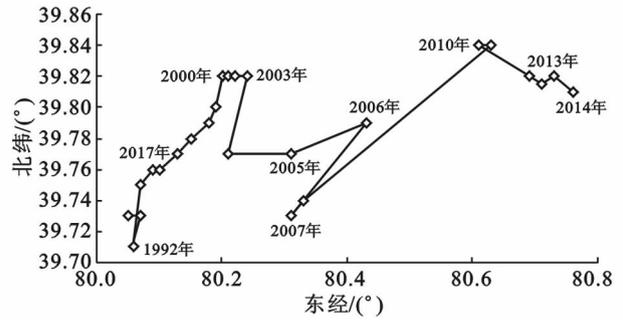


图 2 塔里木河流域耕地 1990—2014 年重心移动散点图

3.2 塔里木河流域耕地面积变化的驱动因子分析

3.2.1 耕地面积变化的影响因子 影响耕地面积变化的因素主要有自然因素与社会经济因素两方面,并且社会经济因素显得更为重要,本文重点针对社会经济因素进行分析。将耕地面积(10^4 hm^2)记为 Y ,并依据统计资料,选取总人口(10^4 人)、GDP(10^8 元)、农业总产值(10^8 元)、粮食单产量(kg/hm^2)、农民人均收入(元)、城市化水平(%)作为 6 个分析指标,并对构建的指标体系进行因子分析,得出相关系数矩阵(表 1)。由表 1 可知,大部分的相关系数都较高(>0.6),各变量呈现较强的线性关系,因而可以提供公共因子。之后对变量进行 KMO 检验和巴特利特球度检验(表 2),得出这些变量适合进行因子分析。

表 1 耕地面积变化驱动因子的相关系数矩阵

项目	总人口	GDP	农业总产值	粮食单产量	农民人均收入	城市化水平	耕地总面积
总人口	1.000	0.941	0.945	0.703	0.946	0.726	0.930
GDP	0.941	1.000	0.995	0.578	0.976	0.630	0.964
农业总产值	0.945	0.995	1.000	0.625	0.986	0.610	0.970
粮食单产量	0.703	0.578	0.625	1.000	0.680	0.281	0.618
农民人均收入	0.946	0.976	0.986	0.680	1.000	0.627	0.975
城市化水平	0.726	0.630	0.610	0.281	0.627	1.000	0.609
耕地总面积	0.930	0.964	0.970	0.618	0.975	0.609	1.000

表 2 KMO 检验和巴特利特球度检验

巴特利特球度检验			MO 检验
卡方检验	自由度	统计显著性	
255.919	15	0.000	0.737

3.2.2 因子提取与命名解释 因子的提取个数应小于原有变量的个数,否则一些变量的信息损失会很严重。本研究指定提取 2 个因子,分析结果详见表 3。由表 3 可知,所有变量的共同度(大于 86%),因此可被因子解释。为验证提取 2 个因子的准确度,本研究分析了 6 个变量的总方差状况(表 4)。

第 1 组数据项描述了因子分析初始解的情况,第 1 个因子特征值为 4.837,解释原有 6 个变量总方差

的 80.623%;第 2 个因子的特征值为 0.724,解释原有 6 个变量总方差的 12.065%,累计方差贡献率为 92.688%,并结合因子碎石图(图 3),说明第 3 个以后的因子特征值都很小(<0.5),可以被忽略,因此提取 2 个因子是合理的。

表 3 因子分析中的变量共同度

因子	初始共同度	提取条件下共同度
总人口/ 10^4	1.000	0.971
GDP/ 10^8 元	1.000	0.940
农业总产值/ 10^8 元	1.000	0.951
粮食单产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	1.000	0.868
农民人均收入/元	1.000	0.967
城市化水平/%	1.000	0.865

表 4 因子解释原有变量总方差的情况

公因子	第 1 主成分特征值			被提取的载荷平方和		
	特征值	方差贡献率	累计方差贡献率	特征值	方差贡献率	累计方差贡献率
1	4.837	80.623	80.623	4.837	80.623	80.623
2	0.724	12.065	92.688	0.724	12.065	92.688
3	0.386	6.441	99.129			
4	0.038	0.638	99.766			
5	0.011	0.189	99.955			
6	0.003	0.045	100.000			

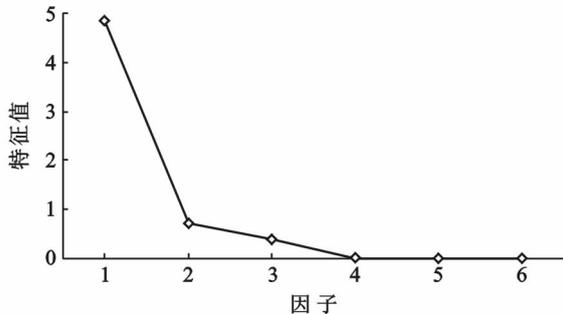


图 3 因子碎石图

3.2.3 耕地面积变化的驱动力分析 为计算各个影响因子在 2 个主成分上的载荷,本研究得出旋转后因子载荷矩阵(表 5),并对 2 个主成分间进行了相关性检验(表 6),指出 2 个主成分间没有显著相关性,实现了主成分分析的目的。

表 5 旋转后的因子载荷矩阵

因子	第 1 主成分	第 2 主成分
城市化水平/%	0.927	0.076
GDP/10 ⁸ 元	0.718	0.651
总人口/10 ⁴	0.714	0.679
粮食单产量/(kg·hm ⁻²)	0.082	0.928
农民人均收入/元	0.666	0.724
农业总产值/10 ⁸ 元	0.684	0.695

表 6 因子协方差矩阵

因子	1	2
1	1.000	0.000
2	0.000	1.000

城市化水平、GDP、总人口在第 1 主成分上具有较高的载荷,可以解释为社会经济发展与人口增加;粮食单产量、农民人均收入、农业总产值在第 2 主成分上具有较高的载荷,可以解释为农业发展水平。(1) 社会经济发展。在 1990 年,塔里木河流域的城市化水平为 21.64%,到 2014 年城市化水平为

31.68%,共增长了 10.04%,而同一时期 GDP 由 81.13 亿元增加到 1 948.38 亿元,增加了 24 倍,人均耕地面积也由 1990 年的 0.152 hm² 增加到 2014 年的 0.194 hm²。社会经济不断发展,大量的荒地就会被开垦以满足人们物质文化和生活需要。(2) 人口增加。人口的增加是一种持续的外界压力,对耕地的数量变化起着双重作用。首先,人口增加会对生产与生活设施需求增多,大量的土地就会被占用;但是人口增加需要扩大耕地面积以保证人们正常的生活。塔里木河流域地域广阔,生活与生产建设面积占地较少,人口增加带动了耕地面积的扩大。1990 年,塔里木河流域总人口为 775.53 万,2014 年增加到 1 057.89 万。人口不断增加,大量的荒地开垦,以缓和人地矛盾。(3) 农业发展水平。农业的发展包括扩大规模和优化耕作结构。农民人均收入由 935.67 元增加到 5 918.19 元,增加了 6.3 倍;农业总产值更是增加了 10.8 倍。目前,农业经济的发展速度低于非农经济,但是发展势头良好,农民对物质文化的需求不断提高,对耕地的开垦与利用会变得更加重视。

3.3 耕地面积变化驱动因子的多元线性回归模型

表 1 中的指标体系中指出,6 个影响因子与耕地面积之间存在一定的关系。本研究利用多元线性回归建立耕地面积与影响因子之间的关系模型为:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6 \quad (2)$$

式中:Y——耕地面积; a_0 ——综合作用系数; a_1, \dots, a_6 ——变量; X_1, \dots, X_6 ——相关系数。利用 Excel 与 SPSS 16.0 统计软件进行多元线性回归分析(表 7—9),可得多元线性回归模型:

$$Y = 147.081 + 0.072X_1 - 0.009X_2 + 0.017X_3 - 0.046X_4 + 0.014X_5 - 0.861X_6$$

表 7 耕地变化多元线性回归分析结果

模型	复相关系数 R	判定系数 R ²	调整的判定系数 \bar{R}^2
1	0.980	0.960	0.945

表 8 耕地变化因子方差分析

变差来源	自由度	平方和	均方和	F 检验
回归分析	6	11 462.810	1 910.468	64.210
残差	16	476.058	29.754	
总计	22	11 938.860		

由表 7 可知, $R=0.980$, $R^2=0.960$, 调整后的 R^2 为 0.945, 检验效果显著, 6 个影响因子对耕地面积变化的解释能力达到 94.5%。将 1990—2014 年 6 个影响因子的相关数据代入所建立的回归模型, 即得

1990—2014 年塔里木河流域耕地面积变化的模拟值,将其与实际的耕地面积对比(图 4),并对两组数据进行卡方检验,表明模拟值与实测值之间没有显著差异($p>0.05$)。

表 9 耕地变化多元线性回归系数

模型参数	相关系数	标准误差	T 检验
a_0	147.081	44.488	3.306
a_1	0.072	0.057	1.250
a_2	-0.009	0.028	-0.326
a_3	0.017	0.130	0.129
a_4	-0.046	0.031	-1.487
a_5	0.014	0.005	2.558
a_6	-0.861	0.774	-1.113

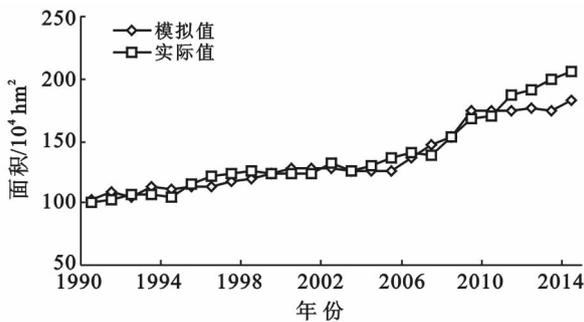


图 4 塔里木河流域 1990—2014 年耕地面积变化的实际值与模拟值

4 讨论与对策

(1) 塔里木河流域的耕地面积经历了缓慢增加—急剧增加—缓慢增加的变化过程,人均耕地面积呈现出缓慢减少—急剧增加—缓慢增加的变化趋势,2009—2014 年,人口增加较快,但耕地面积增加缓慢,使人均耕地面积增加不显著。耕地面积重心移动主要是由于塔里木河干流区域耕地面积增加,大量林地、草地、未利用地以及湿地等转化为耕地,以草地转化为耕地的面积最大;与此同时,上游区人口增加较快,一些耕地转化为居民用地或工地,导致上游地区耕地面积减少,因此耕地的面积和重心始终处于一个动态变化的过程中。因此,应在塔里木河干流区大力实施“造地增粮富民工程”,利用相关的农业技术提高单位面积粮食产量,减少对耕地的开垦面积;其次,对于塔里木河上游地区,在开展“造地增粮富民工程”的同时,相应控制塔里木河上游人口的增长速度,以保证塔里木河上游有限的耕地面积可以满足人民的生活需求。

(2) 本研究通过主成分分析,得出了影响耕地面积变化的主要因子为社会经济发展、人口增加、农业

发展水平 3 个方面,这与吴美琼等^[35]的研究结果相一致,表明东西部影响耕地面积变化的社会经济因素基本相同。另外,本研究建立了耕地面积与社会经济因素间的回归模型,并指出模拟值与实测值之间没有显著差异,此模型可以用来模拟本地区或相似区耕地面积变化趋势。由于耕地是农业发展的物质基础^[38],而塔里木河流域耕地盲目开垦严重^[39],为保证耕地质量并确保粮食安全,应在不占用土地或是少占用土地的前提下发展社会经济,积极推行生态农业建设,形成农业良性物质循环。

(3) 随着塔里木河流域的经济发展与人口增加,耕地资源面临着巨大挑战。在今后耕地利用中,强化科技因素、挖掘耕地潜力、提高耕地生产力与经济效益尤为重要;另外,在发展经济的同时,应注重生态环境的保护,使经济效益与生态效益并行发展。耕地变化的驱动因子是自然因素、经济因素和政策因素等的综合体,本文仅从经济因素方面对耕地变化的驱动因子进行了探讨,具有一定的局限性,在自然因素以及国家政策方面还需深入研究。另外,结合遥感影像和耕地动态变化模型研究耕地空间格局的变化特征,也是下一步需要深入研究方向。

5 结论

(1) 1990—2014 耕地的总面积增加了 1.04×10^6 hm^2 ,人均耕地面积增加了 0.063 hm^2 。

(2) 流域内耕地的重心总体上向东偏北方向移动了 61.10 km ,对耕地面积变化影响最大的为社会经济发展、人口增加、农业发展水平 3 个因素。

(3) 耕地面积与所选取的 6 个经济因素间存在多元线性关系($R^2=0.960$),1990—2014 年流域内的耕地面积的模拟值与实际值之间没有显著差异($p>0.05$)。

[参 考 文 献]

- [1] 许月卿,李秀彬. 河北省耕地数量动态变化及驱动因子分析[J]. 资源科学,2001,23(5):28-32.
- [2] 张军岩,贾绍凤,高婷. 石家庄城市化进程中的耕地变化[J]. 地理学报,2003,58(4):620-628.
- [3] Thomas W, Karl H E, Niels B S, et al. Linking pattern and process in cultural landscapes: A nempirical study based on spatially explicit indicators[J]. Land Use Policy, 2004,21(3):289-306.
- [4] 赵其国,周生路,吴绍华,等. 中国耕地资源变化及其可持续利用与保护对策[J]. 土壤学报,2006,43(4):662-672.
- [5] Carreno L, Frank F C, Viglizzo E F. Tradeoffs between

- economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 154(5): 68-77.
- [6] 周峰, 周颖. 江苏省锡山市耕地数量、质量变化影响因素分析[J]. *中国土地科学*, 2001, 15(4): 7-10.
- [7] Peng Errui, Wang Sui, Zhang Jiansheng, et al. Quantity and quality analysis of cultivated land in Shilin County [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2010, 25(4): 551-555.
- [8] Asma T I. Use of MERIS data to detect the impact of flood inundation on land cover changes in the Lake Chad Basin[D]. Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University, 2009.
- [9] Comber A, See L, Fritz S, et al. Using control data to determine the reliability of volunteered geographic information about land cover[J]. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 2013, 23(8): 37-48.
- [10] Strengers B, Leemans R, Eickhout B, et al. The land-use projections and resulting emissions in the IPCC SRES scenarios scenarios as simulated by the IMAGE2.2 model [J]. *Geojournal*, 2004, 61(4): 381-393.
- [11] Gijssman A J, Oberson A, Tiessen H, et al. Limited applicability of the CENTURY model to highly weathered tropical soils[J]. *Agronomy Journal*, 1996, 88(6): 894-903.
- [12] Braud I, Tilmant F, Samie R, et al. Assessment of the SiSPAT SVAT model for irrigation estimation in South-East France [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2013, 19(6): 747-756.
- [13] Oku E, Aiyelari E O A. Green technology for keeping soil-water-nutrient fluxes on cultivated steep land and climate change mitigation. [J]. *Journal of Agriculture & Environment for International Development*, 2014, 108(1): 104-109.
- [14] Cao Yinggui, Cheng Ye, Fu Meichen, et al. Analyses on cultivated land population carrying capacity based on weighted Markov chain[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 37(6): 96-104.
- [15] 林培, 程焯. “耕地总量动态平衡”政策内涵及实现途径[J]. *中国土地科学*, 2001, 15(3): 12-14.
- [16] 蔡银莺, 张安录. 耕地资源流失与经济的关系分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2005, 15(5): 52-57.
- [17] 张正栋. 35 a 来海南岛耕地变化与人口经济发展间的相关分析[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(5): 757-763.
- [18] 曹慧明. 松花江流域土地利用变化及其水环境效应研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.
- [19] 李涛, 廖和平. 基于系统平衡的耕地保有量预测研究: 以重庆市开县为例[C]//北京: 中国自然资源学会学术年会, 2010.
- [20] 瓦哈甫·哈力克, 海米提·依米提, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 绿洲耕地变化趋势及其驱动力: 塔里木盆地南部策勒绿洲为例[J]. *地理学报*, 2004, 59(4): 608-614.
- [21] 谭新平, 李春梅, 曹晓莉, 等. 塔里木河干流近 50 a 地表水资源利用问题评估[J]. *干旱区研究*, 2004, 21(3): 193-198.
- [22] 段建军, 王彦国, 王晓风, 等. 1957—2006 年塔里木河流域气候变化和人类活动对水资源和生态环境的影响[J]. *冰川冻土*, 2009, 31(5): 781-791.
- [23] 樊自立, 徐海量, 傅彦仪, 等. 塔里木河下游生态保护目标和措施[J]. *中国沙漠*, 2013, 33(4): 1191-1197.
- [24] 白元, 徐海量, 刘新华, 等. 塔里木河干流耕地动态变化及其景观格局[J]. *土壤学报*, 2013, 50(3): 492-500.
- [25] 孙美琴, 赵成义, 施枫芝, 等. 近 20 a 塔里木河干流区土地利用变化特征[J]. *干旱区研究*, 2013, 30(1): 16-21.
- [26] 闫正龙, 黄强, 畅建霞, 等. 基于 3S 技术的塔里木河干流土地利用动态监测[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(1): 190-193.
- [27] 贡璐, 吕光辉, 丁建丽, 等. 塔里木河上游土地利用变化中的生态价值损益分析[J]. *生态学杂志*, 2006, 25(5): 4136-4143.
- [28] 苏蕾蕾. 塔里木河中游土地利用变化及其生态环境效应[D]. 新疆乌鲁木齐: 新疆大学, 2011.
- [29] 黄钱, 赵智杰, 蒋末文. 塔里木河下游垦区土地利用/覆盖动态变化过程分析[J]. *干旱区地理*, 2006, 29(6): 894-901.
- [30] 祖木拉提·伊布拉音, 吐尔逊·哈斯木, 阿依先木·司马义, 等. 塔里木河干流土地利用变化及其生态环境效应分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(8): 29-35.
- [31] 满苏尔·沙比提, 努尔卡木里·玉素甫. 塔里木河流域绿洲耕地变化及其河流水文效应[J]. *地理研究*, 2010, 29(12): 2251-2260.
- [32] 王谦. 新疆农业气候资源的分析与评价[J]. *干旱地区农业研究*, 1992, 10(2): 91-97.
- [33] 周洪华. 塔里木河下游铁干里克绿洲水土生态安全及可持续性研究[D]. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 2009.
- [34] 谢雨初, 巩杰, 赵彩霞, 等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应: 以甘肃省金塔县为例[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(2): 165-170.
- [35] 吴美琼, 陈秀贵. 基于主成分分析法的钦州市耕地面积变化及其驱动力分析[J]. *地理科学*, 2014, 34(1): 54-59.