

黄土丘陵沟壑区耕地数量动态变化及其驱动力分析

——以吴起县为例

卞德鹏, 常庆瑞, 柳艺博, 段正松, 高 欣, 张铁婵

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 基于吴起县 1950~2005 年的统计和调查资料, 分析了吴起县 1950~2005 年 50 多年来耕地数量变化的过程, 利用主成分分析和多元线性回归方法初步探讨了 1990~2005 年间耕地数量变化的主要驱动因子。研究表明: 50 多年来, 吴起县耕地数量总体上经历了快速减少、震荡波动、急剧增加和持续缓慢减少四个阶段, 耕地总量减幅达 39.6%; 人均耕地面积减少 31.7%, 总体上呈明显的下降趋势; 社会经济发展、人口压力、农业科技进步和政策等因素构成了耕地数量变化的主要驱动因子。

关键词: 耕地数量; 驱动力; 主成分分析; 回归分析

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0245-04

耕地是人类赖以生存和发展的物质基础, 对耕地数量变化及其驱动机制的研究已经成为可持续发展领域的热点问题^[1]。黄土丘陵沟壑区是我国耕地变化最快的区域之一, 其中坡耕地占耕地面积的 70% 以上^[2], 生产力水平很低, 由于人类对坡耕地的掠夺式开发, 导致水土流失和土壤退化十分严重。因此, 加强对黄土丘陵沟壑区耕地动态变化及驱动因子的研究分析, 对实现该区耕地资源的合理利用和开发具有重要意义。

吴起县位于延安市西北部, 位于 107°38'37"~108°32'49"E、30°33'33"~37°24'27"N, 地处毛乌素沙地南缘农牧过渡地带, 地形地貌概况为“八川二涧两山区”, 属典型的黄土高原丘陵沟壑区, 全县 95.4% 的耕地是坡耕地。1998 年国家启动退耕还林还草、建设秀美山川的生态环境建设工程, 吴起县响应国家号召, 把保护耕地资源、改善生态环境、振兴农业和农村经济实现可持续发展作为农村经济的总目标, 在 2000 年被全国林业局确定为退耕还林还草重点示范县^[3]。

1 资料来源与研究方法

以土地系统理论为基础, 基于吴起县 1950~2005 年的统计和调查, 建立吴起县土地资源数据库, 全面分析吴起县 20 世纪 50 年代以来耕地随时间变化的规律, 并利用主成分分析和多元线性回归方法探讨分析吴起县耕地动态变化的驱动因子。

2 耕地数量的动态变化

2.1 耕地总量的动态变化

根据吴起县统计年鉴, 并结合实际调查, 20 世纪 50 年代以来, 吴起县耕地面积总体呈下降趋势 (见图 1), 其变化大致可以分为四个阶段: (1) 1950~1954 年, 耕地面积快速减少阶段。全县耕地面积由 33 240 hm² 减少到 26 533 hm², 4 年净减少耕地 6 707 hm², 减幅达 20.2%。这一时期经济增长迅速, 各项建设占用大量耕地, 农业用地向非农业用地转化迅速; (2) 1954~1959 年, 耕地总量呈波动趋势。1954~1957 年, 随着生产技术的进步和土地改革的完成, 农民的积极性极大提高, 耕地面积由 26 533 hm² 增加到 28 586 hm², 增幅达 7.73%。1957~1959 年耕地大幅度减少, 耕地面积由 28 586 hm² 减少到 24 993 hm², 减幅达 12.6%, 是吴起县耕地减少最急剧的阶段之一。这一时期耕地急剧减少的主要原因是受国家宏观政策的影响, 大量的耕地被撂荒或转化为其它土地利用方式; (3) 1959~1965 年, 耕地急剧增加阶段。1965 年耕地面积达到历史最高点 33 413 hm², 6 年净增耕地 8 420 hm², 增幅达 33.7%, 其中年均增加 1 403 hm²。这一时期水利条件得到较大的改善, 大量的荒地垦殖, 耕地面积得到较快增长; (4) 1965~2005 年, 除 1999 年耕地面积急剧减少以外, 其余年份耕地面积呈缓慢减少趋势。耕地面积由 1965 年的 33 413 hm² 减少到 2005 年的 20 090 hm², 减幅达 39.9%。1999 年吴起县认真贯彻

收稿日期: 2008-10-22; 修回日期: 2009-03-26

基金项目: 国家科技支撑计划 (2006BAD03A0308); 国家自然科学基金 (30872073); 西北农林科技大学 2006 年创新团队支持计划

作者简介: 卞德鹏 (1981—), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 主要研究方向为资源环境遥感监测与评估研究。E-mail: ythdp@163.com。

* 通讯作者: 常庆瑞 (1959—), 男, 教授, 博士生导师。

执行了国家退耕还林还草政策,耕地面积急剧减少,当年净减少 12 400 hm²,占 1965~2005 年耕地净减少量的 93.1%,是吴起县 50 年代以来耕地减少最急剧的阶段。

2.2 人均耕地动态变化

建国以来,由于人口的快速增长和耕地总量的波动减少,人均耕地面积除个别年份出现反弹回升外,总体呈明显的下降趋势(图 1)。

据统计,吴起县人均耕地面积从 1950 年的 0.861 hm² 减少到 2005 年人均耕地面积 0.157 hm²,55 年净减少 0.704 hm²,减幅达 81.7%,其减少强度远高于全国 50%的平均水平^[4]。

3 耕地动态变化驱动力分析

3.1 驱动因子确定

影响耕地面积变化的因子错综复杂,归纳起来有自然因素和社会经济因素两个方面,这些因子不仅与耕地数量之间存在着相关关系,而且相互之间还存在着耦合关系^[5]。根据主成分分析方法的思路和要求,以及吴起县现有资料,选择 1990~2005 年序列资料作为基础数据,从中选取 8 个影响因子:总人口 x_1 (人),GDP x_2 (万元),全社会固定资产投资

x_3 (万元),粮食单产 x_4 (kg/hm²),城市化水平 x_5 (%),第三产业产值 x_6 (万元),机械总动力 x_7 (kw),化肥施用量 x_8 (t),耕地面积 y (hm²)。应用社会统计分析软件 SPSS 对样本进行分析^[6],得出相关系数矩阵、特征值、主成分贡献率及累计贡献率(表 1、表 2)。

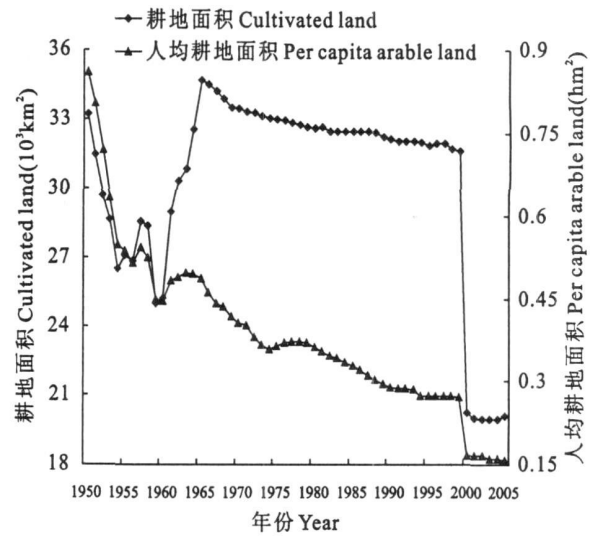


图 1 吴起县耕地和人均耕地面积变化
Fig.1 The changes of cultivated land in Wuqi country

表 1 耕地面积变化驱动力因子相关系数矩阵

Table 1 Matrices of the correlation of driving factors for the area change of cultivated land								
变量 Variable	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
x_1	1.000							
x_2	0.906	1.000						
x_3	0.805	0.967	1.000					
x_4	0.795	0.710	0.640	1.000				
x_5	0.960	0.907	0.804	0.777	1.000			
x_6	0.951	0.900	0.786	0.729	0.992	1.000		
x_7	0.864	0.879	0.845	0.659	0.916	0.901	1.000	
x_8	0.691	0.581	0.315	0.623	0.715	0.727	0.417	1.000

表 2 特征值和主成分贡献率

Table 2 Eigen values and contributions of the principal components			
主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	贡献率 Contribution rate	累计贡献率 Cumulative contribution rate
1	6.497	81.212	81.212
2	0.860	10.749	91.961
3	0.352	4.405	96.367
4	0.202	2.743	98.897
5	0.062	0.778	99.670
6	0.016	0.226	99.896
7	0.006	0.069	99.964
8	0.003	0.036	100.000

由表 1 可见,影响吴起县耕地面积变化的 8 个变量之间存在着不同程度的相关性,其中 x_1 和 x_5 , x_1 和 x_6 , x_2 和 x_3 , x_5 和 x_6 , x_5 和 x_7 之间有较大的相关性。由表 2 可见,前三个主成分的累计贡献率达 96.367%,表明这三个主成分已经基本包括了全部指标的具体信息,完全符合主成分分析的要求。通过进一步分析主成分载荷矩阵,发现每个变量的载荷都不小,而主成分二和三对每个变量的载荷都不大,为了使因子能够更好地解释变量,所以采用方差最大旋转法进行旋转,得到旋转后的主成分载荷矩阵(表 3)。

表 3 旋转后的主成分载荷矩阵

Table 3 Matrices of loads of principal rotated components

变量 Variable	第一主成分 The first principal component	第二主成分 The second principal component	第三主成分 The third principal component
x_1	0.670	0.766	0.324
x_2	0.886	0.283	0.303
x_3	0.919	0.051	0.312
x_4	0.415	0.385	0.820
x_5	0.467	0.673	0.285
x_6	0.807	0.494	0.214
x_7	0.640	0.263	0.697
x_8	0.167	0.481	0.712

由表 3 所示的旋转后的主成分载荷可知:第一主成分在 x_2, x_3, x_6 指标上载荷比较大,从而可以把第一主成分命名为社会经济发展因素;第二主成分在 x_1, x_5 指标上的载荷比较大,从而把第二主成分命名为人口压力;第三主成分在 x_4, x_7, x_8 指标上的载荷比较大,从而可以把第三主成分归因为农业科技进步。

3.2 驱动因子特征分析

3.2.1 社会经济发展因素 社会经济发展对耕地数量的变化有极为明显的驱动作用。近年来吴起县经济的快速发展,国民生产总值由 1990 年的 0.64 亿元增长到 2005 年的 21.1 亿元,增长了 31.9 倍;2005 全社会固定资产投资较 1990 年增长了 1 864 倍;第三产业产值增大了 21.1 倍。随着国家基础建设项目增加,城市化进程加快,工业经济的发展等,都要占用大量的耕地。

3.2.2 人口压力因素 人口对耕地数量的变化起双向调控作用,人口增长一方面需要占用更多的耕地来建设住房、发展生产、完善基础设施,另一方面又需要更多的粮食来保障人们的基本生活^[7]。1990~2005 年间,吴起县总人口增加了 13.3%;人均耕地面积由 0.288 hm² 下降到 0.157 hm²,减幅达 45.5%。随着人口的增加,人均耕地面积将会进一步减少,但粮食需求量却不断增长,人地矛盾将更加尖锐,耕地负荷将越来越重。此外,城市化发展水平对第二主成分影响显著,城市化水平由 1990 年的 8.33%提升到 2005 年的 14.17%,递增 70.1%,说明城市化的发展,农业人口向非农业人口的转移,城市化规模的扩大,也会促使耕地面积减少。

3.2.3 农业科技进步因素 从我国农业发展进程来看,科技进步是粮食产量提高的重要参数^[8]。20 世纪 50 年代以来,吴起县不断增加农业投入,改善

农业生产条件,如 2005 年的机械总动力为 68 882 kw,是 1990 年的 2.7 倍;化肥施用量由 1990 年的 5 153 t 增加到 2005 年的 13 488 t,增加了 1.6 倍;粮食单产由 1990 年的 1 808 kg/hm² 增加到 2005 年的 3 421 kg/hm²。粮食单产的提高缓解了人口与耕地的矛盾,同时,受利益驱动,人们开始转向经济效益更高的土地经营方式,使耕地面积进一步减少。

除以上三大主要驱动因子外,耕地数量的动态变化与国家的重大宏观政策相对应,特别是土地政策对耕地数量的变化起了重要推动作用,尽管耕地数量变化是社会长期经济因素作用的累计结果,但政策可以起到延缓或者加剧这一过程的作用。自 1998 年国家实施退耕还林(还草)政策以来,吴起县退耕还林面积开始剧增,1999 年耕地面积减少达 12 400 hm²,减幅达 38.3%,说明退耕还林是吴起县耕地减少的主要原因之一。

4 耕地变化驱动因子的多元线性回归分析

主成分分析方法在定性分析影响因子上比较有优势,但是并不能表现影响耕地数量变化的驱动力因子对耕地数量影响的定量程度。多元线性回归模型是解释土地覆被面积变化常用的一种系统分析模型,它通过对可能引起土地面积变化的各种驱动因子进行多变量分析建立数学模型,以便确定土地面积变化的原因^[9]。多元线性回归分析的基本原理是:设随机变量 y 与 m 个自变量 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 之间存在线性关系,则其回归模型为:

$$y=a+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_mx_m$$

利用 $n(i=1,2,\dots,n)$ 组观测值($x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi}, y_i$),根据最小二乘法原理求出上式中的待定系数 $a, b_1, b_2, \dots, b_m$ ^[10]。通过主成分分析得知,所选取的 8 个影响因子对耕地面积变化都有一定的相关性,经计算得出吴起县耕地面积变化与驱动因子的多元线性回归模型为:

$$y=25562.7-0.158x_1-0.084x_2+0.116x_3+1.746x_4+365701.6x_5-0.586x_6-0.433x_7+0.155x_8$$

此拟合方程的复相关系数为 0.979,在置信水平 $\alpha=0.01$ 下, $F=20.3$,通过检验。从回归方程可以看出,耕地面积与固定资产投资、粮食单产、城市化水平、化肥施用量成正比关系;与总人口数、国内生产总值、第三产业总值、机械化总动力成反比关系。回归系数的大小表示耕地面积对驱动因素的敏感程度,由回归方程可知,耕地面积对总人口数、城市化水平、第三产业产值、农业机械总动力较为敏

感,尤其是对城市化水平最为敏感。

5 结 语

20 世纪 50 年代以来,吴起县耕地面积总体呈下降趋势,全县耕地由 $33\,240\text{ hm}^2$ 减少到 $20\,090\text{ hm}^2$,净减少 $13\,150\text{ hm}^2$,减幅达 39.5%,其变化过程大致可以分为快速减少、震荡波动、急剧增加和持续缓慢减少四个阶段;人均耕地面积除个别年份出现反弹回升以外,总体上呈明显的下降趋势,人均耕地面积由 1950 年的 0.861 hm^2 减少到 2005 年的 0.157 hm^2 ,减幅达 81.7%,保护耕地资源已刻不容缓。

耕地变化的影响因子错综复杂,通过主成分分析和多元线性回归分析的方法,把影响吴起县耕地变化的 8 个因子进行了定性和定量的分析,将影响吴起耕地变化的因子归纳为社会经济发展、人口压力、农业科技进步和国家政策的影响。其中经济发展和人口增长是引起耕地面积变化的关键、持续的驱动因子;农业科技进步是缓解耕地面积减少、促进农民增收的重要驱动因子;国家的政策是耕地面积减少的主要驱动因子。

针对吴起县耕地现状,结合耕地变化的驱动因素,为切实保护耕地,实现耕地的可持续利用,提出以下耕地保护对策:健全基本农田保护制度,严格控制各项建设用地,保持耕地总量动态平衡;控制人口

增长,协调人地关系;加大科技投入,提高耕地生产力;利用 GIS、RS 技术对耕地资源进行动态监测。

参 考 文 献:

- [1] 张希彪,上官周平.陇东黄土高原耕地变化趋势及驱动因子分析[J].水土保持通报,2006,26(4):16—20.
- [2] 刘国彬,李 敏.西北黄土区水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008,6(1):16—21.
- [3] 贾晓娟,常庆瑞.黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效益评价[J].水土保持通报,2008,28(3):182—185.
- [4] 毕于运,郑振源.建国以来中国实有耕地面积增减变化分析[J].资源科学,2000,22(2):8—11.
- [5] 邵晓梅,杨勤业,张洪业.山东省耕地变化趋势及驱动力研究[J].地理研究,2001,20(3):298—306.
- [6] 李 竹,王龙昌.陕西省农业可持续发展能力主成分分析[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):180—183.
- [7] 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.
- [8] 濮励杰,周 峰,彭补拙.长江三角洲地区县域耕地变化驱动力要素研究——以原锡山市为例[J].南京大学学报(自然科学版),2002,38(6):779—785.
- [9] Lamb in E. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions[J]. Progress in physical Geography, 1997, 21(3): 375—393.
- [10] 任淑花,卢新卫.耕地资源与城市化发展的计量和协调性分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):171—174.

Analysis of dynamic changes and driving forces of area of cultivated land in Loess hilly-gully region ——A case study of Wuqi County

BIAN De-peng, CHANG Qing-rui, LIU Yi-bo, DUAN Zheng-song, GAO Xin, ZHANG Tie-chan
(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China)

Abstract: The paper analyzes the process of area changes of cultivated land based on the statistic and investigation data in Wuqi County from 1950 to 2005. It tries to find out the main driving factors on the changes using principal component analysis and multiple linear regressions. The research shows that the total area of arable land in Wuqi County was decreasing 39.6% in the past 50 years, through the four phases of sharp decreasing, fluctuating, sharp increasing and slow decreasing. There was also an obvious downtrend on the average per capita amount of arable land which decreased 81.7%. The changes were mainly influenced by socioeconomic development, population pressure, progress of agricultural science and policies, etc.

Keywords: area of cultivated land; driving force; method of principal component; regression analysis