

# 武汉市耕地资源的时空变化及驱动力分析

徐磊, 张忠, 师永强, 曹华玲, 高松峰

(1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北武汉 430074; 2. 襄樊学院外语系, 湖北襄樊 441053)

**摘要** 基于武汉市1997~2006年的统计数据,从耕地资源变化的时间特征和空间差异入手,分析了武汉市耕地资源变化的规律与趋势,并运用因子分析和多元线性回归相结合的方法,定量分析了该市耕地资源变化的驱动因素。结果表明,武汉市耕地资源变化的时空特征明显,耕地资源呈现出减少的总体趋势;人口增长、经济发展和农业科技进步是影响武汉市耕地资源数量变化的3类因素。研究结论对武汉市合理利用耕地资源,实现地区农业的可持续发展具有重要意义。

**关键词** 耕地; 驱动因子; 因子分析; 多元线性回归; 武汉市

中图分类号 F301.21 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)16-06684-03

## Analysis of Spatio-temporal Change of Arable Land Resource and Driving force in Wuhan City

XU Lei et al (Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074)

**Abstract** According to the statistical data from 1997 to 2006, the trend and law of arable land change, especially for the temporal and the spatial difference, were analyzed. As a result of the factor analysis and multiple linear regression, the main driving force of arable land change were discussed. The results showed that the spatio-temporal features of arable land change in Wuhan were notable, and the arable land decreased year by year. The population growth, economic development and progress of science and technology in agriculture were the three factors which affected the arable land change in Wuhan city. The analytical conclusions would help people make good use of arable land resources and provide scientific basic for sustainable agriculture development in Wuhan city.

**Key words** Arable land; Driving force; Factor analysis; Multiple linear regression; Wuhan city

土地利用/覆盖变化(Land use and land cover change, LUC)已经成为人类活动对环境变化影响研究的重要组成部分,而作为土地利用/覆盖变化之一的有限耕地资源在工业化过程中的丧失对地球生命支撑系统的威胁更为直接<sup>[1]</sup>。随着中国人口的增长、工业化进程的加快和城市化水平的不断提高,以建设用地为代表的非农业用地在土地总量中的比例不断升高,耕地资源的数量呈现出减少的趋势,这势必对我国的可持续发展构成威胁。因此,研究耕地资源的变化特征与趋势,分析耕地资源变化的驱动力,对我国合理利用和保护耕地资源,保持耕地总量动态平衡具有重要的现实意义。在耕地资源的变化特征与趋势研究方面,邵晓梅等在分析山东省50年代以来耕地数量变化的时间特征和区域差异的基础上,通过建立多元线性回归模型,预测了该区耕地数量变化的趋势<sup>[2]</sup>。在耕地数量变化的驱动力方面,吴业等利用主成分分析和多元线性回归相结合的方法,定量分析了江苏省苏州市初级生产阶段和工业化阶段耕地面积变化的驱动因子<sup>[3]</sup>。这些研究为进一步研究耕地资源的动态变化,分析其驱动机制奠定了理论与方法基础。

武汉市是湖北省的省会,位于中国腹地中心,处于长江与汉江的交汇处,经济发展迅速,已经成为我国中部地区的特大城市,以其为核心、约100 km半径范围形成的武汉城市圈,在我国“中部崛起”战略中发挥着巨大的带动作用<sup>[4]</sup>。随着武汉市人口的增长和经济发展步伐的加快,耕地资源日趋紧张,2006年武汉市的人均耕地面积为0.025 hm<sup>2</sup>,严重低于联合国粮农组织确定的人均耕地占有量0.053 hm<sup>2</sup>的警戒线,人地矛盾突出,合理利用与保护耕地资源成为武汉市实现农业可持续发展的关键问题。笔者根据武汉市的相关资料,研究了其耕地资源的时空变化规律,定量分析了耕地数量变化的驱动机制。

## 1 研究方法与资料获取

**1.1 研究方法** 根据武汉市1997~2006年的统计数据,首先分析武汉市10年间耕地资源数量变化的时空特征及趋势,在此基础上运用因子分析的数学方法诊断武汉市耕地数量变化的驱动因素,并通过建立多元线性回归模型,探求耕地数量变化与其驱动因子之间的数量关系。

**1.2 资料获取** 数据资料来源于《武汉统计年鉴》,并以《武汉年鉴》和《武汉市规划国土年鉴》作为参考。

## 2 耕地资源变化的时空特征分析

**2.1 耕地资源变化的时间特征分析** 1997~2006年间,武汉市的耕地资源在数量上发生了较大的变化。耕地总面积减少了16 450 hm<sup>2</sup>,年均减少率为0.74%;人均耕地面积由0.031 hm<sup>2</sup>减少到0.025 hm<sup>2</sup>,年均减少率为1.81%。从耕地数量的变化过程看,人均耕地面积呈逐年下降的趋势,而耕地总面积的总体趋势是减少的,但其间出现波动(图1)。由图1可见,2003年之前耕地总面积的减幅较为平缓,耕地资源减少的主要去向为建设占用和农业结构调整;2003年耕地总面积出现急剧下降,主要是由于大量的耕地转为建设用地、园地、林地和其他农用地;2003年之后耕地总面积略有增加,主要是由于未利用地被开发为耕地,但是随着武汉市城市建设步伐的加快和农业结构调整

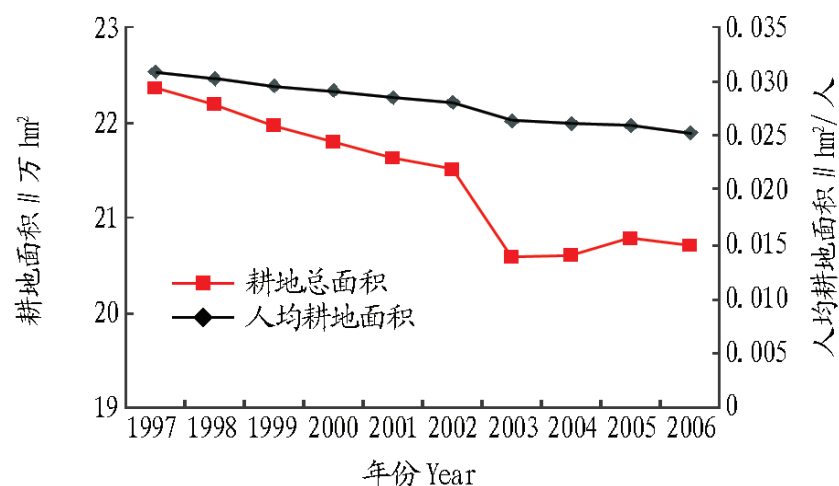


图1 武汉市1997~2006年耕地数量的动态变化

Fig.1 Dynamic changes of farmland in Wuhan City from 1997 to 2006

**作者简介** 徐磊(1983-),男,江苏连云港人,硕士研究生,研究方向:资源环境监测技术。

收稿日期 2008-03-21

力度的加大,耕地资源的总量仍在减少。

**2.2 耕地资源变化的空间特征分析** 由于自然条件和发展程度的不同,加上历史原因,武汉市所辖各区的耕地数量变化呈现出较大的差异。为了揭示武汉市耕地资源变化的空间差异特征,该研究引入相对变化率这一概念,相对变化率可以较好地表示某一土地利用类型变化的区域差异,朱会义等已经给出其模型形式<sup>[5]</sup>,笔者结合分析的需要,对模型做相应变换后表示如下:

$$R = [(K_{a2} - K_{a1}) \times C_{a1}] / [K_{a1} \times |C_{a2} - C_{a1}|] \times 1.5$$

式中,  $K_{a1}$ 、 $K_{a2}$  分别代表研究区内局部区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积;  $C_{a1}$ 、 $C_{a2}$  分别代表整个研究区同一土地利用类型研究期初及研究期末的面积。

根据以上模型计算武汉市所辖各区1997~2006年耕地资源的相对变化率(图2),计算结果中包含的符号表示变化的方向,即正号表示增加,负号表示减少。从图2可知,武汉市所辖各区中除汉阳区的耕地数量略有增加外,其余各区的耕地数量均呈减少趋势,耕地数量总体在减少,耕地保护的形势严峻。对于耕地数量减少的区,根据相对变化率对其耕地减少的幅度做出如下分级:  $|R| < 0.5$ , 表示该区耕地的减少幅度较小;  $0.5 < |R| < 1.5$ , 表示该区耕地的减少幅度较大;  $|R| > 1.5$ , 表示该区耕地的减少幅度大。根据以上分级标准,减少区中耕地减少幅度较大的区依次为武昌区、江汉区、青山区、硚口区和江岸区,特别是武昌和江汉两区  $|R|$  的值均大于2,这是由于以上地区的城市化水平较高,人口密度较大,经济的投入量较大,建设用地远高于全市平均水平的缘故。其余7个减少区耕地的减少幅度均较小,同以上耕地减少幅度较大的辖区类相比,这类地区的经济发展较慢,城市化水平较低,农业比重相对较大。由此可见,武汉市耕地资源减少的空间差异呈现出经济发展较快的地区同耕地减少程度较高的地区相对应的关系。

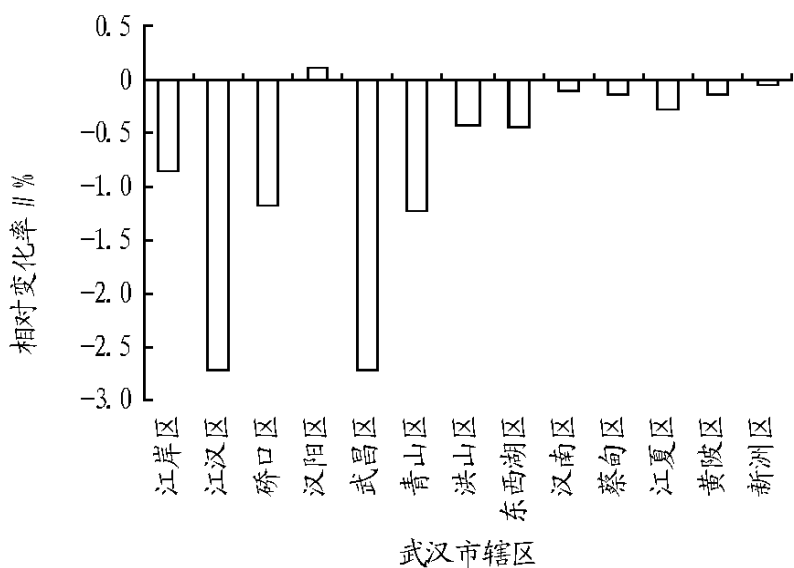


图2 1997~2006年武汉市辖区耕地面积的相对变化率

Fig 2 Relative change rate of farmland area in each borough of Wuhan City from 1997 to 2006

### 3 耕地资源变化的驱动力分析

**3.1 耕地变化驱动力的因子分析** 影响耕地面积变化的因子包括自然因素和社会经济因素两个方面,这些因子不仅与因变量——耕地面积之间存在相关关系,而且相互之间耦合关联<sup>[6]</sup>。如果对其进行相关分析,势必会使问题复杂化,容易产生一定的误差,而多元统计分析中的因子分析法可以将具有错综复杂关系的变量综合为数量较少的几个公共因子,

并根据不同的公共因子对变量进行分类<sup>[7]</sup>。因此,笔者采用因子分析的数学方法分析影响武汉市耕地数量变化的驱动因素。在较短的时间尺度内,土地利用变化往往以社会经济因素(人文驱动力)的影响为主,笔者主要分析社会经济因素对武汉市耕地数量变化的影响。

根据因子分析的基本思想,同时结合武汉市的具体情况,以1997~2006年的序列数据为基础数据,从其中选取7个影响因子:  $X_1$ —总人口数(万人)、 $X_2$ —GDP(亿元)、 $X_3$ —全社会固定资产投资额(亿元)、 $X_4$ —粮食单产( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )、 $X_5$ —第三产业产值(亿元)、 $X_6$ —非农业人口数(万人)、 $X_7$ —工业总产值(亿元),以上7个因子为自变量进行因子分析。由于以上变量的量纲各不相同,必须对其进行标准化处理,标准化公式为:

$$X_i = [X_i - \min(X_i)] / [\max(X_i) - \min(X_i)]$$

式中,  $X_i$  为无量纲数据;  $X_i$  为第  $i$  个变量的某年度数据;  $\max(X_i)$  为第  $i$  个变量的最大值;  $\min(X_i)$  为第  $i$  个变量的最小值。

将标准化后的数据应用多元统计分析软件SPSS 13.0进行因子分析,得出其相关系数矩阵、特征值、方差贡献率及累计贡献率(表1、2)。

由表1可知,7个变量即影响耕地数量变化的7个因子之间存在着较高相关性,其中  $X_1$  与  $X_6$  之间、 $X_2$  与  $X_5$  之间、 $X_3$  与  $X_7$  之间皆具有高度的相关性,相关系数分别是0.994、0.999和0.982,这充分说明运用因子分析法进行分析的必要性。由表2可知,前3个特征值的累计贡献率已达99.903%,进一步的分析即得到因子载荷矩阵(表3),由表3可知,第一个公共因子在变量  $X_1$ 、 $X_6$ 、 $X_5$ 、 $X_2$ 、 $X_7$ 、 $X_3$  有较大的载荷,第二个公共因子在变量  $X_4$  有较大的载荷,根据因子载荷的意义可以归纳得出:人口增长、经济发展和农业科技进步是影响武汉市耕地资源数量变化的3类驱动因素。

表1 武汉市耕地数量变化驱动力变量的相关系数矩阵

Table 1 Correlation matrix of driving forces variables of farmland change in wuhan city

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
$X_1$	1.000						
$X_2$	0.986	1.000					
$X_3$	0.938	0.982	1.000				
$X_4$	0.562	0.654	0.727	1.000			
$X_5$	0.992	0.999	0.972	0.642	1.000		
$X_6$	0.994	0.996	0.963	0.607	0.997	1.000	
$X_7$	0.981	0.997	0.982	0.651	0.996	0.993	1.000

表2 特征值和方差贡献率

Table 2 Eigenvalues and contribution rate of variance

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalues	方差贡献率 % Contribution rate of variance	累计贡献率 % Accumulative contri- bution rate
1	6.380	91.148	91.148
2	0.573	8.181	99.329
3	0.040	0.574	99.903
4	0.004	0.061	99.964
5	0.002	0.030	99.994
6	0	0.005	99.999
7	7.15E005	0.001	100

**3.1.1 人口增长对耕地变化的影响。** 人口是构成第一个公

共因子的主要指标,人口增长越快,土地利用变化越快。随着武汉市人口数量的增加,耕地资源日益减少,人口对耕地减少的作用机制通过建设占用实现,一方面人口的增长使城市住房面积即居住面积日益增加,另一方面人口中非农业人口的增加必然使第三产业用地不断扩张。武汉市1997~2006年的人口数量由723.90万人增加到818.84万人,净增人口94.94万人,增长率为13.12%,同期的城市建成区由202.00 km<sup>2</sup>增加到222.22 km<sup>2</sup>,增加了10.00%,二者之间的相关系数高达0.984,而耕地总面积和人均耕地面积均呈现出下降的趋势,特别是人均耕地面积已经低于联合国粮农组织确定的警戒线。食物是人类生存的最基本要素,土地是食物生产的最终源泉<sup>[8]</sup>,随着武汉市人口数量的进一步增加,耕地资源面临的压力愈来愈烈,将直接关系到武汉市的生存安全。

表3 因子载荷矩阵

Table 3 The matrix of factor loading

影响因子	公共因子1	公共因子2	公共因子3
Influencing factors	Commonfactor 1	Commonfactor 2	Commonfactor 3
X <sub>1</sub>	0.963	0.264	-0.049
X <sub>2</sub>	0.926	0.372	0.069
X <sub>3</sub>	0.855	0.470	0.216
X <sub>4</sub>	0.325	0.945	0.019
X <sub>5</sub>	0.933	0.357	0.026
X <sub>6</sub>	0.948	0.315	0.023
X <sub>7</sub>	0.923	0.369	0.094

**3.1.2 经济发展对耕地变化的影响。**构成第一个公共因子的另一个主要指标是经济发展,其主要由全社会固定资产投资来决定。与固定资产投资关系最为密切的是非农建设占用耕地,武汉市1997~2006年间全社会固定资产投资额由408.17亿元增长到1325.28亿元,年均增长率为22.46%,城市基础设施的建设力度加大,城市建设面积不断扩展,城市建设水平的提高必然导致耕地资源甚至是优质耕地资源被大量地占用,耕地数量进一步减少。通过计算,得出武汉市1997~2006年间全社会固定资产投资额与耕地数量之间的相关系数为-0.78,表明二者呈高度负相关。构成经济发展指标的另外3个变量是GDP、工业总产值和第三产业产值,它们以全社会固定资产投资为基础,而且第二、三产业的发展必然会占用一定数量的耕地,从而充分证明经济发展是武汉市耕地资源数量变化的一类主要驱动因素。

**3.1.3 农业科技进步对耕地变化的影响。**第二个公共因子由粮食单产一个单因子主导,科学技术的进步是粮食单产得以提高的主要原因,因此这一指标被命名为农业科技进步。武汉市1997~2006年间在增加农业投入的同时,兴修水利,改造农田,农业的机械化水平不断提高,化肥与农药的施用方法不断改进,农业生产条件得到明显改善,2006年武汉市的农业机械总动力为1859800 KW,同1997年相比增长了27.60%,化肥的施用量10年间增长了11.10%,粮食单产则由1997年的5296 kg/hm<sup>2</sup>增长到2006年的5709 kg/hm<sup>2</sup>,粮食单产的不断提高,使得人们开始寻找新的增加收入的土地经营方式,必将引起农业生产结构的调整,耕地面积进一步减少。

**3.2 耕地变化驱动因子多元线性回归模型的建立**在多要素的地理系统中,多个要素之间存在着相互影响、相互关联的情况,多元线性回归模型的建立可以将地理要素之间的关

系用一定的函数形式予以近似地表达<sup>[9]</sup>,此模型是解释土地覆被变化常用的一种系统分析模型,该模型要求某一地区、某一时段内的土地利用/覆被变化(因变量)与其驱动因子(自变量)之间存在着线性关系<sup>[10]</sup>。模型的表达式为:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + \dots + B_k X_k$$

式中,  $Y$  为因变量;  $X_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots, k)$  为自变量,  $B_0$  为常数;  $B_i (i = 1, 2, 3, 4, \dots, k)$  为偏回归系数,利用  $n$  组观测值  $X_{1p}, X_{2p}, X_{3p}, X_{4p}, \dots, X_{kp}, Y_p (P = 1, 2, 3, 4, \dots, n)$ , 根据最小二乘法原理即可求出上式中的回归系数  $B_0, B_1, B_2, B_3, B_4, \dots, B_k$ 。通过相关分析和因子分析得出,该研究所选取的7个影响因子同耕地面积变化之间具有一定的相关性,计算后得出武汉市的耕地面积变化与驱动因子的多元线性回归模型为:

$$Y = 0.993 - 1.046 X_1 - 2.252 X_2 + 2.248 X_3 - 0.149 X_4 + 6.146 X_5 - 3.138 X_6 - 2.709 X_7$$

式中,  $Y$  为武汉市的耕地总面积(hm<sup>2</sup>),  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$  的含义及量纲同上。

#### 4 结论

武汉市1997~2006年间耕地资源的数量变化总体上呈现出减少的趋势,且时间特征与空间特征显著。从耕地数量的变化过程看,武汉市耕地总面积的总体趋势是减少的,但其间出现波动,而人均耕地面积呈逐年下降的趋势;从耕地数量变化的空间差异上看,武汉市耕地资源的变化呈现出经济发展较快的地区同耕地减少程度较高的地区相对应的关系。

影响耕地数量变化的因子错综复杂,结合武汉市的具体情况,笔者运用因子分析的数学方法,将武汉市耕地资源数量变化的驱动因子归纳为人口增长、经济发展和农业科技进步3类因素,并通过建立多元线性回归模型,将耕地数量变化与其驱动因子之间的关系进行定量表达。耕地是农业生产的物质基础,在未来的一段时间内,随着武汉市人口的增加、经济发展步伐的加快以及由经济发展带来的科学技术的进步,耕地资源面临的压力将越来越大,因此,分析武汉市耕地数量变化的规律与趋势,探讨其驱动机制,对武汉市合理利用与保护耕地资源,实现地区农业的可持续发展具有重要的现实意义。

#### 参考文献

- [1] 李秀彬. 中国近20年来耕地面积的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 329-333.
- [2] 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.
- [3] 吴业, 杨桂山, 万荣荣, 等. 苏州市耕地面积变化的社会经济驱动力差异性分析[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(2): 75-79.
- [4] 高松峰, 刘春国, 陈旭, 等. 亚圈层多核联动—武汉城市圈经济一体化空间组织的新模式[J]. 统计与决策, 2007(23): 123-126.
- [5] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
- [6] 蒋贵彦, 刘峰贵. 青海省近50年耕地资源变化及驱动力研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 71-74.
- [7] 于秀林, 任雪松. 多元统计分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999: 171-172.
- [8] 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.
- [9] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 59-62.
- [10] 汪朝辉, 王克林, 熊艳, 等. 湖南省耕地动态变化及驱动力研究[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(1): 53-59.