新疆于田县 25 年来耕地变化驱动因子定量分析及气候响应

韩春光[1,2],塔西甫拉提·特依拜[1,2],蒲云锦[3],刘海涛[4]

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院,乌鲁木齐 830046;2. 绿洲生态重点实验室,乌鲁木齐 830046;3. 新疆石河子气象局,新疆 石河子 832000;4. 新疆和田气象局,新疆 和田 848000)

摘　要:耕地作为最基本的自然资源,其数量和质量的变化直接关系到粮食安全与人类的生存,是土地可持续利用研究的重要方面之一。使用于田县 1979－2004 年的社会经济统计资料和气象资料,选取 15 个人为和自然因子进行主成分分析并建立耕地动态变化的多元回归模型。结果表明:影响于田县耕地变化的主要因素是人为因素,总人口变化贡献率最大,而自然因素影响不大。虽然气候对耕地面积变化影响不大,但耕地面积变化对气候有一定影响。随着于田耕地面积的增大在一定程度上促使于田县年蒸发量和年均风速减小,进而改善于田县恶劣的自然环境。

关键词:于田;耕地;驱动力;主成分分析

中图分类号:F301.24　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1005-3409(2009)02-0077-05

The Quantitative Analysis on the Driving Force and Weather Response of Farmland Change in the Last 25 Years in Yutian, Xinjiang

HAN Chun-guang[1,2], TASHPOLAT · Tiyip[1,2], PU Yun-jin[3], LIU Hai-tao[4]

(1. *Xinjiang University of Resources and Environmental Sciences*, *Urumqi* 830046, *China*; 2. *Key Laboratory of Oasis Ecology*, *Urumqi* 830046, *China*; 3. *Shihezi Meteorological Bureau*, *Shihezi*, *Xinjiang* 832000, *China*; 4. *Hotan Meteorological Bureau*, *Hotan*, *Xinjiang* 848000, *China*)

Abstract: The farmland is the most basic natural resources. Its amount and quality relates to the food safety and the life of mankind directly, which is one of the important aspects of keeping a sustainable land development. This paper used the data of social economy statistics and weather during 1979－2004 in Yutian County, carried on principal components analysis by selecting 15 artificial and natural factors and diverse return model of dynamic farmland. The results indicate that the main factor which influences farmland is artificial factor. The changes of total population is the biggest contribution rate and the influence of natural factor is smaller. Although the change of weather doesn't influence on the farmland area greatly, farmland area have certain influence on the weather. With the increase of annual precipitation and the decline of average evaporation and average wind speed by the increase of farmland area, bad natural environment is improved in Yutian County.

Key words: Yutian; farmland; driving forces; principal components analysis

"土地利用/土地覆被变化研究(LUCLC)"是国际全球变化研究的核心计划 在"国际地圈与生物圈计划"(IGBP)和"全球环境变化人文计划"(IHDP)的共同推动下,有关土地利用/土地覆被(LUCC)的研究已成为当前全球环境变化研究领域的核心内容之一[1]。土地利用/土地覆被变化(LUCC)既受水文、气候等自然因素的影响,又受到社会、经济、技术、政策等人为因素的影响。同时土地利用/土地覆被变化反过来又影响着全球气候变化及人类社会的发展。因此,作为自然与人文过程

收稿日期:2008-05-15

基金项目:国家自然科学基金项目(40261006);新疆自治区高校科研计划项目(XJEDU2004I06, XJEDU2005I07);绿洲生态教育部重点实验室开放课题(XJDX0201－2007－03);新疆大学青年教师科研启动基金资助(QN070122)

作者简介:韩春光(1974－),男,新疆石河子人,硕士研究生,主要从事干旱区资源环境及遥感应用研究。E-mail:360273284@QQ.com

通信作者:塔西甫拉提·特依拜(1958－),男,维吾尔族,博士,教授,博士生导师,现从事遥感技术及其应用研究。E-mail:Tash@xju.edu.cn

交叉最为密切的土地利用/土地覆被变化，成为全球变化研究的焦点问题。其中土地利用变化的驱动力及其驱动机制研究是其中的关键和核心。因此，深入分析土地利用变化的自然及人为驱动力是认识土地利用/土地覆被变化规律、预测未来土地利用变化趋势和制定土地可持续利用决策的基础。新疆属于典型的干旱地区，绿洲面积仅占全疆总面积的8.89%，但是却集中了90%以上的人口和绝大多数的社会经济活动，属于典型的绿洲经济。新疆独特的自然地理环境，吸引国内一些学者相继对新疆绿洲的LUCC发展变化以及如何有效维持绿洲稳定性等作了研究，如塔西·甫拉提运用遥感技术研究了塔里木盆地南缘绿洲荒漠交错带的环境变迁问题，提出了绿洲荒漠交错带的数量界定方法，摸清了交错带自然资源的数量及其分布变化规律[2]；赵睿对中国西部干旱区LUCC空间影响因子的合理性进行了验证[3-12]等。正是在这种背景下，选取新疆干旱区典型绿洲于田县，对影响其耕地变化的自然和人为驱动因子进行定量分析，对耕地变化和气候的响应进行定性的分析。

1 研究区概况

于田绿洲位居塔里木盆地克里雅河流域，面积3.95×10^4 km²，最高海拔5 460 m，最低海拔1 180 m。属暖温带内陆干旱荒漠气候，降水稀少，蒸发量大，热量与光照丰富。天然植被以芦苇、柽柳、胡杨、骆驼刺为主。季节性河流克里雅河源于昆仑山麓，流经于田绿洲消失在塔克拉玛干沙漠腹地。于田县几乎没有工业，农业以种植业为主，农作物种类主要有棉花、小麦、水稻、葡萄等，畜牧业以家庭小规模圈养为主。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文所用统计数据主要来源于《于田县志》、《和田地区五十五年》、于田县气象局等统计资料。

2.2 研究方法

(1)耕地变化驱动因素采用主成分分析和相关关系分析。人为驱动因素选取总人口(人)、GDP(万元)、全社会固定资产投资(万元)、粮食单产(kg/hm²)、农业机械总动力(万kW)、社会消费品零售总额(万元)、农业总产值(万元)、农民人均纯收入(元)和化肥施用量(t)9个因素。自然驱动因素选取年均气温(℃)、年降水量(mm)、年蒸发量(mm)、日照(h)、年平均风速(m/s)、大风天数(d)6个因素。

(2)采用多元线性回归模型建立于田县耕地动态变化的回归模型。

(3)对于田县25 a气候进行趋势分析，定性地分析了耕地面积变化与气候的响应关系。

3 耕地面积变化

于田县1949—2004年耕地面积变化过程总的来说是增长的[13]，增长率是58.443 hm²/a，分4个阶段进行分析(图1)：

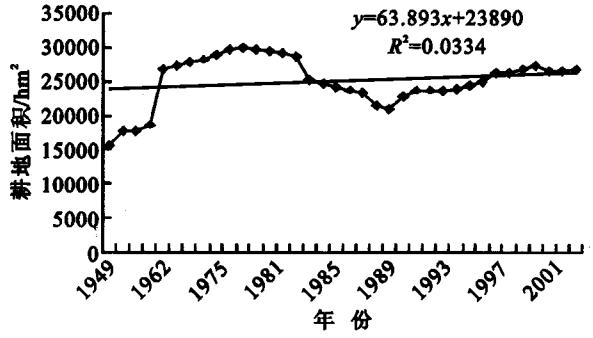

图1 于田县1949—2004年耕地面积变化

(1)1949—1962年，全县耕地面积呈快速增长趋势。净增耕地面积11 066 hm²，平均年增长851.23 hm²，尤其是1957—1962年，年增长达1 648 hm²。这一时期为解放后的经济恢复时期，由于当时的土地改革运动，极大的调动了广大农民的生产积极性，耕地面积迅速扩大。(2)1963—1979年，全县耕地面积呈平缓增长趋势。实行“以粮为纲”的方针，平均年增加耕地161.69 hm²，至1979年达到全县历史最高水平29 980 hm²。(3)1980—1990年，全县耕地面积持续下降。耕地面积总计减少了8 860 hm²。年均减少约886 hm²。原因是改革开放后，乡镇企业迅速发展，至1988年全县乡镇企业达1 661个，大量耕地被占用。(4)1991—2004年，全县耕地面积曲线呈波浪状上升趋势。至2004年，耕地面积回升到26 810 hm²，净增加5 783 hm²，年均增加444.85 hm²。这一时期正处于计划经济向市场经济转型的时期，该县加大了耕地保护力度，强化了土地产权管理，扭转了耕地面积连续10 a下降的趋势。

4 耕地变化的驱动因子定量分析

4.1 驱动因子主成分分析及相关分析

影响耕地变化的驱动力因子可以分为自然和社会驱动因子，因素错综复杂，相互之间不仅存在着相关关系，而且耦合关联。采用单一的相关分析，存在着一定的误差冗余。主成分分析可以将若干自变量压缩成少数几个独立成分，以此来减弱自变量之间的相互干扰。因此，主成分分析方法比较适合分析

耕地数量变化的驱动力[4]。

以耕地面积(hm^2)为因变量，选择 1979－2004 年统计序列资料作为基础数据，选择 15 个影响因子：x_1－总人口(人)、x_2－GDP(万元)、x_3－全社会固定资产投资(万元)、x_4－粮食单产(kg/hm^2)、x_5－农业机械总动力(万 kW)、x_6－社会消费品零售总额(万元)、x_7－农业总产值(万元)、x_8－农民人均纯收入(元)、x_9－化肥施用量(t)、x_{10}－年均气温(℃)、x_{11}－年降水量(mm)、x_{12}－年蒸发量(mm)、x_{13}－日照(h)、x_{14}－年平均风速(m/s)、x_{15}－大风天数(d)为自变量。运用统计软件 SPSS 对样本进行分析计算，由于不同指标单位各不相同，为了消除量纲的影响，先对所选数据做指标标准化处理：$X_i^* = (X_i - \overline{X}) / \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}$，式中：$X_i^*$——指标标准化值；$X_i$——指标初始值；$\overline{X}$——指标初始平均值；$N$——指标数。得出相关系数矩阵(表 1)，在影响耕地数量的 15 个因子中存在着不同程度的相关性，其中 x_1 与 x_2、x_4、x_6、x_8 都存在着很强的相关性，其相关系数均达到了 0.9 以上，也就是说从直观上不能判断哪些变量有密切关系，这说明了进行主成分分析的必要性。

表 1　耕地变化驱动力变量相关系数矩阵

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
x_1	1.000														
x_2	0.942	1.000													
x_3	0.716	0.628	1.000												
x_4	0.982	0.962	0.671	1.000											
x_5	0.802	0.725	0.799	0.762	1.000										
x_6	0.946	0.910	0.698	0.955	0.790	1.000									
x_7	0.730	0.680	0.682	0.692	0.857	0.630	1.000								
x_8	0.981	0.942	0.778	0.957	0.819	0.929	0.766	1.000							
x_9	0.763	0.714	0.322	0.781	0.395	0.730	0.413	0.701	1.000						
x_{10}	0.501	0.355	0.652	0.401	0.479	0.426	0.405	0.577	0.264	1.000					
x_{11}	0.072	0.127	0.089	0.125	0.236	0.120	0.064	0.025	0.006	−0.367	1.000				
x_{12}	−0.460	−0.471	−0.719	−0.461	−0.688	−0.483	−0.465	−0.506	0.069	−0.243	−0.465	1.000			
x_{13}	−0.104	−0.127	0.179	−0.163	−0.096	−0.144	−0.018	−0.006	−0.048	0.385	−0.190	0.067	1.000		
x_{14}	−0.444	−0.603	−0.045	−0.566	−0.161	−0.470	−0.116	−0.413	−0.479	0.172	−0.293	0.260	0.229	1.000	
x_{15}	0.153	0.216	0.320	0.154	0.163	0.201	0.076	0.202	−0.065	0.101	−0.018	−0.214	−0.057	0.115	1.000

表 2　主成分特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	8.017	53.445	53.445
2	2.067	13.783	67.228
3	1.679	11.194	78.422
4	1.026	6.842	85.264
5	0.805	5.369	90.633
6	0.532	3.550	94.183
7	0.388	2.590	96.772
8	0.173	1.153	97.926
9	0.125	0.836	98.762
10	0.084	0.559	99.321
11	0.041	0.274	99.595
12	0.027	0.180	99.774
13	0.021	0.141	99.915
14	0.010	0.067	99.983
15	0.003	0.017	100.000

表 2 得出主成分特征值、贡献率与累计贡献率。前四个特征根大于 1 的主成分其累计贡献率已达 85.264%，对大多数的数据已经做了充分的概括，完全符合分析要求[14]。它们是总人口、GDP、全社会固定资产投资、粮食单产，都是社会驱动因素，和人类活动相比，气候因素对耕地的影响很小。贡献率最大的是年均气温，也仅有 0.559%，可以忽略。充分说明人为因素对耕地变化影响占主导地位，自然气候因素对耕地变化影响很弱。

进一步得出主成分载荷矩阵(表 3)，主成分载荷描述的是主成分与变量之间的相关系数。x_1、x_2、x_4、x_6、x_8 与主成分 1 有很大的相关性，，它们分别是总人口、GDP、粮食单产、社会消费品零售总额、农民人均纯收入等社会因素。而气候因素和 4 个主成分相关性都不大。

表3 主成分载荷矩阵

	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
x_1	0.976	−0.048	0.150	0.033
x_2	0.941	−0.189	0.111	0.081
x_3	0.808	0.420	−0.277	−0.039
x_4	0.967	−0.177	0.144	0.048
x_5	0.875	0.142	−0.288	−0.084
x_6	0.947	−0.108	0.091	0.085
x_7	0.786	0.179	−0.103	−0.111
x_8	0.983	0.064	0.116	0.023
x_9	0.681	−0.262	0.570	−0.025
x_{10}	0.518	0.705	0.206	−0.092
x_{11}	0.143	−0.512	−0.637	−0.305
x_{12}	−0.592	−0.042	0.712	0.160
x_{13}	−0.070	0.617	0.177	−0.453
x_{14}	−0.441	0.703	−0.141	0.129
x_{15}	0.205	0.224	−0.318	0.799

4.2 耕地数量变化驱动因子的多元线性回归模型

多元线性回归模型是解释土地覆被变化常用的一种系统分析模型。该模型要求在某一地区、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)之间存在线性关系,通过对可能引起土地覆被变化的各种驱动因子进行多变量分析而建立的一种数学模型,以便确定土地覆被变化的原因。

运用统计软件 SPSS 对上述 15 个影响因子进行后向多元线性回归分析(Backward multiple linear regression),得出耕地变化的多元回归模型如:$Y=1.863x_1+1.615x_2+1.287x_3+0.964x_4+0.677x_5+0.449x_6+0.376x_7+0.597x_8+0.338x_9+0.269x_{10}+0.180x_{11}-0.324x_{12}+0.194x_{13}-0.089x_{14}-0.158x_{15}$。在置信度 $a=0.05$ 的情况下,$F_{0.95}(11,14)=2.53<13.689$,通过显著性水平检验,即模型回归效果具有高度显著性。耕地面积与总人口、GDP、全社会固定资产投资、粮食单产、农业机械总动力、社会消费品零售总额、农业总产值、农民人均纯收入、化肥施用量、平均温度、年降水量和日照成正相关,与蒸发量、平均风速、大风日数成负相关。回归方程的系数大小反映了耕地变化对驱动因子的敏感性,即耕地面积变化对总人口、GDP、全社会固定资产投资和粮食单产因素最为敏感,而对气候因素敏感性较小。这和上述主成分因子分析的结论基本一致。

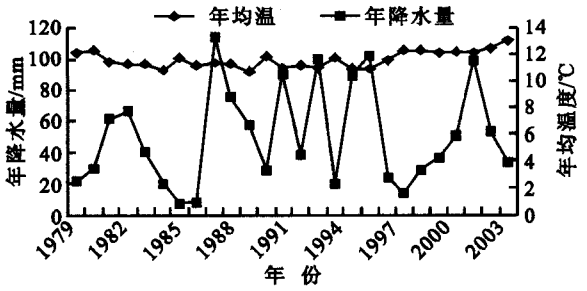

图2(a) 于田县1979−2004年年均温度和年降水量变化

5 耕地面积变化与气候变化响应分析

于田气候变化是全球气候变化的一部分,区域气候变化不仅与全球气候变化有关,而且与本区域下垫面变化相关[15]。于田县位于塔克拉玛干大沙漠腹地,属暖温带内陆干旱荒漠气候,降水稀少,蒸发量大,春夏多风沙和浮尘等灾害天气。于田气候变化与人类活动关系密切,经过很多代于田劳动人民辛勤劳作,植树垦地,于田县气候和生态环境有了较大改善[13]。随着耕地面积增大,人类对气候的影响也越来越大,虽然气候对耕地面积变化影响不大,但耕地面积变化(下垫面变化)对气候有一定影响。通过对新疆于田县4个主要气象要素做趋势分析,图2(a)能看出年均温度和年降水量都是增加的,增长率分别是0.035 6℃/a和0.567 5 mm/a,与中国西北气候由暖干向暖湿转型相一致[15]。全球温度升高、人口迅速增长及运输业的快速发展导致温室气体和气溶胶的大量排放等,是于田温度升高的原因。由于耕地面积增大,于田地表植被覆盖度大,减少地表水分在烈日下直接蒸发,并且植被在防风固沙,降低流沙移动速度方面都有积极作用。从图2(b)可看出年蒸发量和年均风速都是降低的,减少率分别为19.624 mm/a和0.021 6 m/s,有利于田绿洲化进程。

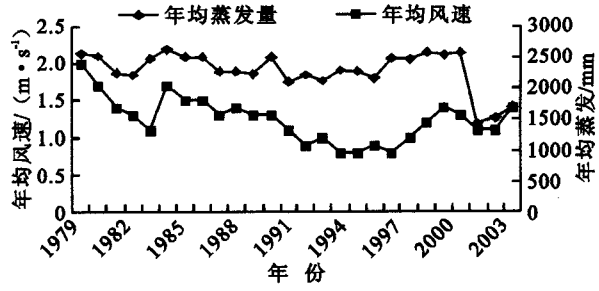

图2(b) 于田县1979−2004年年均蒸发量和年均风速变化

(1)于田县1949−2004年耕地面积变化过程总的来说是增长的,于田县耕地变化经历了1949−1962年上升、1963−1979年变化不大、1980−1990年下降、1991−2004年回升4个阶段。1979年耕地总量为29 980 hm^2,达到全县历史最高水平。

(2)选择15个人为和自然驱动因子进行主成分分析,可看出人为因素是影响于田县耕地变化的主要因素,而自然因素影响很小。其中总人口、GDP、

全社会固定资产投资和粮食单产因素对耕地面积的变化起着重要作用。

(3)通过后向多元线性回归分析,耕地面积与总人口、GDP、全社会固定资产投资、粮食单产、农业机械总动力、社会消费品零售总额、农业总产值、农民人均纯收入、化肥施用量、平均温度、年降水量和日照成正相关,与蒸发量、平均风速和大风日数成负相关。回归方程的系数大小反映了耕地变化对驱动因子的敏感性,即耕地面积对总人口、GDP、全社会固定资产投资和粮食单产最为敏感,而对气候因素敏感性较小。

(4)经过气象资料分析得出,于田年均温度和年降水量都是增加的,与中国西北气候由暖干向暖湿转型相一致[15]。虽然气候对耕地面积变化影响不大,但耕地面积变化对气候有一定影响。随着于田耕地面积的增大在一定程度上促使年蒸发量和年均风速减小,有利于田绿洲化进程。

参考文献:

[1] Walker B, Steffen W. The Terrestrial Biosphere and Global Change: Implications for Natural and Managed Ecosystems[M]. A Synthesis of GCTE and Related Research, Stockholm: IGBP, 1997: 31.

[2] 塔西甫拉提·特依拜. 干旱区环境演变与遥感应用研究[M]. 乌鲁木齐:新疆大学出版社,2001:1-115.

[3] 赵 睿. 中国西部干旱区 LUCC 空间影响因子的合理性验证:以新疆于田绿洲为例[J]. 资源科学,2007(7):213-218.

[4] 毛小军,陈腊娇,孙华,等. 浙江省耕地资源时空变化的驱动力分析及对策研究[J]. 浙江师范大学学报:自然科学版,2006,29(2):201-207.

[5] 王楠君,吴群,陈成,等. 耕地数量变化及驱动力研究:以徐州市为例[J]. 国土与自然资源研究,2006(1):22-24.

[6] 熊鹰,王克林,郭娴. 近 50 年湖南省耕地数量动态变化研究[J]. 经济地理,2004,24(5):654-656.

[7] 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.

[8] 冷中笑,格丽玛,努尔巴衣,等. 全球变暖背景下的乌鲁木齐市气温及降水气候特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(4): 1003-757.

[9] 何清,杨青,李红军. 新疆 40 年来气温、降水和沙尘天气变化[J]. 冰川冻土,2003,25(4):423-427.

[10] 汤姿,尹怀宁,朱恒锋,等. 大连市耕地变化及人文驱动因子的定量研究[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版,2004,27(3):344-348.

[11] 高志强, 刘纪远. 1980－2000 年中国 LUCC 对气候变化的响应[J]. 地理学报,2006,61(8):61-8.

[12] 谭少华,倪绍祥. 区域土地利用变化驱动力的成因分析[J]. 地理与地理信息科学,2005,21(3):47-50.

[13] 于田县地方志编纂委员会. 于田县志[M]. 新疆:新疆人民出版社,2006.

[14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京,高等教育出版社,2004:8-93.

[15] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):154-164.