

# 甘肃省环县粮食生产的动态变化与模拟预测研究

张惠娥, 刘普幸, 赵志锋

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:** 在分析环县 55 年粮食动态变化的基础上, 利用主成分分析法 (PCA) 探讨了粮食生产的影响因素。结果表明: 社会经济发展水平、农业科技进步和自然灾害是影响粮食生产的 3 个主要成分。并根据影响粮食生产的主要因子, 通过建立 GM (1, 1) 模型, 对环县 2010 年、2015 年、2020 年影响粮食生产的各因子进行了预测, 以为环县农业稳产、加快迈进农业现代化提供科学依据。

**关键词:** 环县; 粮食生产; 驱动因子; 模拟预测

**中图分类号:** S-01; S3

粮食不仅关系着国家安全和社会安定, 而且对区域经济持续稳定发展至关重要。新中国成立以来, 国家靠政策、科技与投入, 成功地解决了亿万人民的温饱问题, 实现了农产品供求总量基本平衡, 取得了用世界上不足 9% 的耕地养活世界上近 21% 的人口的成绩<sup>[1]</sup>。但是, 我国粮食生产还存在基础不稳定、土壤质量下降<sup>[2]</sup>、耕地面积减少、粮食生产成本较高、抗灾能力弱、农业生态环境破坏严重等问题。因此, 本文以环县为例, 深入探讨区域粮食生产的变化及其主要驱动因子, 为进一步提高粮食生产能力、加快农业现代化的进程、实现区域可持续发展提供科学依据。

## 1 区域概况

环县位于甘肃省东端, 庆阳市西北部。地势西北高, 东南低, 海拔高度 1130~2089 m, 属于陇东黄土高原丘陵沟壑区。全县总土地面积 92.5 万  $\text{hm}^2$ , 其中可耕地 20.5 万  $\text{hm}^2$ 。常年干旱少雨, 年均降水量 509.4 mm, 且时空分布不均, 年均蒸发量 1861.3 mm, 年均气温 9.2℃, 无霜期为 137 天, 干燥度 1.22~1.49, 为典型的温带半干旱大陆性季风气候。土壤类型有黄绵土、黑土、红胶土、红砂土、盐土、麻干土 6 个土类, 全境 90% 以上面积为黄土覆盖, 由于受外营力风积作用而成, 土层深厚而均匀, 土质疏松<sup>[3]</sup>, 以典型的旱作农业为主。本区辖 23 个乡镇, 总人口 34.52 万, 其中农业人口 32.33 万, 占总人口的 94%。2003 年全县 GDP 为 5.8 亿元, 粮食总产量 13.39 万 t, 但受自然灾害影响波动大。农民人均纯收入 1205 元, 人均占有粮食 413.01 kg, 社会经济的总体水平不高, 农业发展仍

十分落后, 是甘肃省 20 个重点贫困县之一。

## 2 环县粮食生产的动态变化特征

据环县 1949—2003 年 55 年的统计资料<sup>[4-5]</sup>, 环县粮食变化的总体特征为波动中趋于上升 (图 1)。具体表现: 一是粮食总量整体呈上升趋势, 全县粮食总产量由 1949 年的 3.21 万 t 增加到 2003 年的 13.39 万 t, 年均增长率为 6.11%, 人均粮食由 1949 年的 285.87 kg 增加到 2003 年的 413.01 kg, 年均增长率为 3.92%, 增幅较小。这主要是人口增长所产生的“分母效应”造成的。二是粮食产量波动较大。1949—2003 年, 粮食总量和人均产量波动基本相同, 大致经历了以下 4 阶段: 第一阶段 (1949—1956), 恢复上升阶段。粮食总产量 1956 年达 5.36 万 t 比 1949 年增加了 2.15 万 t, 年均增长率为 11%, 人均占有量与总量的趋势基本一致。主要是由于新中国刚成立, 处于 3 年恢复和“一五”计划期间, 社会安定, 人民当家作主, 农业生产稳步发展。第二阶段 (1957—1962), 波动滑坡阶段。粮食产量经历上升-下降-再上升-再下降的过程, 由 1957 年的 4.8 万 t 下降到 1962 年的 3.97 万 t, 年均下降率为 4.1%, 而人均粮食随着人口的增加, 总体上呈减少趋势。这与当时的人口政策, 经济发展过程中急于求成、盲目生产和连年自然灾害的影响密不可分。第三阶段 (1963—1975), 缓慢增长阶段。粮食产量由 1963 年的 4.79 万 t 增加到 1975 年的 8.49 万 t, 年均增长率为 7.14%, 人均粮食有所增加。其原因是由于“大跃进”后期, 人们总结经验, 正确认识自然规律, 使粮食产量增加, 后来受“文革”影响, 粮食增长幅度

①基金项目: 国家基础研究重点规划项目 (G2000048701) 和甘肃省自然科学基金项目 (3ZS051-025-009) 共同资助。

作者简介: 张惠娥 (1973—), 女, 甘肃环县人, 硕士研究生, 主要从事干旱区域环境与绿洲建设研究。E-mail: zhe-lsp@163.com

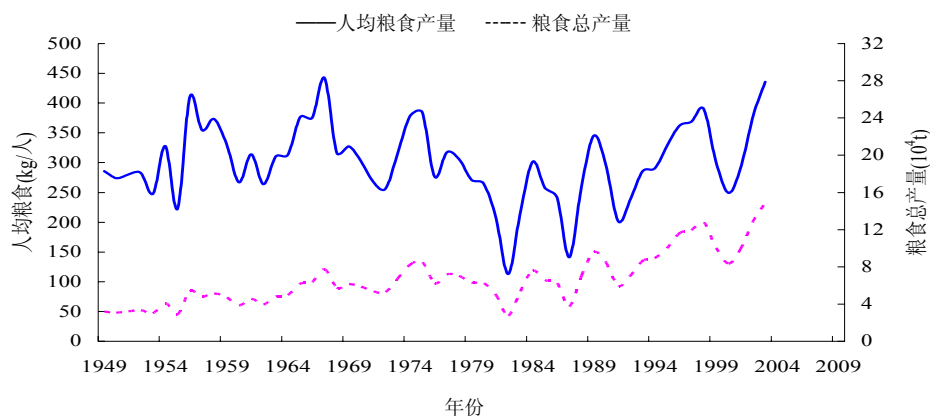


图 1 环县 1949—2003 年粮食总产量与人均粮食变化

Fig. 1 Variation of total grain output and average amount of grains per capita in Huanxian County

不大。第四阶段（1976—2003），陡升陡降阶段。表现为 4 个高峰 4 个低谷，变化幅度大。1975 年、1980 年、1982 年、1985 年、1987 年、1989 年、1996 年、1998 年、2003 年粮食产量分别为 7.18、2.74、7.59、3.74、9.60、5.95、12.8、8.36、13.39 万 t，总体趋势呈增长的变化过程。表明随着科技进步和农业投入增加，粮食产量增加。但本区受地形条件和气候条件的限制，“靠天吃饭”的局面并没有得到根本改变，抵御自然灾害能力弱，粮食产量变化幅度仍然较大。

### 3 环县粮食生产的驱动因子分析

#### 3.1 数据获取与研究方法

本文基于 1949—2003 年《环县统计年鉴》和《甘肃省统计年鉴》的资料，部分数据取自《环县志》，或是基于二者计算的结果，应用 SPSS 软件，采用主成分分析方法，将原来多个指标化为少数几个主要指标，达到既能满足尽量多地反映原来较多指标的信息，又能使是彼此之间相互独立。通过原始数据的提取和处

理，计算相关系数矩阵、特征值和主成分累积贡献率以及主成分载荷矩阵<sup>[6-7]</sup>等主要步骤进行相应的主因子分析。

#### 3.2 环县粮食生产的驱动因子分析

粮食生产系统是一个复杂的巨系统，人口增长、耕地减少、生态环境恶化、农业投入不足、种粮经济效益低、自然灾害等都会对粮食产量产生很大影响<sup>[8]</sup>。为了能定量地分析影响粮食产量的因素，确定主要影响因子，为粮食生产的持续发展提供科学的依据，本文结合研究区粮食产量的特征和资料收集程度，选取 1958—2003 年系列资料作为基础数据，从中选取 9 个影响因子： $X_1$ —单产 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )、 $X_2$ —粮食播种面积 ( $\text{hm}^2$ )、 $X_3$ —耕地面积 ( $\text{hm}^2$ )、 $X_4$ —有效灌溉面积 ( $\text{hm}^2$ )、 $X_5$ —农业机械总动力 (kW)、 $X_6$ —成灾作物面积 ( $\text{hm}^2$ )、 $X_7$ —农业总产值 (万元)、 $X_8$ —粮食总产量 (t)、 $X_9$ —年末总人口，应用 SPSS 软件包对样本进行分析，得出相关系数矩阵、特征值、主成分贡献率和累积贡献率及主成分载荷，见表 1~3。

表 1 粮食变化驱动力变量相关系数矩阵

Table 1 Correlation matrix of driving force variables and grain production

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
$X_1$	1.000								
$X_2$	0.055	1.000							
$X_3$	-0.587	0.265	1.000						
$X_4$	0.685	-0.249	-0.620	1.000					
$X_5$	0.733	-0.018	-0.834	0.750	1.000				
$X_6$	-0.122	-0.056	-0.345	0.138	0.212	1.000			
$X_7$	0.821	0.153	-0.696	0.586	0.863	0.179	1.000		
$X_8$	0.982	0.236	-0.530	0.630	0.725	-0.119	0.833	1.000	
$X_9$	0.784	-0.111	-0.901	0.789	0.943	0.265	0.874	0.751	1.000

表 2 特征值及主成分贡献率

Table 2 Eigenvalue and contribution rate of the principal components

主成分	特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
1	5.589	62.105	62.105
2	1.488	16.533	78.637
3	1.036	11.507	90.144

表 3 主成分载荷矩阵

Table 3 Loading matrix of the principal components

变量	第一主成分	第二主成分	第三主成分
X <sub>1</sub>	0.888	0.337	-0.177
X <sub>2</sub>	-3.58E-02	0.714	0.659
X <sub>3</sub>	-0.838	0.382	-2.87E-02
X <sub>4</sub>	0.806	-0.174	-0.256
X <sub>5</sub>	0.942	-0.812E-02	7.436E-02
X <sub>6</sub>	0.177	-0.657	0.676
X <sub>7</sub>	0.911	0.153	0.197
X <sub>8</sub>	0.865	0.450	-4.44E-02
X <sub>9</sub>	0.975	-0.153	3.192E-02

从表 1 中可以看出,影响粮食产量的 9 个变量之间存在不同程度的相关性,其中,粮食单产和总产之间,年末总人口和耕地面积之间,年末总人口和农业机械总动力之间具有较好的相关性,相关系数分别为 0.982、-0.901 和 0.943。此外,农业总产值和粮食单产之间、粮食总产量和农业总产值之间也存在一定的正相关。

主成分分析的结果表明,第一、第二和第三主成分的特征值均>1,它们的累积贡献率达到 90.144%,完全符合分析的要求(表 2)。因此,提取这 3 个主成分,得出主成分和变量之间的相关系数的载荷矩阵(表 3)。由表 3 可以看出,环县年末总人口、农业机械总动力、农业总产值、粮食单产、粮食总产量及有效灌溉面积是第一主成分中的主要因子,相关系数分别高达 0.975、0.942、0.911、0.888、0.865、-0.838。而粮食播种面积与成灾面积也分别成为第二主成分和第三主成分中的关键因子,相关系数分别为 0.714、0.676。因此,影响环县粮食演化的驱动因子可以归纳为社会经济发展水平、农业科技进步和自然灾害 3 个方面。

### 3.3 环县粮食生产的驱动机制分析

**3.3.1 社会、经济因素的影响** 从表 2 各主成分的组合形式中可以看出,第一主成分贡献率达到 62.105%,是主控因子。它可以控制其他主成分的变化。在空间上表明环县社会经济发展水平和区域经济的发展过程,特别是人口对粮食生产的影响强度。

农业机械总动力、有效灌溉面积是粮食生产现代

化的重要标志,也是区域经济发展水平的主要体现,二者相辅相成。本区由于受地形条件的限制,水浇地大多高于河床,大面积靠提灌来完成,农业机械总动力在某种程度上决定有效灌溉面积的大小,而有效灌溉面积是保证粮食稳产高产的重要因素。2003 年末,环县共打水窖 21.94 万眼,修建水平梯田 6.24 万 hm<sup>2</sup>,建成骨干坝、淤地坝等水保设施 87 处,这些农田水利工程建设,使灌溉条件明显改善,有效灌溉面积增加到 0.469 万 hm<sup>2</sup>,提高了粮食生产能力。但在第一主成分中,农业总产值和粮食单产都与耕地面积存在负相关,说明本区耕地面积的无计划扩大对区域经济增长起到负作用,没有考虑水土平衡的开荒,将引起经济衰退和生态环境恶化。

人口作为一种持续的外界压力,对粮食产量的变化起到决定性的作用。历年来,本区粮食生产主要是为当地人口提供基本口粮,外销少,商品率低。50 多年来,由于环县人口从 1949 年的 11.23 万人增加到 2003 年 34.04 万人,增加了 3 倍多,粮食单产和总产虽有所提高,但人均粮食仍变化不大。随着环县人口的进一步增长和产业结构的调整,粮食需求量将会大幅度增长,人口对粮食生产的压力将越来越大。因此,严格控制人口数量,提高人口素质仍然是一项需要长抓不懈的工作。

**3.3.2 农业科技进步因素的影响** 第二主成分占 16.53% 的贡献率,在各因子中以粮食播种面积的相关系数最高,表明粮食播种面积对粮食生产的影响。在空间上反映它对土地资源利用率的高低和对水资源的合理利用程度。本区由于受自然条件的影响,农民大面积广种薄收,播种面积对总产影响不明显,但随着科技进步、农田水利建设的完善、水土资源的利用率提高及采用优质品种和先进的种植制度,使粮食单产和复种面积增加,人口增长对粮食的需求不断地得到满足,粮食播种面积对粮食生产的影响将会加大。为此,在提高农业科技水平的同时,必须对耕地资源予以高度的重视,因为它是整个土地资源保护、建设与可持续利用的核心<sup>[9]</sup>。

**3.3.3 自然灾害是造成粮食减产的主要因子** 从占 11.51% 贡献率的第三主成分看,成灾作物面积是第三主成分中对粮食生产最重要的影响因子。在空间上表明粮食生产对自然灾害抵御能力的高低。本区自然灾害频繁,由自然灾害造成的成灾面积对粮食生产的影响不可忽视。从环县粮食生产状况来看,旱灾是各种自然灾害中造成作物减产的最重要因子。例如 2000 年春季遇到的 43 年来未遇的特大旱灾,春季(3—5 月)降水量 11.4 mm,较历年同期减少 85%,造成农

作物大幅度减产, 全县 2.4 万  $\text{hm}^2$  冬小麦就有 86% 绝收, 春小麦、扁豆等春播作物有 1.17 万  $\text{hm}^2$  基本没出苗。因此, 自然灾害也是环县引起粮食减产的主要原因。为此, 必须重视退耕还林还草, 进行水土治理, 改善生态环境, 提高抗灾能力, 保证粮食生产稳步发展。

总之, 社会经济因素是影响环县粮食产量变化的主要驱动因子, 特别是经济发展水平和人口的增长是引起粮食变化的关键驱动因子, 自然条件的影响虽然较小, 但不可忽视。

#### 4 环县粮食生产变化趋势模拟预测

粮食生产是一个综合的复杂系统, 影响其生产的

各要素之间是相互联系、相互影响和相互制约的。随着人口增长及社会经济的发展, 对粮食的需求将越来越多, 为使人口与粮食、土地资源、社会经济能协调发展, 保证土地资源可持续利用, 必须对影响粮食生产的各个因子作出科学的预测。本文采用灰色预测法中的数列预测, 以环县 1958—2003 年各个指标的数据作为原始数据, 利用 DPS 软件, 分别建立 GM(1, 1) 预测模型, 对影响粮食生产的各个因子进行初步预测, 得出人口、单产、粮食播种面积、粮食总产量、人均占有量在 2010 年、2015 年、2020 年 3 个阶段的预测值。同时, 为检验此模型的精确程度, 特别列出精度检验等级标准 C 值和 P 值(表 4)。

表 4 环县粮食生产影响因子预测值

Table 4 Predicted values of affecting factors of grain production

影响因子	2010 年	2015 年	2020 年	模型评价	
年末总人口 (万人)	42.13	46.62	51.58	C = 0.1213	P = 1.0000
单产 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	1765.13	1973.48	2206.35	C = 0.4806	P = 0.8704
粮食播种面积 ( $\text{hm}^2$ )	75466.7	75560	75626.7	C = 0.4605	P = 0.8413
粮食总产量 (万 t)	13.75	15.49	17.43	C = 0.4878	P = 0.8519
人均粮食占有量 ( $\text{kg}/\text{人}$ )	394.94	394.06	393.18	C = 0.4732	P = 0.8352

由表 4 可知, 所建立的 GM(1,1) 模型精度检验的 C 值均  $<0.5$ , P 值均  $>0.8$ , 根据此模型精度检验标准 ( $C < 0.35$ ,  $P > 0.95$  为很好;  $C < 0.5$ ,  $P > 0.80$  为良好), 说明建立的模型很好或者良好, 所得出的预测值具有一定的可信度。

通过预测, 2010 年、2015 年、2020 年环县粮食总产量将分别为 13.75 万 t、15.49 万 t、17.43 万 t, 呈增长趋势, 但幅度不大, 而相应的人口由 2010 年的 43.13 万人增长到 2020 年的 51.58 万人, 增长较快, 致使人均粮食呈减少趋势。

#### 5 结论

(1) 自 1949 年以来, 环县粮食总产量呈增长趋势, 但人均粮食增加幅度不大。这主要是由于随着科技进步、农业基础设施完善, 粮食总量有所增加, 但新增的粮食被快速增长的人口所消耗。

(2) 通过主成分分析, 将影响粮食产量变化的 9 个因子最后归纳为社会经济发展水平、农业科技进步和自然灾害 3 大类因素。从单个因子分析来看, 人口数量、粮食单产、农业机械总动力、农业总产值、粮食播种面积、有效灌溉面积是影响粮食产量变化的重要驱动因子。

(3) 通过粮食产量变化与预测数据分析可知, 本区粮食生产总量增长幅度不大, 人均占有量呈减少趋势。因此, 本区在大力发展粮食生产的同时, 适当地控制人口数量, 是本区经济发展的需要。

#### 参考文献:

- [1] 杜青林. 着力构建粮食生产长效机制. 中国农垦, 2005 (1): 9-11
- [2] Williams A, Xing BS, Venemanp. Effect of cultivation on soil organic matter and aggregate stability. Pedosphere, 2005, 15 (2): 255-262
- [3] 胡雪峰, 鹿化煜. 黄土高原古土壤成土过程的特异性及发生学意义. 土壤学报, 2004, 41 (5): 669-675
- [4] 环县编辑委员会. 环县志. 甘肃: 甘肃人民出版社, 1985: 22-23, 79-80
- [5] 环县统计局. 环县统计年鉴 (1995—2003). 甘肃: 甘肃人民出版社, 1995—2003
- [6] 卫海英, 刘潇. SPSS10.0 在经济管理中的应用. 北京: 中国统计出版社, 2000: 245-248
- [7] 刘普幸, 张红侠. 甘肃张掖市耕地变化及驱动力研究. 土壤, 2003, 35 (6): 485-489
- [8] 杨新, 延军平. 陕甘宁地区气候暖干化趋势分析. 干旱区研究, 2002, 19 (3): 67-70
- [9] 赵其国. 土地资源, 大地母亲. 土壤, 2004, 36 (4): 337-339

## Dynamic Variation of Grain Production and Model for Its Prediction in Huanxian County, Gansu Province

ZHANG Hui-e, LIU Pu-xing, ZHAO Zhi-feng

(*College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730030, China*)

**Abstract:** Based on the analysis of the variation of the grain production during 1949—2003 in Huanxian, factors affecting the grain production were explored by using the method of principal component analysis. Results showed that development of society and economy, improvement of agricultural technology and natural disasters were three primary factors influencing grain production. Based on these factors, a GM(1,1) model was established and used to predict their trends in 2010, 2015 and 2020, which are expected to serve as scientific basis for accelerating agricultural modernization and developing sustainable agriculture in Huanxian County.

**Key words:** Huanxian, Grain production, Driving factors, Simulation predicting