

甘肃省粮食产量时空变化、驱动因子和趋势预测分析

程 英, 刘普幸, 白 杨, 马亚兰, 潘竟源

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 在分析甘肃省粮食产量时空变化的基础上, 利用灰色关联分析方法探讨了粮食生产的影响因素, 定量分析了粮食产量与影响因素的关联程度, 并利用 GM(1,1) 模型对单产、年末总人口、粮食总产量的变化趋势进行了模拟预测。结果表明: (1) 甘肃省粮食产量变化的总体特征为波动中呈上升趋势, 各市(自治州)粮食生产变化空间差异性明显; (2) 粮食单产、年末总人口、有效灌溉面积、受灾面积、年末耕地面积和粮食播种面积等是粮食生产的主要驱动因子; (3) 模拟预测表明, 粮食总产量增长幅度不大, 而人口的增长相对较快, 因此, 在大力发展粮食生产的同时, 要适当控制人口数量, 促进粮食生产可持续发展。

关键词: 粮食生产; 灰色关联分析; GM(1,1) 模型; 甘肃省

中图分类号: S-01; F316.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0225-05

粮食不仅关系着国家安全和社会安定, 而且对区域经济的持续稳定发展至关重要^[1]。自新中国成立以来, 特别是改革开放 20 多年来, 甘肃省粮食生产已取得了重大成就, 但甘肃省作为西部欠发达省份, 自然条件差, 经济比较落后, 农业生产基础比较薄弱, 粮食生产仍然没有完全摆脱靠天吃饭的局面^[2]。随着人口数量的持续增长及人民生活水平和生活质量的提高, 对粮食的需求将会逐年增加, 如何在这一形势下, 大力发展全省粮食生产, 仍是备受关注的问题之一。本文在分析甘肃省粮食产量时空变化的基础上, 运用灰色关联分析方法对影响甘肃省粮食的诸因素进行了分析, 量化研究粮食产量与影响因素的关联程度, 并对粮食生产变化趋势进行了模拟预测, 以期为甘肃省制定粮食发展计划、促进粮食生产可持续发展提供参考依据。

1 粮食产量的时空变化特征

1.1 粮食产量时间变化分析

甘肃省粮食产量变化的总体特征为波动中呈上升趋势(图 1), 全省粮食总产量由 1949 年的 206.00 万 t 增加到 2006 年的 808.05 万 t, 共增加 602.05 万 t, 年均递增率 2.43%; 人均粮食产量由 1949 年的 212.5 kg 上升到 2006 年的 310.04 kg, 增加了 97.54 kg。从图 1 可以看出, 1949~2006 年粮食总产量和人均粮食产量的波动基本相同, 大致经历了以下几个阶段: (1) 1949~1956 年快速发展阶段。新中国刚成立, 处于三年恢复^[3]和第一个五年计划期间, 社会

安定, 粮食生产发展迅速。1956 年全省粮食总产量达 380.06 万 t, 人均粮食产量为 312.0 kg, 比 1949 年分别增长了 174.06 万 t 和 99.5 kg。(2) 1957~1961 年波动滑坡阶段。全省粮食总产量由 1957 年的 315.65 万 t 下降到 1961 年的 195.47 万 t, 平均每年减少了 30.05 万 t; 人均粮食产量由 251.5 kg 下降到 1961 年的 161.5 kg, 比 1949 年的 212.5 kg 还下降了 24%。(3) 1962~1986 年持续增长阶段。全省粮食总产量由 1962 年的 210.00 万 t 增加到 1986 年的 550.98 万 t, 增加了 340.98 万 t, 年均递增率 4.10%; 人均粮食产量由 1962 年的 169.5 kg 上升到 1986 年的 266.00 kg, 增加了 96.5 kg, 年均递增率 1.90%。(4) 1987~2006 年陡升陡降阶段。粮食总产量表现为五个高峰、四个低谷, 最高峰为 1998 年的 871.95 万 t, 最低谷为 1996 年的 626.78 万 t, 两者相差 245.17 万 t, 变化幅度较大, 但粮食产量的总体变化呈上升趋势。

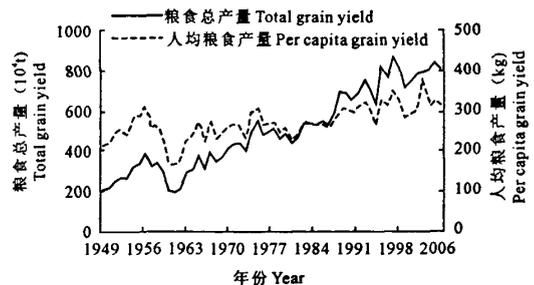


图 1 甘肃省 1949~2006 年粮食产量变化

Fig. 1 The changes of grain yield from 1946 to 2006 in Gansu Province

收稿日期: 2008-10-13

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(0803RJZA094); 甘肃省教育厅厅师项目(0801-11); 甘肃省级重点学科自然地理学

作者简介: 程 英(1984-), 女, 甘肃甘谷人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区域环境与绿洲建设。E-mail: ying_11042@163.com。

1.2 粮食产量空间变化特征

由于自然条件的地区差异,农业基础和社会经济条件的不同,甘肃省各市(自治州)粮食生产变化表现出空间差异性。利用 GIS 技术得到甘肃省各市(自治州)1985~2006 年年均粮食递增率的空间分布(图 2)。从图 2 可以看出,近 22 年来,甘肃省年均粮食生产递增率超过 2.00% 的有张掖、金昌、威武、白银、天水、平凉和庆阳 7 个市,其占甘肃省总市(自治州)数的 50%;年均递增率为负增长的为酒泉和嘉峪关两市,约占甘肃省总市(自治州)数的 14.3%;年均递增率介于 0~2.00% 的有兰州、定西、陇南 3 市和临夏、甘南两自治州,约占甘肃省总市(自治州)数的 35.7%。

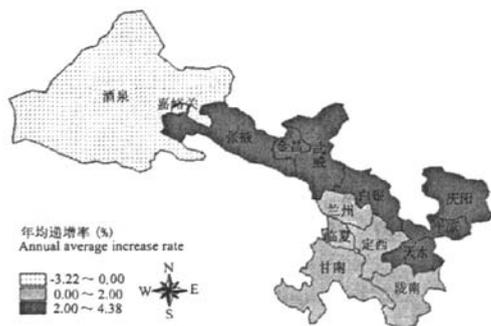


图 2 1985~2006 年甘肃省年均粮食递增率的空间分布

Fig.2 The spatial distribution of annual average increase rate by degrees of grain in Gansu Province during 1985~2006

2 粮食生产的驱动因子分析

2.1 研究方法

灰色关联分析是定量比较或描述系统之间或系统中各因素之间在发展过程中随时间而相对变化的过程,即分析时间序列曲线的几何形状,用它们变化的大小、方向与速度等接近程度,来衡量它们之间关联性大小,并为系统分析、预测、决策、评估、规划及发展战略提供理论基础^[4,5]。与数理统计方法相比,灰色关联分析方法对样本量的多少和数据分布没有特殊要求,它通过灰色关联度来直接表征两组事物的几何贴近程度,直接可靠,计算方便。

灰色系统关联分析的具体方法和计算步骤如下^[4]:

首先,选取系统参考数列 $X_0 = \{X_0(t), t = 1, 2, \dots, n\}$ 和比较数列 $X_i = \{X_i(t), t = 1, 2, \dots, n\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$),并对参考数列和比较数列进行初始化处理,使之无量纲化、归一化,本文通过初值法即用

数列中的各数除去本数列的第一个数,进行初始化。

其次,按下述公式计算在时刻 $t = j$ 时,参考数列与比较数列的灰色关联系数:

$$\xi_i(j) = \frac{\min_i \min_j |X_0(j) - X_i(j)| + a \max_i \max_j |X_0(j) - X_i(j)|}{|X_0(j) - X_i(j)| + a \max_i \max_j |X_0(j) - X_i(j)|}$$

式中, a 是分辨系数,一般在 0 与 1 之间,通常取 0.5。

$$\text{最后,求关联度: } r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_i(j)$$

式中, r_i 即所求的比较序列与参考序列的关联度。

2.2 研究过程

2.2.1 指标的选取 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^[6]。本文根据灰色系统分析方法的思路和要求,以及甘肃省现有粮食生产资料的情况,采用 1978~2006 年时间序列资料作为基础,对甘肃省粮食生产影响因素进行定性判断,从中选取 10 个影响粮食总产量的主要因子: X_1 - 粮食播种面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), X_2 - 粮食单产 (kg/hm^2), X_3 - 有效灌溉面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), X_4 - 化肥施用量(折纯 $\times 10^4 \text{ t}$), X_5 - 受灾面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), X_6 - 农业机械总动力 ($\times 10^4 \text{ kW}$), X_7 - 农村用电量 ($\times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{h}$), X_8 - 年末总人口(万人), X_9 - 平均每万人口中在校大学生数(人), X_{10} - 耕地面积 ($\times 10^3 \text{ hm}^2$), X_0 - 粮食总产量 ($\times 10^4 \text{ t}$)。

2.2.2 模型的建立 根据灰色建模理论,将所选的 10 个影响因子作为比较数列 $X_i = \{X_i(t), t = 1, 2, \dots, 29\}$ ($i = 1, 2, \dots, 10$),选取粮食总产量作为系统参考数列 $X_0 = \{X_0(t), t = 1, 2, \dots, 29\}$,按照以上介绍的方法,计算得出 X_1, X_2, \dots, X_{10} 与 X_0 的关联度,即各影响因素与粮食总产量的关联度(表 1)。

2.3 结果分析

从甘肃省粮食总产量和影响因素的灰色关联分析结果(表 1)可以看出,粮食单产与粮食总产量的关联度最大,由此可见,粮食单产是影响粮食生产的首要因素。将影响因素与粮食总产量的关联度即它们对粮食生产的影响程度按大小排序,得到:粮食单产 > 年末总人口 > 有效灌溉面积 > 受灾面积 > 耕地面积 > 粮食播种面积 > 农业机械总动力 > 化肥施用量 > 农村用电量 > 平均每万人口中在校大学生数。

(1) 粮食单产对粮食生产的影响

粮食单产与粮食总产量的灰色关联度高达 0.9856,关联序为第一位,对粮食生产的影响最大。由于科学技术投入的不断加大,多年来甘肃省粮食单产有了较大提高,由 1949 年的 $780 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 增加到

1978年的1700 kg/hm²,到2006年的3109.27 kg/hm²,先后增加了1.18倍和82.90%;粮食总产量由1949年的206.00万t增加到1978年的510.55万t,到2006年的808.05万t,先后增长1.48倍和58.27%。

随着耕地面积的减少和人口的不断增加,今后应进一步加大科技投入,提高单产,以确保粮食生产的稳定、持续发展。

表1 甘肃省粮食总产量和影响因素的灰色关联分析

Table 1 Grey correlation analysis of total grain yield and its effect factors in Gansu

影响因素 Affecting factor	灰色关联度 Grey correlation	关联序 Relational order	影响因素 Affecting factor	灰色关联度 Grey correlation	关联序 Relational order
粮食单产 X_2 Grain yield per unit area	0.9856	1	粮食播种面积 X_1 Grain planting area	0.9461	6
年末总人口 X_4 Year-end population	0.9806	2	农业机械总动力 X_6 Total power of agricultural machinery	0.8747	7
有效灌溉面积 X_3 Effective irrigated area	0.9626	3	化肥施用量 X_4 Consumption of chemical fertilizers	0.8528	8
受灾面积 X_5 Disaster-stricken area	0.9515	4	农村用电量 X_7 Rural electricity consumption	0.8432	9
耕地面积 X_{10} Cultivated area	0.9503	5	平均每万人口中在校大学生数 X_9 College student number in every ten thousand population	0.7830	10

资料来源:1978~2007年甘肃省统计资料(甘肃年鉴,甘肃农村年鉴)。

Data source: Statistics of Gansu Province in 1978~2007 (Yearbook of Gansu, Gansu Rural Yearbook).

(2) 年末总人口、耕地面积和粮食播种面积对粮食生产的影响

从灰色关联分析结果可以看出,年末总人口与粮食总产量显著相关,两者的关联度为0.9806,关联序为第二位。耕地面积和粮食播种面积与粮食总产量的关联度分别为0.9503和0.9461,关联序分别为第五位和第六位,是影响粮食生产的两个重要因素。1978年甘肃省年末总人口为1870.05万人,到2006年增长到2606.25万人,29年间年均增长25.39万人。而耕地面积由1978年的 3562.22×10^3 hm²下降到2006年的 3441.35×10^3 hm²,29年间下降了 120.87×10^3 hm²,年均下降 4.17×10^3 hm²;粮食播种面积在这29年间下降了 397.11×10^3 hm²,年均下降 13.69×10^3 hm²。人口持续增长和生活水平的不断提高对耕地和粮食的需求压力越来越大^[7],人口的持续增长也是耕地面积和粮食播种面积减少的原因之一,而耕地面积的减少和粮食播种面积的下降,直接影响了粮食生产安全。因此,在大力发展粮食生产的同时,要适当控制人口数量。

(3) 有效灌溉面积对粮食总产量的影响

有效灌溉面积与粮食总产量显著相关,两者关联度为0.9626。截止2006年,甘肃省共建成水库274座,总库容达 88.55×10^8 m³,其中大型水库7座,库容为 74.55×10^8 m³^[8]。有效灌溉面积由1978年的 848.75×10^3 hm²上升到2006年的 1050.24×10^3 hm²,增长了23.74%;2006年有效灌溉面积占粮食播种面积的比重为40.41%,比1978年提高了

12.08%。农田水利建设在粮食生产中发挥着重要作用,同时也说明本省在灌溉方面仍存在着粮食增产的潜力。

(4) 受灾面积对粮食生产的影响

受灾面积和粮食总产量的关联度为0.9515,表明受灾面积对粮食产量的影响明显。由图3可以看出,甘肃省粮食总产量与受灾面积呈明显的负相关,每次粮食产量的下降与各种自然灾害都有很大的关系。自然灾害的不确定性与不可预见性决定了受灾面积对粮食生产的影响具有极大的波动性,对粮食生产的影响不容忽视。如1995年,在全省范围内发生了严重的干旱,旱灾受灾面积达到了 2087.39×10^3 hm²,其占总受灾面积的88.10%,该年人均粮食降低到了20世纪90年代的最低点。因此,在发展粮食生产的决策过程中,应重视气候波动对粮食生产造成的影响^[9],采取有效措施,提高抗灾能力。

(5) 农业现代化水平和文化素质对粮食总产量的影响

农业机械总动力、化肥施用量、农村用电量和平均每万人口中在校大学生数与粮食总产量的关联度分别为0.8747、0.8528、0.8432、0.7830,与粮食总产量显著相关,表明农业现代化水平和劳动者素质对粮食总产量有重要影响。目前甘肃省农业现代化水平及劳动者素质相对较低。因此,应促进农业现代化进程,提高劳动者素质,增强农业综合生产能力,为粮食生产的稳定发展提供保障。

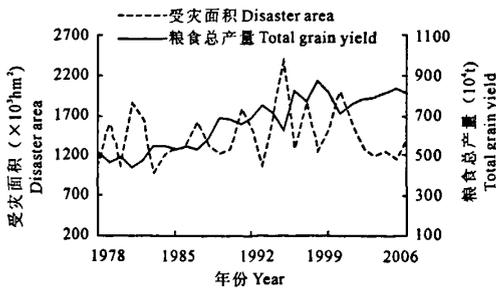


图 3 1978~2006 年甘肃省粮食总产量与受灾面积的动态变化

Fig.3 The dynamic changes of grain yield and disaster area from 1978 to 2006 in Gansu Province

3 粮食生产变化趋势模拟预测

粮食始终是关系经济社会发展的全局性问题,

发展粮食生产是一项长期而艰巨的任务^[10],影响其生产的各要素是相互联系、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大,对影响粮食生产的因素做出预测是有意义的。因此,选取甘肃省 1978~2006 年单产、年末总人口、粮食总产量作为原始数据,分别建立如下 GM(1,1)模型:

单产预测模型:

$$x^{(1)}(t+1) = 63176.002619e^{0.025818t} \pm 61476.002619$$

年末总人口预测模型:

$$x^{(1)}(t+1) = 146484.718920e^{0.013023t} \pm 144614.668920$$

粮食总产量预测模型:

$$x^{(1)}(t+1) = 23110.813944e^{0.021212t} \pm 22600.263944$$

由此得出其在 2010、2015、2020 年 3 个阶段的预测值。

表 2 甘肃省粮食生产影响因素的预测值

Table 2 Predicted values of affecting factors of grain production in Gansu

因素 Factors	年份 Year			模型评价 Model evaluation
	2010	2015	2020	
单产 Yield per unit area(kg/hm ²)	3678.60	4185.49	4762.20	C = 0.3034 P = 0.9643
年末总人口 Year-end population(× 10 ⁴ 人)	2875.05	3068.49	3274.93	C = 0.1905 P = 1.0000
粮食总产量 Total grain yield(× 10 ⁴ t)	956.26	1063.25	1182.22	C = 0.4308 P = 0.9286

由表 2 可见,所建立的 GM(1,1)模型精度检验的 C 值均 < 0.5, P 值均 > 0.9,根据该模型精度检验标准(C < 0.35, P > 0.95 为很好; C < 0.5, P > 0.80 为良好)可知,建立的模型很好或良好,得出的预测值具有一定的可信度。通过预测,2010、2015、2020 年甘肃省粮食总产量将分别为 956.26 × 10⁴ t、1 063.25 × 10⁴ t、1 182.22 × 10⁴ t,表明未来十几年甘肃省粮食产量仍呈增长趋势,但幅度不大,而人口的增长相对较快。

4 结论

1) 甘肃省粮食产量变化的总体特征为波动中呈上升趋势;由于自然条件的地区差异,农业基础和社会经济条件的不同,甘肃省各市(自治州)粮食生产变化空间差异性明显。

2) 甘肃省粮食总产量和影响因素的灰色关联分析结果表明,单产是影响甘肃省粮食生产的首要因素,10 个影响因子与粮食总产量呈显著相关。所选因子对粮食总产量的影响程度依次为:粮食单产 > 年末总人口 > 有效灌溉面积 > 受灾面积 > 年末耕地面积 > 粮食播种面积 > 农业机械总动力 > 化肥施用量 > 农村用电量 > 平均每万人口中在校大学生数。

3) 模拟预测表明,未来十几年甘肃省粮食总产量增长幅度不大,而人口的增长相对较快。人口持续增长会加大耕地和粮食的需求压力,因此,在大力发展粮食生产的同时,要适当控制人口数量。

参考文献:

- [1] 张惠娥,刘普幸,赵志峰.甘肃省环县粮食生产的动态变化与模拟预测研究[J].土壤,2007,39(3):364—368.
- [2] 张开乾.甘肃省粮食生产的现状及发展对策[J].甘肃农业科技,2006,(1):25—27.
- [3] 许月卿,李秀彬.河北省粮食生产灰色关联动态分析[J].地理研究,2002,21(3):339—346.
- [4] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [5] 王学萌.灰色系统分析及实用计算机程序[M].武汉:华中科技大学出版社,1996.
- [6] 杨新,延军平.陕甘宁地区气候暖干化趋势分析[J].干旱区研究,2002,19(3):67—70.
- [7] 蔡文春,杨德刚.新疆耕地和粮食灰色关联分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(11):54—58.
- [8] 甘肃年鉴编委会.甘肃年鉴[M].北京:中国统计出版社,2007.
- [9] 尹东,杨家宝.甘肃省粮食产量年际波动特征分析[J].中国农业气象,1998,19(5):8—12.
- [10] 杜青林.着力构建粮食生产的长效机制[J].求是,2004,21:43—45.

Analysis of temporal and spatial variation, driving factors and trend prediction of grain yield in Gansu Province

CHENG Ying, LIU Pu-xing, BAI Yang, MA Ya-lan, PAN Jing-yuan

(College of Geography and Environment Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on temporal and spatial variation analysis of grain yield in Gansu Province in the past, the grey correlation analysis method was employed to explore the influential factors of grain yield and analyze quantitatively the degree of correlation between grain yield and its influential factors. The GM (1, 1) model was used to simulate and predict the variation trend of yield per unit area, year-end population and total grain yield. The results showed: (1) The grain yield of Gansu Province was increased in fluctuation, and the spatial distribution of annual average increase rate of grain yield had significant difference in each city and autonomous region. (2) The yield per unit area, year-end population, effective irrigated area, disaster-stricken area, cultivated area and grain planting area were the main driving factors of grain production. (3) The increasing degree of the total grain yield will not be apparent in the future, but the growth of population will get relatively faster. In order to promote sustainable development of grain production, the population should be controlled appropriately while grain production should be developed in a sustainable way.

Key words: grain production; grey correlation analysis; GM(1,1) model; Gansu Province

(上接第 184 页)

Testing and research on space distribution rule of drifting sand flux on farmland with conservative tillage

SUN Yue-chao^{1,2}, MA Shuo-shi¹, CHEN Zhi¹, ZHAO Yong-lai²

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018, China;

2. Vocational and Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109, China)

Abstract: The original position of field wind tunnel was tested in order to make clear the space distribution rule of drifting sand flux on farmland with conservative tillage. The result showed that horizontal distribution in all heights of drifting sand flux on farmland with conservative tillage followed cubic polynomial rule in different wind speed, and drifting sand flux in each height basically reached the balancing and stable state when passed through 27 rows stubble and 5.5 m horizontal distances; drifting sand flux distribution curve in the vertical direction followed higher polynomial rule, and there was "trunk" domino affect alike the vertical distribution of the ground surface sediment runoff in gravel Gobi. The result also showed that drifting sand flux on farmland with conservative tillage mainly moved bellow 40cm height of the ground surface, about 90% of all wind erosions.

Key words: conservative tillage; wind erosion; sand-driving wind; testing and study