

文章编号: 1008-2786-(2006)4-459-07

丘陵山区食物生产变化规律 ——以江西省为例

吕爱清^{1,2}, 邱爱保², 卞新民^{1*}, 杜国平², 陈路扬²

(1 南京农业大学农学院, 江苏 南京 210095; 2 宜春学院, 江苏 宜春 336000)

摘要: 1978~2003年江西食物生产总量与食物生产要素保障度呈高度正相关(0.885), 这表明江西食物生产总量受生产要素投入驱动, 资源因子锐减是导致2000~2003年江西食物总量下降的主要原因。洪涝灾害面积、低温灾害面积、洪涝绝收面积和低温绝收面积是导致自然灾害的强驱动因子, 干旱灾害面积、干旱绝收面积、风雹灾害面积和风雹绝收面积是导致自然灾害的次强驱动因子。灌溉面积、农业劳动力等食物生产要素的波动与同期食物生产波动具有显著关联性, 其显著关联序为: 灌溉面积波动 > 总种植面积波动 > 农业劳动力波动 > 农业资金投入波动 > 化肥用量波动。1978~2003年江西食物波动指数与全要素相对生产率(TFRP)的走势基本一致, 表现为食物波动平稳或食物呈较大正波动时 TFRP较高, 生产要素配置合理; 而食物呈较大负波动时 TFRP往往偏低。

关键词: 食物波动; 自然灾害; 因子分析; 灰色关联分析; 全要素相对生产率

中图分类号: F224.0 X4

文献标识码: A

食物安全一直是相关学者研究的热点, 由于近年来食物结构发生了很大变化, 传统的粮食即食物的观念受到了挑战, 我国由最初关注粮食安全问题转为关注食物安全, 涉及的主要内容可归纳为三方面: 一是分析我国的食物安全问题、食物安全态势, 构建食物安全体系, 提出食物安全目标及其对策^[1-3]; 二是进行食物安全状况的实证研究、定量评估方法及可持续食物安全的综合评判^[4-5]; 三是结合我国农业资源的综合生产能力、未来的食物需求等进行食物安全预测^[6-8]。江西省地理位置西起113°34'36"E, 东至118°28'58"E, 南起24°29'14"N, 北至30°04'40"N, 全省面积近17×10⁴ km²。省境边缘群山环绕, 中南部丘陵起伏, 北部为鄱阳湖平原, 除赣北鄱阳湖冲积平原和吉泰盆地外, 其他多为山地、

丘陵, 约占全省总面积的70%。因此, 江西属典型的丘陵山区。本文以江西省为研究对象, 运用江西省食物生产的相关资料(1978~2003年), 探讨丘陵山区食物生产变化规律。

1 研究资料

研究资料来源于1979~2004年江西省统计年鉴资料、江西省气象年鉴资料。为了保证各类食物的可加性, 将各类食物产量均转化成能值(热量), 转换依据, 粮食为3590 kcal/kg, 油料为9000 kcal/kg, 糖料为3776 kcal/kg, 水果(鲜)为600 kcal/kg, 肉类为4684 kcal/kg, 牛奶为770 kcal/kg, 蛋类为1468 kcal/kg^[9]。文中的食物总量是食物总热量的

收稿日期(Received date): 2005-12-16; 改回日期(Accepted): 2006-04-07。

基金项目(Foundation item): 教育部人文社会科学研究规划基金项目成果(波动、效率与区域食物安全 05JA790069); 国家“十五”重点科技攻关计划项目(2001BA508B-15); 江西省“十五”社科规划项目(05y25)。[Foundation for Social Science Planning of the Ministry of Education of China (Fluctuation, Efficiency and Regional Food Security, 05JA790069); The Key Science and Technology Foundation Item of the National Five-year Plan of 10th (2001BA508B-15) Foundation Item of Social Science Planning of the Five-year Plan of 10th in Jiangxi Province 05y25]

作者简介(Biography): 吕爱清(1962-), 男, 江西人, 教授, 博士研究生, 主要从事食物安全与区域农业研究。[Lü Aiqing (1962-), male, was born in Jiangxi. Ph. D. candidate, Professor, Food security and regional agriculture. E-mail: jnjqing@163.com]

* 通讯作者(Corresponding author)卞新民(1952-), 男, 教授, 博士生导师。[Bian Xinmin (1952-), male, Professor, the Supervisor of Ph. D. candidate. E-mail: bjxm@sina.com]

简称,它是将各类食物产量转化成热量求和,再扣除食物转化过程中重复计算部分所得的数值。

2 研究方法

1 因子分析数学模型。因子分析的基本思想是通过对各变量的相关系数矩阵内部结构的分析,从中找出少数几个能控制原始变量的随机变量 $F_i = (i = 1, \dots, m)$,用它再现原始变量 X 众多分量 $x_i (i = 1, \dots, p)$ 之间的相关关系,达到简化变量降低维数的目的。通常针对变量作因子分析称为 R 型因子分析,其数学模型是^[10]

$$X_{p \times 1} = A_{p \times m} \cdot F_{m \times 1} + \epsilon_{p \times 1}$$

式中 X 为可实测的 p 维随机向量,它的每个分量代表一个指标或变量, $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)^T$ 为不可观测的 $m (m \leq p)$ 维随机向量,它的各个分量将出现在每个变量之中,所以称它们为公共因子,矩阵 A 称为因子载荷矩阵,向量 ϵ 称为特殊因子(此文忽略)。

2 食物波动研究方法。表征食物波动的指标选用了反映短期波动的波动指数及长期波动的变异系数,可用如下公式表示

$$v_{ij} = \frac{y_{ij} - y_{ij}^*}{y_{ij}} \quad 100\% \quad CV_i = \frac{s_i}{\bar{x}_i} \quad 100$$

式中 v_{ij} 为 j 类食物第 i 年的波动指数, y_{ij} 为 j 类食物第 i 年的实际产量, y_{ij}^* 为 j 类食物第 i 年的趋势产量;平均波动指数为历年波动指数的绝对值的平均数; CV_i 为 i 类食物(或地方)某时期内的变异系数(%), s_i 为样本标准差, \bar{x}_i 为样本平均数。

3 灰色关联分析的基本原理。设参考序列为

$$X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\},$$

比较序列为:

$$X_i = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\}$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

$$\xi_i(k) = \frac{\min_{i,k} \max_{i,k} |X_0(k) - X_i(k)| + \delta \min_{i,k} \max_{i,k} |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \delta \min_{i,k} \max_{i,k} |X_0(k) - X_i(k)|}$$

则比较数列 X_i 与参考数列 X_0 间在第 k 个时刻的灰色关联系数

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad k = 1, 2, \dots, n$$

取 n 个灰色关联系数的平均值,即为比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的灰色关联度 r_i 。

4 全要素相对生产率数学模型。以食物总量为食物生产输出变量,以劳动力、资金投入、灌溉面积、

化肥用量(折纯)、机械总动力、总种植面积等生产要素为食物生产输入变量,用 DEA 方法测度江西省食物生产全要素相对生产率。假设 n 个被评价的同类部门或单位,称为决策单元 DMU (Decision Making Units),每个决策单元都有 m 种输入及 s 种输出。全要素相对生产率 C^2R 模型^[11]

$$\begin{cases} \max \frac{u^T y_0}{v^T x_0} \\ s.t. \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{cases}$$

式中 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$, x_{ij} 为第 j 个决策单元对第 i 种类型输入的投入总量, $x_{ij} > 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$; $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$, y_{rj} 为第 j 个决策单元对第 r 种类型输出的产出总量, $y_{rj} > 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$; $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$, v_i 为对 i 种类型输入的一种度量(或称权); $u = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$, u_r 为对 r 种类型输出的一种度量(或称权)。

上述问题为分式规划,使用 Charnes-Cooper 变换转化为等价的线形规划^[12]

$$(P_{C^2R}) \begin{cases} \max \mu^T y_0 \\ s.t. \omega^T x_j - \omega^T y_1 \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ \omega^T x_0 = 1 \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

3 结果与分析

3.1 江西食物生产要素分析

3.1.1 生产要素驱动因子分析

选取化肥用量 X_1 、农村用电 X_2 、灌溉面积 X_3 、机械动力 X_4 、成灾面积 X_5 、劳动力 X_6 、种植面积 X_7 等七个食物生产要素,运用 SPSS 11.5 进行食物生产要素因子分析。

从表 1 可知江西食物生产要素多数变量之间存在高度的相关关系,正相关达到 0.001 显著水平的有:化肥用量与灌溉面积,机械动力与灌溉面积、化肥用量,农村用电与灌溉面积、化肥用量、机械动力等;成灾面积与劳动力负相关达到 0.001 显著水平,因此有必要进行因子分析。提取公因子后各变量的共同度都较大,化肥用量为 0.979 农村用电为 0.976 机械动力为 0.907 灌溉面积为 0.865 成灾面积为 0.803 等,说明因子分析的效果是显著的。从食物生产要素总方差分解情况看,旋转后因子载

表 1 江西食物生产要素相关系数矩阵

Table 1 Correlation Matrix of food production factors in Jiangxi

	劳动力	灌溉面积	化肥用量	机械动力	种植面积	成灾面积	农村用电
劳动力	1.000						
灌溉面积	-0.053	1.000					
化肥用量	-0.160	0.880	1.000				
机械动力	-0.332	0.791	0.855	1.000			
种植面积	0.165	0.177	0.319	-0.164	1.000		
成灾面积	-0.655	0.078	0.215	0.467	-0.338	1.000	
农村用电	-0.423	0.811	0.940	0.925	0.129	0.448	1.000
劳动力	0.398						
灌溉面积	0.217	0.000					
化肥用量	0.049	0.000	0.000				
机械动力	0.210	0.194	0.056	0.212			
种植面积	0.000	0.352	0.146	0.008	0.045		
成灾面积	0.016	0.000	0.000	0.000	0.265	0.011	
农村用电							

荷平方和中有两个最大的特征值分别 3.703、1.975, 且前两个主因子的累积贡献率已达到 81.109%, 因此提取两个主因子^[13]。

表 2 为旋转后的因子载荷矩阵, 从表 2 可以判定, 第一主因子 F_1 (投入因子) 主要由变量 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 决定, 它们在主因子上的载荷分别为: 0.988、0.956、0.922、0.886。同时由于第一主因子的贡献率已达 52.902%, 作为投入因子的化肥用量、农村用电、灌溉面积、机械动力可视为食物生产正向强驱动因子。第二主因子 F_2 (资源因子) 主要由变量 X_5 、 X_6 和 X_7 决定, 它们在主因子上的载荷分别为: -0.861、0.776、0.656。因为第二主因子的贡献率为 28.207%, 作为资源因子的劳动力、种植面积可视为食物生产正向次强驱动因子, 成灾面积为食物生产负向次强驱动因子。

表 2 江西食物生产因子载荷矩阵

Table 2 Component Matrix of food production in Jiangxi

项目	旋转后的因子载荷矩阵	
	第一主因子	第二主因子
化肥用量 X_1	0.988	0.053
农村用电 X_2	0.956	-0.251
灌溉面积 X_3	0.922	0.119
机械动力 X_4	0.886	-0.348
成灾面积 X_5	-0.211	-0.861
劳动力 X_6	0.248	0.776
种植面积 X_7	0.267	0.656
因子贡献率 (%)	52.902	28.207

旋转方法: 最大方差法旋转。

根据因子得分系数和原始变量的观测值可以计算出各个观测值的因子得分 (表 3), 再根据所计算的因子得分, 作出江西食物生产要素因子得分聚类图。从图 1、图 2 可知, 自 1978~2003 年大致可分为 3 种类型, 1978~1989 年为资源与投入因子双低类型, 此类型两因子偏低, 但投入因子逐步提高、资源因子波动上升, 食物生产总量呈现波动攀升。1990~1997 年、1999 年为资源与投入因子双高类型, 投入因子继续增加、资源因子稳定在较高水平, 食物生产总量攀升较快, 并维持较高水平。1998 年、2000~2003 年为投入因子高、资源因子偏低类型, 尽管投入因子保持较高水平, 但资源因子锐减, 食物总量连续下降, 这说明 2000 年以来食物生产总量连续下降, 其主要原因是资源因子锐减, 即劳动力、种植面积下降严重, 从 1999~2003 年劳动力减少了 90 万人, 占 8.49%; 总种植面积下降了 $89.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占 15.23%^[14]。因此, 要保证食物安全, 必须确保足够的种植面积和适当充足的劳动力, 同时合理配置生产要素, 单纯地依靠增加物质投入往往难以奏效。

因子得分模型

$$F_1 = 0.284x_1 + 0.250x_2 + 0.271x_3 + 0.222x_4 - 0.02x_5 + 0.06x_6 + 0.131x_7$$

$$F_2 = 0.111x_1 - 0.0053x_2 + 0.141x_3 - 0.110x_4 - 0.437x_5 + 0.395x_6 + 0.371x_7$$

$$\text{食物生产要素保障度, } F = \sum_{i=1}^n \omega_i F_i$$

$$F = 0.5290F_1 + 0.2821F_2$$

式中 F 为食物生产要素保障度; ω_i 为第 i 个主成分占总方差的百分数, F_i 为第 i 个主成分的因子得分。

表 3 江西食物生产要素因子得分

Table 3 Component score of food production factors in Jiangxi

年份	F1	F2
1978	-1.681	-1.082
1979	-1.507	-0.266
1980	-1.441	-0.361
1981	-1.433	-0.416
1982	-1.506	-0.190
1983	-0.881	0.054
1984	-0.796	0.708
1985	-0.719	-0.194
1986	-0.553	-0.341
1987	-0.375	0.366
1988	-0.295	0.231
1989	-0.101	0.536
1990	0.131	1.117
1991	0.313	1.407
1992	0.349	1.372
1993	0.319	0.533
1994	0.554	0.869
1995	0.834	0.789
1996	0.983	0.913
1997	1.183	0.710
1998	1.061	-1.094
1999	1.216	0.800
2000	1.054	-0.679
2001	1.097	-1.420
2002	1.148	-1.756
2003	1.044	-2.604

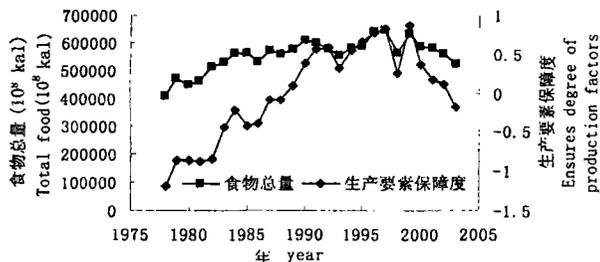


图 2 江西食物生产要素保障度与食物总量

Fig 2 Ensures degree of production factors and total food in Jiangxi

经分析 1978~2003 年江西食物生产总量与食物生产要素保障度呈现高度正相关 (γ 为 0.885), 从图 2 可知两者趋势较为一致, 尤其是 1991 年后两者更为吻合, 这也说明江西食物生产的好坏主要取决于生产要素保障度, 也就是说食物生产总量受生产要素投入驱动。1978~1997 年生产要素保障度逐步提高, 食物总量也逐步上升; 1999 年后食物生产要素保障度明显降低, 食物生产总量也随之减少。

3.1.2 食物总量指数回归模型

以食物总量为被解释变量, 生产要素 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ 为解释变量, 运用 C-D 生产函数, 通过逐步回归得:

$$Y_1 = 422653.1 X_1^{0.2025} X_5^{-0.0918}$$

其中回归分析调整 $R^2 = 0.8714$ 方程通过 F 测验, 参数估计值均通过 t 测验, 说明模型拟合性好, 食物生产总量主要由化肥用量 X_1 和成灾面积 X_5 等变量决定。

3.1.3 自然灾害因子分析

由于食物生产总量主要由化肥用量 x_1 和成灾面积 X_5 等变量决定, 现着重分析各类自然灾害对成灾面积的影响。选取洪涝灾害面积 Z_1 、干旱灾害面积 Z_2 、风雹灾害面积 Z_3 、低温灾害面积 Z_4 、洪涝绝收面积 Z_5 、干旱绝收面积 Z_6 、风雹绝收面积 Z_7 、低温绝收面积 Z_8 等八个自然灾害要素, 运用 SPSS11.5 进行自然灾害要素因子分析。

从江西自然灾害总方差分解情况看, 旋转后因子载荷平方和中三个最大的特征值分别为 2.665, 2.142 和 1.889, 且前三个主因子的累积贡献率已达到 83.704%, 因此提取三个主因子。

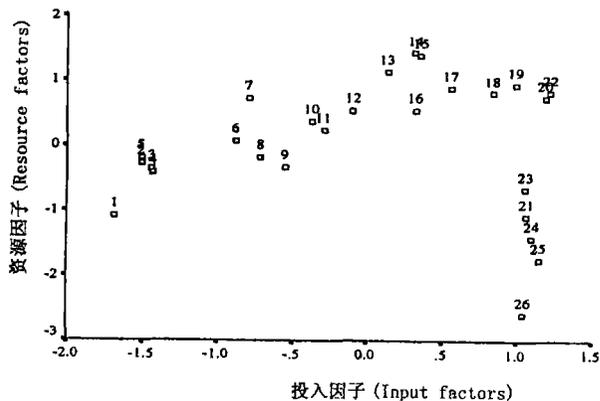


图 1 江西食物生产因子得分聚类图

Fig 1 Cluster of factor score of food production in Jiangxi (注: 图 1 中 1-26 分别对应 1978~2003 年)

表 4 江西自然灾害因子载荷矩阵

Table 4 Component Matrix of natural disasters in Jiangxi

变量	旋转后的因子载荷矩阵		
	第一主因子	第二主因子	第三主因子
低温绝收面积 Z_8	0.925	0.198	0.057
低温灾害面积 Z_4	0.862	0.232	0.098
洪涝绝收面积 Z_5	0.844	-0.221	0.157
洪涝灾害面积 Z_1	0.836	-0.429	-0.387
干旱灾害面积 Z_2	0.076	0.978	-0.033
干旱绝收面积 Z_6	0.046	0.921	-0.058
风雹灾害面积 Z_3	0.022	0.019	0.941
风雹绝收面积 Z_7	0.167	-0.104	0.901
因子贡献率 (%)	33.311	26.777	23.615

旋转方法: 最大方差法旋转。

表 4 为旋转后的因子载荷矩阵, 从表 4 可以判定, 第一主因子 (冷涝因子) 主要由变量 Z_1 、 Z_4 、 Z_5 和 Z_8 决定, 它们在主因子上的载荷分别为: 0.836

0.862, 0.844, 0.925。同时由于第一主因子的贡献率已达 33.311%, 作为冷涝因子的洪涝灾害面积 Z_1 、低温灾害面积 Z_4 、洪涝绝收面积 Z_5 和低温绝收面积 Z_8 可视为自然灾害的强驱动因子。第二主因子 (干旱因子) 主要由变量 Z_2 和 Z_6 决定, 它们在主因子上的载荷分别为: 0.978, 0.921; 同时由于第二主因子的贡献率已达 26.777%, 作为干旱因子的干旱灾害面积 Z_2 和干旱绝收面积 Z_6 可视为自然灾害的次强驱动因子。第三主因子 (风雹因子) 主要由变量 Z_3 和 Z_7 决定, 它们在主因子上的载荷分别为: 0.941, 0.901; 同时由于第三主因子的贡献率已达 23.615%, 作为风雹因子的风雹灾害面积 Z_3 和风雹绝收面积 Z_7 也可视为自然灾害的次强驱动因子。

3.2 江西食物生产波动分析

3.2.1 不同时段食物总量及各类食物波动分析

表 5 江西不同时段食物波动指数与变异系数 (%)

Table 5 Food fluctuation index and variation coefficient in Jiangxi province during different (Percent)

时段	指标	粮食波动	油料波动	糖料波动	水果波动	肉类波动	牛奶波动	蛋类波动	食物总量波动
1978~2003年	平均波动								
	指数	3.670	21.754	10.415	536.774	159.938			3.381
	变异系数	10.256	48.577	31.261	78.550	56.400			15.111
1991~2003年	平均波动								
	指数	3.539	4.918	6.194	23.410	6.034	7.889	17.810	3.039
	变异系数	5.855	14.572	23.285	41.352	16.077	51.002	33.231	6.406

从表 5 中 1978~2003 年江西省食物波动情况看, 不论是反映食物长期波动的变异系数, 还是短期波动的波动指数, 其变化幅度趋势是一致的, 各类食物生产的稳定性大致如下: 即粮食 > 糖料 > 油料 > 肉类 > 水果。在此基础上我们再对表 5 中 1991~2003 年江西省食物生产波动进行了分析, 通过分析发现, 最近 13 a (1991~2003) 食物生产状况明显好转, 食物种类及食物总量的长期波动及短期波动均明显降低, 生产稳定性增强, 食物总量平均波动指数、变异系数分别为 3.039%、6.406%。以 1991~2003 年江西食物平均波动指数为标准, 各类食物生产的稳定性大致如下: 粮食 > 油料 > 肉类 > 糖料 > 牛奶 > 蛋类 > 水果; 而以 1991~2003 年江西食物变异系数为标准, 各类食物生产的稳定性大致如下: 粮

表 6 江西食物生产波动与生产要素波动的灰色关联分析 (1978~2003)

Table 6 Grey relation analysis between food production fluctuation and production factors fluctuation in Jiangxi (1978~2003)

食物生产要素波动	关联度 (\bar{r}_i)	检验值 (μ_i)
农业劳动力波动	0.652	2.649
农业资金投入波动	0.635	2.224
灌溉面积波动	0.792	6.147
化肥用量波动	0.627	2.024
农业机械总动力波动	0.587	1.025
总种植面积波动	0.712	4.148

食 > 油料 > 肉类 > 糖料 > 蛋类 > 水果 > 牛奶, 综合考虑, 这说明从 1991 年后江西的三大主要食物 (粮

食、油料、肉类)生产稳定、安全性好。而牛奶、水果等属于提升生活质量的食物,江西尚处在发展初期,生产稳定性稍差,这是今后调整食物生产结构、膳食结构的重点,也是今后食物生产新的增长点。

3.2.2 食物生产波动与生产要素波动的灰色关联分析

只有当 $\mu_i \geq 1.96$ 时,才能认为第 i 个因素与参考序列是显著关联的^[15]。因此从表 6 可知,农业劳动力、农业资金投入、灌溉面积、化肥用量、总种植面积等食物生产要素的波动与同期食物生产波动具有显著关联性,其显著关联序为:灌溉面积波动 > 总种植面积波动 > 农业劳动力波动 > 农业资金投入波动 > 化肥用量波动,所以要保证食物生产,必须首先保障有效生产面积,而且在食物生产要素驱动因子分析中也证明了这一点。

3.2.3 食物波动指数与食物生产全要素相对生产率 (TFRP) 分析

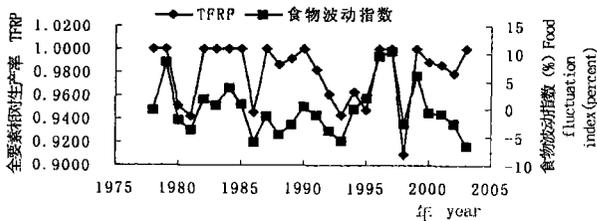


图 3 1978~2003年江西食物波动指数与全要素相对生产率 (TFRP)

Fig 3 Food fluctuation index and TFRP in Jingxi (1978~2003)

分析图 3 可知,1978~2003年江西食物波动指数与全要素相对生产率 (TFRP) 的走势基本一致,且表现为食物波动平稳或食物波动呈较大正波动时全要素相对生产率 (TFRP) 较高,生产要素配置合理,如 1978、1979、1982、1983、1984、1985、1987、1990、1996、1997、1999 年等,而 1996、1997 年两者更为吻合;但食物波动呈较大负波动时全要素相对生产率 (TFRP) 往往偏低,如 1981、1986、1993、1998 年等,这说明食物波动与食物生产效率关系较为密切。

4 结论

1978~2003年江西食物生产总量与食物生产要素保障度呈现高度正相关 ($r = 0.885$),这表明江

西食物生产总量受生产要素投入驱动,资源因子锐减是导致 2000~2003 年江西食物总量下降的主要原因。

食物生产自然灾害因子分析表明,洪涝灾害面积、低温灾害面积、洪涝绝收面积和低温绝收面积是导致自然灾害的强驱动因子,干旱灾害面积、干旱绝收面积、风雹灾害面积和风雹绝收面积是导致自然灾害的次强驱动因子。

农业劳动力、农业资金投入、灌溉面积、化肥用量、总种植面积等食物生产要素的波动与同期食物生产波动具有显著关联性,其显著关联序为:灌溉面积波动 > 总种植面积波动 > 农业劳动力波动 > 农业资金投入波动 > 化肥用量波动。

1978~2003年江西食物波动指数与全要素相对生产率 (TFRP) 的走势基本一致,且表现为食物波动平稳或食物呈较大正波动时全要素相对生产率 (TFRP) 较高,生产要素配置合理;而食物呈较大负波动时全要素相对生产率 (TFRP) 往往偏低。

参考文献 (References)

- [1] Lu Liangshu. New trend of agricultural development and food security in China[J]. *Engineering Science*, 2005, 7(4): 11~12 [卢良恕. 中国农业新发展与食物安全新动态 [J]. 中国工程科学, 2005, 7(4): 11~12]
- [2] Fu Zeqiang, Cai Yunlong. Situation of world food security and China's countermeasures[J]. *Journal of China Population, Resources and Environment*, 2001, 11(3): 45~49 [傅泽强, 蔡运龙. 世界食物安全态势及中国对策 [J]. 中国人口·资源与环境, 2001, 11(3): 45~49]
- [3] Wang Hanzhong. Food security should be strengthened in China[J]. *Review of Science and Technology*, 2004, 9: 19~20 [王汉中. 从重视粮食安全提升为树立科学的食物安全观 [J]. 科技导报, 2004, 9: 19~20]
- [4] Fu Zeqiang, Cai Yunlong, Yang Youxiao. Food security base in China: a quantitative evaluation approach[J]. *Journal of Geographical Research*, 2001, 20(5): 555~563 [傅泽强, 蔡运龙, 杨友孝. 中国食物安全基础的定量评估 [J]. 地理研究, 2001, 20(5): 555~563]
- [5] Li Daoliang, Fu Zetian. Case study on sustainable food security in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2000, 5(4): 11~14 [李道亮, 傅泽田. 我国可持续食物安全的实证研究 [J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 11~14]
- [6] Chen Bainig. On the comprehensive productive capacity and food security of future agricultural resources in China[J]. *Journal of Geographical Research*, 2002, 21(3): 294~304 [陈百明. 未来中国的农业资源综合生产能力与食物保障 [J]. 地理研究, 2002, 21(3): 294~304]
- [7] Li Lijun, Chu Qinguan, Yu Xinling. Food demand of well-off soci-

- ety in China in 2020 [J]. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2004 6(3): 57 ~ 62 [李立军, 褚庆全, 于心岭. 2020 年中国全面小康社会食物需求研究 [J]. 中国农业科技导报, 2004 6(3): 57 ~ 62]
- [8] Wu Shaohong Li Rongsheng Food demand ensure and counter measures for China in the next 30 years [J]. *Progress in Geography*, 2002 21(2): 121 ~ 129 [吴绍洪, 李荣生. 中国耕地与未来 30 年食物需求、保障及对策 [J]. 地理科学进展, 2002 21(2): 121 ~ 129]
- [9] Research Organize of Food Development Strategic in China The China Food Development Strategic Research in Long-term and Mid-term [M]. Beijing Publishing House of Agricultural 1991 12 31, 162 [中国中长期食物发展战略研究课题组. 中国中长期食物发展战略研究 [M]. 北京: 农业出版社, 1991 12 31, 162]
- [10] Hao Liren, Fan Yuan, Hao Zheou *et al* SPSS of Practical Statistics and Analysis [M]. Beijing Publishing House of Water Conservancy and Water Power in China 2003. 305 ~ 315 [郝黎仁, 樊元, 郝哲欧, 等. SPSS 实用统计分析 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003 305 ~ 315]
- [11] Qin Soukang Fu Ronglin, Liang Dahong *et al* Synthesize Assessment Principle and Application [M]. Beijing Publishing House of Electronics Industry, 2003 46 ~ 61 [秦寿康, 傅荣林, 梁达宏, 等. 综合评价原理与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003 46 ~ 61]
- [12] Chames A., Cooper W. W., *et al* Measuring the efficiency of decision make units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978 6(5): 429 ~ 444
- [13] Lu Wendai Zhu Xili Sha Ji *et al* Statistics Analyses of SPSS for Windows [M]. Beijing Publishing House of Electronics Industry, 2004 322 ~ 330 [卢纹岱, 朱一力, 沙捷等. SPSS for Windows 统计分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004 322 ~ 330]
- [14] Huang Guoqin Food production and food security in Jiangxi province [J]. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2004 6(4): 28 ~ 32 [黄国勤. 江西粮食生产与粮食安全 [J]. 中国农业科技导报, 2004 6(4): 28 ~ 32]
- [15] Zhuang Hengyang Statistical test of the relational analysis in Grey System [J]. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 1996 12(3): 168 ~ 171 [庄恒扬. 灰色系统关联分析统计检验方法 [J]. 农业系统科学与综合研究, 1996 12(3): 168 ~ 171]

The Changing Patterns of Food Production in Hilly Region in Jiangxi Province

LÜ Aiqing^{1, 2}, QU Aobao², BIAN Ximin¹, DU Guoping², CHEN Luyang²

(1. College of Agronomy, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095 China;

2 Yichun University, Yichun 336000 China)

Abstract The guarantee degree of food production factors present high positive correlation ($r=0.885$) with the total food from 1978 to 2003 in Jiangxi which shows that Jiangxi's total food is affected by the input of food production factors such as labor and fertilizer. The sharply decline resource factors led to the descent of total food production in Jiangxi from 2000 to 2003. Nature disasters factors in Jiangxi are also studied. The analysis show that the areas of flood of low temperature and of zero gain of flood and low temperature are first strong driving factors of the natural disasters. The areas of drought of wind-hail land of zero gain of drought and wind-hail are second. There are significant relationships between fluctuation of the food production and that of the food production factors at the same period such as irrigated areas, agricultural laborers, and etc. The affects of factors are decreased as follows: irrigated area > total plant area > agricultural laborers > input of agricultural capital > consumption of chemical fertilizer. The tendency of food fluctuation index is almost the same with the total factor relative productivity (TFRP) from 1978 to 2003. TFRP is higher when food fluctuation is steady or high positive, which means the production factors are arranged reasonably. Otherwise, TFRP is lower when food shows intense negative fluctuation.

Key words food fluctuation; natural disasters; factor analysis; Grey Relation Analysis; total factor relative productivity