

基于层次分析法的江西省可持续食物安全评价^①

吕爱清^{1,2}, 卞新民^{1*}

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

摘要: 选取化肥用量等 23 个指标, 采用层次分析法测算江西省可持续食物安全度。结果表明, 1978—2003 年江西省可持续食物安全度逐步提高, 目前食物处于安全水平。江西省食物生产因子、资源禀赋因子和气候因子安全水平较高, 对食物安全较有保障; 食物保障因子和社会经济因子安全水平偏低, 是可持续食物安全的薄弱环节; 可持续环境因子的安全水平正逐步加强, 有利于提高可持续食物安全度。

关键词: 可持续食物安全; 评价; 层次分析; 实证研究

中图分类号: F224.0; F323.21

食物安全的基本概念是在 20 世纪 70 年代初期由于世界性粮食危机而提出的。随着食物安全概念的提出, 食物安全一直是相关学者研究的热点。Alana Boland 认为中国未来能否养活自己决定于政治、经济等多种因素^[1]。我国最初关注的是粮食安全, 学术界作了大量探讨, 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, 因此学者们转为关注食物安全, 涉及的主要内容可归纳为 4 个方面: 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^[2-4]; 二是进行食物安全状况的实证研究、定量评估及可持续食物安全的综合评判^[5-7]; 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^[8-10]; 四是耕地数量、质量的综合评价^[11-13]。具体地说, 中国耕地资源保护和食物安全保障面临“耕地资源保护的难度越来越大、农产品稳定供给的任务越来越艰巨、食物质量安全保障的压力越来越重、建立农业可持续发展机制的要求越来越紧迫等”4 大难题^[14]。李鹏等^[15]通过构建剩余供给能力指标, 对当前中国食物保障状况进行了评价和分析。徐梦洁^[16]就区域农业可持续发展评价指标体系进行了探讨, 提出了食物安全保障度、经济发展、环境保护与治理等综合评价内容及相应的指标体系。食物消费状况是影响食物安全的重要因素, 徐义田等^[17]运用核主成分分析法分析了全国 31 省市食物消费水平。章家恩^[18]对土壤生态健康的诊断评价

指标体系及其对食物安全的作用进行了论述。李天杰等^[19]在综合分析了国内外土地质量评价、农业生产能力及粮食安全相关研究现状及其发展趋势的基础上, 结合当前正在开展的国家农用地分等工作, 探讨了基于农用地分等成果估算粮食生产能力的方法, 提出了保障国家食物安全的思路与指标体系。李植斌等^[20]对浙江省耕地资源供给与需求进行了预测, 根据人口增长对粮食的需求态势, 对未来耕地安全保障程度和耕地需求中存在的问题进行了分析, 建立了耕地资源安全评价指标体系, 并对未来耕地资源安全状态进行了评价。本文将食物安全与可持续性相结合, 旨在研究江西省可持续食物安全度。

1 研究资料与方法

研究数据来源于 1979—2004 年江西省统计年鉴资料、江西省气象年鉴资料、江西环境保护网 (www.jxepb.gov.cn) 环境状况公报资料等。选取了化肥用量、灌溉面积、动物性食品比例、森林覆盖率、食物总量等 23 个食物安全要素, 运用层次分析法 (AHP) 分析江西省可持续食物安全度。考虑到江西化肥用量 (折纯) 目前仍低于全国平均水平 (2003 年全国为 289 kg/hm²、江西为 222 kg/hm²; 1978—2003 年全国平均为 181 kg/hm²、江西平均为 142 kg/hm²), 增加化肥投入尚有增产空间, 所以目前仍视为正向指标, 而对成灾面积、年降雨量、恩格尔系数、水土流

^①基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目 (波动、效率与区域食物安全 05JA790069)、国家“十五”重点科技攻关计划课题 (东南丘陵区优质高效种植业结构模式与技术研究 2001BA508B-15)、江西省“十五”社科规划项目 (江西粮食风险演替规律及对策研究 05yj25) 和宜春市农业重点科技计划项目 (JXYC2005KNA011) 共同资助。

* 通讯作者: (bjxlml@sina.com)。

作者简介: 吕爱清 (1962—), 男, 江西丰城人, 博士研究生, 教授, 主要从事食物安全与区域农业研究。E-mail: jxnaiqing@163.com

失面积、废水排放量、SO₂和NO_x等逆向指标则取其倒数运算。

2 指标选取原则及评价指标体系

2.1 指标选取原则

食物安全评价指标体系应遵循如下原则：①整体性原则：从不同侧面、不同层次反映和衡量食物安全的特征特性，并兼顾社会、经济、环境等方面；②可获得性及可比性原则：即指标数据可以通过统计年鉴或相关权威部门获得，并具有相应的可比性；③简要性原则：指标体系要层次分明、简明扼要、指标内涵清晰、相对独立等^[6, 21-22]。

2.2 评价指标体系

根据上述原则，建立江西省可持续食物安全评价指标体系（表1）。

表1 江西省可持续食物安全评价指标体系

Table 1 Assessment index system of sustainable food safety in Jiangxi

评价目标	评价因子	评价指标
可持续食物安全度 S	食物生产因子 A ₁	B ₁ 化肥用量 (10 ⁴ t)
		B ₂ 灌溉面积 (10 ³ hm ²)
		B ₃ 资金投入 (10 ⁸ 元)
		B ₄ 农业机械动力 (10 ⁴ kW)
	资源禀赋因子 A ₂	B ₅ 耕地面积 (10 ³ hm ²)
		B ₆ 总种植面积 (10 ³ hm ²)
		B ₇ 农业劳动力 (10 ⁴ 人)
	食物安全保障因子 A ₃	B ₈ 食物总量 (10 ¹² J)
		B ₉ 人均粮食占有量 (kg)
		B ₁₀ 食物稳定性
		B ₁₁ 全要素相对生产率
		B ₁₂ 动物性食品比例
		B ₁₃ 成灾面积 (10 ³ hm ²)
气候因子 A ₄	B ₁₄ 年日照时数 (h)	
	B ₁₅ 年均温度 (°C)	
	B ₁₆ 年降雨量 (mm)	
社会经济因子 A ₅	B ₁₇ 农产品价格指数	
	B ₁₈ 恩格尔系数	
可持续环境因子 A ₆	B ₁₉ 森林覆盖率	
	B ₂₀ 水土流失面积 (10 ³ hm ²)	
	B ₂₁ 废水排放量 (10 ⁸ t)	
	B ₂₂ SO ₂ (mg/m ³)	
	B ₂₃ NO _x (mg/m ³)	

注：未标注单位的为无量纲指标。

3 可持续食物安全的实证分析

3.1 权重确定与可持续食物安全度测算

经专家打分及计算，第二、第三层各项指标对目标层的权重向量如下：

$$w^{(2)} = (w_{A_1}, w_{A_2}, w_{A_3}, w_{A_4}, w_{A_5}, w_{A_6})^T \\ = (0.351, 0.203, 0.149, 0.097, 0.106, 0.094)^T$$

$$w^{(3)} = (w_{B_1}, w_{B_2}, w_{B_3}, \dots, w_{B_{23}})^T \\ = (0.1225, 0.0885, 0.0870, 0.0520, 0.0711, 0.0711, \\ 0.0609, 0.0592, 0.0222, 0.0225, 0.0150, 0.0153, \\ 0.0148, 0.0435, 0.0340, 0.0195, 0.0639, 0.0421, \\ 0.0333, 0.0241, 0.0189, 0.0090, 0.0087)^T$$

经分析第三层指标对目标层的权重序如下：B₁>B₂>B₃>B₅>B₆>B₁₇>B₇>B₈>B₄>B₁₄>B₁₈>B₁₅>B₁₉>B₂₀>B₁₀>B₉>B₁₆>B₂₁>B₁₂>B₁₁>B₁₃>B₂₂>B₂₃；其中以B₁、B₂、B₃、B₅、B₆、B₁₇、B₇和B₈等指标对目标层影响较大，即可持续食物安全度主要由食物生产因子和资源禀赋因子所决定，同时农产品价格及食物总量的影响也较大。评价指标基础信息表明（表2），上述8个指标较具代表性，其标准差较为适中，既反映了年度数据的差异性，同时差异又不悬殊，不会导致评价结果的大起大落。

可持续食物安全度是食物生产、资源禀赋、食物安全保障、气候、社会经济、可持续环境状况等因子的权和。根据下式，可以计算出江西省可持续食物安全度（表3）。

$$s_i = \sum_j^{22} w_{B_j} z_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中，s_i为对象i的综合分（可持续食物安全度），w_{B_j}为第j个指标的权重值，Z_{ij}为对象i第j个指标的相对值，n为对象总数^[22]。影响食物安全的任一因素，属于安全与否的程度构成一个模糊集合，其隶属函数取值于[0, 1]之间。根据隶属度μ的大小，设定：0.9≤μ≤1.0为很安全；0.8≤μ<0.9为安全；0.7≤μ<0.8为较安全；0.6≤μ<0.7为基本安全；μ<0.6为不安全^[6]。

表3评价结果表明，1978—2003年江西省可持续食物安全度逐步提高。1978—1983年为基本安全，1984—1993年为较安全，1994—2003年为安全，说明江西省目前食物处于安全水平。

3.2 评价因子的变化规律

表3数据表明，食物生产因子的安全水平明显提高，从1978—1988年的不安全状态逐步过渡到1997年、1999—2003年的很安全状态，说明江西省食物生

表 2 23 个评价指标基础信息 (1978—2003 年)

Table 2 Basic information of 23 assessment indexes

项目	最低值	最高值	平均值	标准差
化肥用量 (10^4 t)	22.95	120.40	78.03	31.432
灌溉面积 (10^3 hm ²)	1588.70	1903.40	1752.11	91.954
资金投入 (10^8 元)	12.16	140.50	66.99	48.678
机械动力 (10^4 RW)	261.93	1220.50	633.20	244.786
耕地面积 (10^3 hm ²)	2106.20	2399.80	2239.92	73.586
总种植面积 (10^3 hm ²)	4997.40	6037.60	5437.17	233.249
农业劳动力 (10^4 人)	968.70	1224.20	1039.04	72.924
食物总量 (10^{12} J)	412967.21	711726.97	568906.12	76071.594
人均粮食 (kg)	340.91	448.01	389.60	27.520
食物稳定性	0.83	1.10	0.97	0.076
全要素相对生产率	0.91	1.00	0.95	0.026
动物食品比例	3.03	15.12	9.07	4.410
成灾面积 (10^3 /hm ²)	168.67	2185.10	844.55	418.618
年日照时数 (h)	1274.70	1786.30	1478.72	127.416
年均温度 (°C)	16.50	18.40	16.79	0.381
年降雨量 (mm)	1218.80	2193.80	1601.82	272.340
农产品指数	79.50	165.10	110.79	21.165
恩格尔系数	47.01	65.79	56.21	4.831
森林覆盖率	32.70	60.50	43.19	10.467
水土流失面积 (10^3 hm ²)	30.80	46.20	36.96	4.675
废水排放量 (10^8 t)	7.51	11.87	9.04	1.297
SO ₂ (mg/m ³)	0.03	0.06	0.04	0.007
NO _x (mg/m ³)	0.02	0.03	0.02	0.004

产要素投入较有保障。资源禀赋因子 1978—1999 年安全水平呈现高位波动现象, 属于很安全水平, 其中以 1990—1992 年安全水平最高, 但从 2000 年开始安全水平逐年下降, 且下降速度较快, 这主要是因为: ①人均耕地减少 (2000 年为 0.054 hm²、2001 年为 0.053 hm²、2002 年为 0.051 hm²、2003 年为 0.050 hm², 从 2002 年起已低于联合国粮农组织所规定的人均耕地 0.053 hm² 的警戒线); ②食物生产比较效益偏低, 农民生产积极性下降, 总种植面积相应减少以及农民外出务工增多, 农业劳动力减少, 2003 年比 1999 年劳动力减少了 90 万人, 占 8.49%。食物保障因子安全水平大部分年份在较安全与安全水平之间波动, 且 2000 年后安全水平逐年下降, 这说明江西省食物安全保障还需进一步提高。气候因子安全水平大部分年份处于安全和很安全状态, 这主要是因为江西气候温暖、光照充足、雨量充沛, 其日照时数约 1500~2000 h, 年平均温度 $17.7\sim 18.6$ °C, 全年 >10 °C 积温 4500~5400°C, 年降雨量 >1600 mm^[23]。社会经济因子安

全水平以 1995 年最高 (0.9142), 属很安全水平, 这主要得益于 1994 年的粮食改革; 其他年份在基本安全、较安全和安全水平之间波动, 且以基本安全、较安全为主, 说明江西省社会经济因子安全水平偏低。食物保障因子和社会经济安全水平偏低是江西省可持续食物安全的薄弱环节, 今后应加强制度安排, 构建和谐社会, 提高社会经济保障水平; 同时应提高食物生产效率, 减轻灾害损失。可持续环境因子的安全水平 1978—1980 年为安全水平, 1981—1997 年下降为较安全水平, 1998—2003 年上升为安全水平, 说明江西省食物生产可持续能力正逐步加强, 这主要是因为江西省森林覆盖率提高 (由 1978 年的 32.7% 上升为 2003 年的 60.5%)、水土流失面积减少 (由 1989 年的 4.62×10^4 hm² 下降为 2003 年的 3.35×10^4 hm²), 生态环境有所改善等。然而, 我们也应清醒地认识到资源禀赋因子和食物保障因子的安全水平自 2000 年起呈同步下降趋势, 且下降速度较快, 这对保障江西省可持续食物安全是不利的。

表 3 江西省可持续食物安全度
Table 3 Sustainable food safety levels in Jiangxi

年份	食物生产因子	资源禀赋因子	食物保障因子	气候因子	社会经济因子	可持续环境因子	可持续食物安全度
1978	0.3377	0.9179	0.6018	0.9821	0.6489	0.8280	0.6379
1979	0.3762	0.9283	0.6790	0.9262	0.7548	0.8108	0.6684
1980	0.3994	0.9288	0.6420	0.8528	0.8218	0.8032	0.6696
1981	0.4009	0.9374	0.6564	0.8390	0.7454	0.7867	0.6634
1982	0.4283	0.9416	0.7174	0.7850	0.7022	0.7783	0.6724
1983	0.4576	0.9414	0.7339	0.8838	0.7205	0.7529	0.6942
1984	0.4720	0.9366	0.8468	0.8562	0.7031	0.7423	0.7097
1985	0.4990	0.9186	0.7732	0.8919	0.7273	0.7281	0.7091
1986	0.5353	0.9220	0.7345	0.9668	0.7378	0.7215	0.7246
1987	0.5614	0.9315	0.8020	0.8558	0.7484	0.7184	0.7353
1988	0.5918	0.9288	0.7796	0.8889	0.8108	0.7060	0.7504
1989	0.6101	0.9461	0.7997	0.8165	0.8184	0.7127	0.7575
1990	0.6583	0.9689	0.8317	0.8943	0.7023	0.7157	0.7802
1991	0.6926	0.9799	0.8231	0.8844	0.6450	0.7198	0.7868
1992	0.6960	0.9701	0.8034	0.8606	0.6742	0.7086	0.7824
1993	0.7098	0.9370	0.7925	0.8531	0.7345	0.7242	0.7859
1994	0.7937	0.9474	0.8382	0.7821	0.8776	0.7441	0.8334
1995	0.8510	0.9442	0.8536	0.8798	0.9142	0.7476	0.8689
1996	0.8896	0.9417	0.9127	0.8729	0.7647	0.7567	0.8760
1997	0.9255	0.9317	0.9167	0.7792	0.6872	0.7987	0.8743
1998	0.8899	0.9082	0.7996	0.8460	0.6486	0.8138	0.8439
1999	0.9187	0.9308	0.8931	0.8582	0.6356	0.8586	0.8769
2000	0.9014	0.8972	0.8354	0.8105	0.6679	0.8763	0.8557
2001	0.9320	0.8871	0.8206	0.9115	0.7441	0.8765	0.8799
2002	0.9624	0.8637	0.7994	0.8046	0.7665	0.8718	0.8738
2003	0.9465	0.8349	0.7749	0.9681	0.7644	0.8779	0.8755

4 小结

(1) 1978—2003 年江西省可持续食物安全度逐步提高, 目前食物处于安全水平。

(2) 江西省食物生产因子、资源禀赋因子和气候因子安全水平较高, 对食物安全较有保障; 食物保障因子和社会经济因子安全水平偏低, 是可持续食物安全的薄弱环节; 可持续环境因子的安全水平正逐步加强, 有利于提高可持续食物安全度。

参考文献:

- [1] Dilley M, Boudreau TE. Coming to terms with vulnerability: A critique of the food security definition. *Food Policy*, 2001, 26 (3): 229-247
- [2] 卢良恕. 我国的食物安全体系及阶段食物安全目标. *农业产业化*, 2004 (4):11-12
- [3] 傅泽强, 蔡运龙. 世界食物安全态势及中国对策. *中国人口·资源与环境*, 2001, 11 (3): 45-49
- [4] 王汉中. 从重视粮食安全提升为树立科学的食物安全观. *科技导报*, 2004, 9: 19-20
- [5] 傅泽强, 蔡运龙, 杨友孝. 中国食物安全基础的定量评估. *地理研究*, 2001, 20 (5): 555-563
- [6] 李道亮, 傅泽田. 我国可持续食物安全的实证研究. *中国农业大学学报*, 2000, 5 (4): 11-14
- [7] Xia J, Liu MY, Jia SF. Water security problem in north China: Research and perspective. *Pedosphere*, 2005, 15(5): 563-575
- [8] 陈百明. 未来中国的农业资源综合生产能力与食物保障. *地理研究*, 2002, 21 (3): 294-304
- [9] 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. *中国农业科技导报*, 2004, 6 (3): 57-62
- [10] 吴绍洪, 李荣生. 中国耕地与未来 30 年食物需求、保障及对策. *地理科学进展*, 2002, 21 (2): 121-129
- [11] 贺秀斌, 文安邦, 张信宝, 朱波. 农业生态环境评价的土壤侵蚀退耦指标体系. *土壤学报*, 2005, 42 (5): 852-856

- [12] 檀满枝, 陈杰, 张学雷, 孙燕瓷, 黄辉. 南京市近 20 年城镇用地扩展对土壤资源数量和质量的影响. 土壤学报, 2005, 42 (6): 896-903
- [13] 王辉, 董元华, 安琼. 南京市郊区蔬菜地土壤环境质量评价. 土壤, 2005, 37 (3): 295-298
- [14] 张宝文. 中国耕地资源与食物安全保障面临四大难题. 农业装备技术, 2005, 31 (5):1
- [15] 李鹏, 谭向勇, 王玉斌. 从食物保障状况看中国当前粮食安全. 中国农村经济, 2005 (6): 4-10
- [16] 徐梦洁. 区域农业可持续发展评价指标体系初探. 农业系统科学与综合研究, 1998, 14 (4): 313-316
- [17] 徐义田, 王来生. 全国 31 省市食物消费水平的核主成分分析. 统计与决策, 2005 (1 下): 69-71
- [18] 章家恩. 土壤生态健康与食物安全. 云南地理环境研究, 2004, 16 (4): 1-4
- [19] 李天杰, 鄢文聚, 赵焯, 程锋, 陈桂坤, 杨玲, 李文利. 土地质量、生产能力与粮食安全相关研究的现状及展望. 资源与产业, 2006, 8 (1): 19-23
- [20] 李植斌, 吴绍华. 浙江省耕地资源的安全保障与评价. 国土资源科技管理, 2005, 22 (1): 8-11
- [21] 杨林华, 马文杰. 基于主成分分析的湖北省粮食可持续发展能力评价. 黄冈职业技术学院学报, 2005, 7(1): 37-40
- [22] 秦寿康, 傅荣林, 梁达宏. 综合评价原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2003: 40-61
- [23] 赵其国. 建设江西优质粮仓 确保国家粮食安全. 土壤, 2005, 37 (3): 225-229

Analytic-Hierarchy-Process-Based Assessment of Sustainable Food Safety in Jiangxi Province

LV Ai-qing^{1,2}, BIAN Xin-min¹

(1 College of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2 College of Agronomy, Yichun University, Yichun, Jiangxi 336000, China)

Abstract: Sustainable food safety in Jiangxi was assessed using the analytic hierarchy process (AHP) based on consumption of chemical fertilizers and other 22 indexes available. Results showed that it was increasing during the period of 1978—2003, and currently the food is safe. The province is quite high in safety level in terms of food production, resources and climate, which in turn provide some guarantee to food safety. However, the safety levels of its food guarantee factor and socio-economy factor are little bit lower, and the weakest links of sustainable food safety. The factor sustainable environment is rising in its safety level, which is contributive to enhancing sustainable food safety in Jiangxi.

Key words: Sustainable food security, Assessment, Analytic hierarchy process (AHP), Case study