

东南红壤丘陵地区农业可持续发展研究^{*}

赵其国¹ 徐梦洁² 吴志东¹

(1 南京土壤研究所, 南京 210008 2 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

摘要 针对东南红壤丘陵区域的农业发展状况, 以区域 PRES D 系统构型方法对区域的人口、资源、环境、社会和经济等子系统逐一分析, 在此基础上提出了农业可持续发展评价指标体系, 对其 1988~1996 年间的农业发展可持续程度进行评价, 并将评价结果与此前利用遥感等手段取得的评价结果对比, 结果基本吻合, 验证了指标体系的适用性以及红壤地区农业面临的最重要的环境障碍—水土流失问题, 并因此提出了对策和措施。

关键词 东南红壤丘陵, 农业, 可持续发展

中图分类号 S11

区域是一个复杂的巨系统^[1], 它包含了包括人类社会本身及与人类社会有关的各种因素^[2], 根据这些因素的基本特征, 可将其概括为人口(P)、资源(R)、环境(E)和社会经济(S)四大类。四要素及其发展(D)之间的相互作用所形成的各种关系, 基本涵盖了区域持续发展系统中所有物质、能量、信息和关系, 能对区域持续发展进行全面的描述和揭示。目前实证性的区域持续发展研究尚处于起步阶段, 内容并无实质性进展^[3]。由基本要素及其发展构成的区域 PRES D 复合系统, 是区域持续发展的研究对象, 而区域持续发展研究的主要内容就是揭示区域 PRES D 系统人口、资源、环境、和社会经济各要素功能、结构、动态变化和相互作用关系, 并在此基础上探讨保证区域协调持续发展的战略、措施及调控^[4]。

我国东南红壤丘陵地区, 地处热带、亚热带, 包括长江流域的大部分及其南部, 跨南方 10 个省(区)(琼、桂、粤、赣、湘、闽、浙、鄂、苏、皖), 619 个县(市), 土地面积 113 万平方公里, 占全国土地总面积的 11.8%, 人口约占全国的 30%。本区是我国热带、亚热带经济林果、经济作物及名贵药材等名、特、优创汇产品的重要生产基地, 但是由于长期以来对土地资源不合理的开发与利用, 农业发展滞后和土地退化成为本区发展最大的制约因素。本文针对土地资源的综合开发与生态环境建设问题, 采用系统的观点, 以区域 PRES D 系统构型方法, 对人口、资源、环境与经济发展(PRES D)系统各子系统逐一分析, 并对全区农业可持续发展能力进行评价, 从而提出相对的对策与建议。

* 本研究属国家自然科学基金项目(基金批准号: 49631010)

收稿日期: 2000-01-04; 收到修改稿日期: 2000-03-25

1 区域农业发展概况

1.1 自然资源的优势与特点

东南红壤丘陵区是我国农业生产和经济发展潜力最大的地区之一。在本区生物循环再生和土地更新能力强,全年都能发展种植业,有利于多熟制立体种植的发展。全区平均复种指数为 199(浙江高达 247),尚可进一步提高。以光、温、水为指标的气候生产潜力平均达 51 吨/公顷·年,分别是三江平原的 2.63 倍,黄土平原的 2.66 倍,黄淮海平原的 1.28 倍。而目前大面积种植业平均产量仅为气候生产潜力生产量的 20% 左右。本区尚有 2000 万公顷未开发的山丘荒地(其中 1000 万公顷宜植树造林,400 万公顷可用于农耕)、1600 万公顷低丘岗(台)地(是近期开发条件相对较好的资源)和 30% 左右的水域面积以及河湖、滩地和 640 万公顷的东海、南海滩涂等重要后备资源可供开发利用。

本区生态与环境条件多样,适宜热带、亚热带农业的综合发展。本区是我国热带亚热带经济林果、经济作物及名贵药材等名特优创汇产品的重要生产基地,具有巨大的特色生物产品贡献能力(表 1)。它还是全国屈指可数的可供未来规模经济开发的商品建设基地,其潜在的经济贡献必将通过综合开发产生巨大的社会影响。

表1 东南红壤丘陵区热带、亚热带经济作物及水果产品对全国的贡献率

Table 1 National contribution rate of cash crops and fruits of the red soil upland region in Southeast China

水果	香蕉	苹果	柑桔	梨	葡萄	菠萝	红枣	柿子
Fruits	Banana	Apple	Orange	Pear	Grape	Pineapple	JuJube	Persimmon
贡献率(%)	95.83	4.12	73.15	18.92	2.90	93.88	6.96	31.89
经济作物	橡胶	咖啡	椰子	油棕	腰果	香料	剑麻	
Commercial crops	Rubber	Coffee	Coconut	Oil palm	Cashew	Spice	Sisal hemp	
贡献率(%)	63.49	20.64	100.00	100.00	99.76	46.16	99.86	

1.2 社会经济概况

首先东南红壤丘陵区农村综合经济实力近年逐渐增强,1988年至1996年农林牧渔业产值由 2537 亿元增长到 10604 亿元,按可比价格计算,年均增长率为 8.51%,其中东南沿海地区、珠江三角洲以及杭州湾地区的农村经济发展势头强劲,是我国农村综合实力百强县的密集分布区;其次产业结构进一步优化,乡镇企业总产值占农村社会总产值比重逐步上升,有些地区非农产值已占农村社会总产值的 90% 以上,产业结构由种植型为主向大农业和非农产业型过渡;第三,人均收入水平提高,1988 年本区农村人均年纯收入为 619 元,1996 年达到 2320 元,按可比价格计算,年递增率为 7.01%。贫困地区和人口逐渐减少。

2 区域 PRES D 系统要素分析

2.1 人口子系统

从 1988 年到 1996 年本区总人口从 4.43 亿增长到 4.89 亿,农业人口从 3.62 亿增长到 3.79 亿,对应的城市化水平由 18.26% 提高到 22.39%,但各省人口密度、城市化水平以及 1988 至 1996 年人口年均增长率存在诸多差别。1996 年总人口最多的是江苏省,达到 6908.1 万,占全区的 14.13%,总人口最少的是海南省,人口仅 714 万,占全区的 1.46%;

1996年城市化水平最高的是广东省,按非农业人口计算的城市化水平为30.56%,城市化水平最低的是广西省,仅有17.05%;浙江省1988~1996年人口年均增长率最低,为0.67%,广东省年均增长率最高,为1.89%。

2.2 资源子系统

本区农业资源利用的特点有:(1)林地多,耕地少,72.5%的县实行以林为主的土地资源利用方式,但是林地的生产力不高,种植业产值占整个地区农业总产值的50%以上;(2)沟谷宜农荒地开发利用系数较高,但是部分地区出现过垦现象;(3)区域内有较丰富的牧地和水域资源,但利用程度不高。

农业生产方面,本区的耕地面积由1988年的26622.6千公顷降低到1996年的25782.1千公顷,年均递减率为0.40%,而粮食总产量由1988年的17093.2万吨提高到1996年的19117.9万吨,年均递增率为1.41%。1996年江苏省耕地面积为4435.4千公顷,占全区的17.20%,比重最大,海南省耕地面积429.36千公顷,占全区1.67%,比重最小;1996年江苏省人均粮食产量503公斤,全区最高,广东省人均粮食产量最低,为266公斤。本文采用了资源丰度^[5]来描述区内各省人均资源拥有状况(表2),丰度大于1表示资源拥有量超过全区平均值,小于1表示低于平均值。1988~1996年农副产品如糖料、肉类、禽蛋、奶类的人均占有量也增长很快,有效灌溉面积由19767.2千公顷增加为17928.9千公顷,农村地区解决饮水问题的人数也由3121.6万人增长到5397.9万人,反映了农业生产能力的全面提高和农村水利建设的进展。

表2 1996年东南红壤丘陵区农业资源和经济资源丰度¹⁾

Table 2 Abundance degree of agricultural and economic resources of the red soil upland region in Southeast China in 1996

省份 Province	耕地资源 Cultivation land	粮食产量 Food production	农林牧渔业产值(当年价) Agricultural production value
江苏	1.218	1.287	1.276
浙江	0.695	0.882	0.964
安徽	1.341	1.130	0.810
江西	1.096	1.135	0.836
湖北	1.099	1.100	0.965
湖南	0.959	1.079	0.839
广东	0.634	0.682	1.179
广西	1.098	0.849	0.854
海南	1.140	0.708	1.487
福建	0.707	0.758	1.230

1) 资源丰度计算公式:各省资源在全区所占比例/各省人口在全区所占比例,计算农业产值丰度时,分母是各省农业人口在全区所占比例

2.3 环境子系统

根据地貌类型,可将本区的生态与环境状况可以分为三类:(1)平原地区生态环境质量主要与农药化肥及工业污染状况密切相关。珠江三角洲等农业集约化水平较高的地区农田化肥面源污染严重,而广西的柳江地区及海南省的东部沿海平原地区农业生产水平

较低,生态环境质量较好;(2)丘陵地区主要表现为森林覆盖率低,水土流失严重,其中以湘中、桂西和琼西最严重,水土流失不严重的丘陵地区主要集中在浙、赣、闽三省;(3)山区生态环境恶化的地区主要分布在鄂西南、湘西南、湘西北、皖东南及桂西,生态环境较好的山区主要分布在武夷山和湖南的会同、资兴等地(表 3)。

表3 东南红壤丘陵地区的生态与环境状况^[6] (单位:千公顷)

Table 3 Eco-environment of the red soil upland region in Southeast China

省 Province	平原 Plain			丘陵 Upland			山地 Mountain		
	恶化 Worse	中等 Medium	良好 Good	恶化 Worse	中等 Medium	良好 Good	恶化 Worse	中等 Medium	良好 Good
	江苏	97.43	0.00	0.00	671.95	0.00	0.00	0.00	0.00
浙江	2446.02	839.57	3.33	0.00	4290.34	0.00	0.00	0.00	2338.31
安徽	0.00	475.43	0.00	0.00	0.00	0.00	2888.69	0.00	0.00
江西	0.00	3992.35	0.00	358.80	1883.65	5825.56	0.00	3613.21	342.67
湖北	0.00	1121.42	0.00	0.00	0.00	0.00	4098.31	0.00	0.00
湖南	0.00	2855.73	0.00	5594.93	0.00	2964.95	4182.91	1900.20	2845.79
广东	6525.83	0.00	0.00	0.00	1400.07	0.00	0.00	7845.18	946.18
广西	0.00	0.00	8286.53	6036.20	0.00	0.00	4896.02	2982.47	1643.74
海南	0.00	0.00	1327.58	1659.12	0.00	0.00	563.77	0.00	0.00
福建	1357.45	0.00	0.00	1501.57	0.00	0.00	0.00	1851.93	7178.26

2.4 经济子系统

近年本区农村经济发展很快,农民收入水平也有很大幅度提高,但是区域内经济发展并不平衡。1996年江苏省的农林牧渔业产值最高,达到1824亿元(当年价),海南省最低,为224.5亿元;农民收入水平最高的广东省,1996年农民人均年纯收入为3183元,最低的是安徽省,农民收入为1607元,仅及广东省农民收入的50%(表2)。乡镇企业发展也不平衡,一般而言,乡镇企业发展较好的地区如江苏、广东、浙江,农民人均收入普遍较高,乡镇企业发展迟缓的地区如安徽、江西等省,农民收入较低,省域之间呈两极分化现象。

3 区域农业可持续发展评价

3.1 评价指标

3.1.1 指标选取原则 (1)系统性原则。评价指标应全面反映区域农业可持续发展的内容,围绕区域PRES系统设置指标,即按人口、资源、环境和经济四项内容评价;(2)科学性原则。指标体系应建立在科学基础上,指标物理意义明确,测定方法标准,避免重叠,如复种指数和粮播面积作为衡量农业资源开发利用程度的指标有所重叠,故指标确定时仅取其中一项;(3)可操作性原则。尽量利用现有统计资料,选取有关农业发展的标准,指标数据便于量化,适用于规范的数据处理方法;(4)统一性原则。由于本区面积广阔,指标体系必须能推广应用于整个东南红壤丘陵地区,评价区域层次与指标繁简相关,层次越高,评价指标趋向精简。

3.1.2 评价指标确定 评价指标分四方面内容,即人口数量和结构、资源(开发程度)、环境、经济发展。人口控制与发展的评价指标包括总人口、农业人口和劳动力占农业人口的比例;资源包括耕地资源、农产品产量和水资源三项内容,耕地资源包括年末耕地面积和复种指数,农产品产量包括人均粮食产量、人均棉花产量、人均油料产量、人均糖料产量、人均肉类产量、人均蛋产量、人均奶产量、人均水产品产量和水果产量等指标,水资源选取了有效灌溉面积和解决饮水人数;环境选取了水土流失面积单个评价指标;经济发展包括经济总量和农业投入两项内容,经济总量包括农林牧渔业总产量和农民人均纯收入,农业投入包括农村用电量、化肥施用量、农业机械总动力和机耕地面积占耕地面积比重等指标。

3.2 评价方法

3.2.1 评价步骤 对东南红壤丘陵区的评价分两个步骤进行:首先逐省对 1988~1996 年时段的农业可持续发展进行评价,其次是以区域 1988~1996 年整体发展各项指标值为标准,衡量各省相对于区域的可持续发展程度。前者属于“孤立”的评价,不涉及区域整体发展状况,同时剔除了时间因素,只是评价各省是否在原有基础上有所发展,评价结果之间不具可比性;后者属于“复合”评价,以整个东南红壤丘陵区为评价背景,各省评价结果具有可比性。

评价步骤不同,指标体系也有区别。评价步骤 1 采用前述指标体系,但是广东、广西、福建和海南地处热带地区,不适宜棉花种植,故指标体系没有人均棉花产量这一项;评价步骤 2 采用的指标较少,因自然资源配置和饮食习惯不同因而农副产品如糖料、水产品、奶等产量在区内差别较大,考虑到统一性原则,农产品产量仅选取人均粮食产量、人均肉类产量和水果产量三项指标,各省机耕地面积也因地形地貌条件不同在区域内有差别,评价指标体系中也没有这一项。

3.2.2 数据处理和评价 步骤 1 数据处理的评价原始数据来自《中国农业统计年鉴》,首先以评价基准年 1988 年的数据为基础,对原始数据进行标准化处理:

$$X_{ij,n}(1) = X_{ij,n}(0) / X_{ij,1988}(0) \quad (1)$$

式中: $X_{ij,n}(1)$ 是经标准化处理得到的数值; $X_{ij,n}(0)$ 是原始数据; $X_{ij,1988}(0)$ 是 1988 年的数据; i 代表省份, j 代表第 j 项数据, n 代表年份。

评价指标分增长型指标和负增长型指标两类,其中大部分属于增长型指标,即数据值越大区域可持续发展程度越高;负增长型指标则相反,如总人口、农业人口、水土流失面积等,乡镇劳动力占农业人口的比重则设定为增长型指标,主要是考虑到我国逐渐向老龄化社会发展,乡镇劳动力负担的农业人口数量将增多的原因。

考虑到指标计算的统一性,需对负增长型指标进行正向量化,即:

$$X_{ij,n}(2) = 1 - X_{ij,n}(1) + 1 \quad (2)$$

这样 1988 年是基准年,各项评价指标值均为 1,可以得到 1996 年各项参评指标数值,指标值大于 1 表示可持续发展能力增强,小于 1 表示能力减弱,等于 1 表示系统维持现状。

必须指出的是,由于缺乏按不变价计算的农林牧渔业总产值和农民纯收入数据,在标准化之前,将原始数据一致换算为 1990 年不变价数据。农民纯收入的换算以农林牧渔业产值系列为参照系,换算基于这样两个假定:即按不同年份不变价格的农林牧渔业产值数据具备可换算性;按不变价格和现行价格计算的农林牧渔业产值的比率等于按不变价格

和现行价格计算的农民人均年纯收入比率。

步骤 2 数据处理首先求取全区和分省各项指标 1988~1996 年的年均增长率,其次对数据进行标准化处理:对于增长型指标是

$$X_{ij}(1) = X_{ij}(0)/X_{jw} \quad (3)$$

或对于负增长型指标

$$X_{ij}(1) = X_{ijw}/X_{ij}(0) \quad (4)$$

最后得到各项指标数值:

$$X_{ij}(2) = X_{ij}(1)/[X_{j,\max}(1) - X_{j,\min}(1)] \quad (5)$$

式中: X_{jw} 和 $X_{ij}(0)$ 分别是全区和各省各项指标的年均增长率; $X_{j,\max}(1)$ 和 $X_{j,\min}(1)$ 是数据经标准化处理后该项指标的最大值和最小值; $X_{ij}(2)$ 是各项指标得分; i 代表省份; j 代表第 j 项指标。各项参评指标分值介于 0 至 1 之间。

计算方法采用逐级等权法,即在对参评指标进行上述数据处理的基础上,上一级指标得分等于下一级指标得分加权平均,逐级向上汇总,最后得出各项评价内容的得分。

3.3 评价结果

表 4 东南红壤丘陵区农业可持续发展评价(1996年)

Table 4 Assessment of agricultural sustainability of the red soil upland region in Southeast China in 1996

省份	人口数量和结构	资源开发强度	环境	经济发展和投入
Province	Population	Resource	Environment	Economy
江苏	0.984	1.263	0.547	1.759
浙江	0.984	1.407	0.640	1.787
安徽	0.966	1.451	0.184	1.727
江西	0.982	1.607	0.426	1.672
湖北	0.821	1.496	-0.638	1.704
湖南	0.987	1.382	0.715	1.724
广东	0.956	1.316	0.570	2.033
广西	0.983	1.653	-0.418	2.000
海南	0.946	1.582	0.313	1.996
福建	0.963	1.614	-0.605	2.022

表 4 和表 5 分别是步骤 1 和 2 的评价结果。从表 4 可以看出,各省经济发展和投入和资源开发强度两项分值均大于 1,可持续发展能力增强具体表现在经济总量增长,农业投入增加,农产品产量提高以及农村地区饮水人数持续增多,但是经济增长的同时环境遭到了严重的破坏,总人口和农业人口的增长对农业和农村经济提出了更高的要求,给生态环境造成了沉重的压力,导致水土流失加剧。表 5 反映的是区内各省农业相对的可持续发展水平,人口数量和结构评价中湖北省得分最低,广西省得分最高;资源开发强度评价中湖北省得分最低,海南省得分最高;环境评价中湖南省得分最低,浙江省得分最高;经济发展和投入评价中湖南省得分最低,福建省得分最高。需要注意的是环境评价的分值高并不意味着该地区环境良好,表 4 的环境指数表明省内生态环境退化现象严重,水土流失面积较基准年均有增加,表 5 中的分值高低只是揭示环境退化程度高低,即水土流失面积相对增

长速度快慢。

表5 东南红壤丘陵区1988~1996年农业可持续发展评价

Table 5 Assessment of agricultural sustainability of the red soil upland region in Southeast China

省份 Province	人口数量和结构 Population	资源开发强度 Resource	环境 Environment	经济发展和投入 Economy
江苏	0.522	0.252	0.750	0.433
浙江	0.462	0.187	1.000	0.420
安徽	0.495	0.308	0.318	0.357
江西	0.407	0.311	0.014	0.397
湖北	0.147	0.189	0.040	0.342
湖南	0.542	0.186	0.000	0.208
广东	0.537	0.259	0.802	0.532
广西	0.688	0.372	0.084	0.767
海南	0.388	0.585	0.420	0.452
福建	0.412	0.395	0.046	0.800

表6 评价结果对比

Table 6 Comparison of assessment results with that in 1991^[6]

省份 Province	评价A Assessment A	评价B Assessment B	备注 Remarks
江苏	s1j4	s2j3	差别较大
浙江	s2j3, s3j2	s2j3	基本相同
安徽	s1j2	s1j2	基本相同
江西	s3j2, s2j2	s1j2	差别较大
湖北	s1j1, s1j2	s1j2	基本相同
湖南	s1j2	s1j2	基本相同
广东	s2j2, s2j4, s1j3, s3j4	s2j3	基本相同
广西	s1j2, s1j1, s2j2	s1j4	经济发展指数有差别
海南	s3j2, s1j2, s3j2	s2j3	经济发展指数有差别
福建	s1j1, s2j2, s1j2, s3j2	s1j4	经济发展指数有差别

注: 评价A是1991^[6]年评价结果, 所列类型为各省主要类型按其比例大小排列; 评价B是本文1996年评价结果。

为验证评价结果,将其与 1991^[6]年对同一地区的自然资源—生态环境—社会经济评价结果加以对比。首先将表 5 中资源开发强度和環境指数加权平均,得到资源—环境综合指数值,0~0.33 为生态环境质量差,定义为 s1,0.33~0.66 为生态环境中等,定义为 s2,0.66~1 为生态环境良好,定义为 s3;经济发展和投入评价分值中,0~0.2 为社会经济状况极差,定义为 j1,0.2~0.4 为社会经济状况差,定义为 j2,0.4~0.6 为社会经济状况中等,定义为 j3,0.6~1 为社会经济状况良好和极好,定义为 j4,得到不同省份类型组合,和 1991 年结果做对照(表 6)。

从表 6 可以看出,使用本文提出的方法得出各省的环境—经济复合类型和 1991 年评价结果相比,基本反映了各省的主要类型,但是江苏省和江西省差别较大,这是因为江苏省仅有苏南部分地区属于东南红壤丘陵区域,苏南地区乡镇企业污染较严重,本文因数据无法收集而没有选取乡镇企业污染这一评价指标,故得分偏差较大;同样江西省乡镇企业不发达,相对而言污染较轻,表现在 1991 年的评价中整体环境状况为良好或中等,但是江西省的水土流失问题极严重,1996 年水土流失面积仅次于湖北和湖南省,而在 1991 年评价结果中没有正确地体现。评价结果的基本吻合表明采用水土流失面积作为环境指数的评价指标是可行的,同时也再次印证水土流失是东南红壤丘陵区农业可持续发展面临的最关键的障碍。

4 区域农业持续发展对策及措施

4.1 发展原则和途径

根据本区农业可持续发展中存在的资源和环境问题,本区实施可持续发展的原则是突出区域重点,明确发展方向^[7]。在区域布局的重点应突出占地 108.5km²的东南红壤丘陵和面积达 45 万 km²的低丘岗地红壤;整个地区的发展方向是:建立南方丘陵区持续农业和农村经济综合开发的资源综合利用和环境保护系统,从而提高农民收入,增强地区自我发展能力,遏制环境持续退化的趋势,进一步摆脱贫困,缩小各省和省内农民收入差距,实现农村地区经济的全面振兴。地区发展的具体途径是:保证粮食产量稳定的同时,通过劳力、科技与资金投入及农业结构调整,发展立体农业和精细农业,建立高效集约持续农业发展模式及配套技术体系,促进沿海、沿江与丘陵腹地经济的协调发展。

4.2 对策和措施

4.2.1 调整农业结构,发展立体农业 主要措施包括(1)推行“粮经饲”三元结构种植模式,提高水耕生态系统的多样性;(2)优化周年种植制度,开发重点是冬闲田和低产冬绿肥田;(3)改良中低产地和未垦荒地,挖掘粮食生产潜力。

4.2.2 防止水土流失,建立保土型集约耕制 水土流失及其诱发的各种生态环境问题已经成为本区农业持续发展中最严重的障碍因素,并有进一步恶化的趋势,应针对不同地质地貌条件确立水土保持模式:严重侵蚀坡地封山育林;生态脆弱地段退耕还林;轻微侵蚀的岗地采用等高带状种植方式。

4.2.3 改造生境条件,促进水热协调 红壤生态系统的退化往往是从毁林或单一种植等生境变化开始,所以必须把红壤生态系统内的改土与治山、治水相结合:(1)植树造林,

调节农田小气候和美化环境; (2) 灌蓄节水, 引水灌溉是旱季稳定土壤水分状况的重要措施。地面覆盖可减少蒸发; (3) 修筑梯田, 改良红壤坡地水势条件和养分状况。

4.2.4 增加农资投入, 提高土壤肥力水平 红壤具有蚀、瘦、酸、粘、板等特点, 农资投入应根据这些特点相应调整: (1) 多施有机肥, 加速土壤有机质积累; (2) 根据红壤熟化程度调节化肥施用量和结构; (3) 施用石灰, 中和酸性, 减轻活性铝危害, 但要注意和有机肥配合施用, 以免土壤板结。

4.2.5 合理耕作, 充分发挥耕地潜力 主要措施包括 (1) 根据红壤熟化程度, 选择最适宜的作物; (2) 合理间作套作, 使地表在高温和多雨季节保持多层植被; (3) 合理轮作换茬, 能在种植周期内解决作物需求与土壤供给之间的矛盾, 保持地表植被; (4) 合理深耕, 促进土壤熟化。

参 考 文 献

1. 张林泉, 于杰. 关于区域可持续发展的系统分析. 中国人口·资源与环境, 1994, 4(2): 13~18
2. 毛汉英. 县域经济和社会同人口、资源、环境协调发展研究. 地理学报, 1991, 46(4): 385~395
3. 赵其国. 为跨世纪土壤学的发展作出新贡献—第十五届国际土壤学会会议综述. 土壤学报, 1995, 32(1): 1~13
4. 黄秉维等. 区域持续发展的理论基础—陆地系统科学. 地理学报, 1996, 51(5): 445~452
5. 张泉源等. 江苏人口压力区域差异及分析. 见赵其国编. 江苏人口、资源、环境研究. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 4~5
6. 赵其国等. 我国东南红壤丘陵区农业持续发展和生态环境建设 I: 优势、潜力和问题. 土壤, 1998, 30(3): 113~120
7. 赵其国等. 我国东南红壤丘陵区农业持续发展和生态环境建设 II: 措施、对策和建议. 土壤, 1998, 30(4): 169~177

AGRICULTURAL SUSTAINABILITY OF THE RED SOIL UPLAND REGION IN SOUTHEAST CHINA

Zhao Qi-guo¹ Xu Meng-jie² Wu Zhi-dong¹

(1 *Institute of soil science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008,*

2 *Urban and resource science department Nanjing University, Nanjing 210093*)

Summary

According to the agricultural development in the red soil upland region in Southeast China, sub-systems such as population, resources, environment and social economy were analyzed separately. An assessing index system was used to assess the agricultural sustainability for the period from 1988 to 1996 and thus the results were compared with those obtained by other researchers with other methods. The coincidence proved the applicability of the index system and confirmed again that water and soil loss is the major obstacle faced in the sustainable development of the agriculture. Based on the evaluation results counter-measures were proposed.

Key words Red soil upland region in Southeast China, Agriculture, Sustainable development