

# 南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力分析 ——以衡阳盆地为例

周松秀, 田亚平, 刘兰芳

(衡阳师范学院资源环境与旅游管理系, 衡阳 421008)

**摘要:**生态脆弱性已成为当前全球变化与可持续发展研究的热点问题。南方丘陵区是典型的生态脆弱区,因此,首先,本文给出了农业生态环境脆弱性的概念,并分析了其脆弱性的内涵。然后,以衡阳盆地为例构建南方丘陵区农业生态环境脆弱性的评价指标体系,包括自然、社会、经济因素3个方面13个具体指标,以县域为评价单元,采用主成分分析法进行研究。最后,在主成分分析基础上,分析了南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力。结果表明:研究区脆弱性有4大驱动力,自然环境背景和经济状况是首要驱动力,农民生活水平和农业水利设施状况次之;从驱动力类型来看,胁迫型脆弱性驱动力为主要驱动力,结构型脆弱性驱动力为次要驱动力,落后的社会、经济生产方式是农业生态环境脆弱性的强大驱动力。

**关键词:**农业生态环境;脆弱性;驱动力;主成分分析;衡阳盆地

## 1 引言

生态脆弱性已成为当前全球变化与可持续发展研究的热点问题。生态脆弱性研究的内容主要包括系统变化分析、系统自身的敏感性与外部扰动的潜在影响,人地系统的适应性等<sup>[1]</sup>。

从研究区域来看,国内最早始于牛文元<sup>[2]</sup>和朱震达<sup>[3]</sup>对生态交错带脆弱性的研究,之后学者对中国北方农牧交错带<sup>[3-6]</sup>、喀斯特岩溶地区<sup>[7-8]</sup>、湿地<sup>[9]</sup>、黄河流域脆弱带<sup>[10]</sup>以及南方红壤丘陵区<sup>[11-12]</sup>等典型生态脆弱区的研究十分活跃,并取得了不少成果。这些研究主要针对生态脆弱性的内涵、指标体系的构建及脆弱度评价进行,但是关于生态环境脆弱性驱动力的研究还比较少见。有关驱动力的分析中,目前,学者<sup>[13-14]</sup>对土地利用变化驱动力的研究较多,大多采用主成分分析法进行分析。主成分分析法是驱动力分析的科学可行的研究方法之一。基于此,本文试图采用主成分分析法,从农业生态环境的视角,以衡阳盆地为例,分析南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力,探索该区域农业生态环境脆弱性的发生机制,为该区农业生态环境的恢复、

重建与农业的适宜性生产决策提供科学依据。

农业生态环境是生态系统中的最基本组分,农业生态系统的承载力在很大程度上决定了生态经济系统的容量<sup>[15]</sup>。农业是通过培育动植物生产食品及工业原料的产业,包括种植业、林业、牧业、渔业、副业和观光农业。狭义的农业仅指种植业,包括粮食作物、经济作物、饲料作物和绿肥等的生产活动。衡阳盆地位于长江中下游平原,属于典型的水稻农业区,种植业是农业的主体。因此,本文研究的农业生态环境脆弱性,是从狭义农业这个角度讨论种植业生态环境的敏感性和易损性,分析脆弱性的主要驱动力。

## 2 研究区概况

衡阳盆地属于南方湿热丘岗地易侵蚀退化脆弱区,是典型的红色丘陵盆地,位于111°32'16"~113°16'32" E, 26°07'05"~27°28'24" N之间,总面积为15310 km<sup>2</sup>,合计1531000 hm<sup>2</sup>。其范围包括衡阳市、衡东县、衡山县、衡阳县、祁东县、衡南县、常宁市和耒阳市。地貌类型以岗、丘为主,海拔100~

收稿日期:2011-02; 修订日期:2011-05.

基金项目:国家自然科学基金项目(40971067);湖南省人文地理学重点建设学科资助项目湖南省地理科学特色专业资助项目;湖南省高校科技创新团队支持计划项目。

作者简介:周松秀(1968-),女,本科,副教授,主要研究方向为资源与环境管理。E-mail: zhou songxiu@163.com

通讯作者:田亚平(1958-),女,博士,教授,主要从事自然地理学教学与研究。Email: ty p n j @ 163 . com

500 m 之间的土地面积占全市土地总面积 52%, 坡度在 15° 以上的土地面积比重为 50%。气候为大陆性特征较为明显的亚热带湿润季风气候, 年平均气温 17.2 ~ 18.1℃, 最热月 7 月平均气温 29.4 ~ 30.1℃, 极端最高气温 40.8℃, 最冷月 1 月平均气温 5.2 ~ 5.9℃, 极端最低气温 -12.3℃。全年雨量丰沛, 多年平均降水量为 1223.4 ~ 1421 mm, 4-9 月降雨量占全年降水量 65% 左右, 其中 4-6 月降雨量占全年降水量 44%, 且多暴雨; 7-9 月降雨较少, 只占全年降水量 20%, 期间蒸散量均超过降雨量, 常有规律性的干旱, 为著名的“衡邵干旱走廊”。植被覆盖较差, 森林覆盖率为 43%, 紫色土地地区森林覆盖率仅为 10% 左右, 远低于湖南省森林覆盖率 55% 的平均水平。人类开发历史悠久, 人口众多。《湖南统计年鉴 2009》数据显示, 全区现有总人口 731.14 万人, 人口密度为 478 人/km<sup>2</sup>。现有耕地 370840 hm<sup>2</sup>, 其中水田 302940 hm<sup>2</sup>, 旱地 67900 hm<sup>2</sup>, 人均耕地 0.051 hm<sup>2</sup>。2008 年, 衡阳市人均 GDP 为 14858 元, 第一产业占地区生产总值的 23.6%, 种植业占农林牧副渔的 38%, 衡阳农民人均纯收入为 5617 元, 农村居民恩格尔系数为 52.9%, 农民生活水平尚处于温饱状态。

## 3 农业生态环境脆弱性及其评价指标体系的构建

### 3.1 农业生态环境脆弱性

#### 3.1.1 农业生态环境脆弱性的概念

目前对生态脆弱性的定义并没有完全一致。由于各自研究背景的差异, 对脆弱性的理解也不尽相同, 故脆弱性的概念十分不明确<sup>[6]</sup>。但多数研究仍以政府间气候变化专业委员会 (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) 的定义为准, IPCC 认为脆弱生态环境是一种对环境因素改变反应比较敏感, 维持自身稳定的可塑性较小的生态环境系统<sup>[7]</sup>。笔者认为农业生态环境脆弱性可表述为农业生态环境对环境要素变化的敏感性和农业生产对环境要素变化的易损性与适宜性的综合不稳定反应。其中的环境要素包括自然环境、社会和经济环境等方面的环境要素。农业生态环境脆弱性会导致农作物减产和农产品质量下降, 产生食物安全问题。

#### 3.1.2 农业生态环境脆弱性的内涵

农业生态环境脆弱性是农业生态系统的客观属性, 当农业生态环境要素的变化强度或变化频率接近或超出系统的阈值时, 其脆弱性就会表现出来。因此, 农业生态环境脆弱性具有以下 3 层涵义: ① 农业生态环境脆弱性是由自然、社会和经济等方面的环境要素变化引起的现实脆弱性。根据导致其脆弱性因素, 可把农业生态环境脆弱性分为结构型脆弱性和胁迫型脆弱性。结构型脆弱性是指农业生态环境在该地区的气候、地形、母质和土壤等自然要素的综合干扰下产生农业生态系统退化的敏感性和潜在危险性。胁迫型脆弱性是指农业生态环境在人类活动干扰影响下产生系统退化的敏感性和潜在危险性。可见, 胁迫型脆弱性加剧了脆弱性的发展<sup>[8]</sup>, 现实脆弱性是胁迫型脆弱性对结构型脆弱性的一种修正<sup>[1]</sup>。② 农业生态环境脆弱性主要表现为由土壤侵蚀、土地荒漠化、农业水土污染、农业灾害频繁、土地生产力下降等。按照土地生产力下降 25% 即为荒漠化的临界值的标准, 中国非灌溉耕地中有 69% 属于荒漠化土地<sup>[9]</sup>。文献 [20] 表明, 2010 年长江中下游区土地生产力较 2000 年下降了 817.5 kg·hm<sup>-2</sup>, 占 2000 年的 6.2%, 农业生态环境脆弱性十分突出。③ 社会、经济因素既是农业生态环境脆弱性的成因指标, 也是脆弱性的结果表征指标。农业人口基数大、文化素质较低, 且技术和管理落后, 因其生存生活需要而对土地资源进行掠夺式开发利用, 滥垦、滥伐、滥采等现象严重, 导致病虫害加剧、土地生产力下降。为了使短期经济效益和生活质量不至于下降, 大量使用化肥、农药, 造成水体和土壤污染、土壤板结, 土地生产力进一步下降, 土壤涵养水分的能力降低, 抵御自然灾害的能力减弱, 农业灾害频繁, 影响农村社会、经济的健康发展, 从而形成贫困地区“脆弱-贫困”的恶性循环。自然、社会和经济等方面的环境要素在不同的时间尺度和区域尺度对农业生态环境脆弱性的影响程度不同, 即农业生态环境脆弱性的驱动力有主次之分。

#### 3.2 评价指标选取

农业生态环境脆弱性是自然因素与人为因素相互作用、彼此叠加的结果, 是自然因素形成的结构型脆弱性和人类活动干扰影响下形成的胁迫型脆弱性的综合体现。遵循科学性、可操作性和简练性等原则, 根据研究区农业生态环境的构成因素,

从自然、社会、经济子系统中选取对农业生态脆弱性具有驱动作用或指示作用的13个评价指标,构建了脆弱性评价指标体系,分别是: $X_1$ ——平均坡度( $^{\circ}$ )、 $X_2$ ——多年平均降水量(mm)、 $X_3$ ——7-9月干旱指数、 $X_4$ ——暴雨日数、 $X_5$ ——平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )、 $X_6$ ——森林覆盖率(%)、 $X_7$ ——水田占耕地面积比重(%)、 $X_8$ ——水库水塘密度(即单位面积水库、水塘等农业水利设施的容积)( $10^4\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ )、 $X_9$ ——人均耕地面积( $\text{hm}^2/\text{人}$ )、 $X_{10}$ ——人口密度( $\text{人}\cdot\text{km}^{-2}$ )、 $X_{11}$ ——人均GDP(元)、 $X_{12}$ ——农民人均纯收入(元)、 $X_{13}$ ——恩格尔系数(%)。

这13个指标中,坡度因素是能否发展种植业的一个决定条件。坡度会影响土壤的厚度和水分,斜坡上的土壤较薄,不利于作物的生长,而陡坡上耕作容易出现土壤侵蚀。一般情况下,坡度大于 $18^{\circ}$ 就不利于发展种植业;我国政府要求,坡度大于 $25^{\circ}$ 的山地不得发展种植业。地势较低的河谷和三角洲,因为排水良好,土壤肥厚,因此适合耕作,但是如果其周围山地丘陵的坡度较大也会导致其农业生产不稳定。

多年平均降水量、7-9月干旱指数、暴雨日数、平均气温等气象气候指标直接影响作物的生长速度和生长情况。当气温降至 $6^{\circ}\text{C}$ 时,大部分谷类农作物会停止生长;当气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,出现结霜情况时,有些农作物无法抵御严寒天气可能死亡。水稻需要炎热湿润的环境,适宜温度为 $20\sim 32^{\circ}\text{C}$ ,每公顷需水量为 $350\sim 600\text{m}^3$ 。暴雨和干旱等极端天气现象会给农业生产带来极大的损害。

森林覆盖率情况是发展农业的大环境。植被覆盖越好,水旱灾害和土壤侵蚀越少,有利于发展农业生产。水田占耕地的比重越大,对坡度和气象气候条件要求高,脆弱性越强。水库水塘对水资源具有调蓄作用,其淤塞废弃使水库水塘容量减少,导致种植业的不稳定性。

人均耕地面积和人口密度属于社会系统指标,人口压力达到或超过耕地承载量的阈值时,耕地退化,种植业的产量和质量下降,脆弱性增强。

人均GDP、农民人均纯收入和恩格尔系数属于结果表征指标。一方面可以根据脆弱性表征指标相对于其阈值的大小来描述外界压力导致的脆弱性的程度,另一方面农业脆弱性直接受经济系统指标的影响。例如农业旱灾灾情与农业抗旱能力直

接受到社会经济发展水平的影响<sup>[21]</sup>,人均GDP、农民人均纯收入越高,恩格尔系数越小,抗灾减灾能力越强,农业生态环境敏感性较小。

### 3.3 数据来源

省辖市衡阳市城市化较突出,不以种植业为主,因此本研究选择的样本数据是研究区内各县域的数据。县域处于行政区划中承上启下的特殊位置,也是目前统计资料上经常采用的单元。衡阳盆地共有7个县域,其中常宁和耒阳属于县级市,其他5个都是县。为了方便起见,文中把它们统称为县域。本文通过对研究区内7个县域的共91个基础信息数据进行分析,揭示出影响研究区农业生态环境脆弱性的主要驱动力。

研究数据来源:平均坡度、多年平均降水量、7-9月干旱指数、暴雨日数和平均气温等气象数据来源于《衡阳市农业区划报告数据集》和衡阳市气象局资料;森林覆盖率数据来源于湖南省国土资源厅;水田占耕地面积比重、水库水塘密度、人均耕地面积、人口密度、人均GDP、农民人均纯收入和恩格尔系数等社会经济数据来源于《衡阳市志》和《湖南统计年鉴2009》。

### 3.4 研究方法

主成分分析是多元统计分析中的一种重要方法<sup>[7,14-15,22-23]</sup>。在多指标或多变量的研究中,由于变量的个数较多,各指标之间存在一定的相关性,不能保证各个指标间相互独立,且多指标计算比较复杂。主成分分析法可在力保原始数据信息丢失最小情况下,对高维变量空间进行降维处理,即在保证原始数据信息损失最小前提下,经过线性变换和舍弃部分信息,把多个指标简化为少数几个彼此之间互不相关的综合指标(即所谓主成分)<sup>[22]</sup>。累计贡献率大于80%的最小维数,即为主成分的个数。因此,笔者选择主成分分析法,依照各因子的贡献率大小,寻找影响农业生态环境脆弱性的主要因子,探讨影响该区农业生态环境脆弱性的主要驱动力。

### 3.5 数据处理与计算

#### 3.5.1 数据的标准化

在这13项指标中, $X_1$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_7$ 、 $X_{10}$ 和 $X_{13}$ 等6项为正向指标,即其数值越大,脆弱性越大; $X_2$ 、 $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_8$ 、 $X_9$ 、 $X_{11}$ 和 $X_{12}$ 等7项为逆向指标,即数值越大,脆弱性越小。在数据处理时,对逆向指标先采取倒数法将其正向化,使其数值方向一致。由于各评价指

标的量纲不一样,可比性差,因此对原始数据表(表1)进行标准化,使其具有良好的可比性。

标准化方法为:

$$(X_{ij}^*)_{7 \times 13} = \frac{(X_{ij} - \bar{X}_j)}{\sigma_j}$$

$$i=1,2,\dots,7 \quad j=1,2,\dots,13$$

式中:  $X_{ij}$  为  $i$  个县域第  $j$  个指标的原始数据;  $\bar{X}_j$  和  $\sigma_j$  分别为第  $j$  个指标的样本均值和标准差。

### 3.5.2 主成分贡献率和载荷矩阵的计算

利用 Matlab 7.0 对样本进行分析,得出相关系数矩阵、特征根、主成分贡献率、累计贡献率及主成分载荷(表2-3)。

根据表2中主成分贡献率可以得出:前4个特

征根主成分累积贡献率已达到88.779%,即前4个主成分对衡阳盆地的农业生态环境脆弱性的解释程度达到了80%以上,可将这4个主成分及其表征的因素作为影响衡阳盆地农业生态环境脆弱性的主要驱动力,同时还可作为评价该区7县农业生态环境脆弱度的新的综合指标。本文把这4个主成分记为  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ 。

主成分与原始指标的相关性由主成分载荷来表征(表3)。主成分载荷量越高,它与原始指标变量之间的相关程度越高,该主成分包含该原始指标的信息就越多。通过分析主成分载荷矩阵,可识别出各主成分的综合意义,找出影响农业生态环境脆弱性的主要因子,进行生态环境脆弱驱动力分析。从表3可知,影响衡阳盆地农业生态环境脆弱性的

表1 衡阳市各县域农业脆弱性评价指标数据

Tab.1 The thirteen evaluation indexes for the seven evaluated counties

县域	$X_1$ /	$X_2$ /mm	$X_3$	$X_4$ /日	$X_5$ /°C	$X_6$ /%	$X_7$ /%	$X_8/(10^6 \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	$X_9/(\text{hm}^2/\text{人})$	$X_{10}/(\text{人} \cdot \text{km}^2)$	$X_{11}$ /元	$X_{12}$ /元	$X_{13}/\%$
衡阳	6364	1247.2	2.75	9	18.4	42.7	87.9	0.194	0.059	434	11057	5542	50.71
衡东	60.17	1331.5	2.90	3	18.5	51.2	80.5	0.163	0.064	349	13847	5708	60.55
衡山	62.44	1362.5	2.58	8	18.3	44.4	82.6	0.165	0.057	442	12627	5788	41.92
祁东	60.81	1269.2	2.60	7	18.4	29.4	90.7	0.154	0.055	381	12351	5446	58.93
衡南	58.37	1223.4	2.26	5	18.6	35.7	73.9	0.169	0.059	499	13469	5579	50.40
常宁	59.31	1421.0	1.92	3	18.7	49.5	83.9	0.129	0.055	422	12898	5515	57.33
耒阳	59.94	1348.0	2.33	4	18.5	48.9	71.5	0.256	0.049	474	14731	5778	49.14

表2 特征值及主成分贡献率

Tab.2 The eigenvalues and the contribution rate of principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.6081	35.447	35.447
2	3.356	25.815	61.262
3	2.1089	16.222	77.484
4	1.4683	11.295	88.779
5	0.90387	6.9529	95.732
6	0.55485	4.2681	100
7	2.2329e-016	1.7176e-017	100

表3 主成分载荷矩阵

Tab.3 Loadings matrix of the principal components

指标	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
平均坡度 $X_1$	0.380	-0.205	-0.175	-0.247
多年平均降水量 $X_2$	0.222	-0.035	0.377	0.542
7-9月干旱指数 $X_3$	0.309	-0.103	-0.355	0.415
暴雨日数 $X_4$	0.404	-0.208	0.181	-0.136
平均气温 $X_5$	0.342	-0.290	-0.150	0.018
森林覆盖率 $X_6$	0.215	0.140	0.447	0.232
水田占耕地面积比重 $X_7$	0.369	0.265	-0.049	-0.273
水库水塘密度 $X_8$	0.012	0.444	-0.030	-0.302
人均耕地面积 $X_9$	-0.187	-0.198	0.241	-0.309
人口密度 $X_{10}$	-0.162	-0.315	0.466	-0.082
人均GDP $X_{11}$	0.400	0.071	0.128	-0.266
农民人均纯收入 $X_{12}$	0.161	0.407	0.364	-0.052
恩格尔系数 $X_{13}$	-0.030	0.472	-0.137	0.242

驱动力主要表现在4个方面。

## 4 农业生态环境脆弱性的驱动力分析

### 4.1 自然环境背景和经济发展状况

第1主成分  $Z_1$  在  $X_4$ 、 $X_{11}$ 、 $X_1$ 、 $X_7$  等4个指标上有较大的载荷,这4个指标代表了暴雨日数、人均GDP、平均坡度和水田占耕地面积比重。暴雨日数和平均坡度属于典型的自然环境背景指标;人均GDP与水田占耕地面积比重属于经济发展状况指标。 $Z_1$  是这两类指标的综合反映,是反映自然环境背景状况和经济发展水平状况的综合因子。 $Z_1$  的特征值为4.608,贡献率为35.447%,是衡阳盆地农业生态环境脆弱性首要驱动力。南方丘陵区土壤中度以上侵蚀基本发生在15°坡度以上的地区,因而在15~18°的坡地上发展种植业,地表物质处于潜在不稳定状态,容易造成侵蚀退化。研究区种植业发展的背景条件平均坡度在55~65°之间,因此侵蚀退化强烈。衡阳盆地降水丰沛,强度大,多暴

雨,进一步加剧了土壤的侵蚀退化程度。经济发展状况影响人们对自然资源的使用和索取程度,研究区目前经济发展速度较快,对资源的需求量大,资源的供需矛盾较尖锐,导致生态环境系统的载荷增大。研究区水田占耕地比重在70%以上,农耕生产对水分、热量和经济发展状况的依赖性强,敏感性和不稳定性显著。极度敏感的自然环境背景状况构成了研究区的结构型脆弱性驱动力,经济发展状况形成了胁迫型脆弱性驱动力。从表3可以看出,两类脆弱性驱动因子的主成分载荷值大体相等,说明结构型脆弱性驱动力和胁迫型脆弱性驱动力在第1驱动力的构成中起着同等重要的作用,即在首要驱动力构成中,二者没有主次之分。

#### 4.2 农民生活水平和农业水利设施状况

第2主成分 $Z_2$ 与 $X_{13}$ 、 $X_8$ 、 $X_{12}$ 的相关程度较高,这3个指标分别表示恩格尔系数、水库水塘密度和农民人均纯收入。 $Z_2$ 的特征值为3.356,贡献率为25.815%,是研究区农业生态环境脆弱性的第2驱动力。以上3个指标反映了研究区农民生活水平和农业水利设施状况。研究区(表1)农民的纯收入在5400~5800元之间,恩格尔系数在40%~61%之间。根据联合国粮农组织提出的标准:恩格尔系数在59%以上为贫困,50%~59%为温饱,40%~50%为小康,30%~40%为富裕,低于30%为最富裕。本区主要处于温饱和贫困状态,农民的生活欠富裕,农村相对比较落后,农民环保意识淡薄或缺。同时由于受经济水平的限制,用于改造和保护农业生态环境的资金少,对自然灾害的防御能力弱,农业生态环境的脆弱性强。衡阳盆地气候为大陆性特征较为明显的亚热带湿润季风气候,春末夏初降雨集中,盛夏初秋高温少雨;地貌以岗、丘为主,致使山塘、水库容量偏小;加之农村贫困,水利设施建设和维护不足,水塘水库淤塞严重,使之对水资源的调蓄能力差,一遇雨季和干旱季节,即便发生水旱灾害,加强了农业生产的敏感性和易损性。农民生活水平和农业水利设施状况属于胁迫型脆弱性驱动力。

#### 4.3 人口和植被覆盖状况

人口密度和森林覆盖率共同构成第3主成分 $Z_3$ , $Z_3$ 的特征值为2.1089,贡献率为16.222%,是研究区农业生态环境脆弱性的第3驱动力。人口密度和森林覆盖率反映了研究区的人口状况和植被覆盖状况,属于胁迫型脆弱性驱动力。衡阳盆地经

济开发的历史悠久,各县域人口密度在349~500人/ $\text{km}^2$ 之间,高于全省323人/ $\text{km}^2$ 的平均水平和全国133人/ $\text{km}^2$ 平均水平。由此可见,研究区人口众多,人口密度大,区域人地矛盾突出。众多的人口加剧了环境的承载力,导致土地利用/覆被变化。土地利用/覆被变化影响区域生态系统的类型和结构,改变生态系统所提供的服务功能,造成区域生态环境系统服务功能的冲突:即在一种服务功能得到加强时,其他服务功能受到弱化甚至丧失<sup>[24]</sup>,增加了生态环境的不稳定性。

植被覆盖状况对生态环境脆弱性的强弱具有指示作用。衡阳盆地森林覆盖率29.4%~51.2%之间不等,紫色页岩广泛分布地区森林覆盖率仅为10%左右,局部地区甚至基岩裸露,是湖南省水土流失最为严重的地区之一,呈现出土地荒芜、基岩裸露的“红色荒漠化”景观<sup>[11]</sup>。虽在政府的支持下,进行了植树造林等水土保持工作,但由于紫色砂页岩及其风化物颜色较深,吸热性强,土壤瘠薄,又极度干燥,恢复植被极为困难,加之植树造林重形式轻内容,植树成活率很低,“年年造林不见林”,生态恢复进展缓慢。人口和植被覆盖状况是本区农业生态环境脆弱性的第3驱动力,属于胁迫型脆弱性驱动力。

#### 4.4 干湿状况

第4主成分 $Z_4$ 在多年平均降水量和7-9月干旱指数等2个指标上有较大的载荷,是反映干湿状况的综合因子。干湿状况是自然环境组成要素中的动态因素,降水时空分配不均或与其他因素不协调,会限制农作物的生长发育,影响种植业的产量和质量。南方丘陵区降水的年际变率大,季节分配不均,存在早年和旱季,干旱期农作物生长受到限制。衡阳盆地7-9月气温高,加之“焚风效应”和盆地“聚热效应”,蒸发量很大,一般为降水量的2~3倍。所以7-9月干旱指数大,常有规律性的干旱,农业生产的敏感性强。 $Z_4$ 的特征值为1.4683,贡献率为11.295%,是研究区农业生态环境脆弱性的第4驱动力,属于结构型脆弱性驱动力。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

(1) 本文利用主成分分析法以衡阳盆地为例对南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力进行分

析,结果表明,研究区农业生态环境脆弱性有4大驱动力:自然环境背景和经济发展状况是首要驱动力,第2驱动力是农民生活水平和农业水利设施状况,人口和植被覆盖状况是第3驱动力,干湿状况是研究区农业生态环境脆弱性的第4驱动力。

(2)从驱动力类型来看,研究区农业生态环境脆弱性4大驱动力中的首要驱动力是结构型脆弱性驱动力和胁迫型脆弱性驱动力的综合体现,二者在第1驱动力的构成中起着同等重要的作用;第2和第3驱动力是胁迫型驱动力;第4驱动力是结构型驱动力。根据表2中4个主成分的贡献率可知,这4大驱动力对研究区农业生态环境脆弱性的影响强度依次减弱。可见,研究区农业生态环境脆弱性的4大驱动力中,胁迫型脆弱性驱动力更为强大,为主要驱动力;结构型脆弱性驱动力次之,为次要驱动力。因而,落后的社会、经济生产方式是研究区农业生态环境脆弱性的强大驱动力。

## 5.2 讨论

(1)本文构建评价指标体系时,较多地考虑了数据资料的可获得性,对于某些理论上很重要的因子,如化肥施用量、农药使用量等,由于数据难以获得而未被纳入到评价指标体系中。由于目前对脆弱性驱动力的研究较少,缺乏研究区其他研究视角或评价指标体系的驱动力研究结论,因而本文的研究结论没有参照物可对比。文章仅对研究区农业生态环境脆弱性的驱动力进行了分析,对于研究区脆弱度的定量评价将另文研究。

(2)农业生态环境脆弱性不同驱动因子之间往往存在一些非线性关系,如何建立研究模型进行客观评价,是本领域研究需要解决的难题。

(3)农业生态环境脆弱性是自然和人文等多种因素驱动复合作用的结果,如何把各驱动力的影响程度和范围进行厘定,如何确定脆弱性产生的主导因素,把结构型脆弱性驱动力和胁迫型脆弱性驱动力进行准确的定量耦合,是脆弱性驱动力研究中需要解决的问题。

因此,要加强脆弱性驱动力的综合效果研究,加强农业生态环境脆弱性自然与人文驱动因子的耦合研究,科学量化结构型脆弱性驱动力和胁迫型脆弱性驱动力对农业生态环境的影响程度,以便在实践中合理选择适应性对策。

## 参考文献

- [1] 徐广才,康慕谊,贺丽娜,等.生态脆弱性及其研究进展.生态学报,2009,29(5):2580-2588.
- [2] 牛文元.生态脆弱带(ECOTONE)的基础判定.生态学报,1990,9(2):97-105.
- [3] 朱震达.中国脆弱生态带与土地荒漠化.中国沙漠,1991,11(4):11-22.
- [4] 张龙生,王建宏,尚立照.基于土地退化的甘肃省生态脆弱性评价研究.中国沙漠,2010,30(4):783-787.
- [5] 尚立照,张龙生.基于“成因—结果”指标的甘肃各县区生态脆弱性定量评价.中国水土保持,2010(6):11-13,23.
- [6] 蒙吉军,张彦儒,周平.中国北方农牧交错带生态脆弱性评价:以鄂尔多斯市为例.中国沙漠研究,2010,30(4):850-856.
- [7] 束龙仓,柯婷婷,刘丽红,等.基于综合法的岩溶山区生态系统脆弱性评价:以贵州省普定县为例.中国岩溶,2010,29(2):141-144.
- [8] 郑文武,曾永年,吴桂平,等.遥感和GIS支持下的湘西北喀斯特农业生态环境脆弱度评价.地理与地理信息科学,2010,26(2):93-96.
- [9] 沈彦,刘明亮,石丹丹.湿地生态脆弱性评价及其恢复与重建研究:以洞庭湖区为例.资源开发与市场,2007,23(6):492-495.
- [10] 张鑫,杜朝阳,蔡焕杰.黄河中游区佳芦河流域生态脆弱性评价.中国人口·资源与环境,2010,20(3):155-158.
- [11] 田亚平,刘沛林,郑文武.南方丘陵区的生态脆弱度评估:以衡阳盆地为例.地理研究,2005,24(6):843-852.
- [12] 刘兰芳,关欣,唐云松.农业旱灾脆弱性评价及生态减灾研究:以湖南省衡阳市为例.水土保持通报,2005,25(2):69-73.
- [13] 强妮,陈英.基于主成分分析法的区域耕地变化驱动力分析:以张掖市为例.安徽农业科学,2009,37(3):1271-1274.
- [14] 袁本华,董铮.襄樊市耕地面积动态变化特征及驱动力分析.湖北农业科学,2010,49(8):1869-1872,1876.
- [15] 蔡承智,梁颖,廖承红.论全球生态经济系统的不可持续性:基于农业生态系统承载力视角.生态环境学报,2010,19(9):2265-2268.
- [16] 方修琦,殷培红.弹性、脆弱性和适应:IHDP三个核心概念综述.地理科学进展,2007,26(5):11-22.
- [17] 刘燕华,李秀彬.脆弱生态环境与可持续发展.北京:商务印书馆,2001:1-8.
- [18] Gogu R C, Dassargues A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using

- overlay and index methods. *Environment Geology*, 2000, 39(6): 549- 559.
- [19] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策. *地理学报*, 1996, 51(3): 202-212.
- [20] 邓祥征, 姜群鸥, 战金艳. 中国土地生产力变化的情景分析. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1835-1843.
- [21] 陈萍, 陈晓玲. 全球环境变化下人-环境耦合系统的脆弱性研究综述. *地理科学进展*, 2010, 29(4): 454-462.
- [22] 冯利华, 黄亦君. 生态环境脆弱度的综合评价. *热带地理*, 2003, 23(2): 102-104, 114.
- [23] 张超, 杨秉庚. *计量地理学基础*. 北京: 高等教育出版社, 2002: 145-159.
- [24] 吕昌河, 程量. 土地利用变化与生态服务功能冲突: 以安塞县为例. *干旱区研究*, 2007, 24(3): 302-306.

## Analysis of Driving Forces of Agricultural Eco-environmental Vulnerability in the Hilly Area in Southern China: A Case Study in Hengyang Basin

ZHOU Songxiu, TIAN Yaping, LIU Lanfang

(Department of Resource Environment and Tourism Management, Hengyang Normal University, Hengyang 421008, China)

**Abstract:** Ecological vulnerability has become a hot issue of the research on the global change and sustainable development. The hilly area of southern China is a typical ecologically fragile area. The paper takes Hengyang Basin as an example, and adopts principal component analysis to study the driving forces of the agricultural eco-environmental vulnerability. First, we define the concept of the agricultural ecology vulnerability (AEV), and analyze the contents of the AEV. Then, based on the characteristics of agricultural eco-environment, we establish the AEV indexes for the Hengyang Basin in the southern China hilly areas, which include natural factors, social factors and economic factors, and take county as the evaluation unit. Principal component analysis is an important method in multivariate statistical analysis. Hence, we adopt this method to study the driving forces of the AEV in this paper, and explore the mechanism that causes the vulnerability. The results show that there are four principal driving forces affecting the vulnerability of agricultural eco-environment of this area. The natural environment and economic development background are the primary driving forces, and living standards and agricultural water facilities are the secondary forces. From the view of driving force type, the stress-type driving force is dominant, and the structure-type driving force is minor. Backward mode of production is a powerful driving force of the AEV.

**Key word:** agricultural eco-environment; vulnerability; driving force; principal component analysis; Hengyang basin

本文引用格式:

周松秀, 田亚平, 刘兰芳. 南方丘陵区农业生态环境脆弱性的驱动力分析: 以衡阳盆地为例. *地理科学进展*, 2011, 30(7): 938-944.