

# 左江流域农业生态经济系统健康评价

华 璀, 王 艳\*, 卢 远

(广西师范学院 资源与环境科学学院, 广西壮族自治区 南宁 530001)

**摘要:** 农业生态经济系统健康是农业生态系统的综合特征, 是实现流域农业可持续发展的重要保障。根据左江流域农业生态经济系统的特点和农业生态系统健康的内涵, 从结构、功能和响应三方面选取人均基本农田、人均水资源量、劳动力集约度、耕地占土地面积比例、经济作物播种面积比例等 20 个指标, 构建左江流域农业生态经济系统健康的评价指标体系。应用均方差法、多目标线性加权函数法等多种方法和手段, 在流域尺度上对左江流域 8 个农业生态区进行农业生态系统健康评价。结果显示: 处在“较健康”状态的是上思和凭祥; 处在“亚健康”状态的是宁明、大新、龙州、扶绥、天等和江州区。左江流域农业生态经济系统健康综合评价结果的排名由高到低依次为: 上思、凭祥、宁明、天等、大新、扶绥县、龙州和江州区。

**关键词:** 农业生态经济系统; 健康评价; 指标体系; 左江流域

**中图分类号:** S181; F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)02 - 0403 - 08

## Agroecosystem Health Assessment in Zuojiang Basin

HUA Cui, WANG Yan\*, LU Yuan

(College of Resources and Environment Science, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, China)

**Abstract:** Agroecosystem with many comprehensive characteristics can be assessed through the measurement of its structure, function and response. Agroecosystem is very important to realize healthy development of ecoagriculture. Based on the meaning of ecosystem health and the characteristics of agroecosystem, an assessment index system for agroecosystem in Zuojiang Basin was formed from the structure, function and response. The indexes included average per person basic farmland, average per person water amount of resources, labor force collection measure, farming accounts for land area proportion, industrial crop sown area. Then with various methods and means such as mean square method of difference, multi-objective linear weighting function method and so the healthy state of the eight agricultural eco-zones in Zuojiang Basin was assessed. The results were as follows: the agroecosystem in Shangsi and Pingxiang were “healthy”, Ningning, Daxin, Longzhou, Fusui, Tiandeng, Jiangzhou were “sub healthy”. The order from the best to the worst, among the eight agricultural eco-zones in Zuojiang Basin was Shangsi, Pingxiang, Ningning, Tiandeng, Daxin, Fusui, Longzhou, and Jiangzhou.

**Key words:** agroecosystem; health assessment; index system; Zuojiang Basin

生态系统健康 (ecosystem health) 是 20 世纪 90 年代国际学术界出现的新兴研究领域, 它是研究人为活动、社会组织、自然系统及人类健康之间相互关系的领域<sup>[1-4]</sup>。农业生态系统覆盖地球上约 30%

收稿日期: 2009 - 11 - 19 修回日期: 2010 - 01 - 14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40761027)

作者简介: 华璀 (1962 - ), 副研究员, 主要从事遥感与 GIS 应用研究, E-mail: huacui163@163.com; \* 通讯作者: 王艳, E-mail: 2001friend4721@sina.com.cn

的陆地面积,且与食物安全、人类健康直接相关。因此,农业生态系统健康研究也日益受到众多科学家的关注,成为了农业生态学研究的热点和前沿领域之一<sup>[5]</sup>。目前该领域研究方向主要包括农业生态系统健康评价方法、土壤质量和水质与农业生态系统健康的关系、农业生态系统健康与人类健康的关系、害虫生态管理对农业生态系统健康的贡献、杂草综合治理在农业生态系统健康中的作用、线虫群落作为农业生态系统健康指示生物的研究、转基因作物对农业生态系统健康的生态影响评价、农业投入政策对农业生态系统健康的影响等<sup>[6]</sup>。但前人研究主要侧重于指标体系和描述性的分析,以及对一些中小尺度生态系统健康状况定性评价,这些研究多是从农业生态系统资源环境方面出发的,未涉及社会经济方面,在流域尺度上针对农业生态经济系统健康状况进行定量评价的研究更少<sup>[7]</sup>。左江流域位于西南喀斯特地区的南缘地带和广西的西南部,既具有喀斯特生态脆弱性特征,又集“老、少、边、穷”于一体,经济基础薄弱,第一产业比重大,流域农业生态系统健康所受的胁迫非常大。因此,本研究从生态经济和农业可持续发展视角出发,对左江流域农业生态经济系统健康进行诊断,寻找其存在的问题,确定将来该流域农业发展的方向。

## 1 研究区概况

左江流域面积近 2.1 万 km<sup>2</sup>,约占广西壮族自治区国土面积的 8.8%。行政区划上主要隶属于崇左市的江州区、凭祥市、扶绥县、宁明县、龙州县、大新县、天等县以及防城港市的上思县。由于流域地处我国西南喀斯特地区的南缘地带,区内碳酸盐岩地层分布广泛,发育形成峰林、峰丛和溶蚀平原等喀斯特地貌景观,喀斯特地貌类型占流域面积的 66%以上,且山多平地少,地形地貌破碎。自然环境的过渡性和易变性,使流域具有典型的喀斯特生态脆弱性特征,环境变异敏感度高,环境容量低,受干扰后生态系统恢复速度慢、难度大。由于人类不合理的资源开发活动致使流域生态系统受到了很大的胁迫,出现了一系列环境退化问题。如天然林特别是岩溶植被破坏严重,局部石漠化现象突出;生物栖息地较为破碎,外来物种入侵危害严重,生物多样性面临威胁大;陡坡开垦、局部矿产无序开发导致生态破坏和水土流失严重,土壤肥力下降,土地生态系统功能弱化;旱灾频繁发生等等。上述诸多的环境问题,严重制约着左江流域农村和农业经济的可持续发展。左江流域经济基础十分薄弱,传统的农业经济仍占主导地位,人口文化素质偏低,系统生产力和农民收入水平也比较低,目前仍是国家和自治区重点扶贫的地区之一。2007年末,流域总人口约 258.7 万,其中农业人口占 35.6%以上;全流域的生产总值约 259.6 亿元,人均生产总值为 10 033.75 元,粮食单产为 3 952 kg/hm<sup>2</sup>,农民人均纯收入不足 2 800 元,低于全广西的平均水平。

## 2 流域农业生态系统健康评价

### 2.1 健康评价的指标体系

2.1.1 指标体系构建的基本原则 农业生态系统是指流域内生产农产品并提供农业服务的有机整体,它包括诸如土地、劳力、资本、管理及各种投入等一系列与农业有关的因素,这些因素既相互联系又相互作用,共同影响和决定着农业生态系统的结构与功能,使得农业生态系统成为自然—社会—经济复合生态系统,其运行既受自然生物生态过程作用,更受人类社会经济利益驱动<sup>[8]</sup>。区域农业生态系统健康应该表现为:根据区域资源环境状况特点,形成合理的农业生产结构,保持良好的系统运转功能,具有抵抗各种自然灾害和社会经济风险的能力,提供有效的系统服务功能,满足所有受益者的合理目标要求,同时对邻近生态系统不产生负面压力<sup>[9]</sup>。因此,区域上农业生态系统健康指标体系的建立,并不是某些单个指标之间的简单组合,而是遵循一定原则所建立的各项指标内有机联系的整体<sup>[10]</sup>。除了遵循科学性、完整性、有效性等普遍原则外,还应遵循以下原则:(1)整体性原则:任何生态环境问题都不是孤立存在的,必须从生物、物理、社会经济和人类健康等方面综合考虑;(2)指标范畴或类型原则:人类活动的压力或胁迫,环境和自然资源的质量或状况对压力或环境忧虑的反应所采取的措施整体性评价,应该考虑胁迫、压力、状态、状况两个方面,强调生物物理和文化变量;(3)与流域尺度大小相适应原则:流域尺度涉及特定考虑下地区或活生态系统的空间大小,评价指标应该定向于合适的尺度;(4)指标的简明性与易操作性原则:指标概念明确,易测得。评价指标的选择要考虑我国的经济水平,无论从方法学和人力、物力上,均要符合我国现有生产力水平,同时还要考虑各个技术部门的技术能力;(5)规

范化原则:所采用的指标的内容和方法都必须做到统一和规范,不仅能对某一个生态系统进行评价,而且要适合于不同地域生态系统间比较,确保其具有一定的科学性<sup>[11-12]</sup>。

2.1.2 指标体系的框架 根据评价指标体系的构建原则,流域农业生态系统健康评价指标体系主要由系统结构、生产功能和系统响应 3 个方面 4 个层次的指标组成(图 1 和表 1)<sup>[12]</sup>。系统结构指标主要反映农业生态系统的资源状况和生产结构多样性;生产功能指标主要是根据系统产出功能来评价农业生态系统对受益者目标要求的满足程度,即系统提供产品的能力和效率;响应指标是指农业生态系统运行过程对外部压力或胁迫的响应状况,以及农业生态系统对自然灾害和社会经济风险的应对能力<sup>[12]</sup>。

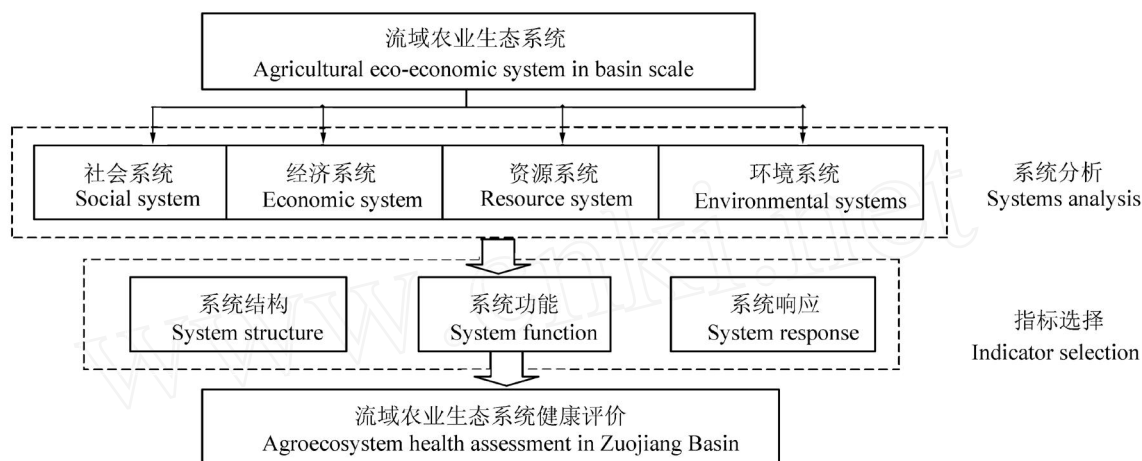


图 1 流域农业生态经济系统健康评估的理论框架

Fig 1 The theoretical framework of health assessment in agricultural eco - economic system in basin scale

表 1 流域农业生态经济系统健康评估指标体系

Tab 1 The index system of health assessment in agricultural eco - economic system in basin scale

目标层 A Target layer	准则层 B Guidelines layer	度量层 C Measurement layer	指标层 D Index layer	
左江流域农业生态系统健康 Agroecosystem health assessment in Zuojiang Basin	系统结构 B <sub>1</sub> (0.197)	资源供给性	人均基本农田 /hm <sup>2</sup> · 人 <sup>-1</sup> D <sub>1</sub> (0.056)	
		C <sub>1</sub> (0.145)	人均水资源量 /t · 人 <sup>-1</sup> D <sub>2</sub> (0.074)	
		结构多样性	C <sub>2</sub> (0.085)	劳动力集约度 /人 · hm <sup>-2</sup> D <sub>3</sub> (0.053)
				耕地占土地面积比例 /% D <sub>4</sub> (0.053)
				经济作物播种面积比例 /% D <sub>5</sub> (0.046)
				农业产值结构稳定性 D <sub>6</sub> (0.062)
	系统功能 B <sub>2</sub> (0.354)	生态功能	单位面积生态服务价值 /元 D <sub>7</sub> (0.038)	
		C <sub>3</sub> (0.164)	森林覆盖率 /% D <sub>8</sub> (0.053)	
		社会功能	人均有粮 /kg · 人 <sup>-1</sup> D <sub>9</sub> (0.044)	
	系统响应 B <sub>3</sub> (0.449)	C <sub>4</sub> (0.106)	人均肉副品 /kg · 人 <sup>-1</sup> D <sub>10</sub> (0.038)	
			恩格尔系数 D <sub>11</sub> (0.021)	
		经济功能	农民人均纯收入 /元 D <sub>12</sub> (0.026)	
		C <sub>5</sub> (0.164)	人均生产总值 /元 D <sub>13</sub> (0.058)	
		生态响应	C <sub>6</sub> (0.187)	水土治理率 /% D <sub>14</sub> (0.054)
				迹地更新率 /% D <sub>15</sub> (0.037)
		技术响应 C <sub>7</sub> (0.148)		石漠化面积比率 /% D <sub>16</sub> (0.084)
				单位面积农机总动力 /kW · hm <sup>-2</sup> D <sub>17</sub> (0.054)
			单位面积化肥投入量 /kg D <sub>18</sub> (0.038)	
			耕地有效灌溉率 /% D <sub>19</sub> (0.061)	
			农业产投比 /% D <sub>20</sub> (0.051)	

数据来源于 2006 年广西壮族自治区统计年鉴。

第 1 层次为目标层 (A), 区域农业生态系统综合评价为目标, 来反映区域农业系统健康, 即农业生态系统健康综合指数; 第 2 层次为准则层 (B), 即从“系统结构”、“系统功能”和“系统响应”角度对系统健康进行评价; 第 3 层次为度量层 (C), 包括结构、功能和响应所对应的度量单元<sup>[13]</sup>; 第 4 层次为指标层 (D), 根据统计资料 and 数据的可得性, 本研究选择 20 个具体指标来评估农业生态系统健康发展状况。

## 2.2 诊断模型构建

基于综合评价指标体系的健康诊断关键在于指标权重的确定。目前常见的赋权法有两种: 主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法反映了评价者的主观判断或直觉, 但在综合评价结果中可能产生一定的主观随意性, 具体如 Delphi 法、AHP 法等。客观赋权法的原始信息直接源于指标数据, 并利用完善的数学理论与方法统计而得, 客观性较强, 如离差法、均方差法等。本文采用均方差法确定各单项指标的权重, 并结合其它统计方法建立诊断模型, 对流域尺度农业生态经济系统健康进行综合全面诊断。

2.2.1 指标权重的确定 均方差法<sup>[14]</sup>求取各单项指标权重的思路是: 设多指标综合评价的方案集为  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ; 指标集为  $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$ ; 评价指标权向量为  $W = (W_1, W_2, \dots, W_m)^T > 0$ , 且满足  $\sum W_i = 1$ , 方案集 A 对指标集 G 经过无量纲化后的属性矩阵为  $Z = (Z_{ij})_{n \times m}$ , 表示方案 A 对指标集 G 的“属性矩阵”。以各评价指标为随机变量, 各方案  $A_i$  在指标  $G_j$  下无量纲化的属性值为该随机变量的取值, 求出这些随机变量的均方差, 并将这些均方差归一化, 其结果即为各指标的权重系数<sup>[14]</sup>, 具体步骤为:

(1) 采用线性比例变换法对指标  $X_{ij}$  进行无量纲化处理:

对于越大越优的指标:

$$Z_{ij} = X_{ij} / \max_i (X_{ij}) \tag{1}$$

对于越小越劣的指标:

$$Z_{ij} = \min_i (X_{ij}) / X_{ij} \tag{2}$$

(2) 求随机变量的均值:

$$E(G_i) = 1/n \sum_{i=1}^n Z_{ij} \tag{3}$$

(3) 求指标  $G_j$  的均方差:

$$(G_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z_{ij} - E(G_j)]^2} \tag{4}$$

(4) 求指标  $G_j$  的权系数:

$$W_j = (G_j) / \sum_{j=1}^n (G_j) \tag{5}$$

对于 2 级层次指标 ( $B_i$ ) 和 3 级层次指标 ( $C_k$ ) 的权重系数, 采用主观赋权法求解较容易, 而采用客观赋权法较难。因此, 本文采用多目标线性加权函数法确定各层次的指标量化值, 然后采用均方差法计算第 2、3 级层次指标的权重系数  $W_i$  和  $W_k$ 。

2.2.2 健康诊断模型 运用均方差决策法确定各项指标权重, 既能反映该区生态经济系统特定时期的健康水平, 又能初步判断该区系统的健康协调程度。为进一步研究诊断该区系统的健康状况, 本研究构建了健康诊断模型——健康指数。其中:

(1) 2 级层次指标的健康指数 ( $R_B$ ) 是运用递阶多层次综合评价法对 2 级层次指标 ( $B_i$ ) 进行求解, 即:

$$R_B = [ \sum (Z_{ij} W_j) ]^{w_i} \tag{6}$$

式 (6) 中:  $R_B$  为 2 级层次指标 ( $B_i$ ) 的健康指数;  $Z_{ij}$  为各指标量化值;  $W_j$  为单项指标权重;  $w_i$  为 2 级层次指标权重。

(2) 系统健康指数 ( $R_H$ ) 是流域综合治理和生态环境建设以及经济发展等总体水平的集中体现, 一般采用多目标线性加权函数法对系统健康指数进行综合评价, 即:

$$R_H = \sum_{i=1}^3 (R_B W_k) \tag{7}$$

(7) 式中:  $R_H$  为流域农业生态经济系统健康指数;  $W_k$  为 3 级指标权重; 其它指标含义同 (4) 式。

根据上述模型即可计算出各层次的健康指数, 在参考相关研究成果和咨询专家基础上, 设计 1 个 5

级评价标准,并给出相应的健康描述(表 2)。

表 2 左江流域农业生态系统健康评价标准

Tab 2 The health criteria for agricultural eco - economic system in Zuojiang Basin

健康指数 ( $R_H$ ) Health index	<0.15	0.15~0.30	0.30~0.45	0.45~0.60	>0.60
健康等级 Health rank	恶化	不健康	亚健康	较健康	健康

2.2.3 健康障碍与优势诊断 流域农业生态经济系统健康诊断的目的不只在在于对系统健康状况进行评判,更重要的是在于探求系统健康发展的障碍和优势因素。为分析流域内部农业经济系统的障碍与优势因素,参照戴全厚等人<sup>[15]</sup>引入了“障碍度”和“优势度”两个概念,具体公式如下:

$$L_j = C_j (1 - Z_{ij}) / \sum_{j=1}^n (C_j [1 - Z_{ij}]) \times 100\% \quad (j=1, 2, 3 \dots 20) \quad (8)$$

$$A_j = C_j Z_{ij} / \sum_{j=1}^n (C_j Z_{ij}) \times 100\% \quad (j=1, 2, 3 \dots 20) \quad (9)$$

(8) - (9)式中:  $C_j = W_i W_j$ , 反映单项指标  $j$  对总体目标的贡献率。障碍度  $L_j$  是单项因素对该区生态经济系统健康水平的负面影响值,是障碍诊断的目标和结果;优势度  $A_j$  是单项因素对该区系统健康水平的正面影响值,是优势诊断的目标和结果。

### 3 结果与分析

#### 3.1 指标体系的权重系数

根据前述的指标体系和指标涵义,收集研究区的统计资料、调查及观测资料进行分析计算,获取左江流域农业生态经济系统的各项指标值,然后运用上述方法对各项指标的原始数据进行标准化处理,计算出各层次指标的权重系数(表 1)。从表 1 可以看出,左江流域农业生态经济系统各指标间的协调性较差,其健康状况处于不平衡的状态。主要体现在各层指标间的权重系数有较大的差异,如 2 级层次指标的系统结构、系统功能和系统响应的权重系数分别为 0.197, 0.354 和 0.449。

#### 3.2 系统健康的空间格局

3.2.1 系统的结构、功能与响应的健康诊断 利用上述模型及权重系数,对左江流域农业生态系统健康评价 2 级层次各指标的健康指数进行计算,绘制 3 个 2 级层次指标健康指数空间态势柱状图(图 2)和综合健康指数空间态势柱状图(图 3)。

左江流域农业生态经济系统健康综合评价的最后结果为:处于“较健康”标准的是上思、凭祥;处于“亚健康”标准的是宁明、大新、龙州、扶绥县、天等、江州区,它们的排名次序由高到低依次为:上思、凭祥、宁明、大新、龙州、扶绥县、天等县和江州区。虽然天等农业生态经济系统的响应排在第 4 位为(0.463 5),但系统结构和系统功能都较低,分别为 0.547 和 0.255。系统结构低的原因是天等县境内以喀斯特地貌为主,山地面积占土地总面积的 85.48%,地表河溪少,多年平均降水量虽不少,但降水大部分渗入地下,形成山高水深的局面,其人均水资源量仅为 11.6 t/人;同时经济作物播种面积比例也较低,仅为 32.47%。

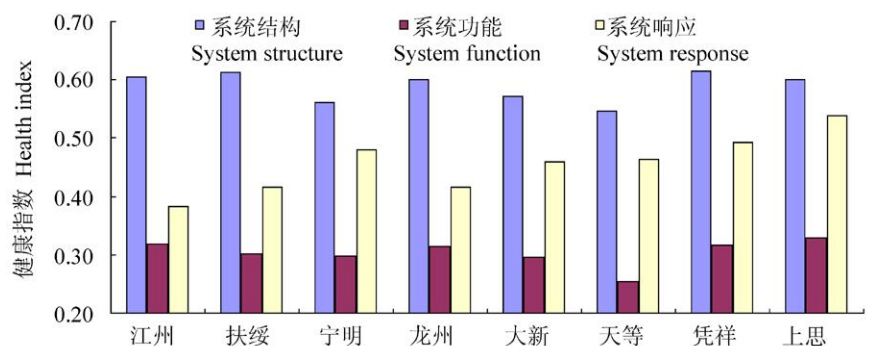


图 2 左江流域农业生态经济系统结构、系统功能与系统响应的健康指数

Fig 2 Health indice of structure, function and response for agricultural eco - economic system in Zuojiang Basin

系统功能低是因为天等的单位面积生态系统服务价值、森林覆盖率和农民人均纯收入都较低,其指标值分别为 7 195.33 元、18.93% 和 2 221.00 元。上思和凭祥综合评价指数较好,分别为 0.476 和 0.455,

其主要原因是上思和凭祥地区农业生态经济系统的结构、功能和响应 3 个方面都表现较好。系统结构凭祥最大,为 0.615,其次是扶绥县,为 0.613,凭祥县之所以最大,是因为其人均水资源量最大,为 52.18 t/人;系统功能方面上思最大,其原因是森林覆盖率最大,为 52.1%,同时人均肉副品在

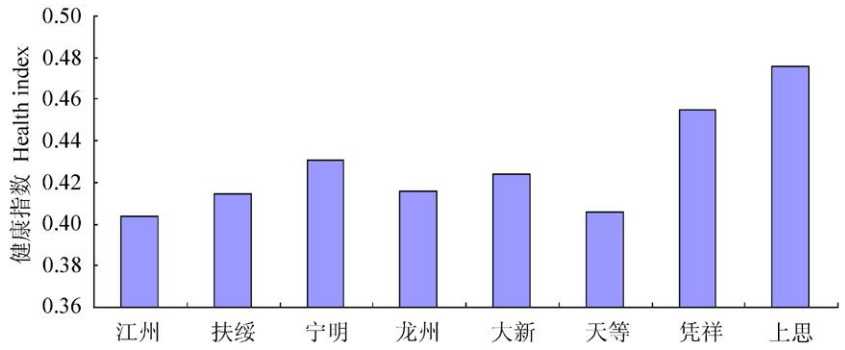


图 3 左江流域农业生态经济系统的综合健康指数

Fig 3 Health indice of Integrated for agricultural eco - economic system in Zuojiang Basin

8 个农业生态区中也是最高的,为 144.62 kg/人;系统响应方面上思最大,为 0.538,其次是凭祥县为 0.493,虽然宁明、大新和龙州三县市的系统结构、系统功能和系统响应的健康指数不是很高,但其三者彼此均衡发展,各层次间的发展协调性较好。虽然江州区农业生态区的系统结构排在第 3 位、系统功能排在第 2 位,但由于系统的响应较差(为 0.383)。即三者发展失衡,各层次间的发展协调性较差;再者江州区的劳动力集约度、农业产值结构稳定性、人均肉副品、水土治理率、单位面积农机总动力、耕地有效管概率等都是最差的,使得该区综合评价指数在 8 个农业区中是最低的。

表 3 左江流域农业生态系统各农业区障碍因素和优势因素

Tab 3 Obstacles and advantages of the factors for agricultural eco - economic system in Zuojiang Basin

农业区 Agricultural area		显著影响因素 Significantly affect factors
江州	优势因素	人均生产总值 (0.123) > 人均水资源量 (0.114) > 森林覆盖率 (0.085)
Jiangzhou	障碍因素	石漠化面积比率 (0.223) > 水土治理率 (0.107) > 耕地有效灌溉率 (0.100)
扶绥	优势因素	人均水资源量 (0.120) > 人均生产总值 (0.107) > 人均基本农田 (0.068)
Fusui	障碍因素	石漠化面积比率 (0.248) > 耕地有效灌溉率 (0.089) > 劳动力集约度 (0.083)
宁明	优势因素	石漠化面积比率 (0.110) > 森林覆盖率 (0.089) > 耕地有效灌溉率 (0.070)
Ningming	障碍因素	人均水资源量 (0.121) > 人均生产总值 (0.086) > 人均基本农田 (0.0732)
龙州	优势因素	人均水资源量 (0.117) > 森林覆盖率 (0.099) > 农业产投比 (0.094)
Longzhou	障碍因素	石漠化面积比率 (0.253) > 水土治理率 (0.093) > 耕地有效灌溉率 (0.090)
大新	优势因素	水土治理率 (0.105) > 单位面积农机总动力 (0.084) > 迹地更新率 (0.097)
Daxin	障碍因素	石漠化面积比率 (0.252) > 人均水资源量 (0.117) > 农业产投比 (0.070)
天等	优势因素	水土治理率 (0.110) > 迹地更新率 (0.097) > 单位面积农机总动力 (0.088)
Tiandeng	障碍因素	石漠化面积比率 (0.217) > 人均水资源量 (0.118) > 人均生产总值 (0.099)
凭祥	优势因素	人均水资源量 (0.105) > 人均生产总值 (0.096) > 水土治理率 (0.096)
Pingxiang	障碍因素	石漠化面积比率 (0.367) > 人均基本农田 (0.154) > 耕地占土地总面积 (0.084)
上思	优势因素	石漠化面积比率 (0.142) > 森林覆盖率 (0.080) > 耕地有效灌溉率 (0.080)
Shangsi	障碍因素	人均水资源量 (0.206) > 劳动力集约度 (0.170) > 耕地占土地面积比率 (0.095)

3.2.2 系统的健康障碍与优势诊断 为确定左江流域系统的具体障碍和优势因素,采用式(8)、式(9)对各单项指标因素进行障碍度和优势度计算,得出各农业区的障碍因素和优势因素。本文所列出的是对生态系统健康影响比较显著的几个优势及障碍因素,其中江州的优势因素有人均生产总值、人均水资源量等,障碍因素有石漠化面积比率、水土治理率等;扶绥的优势因素有人均水资源量、人均生产总值等,障碍因素有石漠化面积比率、耕地有效灌溉率等;宁明的优势因素有石漠化面积比率、森林覆盖率等,障碍因素有人均水资源量、人均生产总值、人均基本农田等;龙州的优势因素有人均水资源量、森林覆盖率等,障碍因素有石漠化面积比率、水土治理率等;大新的优势因素有水土治理率、单位面积农机总动力等,障碍因素有石漠化面积比率、人均水资源量等;天等的优势因素有水土治理率、迹地更新率等,



障碍因素有石漠化面积比率、人均水资源量等;凭祥的优势因素有人均水资源量、人均生产总值等,障碍因素有石漠化面积比率、人均基本农田等;上思的优势因素有石漠化面积比率、森林覆盖率等,障碍因素有人均水资源量、劳动力集约度等(表 3)。

## 4 结论与讨论

综上所述,左江流域农业生态经济系统的健康类型以“较健康”和“亚健康”状态为主。对于流域这样的自然—社会—经济复合生态系统来说,其生态系统健康评价的目的是为了生态恢复和管理,并实现流域的可持续发展。为此,依据诊断结果提出一些对策,以提高左江流域生态经济系统的健康水平,实现其可持续发展。

### 4.1 改变传统的发展模式,走可持续发展道路

左江流域农业生产是以化肥和农药的大投入为主要特征、以大量牺牲资源和环境为代价的常规农业,只有可持续发展的生态农业和有机农业才能从根本上解决生态环境的恶化问题。因此,从保护农业生态健康的意义看,有机农业是具有经济和生态环境保护双重功能的农业,在今后的生产中应加强有机农业技术的研究与开发,在技术开发上既要重视单一技术的突破,又要重视综合技术的组装和配套,并建立相应的标准化技术指标体系。

### 4.2 加强农业资源的合理开发利用与保护

农业生态资源将是制约左江流域农业生态健康发展的关键因素。因此,如何对农业生态资源进行合理的开发利用与保护显得异常重要。对水资源的开发与利用方面:要大力推广农业节水技术;对生活污水、工业废水要通过合理规划、统一布局进行集中净化处理,并实施重点工业水污染治理工程;要进一步合理开发地表水资源,加强水资源保护工程建设。对土地资源的开发与利用方面:加强农用土地的保护力度,严禁耕地的乱批乱用;合理使用土地,加大养地力度,特别在栽培措施上,要充分利用配方施肥、秸秆还田、耕作换茬等利于土质恢复的方法。对生物资源的开发与利用方面:要保护生物的多样性,保持区域内生物量动态的平衡;在作物生产上,要注重引进适应于本地区环境和生产条件的优质、高效的作物品种,有针对性地淘汰不适应本地发展的作物类型;在保护生物动态平衡的基础上,要开发利于经济和社会发展的生物资源。

### 4.3 积极开展生态环境建设

水土流失治理率是流域农业健康系统中一个非常重要的正向指标;而石漠化面积比例是流域农业健康系统中一个非常重要的负向指标,二者对农业生态健康评价价值的影响很大。因此,实行有效的水土治理措施,对提高农业生态整体的健康水平意义重大。主要措施有建立工程—植物体系,改善植物立地条件;采用封山育林逐步改善林地条件;在修筑水平梯田和台田的基础上,发展果树生产等恢复植被,实现农业发展与生态环境建设的相互促进。

### 4.4 坚持科技兴农,提高农业综合生产能力

科技是提高农业综合生产能力的重要因素,也是实现农业生态健康高评价价值的关键因素。因此,在进行农业生态建设、实现可持续发展的过程中,必须加大农业科技的投入、应用力度。一是要加速农业高新技术的应用,在生物技术、良种、无公害农业和节水型农业上要有新突破;二是要加大科技示范、推广的投入,搞好农产品商品基地、创汇基地、无公害农业生产基地等的建设,使农业科技成果迅速转化为现实生产力;三是提高农业科技的普及率、到位率,使广大科技人员、农民群众把利用科技实现农业可持续发展、维护生态健康作为自觉行为;四是以科技为导向,搞好农业综合开发,提高农业综合效益。

### 4.5 加大农业发展的支持力度

农业生态健康评价体系指标中,经济类占据的比重较大,因而加大对农业发展的支持力度,有效改善农业生态环境水平,显得极其重要。政府在进行经济发展的统筹规划中,要加大对农业发展的支持力度,使工业反哺农业,力求农业在生产环境改善、新技术应用、抗灾能力等方面有较大提高,实现农业生态的健康发展。

## 参考文献:

- [1] Rapport D J. What constitutes ecosystem health[J]. Perspectives in Biology and Medicine, 1989, 33: 120 - 132

- [2] Costanza R, Norton B G, Hashell B D. Ecosystem health: New goals for environmental management[M]. Washington D C: Island Press, 1992: 1 - 125.
- [3] Rapport D J, Costanza R, McMichael A J. Assessing ecosystem health[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1998, 13: 397 - 402.
- [4] 刘国彬, 胡维银, 许明祥. 黄土丘陵区小流域生态经济系统健康评价 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 45 - 49.
- [5] 章家恩, 骆世明. 农业生态系统健康的基本内涵及其评价指标 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1473 - 1476.
- [6] 梁文举, 武志杰, 闻大中. 21 世纪初农业生态系统健康研究方向 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1022 - 1026.
- [7] 武兰芳, 欧阳竹, 程维新, 等. 农业生态系统健康及其管理研究进展 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 161 - 162.
- [8] Haworth L, Brunk C, Jennex D, et al A dual - perspective model of agroecosystem health: System functions and system goals [J]. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 1997, 10: 127 - 152.
- [9] Gallop in G C. The potential of a agroecosystem health as a guiding concept for agricultural research[J]. Ecosystem Health, 1995, 1: 129 - 141.
- [10] Shear H. The development and use of indicators to assess ecosystem health start in the GreatLake[J]. Ecosystem Health, 1996, 2: 241 - 258.
- [11] 汪朝辉, 王克林, 许联芳. 湿地生态系统健康评估指标体系研究 [J]. 国土与自然资源研究, 2003(4): 63 - 64.
- [12] 汪根续, 钱鞠, 程国栋. 区域生态环境评价 (REA) 的方法与应用——以黑河流域为例 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2001, 37(2): 131 - 139.
- [13] 陈高, 邓红兵, 王庆礼, 等. 森林生态系统健康评估的一般途径探讨 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 995 - 999.
- [14] 彭涛, 高旺盛, 隋鹏. 农田生态系统健康评价指标体系的探讨 [J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(1): 21 - 25.
- [15] 王治良, 王国祥. 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系探讨 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 152 - 155.
- [16] 汪明涛. 多指标综合评价中全数确定的离差、均方差决策方法 [J]. 中国软科学, 1999, 8(8): 100 - 107.
- [17] 戴全厚, 刘国彬, 王跃邦, 等. 黑牛河小流域生态经济系统健康诊断方法探索 [J]. 中国水土保持科学, 2006, 2, 4(1): 27 - 34.

(上接第 333 页)

4 个光皮树种源苗期生长性状存在较为丰富的变异, 于都种源多数性状表现较优, 为优良种源; 对苗高、地径变异来源分析表明, 光皮树苗高、地径在种源间差异不明显, 变异主要来源于种源内部, 如石城种源, 其苗高、地径变异都较明显, 可开展种源内选择。本试验只测定了 4 个光皮树种源 1 年的生长情况, 不足以总结出其苗期生长规律, 因此要确定优良种源和单株, 还需继续观测调查, 并进行造林对比试验。

#### 参考文献:

- [1] 谢风, 潘斌林, 胡松竹, 等. 光皮树研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(7): 2961 - 2962.
- [2] 李昌珠, 蒋丽娟, 程树棋. 4 种木本植物油制取生物柴油的研究 [J]. 生物质化学工程, 2006(B12): 51 - 55.
- [3] 欧斌, 刘洪生. 生物能源树种光皮树苗木生长规律及育苗技术研究 [J]. 江西林业科技, 2007(6): 16 - 17.
- [4] 贺利中, 周湘林, 龙建平. 光皮树大田育苗与点播对苗木质量的影响研究 [J]. 现代农业科技, 2008, 24(2): 31 - 32.
- [5] 程述庭, 徐忠福, 谭子安, 等. 光皮树播种育苗技术 [J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2009(2): 10 - 12.
- [6] 何见, 蒋丽娟, 李昌珠, 等. 光皮树花芽分化的形态和解剖特征观察 [J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(2): 57 - 61.
- [7] 床庆安, 李志辉, 李昌珠. 光皮树不同无性系开花期光合生理特性日变化规律研究 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(10): 143 - 147.
- [8] 陈景震, 李昌珠, 肖志红, 等. 光皮树果实生长发育规律研究 [J]. 湖南林业科技, 2008, 35(1): 4 - 5.
- [9] 李力, 李昌珠, 李培旺, 等. 15 个光皮树无性系早实丰产试验 [J]. 湖南林业科技, 2008, 35(6): 34 - 37.
- [10] 田明, 唐大岳. 光皮树采穗圃建园技术 [J]. 湖南林业科技, 2009(4): 48 - 50.