

# 福建省农业生态环境质量评价方法研究

陈惠<sup>1</sup>, 张春桂<sup>1</sup>, 王加义<sup>1</sup>, 李丽纯<sup>1</sup>, 林晶<sup>1</sup>, 张星<sup>2</sup>

(1. 福建省气象科学研究所, 福州 350001; 2. 福建省气象局, 福州 350001)

**摘要:**根据农业生态环境评价指标筛选的原则,选择与福建省农业生态环境质量密切相关的 19 个因子作为候选因子,通过专家对候选因子进行排队打分筛选,得出福建省农业生态环境质量评价指标体系,采用层次分析方法确定各因子指标权重  $K_i$ 。经过归一化处理,得到福建省 68 个县归一化后的因子值  $a_{ij}$  和农业生态环境质量总指数值的计算公式  $P_j = \sum a_{ij} \cdot K_i$ ,再根据总指数值的大小,将各区、县(市)的农业生态环境质量划分为好、较好、一般、较差、差五个等级。利用 GIS 制作福建省农业生态环境质量现状分布图,结果表明,福建农业生态环境质量现状有从东南沿海差或较差向西北好逐渐变化的趋势;灾害面积率、林地面积占土地面积百分率、耕地面积占土地面积百分率、化肥使用量、农药施用量、人均耕地面积是决定福建各地农业生态环境优劣的主要原因。

**关键词:**农业生态环境;评价方法;福建省

中图分类号:X820.2 文献标识码:A 文章编号:1672-2043(2010)增刊-0222-04

## A Study on the Assessment Method of the Agricultural Eco-environmental Quality in Fujian Province

CHEN Hui<sup>1</sup>, ZHANG Chun-gui<sup>1</sup>, WANG Jia-yi<sup>1</sup>, LI Li-chun<sup>1</sup>, LIN Jing<sup>1</sup>, ZHANG Xing<sup>2</sup>

(1. Institute of Meteorological Science in Fujian, Fuzhou 350001, China; 2. Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001, China)

**Abstract:** Index system for the agricultural eco-environmental quality in Fujian was established by 13 indexes closely related to the quality, based on the selecting principle of the assessment indexes. The weighted coefficients ( $K_i$ ) were determined by Analytic Hierarchy Process and the normalized indexes ( $a_{ij}$ ) of 68 counties were also calculated, to obtain the comprehensive index values by the formula  $P_j = \sum a_{ij} \cdot K_i$ . According to index values, the agricultural eco-environmental quality was divided into five grades and the distribution maps of the agricultural eco-environmental quality were finished by GIS. The results showed that the present agricultural eco-environmental quality in Fujian changed from poor or bad to excellent from southeast coast to northwest. Ratio of disaster area, ratio of woodland area to total acreage, ratio of cultivated area to total acreage, fertilizer input, and farmland areas per person were major influence factors of the agricultural eco-environmental quality.

**Keywords:** agricultural eco-environment; assessment method; Fujian Province

近几十年来,随着人口的增加和经济的快速发展,人类的一些不合理的开发活动对农业生态环境造成严重破坏。出于对人类自身环境的重视,近年来农

业生态环境研究问题成为热点问题,许多专家都开展相关研究工作。

福建省地处我国东南沿海,素有“八山一水一分田”之称,人均耕地面积不足全国平均的三分之一,且耕地面积不断减少,化肥使用量不断增加,气象灾害更加频繁严重,造成农业生态环境越来越恶化,粮食安全问题日趋严重。因此,开展有关农业生态环境评价研究,为区域农业的可持续发展和农业生态环境建设提供依据,对于保证 21 世纪的食物安全和生态安

收稿日期:2009-07-14

基金项目:福建省科技厅农业科技攻关计划重点项目(2004N018)“福建省农业生态环境动态变化评估及区划研究”资助

作者简介:陈惠(1963—),女,福建福清人,高级工程师,副所长,研究方向为农业气象。E-mail:CH775@126.com

全具有重要的意义,必将产生明显的社会、经济和生态效益。

农业生态环境质量评价方法有很多,当前用得较多的有模糊综合评价法、投影寻踪模型、主成分分析法、权重评价方法、层次灰色评价法、指数评价法等。由于权重评价方法简单客观,近年来应用得十分广泛<sup>[1-7]</sup>。本文在应用层次分析法(AHP)来确定各指标值的权重的基础上,利用权重评价方法分县开展农业生态环境质量评价。

## 1 农业生态环境质量评价的指标体系

农业生态环境质量评价过程是根据建立的指标体系,运用综合评价的方法评定某区域农业生态环境的优劣,作为环境质量评价的参考标准,为环境规划和环境建设提供基本依据。因此,一组具有代表性、简便性、方便性和实用性的评价指标,并采用计算简便的评价方法,对正确反映农业生态环境质量是非常重要的。本文根据福建省农业生产特点,研究筛选确定福建省农业生态环境质量指标体系。

### 1.1 指标筛选原则

农业生态环境质量指标涉及多领域多学科,种类项目繁多,必须进行指标筛选。指标筛选要达到两个目的,一是使指标体系能完整准确地反映农业生态环境质量状况;二是使指标体系最简最小化,“简”是要求指标概念明确,调查度量方便易行,“小”是要求指标总数尽可能小,使资料易取易得。为此,筛选应遵循以下原则<sup>[7-10]</sup>:(1)完整性原则,指标体系应能全面地反映农业生态环境各方面的状况;(2)简明性原则,指标概念明确易测易得;(3)重要性原则,指标应是诸领域诸方面的主要指标;(4)独立性原则,某些指标之间存在显著的相关性,反映的信息重复,应择优保留;(5)可评价性原则,指标均应为量化指标,并可用于地区(例如县与县)之间的比较评价。

### 1.2 指标体系

遵循上述观点和原则,根据福建农业生产特点,选取与福建省农业生态环境质量密切相关的19个因子作为候选因子,请省内外农业生态环境专家对19个候选因子进行排队打分,或补充一些漏掉的因子,经过反馈及沟通,最后得出福建省农业生态环境质量指标体系如下所示:

植被覆盖指数 = [耕地面积占土地面积百分率(T1、%),林地面积占土地面积百分率(T2、%),园地

面积占土地面积百分率(T3、%),草地面积占土地面积百分率(T4、%)]

气候指数 = [干燥指数 T5, 灾害面积率(T6、%)]

水分指数 = [水域面积占土地面积百分率(T7、%),旱涝保收面积占耕地面积百分率(T8、%),水田面积占耕地面积百分率(T9、%)]

土壤指数 = [土壤侵蚀百分率(T10、%),人均耕地面积(T11、 $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ )]

非点源污染指数 = [农药施用量/耕地面积(T12、 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),化肥使用量/耕地面积(T13、 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )]

### 1.3 指标权重的确定

指标体系建成后,各指标权重系数的确定对于最后的评价具有举足轻重的作用,用于指标赋权的方法很多,但由于各种方法出发点不同,解决问题的思路不同,适用对象不同,又各有优缺点。目前有关指标权重系数的确定,具体的方法有灰色关联度法、层次分析法、人工神经网络法、德尔菲法、模糊聚类法等。其中,层次分析法是由美国运筹学家 Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的<sup>[12]</sup>,该方法能够把复杂的问题分解为不同的组成因素,将因素按不同层次组合,形成一个多层次的分析结构模型,最后把系统分析归结为最低层相对于最高层的相对重要性权值的确定或相对优劣次序的排序问题,因此得到广泛应用。

本文即采用层次分析法将福建农业生态环境指标分成3个层次;根据对同一层元素相对重要性比较的结果,决定该层元素重要性的先后次序和权重。综合专家对福建农业生态环境各要素重要性打分结果,通过计算判断矩阵的特征根、特征根向量和一致性检验,得出总的权重分配和各子系统的权重分配如下:

$$A(\text{总权重}) = (0.463 \quad 0.213 \quad 0.108 \quad 0.108 \quad 0.108)$$

$$A1(\text{植被覆盖指数权重}) = (0.306 \quad 0.593 \quad 0.034 \quad 0.067)$$

$$A2(\text{气候指数权重}) = (0.310 \quad 0.690)$$

$$A3(\text{水分指数权重}) = (0.546 \quad 0.269 \quad 0.185)$$

$$A4(\text{土壤指数权重}) = (0.639 \quad 0.361)$$

$$A5(\text{非点源污染指数权重}) = (0.500 \quad 0.500)$$

通过各因子权重对总权重的对比,得出各因子对福建省农业生态环境质量的权重值见表1。

表1 福建省农业生态环境各因子权重( $K_i$ )和各因子多年全省平均( $T_{0i}$ )(%, $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ , $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )

| 因子          | T1     | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T7    | T8     | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 权重 $K_i$    | 0.1415 | 0.2744 | 0.0159 | 0.0309 | 0.0660 | 0.1470 | 0.290 | 0.0590 | 0.0200 | 0.0690 | 0.0390 | 0.0540 | 0.0540 |
| 平均 $T_{0i}$ | 12.21  | 67.46  | 3.52   | 2.10   | 2.67   | 0.10   | 4.68  | 47.56  | 82.44  | 3822   | 0.63   | 37.52  | 801.16 |

2 福建省农业生态环境质量评价

2.1 数据来源

植被覆盖状况、水域面积资料来自于福建农业资源数据中2000年耕地利用现状遥感资料;土壤侵蚀百分率由福建省水土保持办公室提供2002年福建省土壤侵蚀面积统计表;气象状况(含灾害)资料来自于福建省气象局;人口、耕地、农药施用量、化肥使用量等状况资料由福建省统计局农村统计年鉴(1971—2005年)获得。

2.2 评价因子的归一化处理

为消除不同量纲原始数据之间的无可比性,需对各评价因子进行无量纲化处理,本文采用归一化处理,即:

$$a_{ij} = T_{ij}/2 T_{i0} \quad T_{ij} < 2 T_{i0}$$
$$a_{ij} = 0 \quad T_{ij} \geq 2 T_{i0} (T_i \text{ 为负向值时})$$
$$a_{ij} = 1.0 \quad T_{ij} \geq 2 T_{i0} (T_i \text{ 为正向值时})$$

上式中 $T_{ij}$ 为 $j$ 县第 $i$ 个因子值; $i=1\sim13$ , $j=1\sim68$ ;  $T_{i0}$ 为某因子1981—2005年全省平均值,具体见表1;  $T_{ij}$ 为负向值的因子有土壤侵蚀百分率(%)、灾害面积率(%)、农药施用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、化肥使用量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),其他因子为正向值。

经过归一化处理,得到福建省68个县归一化后的因子值 $a_{ij}$ 。

2.3 农业生态环境质量综合评价

采用质量指数法的数学模式进行农业生态环境质量评价,总指数值的计算公式为: $P_j = \sum a_{ij} K_i$ 。根据总指数值的大小,将各区、县(市)的农业生态环境质量划分为好、较好、一般、较差、差五个等级。

2.4 农业生态环境质量评价结果分析

由图1可见,福建农业生态环境质量现状为从东南沿海差或较差向西北好逐渐变化的趋势。福建农业生态环境质量按地市优劣从好到差排队:南平、三明、龙岩、莆田、厦门、宁德、泉州、福州、漳州。这是因为该省西北部地区林地面积占土地面积百分率、人均耕地面积、灾害面积率、农药施用量、化肥使用量、干燥指数均明显优于东南沿海,仅在草地面积占土地面

积百分率、园地面积占土地面积百分率两个因子为东南沿海较西北部地区略好外,其他因子均没有优势。从县域分布来说,一级的县有10个,分别是:浦城、武夷山、建阳、光泽、邵武、建宁、泰宁、将乐、明溪、清流、罗源,其中除罗源外,其他9个县均为闽西北山区,指数最优的是建阳;五级的县有4个,分别是仙游、诏安、惠安、漳浦,均为闽东南地区,指数最差的是仙游。

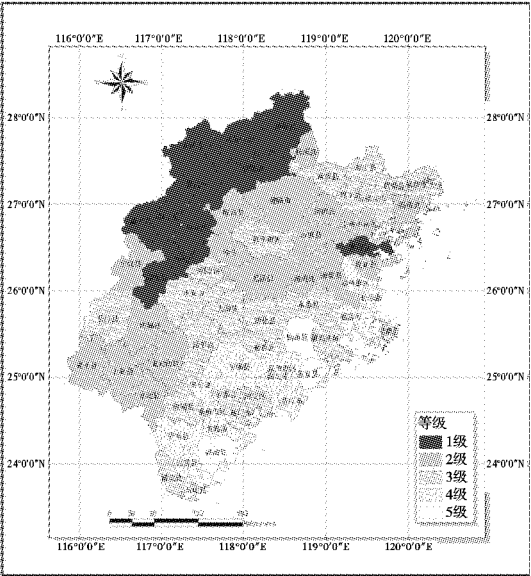


图1 福建省农业生态环境质量现状分布

通过对表2中农业生态环境质量最好的南平市与最差的漳州市各因子贡献的对比分析,可以清楚地看到,两地差值的绝对值 $>0.01$ 的7项因子中,灾害面积率、林地面积占土地面积百分率、耕地面积占土地面积百分率、化肥使用量、农药施用量、人均耕地面积、干燥指数,仅排在第3项耕地面积占土地面积百分率为漳州 $>$ 南平,其他各项均为漳州 $<$ 南平。

同样将各因子中最大减最小,将差值从大到小排序:T6、T2、T1、T13、T12、T11、T7、T5、T3、T10、T8、T9、T4。这个排序也在一定程度上体现各因子对农业生态环境质量贡献大小,与前述南平市与漳州市因子差值结果十分相似。可见灾害面积率、林地面积占土地面积百分率、耕地面积占土地面积百分率、化肥使用

表3 福建省各地市各农业生态环境因子对农业生态环境质量指数的贡献

| 地区    | T1      | T2     | T3      | T4      | T5     | T6     | T7      | T8     | T9     | T10    | T11    | T12    | T13    | 合计 P   |
|-------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 福州    | 0.0913  | 0.1167 | 0.0115  | 0.0000  | 0.0237 | 0.0172 | 0.0290  | 0.0337 | 0.0088 | 0.0515 | 0.0110 | 0.0098 | 0.0240 | 0.4281 |
| 厦门    | 0.1145  | 0.0617 | 0.0160  | 0.0000  | 0.0190 | 0.1066 | 0.0290  | 0.0354 | 0.0070 | 0.0540 | 0.0091 | 0.0225 | 0.0093 | 0.4841 |
| 莆田    | 0.1163  | 0.0900 | 0.0160  | 0.0001  | 0.0190 | 0.0837 | 0.0290  | 0.0373 | 0.0071 | 0.0582 | 0.0095 | 0.0058 | 0.0229 | 0.4950 |
| 三明    | 0.0477  | 0.1649 | 0.0047  | 0.0001  | 0.0384 | 0.1249 | 0.0056  | 0.0378 | 0.0117 | 0.0506 | 0.0300 | 0.0294 | 0.0302 | 0.5760 |
| 泉州    | 0.0853  | 0.0961 | 0.0160  | 0.0004  | 0.0221 | 0.0832 | 0.0172  | 0.0325 | 0.0079 | 0.0406 | 0.0099 | 0.0189 | 0.0108 | 0.4409 |
| 漳州    | 0.0839  | 0.0906 | 0.0160  | 0.0002  | 0.0245 | 0.0000 | 0.0211  | 0.0309 | 0.0091 | 0.0492 | 0.0169 | 0.0050 | 0.0000 | 0.3475 |
| 南平    | 0.0506  | 0.1618 | 0.0066  | 0.0001  | 0.0340 | 0.1293 | 0.0079  | 0.0352 | 0.0117 | 0.0538 | 0.0332 | 0.0267 | 0.0328 | 0.5838 |
| 宁德    | 0.0672  | 0.1347 | 0.0125  | 0.0000  | 0.0388 | 0.0344 | 0.0208  | 0.0262 | 0.0098 | 0.0465 | 0.0209 | 0.0295 | 0.0338 | 0.4750 |
| 龙岩    | 0.0496  | 0.1619 | 0.0042  | 0.0000  | 0.0273 | 0.1159 | 0.0057  | 0.0376 | 0.0115 | 0.0491 | 0.0226 | 0.0262 | 0.0297 | 0.5412 |
| 南平-漳州 | -0.0333 | 0.0712 | -0.0094 | -0.0001 | 0.0095 | 0.1293 | -0.0132 | 0.0043 | 0.0026 | 0.0046 | 0.0163 | 0.0217 | 0.0328 | 0.2363 |
| 最大-最小 | 0.0686  | 0.0719 | 0.0118  | 0.0004  | 0.0198 | 0.1293 | 0.0233  | 0.0112 | 0.0029 | 0.0117 | 0.0241 | 0.0244 | 0.0338 |        |
| 全省因子值 | 12.21   | 67.46  | 3.52    | 2.10    | 2.67   | 5.41   | 4.68    | 49.69  | 80.79  | 3.12   | 0.04   | 37.68  | 791.96 |        |
| 全省    | 0.0651  | 0.1382 | 0.0113  | 0.0002  | 0.0296 | 0.0394 | 0.0150  | 0.0340 | 0.0101 | 0.0401 | 0.0167 | 0.0203 | 0.0183 | 0.4384 |
| 权重    | 0.1415  | 0.2744 | 0.0159  | 0.0309  | 0.0660 | 0.147  | 0.029   | 0.059  | 0.020  | 0.069  | 0.039  | 0.054  | 0.054  | 1.00   |

量、农药施用量、人均耕地面积是决定各地农业生态环境优劣的主要原因。

### 3 结论

(1)建立了由耕地面积占土地面积百分率、林地面积占土地面积百分率、园地面积占土地面积百分率、草地面积占土地面积百分率、干燥指数、灾害面积率、水域面积占土地面积百分率、旱涝保收面积占耕地面积百分率、水田面积占耕地面积百分率、土壤侵蚀百分率、人均耕地面积、农药施用量/耕地面积、化肥使用量/耕地面积等13个因子5个指数组成的福建省农业生态环境指标体系,应用层次分析方法确定各因子指标权重。

(2)福建省农业生态环境质量空间分布为从东南沿海差或较差向西北好逐渐变化的趋势;福建农业生态环境质量地市优劣从好到差排队:南平、三明、龙岩、莆田、厦门、宁德、泉州、福州、漳州。

(3)根据福建省各地市各农业生态环境因子对农业生态环境质量指数贡献的分析,得出灾害面积率、林地面积占土地面积百分率、耕地面积占土地面积百分率、化肥使用量、农药施用量、人均耕地面积是决定福建各地农业生态环境优劣的主要原因。

### 参考文献:

- [1]王 俭,周林波. 农业生态环境质量评价研究[J]. 中国环境管理, 2004(9):40-41.
- [2]李瑞玲,王世杰. 贵州区域农业生态环境综合评价[J]. 中国岩溶, 2001,9(2):225-230.
- [3]喻建华,张 露,高中贵,等. 昆山市农业生态环境质量评价[J]. 中国人口,资源与环境, 2004,14(5):64-67.
- [4]汤 洁,林年丰,卞建民. 农业生态地质环境质量综合评价[J]. 世界地质, 1999,18(2):89-94.
- [5]王 瑾,陆 欣. 农业生态环境可持续发展力评价概述[J]. 山西农业大学学报, 2002(3):236-238.
- [6]张文红,陈森发. 农业生态环境灰色综合评价及其支持系统[J]. 系统工程理论与实践, 2003(11):119-124.
- [7]孟静丽,李彦丽. 迁西县农业生态环境质量综合评价[J]. 国土与自然资源研究, 2005,13(3):39-40.
- [8]芦 伟,周寅康,彭补拙. 广西柳城县农业生态环境的定量评价[J]. 农村生态环境, 2003,19(4):45-48.
- [9]刘新卫. 长江三角洲典型县域农业生态环境质量评价[J]. 系统工程理论与实践, 2005(6):132-138.
- [10]王丽梅,孟范平,郑纪勇. 黄土高原区域农业生态系统环境质量评价[J]. 应用生态学报, 2004,15(3):425-428.
- [11]李红鹰,王 静,孟昭明. 层次分析法在农业生态环境质量评价中的应用[J]. 北方环境, 1999(3):44-46.