# 县域生态农业系统评价理论及案例研究*

翟 勇[1,2], 杨世琦[1], 韩清芳[1], 贾志宽[1]
(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 农业部科技发展中心, 北京 100026)

[摘 要] 在综述国内外生态农业评价研究的基础上, 从生态农业评价指标体系、评价数学模型和评价原则等方面构建了区域生态农业评价理论体系, 并以浙江省德清县为例进行了县域生态农业系统评价研究。结果表明, 从 1995～2003 年, 德清县县域生态农业系统总体呈现优化趋势, 这主要是由资源利用效率提高所致; 后期生态指数基本接近综合指数, 而经济指数和社会指数对县域生态农业系统综合指数具有一定的副作用, 进一步表明德清县发展生态农业具有一定的自然环境优势, 同时应该加大发展经济力度, 提高县域生态农业系统的总体水平。

[关键词] 县域; 生态农业; 系统评价; 德清县
[中图分类号] S181 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2007)01-0068-05

# Assessing theory of agroecosystem at county scale and its case study

ZHAI Yong[1,2], YANG Shi-qi[1], HAN Qing-fang[1], JIA Zhi-kuan[1]
(1 College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 Science and Technological Development Centre, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

**Abstract**: On the basis of internal and external ecological agriculture assessing, the paper constructs the theory of regional agroecosystem assessment that consists of assessing index system, appraising mathematic model and appraising principle. At the same time, Deqing county is singled out for a case study of agroecosystem at county scale. From 1995- 2003, Deqing county agroecosystem of county presented ascending trend on summing index because of the higher efficient resource using. The ecological index was close to the summing index in later period, but economic index and social index produced negative function. Furthermore, there was dominant position of nature environment in developing agroecosystem at Deqing county. For improving the level of developing agroecosystem at county scale, it should enhance the economic development of agroecosystem.

**Key words**: county scale; eco-agriculture; system appraisal; Deqing county

近年来, 关于生态农业评价问题开展的研究越来越多, 主要领域集中在评价方法、评价指标体系、评价标准等方面。国外生态农业评价研究开始于 20 世纪 60 年代中期。Cordon[1]、Conway[2-3]等曾较早提出了生产力、稳定性、持久性、应变能力(或弹性, 公正性、自主性或独立性)等指标, 主要用于农业发展规划的设计, 但研究大多缺乏能够代表系统整体特性的定量指标, 尤其是缺乏能够用于系统之间横向比较的综合指标。另外, 生态农业系统的稳定性和持久性指标都需要较长时间序列的资料来度量, 可操作性差。目前, 国外在构建综合指标体系上一般采用框架体系, 如"压力-状态-响应"(PRS)概念框架、Goal-Oriented-Concept(GOC)框架等, 通过建立指标因子子集和量化指标因子等实现评价的目的。评价方法总的发展趋势是逐渐由定性评价到定量分析过渡。在生态环境质量现状评价方面, 美国、加拿大、英国等在定量评价方法上研究较多, 如模糊数学统计方法、灰色系统理论评价方法等。但这些评价方法仍然存在指示因子的选

* [收稿日期] 2006-11-03
[基金项目] 教育部重点研究项目(重点 01167); 西北农林科技大学科研基金项目(08080277)
[作者简介] 翟 勇(1961- ), 男, 山东平阴人, 在读博士, 主要从事农业科研管理研究。E-mail: shiqiyang@126.com
[通讯作者] 贾志宽(1962- ), 男, 山西朔州人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态农业、旱地农业研究。E-mail: zhikuan@tom.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

择问题、评价指标的数量问题、评价指标的实用性问题及评价指标的量化问题等。目前, 很多新的方法不断涌现, 特别是利用模型模拟系统从多层次、多维度对农业生态系统进行评价, 如应用地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)和全球卫星定位系统(GPS)与实验研究相结合的方法等。从评价内容方面看, 国外通常注重于建设成效的评价, 并将经济、生态和社会效益结合起来进行综合评价。

我国生态农业评价研究始于 20 世纪 80 年代中期, 主要包括评价指标体系和评价方法。卞有生[4]在留民营生态农业系统建设成效评价中, 将评价指标体系分为经济指标、生态环境指标和社会效益指标, 其中共包含 20 个具体指标。孙鸿良[5]从系统结构、功能和效益 3 个方面提出了生态农业系统 22 个具体指标。1996 年全国生态农业县建设领导小组办公室在《中国生态农业》一书中, 将生态农业指标体系分为 4 个层次: 第一层为生态农业综合指标; 第二层为初级生产系统指数、次级生产系统指数和加工生产系统指数; 第三层为各子系统的生态效益、经济效益和社会效益; 第四层由 36 个指标组成。虽然有关生态农业系统评价指标体系的研究很多, 但在评价原则、权重的确定及评价方法等方面差别很大, 指标数量少则十几条, 多则百余条, 这一方面使实际操作(如指标度量、资料收集等)困难极大, 另一方面却由于各地自然和社会经济条件、生态农业试点的层次水平及建设目标等的差异, 难以满足用不同指标度量的要求。目前, 生态农业评价指标数量多在 20～30 个。因此评价指标个数以及指标的权重仍然是评价中需要深入研究的方面[6-7]。张斌[8]以物元论与可拓集理论为基础, 将物元模型理论应用于生态农业评价。潘大丰[9]将人工神经网络理论应用于生态农业评价中, 采用BP 反向传播算法进行评价。曹志平[10]将全息理论应用于生态农业评价中, 建立了评价农牧生态系统循环功能的指标体系与评价数学模型。此外, 还有灰色关联分析评判法、系统聚类分析法和网络图分析法也被应用于生态农业评价中。

生态农业评价原则是生态农业评价的出发点, 在评价中具有重要作用。袁从祎[11]建议以生物学的合理性、技术上的可行性、经济上的有利性、生态学的持续性和社会上的可接受性作为生态农业综合评价的 5 项主要原则; 吴佐礼[12]认为生态农业综合评价的原则是经济效益、生态效益和社会效益相统一, 整体效应与各亚系统效应兼顾, 评价应服务于综合调控; 孙鸿良[5]将生态经济理论与系统科学原理相结合作为生态农业评价的一般原则, 坚持全面性与完整性、因地制宜、静态评价与动态评价相结合、传统方法与现代方法相结合等原则。

本研究在参阅国内外生态农业评价研究资料的基础上, 提出生态农业评价的 5 个原则: 第一, 因地制宜原则。由于不同地区或同一地区不同层次生态农业系统的自然和社会经济条件不同, 构成系统的组分也不同, 因而功能和效益不尽相同。评价指标体系的设置、权重在各指标间的分配及评价标准都应与相应地区或层次的自然和社会经济条件相适宜。第二, 整体性原则。整体功能健全, 生态、经济和社会效益的最佳统一是生态农业建设的重要目标, 也是综合评价的重点, 评价指标体系要反映生态农业整体协调、循环再生、生产高效低耗、系统稳定持久等的特性也应有相应的指标去度量。第三, 科学与实用原则。指标体系的设置应能客观、全面反映生态农业的内容和特点, 指标必须概念清晰、科学涵义明确, 指标之间既要有内在联系, 又要避免重复。指标量化和评价标准应与我国农业生产和农业经济管理的现实水平相适应, 易于在实际中找到适当的代表值, 并尽可能用常用的单位表示, 还应适当设置一些高于目前水平, 能反映农业发展趋势和科学性强的指标。第四, 静态评价与动态评价相结合的原则。静态评价是指对生态农业系统功能效益的现状或某一时间点的评价, 这便于对层次相同的不同生态农业系统在同一对应时间点上进行比较。不同生态农业系统起点水平不同, 系统的结构和功能效益有一个从简单到复杂、由低级到高级的演替过程, 因此还要建立动态评价体系, 以揭示该系统的发展趋势, 并进行有效的调控。第五, 可比性原则。评价结果应具有系统自身在不同时段的纵向可比性, 以及相同层次的不同系统在同一时段的横向可比性, 这在很大程度上取决于 3 个方面: 第一, 采用同一种评价方法计算综合功能和效益; 第二, 指标体系的设置要为综合功能效益评价服务, 指标体系的分类设置要便于进行权衡分析, 按照生态经济学原理给同类指标以相应的权重, 进行综合评价; 第三, 要对各种指标进行统一量纲和无量纲处理, 使综合评价的结果具有相同的意义。本研究应用以上原则, 以浙江省德清县为例, 利用多年资料和统计数据, 对该县生态农业建设的资源利用及经济、社会和生态效益进行综合评价, 以期为县域生态农业系统的评价提供理论参考, 并为生态农业建设实践提供指导。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

## 1 德清县概况

德清县地处浙北杭嘉湖平原, 位于30°26′～30°42′N和119°45′～120°21′E, 土地面积936 km², 其中平原占50.84%, 山地丘陵占38.42%, 水域占10.74%; 属北亚热带季风气候, 温暖湿润, 年平均气温16 ℃, 多年平均降水量1 379 mm, 太阳年总幅射量409.49 kJ/cm²。农业以种植业为主, 畜牧养殖、渔业、副业等产业发展迅速, 种植业在农业总产值中的比重呈逐年下降趋势。该县农村乡镇企业发达, 经济条件优越, 1998年乡镇工业产值为82.8亿元, 占农村社会总产值的82.9%。1998年总人口42.2万人, 农业人口31.6万人, 农民人均收入3 863元。该县农业生产历史悠久, 经济比较发达。早在20世纪80年代初期, 该县便开始生态农业的探索与实践, 是我国首批51个全国生态农业建设试点县之一。

## 2 德清县生态农业评价指标体系

### 2.1 评价指标体系的构建

根据文献资料及德清县的自然、社会和经济特点, 选择22个指标构成了德清县生态农业系统评价指标体系(图1)。如图1所示, 该体系分为3个层次: 第1层(A)反映德清县生态农业系统的整体功能; 第2层(B)从资源利用(B1)、生态(B2)、经济(B3)和社会(B4)效益4个方面来衡量系统的现状水平; 第3层(C)是具体的评价指标。

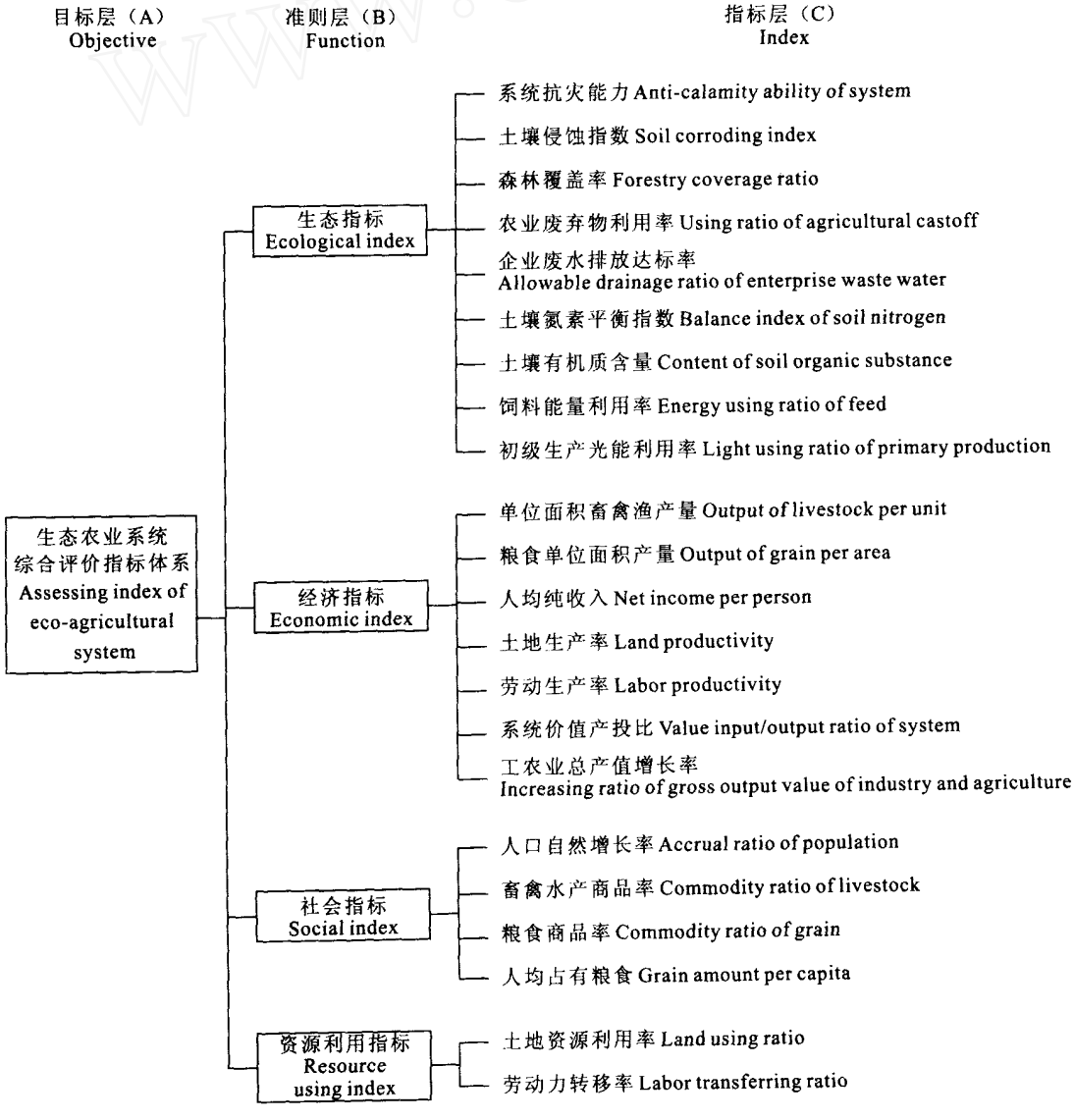


图1 德清县生态农业评价指标体系

Fig. 1 Assessing index system selected for Deqing county

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

### 2.2　指标权重的确定

生态农业系统评价是利用评价指标体系综合反映系统实际状况并得出结论的过程。由于不同要素对系统所起的作用和地位不同, 并且这种作用随着时空的变化而变化, 加上人们对系统的要求和希望不同等因素, 评价体系中各要素的权重也就不同。

评价指标权重是评价指标在评价体系中重要性的体现。指标权重的确定一般采用层次分析法(Analytical Hierachy Process, 简称AHP), 它是由美国著名运筹学家 Saaty 教授提出来的, 在有关指标评价领域具有重要的影响。

AHP 的一般步骤: 先是建立层次结构, 其次是构造判断矩阵, 最后计算指标权重, 通常还要进行一致性检验。在结构层次模型中, A 层为目标层, 即区域生态农业系统综合评价; B 层为准则层, 包括资源利用效率、生态效益、社会效益和经济效益; C 层为指标层, 即资源利用效率、生态效益、社会效益和经济效益包括的具体指标。建立判断矩阵是针对准则层, 比较指标层中各元素之间的相对重要性, 用量化的标度 $B_{ij}$ 表示(标度的含义见表 1), 一般要通过专家咨询法确定(表 2)[12-14]。

表 1　1～9 标度的含义

Table 1　Definition of the presented number 1-9

| $B_{ij}$ | 含义 Definition |
|---|---|
| 1 | $B_i$ 与 $B_j$ 同等重要 $B_i$ is equal important with $B_j$ |
| 3 | $B_i$ 比 $B_j$ 稍微重要 $B_i$ is a little more important than $B_j$ |
| 5 | $B_i$ 比 $B_j$ 重要 $B_i$ is important than $B_j$ |
| 7 | $B_i$ 比 $B_j$ 明显重要 $B_i$ is more important than $B_j$ |
| 9 | $B_i$ 比 $B_j$ 极端重要 $B_i$ is most important than $B_j$ |

注: ① 2, 4, 6, 8 表示介于标度中间; ② $B_{ij} = 1/B_{ji}$。

Note: ① 2, 4, 6, 8 also means important; ② $B_{ij} = 1/B_{ji}$。

$$W_i = \overline{W}_i / \sum_{j=1}^{n} \overline{W}_j,$$

$$\overline{W}_i = \sqrt[n]{M_i}, \overline{W}_j = \sqrt[n]{M_j}。$$

式中: $M_i = \prod_{j=1}^{n} B_{ij}$ $(i = 1, 2, \cdots, n)$, 表示矩阵行系数的乘积; $M_j = \prod_{i=1}^{n} B_{ij}$ $(j = 1, 2, \cdots, n)$, 表示矩阵列系数的乘积。

用一致性指标 $CI$ 进行一致性检验, 有

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1),$$

$$\lambda_{max} = \sum (AW_i)/nW_i。$$

式中: A 表示判断矩阵。对照一致性指标值, 计算一致性比例 $CR$, 当 $CR = CI/RI < 0.10$ ($RI$ 为平均一致性指标), 表示符合客观现实, 否则需要进行矩阵调整。一致性检验指标值见表 3。

表 2　判断矩阵与权重向量

Table 2　Judging Matrix and vectors of relative quotients

| $B_2$ | $C_{21}$ | $C_{22}$ | $C_{23}$ |
|---|---|---|---|
| $C_{21}$ | 1 | 1/3 | 1/5 |
| $C_{22}$ | 3 | 1 | 1/6 |
| $C_{23}$ | 5 | 6 | 1 |

注: $B_2$ 为综合评价的判断矩阵; $C_{ij}$ 表示第 $i$ 个指标相对于第 $j$ 个指标的权重向量。

Note: $B_2$ is the judgment matrix of appraising; $C_{ij}$ is weight vector of $i$ related to $j$.

表 3　随机一致性检验指标值

Table 3　Guideline value to random test consistency

| 阶数 Module | $RI$ | 阶数 Module | $RI$ |
|---|---|---|---|
| 3 | 0.58 | 7 | 1.32 |
| 4 | 0.90 | 8 | 1.41 |
| 5 | 1.12 | 9 | 1.45 |
| 6 | 1.24 | | |

注: 当阶数为 2 时, 不需要进行一致性检验。

Note: When the module is 2, No test consistency.

## 3　德清县生态农业系统评价结果

对原始数据用极差转换公式进行量化处理, 有

$$X_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \ (i = 1, 2, \cdots, 22)$$

式中: $X_i$ 为转换后量化数据; $x_i$ 为原始数据; $x_{min}$ 为第 $i$ 指标原始数据最小值; $x_{max}$ 为第 $i$ 指标原始数据最大值。分析结果见表 4。

表 4　德清县生态农业系统评价指数(1995～2003 年)

Table 4　Index of assessment for eco-agriculture in Deqing county (Year 1995 to 2003)

| 评价指数 Assessment index | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 资源利用指数 Resource using index | 0 | 0.235 9 | 0.258 4 | 0.518 9 | 0.720 6 | 0.864 4 | 0.883 2 | 0.859 5 | 0.833 7 |
| 生态指数 Ecological index | 0.397 9 | 0.430 1 | 0.453 9 | 0.208 9 | 0.462 1 | 0.546 7 | 0.649 9 | 0.751 1 | 0.632 4 |
| 社会指数 Social index | 0.462 1 | 0.463 8 | 0.553 3 | 0.554 2 | 0.540 8 | 0.483 6 | 0.553 1 | 0.667 3 | 0.684 9 |
| 经济指数 Economic index | 0.231 8 | 0.163 3 | 0.374 8 | 0.513 4 | 0.430 8 | 0.513 2 | 0.536 6 | 0.674 3 | 0.701 3 |
| 综合指数 Integrated index | 0.301 4 | 0.313 2 | 0.424 2 | 0.423 8 | 0.497 9 | 0.554 1 | 0.641 9 | 0.726 1 | 0.699 3 |

(1) 由表 4 可以看出, 德清县生态农业建设的综合指数呈平稳上升趋势, 1999～2002 年每年上升幅

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

度都在 10% 以上, 但是在 1998 和 2003 年也出现了稍微下降。总体而言, 1995～2003 年德清县生态农业系统的综合指数提高了 1.3 倍, 表明德清县生态农业系统效益是明显的。从子系统的评价指数看, 资源利用指数、生态指数、经济指数和社会指数均呈上升趋势, 资源利用指数的上升最为显著, 说明德清县对耕地、水域、林地等土地资源的利用在加强, 农村劳动力逐渐向第二、三产业转移, 劳动力结构组成趋于合理。生态指数在保持缓慢上升的过程中也出现了较大的波动, 如 1998 年生态指数仅为 1997 年的 46%, 是 1999 年的 45%, 主要是由于农业生态系统抗灾能力低及粮食减产等原因引起的, 表明德清县农业生态系统的稳定性还需要进一步加强。经济指数的增长比较突出, 2003 年是 1995 年的 3 倍, 反映了德清县农村经济条件逐步改善, 工农业生产得到快速发展。社会指数的增长相对平缓, 在 1999～2000 年出现小幅下降, 这主要是因为人均粮食占有量不稳定和人口自然增长率波动的影响所致。

(2) 本研究中资源利用指数涉及的指标数量有限, 仅仅涉及土地资源利用率和劳动力转移率, 2000 年前后正是我国劳动力开始大量转移的时期, 同时由于我国耕地资源有限, 土地利用率较高, 所以资源利用指数要高于其他指数, 但由于涉及资源指标有限, 因此还不能完全反映农业生产资源利用的真实情况, 对生态农业系统综合指数有一定的放大作用。

(3) 社会指数低于其他指数, 对生态农业综合指数有一定的负面效应, 反映了我国农业发展中存在的普遍问题是农业有了较大发展, 但农业生产的社会效益没有较大的提高, 主要体现在农产品商品率不高和农民收入增长缓慢等方面。

## [参考文献]


[1] Gordon R C. Agroecosystem analysis[J]. Agric Admin, 1985, 20(1): 31-55.

[2] Conway G R. Agroecosystem analysis for research and development[M]. Bangkok: Winrock International, 1986.

[3] Conway G R. The properties of agroecosystems[J]. Agricultural System, 1987, 24(2): 95-117.

[4] 卞有生. 大中型农场生态经济评价指标及评价方法[J]. 农村生态环境, 1994, 10(2): 10-14.

[5] 孙鸿良. 生态农业的理论与方法[M]. 济南: 山东科技出版社, 1993.

[6] 何乃维, 倩克平. 生态农业的评价指标体系和评价[J]. 数量经济技术经济研究, 1985(2): 23-25.

[7] 颜春起. 生态农业综合效益评价指标体系的探讨[J]. 自然资源研究, 1987(3): 24-31.

[8] 张 斌. 物元模型及其在农业中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 1997, 13(4): 295-298.

[9] 潘大丰. 神经网络多指标综合评价方法研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 1999, 15(2): 105-107.

[10] 曹志平. 农业生态系统循环功能的综合评价(I)方法[J]. 农村生态环境, 1997, 13(3): 6-10.

[11] 袁从祯. 农业生态经济系统生产力与多样性评价指标[J]. 应用生态学报, 1995(1): 137-142.

[12] 吴佐礼, 陈聿华. 农业生态系统综合评价指标体系及其权重[J]. 中国生态农业学报, 1996, 4(2): 31-34.

[13] 吴建军, 王兆骞. 生态农业综合评价的指标体系及其权重[J]. 应用生态学报, 1992(1): 115-120.

[14] 王兆骞. 中国生态农业与可持续发展[M]. 北京: 北京出版社, 2001.


© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net