

## 生态农业评价综述\*

陈飞星 张增杰

(北京师范大学环境科学研究所 北京 100875)

**摘要** 系统总结了近年来生态农业评价的原则与方法,评价指标体系的建立、指标权重的确定及评价标准的选择等,重点介绍了模糊数学、全息论与人工神经网络等理论在评价指标体系中的应用,并针对当前生态农业评价中存在的问题提出了改进建议。

**关键词** 生态农业评价 指标体系 指标权重 评价标准

**Review on eco-agricultural assessment.** CHEN Fei-Xing, ZHANG Zeng-Jie (Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875), *CJEA*, 2001, 9(4): 104~106

**Abstract** Principles, methods, construction of index system, index weight and criteria of eco-agricultural assessment are systematically reviewed and application of fuzzy mathematics, holographic theory and artificial nervous network theory to the eco-agricultural assessment are mainly introduced also. In accordance with the problems existing in eco-agricultural assessment, some improving opinions are put forward.

**Key words** Eco-agricultural assessment, Index system, Index weight, Criteria of assessment

生态农业评价是对农业生态系统进行系统诊断与环境辨识的基础,其目的是通过对农业生态系统整体、组分及其相互关系的评价,确定该农业生态系统进行调控的对象与调控强度,从而保证农业生态系统的良性循环与可持续发展。本文系统总结了近年生态农业评价的新进展,并提出了改进建议。

### 1 生态农业评价的原则、类型与方法

生态农业评价的原则,袁从祎<sup>[1]</sup>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<sup>[2]</sup>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<sup>[3]</sup>把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。从不同角度考虑,生态农业评价可划分为多种类型,按区域划分包括区、县、乡、村(场)和户生态农业评价;按时间可分为过去评价、现状评价和未来评价;按特性可分为农业生态系统结构评价、功能评价、效益评价与属性评价;此外还有具体生态农业模式评价与专项评价如土地退化评价、生态适应性评价及风险性评价等。

生态农业评价的方法,我国学者采用多种方法对不同类型农业生态系统进行评价,已初步形成生态农业评价的理论体系,如模糊数学、全息论、人工神经网络、物元论、灰色关联以及多元统计等理论在生态农业评价中得到广泛应用。生态农业评价方法最早主要采用综合评分法,即多目标线性加权函数法<sup>[4]</sup>,其评分一般分为5级,即将各指标评分乘以相应的权重然后进行评价,该法评分标准分级不精确,易导致“小差异扩大化”与“大差异缩小化”,从而使评价结果与客观实际不相符。农业生态系统各组分间相互影响、相互作用和相互制约,使系统呈现某种模糊性,用传统评价方法很难正确认识它,目前大都采用模糊综合评判法<sup>[5]</sup>,即先把评判的同一事物多种因素按某一属性分成若干层次,然后对每一层次进行评判,在此基础上再对初层次评判结果进行高层次综合评判,该方法关键在于确定各基础指标的隶属函数。潘大丰<sup>[6]</sup>将人工神经网络理论应用于生态农业评价中,并针对多指标综合评价提出新的方法,用模糊数学隶属函数对评价指标进行描述,由隶属函数端点值与中间值组成学习样本模式,采用BP反向传播算法进行训练,并通过实例进行多指标综合评

\* 北京生物源生物工程有限公司及北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点联合实验室开放基金资助项目  
收稿日期:2000-04-07 改回日期:2000-05-26

价。张斌<sup>[7]</sup>将物元模型理论应用于农业评价,以物元论与可拓集理论为基础研究现实广泛存在的矛盾问题,把所描述的事物及其特征与特征量值组成有序3元组即物元,目的是探索处理矛盾问题的规律与方法。曹志平<sup>[8]</sup>将全息理论应用于生态农业评价中,并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。张国祥在探讨县域生态农业系统特性基础上将全息思想引入县域生态农业综合评价中,并构造综合评价的全息体系,即在把综合效益评价作为主体评价的同时引入结构功能评价与发展过程评价作为辅助评价,从而增加系统信息量,使评价趋于全面完善。此外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。

## 2 生态农业评价的指标体系、权重与标准确定

生态农业评价的指标体系设计是生态农业评价理论研究的中心,国内学者基于整体性、科学性、实用性与因地制宜原则建立了许多服务于不同评价对象与评价目的指标体系,如下有生<sup>[9]</sup>在大中型农场生态经济评价中将指标体系划分为光温资源指标组、结构指标组与功能效益指标组,其中功能效益指标组又包括经济效益、生态效益与社会效益指标组,应用主成分分析法对指标进行筛选降维得到9个指标。吴建军<sup>[10]</sup>认为同一生态经济区域自然与社会经济条件具有相对一致性,农业发展的基本特征和发展方向、主要障碍因素及重大技术改造措施与生态农业建设目标及途径相对一致,应采用同一套指标体系,并据此将资源利用率指标和3大功能效益指标相结合建立了适于杭嘉湖水网平原地区生态农业综合评价指标库,应用于浙江省德清县瀚山乡生态农业评价中。王凤仙<sup>[11]</sup>在生态农业评价研究中将指标体系分为4层,第1层为生态农业综合指数,表示生态农业发展水平的高低,第2层包括初级生产系统指数、次级生产系统指数和加工生产系统指数,第3层由9个指标组成,为3个子系统的生态、经济、社会效益指数,第4层由36个基础指标组成,该分层结构清晰直观,有利于生态农业评价标准化和规范化。在指标体系中普遍以光能利用率反映初级生产对气候资源利用效率,该指标缺陷是不同自然区域生态农业可比性差,作物产量是光、热、水、土等综合作用的结果,温度是重要制约因素,它是初级生产利用光能的前提条件,考虑到水分和土壤条件较易通过人工改造得以满足,而大面积改变光热条件难以实现,应以光温资源利用率来取代光能利用率,该指标较好地反映了农业生产对光热等自然资源利用效率,在不同地区间可进行比较,适用性广且本身包括太阳辐射能利用率。

生态农业评价指标的权重,由于各评价指标内涵不同,有必要判明这些指标的相对重要性即权重。确定权重的方法主要有主观判断法、层次分析法、专家咨询法及统计评估法等,主观判断法是由评价人根据自己的实践经验和主观判断直接给出权重,其准确性无法检验,通常带有研究者的主观随意性,难于正确反映各指标实际作用和地位;专家咨询法直接由专家评判出指标权重的大小,它仅依靠专家的书面意见,参加者可分布很广的地区,它对专家们的意见进行统计处理、归纳、综合,然后进行多次信息反馈使意见逐步集中,从而作出比较正确的判断,该方法直接可靠,但存在主观性且耗时较长,权重分配的难度和工作量随指标数量的增多而增大,甚至难以取得满意效果。层次分析法将人的思维过程数学化,并把非常复杂的系统分析简化为各指标之间成对比较判断和简单排序计算,先构筑指标递阶层次结构,用1~9标度对同一层次各指标关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较,构造两两比较判断矩阵,然后计算单一准则下指标的相对权重,再对判断矩阵进行一致性检验,最后计算各层次指标对系统目标的合成权重,该方法克服了直接打分求权重的弊端且较客观,但随着判断矩阵的增大而出现前后矛盾判断差错率很高,难以满足一致性检验的要求,目前采用最多的是将AHP法与Delphi法相结合来确定权重。齐鑫山<sup>[12]</sup>将指标权重分为内涵性权重和数据结构性权重,前者大小取决于指标在生态农业系统中意义或自身内涵,它由改进型的Delphi法和AHP法相结合来确定,而后者取决于计量数据的结构和变化态势,由序列综合法确定,这2种权重使生态农业综合评价指标权重的确定更全面客观。应用统计方法估计权重主要有主成分分析法、回归系数法、通径系数法和因子排序法,吴佐礼<sup>[2]</sup>等利用主成分分析法确定权重,首先对3个不同类型农户生态亚系统功能指标进行主成分分析求得主成分贡献率和因子载荷矩阵,经过计算和归一化处理得到每个指标的权重,该方法减少了人为主观因素的影响,具有较高精确度,但数理统计方法有赖于大量完整的调查资料,计算过程复杂且难以推广应用。此外刘建慧<sup>[13]</sup>利用分层协调方法确定生态农业综合评价的权重,该方法立足于多准则群决策问题的求解技术,建立了分层协调模型,综合利用偏好分析、效用理论和社会选择理论并取得较好效果。

生态农业评价标准的确定,确定评价标准是生态农业评价关键问题,评价标准制定的好坏直接关系到评价结果的可靠性以及随后所采取的调控措施有效性,生态农业评价标准内容一是各基础指标的基准值和理想值,它是计量数据标准化和建立隶属函数的基础。二是生态农业分级标准,它决定着最终评价结果的有效

性,以往评价标准的确定主要是以某个生态农业评价单元在不同时期各指标数据资料为依据或以同一生态经济区域内不同生态农业评价单元数据为基础,以各指标数据系列的最劣值作为基准值,以最优值为理想值,对评价后所得综合指数采用平均值加减标准差的方法分为若干级进行优劣对比和排序,该方法优点是通过对同一类型评价单元之间纵横比较判断其优劣,简单易行,但评价标准通用性差即在不同评价单元组合中不能通用,且不同区域类型无可比性。为使生态农业评价标准具有较普遍适用性,有必要采用尽量统一的评价标准,齐鑫山<sup>[14]</sup>在研究山东省生态农业综合评价时以1990年全省农业和农村经济总体水平、农业资源、环境状况及生态农业试点典型调查资料为依据确定各指标的基准值,以2010年全省预计的平均先进水平和理论分析相结合确定理想值。郑兴和<sup>[15]</sup>考虑到评价标准在时间上的相对性,将山东省农业综合评价各指标标准值按初步现代化、基本现代化和较高现代化3个阶段分别予以确定。王宏康<sup>[16]</sup>认为生态农业建设应分为3个不同发展阶段进行,而不同阶段指标的标准值也不同,并鉴于我国自然环境和经济发展具有明显的地区差异提出了东部沿海和西部内陆地区不同要求的规范标准。国家环境保护总局和农业部也分别提出了生态农业建设的指标标准。对于生态农业综合分级标准,王凤仙<sup>[11]</sup>将综合指数分为5级,即综合指数在0.8~1之间为优良生态农业系统,在0.7~0.8之间为良好生态农业系统,在0.6~0.7之间为中级生态农业系统,在0.5~0.6之间为初级生态农业系统,在0.5以下为非生态农业系统。吴佐礼<sup>[2]</sup>将最终评分值[0~1]划为若干等级,即0.50~0.60者定为初级农业生态系统,0.60~0.70者定为中级农业生态系统,0.70~0.85者定为良好农业生态系统,0.85以上为优秀农业生态系统。曹湊贵<sup>[17]</sup>认为若评价对象综合评价结果即综合指数在0~1之间则为如下评价标准,即0.8~1为优秀,0.6~0.8为良好,0.4~0.6为一般,0~0.4为差。

### 3 小结与讨论

近20年来国内学者对生态农业评价作了许多有益的探讨和研究,初步形成了生态农业评价理论体系,对促进生态农业的发展起到一定推动作用。但由于采用的评价方法多种多样,且每位学者都根据自己需要建立了各自指标体系,指标数量从十几条到几十条不等,指标权重与标准值的确定以及生态农业分级标准也各不相同。到目前为止尚无一个较完善的生态农业评价指标体系、评价方法及评价标准,这使得评价结果主观性强和可比性差,给生态农业的进一步深化和推广普及带来一定困难。因此,目前生态农业评价工作中最为迫切的任务之一是建立标准化、规范化和统一化的评价体系,如果评价方法统一,且建立指标体系原则相同和评价标准一致,则无论评价指标体系和层次结构如何,不同类型生态农业系统评价结果均应具有可比性。考虑到生态农业系统的复杂性和模糊性,建议统一采用模糊综合评价法,指标的选取要具有较好的可比性,以AHP法和Delphi法相结合确定指标的权重,同时根据我国自然、经济和社会条件的分布状况,分别制定适宜于平原、山区、草地、荒漠等不同自然地理类型和经济发达、欠发达、贫穷等不同经济类型及不同发展阶段的评价标准,其经济和社会指标要以国家有关的发展规划为依据,其生态环境指标要从相应的科学理论出发制定出反映系统理想状态的客观标准。

### 参 考 文 献

- 1 袁从伟. 农业技术的综合评价指标初探. 农村生态环境, 1995, 11(1): 48~51
- 2 吴佐礼. 农业生态系统综合评价指标体系及其权重. 生态农业研究, 1996, 4(2): 28~31
- 3 孙鸿良. 生态农业的理论与方法. 济南: 山东科技出版社, 1993
- 4 陈会英. 综合评分法的改进与应用. 农业系统科学与综合研究, 1996, 12(1): 37~41
- 5 孙桂兰. 多层次模糊综合评判法在生态农业评价中的应用. 农村生态环境, 1993, 9(1): 54~57
- 6 潘大丰. 神经网络多指标综合评价方法研究. 农业系统科学与综合研究, 1999, 15(2): 105~107
- 7 张 斌. 物元模型及其在农业中的应用. 农业系统科学与综合研究, 1997, 13(4): 295~298
- 8 曹志平. 农业生态系统循环功能的综合评价(1)方法. 农村生态环境, 1997, 13(3): 6~10
- 9 卞有生. 大中型农场生态经济评价指标及评价方法. 农村生态环境, 1994, 10(2): 10~14
- 10 吴建军. 生态农业综合评价的指标体系及其权重. 应用生态学报, 1992, 3(1): 42~47
- 11 王凤仙. 生态农业评价指标体系及其评价方法研究. 北京: 中国农业出版社, 1990
- 12 齐鑫山. 序列综合—专家咨询: 生态农业综合排序评价法的应用. 农村生态环境, 1994, 10(2): 33~37
- 13 刘建慧. 立体农业综合评价的分层协调方法. 农业系统科学与综合研究, 1996, 12(1): 1~3
- 14 齐鑫山. 山东省生态农业综合评价标准值的确定及其应用. 生态农业研究, 1995, 3(3): 34~40
- 15 郑兴和. 山东省农业现代化指标体系与阶段性研究. 农业现代化研究, 1997, 18(1): 4~7
- 16 王宏康. 关于制定县级“生态农业规范”的研究. 生态农业研究, 1997, 5(1): 7~11
- 17 曹湊贵. 农业生态系统评价若干问题探讨. 生态农业研究, 1994, 2(2): 69~74