

生态农业评价理论与实证研究

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进展的基础上, 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生态农业评价理论体系; 运用层次分析法、专家咨询法和评价指标矩阵确定了评价指标的权重, 并以安徽芜湖市为例, 对芜湖市郊区、南陵县、芜湖县和繁昌县进行了区域生态系统比较研究。评价结果表明, 南陵县和芜湖县的生态环境较好, 是发展生态农业较好的区域, 繁昌县和芜湖市郊区生态环境较差, 污染严重, 发展生态农业受到较大限制。研究结果与实际情况比较吻合, 说明该评价理论具有一定的应用价值。

[关键词] 生态农业; 评价理论; 芜湖市

[中图分类号] S181

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)11-0054-07

1 国内外生态农业评价研究进展

生态农业评价是运用生态学、系统分析、评价学、农学、环境科学、生态经济等学科的原理与方法, 剖析生态农业发展现状、演化规律、发展潜力和制约因素, 对系统结构、功能、效益等进行综合分析, 指出生态农业未来的发展方向与途径, 以达到农业可持续发展的目的。

1.1 国外生态农业评价研究进展

国外生态农业评价研究始于20世纪60年代中期, 70年代得到迅速发展。早在20世纪60年代初, 国外一些发达国家和国际组织就开始利用有关指标体系, 对农业经济效益、社会发展问题等进行评价研究。此后的10多年间, 对农业生态系统评价研究日渐增多。近年来, 对生态农业评价问题开展的研究越来越多, 主要集中在评价方法、评价指标体系、评价标准等方面。评价指标体系构建是生态农业评价的核心, Gordon^[1], Conway^[2-3]曾较早提出了生产力、稳定性、持久性、应变力或弹性等指标, 作为衡量农业生态系统性能的标准, 描写系统的基本行为, 并用于农业发展规划的设计。之后, 一些学者丰富和发展了这一体系, 但这些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。此外, 稳定性和持久性指标均

需要较长时间序列的资料来度量, 不但操作困难, 而且不能对农业生态系统现状进行分析和评价。随着环境科学、生态学原理和评价方法的发展, 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)概念框架体系、Goal-Oriented-Concept(GOC)框架体系等。GOC框架体系通过目标定义、建立指标因子子集、量化指标因子和提出管理建议等, 从而完成对一个特殊案例的研究。

评价方法总的发展趋势是逐渐由定性评价到定量分析。在生态环境质量现状评价方面, 国外对定量评价方法, 特别是指数方法进行了大量的研究。美国、加拿大、英国等均提出用环境质量指数来衡量环境质量。随着数理统计、数学模型的发展, 很多新的评价方法被提出和利用, 如: 模糊数学统计方法、灰色系统理论评价方法等。但是, 这些评价方法中均存在一定的问题。首先是指示因子的选择问题, 由于可持续发展问题的不确定性, 用少量的、静止的指示因子往往并不能很好地反映系统的动态变化过程, 而如何从众多因素中选择能很好表现系统状态的指标因子, 是评价工作中一个较难把握的问题, 这无疑增加了研究的难度, 并可能危及评价的可信度。其次, 指示因子往往并不都是以数字形式表现的, 很多是一种状态或过程的表述, 量化这些因子有一定难

收稿日期] 2006-07-30

[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

度,这也是目前研究的一个重点。最后,采用何种方法来模拟这个过程目前仍然处于研究尝试阶段。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。在经济效益方面,一般选择产量、成本和利益3个层面的指标,多以单位面积产值和总产值、单位面积收入和纯收入、系统总收入和纯收入、劳动生产率等为经济指标。在生态效益方面,主要是能量转化、营养物质循环和生态环境状况3个层面的评价,其指标多为能量效率、单位产值能耗、养分利用率、水分利用率、物质循环率、水土流失率、土壤侵蚀变化率、抗灾能力、淋失等。在社会效益评价方面,指标多为系统结构、商品率、产品质量等。

1.2 国内生态农业评价研究进展

随着生态农业在我国的兴起,20世纪80年代中期以来,有关生态农业系统评价的研究也应运而生,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,提出了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,共包含20个具体指标。1993年,孙鸿良^[5]指出,生态农业系统的生态经济评价指标体系应包括系统结构评价、功能评价和效益评价,并提出了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,把生态农业指标体系分为4个层次,第1层只有1个指标,即生态农业综合指标;第2层有3个指标,即初级生产系统指数、次级生产系统指数和加工生产系统指数;第3层为各子系统的生态效益、经济效益和社会效益;第4层由36个指标组成。随后有人提出将评价指标体系分为生态系统指标、经济系统指标和社会系统指标,共19个指标。

虽然对生态农业评价指标体系的研究很多,但在依据原则、权重的确定及评价方法等方面差异很大。评价指标体系的设计几乎是所有相关研究的核心,指标数量少则十几条,百余条。研究人员提出如此众多的指标,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差异,难以满足用不同指标度量的要求。因此,重

要的不是提供一套完整的指标体系,而是系统确定指标体系的科学方法。通常在实际应用评价研究中,多采用10~20条指标。即便如此,仍然存在如何根据评价系统的具体条件选取指标以及确定权重等问题,这显然会影响评价结果的客观实用性和可靠性^[6-7]。

在生态农业评价方法上,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方法体系。生态农业综合评价方法主要有以下几类:经验评估法、主导指标评价法、综合分级评分法、多指标综合评分法、模糊数学模型法和其他方法。生态农业综合分级评分法是利用多目标线性加权函数法,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。模糊数学模型法关键在于确定基础指标的隶属函数,即先把评判同一事物的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。潘大丰^[8]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了新的内涵,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价。张斌^[9]以物元论与可拓集合理论为基础,将物元模型理论应用于农业评价。曹志平^[10]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。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 生态农业评价原则

不同学者对生态农业评价原则说法不一。吴佐礼等^[11]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。综合以上观点,本研究中生态农业评价原则主要有因地制宜原则、综合性原则、科学与实用原则、静态评价与动态评价相结合原则、传统方法与现代方法相结合原则和可比性原则等。

2.1 因地制宜原则

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均应与相应地区或层次的自然和社会经济条件相适宜,为合理筛选和科学总结适合当地的生态农业模式提供依据。

2.2 综合性原则

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。因此,评价指标体系应由反映系统功能和效益的指标组成。除重要的功能效益必须有相应的指标度量外,反映生态农业整体协调、循环再生、生产高效低耗、系统稳定持久等特性也应有相应的指标度量。但是,综合评价不能仅局限于得到系统功能效益好坏的结果,还应分析功能效益高低的原因,即对系统运行的整个过程进行全面、完整地分析评价,以找出限制因素,揭示系统发展的突破口和新起点。

2.3 科学与实用原则

指标体系的设置应能客观、全面地反映生态农业的内容和特点,指标必须概念清晰、科学含义明确,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。此外,还应适当设置一些高于目前水平,反映农业发展趋势和科学性强的指标。

2.4 静态评价与动态评价相结合的原则

静态评价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。但由于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,有必要对同一系统不同尺度间的功能效益进行综合评价和比较,以揭示该系统的发展趋势,分析其结构的稳定性及缓冲和应变能力,并进行有效调控。从综合评价指标体系的构成看,不但要有反映现状的指标,还应包含反映系统功能效益变化趋势的指标,如某些环境质量指标、资源更新和增长率指标等。

2.5 传统方法与现代方法相结合的原则

传统评价方法简便易行,具备初等数学知识和一定工作经验即可进行各种生态经济分析,结果简单明了,实用性强。但是,这些方法在全面深刻地反

映系统本质上存在不足。应用数学模型且借助电子计算机发展起来的各种现代评价方法,理论基础和科学性强,运算手段先进迅速,有利于分析复杂的生态经济系统和深刻揭示系统的结构、功能、效益及各种经济变量相互联系及其发展变化的规律性。因此,两者结合可以收到取长补短的效果,用现代方法以补充和加强传统方法的评价效能,用传统方法可以检验现代方法评价结果的可靠性和实用性。

2.6 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,以及不同系统的相同层次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。

3 生态农业评价指标体系

3.1 评价指标体系的构建方法

生态农业评价指标体系的建立一般倾向于利用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)。层次分析法的特点是具有高度的逻辑性、系统性、简洁性和实用性,可将一些量化困难的定性问题在严格数学运算基础上定量化;将一些定量、定性混杂的问题综合为统一整体进行综合分析。层次分析法的基本原理是首先把研究的复杂问题看作一个大系统,通过对系统的多个因素进行分析,划出各因素间相互联系的有序层次;再请专家对每一层次各因素进行客观判断后,相应地给出重要性的定量表示;进而建立数学模型,计算出每一层次全部因素相对重要性的权值,并加以排序;最后根据排序结果进行规划决策,选择解决问题的措施。

3.2 评价指标体系的构成

根据上述生态农业评价指标体系构建的原则和方法,生态农业评价应综合系统的结构、功能、效益3方面。按照层次分析法(AHP)逐层构建指标体系如图1所示。当图1提出的指标体系不能全部概括不同地区不同的评价类型时,应根据本地区实际情况选择相应的评价指标体系,即可对指标进行适当的增减^[12-14]。

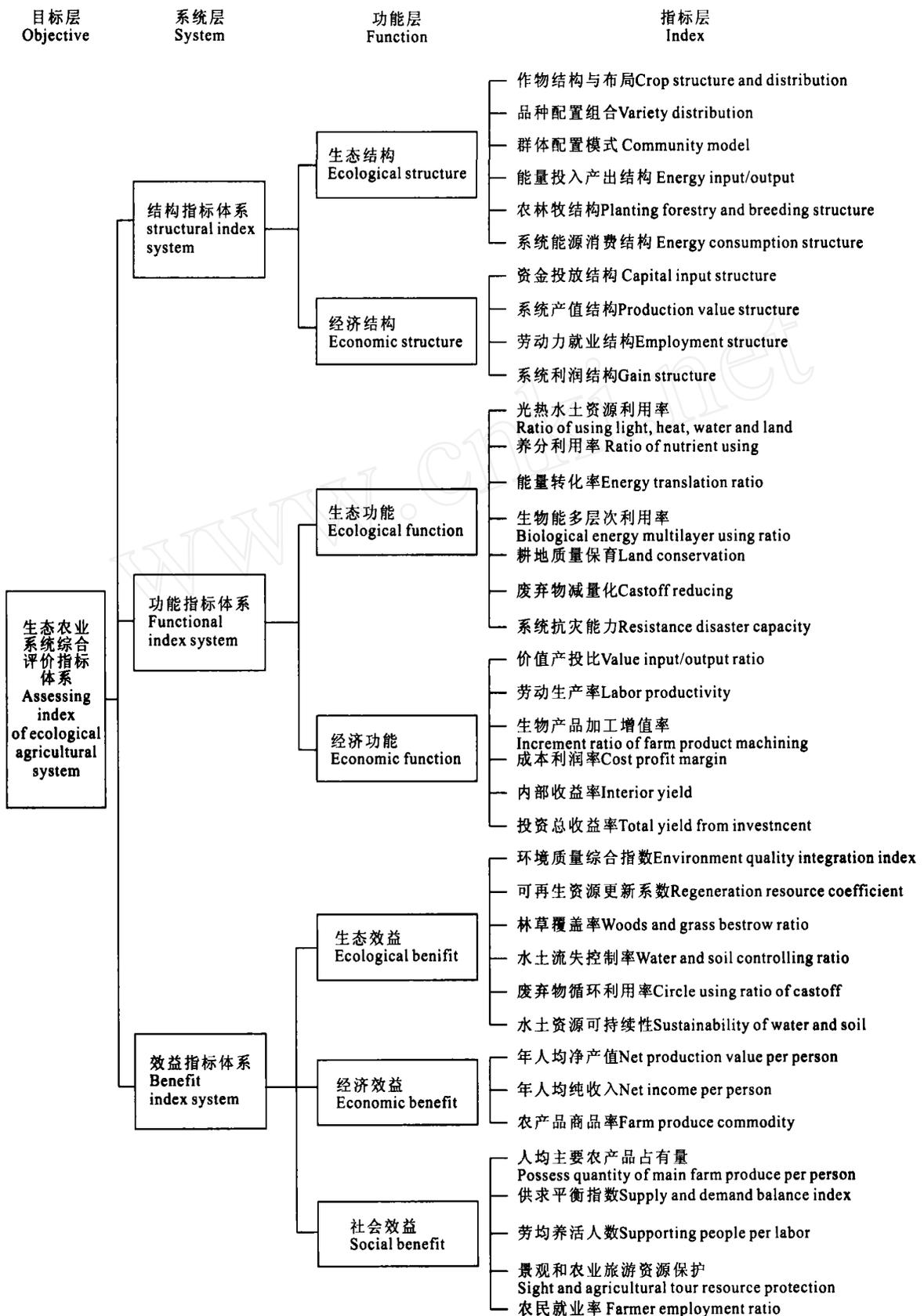


图 1 生态农业系统评价指标体系的结构

Fig 1 A ssesing index system of CEA

3.3 评价指标权重的确定

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,加之人们对系统的要求和希望不同等,评价体系中各要素的权重也不同^[14-15]。

目前,确定评价指标权重的主要方法是结合层次分析法和Delphi法(专家咨询法)进行。按照层次分析法构造层次结构模型和判断矩阵,设计不同层次的判断矩阵表,给定评判标准。本研究采用1~9标度法,依据专家对各因素相对重要性的评判结果,赋予重要性标度,其通常取值为1,3,5,7,9或1/3,1/5,1/7,1/9,以及处于两标度之间的中间值2,4,6,8或1/2,1/4,1/6,1/8。请相关领域不同学科背景的专家、领导以及基层农业技术人员分别按照要求填写判断矩阵表,对回收的表格汇总计算各指标的几何平均值,分别得到B层对A层,C层对B层的判断矩阵(A、B和C代表指标层次,其中A代表第1层指标,B代表第2层指标,C代表第3层指标)。然后进行层次单排序,计算权重向量并进行一致性检验。权重向量的计算用特征根法,

$$AW = \lambda_{\max}W$$

式中,A为判断矩阵; λ_{\max} 为A的最大特征根;W为相应的特征向量,W为经过归一化后即为权重向量值(层次单排序值)。指标权重必须进行一致性检验,检验公式为:

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, C_R = \frac{C_I}{R_I}$$

式中, C_I 为一致性指标; n 为判断矩阵的阶数; R_I 为平均一致性标准值(可以直接利用文献数据); C_R 为检验系数,当 $C_R < 0.1$ 时,则层次单排序的结果有满意的一致性,可以被接受,否则需要重建判断矩阵。最后是层次总排序和一致性检验,一般只计算C层相对于目标层A的总排序值及一致性检验,方法与公式如下:

$$W_i = \sum_{j=1}^4 b_j c_{ij} (i = 1, 2, \dots, 22)$$

式中, W_i 为C层指标对A层的总排序结果即组合权重值; b_j, c_{ij} 分别为B层对A层,C层对B层的单排序值,一致性检验同上。

利用主成分分析法和经验估算法相结合确定权重向量。具体方法是对已有数据进行主成分分析,求得主成分贡献率和因子载荷矩阵,再利用每一个主成分的贡献率和每一个因子在该主成分中的因子载

荷量之积的累加,反映该因子对总信息量的影响。权重向量 W_{ki} 计算公式为

$$W_{ki} = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot F_{ji}}{\sum_{j=1}^n C_j \cdot F_{ji}}$$

式中, C_j 为贡献率; F_{ji} 为因子载荷量; i 为指标; j 为主成分; n 为指标个数(主成分个数);因子载荷量(j)以绝对值计算。

4 生态农业评价实例

由于不同区域中自然地理条件,区域生态经济关系及农业生态系统结构、功能具有很大差异性,不同区域、尺度的生态农业在组织模式和规模上有很大不同。本研究选择安徽省芜湖市^[16-17]进行生态农业评价。芜湖市位于长江下游南岸,地处皖江平原与皖南丘陵的交界地带,土地总面积为3 317 km²,下辖芜湖市区及郊区、芜湖县、繁昌县、南陵县,境内地势南高北低,土壤肥沃,地貌类型多样,北部以平原为主,南部以波状起伏的岗丘为主,其间也分布着较为宽广的青弋江、漳河等河谷平原。该地区气候属北亚热带湿润季风气候,雨热同期,光温互补,冬冷夏热,四季分明。年平均气温15.7~16.0℃,年平均降水量1 198.1~1 413.2 mm,无霜期220~240 d,年主导风向为东北风,夏季受东南季风的影响较大。

4.1 芜湖市区域生态农业环境质量评价指标体系

为了全面客观地评价芜湖市区域生态农业的环境质量,将区域生态农业系统划分为自然生态系统(x_1)、社会经济系统(x_2)和农田污染系统(x_3)3个子系统。在自然生态系统中,选用年日照时数、年降水量、不低于10℃的活动积温、无霜期等4个因子来反映自然环境本底;用土壤有机质含量、土壤潜育率、森林覆盖率、区域受灾率等4个因子来反映区域生态环境现状。在社会经济系统中,用农田有效灌溉率、单位面积粮食产量、人均占有耕地面积和单位面积工业总产值等4个因子来反映区域的社会经济水平。在农田污染系统中,用农灌水污染综合指数、土壤污染综合指数、早稻污染综合指数、双晚稻污染综合指数、单位耕地面积的化肥和农药施用量等6个因子来反映区域农田污染系统的状况。由此共选用了18个因子,分3个层次建立芜湖市区域生态农业环境质量评价的指标体系。芜湖市区域生态农业环境评价指标体系及基本资料如表1所示。

表 1 芜湖市区域生态农业环境质量调查与统计资料

Table 1 Investigated and statistic data of agricultural eco-environmental quality of W uhu City

区域农业生态环境评价指标体系 Assessing index of environmental quality of regional agriculture		芜湖市郊区 W uhu suburb	芜湖县 W uhu county	繁昌县 Fanchang county	南陵县 N anling county
自然生态 系统(x ₁) N atural eco logy system	年日照时数 _{x₁₁} /h Sunlight hour	2 043	2 022	2 073	1 945
	年降水量 _{x₁₂} /mm Precipitation	1 198	1 219	1 306	1 413
	10 的活动积温 _{x₁₃} 10 accumulate activity heating	5 133	5 126	5 072	5 044
	无霜期 _{x₁₄} /d Non frost day	240	242	235	236
	土壤有机质含量 _{x₁₅} /% Content of soil organic	2 61	1. 50	2 68	2 26
	土壤潜育率 _{x₁₆} /% Soil conservative ratio	21. 6	7. 9	18 0	3 8
	森林覆盖率 _{x₁₇} /% Forest bestrow ratio	4 8	13 1	17. 5	22 2
	区域受灾率 _{x₁₈} /% Region disaster ratio	4 7	15 5	6 1	10 6
社会经济 系统(x ₂) Social economy system	农田有效灌溉率 _{x₂₁} /% Efficiency irrigation ratio	94 6	80 5	72 7	74 8
	单位面积粮食产量 _{x₂₂} /(kg · hm ⁻²) Provision ouput per area	10 410	9 660	12 150	11 130
	人均占有耕地面积 _{x₂₃} /hm ² Land area per person	0 052	0 073	0 063	0 075
	单位面积工业总产值 _{x₂₄} /(元 · hm ⁻²) Industry production value per area	654 765	8 745	20 235	5 190
农田污染 系统(x ₃) Field po lluted system	农灌水污染综合指数 _{x₃₁} Polluted water irrigation index	1. 330	0 048	0 703	0 277
	土壤污染综合指数 _{x₃₂} Soil contamination index	6 42	3 74	4 95	4 19
	早稻污染综合指数 _{x₃₃} Early rice contamination index	2 92	2 34	3 51	3 01
	双晚稻污染综合指数 _{x₃₄} Lateness rice contamination index	2 04	1. 32	1. 85	1. 21
	单位面积化肥施用量 _{x₃₅} /(kg · hm ⁻²) Fertilizer used pre area	849. 0	1 621. 5	1 807. 5	1 270 5
	单位面积农药施用量 _{x₃₆} /(kg · hm ⁻²) Pesticide used per area	4 95	8 10	4 20	4 20

注: 表中数据为 2003 年芜湖市统计资料计算所得。

Note: The numbers of this table are calculated according statistic data of W uhu city in 2003

4.2 芜湖市生态农业环境质量评价结果

芜湖市生态农业环境质量评价结果如表 2 所示。由表 2 可见, 芜湖市各农业区生态环境质量存在较大差异, 其优劣顺序依次为南陵县、芜湖县、繁昌县和芜湖市郊区。造成此结果的原因主要为: 南陵县是以丘陵为主的区域, 不仅农业自然条件优越, 农用化学物质施用量较少, 土壤环境质量良好, 农产品质量优良, 而且还是国家第一批建设的优质稻米生产基地县; 芜湖县虽然是芜湖市主要的稻米产区, 但土壤较贫瘠, 单位面积的粮食产量和工业总产值不高, 农业经济水平比较落后, 基本处于皖江平原区的平

均水平; 繁昌县是芜湖市 3 个县中工业最发达的地区, 拥有较多的大中型工业企业和众多的乡镇企业, 经济水平较高, 但工业企业排放的污染物很多, 污染负荷也居 3 个县之首, 仅次于芜湖市郊区, 加之繁昌县的土壤污染较为严重, 农灌水质量差, 农产品质量也较差, 在部分地区由于严重的环境污染, 已不适宜农耕; 芜湖市郊区人均耕地少, 但单位面积粮食产量高, 只是由于过多地受到城市工业企业和郊区乡镇企业排出的“三废”影响, 农田土壤环境污染较为严重, 农产品中污染物的残留水平较高, 因而区域农业生态环境质量的总体水平最差(表 1)。

表 2 芜湖市生态农业环境质量优劣的关联序

Table 2 Correlation of agricultural eco-environmental quality of W uhu City

评价区域 Region	关联序对 (r, P) A ssociation order line	关联序 A ssociation order	环境质量评价 A ssessing of environment quality
南陵县 N anling county	4, 2	1	良好 Superior
芜湖县 W uhu county	2, 3	2	一般 M iddle
繁昌县 Fanchang County	3, 4	3	较差 Inferior
芜湖市郊区 W uhu suburb	1, 4	4	较差 Inferior

5 讨 论

生态农业系统评价在生态农业发展中具有重要地位, 对生态农业的发展方向及其发展策略具有重要的影响作用, 因此开展生态农业评价研究具有很

大的现实意义。同时生态农业评价又是一项复杂的工作, 要达到科学、准确、客观评价相对较难。本研究在生态农业评价方面做了一些尝试性的工作, 结合案例研究得到了较为客观的评价结果, 在评价指标构建和评价模型建立上具有一定的借鉴意义。

[参考文献]

- [1] Gordon R C. Agroecosystem analysis[J]. *Agric Adm in*, 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, 债克平. 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] 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.
- [9] 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
- [10] 曹志平. 农业生态系统循环功能的综合评价方法(I) [J]. *农村生态环境*, 1997, 13(3): 6-10
- [11] 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
- [12] 李文华. 生态农业——中国可持续农业的理论与实践[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003
- [13] 吴大付. 中国红壤地区生态农业评价体系研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004
- [14] 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
- [15] 王兆骞. 中国生态农业与可持续发展[M]. 北京: 北京出版社, 2001.
- [16] 阎伍玖. 安徽省芜湖市区域农业生态环境质量的综合研究[J]. *资源科学*, 1995(2): 24-27.
- [17] 阎伍玖. 区域农业生态环境质量综合评价方法与模型研究[J]. *环境科学研究*, 1999, 12(3): 49-52

Appraising theory on ecological agriculture and its case study

ZHA IYong^{1,2}, YANG Shi-qi¹, HAN Qing-fang¹, JIA Zhi-kuan²*(1 Agriculture College, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;**2 Science and Technological Development Centre of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Beijing 100026, China)*

Abstract: On the basis of viewing the research progress of internal and external ecological agriculture, the paper constructs the theoretic evaluation system of ecological agriculture that consists of appraising index system, appraising mathematics model, and appraising principle. The weight of index is defined by Analytic Hierarchy Process (AHP), Delphi and index matrix. And Wuhu city is used as a case study of regional ecological agriculture system that includes Wuhu suburban district, Nanling county, Wuhu county and Fanchuang county. The result is that the environment is good in Nanling county and Wuhu county are suitable for developing ecological agriculture, and the seriously polluted environment in Wuhu suburban district and Fanchuang county restricts the development of ecological agriculture. The research conclusion is close to the real condition, showing that this appraising theory has practical value.

Key words: ecological agriculture; appraising theory; Wuhu city