

张鑫,李磊,于斐,等. 功能农业竞争力水平指标体系构建及评价方法[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):327-331.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.076

功能农业竞争力水平指标体系构建及评价方法

张鑫¹, 李磊², 于斐³, 王春玲¹

(1. 山西农业大学城乡建设学院, 山西太谷 030800; 2. 山西省环境科学研究院, 山西太原 030000;
3. 齐鲁工业大学环境科学与工程学院, 山东济南 250353)

摘要:功能农业作为我国农业的新兴战略领域,能否在未来成为我国农业发展的主导模式,准确评价其竞争力水平尤为重要。根据功能农业竞争力的内涵和基本特征,从农业生态环境、农业经济效益、农业社会效益、农业生态效益、农业管理 5 个方面构建共 35 个指标的功能农业竞争力水平评价指标体系,并确定各项指标的评价标准;通过基于 yaahp 软件的层次分析法和专家咨询法确定指标权重。结果表明,农业经济效益是提升功能农业竞争力水平的核心支撑,消费人群健康程度的提高是体现功能农业发展内涵的重要方面,也是提升功能农业竞争力水平的关键驱动力,良好的农业生态环境是提升功能农业竞争力水平的根本驱动力,功能农业的高认知率是提升其竞争力水平的基础驱动力;最终确定运用距离函数模型作为功能农业竞争力水平的评价方法,该方法可以指出各地功能农业发展的“短板”并为以后的发展方向提供指导性意见。

关键词:功能农业;竞争力;评价指标;距离函数;评价方法

中图分类号:F323 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)18-0327-05

随着科技的进步以及人们物质生活水平的提高,人类对饮食的要求已经不仅仅是安全,而是上升到通过日常饮食来摄取矿物质、维生素等提高自身健康水平。功能农业作为继“高产农业”“绿色农业”之后第 3 个农业发展的阶段,其主要目标就是通过生物营养强化技术或其他生物工程生产出具有健康改善功能的农产品^[1],让大家不仅吃得安全而且吃得健康。功能农产品可以革新矿物质的补充形态,以生物合成矿物质替代无机矿物盐更自然、更安全;可以优化人体的营养供给,提高人类的平均寿命;可以提升农产品的附加值,支撑高值农业的发展;可以推动我国农业供给侧结构性改革,促进农业农村的健康稳定发展。但是,功能农业能否成为未来我国

农业发展的主导模式,关键在于与其他农业发展模式相比是否有明显的竞争优势。因此,准确评价功能农业的竞争力水平就变得尤为重要。建立功能农业竞争力水平评价指标体系,可以全面把握功能农业发展所带来的经济效益、社会效益和生态效益,准确量化功能农业的竞争力水平,还可以根据指标体系制定、实施相应的调整措施,促进功能农业的健康稳定发展。层次分析法(AHP)是美国运筹学家萨蒂教授提出的一种层次权重决策分析方法,主要方法是将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次并进行定性和定量分析。层次分析法作为一种综合评价方法在安全科学、环境科学和农业科学领域都得到了广泛的应用^[2]。刘亚静等利用层次分析法建立了煤矿安全综合评价模型^[3];Ying 等将 AHP 与 GIS 相结合对湖南省的生态环境质量进行了综合评价^[4];Gómezlimón 等利用层次分析法对农业的可持续性进行了实证评估^[5];郑军等利用层次分析法构建了生态农业竞争力评价指标体系并就如何提升和打造生态农业竞争力提出了相应的对策建议^[6]。层次分析法系统性强、简洁实用且所需定量数据的信息较少,但不能为决策提供新方案。距离函数模型属于综合评价模型的一种方法,其核心主要是求取指标的现状点与目标点的综合距离值,并根据综合距离来判定各评价

收稿日期:2018-01-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401099);山西农业大学青年科技创新基金(编号:2016019)。

作者简介:张鑫(1990—),女,山西太谷人,硕士,助教,主要从事农业环境与生物质能源研究。Tel: (0354) 6287088; E-mail: zhangxin072952492@126.com。

通信作者:李磊,硕士,助理工程师,主要从事土壤与农业环境研究。Tel: (0351) 6279881; E-mail: sxhkyll@163.com。

的反应——以瘦肉精事件为例[J]. 管理评论,2012,24(12): 128-173.

[14] 范春梅,贾建民,李华强. 食品安全事件中的公众风险感知及应对行为研究——以问题奶粉事件为例[J]. 管理评论,2012,24(1):163-168.

[15] 周应恒,马仁磊,王二朋. 消费者食品安全风险感知与恢复购买行为差异研究——以南京市乳制品消费为例[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2014,14(1):111-117.

[16] 王志刚. 食品安全的认知和消费决定:关于天津市个体消费者的实证分析[J]. 中国农村经济,2003(4):41-48.

[17] 彭军,乔慧,郑风田. “一家两制”农业生产行为的农户模型分析——基于健康和收入的视角[J]. 当代经济科学,2015(6): 78-91.

[18] Nelson P. Information and consumer behavior[J]. Journal of Political Economy,1970,78(2):311-329.

[19] Darby M R, Karni E. Free competition and the optimal amount of fraud[J]. Journal of Law and Economics,1973,16(1):67-88.

[20] 周立,潘素梅,董小瑜,等. 从“谁来养活中国”到“怎样养活中国”——粮食属性、AB 模式与发展主义时代的食物主权[J]. 中国农业大学学报社会科学版,2012,29(2):20-33.

对象相对水平的差异性^[7],且距离值越小说明指标的现状值越接近目标值^[8],有效弥补了层次分析法无法为决策提供新方案的缺点。刘业业等利用层次分析法和距离函数模型对 3 个园区的生态文明建设水平进行应用分析,并深入探究影响园区生态文明建设的核心要素及驱动力^[9];支玲等利用层次分析法和距离函数模型对我国西部各案例县退耕还林工程的可持续发展能力进行评价,并得出各个系统对可持续发展的支持能力^[10]。农业竞争力是一个国家或地区在较长时间内,不断适应外部环境变化、合理运用各种农业生产资源,提高农产品与服务过程中形成的生存与发展能力,是与其他国家或

地区角逐过程中发展起来的竞争优势能力^[11]。目前国内已经有学者对现有的农业发展模式如生态农业^[12]、区域农业^[13]、特色农业^[14]、现代农业^[15]、休闲农业^[16]的竞争力水平进行了评价。由于功能农业开展的时间不长,还没有学者对其竞争力水平进行分析,因此本研究建立一套功能农业竞争力水平评价指标体系,利用层次分析法计算出各项指标的权重,确定运用距离函数模型分析功能农业竞争力水平与预期目标的距离,该评价方法对指出各地功能农业发展的短板和以后的发展方向具有重要的指导意义(图 1)。

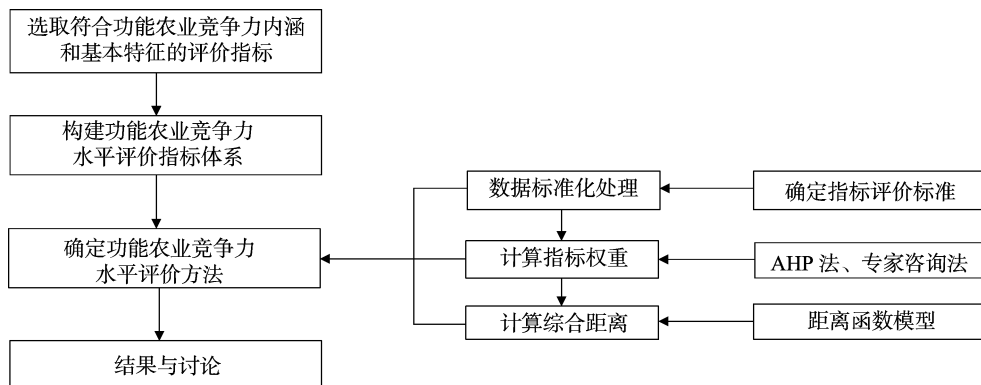


图1 功能农业竞争力水平评价指标体系的具体研究方法路线

1 功能农业竞争力水平评价指标体系的建立

本研究指标根据农业竞争力的内涵和基本特征,采用理论分析法和专家咨询法筛选出适合功能农业竞争力水平评价的指标,确立以功能农业竞争力水平指数为综合目标,下设农业生态环境、农业经济效益、农业社会效益、农业生态效益、农业管理 5 个准则层,共 35 个独立内涵丰富的指标(表 1)。

1.1 农业生态环境

主要反映功能农业生产区总体的生态环境状况。良好的生态环境是农业发展的基础,农业综合能力的提高与良好的农业生态环境分不开,所以农业生态环境是衡量功能农业竞争力水平不可或缺的指标。主要包括农业自然资源、农业环境质量两方面,具体为生物多样性指数、农业用地比例、农业用水比例、环境功能区达标率。

生物多样性指数根据《区域生物多样性评价标准》进行计算^[17]。

农业用地比例 = 农业用地面积 / 总面积 × 100%, 其中农业用地是指直接或间接为农业生产所利用的土地,包括耕地、园地、林地、牧草地、养捕水面、农田水利设施用地、田间道路和其他一切农业生产性建筑物占用的土地等。农业用水比例 = 农业用水量 / 水资源总量 × 100%, 农业用水指用于灌溉和农村牲畜的用水。

环境功能区达标率是指功能农业生产区内水、土壤、空气达到农业行业所须执行的环境质量标准的比例。根据所在区域的功能区划分,以生产区的监测数据为依据,判断是否达到相应的执行标准。

1.2 农业经济效益

主要描述功能农业生产所带来的经济效益。经济效益是衡量功能农业竞争力水平的重要指标,主要包括农一产、农二

产、农三产 3 个方面共 10 个指标。年度功能农业生产净利润、农产品加工企业的数量、年度农产品加工企业总净利润、技术研发带来的间接利润、年度农业旅游总净利润、年度文化教育总净利润等数据来源于地方《统计年鉴》。功能农产品质量达标的内涵主要包括 2 个方面:一方面是要达到农产品质量安全标准,另一方面是要达到特定的营养素含量。

功能农产品质量达标率 = 抽取样品中达标数 / 抽取样品总数 × 100%。

农产品粗加工、精加工、二次以上深加工产量根据实地走访、电话调查后的结果进行计算所得。

1.3 农业社会效益

主要描述功能农业生产活动对农业生产的主体及社会发展所起到的积极作用或产生的有益效果。主要包括农民收入、农村建设、消费人群 3 个方面共 6 个指标。

农民经济收入稳定度通过近 5 年农民人均经济收入的方差来衡量,方差越大,说明农民经济收入越不稳定;方差越小,则说明农民经济收入越稳定。近 5 年的农民人均经济收入数据来源于地方《统计年鉴》。

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{5} (i = 1, 2, 3, 4, 5)。$$

式中: σ^2 表示方差; X_i 表示年度农民人均经济收入; μ 表示近 5 年农民人均经济收入的平均值。

从事农业及农产品加工人数通过调查或农业普查资料获得。农村基础设施完善度为定性指标,计算方法是将此指标分为差、较差、一般、较完善、完善 5 个等级,分别打分 20、40、60、80、100 分,主要考虑村镇服务、文化健身、公共服务设施、垃圾污水处理设施的完善程度。

村容村貌改善度、农民思想文化水平提高度、消费人群健康程度提高度都是定性指标,通过调查问卷的方式统计再划

表 1 功能农业竞争力水平评价指标体系

目标层 A	准则层 B	要素层 C	指标层 D	单位
功能农业竞争力水平指数	农业生态环境 (B1)	农业自然资源 (C1)	生物多样性指数 (D1)	
			农业用地比例 (D2)	%
			农业用水比例 (D3)	%
	农业经济效益 (B2)	农业环境质量 (C2)	环境功能区达标率 (D4)	%
			年度功能农业生产净利润 (D5)	万元
		农一产 (C3)	功能农产品质量达标率 (D6)	%
			农产品加工企业的数量 (D7)	个
			农产品粗加工产量 (D8)	t
			农产品精加工产量 (D9)	t
			农产品二次以上深加工产量 (D10)	t
			年度农产品加工企业总净利润 (D11)	万元
		农三产 (C5)	技术研发带来的间接利润 (D12)	万元
			年度农业旅游总净利润 (D13)	万元
			年度文化教育总净利润 (D14)	万元
	农业社会效益 (B3)	农民收入 (C6)	农民经济收入稳定度 (D15)	
			从事农业及农产品加工人数 (D16)	人
		农村建设 (C7)	农村基础设施完善度 (D17)	%
			村容村貌改善度 (D18)	%
			农民思想文化水平提高度 (D19)	%
	农业生态效益 (B4)	消费人群 (C8)	消费人群健康程度提高度 (D20)	%
			保持水土效益 (C9)	地表径流量 (D21)
		土壤侵蚀量 (D22)		t
		土地生产力效益 (C10)	容重 (D23)	t/m ³
			总孔度 (D24)	%
			黏粒 (D25)	%
			有机质含量 (D26)	g/kg
			全氮含量 (D27)	g/kg
			全磷含量 (D28)	g/kg
		农业管理 (B5)	制度管理 (C11)	碱解氮含量 (D29)
	速效磷含量 (D30)			g/kg
	速效钾含量 (D31)			g/kg
	公众意识 (C12)		国家地方政策的完善度 (D32)	%
			相关政策的执行度 (D33)	%
			功能农业认知率 (D34)	%
			公众对功能农产品的认可度 (D35)	%

分等级进行评分。

1.4 农业生态效益

主要描述功能农业生产活动对农业生态环境所起到的积极作用,主要包括保持水土效益、土地生产力效益 2 个方面共 11 个指标。地表径流量根据单次降水结束后记录的水位值结合水位流量关系计算得出。土壤侵蚀量根据过滤烘干法测定单次降水混合径流中的泥沙含量得出。

容重、黏粒、有机质含量分别通过环刀法、比重计速测法、重铬酸钾容量法进行测定^[18]。总孔度根据土壤容重和比重计算得出。全氮含量、全磷含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量分别通过 CuSO₄ - Na₂SO₄ 消化半微量凯氏定氮法、NaOH 熔融 - 钼锑抗比色法、扩散法、NaHCO₃ 浸提 - 钼锑抗比色法和 NH₄OAc 浸提 - 火焰光度法进行测定^[19]。

1.5 农业管理

主要从制度管理和公众意识 2 个方面进行阐述,反映了公众的参与情况和制度保证情况。只有制度管理和公众意识到位,才能将国家地方政策有效地落实,有效地促进功能农业

的长期稳定发展,提高功能农业的竞争力水平。制度管理包括国家地方政策的完善度、相关政策的执行度,这些都是定性指标,通过划分等级的方法进行评分。功能农业认知率和公众对功能农产品的认可度主要通过调查问卷的方式进行评价。

2 功能农业竞争力水平评价方法的确定

2.1 评价标准的确定

本研究 35 项指标评价标准的具体确定方法如下:首先,生物多样性指数、农业用水比例、农业用地比例、环境功能区达标率等 4 项指标标准值通过查阅国内外相关文献及《统计年鉴》,并参考国家农业类平均水平确定。其次,年度农产品加工企业总净利润、技术研发带来的间接利润、年度农业旅游总净利润、年度文化教育总净利润、农产品加工企业的数量、农产品粗加工产量、农产品精加工产量、农产品二次以上深加工产量、农民经济收入稳定度、农民再就业人数、农村基础设施完善度等 11 项指标标准值通过统计发展功能农业之前近

5 年的各项的平均值确定。再次,对于统计数据不完整但又十分重要的指标,还有一些定性的指标,可以广泛参考专家意见进行制定,包括年度功能农业生产净利润、功能农产品质量达标率、消费人群健康程度提高度、国家地方政策的完善度、相关政策的执行度、村容村貌改善度、农民思想文化水平提高度、功能农业认知率、公众对功能农产品的认可度等 9 项。最后,土地生产力效益方面的 11 项指标标准值采用无量纲化处理确定^[20]。其中地表径流量、土壤侵蚀量、容重等 3 项指标标准值采用降型函数 $[X_{ij}' = (X_{imax} - X_{ij}) / (X_{imax} - X_{imin})]$ 计算,其中, X_{ij} 、 X_{imax} 、 X_{imin} 分别表示评价指标的测定值或计算值、评价指标测定或计算值的最大值和最小值;总孔度、黏粒、有机质含量、全氮含量、全磷含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量等 8 项指标标准值采用升型函数 $[X_{ij}' = (X_{ij} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin})]$ 计算。

2.2 指标权重的确定

指标在评价过程中的重要程度通过指标权重反映,所以权重的赋值必须具有科学性和客观性。本研究选用层次分析法(软件 yaahp 0.5.3)及专家评分法相结合的方法确定权重,主观与客观相结合,分析思路清晰,较科学。依据 1~9 位标度法构建指标层 D 对准则层 B 的判断矩阵并进行一致性检验,各层次判断矩阵一致性比例 CR 均小于 0.10,达到满意的一致性。各层次判断矩阵一致性比例结果见表 2。计算后最终得出功能农业竞争力水平评价指标权重见表 3。

表 2 B-D 层次判断矩阵一致性比例

层次判断矩阵	一致性比例 CR
B1-D	0.068 8
B2-D	0.005 7
B3-D	0.009 4
B4-D	0.001 6
B5-D	0.000 0

表 3 功能农业竞争力水平评价指标权重

指标层	综合权重	指标层	综合权重
D1	0.027 6	D19	0.013 3
D2	0.016 4	D20	0.094 5
D3	0.019 5	D21	0.012 5
D4	0.032 8	D22	0.012 5
D5	0.056 5	D23	0.007 3
D6	0.037 7	D24	0.007 3
D7	0.026 0	D25	0.007 3
D8	0.014 0	D26	0.023 2
D9	0.014 0	D27	0.023 2
D10	0.014 0	D28	0.023 2
D11	0.058 1	D29	0.023 2
D12	0.058 1	D30	0.023 2
D13	0.058 1	D31	0.023 2
D14	0.058 1	D32	0.026 0
D15	0.039 8	D33	0.026 0
D16	0.039 8	D34	0.013 0
D17	0.022 3	D35	0.026 0
D18	0.022 3		

由图 2 可知,在影响功能农业竞争力水平的 5 个因素中,农业经济效益 B2 所占比重最大,为 0.394 5,明显高于其他 4 个方面,其次为农业社会效益 B3、农业生态效益 B4、农业生

态环境 B1、农业管理 B5。通过改变农作物的遗传特性、种植方式、改善农作物的生长环境来提高功能农产品的产量,通过改进农产品加工企业的工艺、设备、技术来提升企业的净利润,通过现代育种、食品安全营养、智能化农业科技等技术的研发来推动产学研的结合,通过建立功能农业示范园、养生园等来推动当地旅游餐饮业的发展,这些措施都能有效提高发展功能农业所产生的经济效益,并作为一个最重要的方面来提升功能农业的竞争力水平。

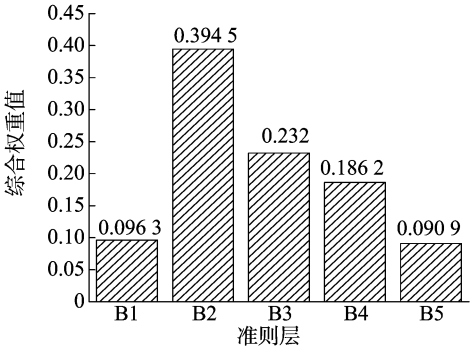


图 2 功能农业竞争力水平评价准则层权重

由图 3 可知,在影响功能农业竞争力水平的 35 个指标中,消费人群健康程度提高度 D20 所占比重最大,为 9.45%,超出平均水平 6.6 百分点,发展功能农业最重要的一个作用就在于提高人类的健康水平,通过加强对功能农产品的个性化设计,采用生物强化、施肥灌溉、饲养管理等技术来开发具有保健功能的食品,最终改善消费者的身体状况,提高消费人群的健康程度,有效提升功能农业的竞争力水平。

2.3 评价方法的确定

采用距离函数模型对功能农业的竞争力水平进行评价,通过数据可以更直接地显示功能农业的竞争力水平与预期目标的距离,进而确定以后的发展方向和重点。

距离函数模型属于综合评价模型的一种方法,其核心是求取指标的现状点与目标点的综合距离值,并根据综合距离的大小来判定各评价对象相对水平的差异性,距离值越小,说明指标的现状值越接近目标值。具体计算方法如下:第一,评价指标现状值的标准化处理。如果评价指标为正向指标,则标准化处理后为 $P = X_i / Y_i$,其中 $i = 1, 2, 3 \cdots n$, n 表示指标个数; X_i 表示评价指标现状值; Y_i 表示评价指标标准值,下同。如果评价指标为负向指标,则标准化处理后为 $P = Y_i / X_i$ 。第二,综合距离的计算。综合距离 $D_i(X_i, Y_i) = \sum_{i=1}^n (B_i P_i - B_i)$,其中 B_i 表示对应指标的权重系数, $\sum B_i = 1$ 。

3 结论与讨论

本研究建立了包括农业生态环境、农业经济效益、农业社会效益、农业生态效益、农业管理 5 个准则层 35 个指标层的功能农业竞争力水平评价指标体系,利用层次分析法和专家咨询法确定权重,并确定了运用距离函数模型作为功能农业竞争力水平的评价方法。对权重结果进一步分析可知,农业经济效益是提升功能农业竞争力水平的核心支撑,其权重在准则层中占比最高,为 39.45%,超出平均水平 19.45 百分

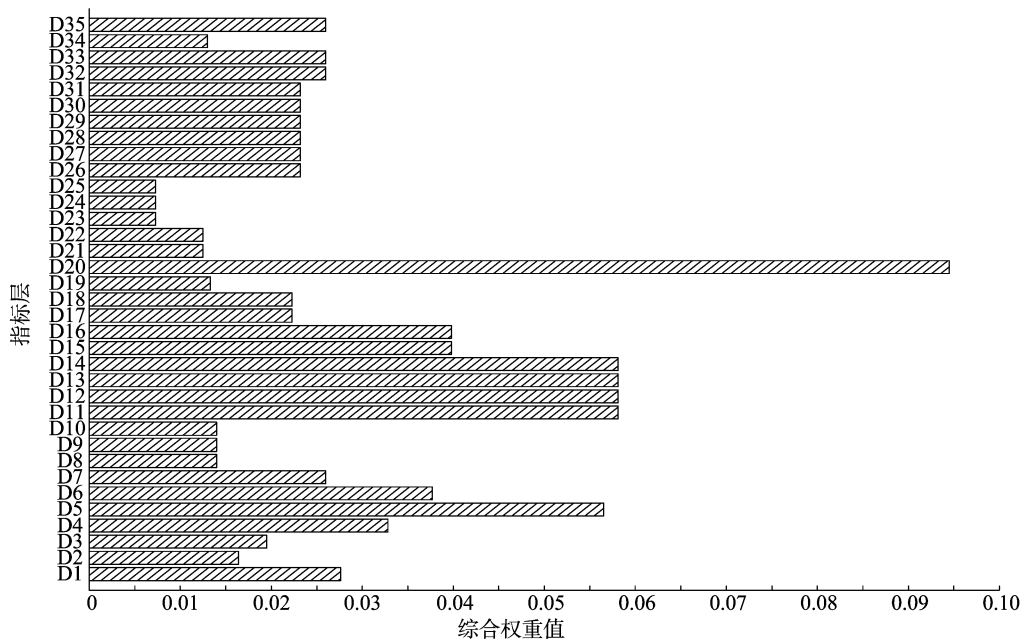


图3 功能农业竞争力水平评价指标层权重

点;消费人群健康程度的提高D20是体现功能农业发展内涵的重要方面,也是提升功能农业竞争力水平的关键驱动力,其权重在指标层中占比最高,为9.45%,消费人群健康程度越高功能农业的竞争力水平就越强;良好的农业生态环境是提升功能农业竞争力水平的根本驱动力,丰富的生物多样性、充足的农业用地用水、无污染的水源空气土壤是保障功能农产品质量的基本要素,功能农产品质量的提高、达标才能有效提高消费人群的健康程度并带来经济效益的增长,最终提升功能农业的竞争力水平;功能农业的高认知率是提升其竞争力水平的基础驱动力,发展功能农业的主体是人,意识是行为的起点,公民对功能农业的高认知率可以对政府和企业的行为进行监督,提高相关政策制度的执行力,保障功能农业的长期稳定发展。本研究建立的评价指标体系及评价方法适用于各个区域功能农业的竞争力水平评价,由于功能农业发展的时间较短,用于评价的基础数据还不全面,无法进行案例评价。因此,收集各地发展功能农业的评价基础数据并对其进行评价,指出各地发展功能农业的“短板”以及发展方向就成为今后的研究重点。

参考文献:

- [1] 赵其国,尹雪斌. 我们的未来农业——功能农业[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2017,37(7):457-468,486.
- [2] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报,2008,18(5):148-153.
- [3] 刘亚静,毛善君,姚纪明,等. 基于层次分析法的煤矿安全综合评价[J]. 矿业研究与开发,2007,27(2):82-84.
- [4] Ying X, Zeng G M, Chen G Q, et al. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality—a case study of Hunan Province, China[J]. Ecological Modelling, 2007, 209(2): 97-109.
- [5] Gómezlimón J A, Sanchezfernandez G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators[J]. Ecological Economics, 2010, 69(5):1062-1075.
- [6] 郑军,史建民. 基于AHP法的生态农业竞争力评价指标体系构建[J]. 中国生态农业学报,2010,18(5):1087-1092.
- [7] 刘子飞,张伟伟. 农村生态文明建设能力评价方法研究——基于AHP与距离函数模型[J]. 农业经济与管理,2013,(6):29-37.
- [8] 刘彦琴,郝晋珉. 区域可持续土地利用空间差异评价研究——以黄淮海平原为例[J]. 资源科学,2003,25(2):56-62.
- [9] 刘业业,崔兆杰,于斐. 园区生态文明建设水平评价指标体系[J]. 环境科学与技术,2015(12):276-282.
- [10] 支玲,杨明,田治威,等. 西部退耕还林工程可持续发展能力评价方法[J]. 世界林业研究,2009,22(3):20-24.
- [11] 游士兵,肖加元. 农业竞争力的测度及实证研究[J]. 中国软科学,2005(7):147-152.
- [12] 姚婧婧,沈琦. 忻州市生态农业指标体系的构建与评价研究[J]. 农业技术与装备,2009(2):11-14.
- [13] 陈卫平,赵彦云. 中国区域农业竞争力评价与分析——农业产业竞争力综合评价方法及其应用[J]. 管理世界,2005(3):85-93.
- [14] 滕明兰. 广西特色农业竞争力评价分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(8):4897-4899.
- [15] 林伟敏,卢熙明,李中斌. 福建省现代农业竞争力评价探析[J]. 台湾农业探索,2016(2):62-66.
- [16] 於飞燕,周彬,曹松江,等. 休闲农业竞争力评价与提升路径——以浙江省奉化市为例[J]. 科技与管理,2014,16(3):8-13.
- [17] 区域生物多样性评价标准:HJ623—2011[S]. 2011.
- [18] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999.
- [20] 蒲玉琳,谢德体,倪九派,等. 紫色土区坡耕地植物篱模式综合生态效益评价[J]. 中国生态农业学报,2014,22(1):44-51.