



# Application of Combination Evaluation Method in Evaluation of Green Agriculture Development Level in China

Duan Lin\*, Zhang Ting

School of Statistics of Chengdu University of Information Technology, Chengdu, China

## Email address:

Duanlin0816@163.com (Duan Lin), 834869336@qq.com (Zhang Ting)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Duan Lin, Zhang Ting. Application of Combination Evaluation Method in Evaluation of Green Agriculture Development Level in China.

*Science Innovation*. Vol. 9, No. 2, 2021, pp. 63-71. doi: 10.11648/j.si.20210902.15

Received: March 22, 2021; Accepted: April 20, 2021; Published: April 26, 2021

**Abstract:** The first document of the central government in 2021 proposed to strengthen the supervision of agricultural product quality and food safety, and vigorously develop green food and organic food. Green agriculture is the core of the future development of modern agriculture, which is closely related to food safety, environmental protection and sustainable use of resources, and is the basis for realizing agricultural and rural modernization. In this paper, three objective weighting methods (entropy method, principal component analysis method, factor analysis method) were used to assign the weight of China's green agriculture development level index in 2018, and then combined with the combination evaluation method to calculate the comprehensive score and ranking. On this basis, the 31 provinces and cities in China were divided into four types by cluster analysis: high level of green agriculture development, high level of green agriculture development, medium level of green agriculture development and low level of green agriculture development. According to the study, Heilongjiang, Shandong, Jiangsu, Henan and Anhui were the regions with higher green agriculture development in 2018. On the other hand, the five least developed provinces and cities are Beijing, Ningxia, Hainan, Tianjin and Tibet. The overall situation of green agriculture development in China is unbalanced among regions. Therefore, according to the agricultural economic basis of each province or city, some suggestions are put forward in the hope of improving the agricultural production environment, improving the quality of green agricultural products, realizing the balanced development of green agriculture among regions and speeding up the process of agricultural and rural modernization.

**Keywords:** Green Agriculture, Objective Weighting Method, Combination Evaluation Method, Clustering Analysis

## 组合评价法在中国绿色农业发展水平评价中的应用

段玲\*, 张婷

成都信息工程大学统计学院, 成都, 中国

## 邮箱

Duanlin0816@163.com (段玲), 834869336@qq.com (张婷)

**摘要:** 2021年中央一号文件提出加强农产品质量和食品安全监管, 大力发展绿色食品、有机食品。绿色农业是今后现代农业发展的核心, 与食品安全、环境保护、资源可持续利用息息相关, 是实现农业农村现代化的基础。本文运用三种客观赋权法(熵值法、主成分分析法、因子分析法)对2018年中国绿色农业发展水平指标权重赋值, 再结合组合评价法计算综合得分及排名。在此基础上运用聚类分析将中国31个省市划分为四个类型地区: 绿色农业发展高水平地区、绿色农业发展较高水平地区、绿色农业发展中等水平地区和绿色农业发展低水平地区。研究表明, 2018年中国绿色农

业发展较高的地区分别是黑龙江、山东、江苏、河南和安徽。反之，发展水平较为落后的5个省市则为北京、宁夏、海南、天津和西藏。中国绿色农业发展总体状况是地区间发展不均衡，因此，结合各省市自身的农业经济基础，提出几点建议，希望能改善农业生产环境，提高绿色农产品质量，实现区域间绿色农业均衡发展，加快农业农村现代化进程。

**关键词：**绿色农业，客观赋权法，组合评价法，聚类分析

1. 引言

2021年中央一号文件提出“推进绿色农业发展，实施保护耕地制度，推进化肥农药减量增效，加强畜禽粪污资源化利用。加强农产品质量和食品安全监管，发展绿色农产品、有机农产品和地理标志农产品。”绿色农业是今后现代农业发展的核心，与食品安全、环境保护、资源可持续利用息息相关，是实现农业农村现代化的基础。2006年，刘连馥教授在《绿色农业初探》一书中，明确指出绿色农业是指充分运用当代的先进科学技术、装备和农业管理经验，以促进农产品安全、生态安全、资源安全和提高农业综合经济效益的协调统一为目标，以标准化农业生产为手段，推动人类社会和经济全面、协调、可持续发展的农业模式[1]。严立冬在总结国内绿色农业概念的基础上，提炼出更为精简的含义，指出绿色农业是一种有利于环境保护、有利于农产品数量安全与质量安全的现代农业发展形态与模式[2]。

纵览近几年文献研究结果发现，越来越多的专家着重研究绿色农业指标体系建立和绿色农业发展水平评测的方法。王保利等针对陕西省渭北绿色产业制定科学的指标体系，利用非货币评价方法和层次分析法对绿色产业集群效益进行评价[3]；崔元锋等则从生态效益水平指标、经济效益水平指标、社会效益水平指标等三个方面建立评价指标子系统，整理得出中国绿色农业发展水平综合评价体系[4]；张正斌等对中国绿色农业的生产环境、生产技术、生产能力及生产资料方面，建立绿色农业经济指标、信息化指标和文化指标等，对绿色农业基地的建设和评估提供理论依据[5]；卢秉福和赵海波对黑龙江省绿色农业发展进行研究，运用SWOT方法和层次分析法以及构建绿色供应、资源节约、环境友好等三个一级指标对黑龙江省绿色农业发展水平进行评估[6-7]；田云基于农用物质强度和利用效率建立绿色发展水平测度指标体系，再运用主成分分析法和聚类分析法对中国31个地区进行绿色农业发展水平评估和分类[8]；陆壮丽以广西壮族自治区为例，利用专家评分法和层次分析法，建立了投入水平、产出水平、信息化水平、市场发展水平、社会发展水平、农业可持续发展水平等指标[9]；奉梅通过构建四川省绿色农业发展水平评价指标体系，采用熵值法和层次分析法计算得到绿色农业发展水平综合指数，对绿色农业发展水平进行等级划分[10]。

纵览上述文献可知，国内学者已从不同视角对绿色农业展开了深入的研究，研究结果也具有一定现实指导意义，但不同的专家对指标体系的建立以及评价方法上的运用具有差异。除了对指标的选择以外，还有一个重点是对指标权重的赋值。我们最常用的主观赋权和客观赋权方法有：层次分析法、专家评价法、综合指数法、熵值法、主成分分析法、因子分析法等。郭显光提出一种新的指标赋权法—组合评价法，将几种评价方法进行组合，得出更为客观全面的评测结果[11]。组合评价法在经济效益评价、投资环境评价、综合经济实力评价方面都有运用，基于此，组合评价法在中国绿色农业发展水平评价中同样适用。主观赋权法是依据专家经验来评价，指标数量多，不同专家对此评价会存在较大差异，分析结果趋于不稳定。因此，本文对我国绿色农业发展水平将运用三种客观赋值法（主成分分析法、因子分析法、熵值法）相结合的组合评价法来对中国31个省市的绿色农业发展水平进行评价。

2. 指标解释与数据来源

为了全面了解中国省域绿色农业的发展水平，须建立具有科学性、综合性、实用性、可操作性的指标体系。这些指标是通过绿色农业概念的解析，综合选出具有代表性的指标。基于此，绿色农业发展水平评价指标分为三部分：绿色农业资源利用、绿色农业生产环境和绿色农业产品品牌。分别体现刘连馥老师在绿色农业概念中提出的生态安全、农产品安全和农业综合经济效益三个方面。其中，绿色农业生产环境是基础，绿色农业资源利用是为了促进农产品安全生产。绿色农业品牌是绿色农业生产经济效益的体现，也是绿色农业发展的目标。结合分析，分别在绿色农业资源利用下设置4个二级指标，绿色农业生产环境8个，绿色农业产业品牌7个，共19个二级指标。具体绿色农业发展水平评价指标如下表1；

文章选取中国31个省市（不含港澳台地区）2018年的数据作为研究对象。数据主要来源于《中国统计年鉴》和各省市《2018年国民经济和社会发展公报》以及《2018年绿色食品统计年报》《2018年中国现代农业示范区数量》。

中国现代农业示范区又分为整省创建、整市、区创建、整县创建三种不同的现代农业示范区，该文章数据是三种现代农业示范区数量的总和。

表1 绿色农业发展水平评价指标。

一级指标	序号	二级指标	单位	属性
绿色农业资源利用	X1	农药使用量	万吨	负向
	X2	农用地肥施用折纯量	万吨	负向
	X3	农用机械总动力	万千瓦	正向
	X4	农用塑料薄膜使用量	吨	负向

一级指标	序号	二级指标	单位	属性
绿色农业生产环境	X5	森林覆盖率	%	正向
	X6	水土流失治理面积	千公顷	正向
	X7	耕地灌溉面积	千公顷	正向
	X8	农作物总播种面积	千公顷	正向
	X9	粮食产量	万吨	正向
	X10	国家现代农业示范区	个	正向
	X11	绿色食品原料标准化生产基地数	个	正向
	X12	绿色食品原料标准化生产基地产量	万吨	正向
	X13	农产品地理标志登记产品总数	个	正向
	X14	有效用标绿色食品产品数	个	正向
绿色农业产品品牌	X15	有效用标无公害农产品数	个	正向
	X16	有机食品产品数	个	正向
	X17	绿色食品生产资料获证企业数	个	正向
	X18	绿色食品生产资料获证产品数	个	正向
	X19	有效用标绿色食品单位数	个	正向

3. 研究方法

3.1. 主成分分析法权重赋值的基本原理和步骤

3.1.1. 主成分分析基本原理

主成分分析是指将原来具有相关关系的多个指标简化为少数几个新的综合指标的多元统计方法。

基本原理：在讨论中国绿色农业发展水平的问题中，设有*i*个评价对象，*p*个指标，设*x*<sub>1</sub>，*x*<sub>2</sub>，*x*<sub>3</sub>，*x*<sub>4</sub>，...*x*<sub>*p*</sub>，*x*<sub>*p*</sub>表示*p*个绿色农业评价指标，则*c*<sub>1</sub>，*c*<sub>2</sub>，*c*<sub>3</sub>，*c*<sub>4</sub>，...*c*<sub>*p*</sub>表示各绿色农业评价指标的权重，加权之和就是*y* = *c*<sub>1</sub>*x*<sub>1</sub> + *c*<sub>2</sub>*x*<sub>2</sub> + ..... + *c*<sub>*p*</sub>*x*<sub>*p*</sub> 因此，每个地区都相应得出一个综合得分，记为*y*<sub>1</sub>，*y*<sub>2</sub>，*y*<sub>3</sub>，*y*<sub>4</sub>，...*y*<sub>*n*</sub>，*n*表示为第*n*个主成分。

设*y<sub>i</sub>*表示*i*个主成分，*i*=1,2,...*p*,可设

$$y_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1p}x_p$$
$$y_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2p}x_p$$
$$y_p = c_{p1}x_1 + c_{p2}x_2 + \dots + c_{pp}x_p$$

其中对每一个*i*均有 *c*<sub>*i*1</sub><sup>2</sup> + *c*<sub>*i*2</sub><sup>2</sup> + *c*<sub>*i**p*</sub><sup>2</sup> = 1，*y*<sub>1</sub>是第一主成分，*y*<sub>2</sub>是第二主成分，*y*<sub>*p*</sub>是第*p*个主成分。

3.1.2. 主成分分析步骤

指标数据标准化处理，对于度量单位不同的指标或是取值范围彼此差异非常大的指标，不直接进行主成分分析，应考虑将数据进行标准化处理，以消除量纲的影响。

对绿色农业发展水平进行主成分分析的指标变量有19个：*x*<sub>1</sub>，*x*<sub>2</sub>，*x*<sub>3</sub>...*x*<sub>19</sub>，共有31个评价对象，第*i*个评价对象的第*j*指标的取值为*x<sub>ij</sub>*，将各指标值*x<sub>ij</sub>*转换成标准化指标*tilde x<sub>ij</sub>*数据标准化公式步骤如下公式：

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \tilde{x}_j}{s_j}, (i=1,2,\dots;j=1,2, \dots)$$

(1)

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

(2)

$$s_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad j=1,2,\dots,19$$

(3)

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{s_i} \quad i=(1,2,\dots,31)$$

(4)

$$R = (r_{ij})_{m \times m}$$

(5)

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \tilde{x}_{ki} \cdot \tilde{x}_{kj}}{n-1} \quad (i,j=1,2,\dots,m)$$

(6)

$$b_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{k=1}^m \lambda_k} \quad j=(1,2,\dots,m)$$

(7)

$$\alpha_p = \frac{\sum_{k=1}^p \lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}$$

(8)

其中即 *tilde x<sub>j</sub>*，*s<sub>j</sub>*为第*j*个指标的样本均值和样本标准差，*R*为变量间的相关系数矩阵，*r<sub>ij</sub>*是第*i*个指标与第*j*个指标的相关系数。计算主成分并计算综合得分：计算特征根*λ<sub>j</sub>*(*j* = 1, 2, ... *m*)，*b<sub>j</sub>*为主成分*y<sub>1</sub>*的信息贡献率，*α<sub>p</sub>*为主成分*y<sub>1</sub>*，*y<sub>2</sub>*...*y<sub>p</sub>*的累计贡献率。

3.2. 因子分析原理和步骤

因子分析是对主成分分析的扩展，是从变量中提取共性因子的统计。与主成分分析是包含与扩展的关系。通过

SPSS软件输出结果表2可以看出，对31个省市和19个统计指标中提取出5个公共因子，累计贡献率达85.69%，通常认为累计贡献率达到80%以上就是较好的因子分析结果。变量在因子轴旋转之前初始特征值和累计贡献率在因子分布上是不均衡的，通过轴旋转使原始变量在公因子上的

载荷重新分布，旋转后的特征根和贡献率更均衡，但是总累计贡献率不变。

指标权重综合得分公式： $y = 0.51263*y_1 + 0.1117*y_2 + 0.1988*y_3 + 0.06599*y_4 + 0.05671*y_5$ ，排名结果见表5。

表2 公共因子特征根和累计贡献率。

成份	初始特征值			旋转平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	9.74	51.263	51.263	5.51	29.032	29.032
2	2.12	11.170	62.433	4.23	22.263	51.295
3	2.08	10.988	73.421	3.52	18.548	69.843
4	1.25	6.599	80.021	1.71	9.041	78.884
5	1.07	5.671	85.692	1.29	6.809	85.692

3.3. 熵值法指标权重赋值的原理和计算步骤

综合得分计算式： $y = \sum_{i=1}^m w_j * p_{ij}$  (11)

3.3.1. 熵值法赋值指标权重计算公式

陆添超（2009）研究熵值法在权重确定中的应用时介绍：“熵”是系统无序程度的度量，可以用于度量已知数据所包含的有效信息和确定权重，在确定指标权重中得到广泛的应用[12]。通过对“熵”的计算确定权重，当计算出某项评价对象熵值越小，说明该指标权重越大，信息量越大。与之相反，熵值越大，指标权重越小，指标有效信息量少。

通过对中国31个省市绿色农业发展水平的指标体系进行因子分析，文章设 $m=56, n=19, X_{ij}$ 为第 $i$ 个省市第 $j$ 项因子的因子得分，其中 $i=1,2,...,31, j=1,2,...,19$ 。数据无量纲计算式：

正向指标： $x'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min_j}{\max_j - \min_j}$  (9)

负向指标： $x_{ij} = \frac{\max_j - X_{ij}}{\max_j - \min_j}$  (10)

3.3.2. 熵值法计算步骤

1) 指标数值预处理：

由于每个指标属性不一样，有些指标是正向指标，表示指标数值越大指标表现越好，有些指标是负向指标（也称为逆向指标）表示指标数值越大指标表现越差[13]。如本文选取的“农用化肥施用折纯量”“农药施用量”和“农用塑料薄膜施用量”这三个指标均为负向指标。因此，在对指标数据进行无量纲计算时应注意公式的运用。将其三个指标进行预处理，转换为正向指标。

2) 无量纲计算：

对全部指标数据进行指标无量纲化处理，消除指标数值量纲的影响。为了使数据运算处理具有意义，数值必须消除零和负值。因此，无量纲计算后的数据整体向右平移0.0001个单位，其公式为： $X_{ij} = X_{ij} + A$ ， $A$ 取值为0.0001为了不破坏原始数据的内在规律， $A$ 取值尽可能小且最接近 $X_{ij}$ 的最小值[14]。

3) 熵值法赋值计算结果：

依据2018年中国31个省市绿色农业指标数据的无量纲化处理结果，再计算出各指标的权重，计算结果见表3。

表3 熵值法赋值计算结果。

序号	二级指标	熵值	差异性系数	指标权重
x1	农用化肥施用折纯量	0.984	0.016	0.007
x2	农药使用量	0.961	0.039	0.017
x3	农业机械总动力	0.893	0.107	0.048
x4	农用塑料薄膜使用量	0.976	0.024	0.011
x5	森林覆盖率	0.934	0.066	0.030
x6	水土流失治理面积	0.907	0.093	0.042
x7	耕地灌溉面积	0.894	0.106	0.048
x8	农作物总播种面积	0.907	0.093	0.042
x9	粮食产量	0.877	0.123	0.056
x10	国家现代农业示范区	0.809	0.191	0.086
x11	绿色食品原料标准化生产基地数	0.790	0.210	0.095
x12	绿色食品原料标准化生产基地产量	0.729	0.271	0.123
x13	有效用标绿色食品单位数	0.894	0.106	0.048
x14	有效用标绿色食品产品数	0.890	0.110	0.050
x15	绿色食品生产资料获证企业数	0.853	0.147	0.066
x16	绿色食品生产资料获证产品数	0.840	0.160	0.073
x17	农产品地理标志登记产品总数	0.911	0.089	0.040
x18	有效用标无公害农产品数	0.885	0.115	0.052
x19	有机食品产品数	0.860	0.140	0.063

由表3计算结果可以得出，权重大于或等于5%的指标中，生产环境指标有4个，产品品牌指标有5个，累计权重分别为36%、30.5%，总计为66.5%。这表明在绿色农业发展的构成要素中，生产环境很重要。另一方面，绿色农业资源利用所占权重较少，说明该项指标数值大小对中国绿色农业发展水平影响较小。在二级指标的权重中，绿色食品原料标准化生产基地数、绿色食品原料标准化生产基地产量和国家现代农业示范区这三个指标权重所占比例

最高，说明这三个指标是影响中国绿色农业发展水平的重要因素。

4) 熵值法综合得分及排名：

将上式计算出的绿色农业指标权重 $w_j$ 与指标比重 $p_{ij}$ 相乘得出各省市绿色农业发展综合得分，根据计算结果按从大到小的顺序进行排名。得分情况及排名见表4。

表4 熵值法综合得分及排名。

省市	综合得分	排序	省市	综合得分	排序
北京	0.014459	26	上海	0.019407	21
天津	0.008313	29	江苏	0.079817	3
河北	0.033792	11	浙江	0.031461	12
山西	0.014911	25	安徽	0.044542	6
内蒙古	0.053406	5	福建	0.024526	17
辽宁	0.027303	15	江西	0.030251	13
吉林	0.025429	16	山东	0.081072	2
黑龙江	0.121846	1	广东	0.024182	18
陕西	0.020856	20	广西	0.017812	22
甘肃	0.021502	19	海南	0.00529	30
青海	0.016129	24	重庆	0.016894	23
宁夏	0.010609	28	四川	0.057594	4
新疆	0.034262	10	贵州	0.012736	27
河南	0.039106	8	云南	0.028007	14
湖北	0.037676	9	西藏	0.002857	31
湖南	0.043954	7			

4. 组合评价法在绿色农业发展水平评价中的应用

4.1. 三种客观赋权法的评价结果

为了更好的比较三种客观赋值法在绿色农业发展水平评价中应用，对主成分分析法、因子分析法和熵值法进行综合评价，其中主成分分析和因子分析法是运用统计分析软件SPSS进行分析计算，熵值法则是运用EXCEL进行计算。三种方式综合得分及排名结果见表5。

表5 三种客观赋权法的评价结果。

省市	得分1	排名	得分2	排名	得分3	排名
北京	-1.65	27	-0.78	28	0.014	26
天津	-1.98	30	-0.78	29	0.008	29
河北	0.54	10	0.69	5	0.034	11
山西	-0.96	23	-0.43	24	0.015	25
内蒙古	1.27	7	0.08	14	0.053	5
辽宁	-0.16	14	-0.08	17	0.027	15
吉林	-0.19	15	0.2	12	0.025	16
黑龙江	5.09	1	0.84	3	0.122	1
陕西	-0.77	21	-0.26	18	0.021	20
甘肃	-0.43	18	-0.37	22	0.022	19
青海	-1.61	26	-0.77	27	0.016	24
宁夏	-1.69	28	-0.74	26	0.011	28
新疆	0.12	11	0.07	15	0.034	10
河南	1.43	5	1.71	1	0.039	8
湖北	0.88	9	0.46	7	0.038	9
湖南	1.12	8	0.66	6	0.044	7
上海	-1.58	25	-0.92	31	0.019	21
江苏	2.19	3	0.28	8	0.080	3
浙江	-0.31	16	-0.35	20	0.031	12
安徽	1.29	6	0.76	4	0.045	6
福建	-0.53	20	-0.29	19	0.025	17

省市	得分1	排名	得分2	排名	得分3	排名
江西	0.05	12	0.05	16	0.030	13
山东	3.44	2	1.18	2	0.081	2
广东	-0.42	17	0.21	11	0.024	18
广西	-0.51	19	0.24	10	0.018	22
海南	-1.85	29	-0.51	25	0.005	30
重庆	-0.93	22	-0.41	23	0.017	23
四川	1.51	4	0.28	9	0.058	4
贵州	-1.17	24	-0.36	21	0.013	27
云南	0.02	13	0.14	13	0.028	14
西藏	-2.22	31	-0.8	30	0.003	31

由表5三种综合评价方法计算结果可以看出,因选用三种不同的指标赋值法进行评价,其评价结果也出现了差异,但总体排名相差不会太大,说明三种方法计算结果均具有合理性。例如北京,在三种方法计算中主成分分析的综合得分排名在27名,因子分析排名在28名,熵值法排名26名。三种客观赋值法是从三种不同的角度进行的综合评价,都具有合理性。因此,我们不能轻易舍弃其中任意一种方式。

#### 4.2. 三种综合评价结果的组合

三种客观赋值法在指标赋权中都很重要,我们将三种方法进行组合。组合的方法是先将每种方法排序的名次转化为分数,如果排序为第 $m$ 名,则其得分为 $n + 1 - m$ 分,即第1名得 $n$ 分.....第 $n$ 名得1分,其中如有相同的名次,则取这几个位置的平均分,然后将三种方法的分数进行平均,得出组合分数[15]。计算结果见表6。

表6 组合评价法下各省市排名。

省市	方法1分数	方法2分数	方法3分数	组合分数	组合名次
北京	5.0	4.0	6.0	5.0	27
天津	2.0	3.0	3.0	2.7	30
河北	22.0	27.0	21.0	23.3	10
山西	9.0	8.0	7.0	8.0	24
内蒙古	25.0	18.0	27.0	23.3	9
辽宁	18.0	15.0	17.0	16.7	15
吉林	17.0	20.0	16.0	17.7	14
黑龙江	31.0	29.0	31.0	30.3	1
陕西	11.0	14.0	12.0	12.3	20
甘肃	14.0	10.0	13.0	12.3	21
青海	6.0	5.0	8.0	6.3	26
宁夏	4.0	6.0	4.0	4.7	28
新疆	21.0	17.0	22.0	20.0	11
河南	27.0	31.0	24.0	27.3	4
湖北	23.0	25.0	23.0	23.7	8
湖南	24.0	26.0	25.0	25.0	6
上海	7.0	1.0	11.0	6.3	25
江苏	29.0	24.0	29.0	27.3	3
浙江	16.0	12.0	20.0	16.0	17
安徽	26.0	28.0	26.0	26.7	5
福建	12.0	13.0	15.0	13.3	19
江西	20.0	16.0	19.0	18.3	13
山东	30.0	30.0	30.0	30.0	2
广东	15.0	21.0	14.0	16.7	16
广西	13.0	22.0	10.0	15.0	18
海南	3.0	7.0	2.0	4.0	29
重庆	10.0	9.0	9.0	9.3	22
四川	28.0	23.0	23.0	24.7	7
贵州	8.0	11.0	5.0	8.0	23
云南	19.0	19.0	18.0	18.7	12
西藏	1.0	2.0	1.0	1.3	31

由组合评价的最后得分计算结果可以看出,中国绿色农业发展水平较高的前5个省市为黑龙江、山东、江苏、河南和安徽。反之,发展水平较为落后的5个省市则为北京、宁夏、海南、天津和西藏。

4.3. 中国绿色农业发展区域特征和差异分析

通过组合分析法对中国31个省市绿色农业发展水平的高低进行了排序，可以看出各区域的发展存在差异，为了更好的观察这种区域差异和发展特征，我们将31个省市按照中国七大经济区进行划分，来观察区域内各省市发展是否均衡，见表7。

表7 七大经济区绿色农业发展排名。

区域	省市	排名	区域	省市	排名
华北地区	北京	27	华东地区	上海	25
	天津	30		江苏	3
	河北	10		浙江	17
	山西	24		安徽	5
	内蒙古	9		福建	19
东北地区	辽宁	15	华南地区	江西	13
	吉林	14		山东	2
	黑龙江	1		广东	16
	陕西	20		广西	18
西北地区	甘肃	21	西南地区	海南	29
	青海	26		重庆	22
	宁夏	28		四川	7
	新疆	11		贵州	23
华中地区	河南	4		云南	12
	湖北	8		西藏	31
	湖南	6			

由表7的排名可以看出区域间和区域内的绿色农业发展是不均衡的，尤其是东北地区和华东地区最为突出。东北地区除黑龙江排名第一以外，其余两个地区均为中等发展水平。华东地区是东部沿海地区，经济水平较高，地理位置优越，但由于区域内各地区经济结构的不同，导致区域内绿色农业发展差异化极大。也有区域内发展均衡的地区，如华中地区、西北地区和华南地区等。中国各省市绿色农业发展水平总体差异是由地区内的差异引起的，如地区的经济结构、地理位置、耕地面积、自然条件等多方面因素。

5. 绿色农业发展水平的聚类分析

5.1. 系统聚类分析

为了进一步观察地区之间绿色农业发展水平的相似性，本文采用多元统计软件SPSS的系统聚类法，对2018年中国31个省市绿色农业发展水平高低进行分类分析。

5.2. 聚类分析结果

依据文中所取的19个指标数据，使用SPSS软件对原始数据进行聚类分析，分析结果见表8。

表8 聚类分析结果。

群集成员		群集成员	
案例	4群集	案例	4群集
1:北京	1	17:上海	1
2:天津	1	18:江苏	2
3:河北	2	19:浙江	3
4:山西	3	20:安徽	2
5:内蒙古	2	21:福建	3
6:辽宁	2	22:江西	3
7:吉林	3	23:山东	4
8:黑龙江	2	24:广东	3
9:陕西	3	25:广西	3
10:甘肃	2	26:海南	1
11:青海	1	27:重庆	3
12:宁夏	1	28:四川	2
13:新疆	4	29:贵州	3
14:河南	2	30:云南	2
15:湖北	3	31:西藏	1
16:湖南	2		

根据系统聚类分析结果可以看出，我们把31个省市的绿色农业发展水平分为四个类别，我们将这四个类别分别命名为：绿色农业发展高水平地区、绿色农业发展较高水平地区、绿色农业发展中等水平地区和绿色农业发展低水平地区。

第一类:北京、天津、青海、宁夏、上海、海南、西藏属于绿色农业发展低水平地区,主要原因是农作物播种面积少,粮食产量不高,自身农业发展水平较低。其中,2018年北京市农作物播种面积只有103.8千公顷,是全国最少,上海和西藏农作物播种面积也只有200多千公顷。另外,西藏、青海和宁夏的绿色原料生产基地数和绿色食品生产资料获证企业数均为零,绿色农业产品品牌发展水平落后。

第二类:河北、内蒙古、辽宁、黑龙江、甘肃、河南、湖南、江苏、安徽、四川、云南属于绿色农业发展较高水平地区。这类地区的绿色农业资源利用水平较低,其中,这11个省市中有7个省市的农用薄膜使用量超过10万吨,是全国使用量最多的7个省市。但这一类地区总体绿色农业发展水平较高的,主要归功于农作物播种面积多,粮食产量多,总体森林覆盖率高,除了甘肃、湖南和云南三个省以外,其余地区均为中国粮食主产区,2018年粮食产量占中国粮食总产量的53%,自身农业经济发展水平高。

第三类:山西、吉林、陕西、湖北、浙江、福建、江西、广东、广西、重庆、贵州属于绿色农业发展中等水平地区。化肥和农药施用效率低是制约吉林、陕西、湖北、广东和广西绿色农业发展的共同因素。国家农业示范区少、绿色食品原材料生产基地数少进一步限制该区域内绿色农业发展。

第四类:新疆和山东是绿色农业发展高水平地区。新疆和山东绿色农业发展水平高主要在于化肥、农药和薄膜的高效率使用,另外,山东和新疆在绿色农业产品品牌方面也表现较好,山东的国家现代农业示范区有788个,全国最多,新疆绿色食品原料标准化生产基地数在全国排名第三。新疆和山东绿色农业发展水平较高主要归功于资源利用效率高,农作物播种面积多,“三品一标”产品数量多,绿色产品品牌发展水平高。

## 6. 结论分析与建议

### 6.1. 结论分析

通过建立绿色农业指标体系,运用组合评价法对中国31个省市2018年绿色农业发展水平进行测量和评价。根据计算结果得出以下结论:①组合评价法对中国绿色农业指标权重赋值均具有合理性,比单一的赋权法更具有客观性、综合性、代表性,可以全面的对中国31个省市绿色农业水平做出综合评价。②运用客观赋权法(主成分分析法、因子分析法、熵值法)计算出权重和排名,再用组合评价法计算出中国31个省市绿色农业发展水平的综合得分及综合排名。其中黑龙江、山东、江苏、河南、安徽在全国排名前五,较为落后的五个地区分别是北京、宁夏、海南、天津和西藏。③中国绿色农业发展水平具有明显的区域特征,从中国七大经济区划分来看,华中地区整体发展均衡且发展水平较高。西北地区和华南地区整体发展较为均衡,但是整体绿色农业水平较低。东北地区和华东地区两区域内部发展不均衡,地区间差异化较大。④中国绿色农业发展水平差异化是区域内引起的,比如区域内地区的农业经济基础、经济结构、地理位置等引起的。⑤通过对中国31个省市绿色农业发展水平进行聚类分析,结

果分为四个类别,分别是绿色农业发展高水平地区、绿色农业发展较高水平区域、绿色农业发展中等水平区域和绿色农业发展低水平区域。⑥中国绿色农业发展水平的高低受农业生产环境影响最大。

### 6.2. 建议

以上结论分析得出,中国绿色农业发展还存在一些问题,从七大经济区的整体排名可以看出,中国绿色农业虽然存在区域集约化,但是内部发展还不均衡,存在差异化。为了实现中国绿色农业高质量,均衡发展,提出以下建议:①绿色农业生产环境很重要,要打造环保、高效、节约型绿色农业产业链,加强一二三产业融合发展,建设高质量绿色农业生产基地,加快国家现代农业示范园的建立。②各省应针对自身发展情况制定相关农业政策和规划,制定绿色农业生产计划。控制农药、化肥、农用薄膜的使用,推广节水灌溉技术和绿色生产资料。同时借助自身资源禀赋,调整优化农产品结构,打造特色绿色农产品,加快“三品一标”产品的认证,生产安全、健康、绿色的农产品,形成品牌效应。③加快土地流转,完善土地流转相关政策,提高绿色农业生产集约化、规模化,使用高技术农用机械,提高绿色农业生产效率。④中国地区间绿色农业发展水平不平衡,区域内高水平地区可以和低水平地区协同发展,建立合作关系,相互学习,共同提高,提升区域内整体绿色农业发展水平。⑤绿色农业发展高水平地区,可以借助区位优势,紧紧抓住经济发达但绿色农业发展低水平地区的消费市场,输出更多绿色农产品,满足消费者个性化需求。⑥培育新型农民,提高农民的综合素质,提升广大农民的绿色农业生产意识。

## 致谢

本文是在张婷老师的耐心指导下完成,老师和蔼可亲,认真指导了我论文的框架和细节,在写作过程中,老师严谨的语言表达和渊博的知识让我受益良多,在此向她表示由衷的感谢!

同时向在百忙之中评审本文的各位老师表示衷心的感谢!

## 参考文献

- [1] 刘连馥.绿色农业初探.北京:中国财经经济出版社,2005:64-67.
- [2] 严立冬等.绿色农业导论.人民出版社,2008.
- [3] 王保利,姚延婷.绿色农业产业集群评价指标体系及应用研究——以陕西省渭北绿色果品产业集群为例[J].中国农学通报,2006(08):588-593.
- [4] 崔元锋,严立冬,陆金铸,屈志光.我国绿色农业发展水平综合评价体系研究[J].农业经济问题,2009,30(06):29-33.



- [5] 张正斌,王大生,徐萍.中国绿色农业指标体系建设指导原则和构架[J].中国生态农业学报,2011,19(06):1461-1467.
- [6] 卢秉福,孙一鸣,韩卫平.黑龙江省绿色农业可持续发展主要影响因素分析[J].中国农学通报,2011,27(32):110-113.
- [7] 赵海波. 黑龙江省绿色农业发展研究[D].中共黑龙江省委党校,2020.
- [8] 田云,张俊飏.中国绿色农业发展水平区域差异及成因研究[J].农业现代化研究,2013,34(01):85-89。
- [9] 陆壮丽,谭静.广西农业绿色化发展水平评价指标体系的构建[J].农业网络信息,2016(11):12-15.
- [10] 奉梅.四川省绿色农业发展区域特征及评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(01):42-47.
- [11] 郭显光.一种新的综合评价方法——组合评价法[J].统计研究,1995(05):56-59.
- [12] 王倩. 中国省域绿色农业发展空间差异及影响因素研究[D].贵州大学,2019.
- [13] 陈玮莹. 江西电网Z供电分公司综合绩效评价研究[D].东华理工大学,2019.
- [14] 陆添超,康凯.熵值法和层次分析法在权重确定中的应用[J].电脑编程技巧与维护,2009(22):19-20+53.
- [15] 郭显光.熵值法及其在综合评价中的应用[J].财贸研究,1994(06):56-60.