

## 山西省生态农业区域划分的研究

王学萌 聂宏声 郭常莲  
籍增顺 张淑莲 刘爽

(山西省农业科学院综合考察所, 太原, 030006)

. 5181

A

**摘要** 本文根据省级生态农业建设与发展的需要,按照系统工程的原理与方法,定性与定量分析相结合的原则,建立了分区指标体系,并应用层次分析法确定指标权系数,然后选择了星座图聚类、判别分析与多维灰色评估3种数学模型,对山西生态农业环境进行了划区分类,大大增强了区划的科学性、准确性与实用性,取得了较好的效果,为宏观指导山西省生态农业的建设与发展提供了可靠的科学依据。

**关键词:** 生态农业, 系统工程, 指标体系, 星座聚类, 多维灰色评估, 农业生态学

农业生产具有明显的地域性,再加上千百年来人类活动的干预,在不同区域,以及同一区域内的不同地点,其自然生态条件、社会经济结构和功能都有差异;对外作用机制具有不同的缓冲与抗衡能力;相同的物质、能量、资金的投入会有不同的生态、经济和社会效益。因此,按照农业地域分异规律和农业生产合理布局规律,划分综合农业生态经济区,并从农业总体发展上考虑区内农业资源的综合评价与综合利用、分析生态农业发展方向与建设途径,从而因地制宜、因资源制宜进行农业生态工程设计配套技术,是生态农业建设的首要任务<sup>[1,2]</sup>。为此,应用系统工程的方法,将山西全省划分为不同层次的、各具特色的若干生态农业区,为分类指导全省生态农业的建设与发展提供科学依据。

### 1 生态农业区域划分的原则

为了能客观地、准确地、科学地进行省级农业生态区域的划分,提出以下基本原则:

(1)遵循生态学的原理,要有利于维护区域生态系统的相对平衡,即做到生物与环境的辩证统一,促进系统的良性循环。

(2)为发挥资源优势,应保持区域自然资源开发、利用、整治、保护等的相对一致性。

(3)要结合区域社会经济条件及农业发展水平的相似性,有利于促进农村商品经济的发展繁荣,以便取得较高的综合经济效益。

(4)按照宏观调控与微观协调的原则,求大同存小异,使生态环境差异在同一区域内相对较小,而区域之间相对较大。

(5)采用定性研究与定量分析相结合的方法,以提高分区的科学性、准确性及实用性。

(6)考虑到绝大多数县、市内生态环境条件存在明显的差异,因而区域划分应打破县界,而保持乡、村行政范围的完整性。

按照以上原则,全省生态农业区域划分可分两级进行。一级划分为确定生态农业区,以县为单元;二级划分为确定生态农业类型区,以乡(镇)为单元。

### 2 代表样点的选择

本文于1992年1月7日收到,修改稿于1993年2月20日收到。

由于生态环境的复杂性与生态类型的多样性,不论进行哪一级划分,在建立数学模型时都不可能将所有的单元都参与定量计算,而只能选择部分生态类型较为典型、资料较齐全可靠、代表性较强且分布适宜的单元作为代表样点进行数据处理。这样不仅避免了那些类型似是而非、界线模棱两可的单元的干扰,而且又可以减少大量的计算。为此,根据山西省平原、丘陵、山区的分布特征,光、热、水等自然资源的不同组合以及农林牧各业发展水平,较均匀地选择了 59 个单元(县、市)作为一级生态农业区划分的代表样点;又分别选择了 309 个与 412 个乡镇(镇)作为圈定分区界线的判别样点以及二级生态农业类型的评估聚类样点。

在 59 个一级代表样点中,从地理位置看:北部 16 个,中部 19 个,南部 24 个;东部 15 个,中部 27 个,西部 17 个;从地貌类型看:山区 18 个,丘陵 24 个,平原 17 个;从农村经济水平看:1990 年农民人均纯收入为,500 元以上的 27 个,400—500 元之间的 20 个,400 元以下的 17 个。

### 3 生态农业分区指标体系及其指标权重计算

**3.1 指标体系的建立** 进行生态农业区域的划分,必须借助能较准确地反映农业生态条件特征、物质循环与能量转换特点以及农村经济水平等一系列指标,具有高度概括力,指标数值易掌握和取得,组成相互联系的指标体系。通过分析,分别筛选出干燥度、森林覆盖率、水土流失面积比、垦殖率、地均第一性生产能、人均第二性生产能、光能利用率、人口密度、农业产值比、复种指数等 10 项生态农业分区指标。再加入经度、纬度两项地理指标,共同形成生态农业分区指标体系。地理指标,除考虑对生态环境的地带性影响外,主要是为了便于分区集中连片,有利于“星座”的自然组合,使定性分析与定量计算有机地结合起来,增强了分区的实用效果。

**3.2 指标的极性及等极性变换** 系统中各项指标值的变化对系统主行为有不同的作用,这种指标变化对系统主行为的作用方向,称为极性。与系统主行为作用或效果方向一致的指标称为正极性指标,与系统主行为作用或效果方向不一致的指标,称为负极性指标。由于指标的作用方向不同,在进行数据处理与组合运算时,发生相互干扰或抵销,因而缩小了样点之间差异性,使界线不明显,以致影响类别划分的效果。因此,在运用数量方法进行分区时,首先要对系统中各项指标的极性进行判别与分析,并作相应的数据处理即等极性变换。

**3.3 指标权重的确定** 分区指标权重的确定是否合理,将直接影响到其计算结果是否接近于实际。为此,在运用层次分析法计算的基础上,进行适当的定性调整与归纳,来确定各项指标的权重。在对指标重要程度进行评价时,应考虑指标的综合性和实用性、规律性和准确性。依据这 4 项准则,建立指标权重评价的层次结构<sup>[9]</sup>。再计算各指标权重,结果如表 1。

## 4 区域划分的数学方法简述

根据省级生态农业分区的要求,选择 3 种数学模型进行区域划分。前两种模型<sup>[4]</sup>用于全省生态农业的区域划分,后一种模型<sup>[5]</sup>用于确定生态农业类型区。

**4.1 应用星座图聚类法划分生态农业区** 星座图聚类是一种简便的图解多元分析方法。这种方法直观清晰,便于结合实际情况进行定性的技术加工,从而取得好的效果。

1 分别对各项指标的原始数据进行极差变换,并使交换后的数值落在 $[0^\circ, 180^\circ]$ 区间内。计算公式为:

$$\Phi_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \cdot 180^\circ$$

表 1 生态农业分区指标权重

Table 1 The index-weights of eco-agricultural division

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	总排序 Total sequencing	调整后权重 Weights after adjustment
	0.277	0.467	0.160	0.096		
C <sub>1</sub>	0.152	0.025	0.103	0.176	0.087	0.10
C <sub>2</sub>	0.225	0.110	0.171	0.176	0.158	0.15
C <sub>3</sub>	0.152	0.110	0.103	0.109	0.121	0.12
C <sub>4</sub>	0.039	0.040	0.025	0.025	0.036	0.04
C <sub>5</sub>	0.039	0.040	0.025	0.025	0.036	0.04
C <sub>6</sub>	0.062	0.067	0.061	0.039	0.062	0.06
C <sub>7</sub>	0.026	0.110	0.061	0.064	0.074	0.06
C <sub>8</sub>	0.026	0.025	0.038	0.064	0.031	0.04
C <sub>9</sub>	0.098	0.174	0.171	0.109	0.146	0.15
C <sub>10</sub>	0.058	0.067	0.103	0.039	0.067	0.06
C <sub>11</sub>	0.098	0.150	0.103	0.100	0.124	0.12
C <sub>12</sub>	0.025	0.083	0.038	0.076	0.059	0.06

式中： $\Phi_j$ 为第*i*个样点第*j*个指标变换后的数值，用角度(也可用弧度)表示； $x_i$ 为第*i*个样点第*j*个指标的原始数据； $x_{jmax}$ 为第*j*个指标的最大值； $x_{jmin}$ 为第*j*个指标的最小值。

I 根据指标权重，对各样点进行直角坐标计算，计算公式为：

$$x_i = \sum_{j=1}^P W_j \cos \Phi_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, N. \text{ 样点号})$$

$$y_i = \sum_{j=1}^P W_j \sin \Phi_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, P. \text{ 指标号})$$

式中： $x_i$ 为第*i*个样点的横坐标； $y_i$ 为第*i*个样点的纵坐标； $W_j$ 为第*j*个指标的权重。

59个样点的直角坐标计算结果见表2。

表 2 59个一级代表样点的直角坐标

Table 2 The x and y valoesion rectangular coordinates system of the first-class representative prints

编号 No	地名 Name	x <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	编号	地名	x <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	编号	地名	x <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>
1	古交	0.6762	0.5714	21	五台	0.6457	0.5306	41	平遥	-0.0639	0.6046
2	太原南郊	-0.1713	0.4673	22	繁峙	0.6519	0.5404	42	灵石	0.3083	0.8328
3	大同新荣	0.5695	0.3995	23	宁武	0.8114	0.4785	43	侯马	-0.3832	0.3847
4	平定	0.2704	0.7253	24	静乐	0.7918	0.4592	44	翼城	-0.0575	0.7701
5	长子	0.0041	0.5298	25	神池	0.7992	0.3221	45	洪洞	-0.3025	0.5345
6	壶关	0.2013	0.6736	26	五寨	0.8185	0.4036	46	古县	0.5311	0.6263
7	黎城	0.1776	0.6687	27	河曲	0.5962	0.6475	47	浮山	0.3164	0.7591
8	襄垣	0.1195	0.6323	28	偏关	0.7080	0.3823	48	乡宁	0.4476	0.7476
9	沁县	0.4026	0.7374	29	文水	-0.0181	0.5719	49	蒲县	0.6661	0.6068
10	阳城	0.0862	0.7764	30	孝义	0.0448	0.6738	50	隰县	0.4921	0.7020
11	高平	0.0842	0.4901	31	临县	0.5010	0.6858	51	汾西	0.4547	0.7120
12	天镇	0.5341	0.5256	32	岚县	0.7630	0.4879	52	运城	-0.4133	0.5076
13	广灵	0.4710	0.5456	33	方山	0.7608	0.5700	53	永济	-0.6653	0.2921
14	灵丘	0.7160	0.4804	34	中阳	0.6851	0.6425	54	万荣	-0.2984	0.60953
15	应县	0.2646	0.6109	35	交口	0.7976	0.4664	55	河津	-0.6756	0.3861
16	山阴	0.4971	0.5097	36	榆次	-0.0862	0.5240	56	闻喜	-0.2205	0.5888
17	平鲁	0.7695	0.3828	37	左权	0.6407	0.6140	57	绛县	-0.1528	0.6829
18	右玉	0.8364	0.2659	38	昔阳	0.4394	0.6649	58	平陆	-0.0119	0.6805
19	怀仁	0.3291	0.5658	39	寿阳	0.4669	0.6289	59	垣曲	0.1689	0.6538
20	忻州	0.0673	0.6001	40	太谷	0.0087	0.6580				

III 绘星座图。在平面内，以0为圆心，以单位1为半径画一个半圆的水平直径为直角坐标系的横坐标轴X；作过O点且与X轴垂直的直线为纵坐标轴Y；将表2中各样点的坐标值(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>)，在直角坐标系中描绘出对应的点，即一个样点用一个“星点”表示，便得到星图。

IV 圈出“星座”进行分区。根据星座图中各星点的位置，结合代表样点的实际地理位置，将图中相近的星点，且地理位置毗邻可以相连成片的样点圈在一起，便构成了“星座”。一个星点不能同时圈在两个“星座”内，“星座”之间一般也不要相互穿插交叉，这样便可以各自组成了一



$\sum A_i, \sum B_i, \dots, \sum F_i$ ——第  $i$  区各指标值之和;

$\sum A_j, \sum B_j, \dots, \sum F_j$ ——第  $j$  区各指标值之和;

$n_i, n_j$ ——分别为第  $i$  区, 第  $j$  区代表样点数。

Ⅶ 计算待判样点的判别值, 并进行归属判别。将待判样点各指标值代入判别函数, 可求得该样点的判别值  $R$ 。然后根据下述条件进行归属判别:

当  $R$  在  $R_{ij} \rightarrow R_i$  一侧, 应归  $i$  区;

当  $R$  在  $R_{ij} \rightarrow R_j$  一侧, 应归  $j$  区。

按照上述方法与步骤, 对 8 条区界两侧的 309 个待判样点(乡、镇), 进行了判别值计算, 根据判别值, 定量地确定其归属。对未参加计算的乡镇, 根据其地形地貌、生态环境特征, 通过类比法, 定性地确定其归属。这样, 大大提高了分区界线的科学性、合理性、准确性。

#### 4.3 应用灰色聚类评估法确定生态农业类型区

为了因地制宜地搞好生态农业总体规划, 选择结构稳定、功能协调、协同进化的生态农业建设与发展模式, 以获取较高的生态效益和经济效益。在划分生态农业区的基础上, 根据各单元(乡、镇)的土地利用结构、农业生产结构以及农村经济水平等不同, 并结合生态环境的差异,

表 3 各项判别指标均值

Table 3 The means of all discriminative index-values of seven regions

	A	B	C	D	E	F
区号 No.	光能利用率 The utilized coefficient of radiate energy	垦殖指数 The ratio of reclaimed and cultivated land area	复种指数 Multiple crop index	人口密度 (人/km <sup>2</sup> ) Population density	地均第一性生产能 The primary productive energy per 667m <sup>2</sup> of arable land	林地 The proportion of forest land
I	1.22%	38.64%	97.5%	99	185.6	15.2%
Ⅰ	1.10%	24.57%	101.2%	82	162.1	26.3%
Ⅱ	1.39%	28.57%	106.9%	95	172.3	30.9%
Ⅲ	2.39%	40.15%	112.0%	320	489.7	17.0%
Ⅳ	1.85%	25.35%	103.3%	128	254.1	23.4%
Ⅴ	2.13%	33.03%	114.9%	232	384.7	22.4%
Ⅵ	2.42%	46.66%	119.9%	364	514.4	13.9%

表 4 判别函数之待定系数

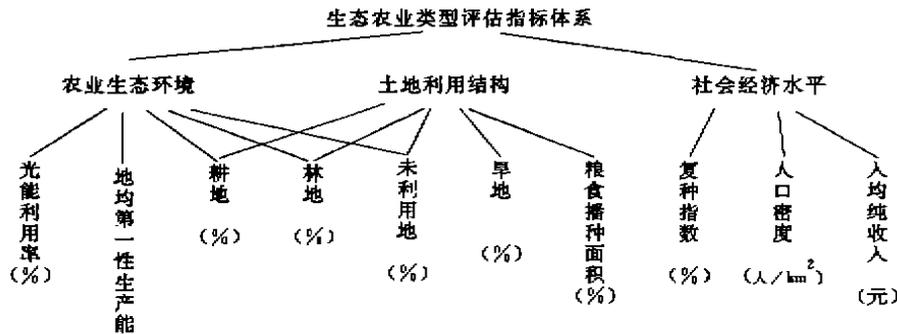
Table 4 Undetermined coefficients of discriminative functions between regions

判别区界 Discriminative boundary	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$
I—Ⅰ	28.39	0.9483	-0.3431	-0.1658	-0.0153	0.0254
Ⅰ—Ⅱ	-34.91	-0.837	-0.2922	-0.0003	0.0250	-0.2245
Ⅱ—Ⅲ	-47.84	-1.1561	1.3151	-0.1502	0.0133	-0.5093
Ⅲ—Ⅳ	4.182	0.1639	0.0088	0.0368	0.0115	0.0100
Ⅳ—Ⅴ	-4.5537	-0.2300	-0.0678	-0.0083	-0.0007	-0.1507
Ⅴ—Ⅵ	-5.8307	-0.7602	-0.2848	-0.0028	0.0173	-0.4486
Ⅵ—Ⅶ	-4.7474	-0.3651	-0.0976	0.0076	0.0096	-0.0937
Ⅶ—Ⅷ	-8.232	-0.4799	-0.0264	0.0014	0.0124	-0.2163

应用灰色聚类评估法,进一步划分区内不同的生态农业类型。划分方法及结果是:

#### I 评估指标体系及权重分配

按照生态农业类型评估的基本要求,结合现有乡(镇)资料,选择了 10 项指标,建立评估指标体系:



进行评估时,根据各生态农业区的特征,只选用区内数值差异明显的指标。指标选定后,分别赋予权重(见表 5):

#### I 评估样点的选择

根据地形特征在各区共选 421 个样点,作为生态农业类型划分评估单元。

#### II 灰色评估的方法步骤详见(5)

#### IV 利用评估结果进行生态农业类型区划分:

表 5 生态农业类型评估指标及权重值

Table 5 Indexes and their weights evaluating eco-agricultural types

分区号 Number	光能利用率 % The utilized coefficient of radiate energy	地均第一性生产能 The primerg productive energy per 667m <sup>2</sup> of arable land	耕地 % The ratio of arable land area	林地 % The proportion of forest land	未利用地 % The ratio of nonutilized land area	旱地 % The ratio of dry land area	粮播面积 % The ratio of sowing area for grain crop	复种指数 % Multiple-crop index	人口密度 人/km <sup>2</sup> Population density	人均纯收入 The pure income per capita
I	0.15	0.15	0.15	0.10	0.15	0.10			0.10	0.10
II	0.15	0.10	0.15	0.25	0.15			0.15	0.10	
III	0.15	0.10	0.15	0.10	0.15		0.15	0.15	0.10	
IV	0.20	0.15	0.15			0.15	0.10	0.15	0.10	
V	0.15	0.10	0.10	0.15	0.15	0.10		0.15	0.10	
VI	0.15	0.10	0.15	0.15	0.15	0.10		0.10	0.10	
VII	0.15	0.10	0.15			0.15	0.15	0.10	0.10	0.10

根据评估指标,通过以上灰色聚类评估,分别将各生态农业区的代表单元(乡镇),均划分为高、中、低 3 个类型区。高类代表了各区内环境资源条件较好,且目前农业经济发展水平较高的乡镇;低类代表了各区的的环境资源条件很差,且目前农业经济水平很低的乡镇;中类则代表了各项指标居中的乡镇。然后结合地型地貌、海拔高度、资源环境、农业经济等实际情况,运用类比法将各区的所有乡镇,按代表单元的类别进行归纳,把同类的且在地理位置上相互毗邻的乡镇连成一片,形成生态农业类型区。山西省生态农业类型区如图 2。

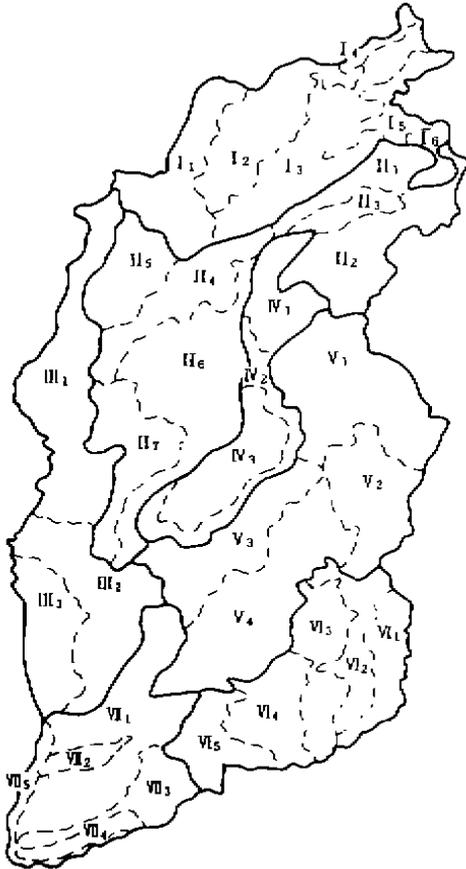


图2 山西省生态农业类型分区图

Fig. 2 Shanxi eco-agriculture region division graph

I. 晋北城郊(工矿)寒凉作物林牧生态农业区

## 5 山西省生态农业分区命名

I<sub>1</sub> 右玉-偏关丘陵防风固沙林牧油料区;  
I<sub>2</sub> 左云-平鲁低山丘陵工矿林牧区; I<sub>3</sub> 大同盆地城郊农牧糖料基地区; I<sub>4</sub> 天镇-阳高北部山地防风固沙林牧区; I<sub>5</sub> 天镇-浑源-广灵低山丘陵林牧区; I<sub>6</sub> 广灵-灵丘山间盆地农牧区。

II. 五台山-吕梁山山地丘陵林牧生态农业区

II<sub>1</sub> 恒山山地水源涵养林牧区; II<sub>2</sub> 五台山山地林牧旅游区; II<sub>3</sub> 滹沱河上游河谷盐碱地林网农牧区; II<sub>4</sub> 管涔山-芦芽山山地水源涵养林牧区; II<sub>5</sub> 五寨-岢岚低山丘陵油料林牧区; II<sub>6</sub> 汾河上游丘陵水保林农牧工矿区; II<sub>7</sub> 吕梁山山地林牧自然保护区。

III. 沿黄丘陵低山水土保持农林生态农业区

III<sub>1</sub> 河曲-柳林黄土丘陵水保林果农业区;  
III<sub>2</sub> 吕梁山南段低山丘陵水保林农牧区; III<sub>3</sub> 大宁-乡宁黄土沟壑水保林农牧区。

IV. 晋中城郊(工矿)农林牧生态农业区

IV<sub>1</sub> 忻州-定襄-原平盆地林网农牧区; IV<sub>2</sub> 太岳山西麓黄土丘陵农林果区; IV<sub>3</sub> 晋中盆地城郊(工矿)林网农牧区。

V. 太行山-太岳山山地丘陵农林牧生态农业区

V<sub>1</sub> 孟县-阳泉-昔阳低山丘陵工矿农林区; V<sub>2</sub> 和顺-左权山地水源涵养林牧区; V<sub>3</sub> 太岳山山地水源涵养林牧工矿区; V<sub>4</sub> 沁河-漳河上游丘陵水保林农牧区。

VI. 晋东南城郊(工矿)农林牧生态农业区

VI<sub>1</sub> 太行山南段山地林牧区; VI<sub>2</sub> 黎城-陵川山麓丘陵果林农牧区; VI<sub>3</sub> 长治-晋城盆地工矿林网农牧区; VI<sub>4</sub> 沁河中游丘陵桑林农牧区; VI<sub>5</sub> 中条山东段山地原始林牧旅游区。

VII. 晋南粮棉基地林牧生态农业区

VII<sub>1</sub> 临汾-运城盆地城郊林网农牧区; VII<sub>2</sub> 万荣-闻喜台地农牧区; VII<sub>3</sub> 中条山山地水源涵养林牧工矿区; VII<sub>4</sub> 芮城-平陆山麓丘陵农林区; VII<sub>5</sub> 禹门口-三门峡沿黄滩涂林网农牧渔区。

## 6 结果分析

本研究将山西省分为7个生态农业区、33个生态农业类型区。最大的特点是,打破了在农业综合区划(分为3个一级区、10个二级区)、国土规划分区(分为3个地带、8个基层区)等研究中习惯上采用的以东、中、西为主线的区划格局,而突出了南北地带性差异,这不仅体现山西省南北长、东西窄的地理特征,而且更符合纬度地带性影响大于经度地带性影响的生态环境特

征。第二个特点是,本研究以数学模型为主要手段,指标覆盖面广、信息量大,层次分明、结构合理,能较好地体现人-资源-环境之间协同作用,因而具有较高的实用性与可操作性。

### 参 考 文 献

- [1] 丁举贵,何迺维主编. 农业生态经济学, 郑州: 河南人民出版社, 1990, 126—130
- [2] 张壬午, 齐树亭. 生态农场的技术与设计, 河北科学技术出版社, 1990, 5—8
- [3] 王学萌. 应用层次分析法确定农村经济评价指标的权系数, 科学·经济·社会, 1987, (5): 309—313
- [4] 王学萌等. 农业区域划分的数学方法. 农业区划, 1984, (6), 34—42
- [5] 王学萌, 郭常莲. 农村经济灰色评估模型. 软科学研究, 1991, (2): 16—23

## STUDY ON THE ECO-AGRICULTURAL REGIONALIZATION OF SHANXI PROVINCE

Wang Xuemeng    Nie Hongsheng    Guo Changlian  
Ji Zengshun    Zhang Shulian    Liu Shuang

(Agricultural Resources Comprehensive Survey Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan, 030006)

To meet the need for eco-agricultural construction and development, based on the principles and methods of system engineering, and a combined qualitative analysis, an evaluation indicator system for eco-agricultural regionalization was given, and its weights were decided with AHP in this paper. Eco-agriculture regionalization of Shanxi province was made by applying star cluster, discriminatory analysis and multidimensional evaluation. And the results was good and objective, and provided a scientific base for construction, development and macroscopic guide to Shanxi eco-agriculture.

**Key words:** eco-agriculture, system engineering, indicator system, star cluster, multidimensional evaluation.