

# 用 DTOPSIS 方法评价内蒙古中西部 农业气候资源

杨凤瑞<sup>1</sup> 孟艳静<sup>2</sup> 高桂芹<sup>3</sup> 许彦慧<sup>4</sup> 高玲<sup>5</sup>

(1. 内蒙古乌海市气象局 016000; 2. 河北省曹妃甸工业区气象局;  
3. 河北省唐山市气象局; 4. 内蒙古鄂尔多斯市气象局;  
5. 内蒙古巴彦淖尔市气象局)

**提 要:** 利用 DTOPSIS 法对内蒙古中西部三市的农业气候资源进行综合评估, 通过计算各站气候要素指标与理想解的接近度即关联度  $C_i$  值, 按  $C_i$  值的大小来确定农业气候资源配置的优劣。结果表明内蒙古中西部三市农业气候资源整体水平有明显差异, 按优劣程度依次分为较优、一般、较差。综合配置较优的区域是位于东角的鄂尔多斯市,  $C_i$  值为 0.6032; 配置一般的是位于南角的乌海市,  $C_i$  值为 0.404; 配置较差的是位于北角的巴彦淖尔市,  $C_i$  值仅为 0.286。研究的目的在于进一步建立农业科技示范模式, 更加合理地开发和利用农业气候资源提供科学依据。

**关键词:** DTOPSIS 分析法 农业气候资源 综合评价

## 引 言

以往采用单一气候要素(降水、温度、日照时数等)的时空分布, 结合农业生产所需指标进行的或多个指标要素的简单叠加方式进行的农业气候资源区划、气候影响评价, 在很大程度上削弱了构成农业气候资源要素的综合影响, 难以综合评价某地区气候资源综合配置的优劣, 而且评价标准不统一。近些年来卢为国<sup>[1]</sup>、刘辉<sup>[2]</sup>、郭克婷<sup>[3]</sup>等根据育种目的的不同将 DTOPSIS 法分别应用于棉花、大豆、大麦等农作物新品种综合性状的评价。DTOPSIS 法是对逼近理想解排序法<sup>[4]</sup>

(TOPSIS, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)的进一步深化, 是一种加权的 TOPSIS 法。此方法不仅避免了以往评价中只强调某几项要素指标而忽略其它要素指标, 而且给出了统一的综合评价方法, 更强调了参与评价的各指标重要性的不同, 从而使评价结果更趋合理。综合评价农业气候资源, 掌握光、热、水资源的优劣势, 对合理调整农业产业结构布局, 因地制宜安排农业生产, 充分又合理的利用农业气候资源起着极其重要的作用。

DTOPSIS 法借助于多目标决策问题的理想解和负理想解去排序, 是一种较为科学且有效的综合评价方法, 因而在社会诸多领

域中受到重视并广泛应用<sup>[4]</sup>。然而在农业气候资源评价及区划等方面的应用不多。本文以内蒙古中西部乌海、鄂尔多斯、巴彦淖尔三市为研究对象,尝试利用 DTOPSIS 法对这些地区农业气候资源进行综合评价,确定农业气候资源的优劣,为合理利用农业气候资源提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 农业气候资源评价指标

位于内蒙古中西部的乌海、鄂尔多斯、巴彦淖尔市将内蒙古中西部分割成三角区域,但是气候差异较为明显。年平均气温  $6.2 \sim 9.8^{\circ}\text{C}$ ,降水量  $154 \sim 381\text{mm}$ ,日照时数  $3089 \sim 3137$  小时,无霜期  $155 \sim 206$  天。农业气候资源要素中,与农业生产密切相关的三大气候要素为光、热、水。本文利用三市 1971—2000 年统计资料,选择正向指标:年降水量、年平均气温、日照时数、日照百分率、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温、无霜期,逆向指标:年蒸发量(测站实际观测值)、干燥度、负积温 9 个要素,构成内蒙古中西部农业气候资源指标体系<sup>[5-7]</sup>。其中干燥度是利用谢良尼诺夫公式  $K = \frac{0.16 \sum_{t \geq 10^{\circ}\text{C}} t}{r}$ 。计算式中  $K$  为干燥度,  $\sum_{t \geq 10^{\circ}\text{C}}$  为  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温,  $r$  为此期间的降水量。

### 1.2 DTOPSIS 分析法的原理

DTOPSIS 法借助多目标决策问题的“理想解”和“负理想解”去排序,由于该方法把每个指标都量化为可比较的规范化标准数值,且对每一指标都找出它的理想解和负理想解,能详细地比较各指标间的差异<sup>[3]</sup>。

(1) 利用三市构成的农业气候资源指标体系  $S_i$  (地域数  $i=1, 2, \dots, m$ ; 气候要素数  $j$

$=1, 2, \dots, n$ ), 建立评价矩阵  $A$ :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) 将  $A$  分为按正向指标和逆向指标进行无量纲化处理,使其成为可相互比较的规范化矩阵  $D$ ,其处理方法按下面的公式进行:

$$D_{ij} = \begin{cases} a_{ij}/a_{i\max}, a_{i\max} = \max_j(a_{ij}) & \text{正向指标} \\ a_{i\min}/a_{ij}, a_{i\min} = \min_j(a_{ij}) & \text{逆向指标} \end{cases} \quad (2)$$

(3) 建立加权的规范化决策矩阵  $E$ ,其中矩阵  $E$  的元素  $E_{ij} = W_j D_{ij}$ ,  $W_j$  是第  $j$  个气候要素的权重值 ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ )。

(4) 关于各气候要素的理想解和负理想解:

$$X_j^+ = (X_1^+, X_2^+, \dots, X_n^+), \quad (3)$$

其中  $X_j^+ = \max_i(E_{ij})$

$$X_j^- = (X_1^-, X_2^-, \dots, X_n^-), \quad (4)$$

其中  $X_j^- = \min_i(E_{ij})$

(5) 采用欧几里德范数作为距离的测定,得到各站点与正理想解的距离为:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (E_{ij} - X_j^+)^2}, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

与负理想解的距离为:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (E_{ij} - X_j^-)^2}, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

(6) 求各站对理想解的相对接近度:

$$C_i = S_i^- / (S_i^- + S_i^+),$$

$$C_i \in [0, 1], i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

按照  $C_i$  大小排序,最大者即为接近理想解的最优值,农业气候资源配置接近最优,比较适宜农业生产发展。

2 计算与分析

2.1 各站指标的无量纲化处理

将 9 个气候要素指标分为两类,(1)正向指标(降水量、平均气温、日照时数、日照百分率、无霜期、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温),(2)逆向指标(干燥度、负积温、蒸发量)进行无量纲化处理后,得到矩阵  $D$ ,列于表 1。

表 1 无量纲化处理结果

台站	降水量	平均气温	日照时数	日照百分率	无霜期	干燥度	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	负积温	蒸发量
乌海	0.4141	1	1	0.9595	1	0.4878	1	0.8705	0.6091
鄂尔多斯	1	0.6327	0.9847	0.9459	0.7767	1	0.7433	0.8436	1
巴彦淖尔	0.4044	0.8265	0.9987	1	0.7524	0.4	0.9372	1	0.8735
$W_k$	0.2	0.2	0.2	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05

积温、负积温、蒸发量权重  $W_k:0.05、0.1、0.05、0.1、0.05、0.05$ ,其中  $W_k \in (0,1)$  且  $\sum W_k=1,W_k$  取值见表 1 最下行。用各要素

2.2 给定指标权重求取决策矩阵

农业气候资源配置优劣决定一个地区农业生产的布局<sup>[8]</sup>。根据生产实践,影响农作物布局的主要气候因子是降水量、温度及日照时数三大要素,指标权重取值主要根据专家调查方法取得。为突出三要素的同等重要性,赋予三要素同等的权重  $W_k:0.2、0.2、0.2$ ,其它要素根据其对农作物影响程度不同分别赋予日照百分率、无霜期、干燥度、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$

权重值  $W_k$  乘以“无量纲化处理结果”即:矩阵  $D$  中第  $K_i$  列相关数,得到决策矩阵  $E$ (表 2)。

表 2 决策矩阵

台站	降水量	平均气温	日照时数	日照百分率	无霜期	干燥度	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	负积温	蒸发量
乌海	0.0828	0.2	0.2	0.048	0.1	0.0244	0.1	0.0435	0.0305
鄂尔多斯	0.2	0.1265	0.1969	0.0473	0.0777	0.05	0.0743	0.0422	0.05
巴彦淖尔	0.0809	0.1653	0.1997	0.05	0.0752	0.02	0.0937	0.05	0.0437

2.3 求取理想解

根据决策矩阵  $E$  求得正理想解  $X_j^+$  与负理想解  $X_j^-$ ,理想解数列分别由表 2 各列数值中最大数组成,负理想解数列分别由表 2 各列数值中最小数组成。即:

$$X_j^+ = \{0.2, 0.2, 0.2, 0.05, 0.1, 0.05, 0.1, 0.05, 0.05\};$$
$$X_j^- = \{0.0809, 0.1265, 0.1969, 0.0473, 0.0752, 0.02, 0.0743, 0.0422, 0.0305\}.$$

2.4 计算关联度

关联度为各站指标与理想解的接近度。将  $X_j^+、X_j^-$  和  $E_{ij}$  分别代入上述相关的公式得到  $S_i^+、S_i^-$  及关联度值  $C_i$ (表 3)。根据 DTOPSIS 法分析原则,关联度值越大,代表该地区农业气候资源整体水平越优,越接近理想配置。

表 3 DTOPSIS 法计算的  $C_i$  值

台站	$S^+$	$S^-$	$C_i$	位次
鄂尔多斯	0.0819	0.1245	0.6032	1
乌海	0.1217	0.0825	0.404	2
巴彦淖尔	0.13	0.052	0.286	3

## 2.5 分区结果评述

由  $C_i$  值大小联系生产实际,按农业气候资源配置优劣将内蒙的中西部划分为 3 个区域:鄂尔多斯名列第一位,其关联度值大于 0.6,三市比较,相对接近理想配置。该市地处中纬度,位于三市最东角,是典型的黄土丘陵区,地势起伏明显,年降水量 381.3mm,位于三市之首,是其它两地降水量的两倍多;年内平均每天有 8~9 小时的日照,温度相对较低,干燥度为 2,属于温和干旱一半干旱大陆性气候区,综合评价鄂尔多斯市的农业气候资源配置优于其它两市。

乌海的关联度值大于 0.4,排在第二位。乌海位于中西部地区偏南角,属于贺兰山脉的北端余脉,年平均气温  $9.6^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温为  $4147^{\circ}\text{C}$ ,日照时数为 3136.6 小时,虽然光照资源丰富,热量条件不错,但因历年平均降水量只有 159.8mm,水资源缺乏,蒸发量较大,干燥度为 4.1,属于典型的温暖干旱气候区,因此综合评价乌海市气候资源配置当属一般。

排在最后的是位于内蒙中西部偏北角的巴彦淖尔市,计算出的关联度值只有 0.286。巴彦淖尔市属内蒙古高原的一部分。这里虽光照条件不错,但年降水量只有 154.2mm,为三市最少,且无霜期为三市最短只有 155 天,干燥度大于 5,属于温暖干旱一极干旱区,气候资源配置较差。

## 3 讨论

利用 DTOPSIS 分析法综合评价内蒙古中西部三市农业气候资源,评价结果与三市农业气候资源区划的整体分布基本一致。但 DTOPSIS 法考虑的因素更多,更全面,它借助于多指标决策的理想解和负理想解去排序,是一种较科学且有效的综合评价方法,而且方法简便易行。

(1) DTOPSIS 法可将多个气候因子综合在一起,注重参与评价的各指标重要性的不同,从而使评价结果更加趋于合理。运用此方法评价农业气候资源,使参与评价的各气候要素化为“对理想解的相对接近值”,较合理的解决了正向指标和逆向指标的问题。

(2) 本文所用的气候资料是气象站点的资料,而对于大范围地形复杂的地区,气象站点的气候与地形条件下的实际气候有一定差异,因此,用某站点气候资料代替整个区域气候资料评价结果与实际情况难免会有偏差。

(3) 权重对评价结果的绝对值有不同程度的影响。本文的指标权重取值主要根据专家调查方法取得,实际应用中各地各指标间的权重可能会存在差异<sup>[9]</sup>,应结合本地情况认真确定。本文认为构成农业气候资源的三大要素“日照时数、年降水量、年平均温度”同等重要,因而赋予了相同的权重值。而近年来,各地气候发生了较大变化,降水量在不同程度地减少,成为限制农业可持续发展的重要因素之一,在综合评价各地气候资源的优劣时,根据评价目的,也可适度加大降水量的权重值。

(4) 本方法只是对于内蒙古中西部地区各地农业气候资源进行综合评价。根据  $C_i$  值大小来确定气候资源配置的优劣,  $C_i$  值越接近 1, 说明配置越优, 越接近 0, 说明配置越劣。各地农业气候资源对农林牧渔、不同作物、作物不同发育期的影响, 不在本文讨论范围之列。

## 参考文献

- [1] 卢为国, 李卫东, 梁慧珍, 等. DTOPSIS 法综合评价大豆新品种的初步探索[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(3): 22-26.
- [2] 刘辉. 应用 DTOPSIS 法对棉花新品种综合评估初探[J]. 中国棉花, 2001, (8): 13-15.
- [3] 郭克婷, 龙腾芳, 杨付新, 等. 利用 DTOPSIS 法综合评价黄河流域棉花区试新品种[J]. 中国农学通报, 2004, 20(2): 226-228.
- [4] 宗珊珊. 加权 TOPSIS 法在医院统计中的应用[J]. 中国医院统计, 2005, 4: 11-14.
- [5] 欧阳海, 郑步忠. 农业气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1990: 63-279.
- [6] 刘凤兰. 临汾市农业气候资源灰色关联聚类分析[J]. 中国农业气象, 2004, 25(2): 12-14.
- [7] 何燕, 李政, 廖雪萍, 等. GIS 支持下的巴西陆稻 IA-PAR-9 再生稻合理布局气候区划[J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 310-313.
- [8] 姚晓红, 许彦平, 刘晓强, 等. 农业气候资源配置对天山旱地玉米的影响[J]. 中国农业气象, 2006, 27(3): 240-243.
- [9] 高亮之. 数字化农业气象学[J]. 中国农业气象, 2003, 24(2): 1-4.