

# 品种区试的四元联系数多因素态势排序分析法

郭瑞林 (河南省安阳市农业科学研究所 安阳 455000)  
陈现臣 (安阳大学 安阳 455000)

**摘要:** 依据四元联系数态势排序原理, 提出了作物品种区域试验多因素态势排序分析方法。并以 1999~2000 年度河南省小麦高肥冬水组区域试验资料为例, 介绍了这种分析方法的具体应用。在此基础上, 讨论了品种区域试验四元联系数态势排序分析应用中的有关问题。表 4, 参 7。

**关键词:** 品种; 区域试验; 四元联系数; 态势排序

**中图分类号:** S338 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0068(2003)03-0218-05

**Analysis method of multifactor situation sequent for four-element connection number in variety regional test/ Guo Ruilin** (Anyang Institute of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China); **Chen Xianchen** (Anyang University, Anyang 455000, China) // SSCSA, 2003, 19 (3): 218~222

**Abstract:** According to the principle of situation sequent for four-element connection number, analysis method of multifactor situation sequent in variety regional test was put forward. Taking the data of wheat variety regional test for high-yield group in He nan in 1999~2000 for example, the concrete application of the method was introduced. Based on this, the problems in relation to the application of analysis method of situation sequent of four-element connection number for variety regional test were discussed.

**Key words:** variety; regional test; four-element connection number; situation sequent

集对分析 (Set pair analysis) 是我国学者赵克勤先生 1989 年提出的一种用联系数  $a + bi + cj$  统一处理模糊、随机、中介和信息不完全所致不确定性的理论与方法<sup>[1]</sup>。近年来, 在工业、农业、林业、气象、地质、矿山、能源、交通、经济、社会、教育、体育、军事、人文等许多研究领域得到广泛应用。笔者依据这种理论曾经提出过小麦品种区域试验多因素集对分析方法<sup>[2]</sup>, 克服了传统方差分析方法<sup>[3]</sup>只能对单因素进行分析的缺点, 但与模糊综合评判法<sup>[4]</sup>和灰色多维综合评估方法<sup>[5]</sup>相比, 却不能对品种作出等级上的描述 (如优良、较好、一般、较差等)。于是, 在此基础上又提出了同异分析方法<sup>[6]</sup>来解决这一问题, 产生了较好的应用效果。然而, 美中不足的是, 上述这些方法均未涉及品种的显著性测验。为此, 按照四元联系数的态势排序原理和方法<sup>[7]</sup>, 提出品种区域试验的四元联系数多因素态势排序分析法。并以 1999~2000 年度河南省小麦高肥冬水组区域试验资料为例介绍该方法的具体应用。

## 1 四元联系数多因素态势排序分析法的原理及步骤

### 1.1 原理

作物品种优劣评价过程中, 人们通常将品种划分为优良、较好、一般、较差 4 个类型。如果用数学语言表示, 则可抽象为  $a + b_1i_1 + b_2i_2 + cj$  的形式。这种形式恰好是集对分析中同异反联系数  $a + bi + cj$  的一种推广, 称之为四元联系数<sup>[8]</sup>。为方便起见, 我们将其改写为

$$a + bi + cj + dk \quad (1)$$

其中,  $a \in [0, 1]$ ;  $b \in [0, 1]$ ;  $c \in [0, 1]$ ;  $d \in [0, 1]$ ;  $i \in [0, 1]$ ;  $j \in [-1, 0]$ ;  $k = -1$ 。在不计  $i$ 、 $j$ 、 $k$  值的情况下,  $i$ 、 $j$ 、 $k$  仅作标记使用。具体说来,  $a$  表示某品种属于“优良”的程度;  $b$  表示某品种属于“较好”的程度;  $c$  表示某品种属于“一般”的程度;  $d$  表示某品种属于“较差”的程度。

一般地, 四元联系数中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  的值大小不等, 因而存在态势。按照  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  的大小关

收稿日期: 2002-11-20.

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目 (02EFN214100396) .

第一作者简介: 郭瑞林 (1961-), 男, 研究员, 从事小麦、绿豆遗传育种工作, 并致力于作物灰色育种学的建构及应用研究.

系可将品种优劣评价刻划为 85 种态势 (表 1)。由于其中打 “ \* ” 号的态势在形式上成立而逻辑上不能成立。因此, 从逻辑角度上讲, 基于四元联系数的品种优劣评价系统态势只有 54 种。它们可以进一步分为 “优良势”、“较好势”、“一般势”、“较差势”、“优良、较好均等势” …… “优良、较好、一

般、较差均等势”等多种态势。所谓 “优良势”, 是指某品种属于 “优良” 类别的趋势; “较差势” 是指某品种属于 “较差” 类别的趋势; “优良、较好均等势” 则指的是某品种在各性状总体上属于 “优良” 和 “较好” 类别的程度是一样的, 等等, 以此类推。

表 1 品种优劣评价系统中四元联系数  $a、b、c、d$  大小关系及态势排序

(1) $a > d a > b b > c c > d$		(27) $a = d a < b b = c c > d$	较好、一般均等势
(2) $a > d a > b b > c c = d$		* $a = d a < b b = c c = d$	非逻辑形式
(3) $a > d a > b b > c c > d$		* $a = d a < b b = c c < d$	
(4) $a > d a > b b = c c = d$	优良势	(28) $a < d a < b b > c c > d$	
(5) $a > d a > b b = c c = d$		(29) $a < d a < b b > c c = d$	较好势
(6) $a > d a > b b = c c < d$		(30) $a < d a < b b > c c < d (b < d)$	
(7) $a > d a > b b < c c > d (a > c)$		(31) $a < d a < b b > c c < d (b = d)$	较好、较差均等势
(8) $a > d a > b b < c c < d (a = c)$	优良、一般均等势 I	(32) $a < d a < b b = c c > d$	较好、一般均等势
(9) $a > d a > b b < c c = d$		(33) $a < d a < b b = c c = d$	较好、一般、较差均等势
(10) $a > d a > b b < c c < d$	优良势	(34) $a > d a > b b < c c > d (a < c)$	
(11) $a > d a = b b > c c > d$		(35) $a > d a = b b < c c > d$	一般势
(12) $a > d a = b b > c c = d$	优良、较好均等势	(36) $a > d a < b b < c c > d$	
(13) $a > d a = b b > c c < d$		(37) $a = d a > b b < c c > d$	
(14) $a > d a = b b = c c > d$	优良、较好、一般均等势	(38) $a = d a = b b < c c > d$	
* $a > d a = b b = c c = d$		* $a = b a = b b < c c = d$	
* $a > d a = b b = c c < d$	非逻辑形式	* $a = d a = b b < c c < d$	非逻辑形式
* $a > d a = b b < c c = d$		(39) $a = d a < b b < c c > d$	一般势
* $a > d a = b b < c c < d$		* $a = d a < b b < c c = d$	
(15) $a = d a > b b = c c < d$	优良、较差均等势	* $a = d a < b b < c c < d$	非逻辑形式
(16) $a = d a > b b < c c = d$	优良、一般、较差均等势	* $a < d a > b b > c c > d$	
(17) $a = d a > b b < c c < d$	优良、较差均等势	* $a < d a > b b > c c = d$	
* $a = d a = b b > c c > d$	非逻辑形式	(40) $a < d a > b b < c c > d$	一般势
* $a = d a = b b > c c = d$		(41) $a < d a > b b < c c = d$	一般、较差均等势
(18) $a = d a = b b > c c < d$	优良、较好、较差均等势	(42) $a < d a = b b < c c > d$	一般势
* $a = d a = b b = c c > d$	非逻辑形式	(43) $a < d a = b b < c c = d$	一般、较差均等势
(19) $a = d a = b b = c c = d$	优良、较好、一般、较差均等势	(44) $a < d a < b b < c c > d$	一般势
* $a = d a = b b = c c < d$	非逻辑形式	(45) $a < d a < b b < c c = d$	一般、较差均等势
(20) $a > d a < b b > c c > d$		(46) $a < d a > b b > c c < d$	较差势
(21) $a > d a < b b > c c = d$	较好势	* $a < d a > b b = c c > d$	非逻辑形式
(22) $a > d a < b b > c c < d$		* $a < d a > b b = c c = d$	
(23) $a > d a < b b = c c > d$	较好、一般均等势	(47) $a < d a > b b = c c < d$	较差势
* $a > d a < b b = c c = d$		(48) $a < d a > b b < c c < d$	
* $a > d a < b b = c c < d$		* $a < d a = b b > c c > d$	非逻辑形式
* $a > d a < b b < c c = d$		* $a < d a = b b > c c = d$	
* $a > d a < b b < c c < d$	非逻辑形式	(49) $a < d a = b b > c c < d$	较差势
* $a = d a > b b > c c > d$		* $a < d a = b b = c c > d$	非逻辑形式
* $a = d a > b b > c c = d$		* $a < d a = b b = c c = d$	
* $a = d a > b b > c c < d$		(50) $a < d a = b b = c c < d$	
* $a = d a > b b > c c > d$		(51) $a < d a = b b < c c < d$	较差势
* $a = d a > b b = c c > d$		(52) $a < d a < b b > c c < d (b < d)$	
(24) $a = d a < b b > c c > d$	较好势	(53) $a < d a < b b = c c < d$	
(25) $a = d a < b b > c c = d$		(54) $a < d a < b b < c c < d$	
(26) $a = d a < b b > c c < d$			

据表 1 中的态势排序, 对品种进行显著性测验。如经态势排序分析, 若干个品种处于同一个势级, 则无显著差异, 不处于同一个势级则呈显著差异。

## 1.2 分析步骤

依据上述原理, 可将作物品种区域试验的四元联系数态势排序分析步骤作如下简述:

1.2.1 搜集和整理品种区域试验各品种各性状的观察数据。

1.2.2 确定参与分析的各个性状“优良”、“较好”、“一般”、“较差”的指标区间。

1.2.3 确定各性状在品种评价过程中的重要程度即权重。

1.2.4 统计各品种各性状属于“优良”、“较好”、“一般”和“较差”的次数, 计算各性状各类别次数与相应权重的乘积, 并分别求和, 得到  $a$ 、 $b$ 、

$c$ 、 $d$  的值。

1.2.5 依据  $a + bi + cj + dk$  的形式, 构造各品种四元联系数的数学表达式。

1.2.6 据四元联系数态势排序表, 确定品种优劣, 并作显著性测验。提出品种合理利用意见。

## 2 在小麦品种区域试验分析中的应用示例

选取 1999~2000 年度河南省小麦高肥冬水组区域试验汇总资料 (表 2)。参试品种 10 个, 豫麦 21 为对照品种。区试点分别设在安阳、新乡、郑州、濮阳、周口、漯河、焦作等 7 个试验环境。每个试验环境均采用随机区组设计, 4 次重复。

### 2.1 数据整理

如表 2 所示。

表 2 1999~2000 年度河南省小麦高肥冬水组区域试验结果

品 种	产量 kg/hm <sup>2</sup>	抗寒性	耐旱性	抗青干	叶锈病	白粉病	纹枯病	叶枯病	熟相	饱满度	粒质	容重
安麦 1 号	8 274.0	2	2	1	3	3	2	3	1	1	3	818
石 4185	8 287.5	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	818
洛郊 9133	7 900.5	2	3	4	3	4	4	4	3	3	3	806
博农 96-2	7 521.0	2	4	5	4	4	3	4	5	5	3	789
新乡 9157	7 717.5	2	3	4	5	3	3	3	3	3	3	792
开麦 13	8 239.5	2	3	3	3	3	3	3	3	1	3	807
周 91197	7 519.5	3	2	3	4	3	3	3	1	1	3	804
小偃 54	6 784.5	2	1	1	5	3	3	4	1	3	1	819
98 中 18	8 208.0	2	3	3	5	3	3	3	1	1	3	799
豫麦 21 (ck)	7 635.0	2	3	3	4	3	3	3	1	3	3	803
权重 (w)	0.25	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09

### 2.2 12 个性状的类别划分

按照各个考察性状的具体表现, 分别将其划分为“优良”、“较好”、“一般”、“较差”4 个类别。结果如表 3 所示。其中, 产量是按比对照品种增产的幅度来进行划分的: 比对照增产 8% 以上 (包括增产 8%) 的为“优良”类别; 比对照品种增产 5% 以上 (包括增产 5%) 而又小于增产 8% 的为“较好”类别; 与对照品种平产至比对照品种增产 5% (不包括增产 5%) 的为“一般”类别; 比对照品种减产的为“较差”类别。抗逆性和抗病性则按记载级别分别划分为“优良”、“较好”、“一般”、“较差”等。

### 2.3 12 个性状的权重

各性状在品种评价过程中的重要程度并不完全

相同。一般重要程度较大的性状相应权重应较大。据多年育种经验, 规定产量性状、品质性状 (因营养品质、加工品质性状未测定, 姑且用饱满度、粒质、容重来代替)、抗病性和抗逆性的权重分别为 0.25、0.25、0.26 和 0.24 为宜。其中品质性状可进一步划分为饱满度、粒质和容重; 抗病性可进一步划分为叶锈病抗性、白粉病抗性、纹枯病抗性和叶枯病抗性; 抗逆性可进一步划分为抗寒性、耐旱性、抗青干和熟相。各自的权重参见表 2。

### 2.4 各品种 12 个性状的四元联系数数学表达式

根据类别划分和各性状权重, 可得到各品种 12 个性状属于“优良”、“较好”、“一般”、“较差”类别的比例。于是, 可得各品种四元联系数的数学表达式如表 4 所示。

表 3 小麦品种 12 个性状类别划分

性 状	类 别			
	优 良	较 好	一 般	较 差
产量 kg/hm <sup>2</sup>	8 425	[8 016, 8 245]	[7 635, 8 016]	< 7 635
抗寒性	1	2	3	4
耐旱性	1	2	3	4
抗青干	1	2	3	4
叶锈病	1	2	3	4
白粉病	1	2	3	4
纹枯病	1	2	3	4
叶枯病	1	2	3	4
熟相	1	2	3	4
饱满度	1	2	3	4
粒质	1	2	3	4
容重	810	[800, 810]	[790, 800]	< 790

各品种数学表达式的构造比较容易。以安麦 1 号为例加以说明。由表 2 和表 3 易知,安麦 1 号 12 个性状中属于“优良”性状的为产量、抗青干、熟相、饱满度和容重,据上述性状的权重,可求得  $a = 0.25 + 0.06 + 0.06 + 0.08 + 0.09 = 0.54$ ;安麦 1 号属于“较好”的性状为抗寒性、耐旱性、纹枯抗性,据此可求出  $b = 0.06 + 0.06 + 0.07 = 0.19$ ;安麦 1 号属于“一般”的性状为叶锈病、白粉病、叶枯病、粒质等。即  $c = 0.05 + 0.07 + 0.07 + 0.08 = 0.27$ ;安麦 1 号属于“较差”的性状为 0,即  $d = 0$ ;于是安麦 1 号的四元联系数数学表达式为:  $0.59 + 0.19i + 0.27j$ 。余类推。

## 2.5 河南省小麦高肥冬水组区试的四元联系数多因素态势排序分析

表 4 10 个品种的四元联系数多因素态势排序分析

品 种	数学表达式	$a, b, c, d$ 大小关系	态势及排序	评语及显著性测验
安麦 1 号	$0.54 + 0.19i + 0.27j$	$a > d, a > b, b < c, c > d (a > c)$	优良势 (7 级)	优良 $a$
石 4185	$0.34 + 0.20i + 0.46j$	$a > d, a > b, b < c, c > d (a < c)$	一般势 (34 级)	一般偏优 $b$
豫麦 21(CK)	$0.06 + 0.06i + 0.83j + 0.05k$	$a > d, a = b, b < c, c > d$	一般势 (35 级)	一般 $c$
开麦 13	$0.08 + 0.40i + 0.52j$	$a > d, a < b, b < c, c > d$	一般势 (36 级)	一般 $d$
98 中 18	$0.14 + 0.31i + 0.5j + 0.05k$	$a > d, a < b, b < c, c > d$	一般势 (36 级)	一般 $d$
新乡 9157	$0.06i + 0.83j + 0.15k$	$a < d, a < b, b < c, c > d$	一般势 (44 级)	一般 $e$
周 91197	$0.14 + 0.15i + 0.41j + 0.30k$	$a < d, a < b, b < c, c > d$	一般势 (44 级)	一般 $e$
洛郊 9133	$0.15i + 0.58j + 0.27k$	$a < d, a < b, b < c, c > d$	一般势 (44 级)	一般 $e$
小偃 54	$0.35 + 0.06i + 0.22j + 0.37k$	$a < d, a > b, b < c, c < d$	较差势 (48 级)	* 较差偏优或优良较差近等 $f$
博 96 - 2	$0.06i + 0.15j + 0.79k$	$a < d, a < b, b < c, c < d$	较差势 (54 级)	较差 $g$

由各品种的数学表达式,确定各品种  $a, b, c, d$  大小关系。查表 1,得到各品种态势排序(降序)如表 4 所示。对品种的评价则据数学表达式中四元联系数  $a, b, c, d$  之间的关系确定。一般哪个联系数最大,则该品种属于哪种类型。如安麦 1 号的数学表达式中,  $a = 0.54$  最大,则安麦 1 号属于“优良”品种。余类推。

然后据态势排序级别进行显著性测验。一般地,势级相同的品种,彼此间无显著性差异;势级不同的品种,彼此间差异显著。由此可知,安麦 1 号属于“优良”品种,与其它各品种均存在显著差异;博 96 - 2 为“较差”品种,与其它品种亦存在显著差异;小偃 54 为“较差偏优”或“优良、较差近等”品种;其余品种均为“一般”品种。其中,开麦 13 与 98 中 18 之间以及新乡 9157、周 91197、洛郊 9133 之间均无显著差异。

应当提到的是小偃 54 这个品种。如果仅从品质上看,该品种无疑属于“优良”品种。可是由于其

产量最低,所以育种专家们对它的评价毁誉参半。本分析中,该品种定性为“较差偏优”或“优良、较差近等”类型,不是没有根据的。从其数学表达式看,  $d = 0.37$  最大,显然属于“较差”类型。但如进一步仔细观察,不难发现,该品种  $a = 0.35$ ,就是说 12 个性状综合分析,该品种优良程度占到 35%,生物学依据是其抗寒、耐旱、抗青干能力强,后期叶功能期长,落黄好,粒质优,容重高。然而,该品种缺点也十分明显,如抗倒伏性能差,叶锈、叶枯病重,产量低等,较差程度占到 37%,优良、较差程度近乎相等,即  $a \approx d$ 。在这种情况下,其四元联系数的态势排序便近似于“优良较差均等势”,态势排序为 16 级,属于“优良、较差近等”类型。这就从理论的角度解释了为什么该品种在利用过程中有争议的现象。

## 3 讨论

(1) 运用四元联系数多因素态势排序原理对作物品种进行评估,考虑的因素更多,获取的信息量更

大,对品种的评价也更客观、全面。传统的方差分析方法,只能对单一性状进行分析,难以对品种作出诸如“优良”、“较好”、“一般”、“较差”的定性评述。模糊综合评判法和灰色多维综合评估法虽然考虑因素较多,也能对品种作出如上所述的具体评述,但却不能对品种进行显著性测验。四元联系数多因素态势排序分析方法则迥然不同,其数学表达式不仅反映出了某品种性状总体的不同侧面,而且还反映出了这些不同侧面的相互联系状况。不仅能对品种作出定性评述,而且可以定量刻划出品种的优劣,同时还可以对品种进行显著性测验。如本例中小偃 54 四元联系数的数学表达式为  $0.35 + 0.06i + 0.22j + 0.37k$ ,它提供给我们的信息是,小偃 54 的 12 个性状中属于“优良”类型的程度占 34%,属于“较好”类型的程度占 6%,属于“一般”类型的程度占 22%,属于“较差”类型的程度占 37%。由于其态势级别不同于其它品种,所以,该品种与其它品种均呈显著差异。这样便有助于我们更加全面地了解小偃 54。因而得到的结论更加准确、可靠。

(2) 与其它分析方法相比,四元联系数多因素态势排序分析方法运算简单,易于掌握,应用前景较为广阔。

(3) 四元联系数  $a + bi + cj + dk$  比三元联系数  $a + bi + cj$  更为细致地描述了研究对象所处的状态趋势。由论域空间的三划分转化为四划分。同理,还可将研究对象的论域空间五划分、六划分……,以满足作物品种评价的实际需要。

(4) 在刻划四元联系数的 85 种态势(有效态势 54 种)时,根据“优良”、“较好”、“一般”和“较差”4 种

类型,并参照  $a、b、c、d$  在各种态势上的逻辑大小进行了排序。同时,对 4 种态势又进一步细分为 16 种子态势。如“优良势”进一步细分为“优良势”、“优良较好均等势”等 8 种子态势(参见表 1);“较好势”进一步细分为“较好势”、“较好、一般均等势”等 5 种子态势;“一般势”进一步细分为“一般势”和“一般、较差均等势”2 种子态势。这样的划分很有必要,有助于更为详尽地评价品种。具体应用时查表 1 即可。

(5) 应当指出,在四元联系数的数学表达式中, $k$  一般是确定的(为 -1),对品种的优劣起“削弱”作用。而  $i、j$  则是不确定的。所以有时需要根据具体情况,对  $i、j$  作取值分析,来进一步检验态势排序的稳定性。这一问题已超出本文范围,在此不展开讨论。

#### 参考文献:

- [1] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,2000.
- [2] 郭瑞林,莫海江. 河南省小麦高肥冬水组区域试验的集对分析[A]. 集对分析与界壳论的研究与应用[C]. 北京:气象出版社,2002.
- [3] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1992.
- [4] 郭瑞林. 农业模糊学[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1991.
- [5] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:中国农业科技出版社,1995.
- [6] 郭瑞林,杨春玲,关立,等. 小麦品种区域试验的同异分析方法研究[J]. 麦类作物学报,2001,21(3):60-63.
- [7] 张林凤. 基于四元联系数的态势排序在体育教学中的应用[J]. 浙江体育科学,2001,23(5):49-51.

(上接第 217 页)

#### 参考文献:

- [1] Anac ,M. S. ,M. Ali Ul ,I. H. Tuzal ,et al. Optimum irrigation schedules for cotton under deficit irrigation conditions. In: C. Kirda , P. Moutonnet , C. Hera , D. R. Nielsen , eds. Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Dordrecht ,The Netherlands: Kluwer Academic Publishers ,1999.
- [2] Bazza ,M. Improving irrigation management practices with water deficit irrigation. In :C. Kirda ,P. Moutonnet ,C. Hera ,D. R. Nielsen ,eds. Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Dordrecht ,The Netherlands: Kluwer Academic Publishers ,1999.
- [3] FAO. Crop evapotranspiration by R. Allen ,LA. Pereira ,D. Raes & M. Smith. FAO Irrigation and Drainage Paper. FAO ,Rome. 1998.
- [4] FAO. CLIMWAT for CROPWAT ,a climatic database for irrigation planning and management by M. Smith. FAO Irrigation and Drainage

Paper. Rome. 1993.

- [5] FAO . CROPWAT , a computer program for irrigation planning and management by M. Smith. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome. 1992.
- [6] FAO. Yield response to water by J. Doorenbos & A. Kassam. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome. 1979.
- [7] FAO. Guidelines for predicting crop water requirements by J. Doorenbos & W. O. Pruitt. FAO Irrigation and Drainage Paper. Rome. 1977.
- [8] Kirda ,C. ,P. Moutonnet ,C. Hera ,et al. Crop yield response to deficit irrigation. Dordrecht , The Netherlands: Kluwer Academic Publishers , 1999.
- [9] Mhsin Iqbal ,M. ,S. Mahmood Shah ,W. Mhammad ,et al. Field response of potato subjected to water stress at different growth stages. In : C. Kirda , P. Moutonnet , C. Hera , D. R. Nielsen , eds. Crop yield response to deficit irrigation. Dordrecht ,The Netherlands: Kluwer Academic Publishers ,1999.