



灰色关联度和 DTOPSIS 法综合分析河南区域试验中大豆新品种(系)的农艺性状表现

咎 凯, 周 青, 张志民, 郑丽敏, 王凤菊, 陈亚光, 李明军, 徐淑霞

(安阳市农业科学院, 河南 安阳 455000)

摘 要: 为了给鉴定和评价大豆新品种(系)提供依据和方法, 本研究应用灰色关联度分析法和 DTOPSIS 法对参加 2014 年河南省夏大豆区域试验的 14 个品种(系)进行综合分析评价, 将各参试品种的综合性状优劣进行排序, 并分析了两种方法在综合评价方面的优劣。为确保综合评价结果的客观性和可靠性, 本研究利用灰色关联度法确定各性状的权重值, 并对这两种方法设置相同的标准品种, 以便于对两种方法的分析结果进行比较, 从而验证灰色关联度法和 DTOPSIS 法分析结果的准确性, 结果表明: DTOPSIS 法计算出的品种间 G_i 值差异明显, 品种间综合性状的差异表现充分, 而灰色关联度分析法计算出的品种间 G_i 值差异不大, 综合评价效果较差; 相关性分析表明各品种用灰色关联度分析法和 DTOPSIS 法计算出的品种优劣排名具有一致性, 与仅依据品种产量的优劣排名不具有一致性。以上结果说明: 灰色关联度法和 DTOPSIS 法都能对大豆品种(系)作出科学的综合评价, 其中 DTOPSIS 法具有相对更好的评价效果。

关键词: 灰色关联度; DTOPSIS 法; 大豆; 综合性状评价

Gray Correlation Analysis and DTOPSIS Method for Comprehensive Agronomic Performance Analysis of New Soybean Varieties(Lines) in Henan Regional Test

ZAN Kai, ZHOU Qing, ZHANG Zhi-min, ZHENG Li-min, WANG Feng-ju, CHEN Ya-guang, LI Ming-jun, XU Shu-xia

(Anyang Academy of Agricultural Sciences, Anyang 455000, China)

Abstract: In order to provide basis and method for identifying and estimating the new soybean varieties (lines), gray correlation analysis method and DTOPSIS method were used to comprehensively evaluate 14 soybean varieties (lines) which participated in the summer soybean regional test in Henan province in 2014. The advantages and disadvantages of each tested variety were evaluated to identify and appraise these new soybean varieties(lines), and the effects of the two methods on comprehensive evaluation were assessed as well. The traits weight were determined by the method of gray correlation to ensure the objectivity and reliability of the comprehensive evaluation results, at the same time, the same standard varieties were utilized in the method of gray correlation analysis and the DTOPSIS to verify the accuracy of the analysis results by comparing the analysis results of these two methods. Comparison results between these two methods showed that the differences of G_i values calculated by DTOPSIS method for different varieties were significant, meaning that the differences in comprehensive traits between varieties were fully expressed. While the G_i values of gray correlation analysis method were not significant, by which a conclusion was drawn that the comprehensive evaluation effects of gray correlation analysis method were poorer than the DTOPSIS method. The results of correlation analysis showed that the varieties had a consistent ranking in the calculation method of the gray correlation analysis and the DTOPSIS, and were not consistent with the rankings based simply on the yield of the varieties. All of the above illustrated that both of the gray correlation analysis and DTOPSIS method can make scientific comprehensive evaluation of soybean varieties (lines), among which the DTOPSIS method has a relatively better evaluation effect.

Keywords: Gray correlation analysis; DTOPSIS analysis; Soybean; Comprehensive traits evaluation

大豆区域试验是综合评价大豆新品种优劣的一个重要环节。过去对大豆新品种的评价多依据方差分析和新复极差分析对产量或几个性状进行互作效应评价, 分析方法繁琐且存在片面性。区域试验中参试品种数量较多, 试验点分布广泛, 各品

种性状数据丰富, 对这些数据进行系统分析从而对参试品种作出合理的评价比较困难。目前产量仍是育种家关注的焦点, 因而在区域试验中仍多以产量作为评价品种优劣的主要指标。但是, 当前很多在区域试验中产量表现优异的品种在实际生产中

收稿日期: 2018-05-21

基金项目: 河南省科技攻关计划项目(092102110005)。

第一作者简介: 咎凯(1988-), 男, 硕士, 研究实习员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: zankai163@163.com。

通讯作者: 徐淑霞(1963-), 女, 研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: aysx698@163.com。

的表现却不尽人意,推广困难。造成这种情况的原因是随着大豆生产的发展,对大豆新品种的要求日益提高,除产量指标外,品质、抗逆性、抗病性等也成为限制品种推广的重要因素。因此用适当的方法对参试品种的性状数据进行分析比较,对参试品种作出科学的综合评价,是发现能够大豆生产带来较高经济效益新品种的重要手段。

灰色系统(Gray system)是 20 世纪 80 年代由邓聚龙教授首先提出并创立的一门学科,它是基于数学理论的系统工程学科。该方法利用模糊评价系统,对多性状进行综合评价,可以作为育种材料和品种评价中产量评价之外的辅助方法,由于该方法通过无量纲化处理,使各性状都得以量化并在同一标准下进行比较,便于对不同性状进行综合分析,具有很大的应用价值。其中灰色关联度法(Gray correlation analysis)是灰色系统中一个对发展变化系统进行发展态势量化比较的方法。该方法在农作物评价方面最早由刘录祥^[1]在杂交小麦新品种中应用,使品种的综合性状数量化从而使模糊的“综合性状”概念得以被具体分析和比较,并得到了与品种实际表现相一致的灰色关联度排序。之后,灰色关联度法被科研工作者广泛应用于评价其它作物新品种的综合性状,为新品种的选育提供了一个切实可行的方法^[2-6]。DTOPSIS 法源于 C. L. Hwang 和 K. Yoon 于 1981 年提出的 TOPSIS 法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),该方法根据有限个数的评价对象与理想化目标的接近程度进行排序,是在现有对象中进行相对优劣评价的方法,在多目标决策分析中应用广泛。1991 年姚兴涛等^[7]将其改进后用于区域经济发展的动态多目标决策,称为 DTOPSIS 法(Dynamic TOPSIS),其原理与 TOPSIS 法相同,也是一种逼近

于理想解的排序法。目前该方法已被成功应用于综合评价小麦、水稻、玉米、棉花、大豆等农作物新品种并取得了良好的效果^[8-12],为作物新品种综合性状评价提供了一条新的途径。

本研究将灰色理论融入 DTOPSIS 法,对 2014 年河南省夏大豆区域试验参试品种的性状数据进行分析,综合评价参试品种(系)在区试中的表现,并对灰色关联度法和 DTOPSIS 法的分析结果进行比较,以筛选更加科学合理的综合评价方法,为大豆育种实践中材料和品种(系)筛选鉴定提供一个行之有效的科学方法。

1 材料与方法

1.1 材料

采用 2014 年河南省夏大豆区域试验资料,共 14 个品种(系),其中濮豆 1788、商豆 1201、周豆 22、驻豆 03-56、秋乐 1205 和安豆 5156 为第二年参加区域试验,秋乐 1301、洛豆 1 号、中作 X08110-1、许豆 11、商豆 137、开豆 08-9、泛 10C8、周 S21 为第一年参加该试验。

1.2 试验设计

各参试品种(系)的性状指标取 12 个参试点的平均值,考察产量、生育期、倒伏级、病毒级、紫斑率、株高、有效分枝、单株荚数、单株粒数、百粒重 10 个性状(表 1)。其中,产量、有效分枝、单株荚数、单株粒数、百粒重为产量及产量构成性状,株高为植物学性状,倒伏级为抗逆性状,病毒级为抗病性状。本研究所考察的这些农艺指标通过将产量性状、植物学性状和抗性性状相结合,对河南地区夏大豆的主要性状具有较高的代表性,从而使评价结果可以整体反映参试品种(系)的综合性状表现,对大豆品种具有很强的综合评价效果。

表 1 参试品种评价因素的原始数据

Table 1 Raw data for the evaluation factors of the tested varieties

编号 Code	品种 Variety	产量 Yield /(t·hm ⁻²)	生育期 Growth period/d	倒伏级 Lodging grade	病毒级 Virus level	紫斑率 Purple epilepsy rate/%	株高 Plant height/cm	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight/g
X1	开豆 08-9	3.06	112.5	0.9	0.1	0.8	61.5	2.8	42.5	88.4	20.0
X2	周 S21	3.21	115.6	0.9	0.5	0.5	69.0	2.3	46.8	90.4	20.0
X3	洛豆 1 号	3.30	116.5	0.4	0.4	0.1	56.4	2.6	42.0	77.5	24.9
X4	秋乐 1301	3.09	115.1	0.3	0.5	1.8	74.7	2.0	43.3	75.7	24.9
X5	秋乐 1205	3.04	117.0	0.4	0.1	0.8	71.1	2.6	42.3	71.7	24.8
X6	安豆 5156	3.29	112.2	0.5	0.1	0.2	62.6	3.0	43.2	75.6	23.8
X7	中作 X08110-1	3.19	109.5	0.5	0.1	0.8	66.1	2.2	47.2	96.4	19.1
X8	周豆 22	3.15	121.2	1.4	0.5	0.9	74.0	3.0	48.3	90.2	20.7

续表 1

编号 Code	品种 Variety	产量 Yield /(t·hm ⁻²)	生育期 Growth period/d	倒伏级 Lodging grade	病毒级 Virus level	紫斑率 Purple epilepsy rate/%	株高 Plant height/cm	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight/g
X9	濮豆 1788	3.31	117.2	1.0	0.5	0.5	74.6	3.0	47.3	89.1	23.1
X10	驻豆 03-56	3.28	114.8	0.8	0.1	0.5	73.3	2.2	49.0	96.1	19.0
X11	许豆 11	3.13	116.5	1.2	0.5	0.7	83.4	2.2	57.4	106.6	19.0
X12	商豆 1201	3.19	114.2	0.5	0.1	0.2	74.4	3.2	53.6	100.9	16.7
X13	商豆 137	3.05	114.2	0.1	0.1	0.8	58.9	1.4	39.2	87.8	19.9
X14	泛 10C8	3.01	114.0	0.5	0.4	0.8	68.3	2.7	48.0	95.1	19.6
X0	参考品种	3.31	114.8	0.1	0.1	0.1	71.1	3.2	57.4	106.6	24.9

1.3 方法

1.3.1 灰色关联度分析法 根据郭瑞林^[13]介绍的灰色系统理论,把 14 个品种看作一个灰色系统,每个品种为该系统中的一个因素,设有 i 个品种,考察 j 个性状。根据育种目标和生产实际,把各性状的最优值设为参考数列 X_0 ,品种的各项性状指标构成设为比较数列 X'_{ij} 。运用灰色系统分析法计算各品种的灰色综合评判值 G_i ,并根据 G_i 值大小对各品种综合性状进行排名,按如下程序和公式计算分析,数据处理使用 Excel 2010 进行(下同)。

(1)无量纲化处理:将表 1 的数据进行无量纲

化处理,使每个观察值都位于 0 ~ 1 之间。在考察的 10 个性状中,生育期、株高采用中性指标测度,倒伏级、病毒级、紫斑率采用逆向指标测度,其它性状采用正向指标测度。以下公式中 $X_{ij}(k)$ 为无量纲化后的值, $X'_{ij}(k)$ 为无量纲化前的值, $X_0(k)$ 为标准品种的值, k 为性状数, $k = 1 \sim 10$ 。无量纲化处理结果见表 2。

正向指标: $X_{ij}(k) = X'_{ij}(k)/X_0(k)$

逆向指标: $X_{ij}(k) = X_0(k)/X'_{ij}(k)$

中性指标: $X_{ij}(k) = X_0(k)/(X_0(k) + |X_0(k) - X'_{ij}(k)|)$

表 2 无量纲化处理

Table 2 Data disposal of the main traits with non-dimensional treatment

编号 Code	产量 Yield	生育期 Growth period	倒伏级 Lodging grade	病毒级 Virus level	紫斑率 Purple epilepsy rate	株高 Plant height	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight
X1	0.9235	0.9804	0.1111	1.0000	0.1250	0.8810	0.8750	0.7404	0.8293	0.8032
X2	0.9702	0.9931	0.1111	0.2000	0.2000	0.9713	0.7188	0.8153	0.8480	0.8032
X3	0.9963	0.9854	0.2500	0.2500	1.0000	0.8287	0.8125	0.7317	0.7270	1.0000
X4	0.9327	0.9974	0.3333	0.2000	0.0556	0.9518	0.6250	0.7544	0.7101	1.0000
X5	0.9184	0.9812	0.2500	1.0000	0.1250	1.0000	0.8125	0.7369	0.6726	0.9960
X6	0.9950	0.9779	0.2000	1.0000	0.5000	0.8932	0.9375	0.7526	0.7092	0.9558
X7	0.9635	0.9559	0.2000	1.0000	0.1250	0.9343	0.6875	0.8223	0.9043	0.7671
X8	0.9503	0.9472	0.0714	0.2000	0.1111	0.9608	0.9375	0.8415	0.8462	0.8313
X9	1.0000	0.9795	0.1000	0.2000	0.2000	0.9531	0.9375	0.8240	0.8358	0.9277
X10	0.9897	1.0000	0.1250	1.0000	0.2000	0.9700	0.6875	0.8537	0.9015	0.7631
X11	0.9463	0.9854	0.0833	0.2000	0.1429	0.8525	0.6875	1.0000	1.0000	0.7631
X12	0.9629	0.9948	0.2000	1.0000	0.5000	0.9556	1.0000	0.9338	0.9465	0.6707
X13	0.9223	0.9948	1.0000	1.0000	0.1250	0.8535	0.4375	0.6829	0.8236	0.7992
X14	0.9108	0.9931	0.2000	0.2500	0.1250	0.9621	0.8438	0.8362	0.8921	0.7871
X0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

(2)计算无量纲化后的参数与参考品种数列差数的绝对值,公式为 $\Delta i(k) = |X_0(k) - X_{ij}(k)|$,并

求出各性状的最大差值 $\max \Delta i(k)$ 与最小差值 $\min \Delta i(k)$ 。

(3) 计算参试品种(系)各性状与标准品种各性状的关联系数 $\varepsilon_i(k) = \frac{\min\Delta_i(k) + \rho\max\Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho\max\Delta_i(k)}$, 式中 ρ 为分辨系数, 常取 0.5。

(4) 计算关联度 $r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k)$ 和权重 $W_i = \frac{r_i(k)}{\sum_{k=1}^n r_i(k)}$, 式中 n 为品种数。

(5) 求各组合的灰色评判值 $G_i = \sum_{k=1}^n (\varepsilon_i \times W_i)$, 根据 G_i 值排定各参试品种的优劣顺序。

1.3.2 DTOPSIS 法 根据 DTOPSIS 法的基本原理, 把 14 个新品种的 10 个性状指标无量纲化处理为可比较的标准值后, 借助多目标决策问题的“理想解”和“非理想解”处理方法, 计算出各品种对理想解的相对接近度 C_i , 按照 C_i 值大小确定各参试品种的优劣顺序。原始数据、标准品种的确立和无量纲化处理都与灰色关联法相同。分析程序和计算公式如下。

(1) 计算决策矩阵 $R: R_{ij} = W_i \times X_{ij}(k)$, 式中 W_i 为各性状权重, 并求得每列数据的最大值 Y_i^+ 和最小值 Y_i^- 。决策矩阵见表 3。

表 3 各参试品种主要性状决策矩阵 R
Table 3 Main traits decision matrix R for each variety

编号 Code	产量 Yield	生育期 Growth period	倒伏级 Lodging grade	病毒级 Virus level	紫斑率 Purple epilepsy rate	株高 Plant height	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight
X1	0.0954	0.1182	0.0081	0.1198	0.0094	0.0937	0.0971	0.0651	0.0801	0.0855
X2	0.1002	0.1198	0.0081	0.0240	0.0150	0.1033	0.0798	0.0717	0.0819	0.0855
X3	0.1029	0.1188	0.0182	0.0300	0.0752	0.0882	0.0902	0.0643	0.0702	0.1065
X4	0.0963	0.1203	0.0243	0.0240	0.0042	0.1013	0.0694	0.0663	0.0686	0.1065
X5	0.0949	0.1183	0.0182	0.1198	0.0094	0.1064	0.0902	0.0648	0.0650	0.1061
X6	0.1028	0.1179	0.0146	0.1198	0.0376	0.0950	0.1041	0.0662	0.0685	0.1018
X7	0.0995	0.1153	0.0146	0.1198	0.0094	0.0994	0.0763	0.0723	0.0874	0.0817
X8	0.0982	0.1142	0.0052	0.0240	0.0084	0.1022	0.1041	0.0740	0.0817	0.0885
X9	0.1033	0.1181	0.0073	0.0240	0.0150	0.1014	0.1041	0.0724	0.0807	0.0988
X10	0.1022	0.1206	0.0091	0.1198	0.0150	0.1032	0.0763	0.0750	0.0871	0.0813
X11	0.0977	0.1188	0.0061	0.0240	0.0107	0.0907	0.0763	0.0879	0.0966	0.0813
X12	0.0995	0.1200	0.0146	0.1198	0.0376	0.1017	0.1110	0.0821	0.0914	0.0714
X13	0.0953	0.1200	0.0728	0.1198	0.0094	0.0908	0.0486	0.0600	0.0796	0.0851
X14	0.0941	0.1198	0.0146	0.0300	0.0094	0.1024	0.0937	0.0735	0.0862	0.0838
Y_i^+	0.1033	0.1206	0.0728	0.1198	0.0752	0.1064	0.1110	0.0879	0.0966	0.1065
Y_i^-	0.0941	0.1142	0.0052	0.0240	0.0042	0.0882	0.0486	0.0600	0.0650	0.0714

(2) 各品种各性状与最佳性状的距离 S_i^+ 及与最差性状间的距离 S_i^- 的计算公式如下:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{k=1}^{14} (R_{ij}(k) - Y_i^+)^2},$$
$$S_i^- = \sqrt{\sum_{k=1}^{14} (R_{ij}(k) - Y_i^-)^2}$$

(3) 各品种对理想解的相对接近度 $C_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$, 式中 $C_i \in [0, 1], i = 1 \sim 14$ 。

1.3.3 不同分析方法的比较 为评价灰色关联度法和 DTOPSIS 法分析结果的可靠性和优劣, 用 SPSS 20.0 软件对两种分析方法的排名进行相关性分析, 同时与不同品种(系)的产量排名进行比较, 明确这两种分析方法的结果相较于仅依据产量评价品种(系)优劣的优势, 并以本单位所育新品种安豆 5156 的田间实际表现为例分析两种方法综合评价结果

的客观性。

2 结果与分析

2.1 灰色关联度法分析结果

2.1.1 权重的合理性 参试品种(系)各性状的权重见表 4。对各性状权重进行排序, 可以得到其大小顺序为: 生育期 > 病毒级 > 有效分枝 > 百粒重 > 株高 > 产量 > 单株粒数 > 单株荚数 > 紫斑率 > 倒伏级, 产量和产量构成要素(有效分枝、单株荚数、单株粒数、百粒重)所占权重与其它性状所占权重之比为 1.021 2, 在兼顾产量和产量构成要素及其它性状的同时, 产量及产量构成要素权重略高, 与生产上高产、稳产的实际要求相符合, 说明本文中各性状权重设置合理, 能够对品种做出科学合理的综合评价。

表 4 主要性状的关联度和权重
Table 4 Correlation and weight of major traits

性状 Traits	产量 Yield	生育期 Growth period	倒伏级 Lodging grade	病毒级 Virus level	紫斑率 Purple epilepsy rate	株高 Plant height	有效分枝 Effective branches	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	百粒重 100-seed weight
关联度 Correlation	0. 5768	0. 6733	0. 4062	0. 6687	0. 4195	0. 5939	0. 6195	0. 4905	0. 5390	0. 5942
权重 Weight	0. 1033	0. 1206	0. 0728	0. 1198	0. 0752	0. 1064	0. 1110	0. 0879	0. 0966	0. 1065

2.1.2 各参试品种(系)的灰色综合评判值 G_i 由表 5 可知,根据灰色关联度法的计算结果对品种优劣进行的排序与根据品种产量进行的排序既有重合又有差异,其中开豆 08-9(X1)、安豆 5156(X6)、许豆 11(X11)两种排序结果相同;濮豆 1788(X9)、周 S21(X2)的产量排序分别为第 1 位和第 5 位,根

据灰色关联度法的排序分别降低为第 6 位和第 12 位;而商豆 1201(X12)和秋乐 1205(X5)的产量排序分别为第 7 位和第 13 位,灰色关联度法的排序分别升高为第 1 位和第 4 位。其它品种的产量排序和灰色关联度法排序结果也略有差异,但整体上差异不大。

表 5 各参试品种灰色综合评判值、DTOPSIS 值和产量位次
Table 5 Varieties rankings of the gray comprehensive evaluation , DTOPSIS and yield

灰色关联度法DTOPSIS 法产量排名							灰色关联度法DTOPSIS 法产量排名						
编号 Code	Cray correlation analysis		DTOPSIS method		Yield /(t·hm ⁻²)	Ranking	编号 Code	Cray correlation analysis		DTOPSIS method		Yield /(t·hm ⁻²)	Ranking
	G_i 值	排名	G_i 值	排名				G_i 值	排名	G_i 值	排名		
	G_i value	Ranking	G_i value	Ranking				G_i value	Ranking	G_i value	Ranking		
X1	0. 5288	11	0. 5214	5	3. 06	11	X8	0. 4895	14	0. 3160	10	3. 15	8
X2	0. 5247	12	0. 2463	14	3. 21	5	X9	0. 5873	6	0. 3381	9	3. 30	1
X3	0. 5951	5	0. 4442	8	3. 30	2	X10	0. 6586	2	0. 5171	6	3. 28	4
X4	0. 5373	8	0. 2547	13	3. 09	10	X11	0. 5354	9	0. 2701	12	3. 13	9
X5	0. 6231	4	0. 5379	4	3. 04	13	X12	0. 6916	1	0. 6154	1	3. 19	7
X6	0. 6328	3	0. 6038	2	3. 29	3	X13	0. 5574	7	0. 5431	3	3. 05	12
X7	0. 5342	10	0. 5121	7	3. 19	6	X14	0. 5178	13	0. 3023	11	3. 01	14

2.2 DTOPSIS 法分析结果

由表 5 可知,根据 DTOPSIS 法的计算结果排序与根据品种产量进行的排序具有一定差异,其中部分品种两种排序结果相差较大,如商豆 1201(X12)、开豆 08-9(X1)、商豆 137(X13)、秋乐 1205(X5)的 DTOPSIS 法排名分别由产量排名的第 7 位、第 11 位、第 12 位和第 13 位上升为第 1 位、第 5 位、第 3 位和第 4 位;濮豆 1788(X9)、洛豆 1 号(X3)、周 S21(X2)的 DTOPSIS 法排名分别由产量排名的第 1 位、第 2 位和第 5 位降低为第 9 位、第 8 位和第 14 位。而安豆 5156(X6) DTOPSIS 法的分析结果排名与产量排名基本一致,由产量排名的第 3 位上升为 DTOPSIS 法排名的第 2 位,说明安豆 5156 的综合性状较好,在区域试验中的表现较为稳定。

2.3 不同分析方法结果的比较

2.3.1 分析结果的一致性检验 各品种根据灰色关联度法(G_i 值)、DTOPSIS 分析法(G_i 值)和产量

高低的排名分布见图 1。灰色关联度法和 DTOPSIS 法都是计算观察品种与标准品种的接近度,但由于计算方法不同其结果也存在很大差异。由图 1 可知,除秋乐 1205(X5)和商豆 137(X12)的灰色关联度法排名和 DTOPSIS 法的排名相同外,其它各品种两种方法的排名均有差异。由图 1 中各方法排名趋势线可看出,灰色关联度法和 DTOPSIS 法排名趋势线吻合度较高,相关性分析结果显示二者排名的秩相关系数为 0. 662,达显著水平($P < 0. 05$)(表 6),说明灰色关联度法和 DTOPSIS 法的分析结果具有显著线性相关性,二者的品种优先度排名具有一定一致性,而根据产量高低的排名与灰色关联度法和 DTOPSIS 法无线性相关性,其中产量排名与 G_i 值排名的秩相关系数为 0. 371,与 G_i 值排名秩相关系数仅为 0. 07(表 6),说明灰色关联度法的分析结果受品种产量的影响较 DTOPSIS 法大。这一结果表明本研究所考察的 10 项性状指标可以较全面地反映

大豆的综合性状,二者优先度显著相关的结果同时也说明这两种方法的分析结果吻合、方法可靠,且两种方法在分析过程中都涵盖了各项性状的大部分指标信息,具有可靠的统计学基础。

2.3.2 灰色关联度法和 DTOPSIS 法分析结果的差异 对灰色关联度法和 DTOPSIS 法分析结果进一步比较,可由表 5 中的数据看出灰色关联度法品种间的 G_i 值差异较小,经过计算, G_i 值的变异系数为 10.49%,最大值与最小值间的差异为 41.29%,变异系数和极值间的差异较小,说明品种间的差异表现不充分。而 DTOPSIS 法品种间的 C_i 值差异较大,其变异系数为 31.57%,最大值与最小值间的差异为 149.88%,品种间的优劣十分明显。由此可以看出 DTOPSIS 法综合评价效果比灰色关联度法更好。

2.3.3 灰色关联度法和 DTOPSIS 法的优势 从表 5 中的产量数据可以看出,产量排名前 4 位的品种(系)濮豆 1788(X9)、洛豆 1 号(X3)、安豆 5156(X6)、驻豆 03-56(X10)其产量分别为 3.31、3.30、3.29 和 3.28 $t \cdot \text{hm}^{-2}$,其产量值十分接近,可能仅是由收获时的称量误差造成,若仅依据产量排名这一生产中常用的方法评价这几个品种(系)的优劣则

不够科学,而灰色关联度法和 DTOPSIS 法综合了各品种各个性状的表现,较仅根据产量进行品种优劣评价具有更强的可靠性。

2.3.4 安豆 5156 田间实际表现与分析结果的一致性分析 安豆 5156(X6)的 G_i 值、 C_i 值和产量排名分别为第 3 位、第 2 位和第 3 位,不同方法的排名名次相差最小,这在统计学的角度说明了安豆 5156 具有较好的综合农艺性状。由表 1 中的原始农艺性状数据可知,安豆 5156 的产量、有效分枝数和百粒重较高,抗病毒和紫斑的能力较强,生育期、抗倒伏能力、单株荚数和株高适中,仅单株粒数的表现稍差。此外,该品系 2012–2014 年连续 3 年参加河南省夏大豆预试验和区域试验,其产量范围为 3.08 ~ 3.50 $t \cdot \text{hm}^{-2}$,变异系数为 6.38%,安豆 5156 在本次区试的 12 个参试点中仅有 1 点较对照品种减产,减产幅度为 1.43%,其余 11 点均较对照增产显著,说明该品系具有较好的高产、稳产性,较强的抗逆和抗病能力,较好的广适性。总体来看,灰色关联度和 DTOPSIS 法分析结果与安豆 5156 的田间优异综合性状表现相符合。

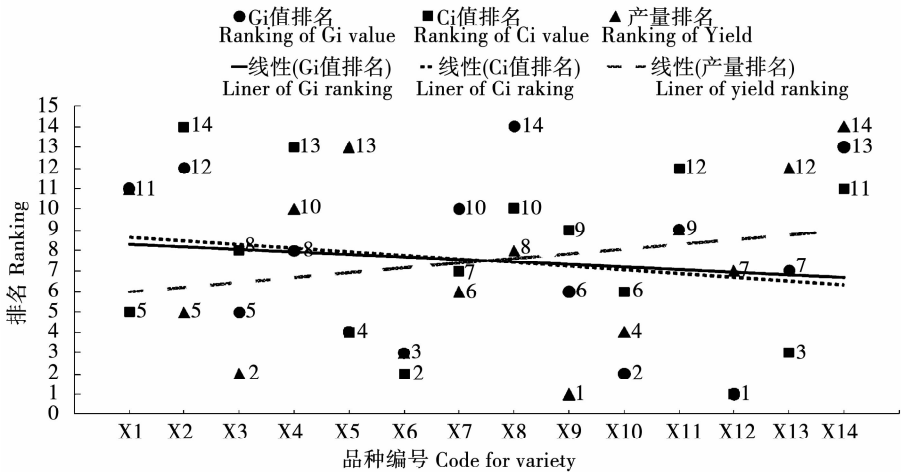


图 1 各品种不同方法排名分布
Fig. 1 Distribution of different methods for different varieties

表 6 相关性分析结果		
Table 6 Correlation analysis results		
比较组合 Compared groups	相关系数 r Correlation coefficient r	P 值 P value
产量排名 - G_i 值排名 Yield ranking & G_i ranking	0.371	0.191
产量排名 - C_i 值排名 Yield ranking & C_i ranking	0.070	0.982
G_i 值排名 - C_i 值排名 G_i ranking & C_i ranking	0.662	0.010

3 讨论

大豆区域试验是新品种审定和推广应用前由《种子法》规定必须参加的重要流程,其目的是鉴定具有在生产中推广的可能性的大豆新品系在不同生态区的产量、抗逆和适应性表现,为品种区域布局、审定推广奠定基础。区域试验中参试品种较多,各品种的性状表现不一,品种间的不同性状还存在此消彼长的关系,这就给品种鉴定带来了一定的困难。产量一直是我国育种工作者关注的焦点,产量是品种(系)各种性状相互作用的结果,在一定

程度上可以反映一个品种(系)的优劣,因此以产量高低评价品种(系)优劣也一直是育种工作者常用的方法。但在实际的育种工作中,仅以产量或其它某一性状的表现对品种进行评价往往会顾此失彼,尤其是产量等数量性状在统计过程中出现的误差可能对评价结果造成严重干扰,甚至错失某些具有改良推广应用潜力的品种(系),因此综合品种(系)的各种性状表现进行综合评价对发现区域试验中有较大推广潜力的新品种具有重要意义。

标准品种和各性状权重的确立对科学准确地评价品种综合性状十分重要。本文中的参试品种数据取自河南省夏大豆区域试验,其中部分品种为第二年参加该试验(濮豆 1788、商豆 1201、周豆 22、驻豆 03-56、秋乐 1205、安豆 5156),说明这些参试品种的综合表现满足河南省大豆生产发展的需要,虽然观察品种的数量有限,但其性状指标对河南省大豆育种具有一定指导意义。在本文中标准品种各性状的取值是依据各参试品种性状中的最优值(即最大值、最小值、中性值)确定的,由此确立的标准品种可以反映出河南省夏大豆育种目标中各性状的最优值,因此依据各参试品种性状中的最优值确立本文的标准品种具有科学合理性。权重的确立对分析结果也具有重要影响,以往大多数学者认为将产量性状赋值为 0.5,其它性状占 0.5,在其它性状中又赋予了产量构成性状较高的权重占比,由此造成与产量相关的性状权重达 0.75 甚至更高,而植物学性状、抗性及其它性状权重很低,这样得出的结果仍以产量为主,与仅依据产量高低进行品种优劣排序的差别不大,削弱了综合评价的科学合理性。本文中的各性状权重是根据各品种的实际表现并依据灰色决策系统原理计算得出,避免了人为确定权重系数的主观性和片面性,使得评价结果具有更高的可靠性和科学性。

灰色关联度和 DTOPSIS 法的分析过程和结果体现出了优良大豆品种所应具备的综合性状,分析结果也都根据参试品种的实际表现通过科学计算得出,因而这两种方法较仅依据个别性状的表现进行优先度排序更科学合理。从表 5 可以看出,产量排名第 1 的品种濮豆 1788(X9)不论是灰色关联度法还是 DTOPSIS 法,其排名均有较大幅度的退步;而产量排名仅第 7 位的品种商豆 1201(X12),不论是灰色关联度法还是 DTOPSIS 法其排名均上升到第 1 位。造成这一结果的原因就是濮豆 1788(X9)的倒伏级、病毒级、紫斑率、单株荚数、百粒重等指标较低,这意味着该品种在实际生产中将付出较多的管理成本;而商 1201(X12)除产量值居中、百粒

重较低外,其它性状指标均较优异,相信在实际生产中可以取得更好的经济效益。由此也可以看出灰色关联度法和 DTOPSIS 法不仅可以对品种进行综合评价,也可以针对品种的某些具体指标进行相互比较,评价效果突出。进一步的分析发现尽管灰色关联度法和 DTOPSIS 法都能够将品种的多性状进行综合分析排序,但灰色关联度法品种间的 G_i 值差异较小,反映出该方法对品种综合性状进行量化比较的能力较弱,不便于区分品种的优劣;而 DTOPSIS 法品种间的 G_i 值差异明显,对品种综合性状优劣的分辨能力更强,分析结果更科学,这一结论也与多数学者的研究结果相一致^[14-17]。

从这两种方法对安豆 5156 的分析结果可以看出该品系在所有参试品种(系)中均排在前 3 名,尤其是 DTOPSIS 法分析排名为第 2,表明安豆 5156 在所有参试的品种(系)中表现突出,与安豆 5156 在 2012-2013 年连续 3 年的预试验和区域试验中高产、稳产的表现相符合,这也从理论与实际相结合的角度说明灰色关联度分析法和 DTOPSIS 法对大豆品种(系)的综合表现进行分析评价既客观,又具有显著的科学性,可以在大豆新品种(系)的评价和筛选中发挥一定作用。

4 结 论

通过本文的研究,可以看出灰色关联度法和 DTOPSIS 法在大豆育种中有很大的利用价值,尤其是对于大量育种材料的鉴定有一定参考价值。但要注意实现这一价值的前提是要将符合各地生产实际需要的“理想品种”为标准品种,在育种过程中这一“理想品种”不能仅以参与筛选的品系性状最优值确定,而应将期望育成的品种所具备的性状指标作为标准品种的指标,因此根据各地大豆生产的实际情况开展“大豆理想品种模型”的研究十分必要。同时还应在育种过程中根据育种目标灵活设定合理的权重指标,不能将权重视为一成不变的,这样才能在品系筛选时根据需要选择出某一性状符合育种目标的优良品系,减少筛选的盲目性。只有从“理想品种”和权重的确定这两个关键点出发,才能使灰色关联度和 DTOPSIS 法真正在指导大豆育种的过程中发挥更大的作用。

参考文献

[1] 刘录祥,孙其信,王士芸. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探[J]. 中国农业科学, 1989, 22(3): 22-27. (Liu L X, Sun Q X, Wang S Y. A preliminary study on multifactorial evaluation of new crop varieties with the application of the gray sys-

tem theory[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1989, 22(3): 22-27.)

[2] 宋智美, 刘乃雁, 王元英, 等. 灰色关联度法在烤烟品种重要性状综合评价中的运用[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(2): 17-19, 23. (Song Z M, Liu N Y, Wang Y Y, et al. Application of gray relational analysis in evaluating major attributes in national variety trial of flu-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2011, 32(2): 17-19, 23.)

[3] 魏云山, 刘迎春, 丁素荣, 等. 大豆品种资源性状稳定性的灰色关联度分析与评价[J]. 大豆科学, 2012, 31(3): 406-410. (Wei Y S, Liu Y C, Ding S R, et al. Evaluation on characters stability of soybean germplasms through gray correlation degree analysis[J]. Soybean Science, 2012, 31(3): 406-410.)

[4] 刘翔宇, 刘祖昕, 加帕尔, 等. 基于主成分与灰色关联分析的甜高粱品种综合评价[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(1): 99-107. (Liu X Y, Liu Z X, Jia P E, et al. Comprehensive evaluation of sweet sorghum varieties based on principal component silabi analysis and gray relational grade analysis[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, 53(1): 99-107.)

[5] 刘瑞显, 张国伟, 扬长琴. 基于熵权理论的灰色关联度法在棉花耐盐性评价中的应用[J]. 核农学报, 2017, 31(2): 402-409. (Liu R X, Zhang G W, Yang C Q, et al. Using gray related degree method based on entropy weight theory to evaluate salt tolerance of cotton [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(2): 402-409.)

[6] 丁明亮, 赵红, 蒲秋红, 等. 应用灰色关联度分析法对远缘杂交选育的小麦品系评价[J]. 西南农业学报, 2018, 31(2): 217-222. (Ding M L, Zhao H, Pu Q H, et al. Multi-factorial evaluation of new wheat lines from distant hybridization by gray relational analysis method[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2018, 31(2): 217-222.)

[7] 姚兴涛, 朱永达, 张永贞, 等. 区域国民经济协调发展的动态多目标决策[J]. 农业工程学报, 1991, 7(4): 1-6. (Yao X T, Zhu Y D, Zhang Y Z, et al. Dynamic multiobjective decision making of coordination development of region national economy [J]. Transactions of CSAE, 1991, 7(4): 1-6.)

[8] 吴志会, 白玉龙, 董玉武, 等. DTOPSIS 法综合评价冀中北冬小麦新品种的初步研究[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(6): 108-111. (Wu Z H, Bai Y L, Dong Y W, et al. A preliminary evaluation of new winter wheat varieties of middle-north Hebei with DTOPSIS method[J]. Journal of Triticeae Crops, 2005, 25(6): 108-111.)

[9] 胡其明, 邓伟, 党筱兰. 用 DTOPSIS 法综合评价杂交水稻新品种在黔西南州的适应性[J]. 种子, 2013, 32(12): 95-97. (Hu Q M, Deng W, Dang X L. Comprehensive evaluation of adaptability of new hybrid rice varieties in Qianxinan autonomous prefecture by DTOPSIS[J]. Seed, 2013, 32(12): 95-97.)

[10] 邵美红, 程楚, 程思明, 等. 运用 DTOPSIS 法对鲜食玉米新品种在浙西北地区适应性的综合评价[J]. 江西农业学报, 2017, 29(6): 25-28. (Shao M H, Cheng C, Cheng S M, et al. Using DTOPSIS method to comprehensively evaluate adaptability of sweet corn varieties in northwest of Zhejiang province[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2017, 29(6): 25-28.)

[11] 胡守林, 万素梅, 王汉全. 南疆棉区应用 DTOPSIS 法综合评价棉花新品种的初步探索[J]. 棉花学报, 2002, 14(1): 41-43. (Hu S L, Wan S M, Wang H Q. Preliminary study report in the south of Xinjiang by using the DTOPSIS to evaluate the new cotton varieties[J]. Cotton Science, 2002, 14(1): 41-43.)

[12] 徐淑霞, 杨慧凤, 周青, 等. DTOPSIS 法对安豆 1 号大豆新品种的综合评价[J]. 大豆科技, 2011(2): 17-20. (Xu S X, Yang H F, Zhou Q, et al. Comprehensive evaluation of new soybean variety Andou 1 based on DTOPSIS method[J]. Soybean Science & Technology, 2011(2): 17-20.)

[13] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 154-160. (Guo R L. Crop grey breeding[M]. Beijing: China's Agricultural Science and Technology Press, 1995: 154-160.)

[14] 孙治安, 王建立, 杨丙中. 农作物新品种灰色关联度与 DTOPSIS 分析比较[J]. 耕作与栽培, 2006(1): 15-20. (Sun Z A, Wang J L, Yang B Z. Analysis of new crop varieties with gray correlation analysis and DTOPSIS analysis[J]. Tillage and Cultivation, 2006(1): 15-20.)

[15] 姜永平, 刘水东, 薛晨霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在番茄品种综合评价中的应用比较[J]. 中国农学通报, 2010, 26(22): 259-263. (Jiang Y P, Liu S D, Xue C X, et al. Results comparison of comprehensive evaluation tomato varieties with DTOPSIS and gray related degree[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(22): 259-263.)

[16] 李彦平, 李淑君, 吴娟霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在新引烤烟新品种综合评价中的应用比较[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 35-40. (Li Y P, Li S J, Wu J X, et al. Application of comparison of comprehensive evaluation newly introduced flu-cured tobacco varieties by analysis methods of DTOPSIS and gray correlation[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2012, 18(4): 35-40.)

[17] 杨昆, 吴才文, 覃伟, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法在甘蔗新品种综合评价中的应用比较[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1542-1547. (Yang K, Wu C W, Tan W, et al. Comparison of comprehensive evaluation sugarcane new varieties with DTOPSIS and gray related degree[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(4): 1542-1547.)