

## 灰色关联度分析法在小麦品种(系)筛选试验中的应用

张慧敏, 常鸿杰\*, 王二伟, 耿若飞, 王春英, 贾真真 (平顶山市农业科学院, 河南平顶山 467000)

**摘要** [目的]科学合理地筛选出适宜当地种植的品种(系)。[方法]利用2019—2020年度国家种质资源观测数据,对10个品种(系)的8个性状进行灰色关联度分析。[结果]加权关联系数最高的3个品种依次为平麦189、秋乐2122和平麦998,这3个品种的综合性状最优,与田间表现一致。[结论]灰色关联分析法可以有效地应用于小麦品种(系)的筛选,平麦189、秋乐2122和平麦998适宜在平顶山地区种植。

**关键词** 小麦;灰色关联度分析;综合性状

中图分类号 S512.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)21-0036-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.21.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Application of Gray Relational Degree Analysis in Wheat Varieties(Lines) Screening

ZHANG Hui-min, CHANG Hong-jie, WANG Er-wei et al (Pingdingshan Academy of Agricultural Sciences, Pingdingshan, Henan 467000)

**Abstract** [Objective] To scientifically and rationally screen out the varieties (lines) suitable for local planting. [Method] Using the data of national germplasm resources in 2019–2020, eight characters of ten cultivars (lines) were analyzed by grey correlation degree. [Result] Three varieties with the highest correlation coefficient were in the order of Pingmai 189, Qiule 2122 and Pingmai 998, the three varieties had the best comprehensive traits and were consistent with the field performance. [Conclusion] Grey correlation analysis could be used effectively in wheat varieties (lines) screening, Pingmai 189, Qiule 2122 and Pingmai 998 were suitable for Pingdingshan area.

**Key words** Wheat; Gray relational degree analysis; Comprehensive characters

小麦(*Triticum aestivum* L.)是我国播种面积仅次于玉米和水稻的第三大粮食作物,其产量和品质对我国粮食安全有重大意义,每年新出现的小麦品种(系)数量也在不断增加,如何快速、高效、全面、客观地筛选出适宜当地种植的品种(系)至关重要。灰色关联度分析法克服了单一因素评价小麦品种(系)优劣的局限性,可以对多个性状进行综合评估和量化评估,并且具有样本数量少、操作简单、结果可靠性高等优点,在品种评价和引种筛选过程中具有较高的应用价值<sup>[1-3]</sup>。鉴于此,笔者对10个小麦品种(系)的8个性状进行了关联分析,旨在为筛选出适宜平顶山地区种植的优良品种(系)提供理论参考。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 试验于2019—2020年在平顶山市农业科学院农业研究中心进行,参试材料有10个,分别为中育1326、百农12-116、秋乐2122、周麦18、平麦189、平麦998、平麦02-16、祥瑞339、瑞华1426和西农165。

**1.2 试验设计** 试验田为砂壤土,肥力中等,前茬为玉米,田间试验采用小区种植模式,随机区组排列,3组重复。小区面积3.6 m<sup>2</sup>,行距30 cm等行距播种,每小区6行,行长2 m,田间管理同常规田间试验。

**1.3 性状调查** 试验选取株高、最高分蘖数、有效穗、全生育期、穗长、穗粒质量、千粒质量、产量8个主要性状作为指标对参试品种进行综合评价分析,调查标准根据“国家农作物种质资源平台”“国家作物科学数据中心”发布的“小麦种

质资源数据质量控制规范”进行调查记载。

**1.4 数据分析与统计** 数据采用Excel 2016进行统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 确定“参考品种”** “参考品种”是根据当年生产的实际情况而确定的,是各项性状的理想值,这些指标构成参考序列 $X_0$ ,参试品种的各项指标构成被比较序列 $X_i(i=1, 2, 3\cdots 8)$ ,计算参试品种和“参考品种”之间的关联度,关联度越高,品种综合性状越接近理想值,是较理想的品种(系),反之亦然。原始数据如表1所示。

**2.2 无量纲化处理** 由于各性状量纲不一致,需对原始数据进行无量纲化处理,使数据具有可比较性。以“参考品种”作为参考数列 $X_0(k)$ ,参试品种为参试数列,记为 $X_i(k)$ , $i$ 为参试品种,共10个, $k$ 为某个性状,共8个。该研究利用参试品种(系)数列 $X_i(k)$ 分别除以参考品种数列 $X_0(k)$ ,株高的设定是一个范围(75~80 cm),是根据近年来育种目标确定的,在此范围内的均记为1,低于设定最小值(75),计算为 $75/X_i(k)$ ,高于设定最大值(80)计算为 $X_i(k)/80$ ,无量纲化结果如表2所示,参考品种的无量纲化值全部为1。

**2.3 灰色关联系数的计算** 将各性状数列进行无量纲化处理后,先求出参试品种(系) $x_i(k)$ 与参考品种数列 $x_0(k)$ 的差异绝对值 $\Delta_i(k)$ , $\Delta_i(k) = |X_i(k) - x_0(k)|$ ,结果见表3。由表3可知,整个系统的2级最小差值 $\min \Delta_i(k) = 0$ ,2级最大差值 $\max \Delta_i(k) = 0.4132$ 。根据公式: $\xi_i(k) = \frac{\min \Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max \Delta_i(k)}$ 计算关联系数,其中 $\rho$ 为分辨系数,该研究中 $\rho$ 为0.5,灰色关联系数结果如表4所示。

**2.4 关联度的计算** 等权关联度 $r_i = \frac{1}{n} \sum \xi_i(k) (n=10)$ ,由于育种目标不同,各性状在育种过程中的所占比重不同,引

**基金项目** 农业基础性长期性科技工作国家作物种质资源数据中心观测监测任务项目(ZX01S1714)。

**作者简介** 张慧敏(1990—),女,河南上蔡人,研究实习员,硕士,从事小麦、大豆遗传育种及分子生物学研究。\*通信作者,副研究员,硕士,从事小麦、大豆育种及栽培工作。

**收稿日期** 2021-04-17;修回日期 2021-05-27

入加权关联度的概念,加权关联度  $r'_i = \sum wk \times \xi_i(k)$ ,  $wk$  为不同性状的权重值,权重值根据当地育种需求的具体情况确定(权重值总和为1)。在该研究中各性状的权重值分配如下:

株高 0.06,最高分蘖数 0.06,有效穗 0.12,全生育期 0.06,穗长 0.06,穗粒重 0.1,千粒重 0.12,产量 0.42(表4)。等权关联度及排序、加权关联度及排序结果如表5所示。

表1 不同品种(系)农艺性状的比较

Table 1 Comparison of the agronomic characters of different cultivars (lines)

品种名称 Cultivar name	株高 $k_1$ Plant height cm	最高分蘖数 $k_2$ Maximum tiller number 万/hm <sup>2</sup>	有效穗数 $k_3$ Effective ears 万/hm <sup>2</sup>	全生育期 $k_4$ Whole growth period//d	穗长 $k_5$ Ear length cm	穗粒质量 $k_6$ Ear weight g	千粒质量 $k_7$ 1 000-grain weight//g	产量 $k_{10}$ Yield kg/hm <sup>2</sup>
对照品种 $X_0$ Control	75.00~80.00	2 256.00	993.00	229.00	10.20	2.83	53.00	6 909.00
中育 1326 $X_1$ Zhongyu 1326	80.30	1 646.03	842.86	229.00	9.61	2.44	52.86	6 345.12
百农 12-116 $X_2$ Bainong 12-116	83.70	1 733.33	673.02	229.00	8.54	2.40	49.06	5 643.13
秋乐 2122 $X_3$ Qiule 2122	78.60	1 758.73	904.76	228.00	9.17	2.82	45.06	6 836.33
周麦 18 $X_4$ Zhoumai 18	81.80	2 255.56	834.92	228.00	8.74	2.43	45.01	6 313.07
平麦 189 $X_5$ Pingmai 189	85.90	1 977.78	850.79	229.00	9.07	2.75	48.65	6 908.37
平麦 998 $X_6$ Pingmai 998	84.50	1 822.22	955.56	229.00	9.19	2.75	46.59	6 679.95
平麦 02-16 $X_7$ Pingmai 02-16	85.30	1 674.60	992.06	229.00	9.00	2.36	45.45	6 616.18
祥瑞 339 $X_8$ Xiangrui 339	79.80	1 323.81	958.73	228.00	7.83	2.37	48.57	6 425.82
瑞华 1426 $X_9$ Ruihua 1426	78.30	2 036.51	828.57	228.00	10.10	2.36	46.54	6 160.43
西农 165 $X_{10}$ Xinong 165	79.40	1 877.78	984.13	228.00	8.07	2.60	47.28	6 556.70

表2 无量纲化结果

Table 2 Dimensionless results

品种名称 Cultivar name	株高 $k_1$ Plant height cm	最高分蘖数 $k_2$ Maximum tiller number 万/hm <sup>2</sup>	有效穗数 $k_3$ Effective ears 万/hm <sup>2</sup>	全生育期 $k_4$ Whole growth period//d	穗长 $k_5$ Ear length cm	穗粒质量 $k_6$ Ear weight g	千粒质量 $k_7$ 1 000-grain weight//g	产量 $k_{10}$ Yield kg/hm <sup>2</sup>
对照品种 $X_0$ Control	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
中育 1326 $X_1$ Zhongyu 1326	1.003 8	0.729 6	0.848 8	1.000 0	0.941 8	0.862 8	0.997 3	0.918 4
百农 12-116 $X_2$ Bainong 12-116	1.046 3	0.768 3	0.677 8	1.000 0	0.836 9	0.846 5	0.925 6	0.816 8
秋乐 2122 $X_3$ Qiule 2122	1.000 0	0.779 6	0.911 1	0.995 6	0.898 7	0.997 2	0.850 1	0.989 5
周麦 18 $X_4$ Zhoumai 18	1.022 5	0.999 8	0.840 8	0.995 6	0.856 9	0.860 3	0.849 2	0.913 7
平麦 189 $X_5$ Pingmai 189	1.073 8	0.876 7	0.856 8	1.000 0	0.889 2	0.970 7	0.917 9	0.999 9
平麦 998 $X_6$ Pingmai 998	1.056 3	0.807 7	0.962 3	1.000 0	0.900 7	0.972 9	0.879 0	0.966 8
平麦 02-16 $X_7$ Pingmai 02-16	1.066 3	0.742 3	0.999 1	1.000 0	0.882 0	0.833 0	0.857 5	0.957 6
祥瑞 339 $X_8$ Xiangrui 339	1.000 0	0.586 8	0.965 5	0.995 6	0.767 6	0.835 9	0.916 4	0.930 1
瑞华 1426 $X_9$ Ruihua 1426	1.000 0	0.902 7	0.834 4	0.995 6	0.990 5	0.834 6	0.878 1	0.891 7
西农 165 $X_{10}$ Xinong 165	1.000 0	0.832 3	0.991 1	0.995 6	0.790 8	0.918 8	0.892 1	0.949 0

表3 参试品种与参考品种的绝对差值比较

Table 3 Comparison of the absolute difference between the tested varieties and the reference variety

品种名称 Cultivar name	株高 $k_1$ Plant height cm	最高分蘖数 $k_2$ Maximum tiller number 万/hm <sup>2</sup>	有效穗数 $k_3$ Effective ears 万/hm <sup>2</sup>	全生育期 $k_4$ Whole growth period//d	穗长 $k_5$ Ear length cm	穗粒质量 $k_6$ Ear weight g	千粒质量 $k_7$ 1 000-grain weight//g	产量 $k_{10}$ Yield kg/hm <sup>2</sup>
$\Delta_1(k)$	0.003 7	0.270 4	0.151 2	0.000 0	0.058 2	0.137 2	0.002 7	0.081 6
$\Delta_2(k)$	0.046 2	0.231 7	0.322 2	0.000 0	0.163 1	0.153 5	0.074 4	0.183 2
$\Delta_3(k)$	0.000 0	0.220 4	0.088 9	0.004 4	0.101 3	0.002 8	0.149 9	0.010 5
$\Delta_4(k)$	0.022 5	0.000 2	0.159 2	0.004 4	0.143 1	0.139 7	0.150 8	0.086 3
$\Delta_5(k)$	0.073 8	0.123 3	0.143 2	0.000 0	0.110 8	0.029 3	0.082 1	0.000 1
$\Delta_6(k)$	0.056 2	0.192 3	0.037 7	0.000 0	0.099 3	0.027 1	0.121 0	0.033 2
$\Delta_7(k)$	0.066 2	0.257 7	0.000 9	0.000 0	0.118 0	0.167 0	0.142 5	0.042 4
$\Delta_8(k)$	0.000 0	0.4132	0.034 5	0.004 4	0.232 4	0.164 1	0.083 6	0.069 9
$\Delta_9(k)$	0.000 0	0.097 3	0.165 6	0.004 4	0.009 5	0.165 4	0.121 9	0.108 3
$\Delta_{10}(k)$	0.000 0	0.167 7	0.008 9	0.004 4	0.209 2	0.081 2	0.107 9	0.051 0

灰色关联分析法认为参试品种(系)与参考品种关联系数越大,其性状指标就越接近理想值,更符合试验生产预期<sup>[4]</sup>。由表5可知,无论等权关联度还是加权关联度,关联系数最高的前3位品种(系)相同,分别为秋乐 2122、平麦 998、平麦 189;在实际生产实践中这3个品种也具有较好的

综合表现。应用灰色关联分析法得出的结论与大田生产实际相符合,说明灰色关联分析法在小麦品种(系)筛选试验中具有较大应用价值,能尽快筛选出适宜当地种植的品种(系),但受到气候、土壤等多种因素的影响,仅依靠1年的数据可能具有一定的局限性。

表4 参试品种与参考品种的关联系数  $\xi_i(k)$  及权重系数  $Wk$  比较Table 4 Comparison of correlation coefficient  $\xi_i(k)$  and weight coefficient ( $Wk$ ) of tested varieties and reference variety

品种名称 Cultivar name	株高 $k_1$ Plant height cm	最高分蘖数 $k_2$ Maximum tiller number 万/hm <sup>2</sup>	有效穗数 $k_3$ Effective ears 万/hm <sup>2</sup>	全生育期 $k_4$ Whole growth period//d	穗长 $k_5$ Ear length cm	穗粒质量 $k_6$ Ear weight g	千粒质量 $k_7$ 1 000-grain weight//g	产量 $k_{10}$ Yield kg/hm <sup>2</sup>
$\xi_1(k)$	0.982 2	0.433 1	0.577 4	1.000 0	0.780 3	0.600 9	0.987 2	0.716 8
$\xi_2(k)$	0.817 1	0.471 4	0.390 7	1.000 0	0.558 9	0.573 8	0.735 3	0.530 0
$\xi_3(k)$	1.000 0	0.483 8	0.699 2	0.979 3	0.671 0	0.986 5	0.579 5	0.951 6
$\xi_4(k)$	0.901 8	0.999 0	0.564 8	0.979 3	0.590 7	0.596 6	0.578 0	0.705 5
$\xi_5(k)$	0.736 9	0.626 2	0.590 6	1.000 0	0.650 9	0.875 7	0.715 6	0.999 6
$\xi_6(k)$	0.786 0	0.518 0	0.845 7	1.000 0	0.675 3	0.884 1	0.630 7	0.861 7
$\xi_7(k)$	0.757 2	0.445 0	0.995 5	1.000 0	0.636 5	0.553 0	0.591 9	0.829 8
$\xi_8(k)$	1.000 0	0.333 3	0.856 9	0.979 3	0.470 7	0.557 4	0.711 8	0.747 1
$\xi_9(k)$	1.000 0	0.679 8	0.555 1	0.979 3	0.956 1	0.555 4	0.628 9	0.656 0
$\xi_{10}(k)$	1.000 0	0.552 0	0.958 5	0.979 3	0.496 9	0.718 0	0.656 8	0.802 0
$wk$	0.06	0.06	0.12	0.06	0.06	0.12	0.10	0.42

表5 参试品种的关联度及位次比较

Table 5 The correlation degree and rank of the tested varieties

品种名称 Variety name	等权关联度 Equal weight correlation degree( $r_i$ )	位次 Rank	加权关联度 Weighted correlation degree( $r'_i$ )	位次 Rank
中育 1326 Zhongyu 1326	0.759 7	5	0.732 9	6
百农 12-116 Bainong 12-116	0.634 6	10	0.582 7	10
秋乐 2122 Qiule 2122	0.793 9	1	0.847 9	2
周麦 18 Zhoumai 18	0.739 5	7	0.701 7	8
平麦 189 Pingmai 189	0.774 4	3	0.848 2	1
平麦 998 Pingmai 998	0.775 2	2	0.811 3	3
平麦 02-16 Pingmai 02-16	0.726 1	8	0.763 8	5
祥瑞 339 Xiangrui 339	0.707 1	9	0.721 7	7
瑞华 1426 Ruihua 1426	0.751 3	6	0.688 6	9
西农 165 Xinong 165	0.770 5	4	0.785 4	4

### 3 结论与讨论

灰色关联分析法对小麦新品种(系)进行综合评估既简便又有效,是一种较好的统计分析方法<sup>[5]</sup>。以前对小麦品种的评价多采用单一因素,特别是产量作为唯一的评价标准,这具有非常严重的片面性<sup>[6]</sup>,随着农业产业结构的不断调整,育种者开始更多的将抗病性、抗逆性等品质性状作为综合评价的重要组成部分,但如何将这些性状综合到一起一直是一个难题。灰色关联分析法克服了这一难题,实现了各品质指标的量化处理,将这些不同性状统一起来<sup>[7-8]</sup>。灰色关联分析法已经在花生、大豆、绿豆、草莓、牡丹等多种作物中证实了它在品种(系)引种、筛选方面的可行性和利用价值<sup>[9-13]</sup>。该试验利用灰色关联分析法对10个品种8个性状进行了关联性分析,结果表明关联性最高的前3位品种(系)为平麦189、秋乐2122和平麦189,综合表现较优,与它们在实际生产试验中的表现相一致,这进一步证实了灰色关联分析法在小麦品种(系)筛选过程中的应用价值。

灰色关联分析法的基础是理想品种的构建,应注重参考品种构建的合理性,这需要育种者准确把握育种目标,并将尽可能多的目标性状综合,赋予其合理的权重系数,这样才

能更全面客观地对一个品种(系)的优劣性进行评价<sup>[14-15]</sup>。

该研究共对8个目标性状进行了关联分析,忽视了品种耐旱性、抗病性、籽率品质等性状,将在以后试验中扩大调查范围,对品种(系)做出更加客观公正的评价。在该试验中,等权关联度与加权关联度结果不尽相同,说明育种家对育种目标的把控不同,各个性状的权重系数不同,会对结果产生一定的影响,如何分配权重系数,与品种审定标准需要相一致,同时各育种者可以根据实际需求对权重系数进行合理的调整,在以后的研究中应综合考虑更多的性状,同时对权重系数的合理分配进行探究。

### 参考文献

- [1] 丁明亮,赵红,浦秋红,等.应用灰色关联度分析法对远缘杂交选育的小麦新品系评价[J].西南农业学报,2018,31(2):217-222.
- [2] 杨志刚,田杰英,赛都立.灰色关联度分析法在小麦区域试验中的应用[J].安徽农业科学,2013,41(34):13153-13155.
- [3] 王俊花,邵林生,闫建宾,等.甜玉米主要农艺性状与产量和食用品质的灰色关联度分析[J].河北农业科学,2016,20(5):78-81.
- [4] 牛海龙,刘红欣,李伟堂,等.灰色关联度分析法在花生品种综合评价上的应用[J].东北农业科学,2017,42(5):20-24.
- [5] 赵元增,牟琪,裴玉荣,等.甜玉米主要农艺性状的灰色关联度分析[J].吉林农业大学学报,1999,21(4):12-15,25.
- [6] 张凡,薛鑫,刘国涛,等.基于灰色关联度分析法和聚类分析法筛选小麦高产优质新品种(系)的研究[J].中国农学通报,2020,36(27):6-13.
- [7] 王彬龙,魏艳丽,李瑞国,等.灰色关联度分析法在陕西省旱地小麦区域试验中的应用初探[J].陕西农业科学,2020,66(12):25-27.
- [8] 付亮,范永胜,李洋,等.黄淮麦区小麦新品种(系)灰色关联度分析[J].安徽农业科学,2019,47(2):23-25,56.
- [9] 苗昊翠,李利民,张金波,等.基于灰色关联度分析评价新疆引种花生花育系列品种[J].新疆农业科学,2013,50(1):22-26.
- [10] 汪媛媛,邓军波,杨芳,等.黄淮海大豆新品种(系)在江汉平原的引种表现[J].湖北农业科学,2019,58(24):43-48.
- [11] 陈燕华,李经成,李荣丹,等.基于灰色关联度分析法综合评价24个绿豆新品种(系)在桂南地区的田间性状表现[J].南方农业学报,2020,51(11):2644-2652.
- [12] 杨雷,李莉,董辉,等.应用灰色关联分析法筛选优良草莓新品种(系)[J].江西农业学报,2018,30(12):47-50.
- [13] 刘虹凡,王晓晖,邵安领,等.灰色关联度分析法在切花牡丹品种筛选中的应用[J].江西农业学报,2017,29(6):49-53.
- [14] 邹军,章洁琼,龙英,等.20个鲜食玉米品种产量与主要性状的灰色关联度分析[J].种子,2019,38(11):138-142.
- [15] 李晓花.灰色关联度分析在“早秋麦”品种筛选试验中的应用[J].云南农业科技,2017(3):18-21.