

灰色综合评判在玉米杂交组合筛选中的应用

解松峰^{1,2}, 谢世学¹, 李学宏¹, 王组桥¹, 张百忍¹, 唐德剑^{1,2}, 刘继瑞¹, 周涛¹
(1 陕西省安康市农业科学研究所, 陕西 安康 725021; 2 中国(安康)富硒产品研发中心, 陕西 安康 725000)

摘要:应用灰色系统理论,对玉米杂交组合筛选中的株高、穗位高、穗长、穗粗、秃顶长、行数、行粒数、百粒质量、出籽率9个与产量相关的因素进行了分析.结果表明,玉米组合产量因素与产量的关联度由大到小依次为:行粒数>穗长>百粒质量>行数>出籽率>株高>穗粗>穗位高>秃顶长.根据综合评判值综合评价了28个玉米杂交组合的优劣,将28个玉米杂交组合分为3类,综合表现优良的组合依次为杂交组合18、22、23、21、7、10,其中杂交组合18的综合性状最好($r'=0.913\ 2$);综合表现一般的组合依次为28、12、13、3、5、4、14,其中组合14的综合评价价值最小($r'=0.705\ 0$),综合性状最差;其余组合综合表现较好.综合评判结果与生产实际中的表现基本一致.

关键词:玉米组合; 综合评判; 灰色系统
中图分类号:S513; S503 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2013)02-0125-07

Application of Grey Comprehensive Evaluation to Bolt Combination of
Maize Inbred Lines Breeding

XIE Songfeng^{1,2}, XIE Shixue¹, LI Xuehong¹, WANG Zuqiao¹, ZHANG Bairen¹,
TANG Dejian^{1,2}, LIU Jirui¹, ZHOU Tao¹
(1 Shaanxi Ankang Institute of Agriculture Sciences, Ankang 725021, China;
2 Se-Rich Product R. D. Center, Ankang 725000, China)

Abstract:According to the application of gray system theory, this paper analyzes nine production-related factors —The maize hybrid combination screening in plant height, ear length, splay length, ear diameter, barren tip length, rows per ear, grain per row, 100-grain mass, produce grain rate. The results show that the correlation of maize combination of production factors with yield was described as follows: grain per row > splay length > 100-grain mass > rows per ear > producing grain rate > plant height > ear diameter > ear length > barren tip length. Based on the value of comprehensive evaluation, the advantages and disadvantages of 28 corn hybrids combination, which were divided into three classes, were evaluated. The overall excellent performance combination was 18, 22, 23, 21, 7 and 10, in which hybrid combination 18 performs the best traits ($r' = 0.9132$); combination of 28, 12, 13, 3, 5, 4, 14 performed the average traits. The combination 14 had the minimum value ($r' = 0.705\ 0$) and the worst comprehensive performance while the rest of combination performed better in the middle level. The results of comprehensive evaluation conform with performance in the production practice.

Key words:maize combination; comprehensive evaluation; grey system

收稿日期:2012-02-21 网络出版时间:2013-01-22
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130122.1711.012.html>
作者简介:解松峰(1983—),男,硕士;通信作者:谢世学(1966—),男,高级农艺师, E-mail: www_mike@sina.com; 张百忍(1963—),男,研究员, E-mail: zbr7744@126.com
基金项目:陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2010ZDKG-67); 陕西省科技统筹创新工程计划(2011KTZB02-01-02)

玉米是粮(食)、经(济)、饲(料)、加工、果(蔬)、能(源)于一体的多元用途作物,被誉为 21 世纪的“谷中之王”,在我国玉米是主要粮食作物,种植面积居第 1 位,产量仅次于水稻,处于第 2 位. 在玉米杂交组合筛选上,传统的分析方法仅以产量为基础,很难对组合作出客观的评价^[1]. 灰色综合评价所采用的灰色关联分析是在联合方差分析的基础上,结合育种专家的经验,对一系列性状计算出关联系数,直观、全面评价品种,是对传统区试评价方法的一种补充^[2]. 近年来,在小麦、大麦、玉米、绿豆、柑橘、胡萝卜、苦瓜、香菇、玫瑰花等植物的试验分析中得到应用^[3-11],并取得了较好效果.

本文运用灰色系统理论中的评判原理与方法,对陕西省秦巴山区 28 个玉米杂交组合进行灰色评判,分析了构成组合产量主要性状与产量相互关系及影响产量的主要因素,探讨了灰色系统理论在玉米育种中的综合应用,旨在为提高玉米育种效率,合理评价、准确筛选玉米新组合提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 材料和调查性状

选用 2009 年配制的 28 个组合(表 1),于 2010—2011 年在安康市农业科学研究所试验田进行比较试验. 试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积 20 m²,按统一标准进行田间管理与调查分析,调查分析的主要性状为株高、穗位高、穗长、穗粗、秃顶长、穗行数、行粒数、百粒质量、出籽率 and 小区产量等.

1.2 方法

根据作物灰色育种学的相关理论^[12-13],构建“参考组合”,并进行数据无量纲化处理、关联系数及权重系数计算. 将 28 个玉米杂交组合看作一个灰色系统,每个组合看作是该系统的一个因素,确定本试验理想组合的最优性状值,产量、穗长、穗行数、行粒数、百粒质量等性状取最大值,株高、穗位高、穗粗等性状取中间值,秃顶长取 0,出籽率取 1,同时对各性状先进行无量纲化处理. 本试验中的产量、穗长、穗行数、行粒数、百粒质量、出籽率、穗粗性状属于越大越好,采用上限性状测度,见公式(1);而株高、穗位高属于适中性状,采用适中性状测度,见公式(2);秃顶长采用下限性状测度,见公式(3). 得到数值全是在(0,1)内的新数列,根据原始数据的无量纲化处理结果,计算出 $x_0(k)$ 与 $x_i(k)$ 各对应点的绝对差值和最小差值,即 $\Delta_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)|$, ($i = 1, 2,$

$3, \dots, 10; k = 1, 2, 3, \dots, 9$),然后计算各组合性状差序列值与最优性状差值的达标指数,即关联系数,见公式(3),然后计算出各性状的权重系数,见公式(4). 得出各性状与产量性状的灰色关联度并对其进行规一化处理,确定各性状的权重.

$$r_{iu}^{(k)} = \frac{u_i^{(k)}}{\max u_i^{(k)}}, \tag{1}$$

$$r_{i0}^{(k)} = \frac{u_i^{(k)}}{u_i^{(k)} + |u_{i0}^{(k)} - u_i^{(k)}|}, \tag{2}$$

$$r_{ioo}^{(k)} = \frac{\min u_i^{(k)}}{u_i^{(k)}}, \tag{3}$$

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}. \tag{4}$$

其中, $r_{iu}^{(k)}$ 表示上限性状测度值; $r_{io}^{(k)}$ 表示适中性状测度值; $r_{ioo}^{(k)}$ 表示下限性状测度值; $\varepsilon_i(k)$ 表示关联系数; $u_i^{(k)}$ 表示第 k 个组合第 i 个性状的观察值; $u_{i0}^{(k)}$ 表示第 k 个组合第 i 个性状的适中值; $\max u_i^{(k)}$ 表示第 i 个性状所在组合中的最大值; $\min u_i^{(k)}$ 表示第 i 个性状所在组合中的最小值; $\varepsilon_i(k)$ 表示关联系数; $\Delta_i(k)$ 表示绝对差值; ρ 表示分辨系数,取值范围在[0,1]之间,通常取值为 0. 5; $\max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|$ 和 $\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)|$ 分别表示二级最大差值和最小差值.

关联度及综合评判按下式计算:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k), \tag{5}$$

$$r_i' = \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k) w_k. \tag{6}$$

式中, n 表示评估性状数, w_k 表示加权系数(权重系数), r_i 表示等权关联度, r_i' 表示加权关联度.

2 结果与分析

2.1 参考数列和比较数列的确定

在分析杂交组合优劣时,设参考组合为参考数列,其余 28 个组合为比较序列 $\chi_i(1, 2, \dots, N)$. 在分析产量因素与产量的关系时,设参考数列为 χ_0 ,其余性状为比较数列 $\chi_i(1, 2, \dots, N)$. 本研究中参试组合 10 个性状测定结果见表 1. 由表 1 可以看出,28 个玉米杂交组合 10 个性状表现差异较大,有的组合某个性状表现好,而有的组合表现较差,这就需要进行综合分析,从而确定杂交组合的优劣. 只有在各性状同等重要的情况下,才能用等权关联度去评价不同组合的优劣.

表1 28个杂交组合10个主要性状平均观察值

Tab.1 The average observation values of the ten characters of the 28 hybrid combinations

编号	组合	株高/ cm	穗位高/ cm	穗长/ cm	穗粗/ cm	秃顶长/ cm	穗行数	行粒数	百粒质 量/g	出籽率/ %	产量/ (kg·hm ⁻²)
1	Z1×钰1830	273	117	23.5	5.1	1.0	17.0	42	33.2	81.8	12 150
2	Z1×临1618	235	100	23.5	5.2	0.7	17.0	42	33.0	82.5	10 395
3	LJ07-2×9201	226	105	20.2	5.0	0	18.7	37	29.2	88.9	9 000
4	Z7×87-1	259	110	21.1	5.4	2.5	16.7	36	34.1	79.6	8 775
5	Z7×136-87	226	90	16.8	5.0	1.1	15.3	34	34.0	81.1	8 213
6	A365-1×136-87	274	110	20.5	5.5	1.2	17.3	36	36.5	81.0	10 170
7	A365×1340	271	105	23.0	5.5	1.3	19.0	40	35.2	85.0	11 475
8	A365-2×JCC9	295	125	20.0	5.6	2.0	17.7	37	34.8	83.2	10 665
9	A365-3×87-1	298	122	20.3	5.7	1.9	17.6	39	37.2	79.2	10 508
10	A365-3×6118	290	125	20.1	5.5	1.5	17.0	40	34.8	82.2	10 913
11	长78591×RG-2	220	110	20.0	5.5	0.3	18.0	39	34.2	86.2	11 250
12	520-1×改138	296	137	18.0	5.1	0	16.0	40	31.2	86.2	9 270
13	520-2-1×Q330	284	110	20.1	5.4	1.5	20.0	36	29.9	86.9	9 675
14	520-2-1×铁12-1	232	95	16.4	5.3	0.5	14.6	31	35.3	84.6	7 425
15	520-2-1×黄4-1-1-1-2	295	115	22.1	5.3	0.8	15.3	42	35.6	86.6	10 913
16	520-2-2×05-16-1	265	118	20.9	5.0	0.1	15.3	40	38.6	85.7	10 800
17	528-2-2×RG-2	248	95	22.0	5.3	0.5	16.0	41	35.4	84.4	10 575
18	掖478-3×136-87	253	125	22.6	5.6	0.4	18.0	45	37.1	87.4	12 488
19	G478×1340	250	85	19.1	5.6	0	18.3	38	34.7	88.2	10 913
20	绵11-1×A114-2	296	120	18.6	5.5	1.5	17.0	36	36.2	84.6	9 900
21	AK2201×C6503	273	110	21.2	5.6	2.0	19.0	41	34.4	84.2	11 363
22	AY65-2×RG-2	270	120	21.1	5.5	0.3	18.0	39	37.4	85.3	11 655
23	AY65-2×珏1830-2	263	125	22.4	5.5	1.5	16.3	43	36.9	83.8	11 655
24	AY65-3×Z069	318	130	22.6	4.9	0	14.3	45	40.6	87.7	11 250
25	AY65-3×543	293	118	21.2	5.3	1.8	17.0	37	36.5	85.7	10 800
26	Q330×05-16-2	235	102	21.4	5.5	3.4	19.3	41	29.0	80.9	10 463
27	Q330×RG-2	237	100	20.0	5.6	0.5	19.7	41	28.6	83.1	11 025
28	Q330×136-87	246	100	20.0	5.4	1.6	19.3	40	29.7	82.2	9 900
	参考组合	259	100	23.5	5.7	0	20.0	45	40.6	88.9	12 488

2.2 玉米杂交组合各数量性状与产量的关联度

实践中,反应玉米各性状指标的重要性是不同的,需按各性状的相对重要程度赋予不同的权重系数来求出加权关联度,才能正确全面地评价玉米杂交组合的优劣^[14].从表2可以看出,玉米杂交组合各性状对产量的影响依次为:行粒数>穗长>百粒质量>行数>出籽率>株高>穗粗>穗位高>秃顶

长.依据关联度分析原则,关联度大的序列与参考序列的关系最为密切,关联度小的序列与参考序列的关系则较远.在这些杂交组合中,行粒数与产量的关联度最大,对小区产量的影响最大,其次是穗长、百粒质量等,表明影响这些杂交组合的关键因素是行粒数、穗长、百粒质量,因而选择育种时在综合考虑其他因素的基础上要重点考虑.

表 2 28 个杂交组合各性状与产量的灰色关联系数、关联度(r_i) 及权重(w_i)

Tab.2 Hybrid combination incidences coefficient correlation degree and weight coefficient of each trait										
编号	灰色关联系数									
	株高	穗位高	穗长	穗粗	秃顶长	穗行数	行粒数	百粒质量	出籽率	产量
1	0.948 7	0.948 7	0.948 7	0.876 7	0.339 4	0.802 6	0.926 5	0.763 1	0.904 8	1
2	0.995 9	0.749 0	0.749 0	0.850 5	0.375 3	0.966 1	0.832 1	0.962 2	0.839 5	1
3	0.903 7	0.641 6	0.782 7	0.752 7	0.409 6	0.700 0	0.831 3	0.997 0	0.641 7	1
4	0.627 1	0.627 1	0.719 2	0.664 0	0.415 7	0.790 8	0.837 1	0.784 7	0.721 9	1
5	0.811 3	0.757 0	0.897 3	0.687 5	0.431 9	0.823 3	0.836 3	0.735 5	0.662 5	1
6	0.729 3	0.729 3	0.896 2	0.758 7	0.380 4	0.908 1	0.972 0	0.855 3	0.837 9	1
7	0.860 5	0.860 5	0.893 2	0.901 7	0.352 4	0.941 5	0.943 3	0.905 9	0.930 7	1
8	0.774 1	0.774 1	0.994 1	0.784 8	0.369 3	0.941 7	0.940 1	0.993 9	0.860 1	1
9	0.759 2	0.759 2	0.957 1	0.759 2	0.372 7	0.928 4	0.952 0	0.869 8	0.910 9	1
10	0.798 6	0.798 6	0.960 3	0.833 9	0.363 9	0.954 4	0.970 8	0.967 6	0.907 8	1
11	0.754 6	0.834 6	0.909 4	0.873 3	0.356 9	0.998 2	0.935 9	0.895 2	0.879 0	1
12	0.659 9	0.659 9	0.954 9	0.767 5	0.402 5	0.896 6	0.773 3	0.950 3	0.687 6	1
13	0.689 4	0.689 4	0.861 3	0.734 2	0.392 2	0.689 4	0.952 0	0.928 8	0.711 9	1
14	0.697 7	0.617 2	0.828 8	0.592 8	0.456 8	0.786 9	0.841 3	0.645 3	0.583 3	1
15	0.798 6	0.798 6	0.885 9	0.900 4	0.363 9	0.821 2	0.893 7	0.994 1	0.832 9	1
16	0.787 2	0.787 2	0.953 3	0.961 4	0.366 3	0.833 5	0.954 2	0.853 4	0.834 0	1
17	0.874 6	0.960 1	0.848 4	0.845 7	0.371 2	0.914 3	0.886 1	0.952 2	0.830 1	1
18	0.917 0	1.000 0	0.928 9	0.965 8	0.333 3	0.833 3	1.000 0	0.852 9	0.967 4	1
19	0.894 5	0.787 7	0.891 1	0.810 0	0.363 9	0.924 0	0.944 4	0.963 0	0.809 0	1
20	0.707 0	0.707 0	0.997 4	0.734 6	0.386 8	0.897 3	0.985 8	0.835 0	0.758 7	1
21	0.847 3	0.847 3	0.984 7	0.860 2	0.354 6	0.925 8	0.997 6	0.888 7	0.931 4	1
22	0.882 4	0.882 4	0.933 8	0.925 7	0.348 8	0.937 5	0.882 4	0.976 3	0.949 5	1
23	0.882 4	0.882 4	0.961 8	0.925 7	0.348 8	0.808 6	0.957 4	0.953 4	0.981 3	1
24	0.834 6	0.834 6	0.891 6	0.937 0	0.356 9	0.729 0	0.834 6	0.834 6	0.853 5	1
25	0.787 2	0.787 2	0.930 6	0.872 3	0.366 3	0.971 1	0.921 4	0.936 1	0.834 3	1
26	0.985 3	0.755 1	0.872 9	0.786 6	0.373 7	0.794 6	0.872 2	0.801 9	0.8744	1
27	0.926 8	0.810 2	0.940 9	0.822 0	0.361 6	0.830 4	0.946 6	0.737 0	0.906 9	1
28	0.817 5	0.707 0	0.894 9	0.754 2	0.386 8	0.743 8	0.838 8	0.890 8	0.7907	1
关联度	0.819 7	0.785 5	0.902 4	0.819 3	0.375 1	0.860 4	0.909 3	0.883 0	0.829 8	1
排序	6	8	2	7	9	4	1	3	5	
权重	0.100 2	0.096 0	0.110 3	0.100 1	0.045 8	0.105 1	0.111 1	0.107 9	0.101 4	0.122 2

2.3 玉米杂交组合的综合评判

依据灰色综合评判理论,数据序列关联度最大的杂交组合与育种目标要求最接近,由表 3 可以看出,优良组合的各性状达标指数大部分较高,一般组合的各性状达标指数较低. 杂交组合等级的确定依据灰色综合评判值(加权关联度)的具体分布情况而定. 将 28 个杂交组合分为 3 类(表 4). 由表 4 得出,第 1 类组合有:18、22、23、21、7、10; 第 2 类组合有:

17、8、11、25、19、16、2、15、27、9、26、24、6、20; 第 3 类组合有:28、12、13、3、5、4、14,表现较好的杂交组合是第 1 类,灰色综合评判值较大,第 3 类灰色综合评判值较小.

由加权关联排序(表 4)可知,杂交组合 18 的关联度最大,与参考组合最为接近,关联度为 0.913,其次是杂交组合 22,关联度为 0.905; 第 3 位是组合 23,关联度为 0.903; 第 4 位是组合 21,关联度为

表 3 玉米杂交组合性状的达标指数

Tab. 3 Standard indeces of character maize hybridized combination

编号	株高	穗位高	穗长	穗粗	秃顶长	穗行数	行粒数	百粒质量	出籽率	产量
1	1.000	1.000	1.000	0.837	0.333	0.769	0.882	0.733	0.863	0.949
2	0.747	1.000	1.000	0.863	0.333	0.769	0.882	0.728	0.874	0.749
3	0.689	1.000	0.781	0.813	0.333	0.885	0.738	0.640	1.000	0.642
4	1.000	1.000	0.830	0.919	0.333	0.752	0.714	0.758	0.827	0.627
5	0.689	0.733	0.637	0.813	0.333	0.680	0.672	0.755	0.851	0.594
6	1.000	1.000	0.797	0.950	0.333	0.787	0.714	0.832	0.849	0.729
7	1.000	1.000	0.959	0.950	0.333	0.909	0.818	0.790	0.919	0.861
8	1.000	1.000	0.771	0.983	0.333	0.813	0.738	0.778	0.886	0.774
9	1.000	1.000	0.786	1.000	0.333	0.807	0.790	0.857	0.820	0.759
10	1.000	1.000	0.773	0.950	0.333	0.769	0.818	0.778	0.869	0.799
11	0.656	1.000	0.771	0.950	0.333	0.833	0.790	0.760	0.943	0.835
12	1.000	1.000	0.681	0.825	0.333	0.714	0.818	0.684	0.943	0.660
13	1.000	1.000	0.776	0.919	0.333	1.000	0.714	0.655	0.956	0.689
14	0.726	0.840	0.623	0.890	0.333	0.649	0.616	0.793	0.912	0.552
15	1.000	1.000	0.890	0.876	0.333	0.680	0.882	0.802	0.951	0.799
16	1.000	1.000	0.819	0.813	0.333	0.680	0.818	0.910	0.934	0.787
17	0.860	0.742	0.887	0.890	0.333	0.714	0.849	0.796	0.908	0.766
18	0.917	1.000	0.929	0.966	0.333	0.833	1.000	0.853	0.967	1.000
19	0.882	0.657	0.728	0.983	0.333	0.855	0.763	0.775	0.984	0.799
20	1.000	1.000	0.706	0.950	0.333	0.769	0.714	0.822	0.912	0.707
21	1.000	1.000	0.836	0.983	0.333	0.909	0.849	0.766	0.904	0.847
22	1.000	1.000	0.830	0.950	0.333	0.833	0.790	0.864	0.926	0.882
23	1.000	1.000	0.914	0.950	0.333	0.730	0.918	0.846	0.897	0.882
24	1.000	1.000	0.929	0.790	0.333	0.637	1.000	1.000	0.974	0.835
25	1.000	1.000	0.836	0.890	0.333	0.769	0.738	0.832	0.933	0.787
26	0.747	1.000	0.848	0.950	0.333	0.938	0.849	0.636	0.847	0.755
27	0.762	1.000	0.771	0.983	0.333	0.971	0.849	0.629	0.884	0.810
28	0.840	1.000	0.771	0.919	0.333	0.935	0.818	0.651	0.870	0.707
参考组合	1.000	1.000	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

0.898;第5位是组合7,关联度为0.892.前5个组合中,杂交组合18和7的产量、等权关联度和加权关联度排序是一致的,表明这2个杂交组合产量高、综合性状好,与参考组合较为接近,属于优良组合,可以直接申报区试.组合21、22和23等权关联度和加权关联度排序是一致的,且产量排序分别是第6、3和4位,表现较好,也可以考虑申报区试或下年继续试验.

杂交组合1和11的产量排位较高,分别为第2、第7位,组合等权关联度和加权关联度也较高,都是

第8位,是一个较好的组合.组合11加权关联度排位第10,需要对该组合加以继续观察,提高组合的综合性状,并进一步加大跨地点试验.组合10、17、8加权关联度位次较高,分别为第6、7、9位,但其产量位次较低,分别为第10、16、15位,表明这3个组合除产量性状外其他综合性状较好,下一步试验时要改良产量性状;杂交组合27和24的产量位次较高,分别为第9和8位,其加权关联度却较低,分别为第16和19位,表明这2个杂交组合综合性状较差,需要进行不同点的适应性试验,以观察组合的应用价值.

表 4 各杂交组合的产量、关联度排序及灰色综合评判结果¹⁾

Tab.4 Hybrid combination orders of yeild, correlation degree and the result of grey comprehensive evaluation

编号	I		II		III		等级	评价
	产量	排序	r_i	排序	r_i'	排序		
1	810	2	0.845	8	0.878	8	2	较好
2	693	19	0.832	14	0.862	14	2	较好
3	600	25	0.766	24	0.793	25	3	一般
4	585	26	0.719	27	0.744	27	3	一般
5	548	27	0.764	26	0.789	26	3	一般
6	678	20	0.807	20	0.838	20	2	较好
7	765	5	0.859	5	0.892	5	1	优良
8	711	15	0.843	10	0.877	9	2	较好
9	701	17	0.827	17	0.859	17	2	较好
10	728	10	0.856	6	0.889	6	1	优良
11	750	7	0.844	9	0.877	10	2	较好
12	618	24	0.775	23	0.805	23	3	一般
13	645	23	0.765	25	0.795	24	3	一般
14	495	28	0.705	28	0.728	28	3	一般
15	728	11	0.829	15	0.861	15	2	较好
16	720	13	0.833	13	0.865	13	2	较好
17	705	16	0.848	7	0.879	7	2	较好
18	833	1	0.880	1	0.913	1	1	优良
19	728	12	0.839	12	0.871	12	2	较好
20	660	21	0.801	21	0.833	21	2	较好
21	758	6	0.864	4	0.898	4	1	优良
22	777	3	0.872	2	0.905	2	1	优良
23	777	4	0.870	3	0.904	3	1	优良
24	750	8	0.811	19	0.840	19	2	较好
25	720	14	0.841	11	0.873	11	2	较好
26	698	18	0.812	18	0.841	18	2	较好
27	735	9	0.828	16	0.859	16	2	较好
28	660	22	0.782	22	0.811	22	2	较好

1) 产量以 667.8 m² 计,单位为 kg; r_i 为等权关联度; r_i' 为加权关联度,即灰色综合评判值.

3 讨论与结论

3.1 灰色综合评判在玉米新品种选育中的应用

玉米杂交组合的筛选直接关系到新品种的形成,传统选育品种以产量的表现为重要手段,这也会出现一些问题,产量表现高的玉米杂交组合没有通过区域试验,综合性状表现较好的组合虽产量表现不是最好,却通过品种审定.能否利用简单、便捷的方法对组合表现进行综合评判,而不使优良组合或重要性状漏网?近年来,灰色综合评判逐步被应用在玉米新品种选育上,使人们在分析关键因子时得到全面的信息^[15],利用灰色综合评判值分析玉米杂交组合,计算简单,可以较快地找到影响玉米杂交组

合产量的因素,也可以对不同玉米杂交组合进行分级,从而优中选优,增加选择的针对性,克服了对性状评判的主观性和粗放性.郭瑞林^[13]将杂交组合灰色综合评判原理与方法应用于玉米杂交种区域试验的分析之中,评价出的优良杂交种已在大面积生产上得到广泛应用,取得了显著效果.玉米数量性状尤其是产量是由多基因控制的,必须要有一定的样本量,当样本个体发生变化时,综合评判值也随之发生变化,因此,对玉米杂交组合筛选时,为了提高选择的准确性、预见性,还需和其他统计方法相结合.

3.2 灰色关联度比较

王显立等^[16]分析了 9 个玉米新组合的 9 个数量性状对产量影响的灰色关联度顺序,从大到小:穗位高>千粒质量>株高>出籽率>穗粗>穗行数>穗长>行粒数>生育期;吴敏生等^[17]利用灰色系统理论对 18 个玉米杂交组合的 8 个数量性状进行分析,结果表明,产量因素与产量的关系依次为:行粒数>百粒质量>穗长>株高>穗行数>穗位高>穗粗>播种至抽丝天数;王大春^[18]应用灰色关联度分析法,对 12 个玉米组合的 6 个主要数量性状与籽粒产量进行了分析.结果表明:玉米单交种的产量与各产量性状关联度的大小顺序为:结实长>百粒质量>穗位>株高>生育期>行数;高志军等^[19]用灰色系统理论关联度分析法,对 20 个玉米杂交种株高、穗位高、叶面积、抽雄期、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒质量、出籽率等重要农艺性状和产量等共 11 个性状进行了分析,结果表明,玉米各性状对产量的作用依次为穗粗>穗长>穗行数>出籽率>百粒质量>行粒数>穗位高>叶面积>株高>抽雄期;张君等^[20]运用灰色关联度分析法,对 12 个玉米杂交组合的 14 个主要性状间的相互关系进行了研究分析.结果表明:与产量关系密切的是穗长、百粒质量、穗粗、行粒数,其次是株高、穗位高度、茎粗、叶面积指数.

玉米各性状的重要性依据不同育种目标而不同,因此建立在性状重要性基础上的加权关联度更能反映品种的实际情况.如何合理确定各性状的权重系数,对客观公正评价参试组合的优劣至关重要,只有根据各地生态条件、生产条件和育种实践确定各性状的权重系数,按各性状指标的相对重要性给予一个合理的权重比例,才能更准确、合理地评价玉米新品种,为新品种应用提供可靠依据.

本试验对陕南山区玉米杂交组合筛选中的株高、穗位高、穗长、穗粗、秃顶长、行数、行粒数、百粒质量、出籽率 9 个产量相关因素进行了分析.结果表

明随着生态环境条件等因素的变化,都可能对影响产量的因素造成变换,所以在生产实际中,针对不同的区域及分析对象具体分析,这样才能选出最重要的杂交组合及影响产量的主导因素。

根据灰色关联度的大小,株高、穗位高、穗长、穗粗、秃顶长、穗行数、行粒数、出籽率和百粒质量9个性状中,行粒数、穗长和百粒质量这3个性状对玉米杂交组合的产量影响比较大。玉米组合产量因素与产量的关联度由大到小依次为:行粒数>穗长>百粒质量>行数>出籽率>株高>穗粗>穗位高>秃顶长。同时根据灰色综合评判值(加权关联度)将28个玉米杂交组合分成3类,其中表现优良的组合有7、10、18、21、22、23,表现一般的组合为3、4、5、12、13、14,其余组合表现较好,和生产中的表现基本一致。本试验选用性状没有抗病性、抗倒伏等,这些性状对综合评判结果也有一定影响,所以应选用较多的性状,使评判结果更准确,这些都是在今后的研究中应加以注意的。

参考文献:

- [1] CAMPOS H, COOPER M, HABBEN J E, et al. Improving drought tolerance in maize: A view from industry[J]. *Field Crops Res*, 2004, 90: 19-34.
- [2] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 2008: 1-18.
- [3] 王春平, 张改生, 张伟, 等. 应用模糊综合评判和灰色关联度分析评估小麦新品种[J]. *西北农林科技大学学报*, 2005, 23(8): 127-130.
- [4] 王莹, 黄中文, 刘芳. 二棱啤酒大麦杂种一代及其亲本主要性状的灰色系统分析[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(1): 104-111.
- [5] 赵激. 灰色关联分析法在杂交玉米组合综合评判中的应用研究[J]. *作物研究*, 2002(4): 178-180.
- [6] 孙健敏, 高小丽, 高金锋. 灰色关联度分析法在夏绿豆区域试验品种评价中的应用[J]. *西北农业学报*, 2010, 19(3): 123-126.
- [7] 陈世平, 陈光铭. 灰色系统理论在柑橘新品种(系)综合评价中的应用初探[J]. *江西农业大学学报*, 2000, 22(2): 282-285.
- [8] 张学杰. 不同胡萝卜品种制汁加工特性的灰色关联度分析评价[J]. *食品科学*, 2007, 28(6): 54-56.
- [9] 向长萍, 谢军, 周逊, 等. 灰色系统理论应用于苦瓜主要品种的评估[J]. *园艺学报*, 2001, 28(6): 567-569.
- [10] 王卓仁, 刘启燕, 肖扬, 等. 香菇单孢杂交子代群体灰色关联度和 ISSR 分析[J]. *菌物学报*, 2010, 29(2): 267-272.
- [11] 李艳艳, 丰震, 赵兰勇, 等. 玫瑰花产量灰色分析、Kriging 插值及选择指数研究[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(5): 1429-1435.
- [12] 尹利, 逯晓萍, 傅晓峰, 等. 高丹草杂交种灰色关联分析与评判[J]. *中国草地学报*, 2006, 28(3): 21-25.
- [13] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [14] 王桂跃, 张朝新, 蒋炳松. 应用灰色系统理论综合评估玉米新品种[J]. *种子*, 1998, 93(1): 25-28.
- [15] 刘贤谦, 师光禄, 张厉燕. 应用灰色关联度分析关键因子的研究[J]. *林业科学*, 1996, 32(5): 447-453.
- [16] 王显立, 申流柱, 漆咏雪. 灰色关联分析在黔西北特殊生态区玉米育种中的应用[J]. *玉米科学*, 2006, 14(1): 67-69.
- [17] 吴敏生, 戴景瑞. 灰色系统理论在玉米育种上的综合应用[J]. *华北农学报*, 1999, 14(2): 1-5.
- [18] 王大春. 玉米6个产量性状与产量的灰色关联度分析[J]. *种子*, 2005, 24(7): 66-68.
- [19] 高志军, 侯建华, 刘玉爱, 等. 玉米杂交种的灰色关联度分析[J]. *内蒙古农业大学学报*, 2007, 28(2): 128-131.
- [20] 张君, 王玉武, 杨伟, 等. 玉米主要性状间的灰色关联度分析[J]. *吉林农业大学学报*, 2003, 25(6): 602-605.

【责任编辑 周志红】