



冷静文,尚云成,宫世航,等. 杂交组合灰色评判在玉米高产育种中的应用[J]. 黑龙江农业科学, 2020(2):14-16, 23.

# 杂交组合灰色评判在玉米高产育种中的应用

冷静文,尚云成,宫世航,刘婷婷,王 辉,刘 伟

(吉林省白城市农业科学院,吉林 白城 137000)

**摘要:**为合理评价玉米杂交组合的优劣,本文运用灰色系统理论和方法,对 20 个玉米杂交组合进行灰色评判。结果表明:以高产为育种目标时,可以将组合分成 3 个级别,15(丹 1324×易 7-2)、14(丹 1324×易 7-2)、3(S0073×丹 340)、18(S0073×5003)、8(易 7-2×S0073)、13(5003×S0073)、11(易 7-2×丹 1324)这 7 个组合综合性状表现优秀,被评为一级组合;2(丹 340×S0073)、5(5003×丹 340)、12(S0073×丹 1324)、6(5003×易 7-2)等 6 个组合表现良好,被评为二级组合;其余 7 个组合表现一般,为三级组合。根据计算出的结果,应区别对待 3 个组合,应在下年扩大种植一级组合,重点培养,在二级组合中甄选单株,三级组合没有育种价值应淘汰。

**关键词:**灰色系统;杂交组合;灰色评判;玉米育种

作物育种有其特殊的不确定性,对于育种工作人员来说,育种的整个过程部分已知,部分未知,是典型的灰色系统。作物灰色育种学是 20 世纪 80 年代末 90 年代初诞生的一门新兴边缘学科<sup>[1-5]</sup>。作物的杂交育种技术是应用非常广泛的常规育种手段。通过对杂交组合的选配,选育出更适应生产的优良品种<sup>[6-9]</sup>,这就需要寻找合理的评价杂交组合优劣的方法,用以避免丢失优良基因和错过好的组合,同时减少在不必要的组合上浪费精力。

玉米在我国粮食经济作物中占有重要地位。目前对于玉米杂交组合的选配方法主要还是以育种者工作经验结合方差分析法。近几年,灰色评判在玉米育种中作为一种有效手段也被广泛应用。本文运用灰色系统理论和方法,对 20 个玉米杂交组合进行灰色评判,以期为玉米高产育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2016 年在白城市农业科学院试验地进行,选择生育期相近的 2 组试验材料,共 5 份,分别是丹 1324、S0073、丹 340、5003、易 7-2。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 按双列配制 20 个杂交组合随机区组排列,重复 3 次,共 60 个小区,行长 5 m,行距 60 cm,株距 31.25 cm,每行 16 株,均从中间抽样 3 株进行室内考种。

1.2.2 调查项目及方法 试验共考察 12 个农艺性状,分别为单株产量、株高、茎粗、穗位高度、叶片数、果穗长度、穗粗、穗行数、行粒数、穗重、轴重、百粒重。每个性状测量值为 3 个小区 15 株的平均值。考察这 12 个性状与产量的权重。通过灰色评判最后确定杂交组合的优劣。采用灰色关联分析原理与方法,分析各主要性状对产量的影响,再根据计算结果分出主要性状与次要性状,计算各性状之间的数量关系,并对性状间进行量化、序化,根据排序从而为制定客观合理的育种目标提供科学依据<sup>[10]</sup>。

1.2.3 数据分析 试验数据采用河南大学提供的程序进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 性状测定及最优值确定

在杂交组合灰色评判过程中依据以下 3 个公式进行运算,但采取哪个最优值与最优序列,育种工作者依据实际情况拟定。为方便起见,采用规范化处理的最大值为 1,即杂交组合灰色评判最优序列中,各个性状的最优值均为 1<sup>[9]</sup>。根据本文实际情况,以获得最大产量为目的,所以采取最大值的性状有单株产量、叶片数、果穗长度、穗粗、穗行数、行粒数、穗重、百粒重(公式 1),采取适中值的性状有株高、茎粗、穗位高度(公式 2),采取

收稿日期:2019-09-16

基金项目:白城市科技发展计划(12220800412992077U)。

第一作者:冷静文(1988-),女,学士,研究实习员,从事作物育种研究工作。E-mail: lengjingwen120@126.com。

通信作者:刘伟(1975-),男,学士,研究员,从事作物育种研究工作。E-mail: jlhiliuwei@126.com。

最小值的性状有轴重(公式 3)。

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

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

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

式中,  $r_{iU}^{(k)}$  表示上限性状测度,  $u_i^{(k)}$  表示第  $k$  个组合第  $i$  个性状的观察值,  $\max u_i^{(k)}$  表示第  $i$  个性状在所有组合中的最大值,  $r_{iO}^{(k)}$  表示适中性状测度,  $u_{io}^{(k)}$  表示第  $k$  个组合第  $i$  个性状的适中值。  $r_{iB}^{(k)}$  表示下限性状测度,  $\min u_i^{(k)}$  表示第  $i$  个性状在所有组合中的最小值。

2.2 确定两极差

利用公式(4)求出各组合性状测度值与最优序列的差序列。

$$\Delta_i^{(k)} = |1 - r_i^{(k)}| \tag{4}$$

式中,  $\Delta_i^{(k)}$  表示差序列值,  $r_i^{(k)}$  表示性状测度值。

计算后可找出二级最大差和最小差。最大极差  $M=0.782\ 9$ ;最小极差  $=0$ 。

2.3 计算达标指数及确定各性状权重

在对杂交种进行评价时,根据每个参考性状对于产量等因素的影响作用不同,因而要确定每个性状对于灰色评判的权重。本文采用灰色关联度法计算各性状的权重系数,具体方法与上述所求达标指数相同,只是用产量性状的测度值代替最优序列值,各性状所得值取平均值,然后进行归一化处理,得到各性状的权重系数<sup>[11]</sup>。

利用公式(5)计算各组合性状差序列值与最优性状序列值的达标指数,即灰色关联系数。

$$C_{\alpha}^{(k)} = \frac{m + 0.5M}{\Delta_i^{(k)} + 0.5M} \tag{5}$$

当以产量多少来评判杂交组合的优劣时,单株粒重为参考序列,其余 11 个性状为比较序列,求出各性状与产量性状的灰色关联度并对其进行归一化处理,就得到各性状的权重系数分别为:单株产量(0.1180)、株高(0.0834)、茎粗(0.0380)、穗位高度(0.0727)、叶片数(0.0660)、果穗长度(0.0838)、穗粗(0.1008)、穗行数(0.0766)、行粒数(0.0838)、穗重(0.0843)、轴重(0.0748)、百粒重(0.0812)(表 1)。

表 1 各性状与产量性状的关联度及权重

Table 1 The correlation degree and weight between the traits and yield

项目 Itmes	关联度 Correlation degree	权重 Weight
单株产量 Yield per plant	1.000	0.118
株高 Plant height	0.7070	0.0834
茎粗 Stem diameter	0.6253	0.0380
穗位高度 Ear height	0.6157	0.0727
叶片数 Leaf number	0.5595	0.0660
穗长 Ear lenght	0.7099	0.0838
穗粗 Ear diameter	0.8538	0.1008
穗行数 Row number per ear	0.6490	0.0766
行粒数 Grain number per row	0.7104	0.0838
穗重 Ear weight	0.7198	0.0843
轴重 Cob weight	0.6340	0.0748
百粒重 100-grain weight	0.6884	0.0812

2.4 计算灰色综合评判值并排出组合位次

利用公式(6)计算灰色综合评判值,即灰色关联度  $G^{(k)}$ ,列于表 2。

$$G^{(k)} = \sum_{i=1}^n C_{\alpha}^{(k)} \times W_i \tag{6}$$

式中,  $G^{(k)}$  表示灰色关联度,  $W_i$  表示第  $i$  个性状的权系数,即权重。

依据灰色综合评判值,排列出各组合的位次和等级。对杂交组合等级标准的确定,原则上保持优良组合数不超过总组合数 1/3 的水平。在以产量作为育种目标时,根据原则规定  $G^{(k)} \geq 0.685\ 5$  的组合为 1 级组合,  $0.637\ 9 < G^{(k)} < 0.685\ 5$  为 2 级组合,  $G^{(k)} \leq 0.637\ 9$  为 3 级组合,据此可将各组合划分 3 个等级。一级组合有 7 个,分别是组合 15(S0073×易 7-2)、14(丹 1324×易 7-2)、3(S0073×丹 340)、18(S0073×5003)、8(易 7-2×S0073)、13(5003×S0073)、11(易 7-2×丹 1324),这 7 个组合是重点组合,其中组合 15 表现最好,14 次之;二级组合有 6 个,分别是组合 2(丹 340×S0073)、5(5003×丹 340)、12(S0073×丹 1324)、6(5003×易 7-2)、7(丹 340×丹 1324)、19(易 7-2×丹 340),其他 7 个组合为三级组合,包括 10(丹 340×易 7-2)、4(丹 1324×5003)、20(易 7-2×5003)、1(丹 1324×S0073)、17(丹 1324×丹 340)、9(丹 340×5003)、16(5003×丹 1324)(表 2)。

表 2 20 个玉米 F<sub>1</sub> 杂交组合以单株粒重育种目标的灰色评判结果

Table 2 Grey evaluation results of 20 F<sub>1</sub> hybrids combination with the goal of grain weight per plant

组合 Combination	评判值 Evaluation value	排序 Sequencing	等级 Grade	评价 Evaluation
1(丹 1324×S0073)	0.6126	17	三	一般
2(丹 340×S0073)	0.6841	8	二	良好
3(S0073×丹 340)	0.7040	3	一	优秀
4(丹 1324×5003)	0.6343	15	三	一般
5(5003×丹 340)	0.6691	9	二	良好
6(5003×易 7-2)	0.6466	11	二	良好
7(丹 340×丹 1324)	0.6415	12	二	良好
8(易 7-2×S0073)	0.6979	5	一	优秀
9(丹 340×5003)	0.6133	19	三	一般
10(丹 340×易 7-2)	0.6379	14	三	一般
11(易 7-2×丹 1324)	0.6855	7	一	优秀
12(S0073×丹 1324)	0.6620	10	二	良好
13(5003×S0073)	0.6873	6	一	优秀
14(丹 1324×易 7-2)	0.7227	2	一	优秀
15(S0073×易 7-2)	0.7649	1	一	优秀
16(5003×丹 1324)	0.6055	20	三	一般
17(丹 1324×丹 340)	0.6212	18	三	一般
18(S0073×5003)	0.7026	4	一	优秀
19(易 7-2×丹 340)	0.6381	13	二	良好
20(易 7-2×5003)	0.6334	16	三	一般

3 结论与讨论

本文采用灰色关联度分析法<sup>[12]</sup>,更好地确定了各个性状的权重,进而确定了重点组合。灰色评判系统通过对一个合理的权重系数计算出各个性状的灰色关联度,再对各个组合进行排序定等级,方便易行,不需要严格的田间试验,容易理解,为以后的育种工作节约了时间。

通过灰色评判系统,本文对 20 个玉米杂交组合进行了高产育种方面的灰色评判,根据对权重的具体分析,选出了 7 个一级组合,6 个二级组合和 7 个三级组合,在面临大量组合的时候,灰色评判能很好地给育种工作者一个方向,使更多的精力集中在优秀组合上,为新品种的育成提供了可靠保证,加快了育种进程。

参考文献:

[1] 董灵艳,袁海涛,李凤瑞,等. 杂交组合灰色评判在棉花育种上的应用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2017, 48(6):67-72.

[2] 赵金环. 灰色评判系统在花生育种中的应用[J]. 安徽农业科学, 2009(21):9925-9926.

[3] 郭瑞林,薛国典,宋长江,等. 作物灰色育种的提出与应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 1994, 10(S):334-338.

[4] 孙健敏,高小丽,高金锋,等. 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.

[5] 郭瑞林. 作物灰色育种学[M]. 北京:科学出版社, 1995.

[6] 单彩云,魏玉光,张延军,等. 黑龙江省大豆主裁品种主要性状灰色关联度分析[J]. 大豆科学, 2009, 28(5):945-948.

[7] 姜永平,吴春芳,刘水东. 灰色关联度分析法在鲜食大豆区试结果分析中的应用[J]. 现代农业科技, 2008(19): 221-223.

[8] 孙健敏,高小丽,柴岩. 灰色关联多维综合评判在小豆区域试验品种评价中的应用[J]. 种子, 2009(10):83-85.

[9] 程亮. 有限结荚习性大豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 山东农业科学, 2009(8):28-29.

[10] 郭瑞林,王占中. 作物灰色育种电脑决策系统及其应用[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2008:67-111.

[11] 段学艳,樊云茜,卫玲,等. 灰色综合评判法在食用向日葵杂交种评价中的应用[J]. 杂粮作物, 2009, 29(2): 86-88.

[12] 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(自然科学版), 2007(2): 128-131.

(下转第 23 页)

head blight resistance in wheat[J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(8): 786-791.

[2] 吕超, 姚琴, 周荣华, 等. 小麦抗赤霉病种质资源的鉴定与筛选[J]. 上海农业学报, 2012, 28(4): 75-79.

[3] 温明星, 陈爱大, 杨红福. 小麦抗赤霉病研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012(8): 113-114.

[4] Kolb F L, Bai G H, Muehlbauer G J, et al. Host and plant resistance genes for *Fusarium* head blight mapping and manipulation with molecular markers[J]. Crop Science, 2001, 41: 611-619.

[5] Buerstmayr H, Lemmens M, Hartl L. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (type II resistance)[J]. Theor Appl Genet, 2002, 104: 84-91.

[6] 余桂红, 任丽娟. 分子标记在小麦抗赤霉病辅助育种中的应用[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(3): 189-191.

[7] 陈建莉. 小麦赤霉病抗源苏麦 3 号的抗性遗传及育种策略[J]. 陕西农业科学, 1989(2): 2-5.

[8] 李伟. 小麦赤霉病发生的气象条件及防治对策[J]. 农业技术与装备, 2013(2): 48-49.

[9] 辛筱筱, 栗孟飞, 刘媛, 等. 不同水分条件下小麦回交导入系群体旗叶持绿性与千粒重的遗传相关分析[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 213-218.

[10] 马鸿翔, 张旭, 任丽娟, 等. 小麦赤霉病抗性 QTL 分子标记及辅助选择研究进展[M]//植物细胞工程与分子育种技术研究. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 186-193.

## Application of Molecular Assisted Breeding in Germplasm Innovation Against *Fusarium* Head Blight

CHE Jing-yu, SHAO Li-gang, LI Chang-hui, MA Yong, ZHANG Qi-chang, LIU Ning-tao, TIAN Chao, YIN Xue-wei

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161000, China)

**Abstract:** In recent years, scab has spread to most of North America and Europe and become a worldwide wheat disease. In the middle and lower reaches of the Yangtze river in China, the winter wheat area in south China and the spring wheat area in northeast China, the damage of wheat scab is serious. In order to promote the heavy resistance breeding of wheat, for feeling wheat varieties Longmai33 receptor parent (recurrent parent), to resist the wheat varieties Kechun No. 5 as the donor parent, using chain of SSR molecular markers closely with heavy Xgwm533, Xgwm493 auxiliary selection, combining with the field selection method to build 70 backcross introgression lines colony, and their resistance to scab was identified under different ecological conditions. The results showed that through single floret injection inoculation, two of the 70 backcross introgression lines materials with medium resistance to scab were screened out. The backcross introgression lines was more severe in the experimental site of Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, followed by the environment of the scientific research institute of Jiusan administration bureau, and less severe in the environment of Labudalin farm in Inner Mongolia. The main influencing factors were precipitation and average temperature in June during the flowering period of wheat.

**Keywords:** Molecular assisted breeding; wheat scab; germplasm innovation

(上接第 16 页)

## Hybrid Combinations Grey System Application in High Yield Breeding of Maize

LENG Jing-wen, SHANG Yun-cheng, GONG Shi-hang, LIU Ting-ting, WANG Hui, LIU Wei

(Baicheng Academy of Agricultural Science, Baicheng 137000, China)

**Abstract:** In order to evaluate the hybrid combination of maize reasonably, in this paper, the grey system theory and method were used to evaluate 20 maize hybrid combinations. The results showed that when high yield was the breeding goal, the combination could be divided into three levels, for breeding objectives, high yield divided into 3, 15 (Dan 1324 × Yi 7-2), 14 (Dan 1324 × Yi 7-2), 3 (S0073 × Dan 340), 18 (S0073 × 5003), 8 (Yi 7-2 × S0073), 13 (5003 × S0073), 11 (Yi 7-2 × Dan 1324) this seven combination comprehensive characteristic, was named grade 1 combination; 2 (Dan 340 × S0073), 5 (5003 Dan × 340), 12 (S0073 × Dan1324), 6 (5003 × Yi 7-2), 7 (Dan 340 × Dan 1324), 19 (Yi 7-2 × Dan 340) 6 combination to perform well, was rated grade 2 combination; The rest of the seven combination to behave, a category three combination commonly. According to the results calculated, should differentiate between the three combination, should expand next year combined, cultivate planting level in the secondary portfolio selection, plant, the three combination no breeding value should be eliminated.

**Keywords:** gray system; hybrid combination; grey evaluation; maize breeding