

灰色关联度分析法在玉米育种中的应用

卓德众 刘启华 郭红甫

(河南省濮阳农科所, 濮阳 457000)

摘要 用灰色关联度分析法, 对我所 1995 年玉米产量比较试验的调查结果进行综合、定量考查, 较全面地分析评估了各个组合的综合表现及各性状的作用与关系, 提高了试验的全面性、系统性和可行性, 为鉴定和培育玉米新品种提供了科学依据。

关键词 玉米 杂交组合 关联度分析

灰色关联度分析法因具有所需样本小、方法简便、信息量大等优点, 而得到了作物育种、品种鉴定和筛选等方面较广泛的探索和试用, 效果良好。现将我们在玉米新组合鉴定中运用灰色关联度分析法取得的一些结果作以介绍, 旨在为玉米新品种选育提供科学依据和方法。

1 材料与方法

1.1 材料

选用本所 1995 年夏玉米产比试验材料, 供试新杂交组合 8 个:

092-12×78599-331 (X_1)	AP ₇ ×094-6 (X_2)
丹东 232×87-1 (X_3)	092-4×78599-334 (X_4)
092-9×84228 (X_5)	478×094-4 (X_6)
78599-334×A39 (X_7)	092-2×78599-334 (X_8)

以掖单 19(X_9)为对照。田间试验采用随机区组设计, 3 次重复, 4 行区, 行长 5m, 株距 0.23m, 行距 0.67m, 小区面积为 6.7m²。分别调查各组合的生育期、株高、穗位高、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重和出子率等性状, 整区收获计产折单产。

1.2 方法

按照灰色系统理论, 把参加产比试验的 9 个杂交组合视为一个灰色系统, 把每个组合视为该系统中的一个因素, 计算系统中各因素的关联度, 关联度越大, 则因素的相似程

度就越高, 反之则低。根据玉米育种目标的要求和试验结果, 若先设一个“理想组合”, 以其各项性状指标构成一个参考数列 X_0 。以 9 个参试组合的各项性状指标构成被比较数列。其参考数列和被比较数列是:

$$X_0^{(K)} = [X_0^{(1)}, X_0^{(2)}, \dots, X_0^{(n)}]$$

$$X_i^{(K)} = [X_i^{(1)}, X_i^{(2)}, \dots, X_i^{(n)}]$$

关联系数为 $\xi_i^{(K)}$, 即 X_0 与 X_i 在 K 点的关联系数为:

$$\xi_i^{(K)} = \frac{\min_k \min_i |X_0(K) - X_i(K)| + P \max_k \max_i |X_0(K) - X_i(K)|}{|X_0(K) - X_i(K)| + P \max_k \max_i |X_0(K) - X_i(K)|} \quad \text{---①}$$

$$\bar{r}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i^{(K)} \quad \text{---②}$$

式中 $|X_0(K) - X_i(K)|$ 表示 X_0 数列在 K 点的绝对差值, 用 $\Delta_i(K)$ 表示。 $\min_k \min_i |X_0(K) - X_i(K)|$ 称为二级最小差, 其中 $\min_k |X_0(K) - X_i(K)|$ 是一级最小差, 表示 X_0 数列与 X_i 数列在对应 K 点差值中的最小值。 $\max_i \max_k |X_0(K) - X_i(K)|$ 称为二级最大差, 含义

与二级最小差相似。P 为分辨系数,取值范围在 0—1 之间,一般取 $P=0.5$ 。 r_i 为 X_i 的关联系数均值,是比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的等权关联度。

2 结果与分析

2.1 构造“理想组合”

表 1 供试组合与理想组合主要性状值

杂交组合	单产 kg/hm ²	生育 日数 (天)	株 高 (cm)	穗 位 高 (cm)	果 穗 长 (cm)	穗 粗 (cm)	穗 行 数 (行)	行 粒 数 (个)	千 粒 重 (g)	出 子 率 (%)
X_0	9000	118	286.0	138	18	5.4	18.0	34.0	340	88.0
X_1	7590	112	279.0	137	17.2	5.2	15.4	28.6	268.5	81.8
X_2	7800	112	283.0	127	15.8	5.2	16.0	26.8	313.0	86.0
X_3	5940	115	283.6	119	13.3	5.1	17.8	21.4	246.8	77.6
X_4	7080	112	278.0	128	15.9	5.1	16.0	32.4	196.7	84.2
X_5	8685	117	285.0	113	17.7	4.9	17.2	33.1	327.0	83.5
X_6	7500	112	265.0	110	17.9	4.6	13.4	31.4	285.5	86.1
X_7	7050	112	253.0	119	14.3	5.3	14.0	28.7	338.5	86.2
X_8	8175	115	273.0	134	17.5	5.1	15.0	31.1	317.0	83.1
X_9	6915	112	269.4	110	14.0	5.0	14.4	22.7	287.7	87.1

2.2 无量纲化处理

将原始数据进行无量纲化处理,常用的方法有初值化和均值化两种,本文采用初值

化,即 X_0 数列分别去除 X_i 数列,结果列于表 2。

表 2 无量纲化处理

X_i	K									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
X_1	0.8433	0.9492	0.9755	0.9928	0.9556	0.9630	0.8556	0.8412	0.7897	0.9295
X_2	0.8667	0.9492	0.9895	0.9203	0.8778	0.9630	0.8889	0.7882	0.9206	0.9773
X_3	0.6650	0.9746	0.9916	0.8623	0.7389	0.9444	0.9889	0.6294	0.7259	0.8818
X_4	0.7867	0.9492	0.9720	0.9275	0.8833	0.9444	0.8889	0.9529	0.5785	0.9568
X_5	0.9650	0.9915	0.9965	0.8188	0.9833	0.9074	0.9556	0.9735	0.9618	0.9489
X_6	0.8333	0.9492	0.9266	0.7971	0.9944	0.8519	0.7444	0.9235	0.8397	0.9784
X_7	0.7033	0.9492	0.8846	0.8623	0.7944	0.9815	0.7778	0.8441	0.9956	0.9795
X_8	0.9083	0.9746	0.9545	0.9710	0.9722	0.9444	0.8333	0.9147	0.9324	0.9443
X_9	0.7683	0.9492	0.9420	0.7971	0.7778	0.9259	0.8000	0.6676	0.8462	0.9898

2.3 求两个层次差和关联系数

首先,根据表 2 由 $\Delta_i(K) = |X_0(K) - X_i(K)|$ ($i=1,2,\dots,9,k=1,2,\dots,10$),分别

计算出 X_0 与 X_i 各对应点的绝对差值。结果见表 3。

表 3 X₀ 与 X_i 的 绝 对 差 值

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
△ ₁ (K)	0.1567	0.0508	0.0245	0.0072	0.0444	0.0370	0.1444	0.1538	0.2102	0.0705
△ ₂ (K)	0.1333	0.0508	0.0105	0.0797	0.1222	0.0370	0.1111	0.2118	0.0794	0.0227
△ ₃ (K)	0.3350	0.0254	0.0084	0.1377	0.2611	0.0556	0.0111	0.3706	0.2741	0.1182
△ ₄ (K)	0.2133	0.0508	0.0280	0.0725	0.1167	0.0556	0.1111	0.0471	0.4215	0.0432
△ ₅ (K)	0.0350	0.0085	0.0035	0.1812	0.0167	0.0926	0.0444	0.0265	0.0382	0.0511
△ ₆ (K)	0.1667	0.0508	0.0734	0.2029	0.0056	0.1481	0.2556	0.0765	0.1603	0.0216
△ ₇ (K)	0.2167	0.0508	0.1154	0.1377	0.2056	0.0185	0.2222	0.1559	0.0044	0.0205
△ ₈ (K)	0.0917	0.0254	0.0455	0.0290	0.0278	0.0556	0.1667	0.0853	0.0676	0.0557
△ ₉ (K)	0.2317	0.0580	0.0580	0.2029	0.2222	0.0741	0.2000	0.3324	0.1538	0.0102

由表 3 中可知 $\min_i \min_k |X_0(K)-X_i(K)|$
= 0.0035, $\max_i \max_k |X_0(K)-X_i(K)| =$
0.4215, 将求得的两层次差值代入公式①,
并取 P=0.5, 则:

$\xi_i(K) = \frac{0.0035 + 0.5 \times 0.4215}{\Delta_i(K) + 0.5 \times 0.4215}$
把表 3 的相对应的 $\Delta_i(K)$ 值代入上式,
即可得到 X₀ 对 X_i 各性状的关联系数, 结果
列于表 4。

表 4 供试组合与理想组合的关联系数

K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ξ ₁ (K)	0.5831	0.8192	0.9107	0.9830	0.8397	0.8648	0.6033	0.5798	0.5090	0.7618
ξ ₂ (K)	0.6227	0.8192	0.9684	0.7376	0.6435	0.8648	0.6657	0.5070	0.7384	0.9178
ξ ₃ (K)	0.3926	0.9073	0.9776	0.6149	0.4541	0.8044	0.9657	0.3685	0.4419	0.6513
ξ ₄ (K)	0.5052	0.8192	0.8974	0.7564	0.6543	0.8044	0.6657	0.8309	0.3389	0.8437
ξ ₅ (K)	0.8718	0.9772	1.0000	0.5446	0.9420	0.7063	0.8397	0.9031	0.8606	0.8182
ξ ₆ (K)	0.5676	0.8192	0.7540	0.5179	0.9903	0.5970	0.4594	0.7459	0.5774	0.9221
ξ ₇ (K)	0.5012	0.8192	0.6569	0.6149	0.5146	0.9346	0.4949	0.5843	0.9958	0.9265
ξ ₈ (K)	0.7084	0.9073	0.8361	0.8936	0.8981	0.8044	0.5676	0.7237	0.7697	0.8041
ξ ₉ (K)	0.4842	0.8192	0.7972	0.5179	0.4949	0.7522	0.5216	0.3945	0.5877	0.9697
WK	0.28	0.05	0.05	0.02	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

2.4 求关联度

将算出的各关联度系数代入公式②, 即可得出各供试组合与理想组合的等权关联度, 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品种的优劣。事实上, 玉米各项性状的重要性是不同的, 需按各性状的相对重要程度来求出加权关联度, 才能正确、全面地评价玉米杂交组合的优劣。当赋

于各关联系数不同的权重后, 可由式

$$r_i = \sum_{k=1}^n WK \cdot \xi_i(K)$$

计算加权关联度, WK 为各关联系数的权重系数。根据以往研究结果、经验、育种目标及当地的生态环境给出不同的权重系数列于表 4, 现将等权关联度和加权关联度及其排序列于表 5。

表 5 供试组合与理想组合的关联度及关联序

组 合	等权关联度		加权关联度		产量结果
	关联度	关联序	关联度	关联序	
X ₁	0.7454	4	0.6852	4	4
X ₂	0.7485	3	0.7122	3	3
X ₃	0.6578	8	0.5851	9	9
X ₄	0.7116	5	0.6562	7	6
X ₅	0.8466	1	0.8609	1	1
X ₆	0.6951	7	0.6772	5	5
X ₇	0.7043	6	0.6715	6	7
X ₈	0.7913	2	0.7602	2	2
X ₉	0.6339	9	0.5988	8	8

2.5 关联分析与评价

2.5.1 组合

由表 5 可知,等权关联序、加权关联序、产量位序三者前 1~4 位($X_5>X_8>X_2>X_1$)是一致的,表明该 4 个组合的综合性状是良好的,产量是稳定的。加权关联序与产量位序相对比,仅有第 6 位(X_7)与第 7 位(X_4)位次倒置外,其余全部对应一致,表明结合育种目标选择的权重系数是合理的,育种目标是符合实际的。

按照灰色系统理论关联分析原理,关联度大的数列与参考数列最为接近。由加权关联序排序可知,092-9×84228(X_5)关联序最大为 0.8609,与理想组合最接近,综合性

状最好产量最高;其次是 092-2×78599-334(X_8)关联度为 0.7660;再次为 A97×094-6(X_2)关联度为 0.7198;丹东 232×87-1(X_3)关联度最小为 0.5909,表现最差,产量也最低,其它组合表现居中。各组合关联度依次排序为 $X_5>X_8>X_2>X_1>X_6>X_7>X_4>X_9>X_3$,此评估结果与产比试验报告的评价相吻合。

2.5.2 性状

为进一步考查各主要性状的作用及关联程度,用 $rk = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i(k)$ 进行计算,结果列于表 6。

表 6 供试组合各主要性状的关联度及关联序

	生育期	株高	穗位高	穗长	穗粗	穗行数	行粒数	千粒重	出子率
	0.8563	0.8665	0.6870	0.7146	0.7925	0.6426	0.6264	0.6466	0.8461
位 序	2	1	6	5	4	8	9	7	3

从表 6 可知,玉米各性状对产量的作用依次为株高>生育期>出子率>穗粗>穗长>穗位高>千粒重>穗行数>行粒数。这说明玉米育种应在保持一定株高和生育期的前提下,以果穗粗而长、出子率和千粒重较高、穗行数和行粒数较多、穗位适中为主要选择目标。该试验的前 4 名均较符合上述性状要求,可作为重点培育。

3 讨 论

灰色关联度分析法,把试验看成一个灰色系统,通过分析结果表明,既正确全面地评价了各个品种,又十分便捷地分析出各主要性状的作用与联系,解决了育种工作中长期难于解决的难题。因此,此法在作物育种上应用非常有意义。

就玉米育种而言,过去育种目标长期在

几个主要性状之间左右摇摆,一会儿追求矮秆大穗,一会儿追求大穗早熟,另有就是矮秆大穗早熟,莫衷一是,但往往由于偏离实际而成效甚微。通过灰色关联度分析发现,玉米高产与株高、生育期关系密切,穗部性状方面与出子率、穗粗、穗长、千粒重关系较大,穗位以适中为宜,这个结果与前人有关研究有许多相近之处,为以后的育种工作提供了有价值的理论依据或参考。

参 考 文 献

1 邓聚龙. 灰色系统与农业.《山西农业科学》,1985(5):34-37
2 刘录祥等. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探.《中国农业科学》,1989(2):22-27
3 于树林. 灰色系统理论在玉米新品种综合评估中的应用.《玉米科学》,1994(2):6-8