

基于灰色关联度分析的玉米新组合产量及相关性状评价

魏 锋, 马 毅, 洪德峰, 张学舜* (河南省新乡市农业科学院, 河南新乡 453003)

摘要 对2015年25个玉米新组合的13个性状进行灰色关联度分析, 结果表明各性状与产量的关联度依次是穗粗、百粒重、行粒数、穗长、穗行数、倒伏倒折率、穗轴直径、出籽率、生育期、株高、穗位高、100 d 籽粒含水量, 综合评价最优的组合为XX₂₃, 与育种目标最接近, 其次是XX₂₄和XX₂₁, 综合评价最差的组合为XX₂₅, 较差的还有XX₂₂、XX₁₄。多性状、多点、多年度考察对玉米新组合评价十分重要, 综合灰色关联度加权法使新品种的选育和评价更加科学和客观。

关键词 灰色关联度分析; 玉米; 组合; 评价

中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)32-0012-05

Comprehensive Evaluation of Yield and Correlative Traits of New Corn Combination on the Basis of Grey Correlative Analysis

WEI Feng, MA Yi, HONG De-feng, ZHANG Xue-shun* et al (Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453003)

Abstract Gray correlative analysis was used to evaluate 25 new corn combinations comprehensively. The result showed the order of correlative traits of yield by the related degree from large to small was: ear diameter, hundred kernel weight, kernels per row, ear length, ear row number, lodging and break rate, corn cob diameter, seed producing rate, period, plant height, ear height, 100 d moisture. Variety XX₂₃ recorded highest comprehensive evaluation value and was the nearest to breeding target, followed by variety XX₂₄ and variety XX₂₁. Variety XX₂₅ was the lowest among all varieties, variety XX₂₂ and variety XX₁₄ were less perfect either. It's important to study the varieties by multi-traits and in multi-loci as well as on multi-ages. The grey correlative analysis makes the breeding and evaluation of new varieties more scientific and objective.

Key words Grey correlative analysis; Corn; Combination; Evaluation

品种选育是个复杂的过程, 评价品种优劣是对多项性状指标进行综合评估。过去对产量相关性状多采用直观分析, 结果相互独立, 缺乏关联性。灰色关联度分析法可以避免常规分析方法的缺点, 因其具有所需样本小、方法简便、信息量大等优点^[1], 在作物育种、品种鉴定和筛选等方面得到了较广泛的探索和试用, 效果良好^[2-3]。该研究利用灰色关联度分析法评价25个玉米新组合, 明确穗长、穗粗、穗行数、行粒数、百粒重、出籽率、株高、穗位高等性状与产量的密切程度, 比较各种因素对玉米新组合的影响程度, 以期对玉米新组合的准确评估提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料 供试材料为25个杂交玉米新组合(编号XX₁~XX₂₅)及理想模型代表品种郑单958、先玉335。试验于2015年在河南省新乡市农业科学院辉县试验基地进行, 前茬作物为小麦。

1.2 试验设计 按完全随机区组设计, 3次重复, 小区面积9.6 m², 4行区, 收获中间2行计产, 行长4.0 m, 行距0.6 m, 种植密度为7.5 × 10⁴ 株/hm²。大喇叭口期一次性追施尿素与复合肥各750 kg/hm²。

1.3 调查项目 调查穗粗、穗长、穗行数、行粒数、穗轴直径、百粒重、株高、穗位高、出籽率、生育期、100 d 籽粒含水量、倒伏倒折率、产量13个性状。

1.4 数据处理 由于各评价指标的量化值所在区间不完全相同, 因此对各评价值进行无量纲化处理。该研究分别利用育种目标各性状值为参考行, 将各个组合的穗粗、穗长、穗行

数、行粒数、穗轴直径、百粒重、株高、穗位高、出籽率、生育期、100 d 籽粒含水量、产量12个性状数值除以育种目标对应性状的数值, 得到标准化值; 倒伏倒折率以0为育种目标, 计算各组合未倒伏倒折率, 得到标准化值。得到标准化值后, 分别依据式(1)、(2)和(3)求关联系数、等权关联度和加权关联度。

$$\xi_i = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \Delta_{\max}} \quad (1)$$

式中, ξ_i 为关联系数, $\Delta_{\min}$ 为最小绝对差, $\Delta_{\max}$ 为最大绝对差, $|x_0(k) - x_i(k)|$ 为各点绝对差, 一般分辨系数 ρ 取0.5。

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i \quad (2)$$

$$r'_i = \sum_{k=1}^N W_k \xi_i \quad (3)$$

式中, r_i 为等权关联度, r'_i 为加权关联度, W_k 为各农艺性状的权重系数。根据有关资料及育种家的经验, 各性状权重系数分别为: 穗粗0.05、穗长0.05、穗行数0.06、行粒数0.06、穗轴直径0.02、百粒重0.06、株高0.02、穗位高0.02、出籽率0.03、生育期0.01、100 d 籽粒含水量0.01、倒伏倒折率0.01、产量0.60。

2 结果与分析

2.1 组合间比较

2.1.1 评价矩阵的构建。 通过统计、抽样等方法对25个待评价组合的穗粗、穗长、穗行数、行粒数等13个性状进行评价, 得到原始评价值(表1), 对各评价值进行无量纲化处理的结果见表2。

2.1.2 关联系数计算。 依据表2数据计算参考量与比较量的绝对差值, 根据式(1)求得各组合各性状的关联系数(表3)。

2.1.3 加权关联度计算及评价。 依据式(2)(3)计算等权关联度和加权关联度, 结果见表4。

基金项目 国家现代玉米产业技术体系建设专项(CARS-02-58)。
作者简介 魏锋(1984-), 男, 河南原阳人, 助理研究员, 硕士, 从事玉米遗传育种研究。*通讯作者, 研究员, 从事玉米遗传育种研究。

收稿日期 2016-09-07

表 1 13 个性状原始评价值

Table 1 The original value of 13 traits

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter cm	穗长 Ear length cm	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corn cob diameter cm	百粒重 Hundred kernel weight g	株高 Plant height cm	穗位高 Ear height cm	出籽率 Seed producing rate %	生育期 Period	100 d 籽粒含水量 100 d grain moisture %	倒伏倒折率 Lodging and break rate %	产量 Yield kg/hm ²
育种目标 Breeding target	6.0	18.0	18.0	40.0	2.5	38.0	250	110	88.0	98	25.0	0	13 499.33
先玉 335 Xianyu335	5.0	17.5	16.4	34.4	2.4	33.9	310	125	91.0	98	26.2	0	12 849.38
郑单 958 Zhengdan 958	5.2	17.0	15.6	35.6	2.6	32.5	260	138	90.5	99	28.6	0	10 145.69
XX ₁	5.0	16.5	17.6	40.2	2.5	25.7	255	125	89.1	98	28.4	1.50	10 307.38
XX ₂	5.1	17.5	15.6	37.2	2.7	30.1	240	98	89.4	99	29.4	2.00	10 654.93
XX ₃	5.0	15.7	17.2	33.8	2.4	27.5	270	110	88.5	100	30.1	2.00	10 492.01
XX ₄	5.1	18.2	15.6	39.8	2.4	35.8	295	144	88.8	99	30.3	1.50	11 579.57
XX ₅	4.9	17.8	14.0	39.4	2.4	34.0	262	128	88.6	102	30.5	3.00	9 790.47
XX ₆	5.1	16.5	18.4	35.6	2.6	29.7	280	117	88.2	101	29.00	0	11 959.49
XX ₇	5.1	18.2	15.2	36.2	2.6	26.7	291	122	87.8	101	30.4	0	11 181.22
XX ₈	5.0	16.2	18.0	37.6	2.6	26.2	258	103	88.4	97	29.7	0	11 101.9
XX ₉	5.3	17.4	17.6	32.8	2.6	38.6	290	158	89.1	101	29.2	0	11 437.33
XX ₁₀	5.4	16.9	19.2	31.6	2.6	35.6	270	120	89.3	99	30.5	1.0	11 023.50
XX ₁₁	5.3	17.5	15.6	32.2	2.8	37.3	285	140	89.4	99	30.8	0	11 086.28
XX ₁₂	5.4	16.4	17.6	35.0	2.5	34.8	290	154	89.7	102	29.7	0	10 937.86
XX ₁₃	5.5	18.0	36.2	38.4	2.6	34.3	285	138	89.5	98	29.8	0	12 805.56
XX ₁₄	4.9	17.4	17.2	36.4	2.3	31.3	260	115	86.1	101	31.8	3.0	9 683.99
XX ₁₅	5.0	18.9	16.4	39.8	2.4	33.5	276	125	86.3	99	28.5	0	11 815.91
XX ₁₆	5.2	17.0	18.4	34.4	2.4	31.7	280	135	89.3	100	29.5	0	11 532.13
XX ₁₇	4.9	17.5	17.6	36.8	2.3	30.2	271	118	89.6	97	28.7	1.0	10 952.54
XX ₁₈	5.1	16.4	16.0	34.0	2.6	29.0	250	99	90.7	101	29.6	1.0	10 169.07
XX ₁₉	5.0	16.4	17.2	34.6	2.5	32.6	275	120	86.5	96	28.9	0	11 811.73
XX ₂₀	5.1	17.8	19.2	36.4	2.4	27.4	300	130	87.7	101	29.5	0	11 584.43
XX ₂₁	5.1	18.3	16.4	36.4	2.6	35.8	285	123	86.4	101	29.4	0	13 171.82
XX ₂₂	4.9	16.0	16.8	33.4	2.3	26.9	290	130	88.7	101	31.5	3.0	10 006.98
XX ₂₃	5.0	18.2	15.6	38.0	2.4	40.2	275	120	86.9	104	28.4	0	13 269.04
XX ₂₄	5.0	18.1	16.4	37.2	2.5	35.4	280	113	84.6	102	31.4	0	13 171.36
XX ₂₅	5.0	17.2	16.8	35.0	2.4	30.1	290	137	88.7	95	29.1	3.0	9 183.42

表 2 13 个性状标准化数据

Table 2 Standardized data of 13 traits

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corn cob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period	100 d 籽粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate	产量 Yield
育种目标 Breeding target	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
先玉 335 Xianyu335	0.840	0.972	0.911	0.860	0.960	0.891	1.240	1.136	1.034	1.000	1.048	1.000	0.952
郑单 958 Zhengdan 958	0.873	0.944	0.867	0.890	1.040	0.856	1.040	1.255	1.028	1.010	1.144	1.000	0.752
XX ₁	0.833	0.917	0.978	1.005	1.000	0.676	1.020	1.136	1.013	1.000	1.136	0.985	0.764
XX ₂	0.850	0.972	0.867	0.930	1.080	0.792	0.960	0.891	1.016	1.010	1.176	0.980	0.789
XX ₃	0.837	0.872	0.956	0.845	0.960	0.725	1.080	1.000	1.006	1.020	1.204	0.980	0.777
XX ₄	0.850	1.011	0.867	0.995	0.960	0.941	1.180	1.309	1.009	1.010	1.212	0.985	0.858
XX ₅	0.823	0.989	0.778	0.985	0.960	0.895	1.048	1.164	1.007	1.041	1.220	0.970	0.725
XX ₆	0.857	0.917	1.022	0.890	1.040	0.781	1.120	1.064	1.002	1.031	1.160	1.000	0.886
XX ₇	0.847	1.011	0.844	0.905	1.040	0.704	1.164	1.109	0.998	1.031	1.216	1.000	0.828
XX ₈	0.837	0.900	1.000	0.940	1.040	0.690	1.032	0.936	1.005	0.990	1.188	1.000	0.822
XX ₉	0.887	0.967	0.978	0.820	1.040	1.017	1.160	1.436	1.013	1.031	1.168	1.000	0.847
XX ₁₀	0.903	0.939	1.067	0.790	1.040	0.936	1.080	1.091	1.015	1.010	1.220	0.990	0.817
XX ₁₁	0.883	0.972	0.867	0.805	1.120	0.981	1.140	1.273	1.016	1.010	1.232	1.000	0.821
XX ₁₂	0.893	0.911	0.978	0.875	1.000	0.917	1.160	1.400	1.019	1.041	1.188	1.000	0.810
XX ₁₃	0.913	1.000	2.011	0.960	1.040	0.904	1.140	1.255	1.017	1.000	1.192	1.000	0.949
XX ₁₄	0.823	0.967	0.956	0.910	0.920	0.823	1.040	1.045	0.978	1.031	1.272	0.970	0.717
XX ₁₅	0.840	1.050	0.911	0.995	0.960	0.880	1.104	1.136	0.981	1.010	1.140	1.000	0.875
XX ₁₆	0.863	0.947	1.022	0.860	0.960	0.835	1.120	1.227	1.015	1.020	1.180	1.000	0.854
XX ₁₇	0.820	0.972	0.978	0.920	0.920	0.795	1.084	1.073	1.018	0.990	1.148	0.990	0.811
XX ₁₈	0.843	0.911	0.889	0.850	1.040	0.762	1.000	0.900	1.031	1.031	1.184	0.990	0.753
XX ₁₉	0.833	0.911	0.956	0.865	1.000	0.858	1.100	1.091	0.983	0.980	1.156	1.000	0.875

接下表

续表 2

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corn cob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period	100 d 籽 粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate	产量 Yield
XX ₂₀	0.853	0.989	1.067	0.910	0.960	0.721	1.200	1.182	0.997	1.031	1.180	1.000	0.858
XX ₂₁	0.857	1.017	0.911	0.910	1.040	0.942	1.140	1.118	0.982	1.031	1.176	1.000	0.976
XX ₂₂	0.820	0.889	0.933	0.835	0.920	0.708	1.160	1.182	1.008	1.031	1.260	0.970	0.741
XX ₂₃	0.840	1.011	0.867	0.950	0.960	1.058	1.100	1.091	0.988	1.061	1.136	1.000	0.983
XX ₂₄	0.840	1.006	0.911	0.930	1.000	0.931	1.120	1.027	0.961	1.041	1.256	1.000	0.976
XX ₂₅	0.840	0.956	0.933	0.875	0.960	0.792	1.160	1.245	1.008	0.969	1.164	0.970	0.680

表 3 各性状的关联系数

Table 3 Correlation coefficient of each trait

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corn cob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period	100 d 籽 粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate	产量 Yield
先玉 335 Xianyu335	0.760	0.948	0.850	0.783	0.927	0.823	0.678	0.788	0.937	1.000	0.913	1.000	0.913
郑单 958 Zhengdan 958	0.800	0.901	0.791	0.821	0.927	0.778	0.927	0.665	0.947	0.980	0.778	1.000	0.670
XX ₁	0.752	0.858	0.958	0.990	1.000	0.609	0.962	0.788	0.976	1.000	0.788	0.971	0.681
XX ₂	0.771	0.948	0.791	0.878	0.863	0.709	0.927	0.822	0.969	0.980	0.742	0.962	0.706
XX ₃	0.756	0.798	0.919	0.765	0.927	0.648	0.863	1.000	0.989	0.961	0.712	0.962	0.694
XX ₄	0.771	0.978	0.791	0.990	0.927	0.895	0.737	0.621	0.982	0.980	0.705	0.971	0.780
XX ₅	0.741	0.978	0.695	0.971	0.927	0.828	0.913	0.755	0.987	0.925	0.697	0.944	0.648
XX ₆	0.779	0.858	0.958	0.821	0.927	0.698	0.808	0.888	0.996	0.943	0.760	1.000	0.816
XX ₇	0.767	0.978	0.765	0.842	0.927	0.631	0.755	0.822	0.996	0.943	0.701	1.000	0.746
XX ₈	0.756	0.835	1.000	0.894	0.927	0.620	0.940	0.888	0.991	0.980	0.729	1.000	0.740
XX ₉	0.817	0.938	0.958	0.737	0.927	0.967	0.760	0.537	0.976	0.943	0.751	1.000	0.768
XX ₁₀	0.839	0.892	0.883	0.706	0.927	0.887	0.863	0.848	0.972	0.980	0.697	0.981	0.734
XX ₁₁	0.812	0.948	0.791	0.722	0.808	0.964	0.783	0.650	0.969	0.980	0.685	1.000	0.739
XX ₁₂	0.826	0.850	0.958	0.802	1.000	0.859	0.760	0.558	0.963	0.925	0.729	1.000	0.727
XX ₁₃	0.854	1.000	0.333	0.927	0.927	0.840	0.783	0.665	0.967	1.000	0.725	1.000	0.908
XX ₁₄	0.741	0.938	0.919	0.849	0.863	0.740	0.927	0.917	0.959	0.943	0.650	0.944	0.641
XX ₁₅	0.760	0.910	0.850	0.990	0.927	0.809	0.829	0.788	0.963	0.980	0.783	1.000	0.802
XX ₁₆	0.787	0.905	0.958	0.783	0.927	0.754	0.808	0.690	0.972	0.961	0.737	1.000	0.776
XX ₁₇	0.737	0.948	0.958	0.863	0.863	0.712	0.858	0.874	0.965	0.980	0.774	0.981	0.728
XX ₁₈	0.763	0.850	0.820	0.771	0.927	0.680	1.000	0.835	0.943	0.943	0.733	0.981	0.672
XX ₁₉	0.752	0.850	0.919	0.789	1.000	0.780	0.835	0.848	0.967	0.961	0.764	1.000	0.802
XX ₂₀	0.775	0.978	0.883	0.849	0.927	0.644	0.717	0.735	0.993	0.943	0.737	1.000	0.781
XX ₂₁	0.779	0.968	0.850	0.849	0.927	0.897	0.783	0.811	0.965	0.943	0.742	1.000	0.954
XX ₂₂	0.737	0.820	0.883	0.754	0.863	0.634	0.760	0.735	0.985	0.943	0.660	0.944	0.661
XX ₂₃	0.760	0.978	0.791	0.910	0.927	0.897	0.835	0.848	0.976	0.892	0.788	1.000	0.967
XX ₂₄	0.760	0.989	0.850	0.878	1.000	0.880	0.808	0.949	0.929	0.925	0.664	1.000	0.954
XX ₂₅	0.760	0.919	0.883	0.802	0.927	0.708	0.760	0.673	0.985	0.943	0.755	0.944	0.613

表 4 各组合的加权关联度与关联序

Table 4 Weighted correlation degree and relational sequence of each combination

品种/组合 Variety /com- bination	等权关联度 Equal relational grade	等权关联序 Equal relational sequence	加权关联度 weighted incidence degree	加权关联序 weighted incidence sequence	产量排序 Production order	品种/组合 Variety / combination	等权关联度 Equal relational grade	等权关联序 Equal relational sequence	加权关联度 weighted incidence degree	加权关联序 weighted incidence sequence	产量排序 Production order
先玉 335 Xianyu335	0.674	6	0.886	4	4	XX ₁₂	0.640	24	0.779	17	18
郑单 958 Zhengdan 958	0.653	17	0.737	22	23	XX ₁₃	0.672	8	0.867	5	5
XX ₁	0.674	5	0.755	20	21	XX ₁₄	0.649	19	0.728	25	26
XX ₂	0.658	15	0.760	19	19	XX ₁₅	0.682	3	0.831	6	7
XX ₃	0.656	16	0.746	21	20	XX ₁₆	0.647	20	0.805	11	11
XX ₄	0.661	14	0.818	9	10	XX ₁₇	0.661	11	0.781	15	17
XX ₅	0.661	12	0.731	23	25	XX ₁₈	0.653	18	0.730	24	22
XX ₆	0.666	10	0.829	7	6	XX ₁₉	0.673	7	0.820	8	8
XX ₇	0.643	22	0.776	18	13	XX ₂₀	0.640	23	0.803	12	9
XX ₈	0.670	9	0.786	13	14	XX ₂₁	0.682	4	0.922	3	2
XX ₉	0.643	21	0.809	10	12	XX ₂₂	0.611	27	0.713	26	24
XX ₁₀	0.661	13	0.784	14	16	XX ₂₃	0.695	1	0.931	1	1
XX ₁₁	0.638	25	0.780	16	15	XX ₂₄	0.691	2	0.925	2	3
						XX ₂₅	0.624	26	0.698	27	27

由表 4 可知,各组合加权关联度排序与产量排序基本一致,等权关联度排序与产量排序差异较大。XX₂₃ 加权关联度最大(0.931),与育种目标最接近,其关联度排序和产量排序均为第 1 位,其次为 XX₂₄、XX₂₁。这 3 个组合的综合评价超过了郑单 958,是试验年度表现较好的 3 个组合,产量也居于前 3 位。XX₂₅ 加权关联度最小(0.698),各性状与育种目标

均相差甚远,其关联度排序和产量排序均为最后 1 位。XX₂₂、XX₁₄ 也表现较差。

2.2 各性状与产量关联度 以产量作为参考数列,依据表 2 计算产量与各性状间的绝对差值,结果见表 5。

根据表 5 及式(1) 计算产量与各性状的灰色关联系数,结果见表 6。

表 5 产量与各性状的绝对差值
Table 5 The absolute difference of production and each trait

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number 行	行粒数 Kernels per row 粒	穗轴直径 Corncob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period d	100 d 籽 粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate
先玉 335 Xianyu335	0.112	0.020	0.041	0.092	0.008	0.060	0.288	0.185	0.082	0.048	0.096	0.048
郑单 958 Zhengdan 958	0.122	0.193	0.115	0.138	0.288	0.104	0.288	0.503	0.277	0.259	0.392	0.248
XX ₁	0.070	0.153	0.214	0.241	0.236	0.088	0.256	0.373	0.249	0.236	0.372	0.221
XX ₂	0.061	0.183	0.077	0.141	0.291	0.003	0.171	0.102	0.227	0.221	0.387	0.191
XX ₃	0.059	0.095	0.178	0.068	0.183	0.052	0.303	0.223	0.228	0.243	0.427	0.203
XX ₄	0.008	0.153	0.009	0.137	0.102	0.083	0.322	0.451	0.151	0.152	0.354	0.127
XX ₅	0.098	0.264	0.053	0.260	0.235	0.170	0.323	0.438	0.282	0.316	0.495	0.245
XX ₆	0.029	0.031	0.136	0.004	0.154	0.105	0.234	0.178	0.116	0.145	0.274	0.114
XX ₇	0.018	0.183	0.016	0.077	0.212	0.124	0.336	0.281	0.169	0.202	0.388	0.172
XX ₈	0.014	0.078	0.178	0.118	0.218	0.132	0.210	0.114	0.182	0.167	0.366	0.178
XX ₉	0.039	0.119	0.131	0.027	0.193	0.170	0.313	0.589	0.165	0.183	0.321	0.153
XX ₁₀	0.087	0.122	0.250	0.027	0.223	0.119	0.263	0.274	0.198	0.194	0.403	0.173
XX ₁₁	0.062	0.151	0.045	0.016	0.299	0.160	0.319	0.451	0.195	0.189	0.411	0.179
XX ₁₂	0.083	0.101	0.168	0.065	0.190	0.107	0.350	0.590	0.209	0.231	0.378	0.190
XX ₁₃	0.035	0.051	1.063	0.011	0.091	0.045	0.191	0.306	0.068	0.051	0.243	0.051
XX ₁₄	0.106	0.249	0.238	0.193	0.203	0.105	0.323	0.328	0.261	0.313	0.555	0.253
XX ₁₅	0.035	0.175	0.036	0.120	0.085	0.005	0.229	0.261	0.105	0.135	0.265	0.125
XX ₁₆	0.009	0.092	0.168	0.006	0.106	0.020	0.266	0.373	0.160	0.166	0.326	0.146
XX ₁₇	0.009	0.161	0.166	0.109	0.109	0.016	0.273	0.261	0.207	0.178	0.337	0.179
XX ₁₈	0.090	0.158	0.136	0.097	0.287	0.009	0.247	0.147	0.277	0.277	0.431	0.237
XX ₁₉	0.042	0.036	0.081	0.010	0.125	0.017	0.225	0.216	0.108	0.105	0.281	0.125
XX ₂₀	0.005	0.131	0.209	0.052	0.102	0.137	0.342	0.324	0.138	0.172	0.322	0.142
XX ₂₁	0.119	0.041	0.065	0.066	0.064	0.034	0.164	0.142	0.006	0.055	0.200	0.024
XX ₂₂	0.079	0.148	0.192	0.094	0.179	0.033	0.419	0.441	0.267	0.289	0.519	0.229
XX ₂₃	0.143	0.028	0.116	0.033	0.023	0.075	0.117	0.108	0.005	0.078	0.153	0.017
XX ₂₄	0.136	0.030	0.065	0.046	0.024	0.045	0.144	0.052	0.014	0.065	0.280	0.024
XX ₂₅	0.160	0.275	0.253	0.195	0.280	0.111	0.480	0.565	0.328	0.289	0.484	0.290

表 6 产量与各性状的灰色关联系数
Table 6 Grey correlation coefficient of yield and each trait

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corncob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period	100 d 籽 粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate
先玉 335 Xianyu335	0.595	0.926	0.824	0.645	1.000	0.744	0.352	0.463	0.673	0.792	0.634	0.792
郑单 958 Zhengdan 958	0.954	0.801	0.971	0.913	0.659	1.000	0.659	0.472	0.674	0.698	0.553	0.712
XX ₁	1.000	0.755	0.639	0.599	0.606	0.935	0.578	0.458	0.588	0.606	0.458	0.628
XX ₂	0.773	0.522	0.725	0.588	0.406	1.000	0.539	0.666	0.468	0.474	0.338	0.511
XX ₃	0.974	0.862	0.678	0.945	0.671	1.000	0.515	0.609	0.601	0.582	0.415	0.639
XX ₄	1.000	0.616	0.995	0.643	0.712	0.756	0.426	0.345	0.619	0.617	0.403	0.662
XX ₅	0.868	0.587	1.000	0.591	0.622	0.719	0.526	0.437	0.567	0.533	0.404	0.609
XX ₆	0.848	0.841	0.516	1.000	0.485	0.583	0.380	0.448	0.557	0.501	0.343	0.562
XX ₇	0.990	0.558	1.000	0.776	0.518	0.660	0.397	0.442	0.578	0.530	0.361	0.574
XX ₈	1.000	0.757	0.547	0.656	0.492	0.625	0.502	0.664	0.540	0.563	0.359	0.547
XX ₉	0.964	0.777	0.757	1.000	0.660	0.693	0.530	0.364	0.700	0.673	0.523	0.719
XX ₁₀	0.791	0.705	0.505	1.000	0.537	0.711	0.491	0.480	0.571	0.578	0.377	0.609
XX ₁₁	0.841	0.642	0.892	1.000	0.461	0.628	0.444	0.357	0.576	0.584	0.380	0.598
XX ₁₂	0.951	0.909	0.778	1.000	0.742	0.896	0.558	0.407	0.714	0.684	0.535	0.742
XX ₁₃	0.958	0.931	0.340	1.000	0.872	0.942	0.751	0.648	0.905	0.931	0.701	0.931
XX ₁₄	0.998	0.727	0.742	0.814	0.797	1.000	0.638	0.632	0.711	0.648	0.460	0.722
XX ₁₅	0.820	0.448	0.818	0.546	0.634	1.000	0.381	0.350	0.578	0.515	0.346	0.535

接下表

续表 6

品种/组合 Variety / combination	穗粗 Ear diameter	穗长 Ear length	穗行数 Ear row number	行粒数 Kernels per row	穗轴直径 Corn cob diameter	百粒重 Hundred kernel weight	株高 Plant height	穗位高 Ear height	出籽率 Seed producing rate	生育期 Period	100 d 籽 粒含水量 100 d grain moisture	倒伏倒折率 Lodging and break rate
XX ₁₆	0.983	0.689	0.542	1.000	0.658	0.933	0.425	0.344	0.554	0.545	0.375	0.579
XX ₁₇	1.000	0.538	0.529	0.639	0.639	0.960	0.401	0.412	0.472	0.510	0.350	0.510
XX ₁₈	0.734	0.601	0.639	0.719	0.447	1.000	0.485	0.619	0.455	0.455	0.347	0.496
XX ₁₉	0.826	0.852	0.681	1.000	0.567	0.954	0.412	0.422	0.606	0.614	0.357	0.567
XX ₂₀	1.000	0.583	0.463	0.789	0.644	0.570	0.343	0.355	0.568	0.512	0.357	0.562
XX ₂₁	0.485	0.753	0.645	0.640	0.646	0.793	0.402	0.438	1.000	0.685	0.354	0.854
XX ₂₂	0.865	0.719	0.648	0.829	0.668	1.000	0.431	0.418	0.556	0.533	0.376	0.599
XX ₂₃	0.369	0.774	0.421	0.741	0.815	0.535	0.419	0.440	1.000	0.524	0.353	0.866
XX ₂₄	0.560	0.909	0.755	0.831	0.939	0.835	0.543	0.806	1.000	0.753	0.367	0.939
XX ₂₅	0.890	0.706	0.735	0.825	0.700	1.000	0.517	0.465	0.645	0.689	0.514	0.688

由表 6 和式(2)计算产量与各性状的灰色关联度,结果见表 7。

表 7 产量与各性状的灰色关联度

Table 7 Grey correlation degree of yield and each trait

性状 Trait	关联度 Correlation degree	关联序 Relational sequence
穗粗 Ear diameter	0.853	1
穗长 Ear length	0.722	4
穗行数 Ear row number	0.696	5
行粒数 Kernels per row	0.805	3
穗轴直径 Corn cob diameter	0.652	7
百粒重 Hundred kernel weight	0.832	2
株高 Plant height	0.483	10
穗位高 Ear height	0.480	11
出籽率 Seed producing rate	0.647	8
生育期 Period	0.605	9
100 d 籽粒含水量 100 d grain mois- ture	0.420	12
倒伏倒折率 Lodging and break rate	0.658	6

由表 7 可知,各农艺性状对产量的贡献从大到小排序为穗粗、百粒重、行粒数、穗长、穗行数、倒伏倒折率、穗轴直径、出籽率、生育期、株高、穗位高、100 d 籽粒含水量,排在前 5 位的性状均与穗部相关。

3 结论与讨论

(1)前人使用灰色关联度分析评价玉米杂交组合或组合优劣的研究中主要考察产量、出籽率、穗行数、行粒数、穗粗、百粒重、株高、穗位高等性状^[4-5]。该研究除了考察与品种高产性密切相关的产量等性状之外,还选择了生育期、100 d 籽粒含水量、倒伏倒折率等性状,这均是当前早熟耐密宜机收玉米新组合选育中需要考虑的性状^[6-7]。

(2)该研究中倒伏倒折率与产量的灰色关联度在 13 个性状中排第 6 位,生育期与产量的灰色关联度高于株高、穗位高 2 个性状,证实了多性状考察在玉米新组合评价中的重要性。

(3)洪德峰等^[8]通过对 11 个玉米杂交组合的产量和 8

个产量因素进行灰色关联分析,认为影响产量的 8 个因素从大到小排序为出籽率、穗长、行粒数、穗位高、株高、穗粗、穗行数、百粒重。李伟忠等^[9]对黑龙江省玉米品种进行研究,认为穗粗、百粒重和穗长对玉米单株粒重较为重要。该研究中出籽率、株高、穗位高对产量的贡献较小,而穗粗、百粒重、行粒数和穗长对产量的贡献较大。得出的不同结论可能是由试验材料、试验地点及当年气象条件的差异引起的。

(4)2 个理想模型代表品种郑单 958 与先玉 335 表现差异较大,先玉 335 综合排序为第 4 位,郑单 958 为第 22 位。主要是由产量差异引起的,先玉 335 以高产性为特点,而郑单 958 以广泛的适应性和稳产性为特点^[10],再次说明了多性状、多点、多年度考察在玉米新组合评价中的重要性。

(5)该研究利用综合灰色关联度加权法对 25 个玉米新组合进行评价,其中综合评价价值最大的是 XX₂₃,其次是 XX₂₄和 XX₂₁,最小的是 XX₂₅,与产量排序基本相同,表明所考察的性状及赋予的权重与产量关系较为密切。在实际生产中,不能只考虑与产量相关的性状,还应增加对抗病性、抗倒伏性等重要性状进行综合评价。综合灰色关联度加权法使新品种的选育、评价和鉴定更科学、客观。

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.

[2] 王士强,胡银岗,余奎军,等.小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J].中国农业科学,2007,40(11):2452-2459.

[3] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟,等.黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析[J].山东农业科学,2010(3):20-25.

[4] 姚希勤,李伟忠.玉米品种农艺性状与产量的相关性及其灰色关联分析[J].安徽农业科学,2013,41(30):11989-11990,12056.

[5] 吕学高,赵军华,楼尚成,等.灰色关联度分析评价普通玉米新组合的探讨[J].浙江农业科学,2013(9):1065-1069.

[6] 王文娟,姬社林.适于机械化收获的玉米新品种选育[J].中国种业,2012(6):18-19.

[7] 赵延明,董树亭,宋希云,等.玉米育种目标与生产机械化[J].山东农业科学,2007(4):24-26.

[8] 洪德峰,任转滩,马毅,等.利用灰色关联度评价玉米新组合产量与产量构成因子的关系[J].山东农业科学,2008(4):14-16.

[9] 李伟忠,闵丽,蒋洪蔚,等.黑龙江省玉米品种农艺性状与单株粒重的灰色关联分析[J].东北农业大学学报,2012,43(2):38-42.

[10] 宋向东,刘文国.从分析郑单 958 和先玉 335 优缺点看吉林省玉米育种与种子生产方向[J].吉林农业科学,2009,34(4):11-13,20.