

高密植条件下玉米杂交种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析

连晓荣¹, 陈 苍²

(1. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 酒泉市农业科学研究所, 甘肃 酒泉 735000)

摘要: 运用灰色关联度分析方法, 对高密植条件下 14 个玉米杂交种的产量与 9 个农艺性状之间的关系, 以及农艺性状之间的关系进行了关联度分析。结果表明, 产量与农艺性状的关联度大小依次为穗粒重、百粒重、生育期、穗长、行粒数、穗粗、穗行数、轴粗、秃尖长。在育种工作中, 应首先选择单穗粒重、百粒重高的杂交种, 在产量相当的情况下生育期短、穗长长、行粒数多的杂交种。

关键词: 高密植; 玉米杂交种; 产量; 性状; 关联度

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)03-0003-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2018.03.002

Grey Correlation Analysis of Main Agronomic Characters and Yield of Corn Hybrids under High Density

LIAN Xiaorong¹, CHEN Cang²

(1. Institute of Crop, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Jiuquan Institute of Agricultural Sciences, Jiuquan Gansu 735000, China)

Abstract: Based on the grey relational analysis method, the correlation between yield of 14 corn hybrids and 9 agronomic traits under high dense planting conditions, and the relationship between agronomic traits were analyzed. The results show that the order of correlation between yield and agronomic traits was kernel weight per spike, 100-grain weight, growth period, ear length, kernels per row, ear diameter, row numbers, cob diameter and bald tip length. In the breeding work, the selection of traits of high grain weight of the single spike and the 100-grain weight should be first priority. Short growth period, long ear, and more kernels per row also should be emphasized in the case of the equivalent yield.

Key words: High density planting; Corn hybrids; Yield; Traits; Correlation degree

玉米既是重要的粮食作物, 又是畜牧业发展必需的优质饲料和运用广泛的工业原料。玉米产量不仅由品种、生态环境以及栽培管理水平决定, 而且各农艺性状之间存在着相互作用, 是一个受

收稿日期: 2017-09-28

基金项目: 国家重点研发计划“玉米种质抗旱表型精准鉴定及西北区种质创新”(2016YFD0100103-19)。

作者简介: 连晓荣(1972—), 女, 甘肃酒泉人, 助理研究员, 主要从事玉米遗传育种工作。联系电话: (0)18993112099。

通信作者: 陈 苍(1972—), 男, 甘肃酒泉人, 副研究员, 主要从事玉米遗传育种工作。E-mail: 731135063@qq.com。

出版社, 2000.

[2] 张亚宏, 雷建明, 张 岩, 等. 浅析强冬性甘蓝型油菜的生产与发展潜力[J]. 农业科技通讯, 2010, 457(1): 103-106.

[3] 王亚宏, 雷建明, 张建党, 等. 甘蓝型冬油菜品种天油 9 号制种技术[J]. 甘肃农业科技, 2015(7): 88-89.

[4] 王 月, 孙万仓, 刘自刚, 等. 甘蓝型冬油菜在西北不同生态区适应性及生理生化反应[J]. 干旱地区农业

研究, 2015, 33(4): 197-205.

[5] 侯献飞, 孙万仓, 方 彦, 等. 甘蓝型冬油菜在西北寒旱区适应性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(6): 63-68.

[6] 裴国平, 雷建明, 张 岩, 等. 2014—2015 年度甘肃省甘蓝型冬油菜区试天水区点总结[J]. 甘肃农业科技, 2016(10): 45-91.

(本文责编: 杨 杰)

多因素影响的复杂数量性状^[1-3]。在环境因素和栽培管理水平相同条件下,玉米的产量取决于苗数、单穗粒数和千粒重,找出三者的最佳配比关系,挖掘产量的最大潜力,选育出高产、优质、抗逆、广适、利于机械化作业的品种,一直是育种者的重要课题。近年来,为进一步提高玉米产量,育种者采取密植化选育、小环境胁迫选育、抗病性选育等方式,尤其是在密植化育种方面做了大量工作,一些材料和品系脱颖而出,取得了较好的成果^[4-5]。明确玉米品种在不同生态区和密植条件下主要农艺性状与产量的关系,是玉米新品种引进和选育的关键。灰色关联度分析作为一个对发展变化系统进行发展态势的量化比较和分析方法,其计算量少,操作简单,结果较准确直观,能够有效解决育种难题,适用于多种作物的综合评估^[6]。我们在高密植条件下对 14 个玉米新杂交种的产量与主要农艺性状之间的相互关联进行了分析,以期为玉米高产育种提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试玉米品种为新引进和选育的中晚熟、耐密植、宜机收玉米杂交种,分别为 6WC(红轴)/1359(A1)、6WC/F2-123111(A2)、6WC/F3-233111(A3)、M1-23151/0986(A4)、M1-23151/1234(A5)、大丰 30(A6)、先玉 335(A7, CK)、0996/M1-23151(A8)、1502/1315(A9)、豫丰 98(A10)、1315/M0103(A11)、6WC/F10-2331232(A12)、6WC/F12-1111221(A13)、6WC/F32-111254(A14),其中大丰 30 由山西大丰种业有限公司提供;豫丰 98 由河南省豫丰种业有限公司提供;先玉 335 由敦煌种业先锋良种有限公司提供,其余均由甘肃省农业科学院作物研究所提供。

1.2 试验方法

试验设在甘肃省农业科学研究院张掖试验站。试验地前茬为玉米,土壤地力中等,肥力较匀,墒情较好。播前施农家肥 3.0 万~4.5 万 kg/hm²、磷酸二铵 225~300 kg/hm² 做基肥。试验采用随机区组排列,3 次重复。4 月中旬播种,5 行区,小区面积 15 m²,密度 91 500 株/hm²。生长期中耕锄草 4 次,间、定苗各 1 次,分别于大喇叭口期追施尿素 150~225 kg/hm²,灌浆期追施尿素 150 kg/hm²。全生育灌水 4 次,10 月上旬收获。收获时各小区取中间 3 行,两头除去 2 株。室内随机

取 10 穗玉米常规考种。水分标准为 13%。

1.3 参数设定

采用灰色关联分析法对 9 个农艺性状进行分析。按照灰色系统理论,将产量(Y)视为参考数列产量,其余性状视为一个灰色系统,分别标示为生育期(X1)、穗长(X2)、秃尖长(X3)、穗粗(X4)、轴粗(X5)、穗行数(X6)、行粒数(X7)、百粒重(X8)、穗粒重(X9)、产量(Y)。相关数据来源于 2015—2016 年甘肃省农业科学院作物研究所玉米中晚熟高密组品比试验结果。

1.4 试验数据处理方法

采用 Excel 2007 对原始数据进行处理,然后进行灰色关联度计算。

1.4.1 数据标准化处理 由于各个农艺性状的计量单位不一样,按照灰色系统的要求,先将数据进行标准化。

$$\text{标准化公式: } X_i(k) = \frac{x_i^j(k) - \bar{x}}{s_i} \quad (1)$$

其中 $X_i^j(k)$ 为各性状原始数据,为同一性状平均值,为同一性状标准差, $X_i(k)$ 为标准化后的数据。

1.4.2 参考序列与比较序列绝对差值计算 根据标准数据,可计算出玉米产量与其 9 个性状 X_i 各对应点的绝对差值,即 $\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|$ 。其中 X_0 为产量相应的标准化值, X_i 代表农艺性状相应的标准化值。

1.4.3 灰色关联分析 先确定参考序列和比较序列:灰色关联度分析是将作物性状视为一个整体,即灰色系统,把每个性状指标作为一个灰元素进行分析计算。本试验中,14 个玉米品种产量与各个农艺性状为一灰色系统,确定产量为参考序列(母序列),记为 X_0 , $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(k)\}$ (为参试材料)。然后确定生育期、穗长、秃尖长、穗粗、轴粗、穗行数、行粒数、百粒重、单穗粒重为比较序列(子序列),记为 $X(k)$, $X_i(k) = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(k)\}$ (X_i 为各参试材料的农艺性状, k 为参试材料)。

关联系数计算公式为:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \frac{\max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{\min_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \frac{\max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{\min_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}} \quad (2)$$

式中, $\xi_i(k)$ 表示关联系数。对原始数据标准化

后，计算出参考序列和比较序列的绝对差值。

$\Delta_{\min}=0.01675$ ， $\Delta_{\max}=1.5001$ ，即 $\Delta_{\min}=\frac{\min_i \min_k |x_0(k)-x_i(k)|}{i}$ ， $\Delta_{\max}=\frac{\max_i \max_k |x_0(k)-x_i(k)|}{k}$ ，分辨率 $\rho=0.5$ ，可计算出 14 个玉米杂交种与产量的关联系数。

1.4.4 关联度计算

$$\text{计算公式: } r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (3)$$

比较数列 X_i 关于参考数列 X_0 的关联度计算结果。式中 r_i 表示 i 个比较数列与参考数列的关联度， $\xi_i(k)$ 为上述的关联系数。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状与产量的关联度

通过表 1 可以看出，在高密植条件下，玉米主要农艺性状与产量的关联度由大到小依次为穗粒重、百粒重、生育期、穗长、行粒数、穗粗、穗行数、轴粗、秃尖长。根据灰色关联度分析原理，关联度数据越大则表示该因素对产量的影响越大。穗粒重是影响产量最主要的因素，其与产量的关联度为 0.743 1；其次是百粒重、生育期、穗长、行粒数，关联度分别为：0.740 9、0.739 6、

0.729 5、0.726 5；再次为穗粗、穗行数、轴粗、秃尖长，关联度分别为：0.698 1、0.686 7、0.683 2、0.294 5；其中秃尖长关联度最小，说明对其他性状的影响力最小。因此，在育种工作中，密植条件下对品系的筛选时应多考虑对产量影响大的性状作为筛选的主要标准，选择单穗粒重、百粒重重，在产量相当的情况下生育期短、穗长长、行粒数多的杂交种。

2.2 主要农艺性状间的相互关系

分别以每一个农艺性状为参考序列，其它性状为比较序列，计算出 14 个玉米杂交种的 9 个主要农艺性状间的相互关系和影响力大小。其中与生育期关联度较高的性状为百粒重、穗粒重、轴粗、穗粗、行粒数；与穗长关联度较高的性状为穗粗、行粒数、穗粒重、生育期、百粒重；与秃尖长关联度较高的性状是轴粗、穗行数、百粒重、生育期、穗粒重；与穗粗关联度较高的性状为穗长、行粒数、穗粒重、生育期、百粒重；与轴粗关联度较高的性状是百粒重、生育期、穗粒重、行粒数、穗粗；与穗行数关联度较高的性状为生育期、穗粒重、百粒重、轴粗、穗粗；与行粒数关联度较高的性状为穗长、穗粗、百粒重、穗粒重、生育期；与百粒重关联度较高的性状为生育

表 1 参试玉米杂交种主要农艺性状与产量的关联度

品种	生育期 (X_1) /d	穗长 (X_2) /cm	秃尖长 (X_3) /cm	穗粗 (X_4) /cm	轴粗 (X_5) /cm	穗行数 (X_6) /行	行粒数 (X_7) /粒	百粒重 (X_8) /g	穗粒重 (X_9) /g	产量 (Y) /(kg/hm ²)
A1	128.00	21.70	0.2	5.03	2.87	16.00	42.33	44.81	225.53	16 970.18
A2	128.00	19.00	0.2	4.77	2.40	15.33	39.00	42.77	219.30	16 043.61
A3	130.00	17.00	0.2	4.97	2.80	18.00	37.33	36.13	199.71	14 596.02
A4	131.75	21.30	0.8	5.37	2.83	17.33	45.67	38.85	279.93	20 468.54
A5	132.75	22.17	0.2	5.70	3.03	18.00	45.33	42.93	277.70	20 109.59
A6	132.75	20.70	1.0	5.07	2.53	16.00	43.00	38.64	231.45	16 940.30
A7(CK)	130.00	19.73	0.7	4.80	2.43	15.33	41.67	41.17	221.54	16 212.08
A8	130.00	17.43	0.2	5.70	3.10	18.00	38.33	43.15	203.23	14 850.46
A9	130.00	21.63	0.8	6.38	3.03	18.67	39.67	45.17	232.57	17 006.19
A10	130.00	18.73	1.0	5.10	2.57	16.67	39.67	38.53	201.56	14 747.93
A11	130.00	19.20	1.0	5.03	2.77	18.67	42.00	30.23	255.35	18 656.86
A12	130.00	19.17	0.5	5.27	2.77	19.33	37.00	43.81	218.05	15 959.40
A13	126.00	18.13	1.0	5.20	2.77	18.00	36.67	39.30	235.04	17 192.86
A14	123.00	22.33	0.0	4.53	2.80	14.00	42.00	41.90	205.77	15 059.09
关联度	0.7396	0.729 5	0.294 5	0.698 1	0.683 2	0.686 7	0.726 5	0.740 9	0.743 1	
位序	3	4	9	6	8	7	5	2	1	

表 2 参试玉米杂交种各农艺性状间的关联度矩阵

关联矩阵	生育期	穗长	秃尖长	穗粗	轴粗	穗行数	行粒数	百粒重	穗粒重
生育期	1	0.819 1	0.242 3	0.850 0	0.879 8	0.798 9	0.835 8	0.982 0	0.977 7
穗长	0.825 5	1	0.245 5	0.931 1	0.752 6	0.717 4	0.911 0	0.815 2	0.838 4
秃尖长	0.249 6	0.245 5	1	0.244 5	0.255 7	0.250 5	0.246 2	0.249 9	0.249 2
穗粗	0.854 0	0.930 3	0.242 3	1	0.773 0	0.737 4	0.878 2	0.842 9	0.868 7
轴粗	0.877 4	0.740 3	0.244 9	0.763 4	1	0.738 4	0.769 2	0.891 3	0.861 1
穗行数	0.798 9	0.709 1	0.243 2	0.731 6	0.742 4	1	0.688 1	0.787 0	0.789 2
行粒数	0.840 6	0.910 5	0.245 2	0.879 0	0.778 9	0.695 3	1	0.843 9	0.841 7
百粒重	0.981 9	0.808 1	0.242 1	0.838 1	0.893 1	0.786 6	0.839 0	1	0.960 8
穗粒重	0.978 0	0.832 9	0.242 6	0.865 4	0.864 3	0.789 8	0.837 4	0.961 1	1

期、穗粒重、轴粗、行粒数、穗粗；与穗粒重关联度较高的性状为生育期、百粒重、穗粗、轴粗、行粒数。

3 小结与讨论

对玉米产量及主要性状之间的关联度分析表明，生育期与百粒重、穗粒重，穗长与穗粗、行粒数，轴粗与百粒重、生育期，穗行数与生育期、穗粒重，行粒数与穗粗，百粒重与穗粒重的关联度均为 0.789 2~0.982 0。其中关联度最为密切的性状是生育期与百粒重，生育期与穗粒重、百粒重与穗粒重、穗长与穗粗、穗长与行粒数关联度次之。综上所述，在密植条件下，生育期与百粒重、单穗粒重、穗行数、轴粗之间关联度大；穗长与穗粗、行粒数之间关联度大，百粒重和单穗粒重与产量的关联度大，这些性状是决定产量的重要因素。因此选育耐密植品种时，在生育期相当的情况下，选择千粒重高、穗行数多的品种，或者在其他性状相当的情况下，选择生育期较短的品种。秃尖长与产量和其他性状之间的关联度小，均低于 0.250 0，在育种时适当兼顾。同时，在其他性状相当的情况下，选雄穗分枝较多、吐丝好、花期协调的材料即可。

本研究中，产量与单穗粒重、百粒重、生育期、穗长、行粒数等关系密切；农艺性状间单穗粒重、轴粗、穗长、生育期、穗粗与其他性状之间关联度相对较高，可以认为对产量影响较大的几个农艺性状之间是相互影响和制约的。产量是密度和各农艺性状综合作用的结果，要在密植条件下获得高产，就必须注重对单穗粒重、百粒重、生育期、穗长、轴粗、行粒数的选择，只有保持各农艺性状之间最佳平衡点才能获得高产品种

影响玉米的产量的因素不仅仅来自品种自身

遗传性状，还受自然气候、土壤环境、栽培技术的影响，不同的研究结果之间会有差异。在普通种植密度下的相关研究较多，但在高密植条件下研究结果较少。有的研究表明，在中高密植条件下穗粗、千粒重、穗长、行粒数与产量关联度高^[7]，这与本研究结果相似；生育期、秃尖长与产量的关联度与本研究结果有差异^[8]，可进一步进行相关研究。

参考文献：

- [1] 马全资, 石志斯, 张怀胜, 等. 玉米产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 现代农业科技, 2015 (13): 25-28.
- [2] 王丽华, 孔祥胜. 10 个玉米品系(种)的主要农艺性状与产量关联度分析[J]. 安徽农业科技学院学报, 2014, 28(4): 10-13.
- [3] 李清超, 马浪浪, 文琼, 等. 玉米杂交组合主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(30): 74-78.
- [4] 杨春旺. 庄浪县川旱区耐密型玉米新品种引种初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(6): 53-55.
- [5] 王毓华, 彭应锦, 何增国. 玉米品种先玉 335 在古浪县适宜种植密度试验[J]. 甘肃农业科技, 2016(5): 23-24.
- [6] 王芳, 赵香莲, 刘秀香. 浅论灰色关联度分析法在冬小麦品种选育中的应用[J]. 农业科技通讯, 2014 (4): 77-79.
- [7] 史向远, 李永平, 周静, 等. 旱地玉米种植密度与产量及农艺性状的相关和灰色关联度分析[J]. 玉米科学, 2012, 20(6): 94-97.
- [8] 张守兵, 谢春华. 中高密植条件下春玉米主要农艺性状与单株平均产量的灰色关联分析[J]. 河北北方学院学报, 2006, 22(1): 38-41.

(本文责编: 陈伟)