

玉米杂交组合及其亲本的株型性状分析

司书丽¹, 刘晓萍², 谢 虹¹, 何光荣¹, 李立公¹, 苏立生¹, 张 旭¹

(1 中国农业大学 农学院, 北京 100193; 2 全国农业展览馆, 北京 100125)

摘要: 对 56 个玉米杂交组合及其 35 个亲本自交系的株型性状进行了分析。杂交组合的株型性状与产量性状的相关分析结果表明, 只有个别性状之间存在显著相关; 自交系各个株型性状之间的相关分析结果显示, 很多性状之间存在显著的相关。同时, 对玉米自交系株型性状的聚类分析结果, 可以帮助了解自交系株型特征的相似性, 从而间接地反映它们遗传背景的差异程度。这些结果对玉米育种工作有一定的参考价值。

关键词: 玉米; 株型性状; 杂交组合; 自交系

中图分类号: S13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2009)增刊-0057-05

Plant type Traits Analysis of Maize Hybrids and Their Parents

SI Shu li, LIU Xiao ping, XIE Hong, HE Guang rong, LI Li gong,
SU Li sheng, ZHANG Xu

(1. China Agricultural University Beijing 100193 China

2. National Agriculture Exhibition Center Beijing 100125 China)

Abstract: The plant type traits of 56 maize hybrids and 35 inbreds of their parents were analyzed in this article. The results showed that the correlation between plant type and yield traits of maize hybrids is rarely significant while that between different plant type traits of maize inbreds is commonly significant. The cluster analysis of maize inbred plant type traits could help finding the similarity of their morphological characters, so as to reflect their genetic variations. These results have somewhat directions for maize breeding.

Key words: Maize; Plant type traits; Hybrid; Inbred

近年来, 玉米理想株型育种^[1] 备受关注。这一概念对仅仅选择产量性状的传统育种方法有重大突破。Donald^[2]把植物育种目标细化为一些株型特点, 如品质和商品特性、抗逆性、抗病性, 以及作物在竞争环境压力下的高产能力。到目前为止, 玉米理想株型育种大致经历了几何形态、生理形态和几何、生理、生态相结合育种的三个阶段。Hamblin^[3]充分肯定了理想株型概念在作物高产育种中的意义和产生的影响。理想株型已成为玉米育种过程中的一个重要参考因素。

本研究将分析 56 个玉米组合及其 35 个亲本自交系的株型性状表现, 了解杂交组合的株型性状与产量性状之间的相关, 以及亲本自交系各个株型性状之间的相关, 并利用聚类方法分析自交系株型性

状差异的程度。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年在中国农业大学上庄实验站进行。年前前茬玉米收获后, 进行秸秆粉碎还田和翻耕。年后施入部分有机肥作为基肥, 随后浇水、旋耕、整地。5 月 4 日播种。参试材料包括 56 个杂交组合及其 35 个亲本自交系。杂交组合每小区 5 行, 亲本每小区 2 行, 行长均为 5 m, 行距 60 cm, 株距 30 cm, 密度 55 500 株/hm², 设 3 次重复, 计算平均值。

1.2 数据统计分析

在玉米吐丝、散粉后测杂交组合及其亲本的株高、穗位高、雄穗长、雄穗分枝数、节数、节间长度、叶

收稿日期: 2009-10-02

基金项目: “十一五”国家“863”计划课题 (2008AA10Z207)

作者简介: 司书丽 (1981-), 女, 黑龙江宁安人, 硕士, 主要从事玉米育种研究。

通讯作者: 张 旭 (1967-), 男, 安徽亳州人, 副研究员, 博士, 主要从事玉米育种研究。

数、叶长、叶宽、叶夹角等性状。收获后对杂交组合的穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重、穗粒重、小区产量、出籽率、籽粒含水量等产量性状进行室内考种。

计算穗位比、叶面积、叶形指数、叶向值等指标,穗位比为穗位高与株高的比值;叶形指数为叶片长与宽的比值;叶向值 $COV=\sum (90-\theta) D/L$,其中 θ 为叶片着生方向与茎杆的夹角, D 为叶片最高点到叶环的距离, L 为叶片的长度。

计算杂交组合的株型性状与产量性状的相关,计算自交系各个株型性状之间的相关,并利用 SAS 软件,根据亲本自交系的株高、穗位高、雄穗长、雄穗分枝数、节数、节间长度、叶数、叶长、叶宽、叶夹角等株型性状的表现,对自交系进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 玉米杂交组合及其亲本的株型性状表现

参试组合 F_1 及其亲本的株型性状的平均值见表 1。可以看出, F_1 的株高、穗位高、雄穗长度和分枝数、节间长度、叶面积等性状都明显大于其亲本自

交系, F_1 的穗位比和叶形指数比亲本稍小, 其他性状介于亲本之间或与亲本相差不大。这说明 F_1 的一些性状存在杂种优势, 另一些性状表现为加性效应。 F_1 植株繁茂与玉米杂种优势的表现是基本一致的, F_1 穗位比值较小使其具有较好的抗倒伏性。

参试组合 F_1 及其亲本的株型性状的变异系数见图 1。可以看出, 除雄穗长、叶夹角、叶向值三项外, 在参试玉米杂交组合 F_1 及其亲本的株型性状的变异系数中, 均是母本的变异系数最大。在雄穗长、叶向值性状中, 父本的变异系数最大, 其次是母本、 F_1 。在叶夹角这一性状中, 父母本的变异系数相当, 都很大, 接近 30%, 而 F_1 的变异系数相对来说, 要小一些, 在 15% 左右。在所有测量性状中, 雄穗长、雄穗分枝数、叶夹角、叶向值整体变异系数相对较大, 其中雄穗分枝数这一性状的变异系数整体最大, 母本达到了 45%, 父本和 F_1 都接近 30%。大体上来说, 在所有测量性状中, F_1 变异系数最小, 表明 F_1 不同组合的株型性状较接近, 而亲本自交系的株型性状差异较大。

表 1 参试玉米杂交组合 F_1 及其亲本的株型性状的平均值

Tab 1 The average of plant type traits for maize hybrids and their parents

性状 Traits	高度 Height			雄穗 Tassel		节 Node		叶片 Leaves			
	植株 / cm	穗位 / cm	穗位比 / %	长 / cm	分枝数	节数	平均长度 / cm	总叶面积 / m ²	叶形指数	叶角度 / °	平均叶向值
	Plant	Ear	Plant/Ear	Length	Branch number	Number	Average length	Total area	Shape index	Angle	Average LOV
杂交组合 Hybrid	286.03	104.37	36.40	42.41	17.20	19.89	15.43	0.82	8.49	29.32	44.64
母本 Female	214.67	83.53	38.85	31.80	11.65	19.43	11.79	0.52	8.84	27.68	49.97
父本 Male	218.88	92.71	42.43	25.55	11.73	19.83	11.78	0.59	8.57	34.64	42.56

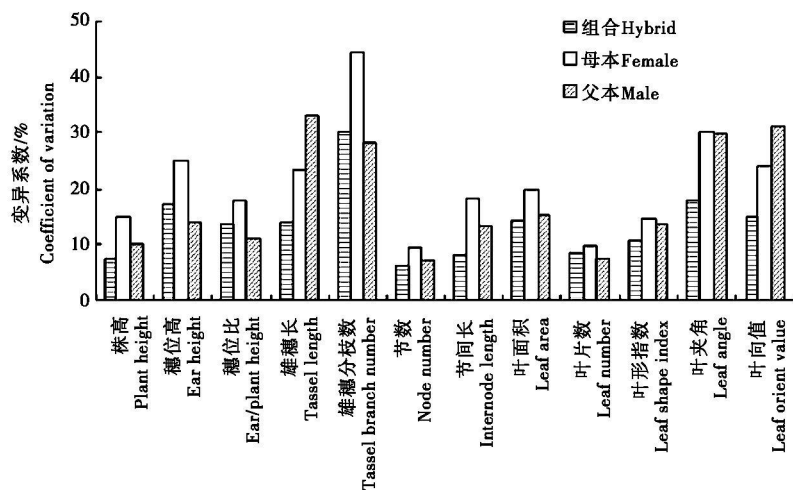


图 1 玉米杂交组合及其亲本株型性状的变异系数

Fig 1 The coefficient of variability of plant type traits for maize hybrids and their parents

2.2 玉米杂交组合株型性状与产量性状的相关

参试组合 F_1 的一些株型性状与产量性状的相关系数见表 2。从表 2 可以看出, 只有穗粗与总叶面积和穗上叶面积达到极显著的正相关, 穗行数与穗上叶面积达到显著正相关, 穗粒重与株高达到显

著正相关、与穗下叶向值达到显著负相关。其他性状之间的相关均未达到显著水平。说明株型性状与产量性状之间总的相关性不大, 仅个别性状之间存在相互影响的关系。

表 2 F₁ 的株型性状与产量性状的相关

Tab 2 The relationship between plant type traits and yield traits for maize hybrids

性状 Traits	穗长 Ear length	穗粗 Ear width	穗行数 Grain rows	行粒数 Grain number/row	千粒重 Thousand grain weight	穗粒重 Grain weight/ear	小区产量 Plot yield	出籽率 Grain/ear weight	籽粒含水量 Grain moisture
株高 Plant height	0.158	0.029	0.268	0.077	-0.097	0.294*	0.114	0.112	-0.088
穗位高 Ear height	0.097	0.136	0.251	-0.040	0.036	0.107	0.022	-0.085	0.007
穗位比 Ear plant height	0.036	0.139	0.137	-0.086	0.095	-0.043	-0.043	-0.160	0.055
雄穗长度 Tassel length	0.201	0.140	0.086	-0.090	0.197	0.118	0.137	-0.165	0.003
雄穗分枝数 Tassel branch number	-0.005	-0.119	0.236	0.072	-0.212	-0.037	0.109	0.020	0.027
节间数 Node number (NN)	0.162	0.005	0.017	0.156	0.025	0.317	0.228	-0.032	0.028
节间长度 Internode length (L)	0.024	-0.063	0.220	-0.088	-0.050	0.046	-0.106	0.127	-0.111
总叶面积 Leaf total area (LTA)	0.080	0.403**	0.245	-0.177	0.197	0.025	0.094	-0.218	0.085
叶片数 Leaf number	-0.082	0.006	-0.126	0.049	0.059	0.031	-0.008	-0.052	0.027
叶形指数 Leaf shape index	-0.093	0.160	0.190	0.001	0.034	0.137	0.091	0.059	0.073
叶夹角 Leaf angle (LA)	0.028	-0.144	0.142	0.139	-0.150	-0.076	-0.137	0.076	0.040
叶向值 Leaf orient value (LOV)	-0.048	0.144	0.038	-0.123	-0.012	-0.164	-0.047	-0.117	-0.121
穗上节间数 NN above ear	0.002	0.067	0.083	0.089	0.047	0.248	0.087	0.048	-0.104
穗下节间数 NN beneath ear	0.149	-0.051	0.265	0.071	-0.016	0.087	0.139	-0.070	0.113
穗上节间长 IL above ear	-0.034	-0.088	0.034	-0.114	-0.050	0.061	-0.045	0.151	-0.151
穗下节间长 IL beneath ear	0.114	-0.024	-0.012	-0.013	-0.027	-0.012	-0.103	-0.019	0.021
穗上叶面积 LTA above ear	0.162	0.386**	0.281*	-0.076	0.087	0.035	0.039	-0.236	0.071
穗下叶面积 LTA beneath ear	-0.078	0.127	0.022	-0.170	0.186	-0.007	0.092	-0.036	0.039
穗上叶夹角 LA above ear	0.003	-0.195	0.094	0.146	-0.188	-0.055	-0.098	0.152	0.064
穗下叶夹角 LA beneath ear	0.045	-0.025	0.183	0.098	-0.058	-0.092	-0.157	-0.055	-0.009
穗上叶向值 LOV above ear	-0.048	0.221	0.077	-0.097	0.042	-0.088	0.032	-0.078	-0.028
穗下叶向值 LOV beneath ear	-0.057	-0.095	-0.048	-0.119	-0.178	-0.285*	-0.204	-0.145	-0.267

注：n=56 r_{0.05}=0.273 r_{0.01}=0.354 Note: n=56 r_{0.05}=0.273 r_{0.01}=0.354

2.3 玉米自交系各个株型性状之间的相关

玉米自交系各个株型性状之间的相关系数见表3。可以看出,株高、穗位高和节间长等性状间呈极显著的正相关;叶形指数与株高、节间长呈极显著的正相关,与雄穗分枝数、叶面积呈显著的负相关;叶面积与节间数呈极显著的正相关,与节间长呈显著的负相关。其中反映出自交系各个株型性状之间相互关联变化的一些总的趋势,如相对穗位较高的,一般绝对穗位也较高;叶片狭长的,一般植株较高,而叶片宽短的,一般雄穗分枝多,叶面积较大;叶面积较大的,一般节间数较多,节间较短,而节间较长的,

一般叶面积较小。这些结果对全面认识和有效改良玉米自交系的株型特征具有一定的启发和帮助。

2.4 玉米自交系株型性状的聚类分析

玉米自交系株型性状的聚类分析结果见图2。可以看出,这些自交系的株型性状的相似性存在较大的差异。有些自交系之间的聚类距离很近,说明它们的株型特征很接近,如 xh0388 L与 xh011141之间, 011 xh02、XU2-2与 L-11之间, X901与 K12之间, WX003-13与 WX003-2之间, 087与 WX003-9之间。而有些自交系,如 WX003-10和 xh0381 L与其他自交系的聚类距离都很远,说明这两个自交系与

其他自交系的株型特征存在较大的差异性。

表 3 玉米自交系各个株型性状之间的相关系数

Tab 3 The relationship between different plant type traits of inbreds

性状 Traits	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗位比 Ear/plant height	雄穗长 Tassel length	雄穗分枝数 Tassel branch number	节间数 Node number	节间长 Internode length	叶夹角 Leaf angle	叶向值 Leaf orient value	叶形指数 Leaf shape index
穗位高 Ear height	0.593**									
穗位比 Ear/plant height	-0.159	0.697**								
雄穗长 Tassel length	0.171	0.072	-0.061							
雄穗分枝数 Tassel branch number	-0.278	0.088	0.358*	0.055						
节间数 Node number	0.001	-0.066	-0.056	-0.204	-0.086					
节间长 Internode length	0.704**	0.415*	-0.130	-0.056	-0.172	-0.330				
叶夹角 Leaf angle	0.181	0.266	0.169	-0.219	-0.036	-0.116	0.092			
叶向值 Leaf orient value	-0.277	-0.266	-0.088	0.109	0.082	-0.140	-0.167	-0.691**		
叶形指数 Leaf shape index	0.495**	0.158	-0.233	-0.286	-0.402*	0.024	0.545**	0.095	-0.389*	
叶面积 Leaf total area	-0.267	-0.114	0.124	0.054	0.270	0.428**	-0.504**	0.023	-0.201	-0.393*

注: n=35 r_{0.05}=0.325 r_{0.01}=0.418. Note: n=35 r_{0.05}=0.325 r_{0.01}=0.418

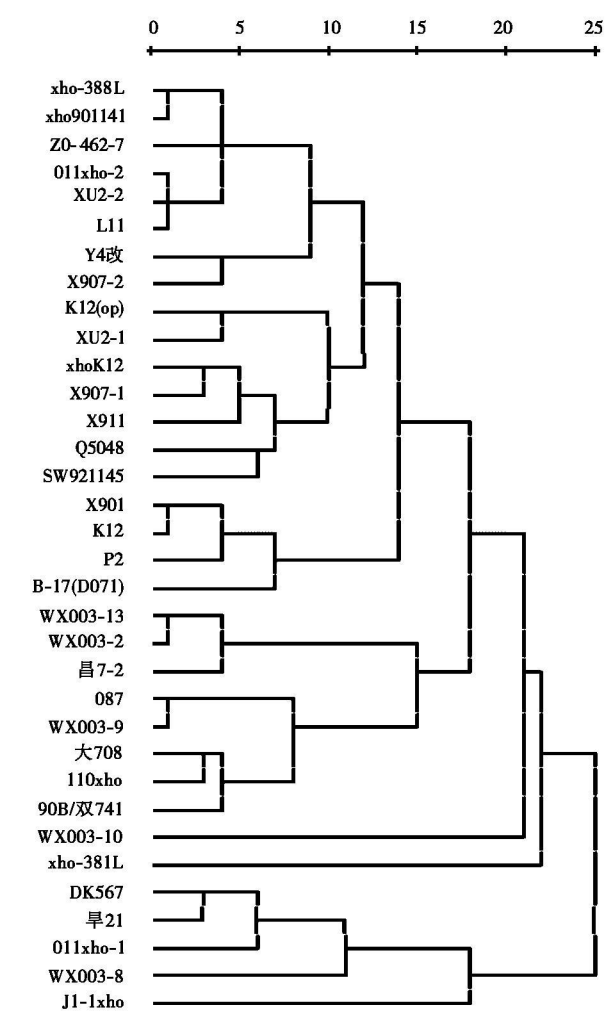


图 2 玉米自交系株型性状的聚类分析图

Fig 2 The cluster analysis for plant type traits of some maize inbreds

同时,从图 2还可以看出,有些来源相近的自交系之间,株型的聚类距离也很近,如同样有 xho来源的 xho388L与 xho901141,以及来源相近的 WX003-13、WX003-2与昌 7-2等。但有些同一来源的自交系,株型的聚类距离却很远。如 XU2-1和 XU2-2都由一美国杂交种自交选育而来,011 xho1与 011 xho2来源也完全一样,但由于选择方向的不同,最终在形态上出现了较大的差异。这是由于杂交种的双亲或其他原始材料往往遗传背景差异较大,自交选育的后代会偏向不同的亲本或原始材料,因而会出现相互之间差异较大的类型。可见,仅仅根据来源来指导新选自交系的组配是不科学的。

3 讨论

玉米杂交种的产量性状是重要的经济性状,通过对杂交组合 F₂株型性状与产量性状相关的探讨,可以为育种过程中的株型性状的选择和改良提供理论依据。一些研究结果表明,优良的株型性状对获得高产关系很大^[3]。但也有一些研究者得出了不同的结果,发现只有个别株型性状与产量性状之间存在显著相关^[6];本研究的结果表明,大部分的株型性状与产量性状之间均无显著的相关关系,这与后者的结果基本一致。李玉玲^[7]认为,株型与高产之间并不存在太多本质的遗传联系,基因型差异并非仅株型有别,最终产量的形成还取决于其他各种生长发育过程中的生理生化特性,因此建议在强调

紧凑型作用的同时, 不可忽视对其他高产性状的选择。这一观点具有一定的普遍意义。

玉米亲本自交系之间形态的差异是形成后代杂交组合杂种优势的重要原因。Anderson^[8]和Brown^[9]指出, 北方硬粒与南方马齿亚种之间的形态差异是如此大, 如果它们是野生的禾本科植物, 就会被划分成不同的种, 甚至是不同的属。美国玉米带玉米的杂种优势似乎应归功于北方硬粒和南方马齿之间形态上的巨大差异, 最大的杂种优势也可望从分别来源于北方硬粒和南方马齿的自交系之间的杂交组合中获得。他们利用自交系的形态性状(穗行数、粒宽和穗位叶大小)来预测杂交种籽粒产量, 相关系数为0.4左右。Smith^[9]利用现有的近6 000个杂交种的一些形态性状, 不通过实际测验, 就能预测优秀的杂交种。预测玉米杂种优势的复杂体系立足于北方硬粒和南方马齿之间有差异的40多个形态特征, 每个性状都标志着某些遗传的差异。从以上前人的研究结果可知, 自交系形态的差异, 在一定程度上反映了其遗传背景的不同。目前育种实际中, 预测和鉴定自交系杂交后代表现, 一般利用不同来源的几个典型测验种, 对新选自交系进行杂种优势群和配合力的杂交测验。这一方法费时费工, 效率很低。常规方法与分子技术结合是该领域发展方向, 同时, 利用形态上的差异来预测杂交后代表现, 也是值得探索的一条途径。本文利用聚类分析对自交系株型

性状的相似性分析, 是在这方面所做的初步尝试。

参考文献:

- [1] Donald C M Hamblin J The convergent evolution of annual seed crop in agriculture [J]. *Adv Agron*, 1968, 36: 97—139.
- [2] Hamblin J The ideotype concept: useful or outdated [M] // *International crop science: I. International Crop Science Congress*, Ames, Iowa, USA, 14—22 July, Crop Science Society of America, Madison, WI, USA, 1993, 589—597.
- [3] 曹靖生. 几个玉米株型性状的遗传规律研究 [J]. *黑龙江农业科学*, 1995 (3): 16—19.
- [4] 李玉玲. 玉米株型性状的基因效应研究 [J]. *河南农业大学学报*, 1996, 30(1): 41—45.
- [5] 张 彪. 玉米几个自交系组配高产紧凑型杂交种研究 [J]. *玉米科学*, 2000, 8(3): 33—36.
- [6] 蔡一林. 9个玉米自交系主要性状配合力分析 [J]. *西南农业大学学报*, 2002, 24(3): 223—225.
- [7] 李玉玲. 玉米株型性状的配合力及其相关研究 [J]. *河南农业大学学报*, 1994, 28(4): 354—360.
- [8] Anderson O S Brown W L Origin of Corn Belt maize and its genetic significance [M] // Gowen J W. *Heterosis*, Iowa State Press, Ames, IA, 1952, 124—128.
- [9] Smith O S Prediction of single cross performance [M] // *Book of abstracts: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*, CMMYT, Mexico D F Mexico, 1997, 175.