

文章编号: 1003-8701(2001)03-0016-05

甜玉米距离分析与杂种优势的研究

王逸群¹, 赵仁贵², 王玉兰², 孙珊珊²

(1. 福建师范大学生物工程学院, 福建 福州 350007; 2. 吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118)

摘要: 根据 70 个甜玉米自交系数量性状的表现计算了遗传距离, 又计算了由其中 42 个自交系间随机组配的 89 个杂交组合 F₁ 代小区产量、含糖量的对照优势。其结果表明: F₁ 代产量的对照优势与其双亲之间的遗传距离呈显著的二次曲线关系, 而 F₁ 代含糖量的对照优势与其双亲之间遗传距离无确定性关系。因此, 可以根据遗传距离预测杂种 F₁ 代产量的杂种优势, 而聚类分析对于甜玉米产量杂种优势的预测和亲本选配没有指导意义。

关键词: 甜玉米; 距离分析; 杂种优势; 聚类分析

中图分类号: S513.032

文献标识码: A

在国内外作物育种领域应用距离分析指导亲本选配和优良杂交组合, 成为一种重要的方法^[1-6,8]。虽然许多学者在距离分析方面作了大量的工作, 取得了许多有意义的进展, 但是在作物杂交育种的工作中关于应用数量性状遗传距离的可靠性, 目前学术界意见还不一致^[1,3-10]。关于距离分析的方法、亲本遗传距离与其后代杂种优势之间关系的形式、程度和性质等重要问题尚无定论。本试验目的在于应用甜玉米的具体试验结果来探讨遗传距离与杂种优势之间的关系, 为甜玉米亲本选配和杂种优势预测提供依据, 并为完善遗传距离在作物育种中的应用做出贡献。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 1994~1995 年在吉林农业大学试验站进行, 按完全随机区组试验设计, 3 次重复, 种植 70 个甜玉米自交系。3 行区, 小区行长 5 m, 行距 0.65 m, 株距 0.35 m。每小区随机取样 5 株对以下性状进行考察: 播种~出苗、出苗~抽雄、出苗~散粉、出苗~抽丝、播种~采收和播种~成熟的日数及株高、穗位高、茎粗、穗重、穗长、粒行数、行粒数、穗粗、百粒重、秃尖长、秃尖度和雄穗分枝数。在 1994 年, 从 70 个自交系中随机选出 42 个自交系, 并在开花期前后由它们随机配制 89 个杂交组合。

1995 年将 89 个杂交组合的 F₁ 代连同对照杂交种吉甜 3 号按随机区组试验设计, 2 次重复种植于田间。小区为 3 行区, 行长 55 m, 行距 0.65 m, 株距 0.35 m。对杂交组合 F₁ 代考查的性状为: 按小区测定的青穗产量、穗重、穗长、穗行数、行粒数、穗粗、轴重、轴粗、百粒重、株

收稿日期: 2000-11-15

基金项目: 吉林省计委资助项目(96-551-11-01), 课题名称为超甜玉米品种选育和利用

作者简介: 王逸群(1965-), 男, 福建师范大学生物工程学院讲师, 主要从事作物数量遗传和植物基因工程方面的研究。

高、穗位、茎粗、叶片数、出苗~抽雄日数、播种~采收日数和含糖量。

1.2 计算方法

1.2.1 计算公式

$$(1) \text{对照优势}(\%) = \frac{F_1 - CK}{CK} \times 100$$

$$(2) \text{表现型平均值 } X_{ij} \text{ 的标准化变换: } X_{ij} = (X_{ij} - \bar{X}_j) / S_j$$

(3) 表现型相关系数及表现型相关系数矩阵

按照下面模型进行方差和协方差分析,进而计算表现型相关系数(表1)。

表1 方差和协方差分析

变异来源	自由度	方差	数学期望	协方差	协方差数学期望
重复	$r-1$	V_{ij}		COV_{ij}	
品种	$p-1$	V_{pi}	$\delta_{ei}^2 + m\delta_{\pi i}^2 + m\delta_{\pi}^2$	COV_{pij}	$COV_{pij} + mcov_{(\pi)ij} + mcov_{ej}$
品种×重复	$(r-1)(p-1)$	$V_{\pi i}$	$\delta_{ei}^2 + m\delta_{\pi i}^2$	$COV_{(\pi)ij}$	$cov_{ej} + mcov_{(\pi)ij}$
机误	$rp(m-1)$	V_{ei}	δ_{ei}^2	COV_{ej}	COV_{ej}

$$r_{pij} = COV_{pij} / (\delta_{pi}\delta_{pj})$$

表现型相关矩阵: $R_p = [r_{pij}]$

$$(4) \text{欧氏距离: } D_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (Y_{ij} - Y_{kj})^2}$$

$$(5) \text{聚类分析: } d_{kr}^2 = \frac{n_p}{n_k} d_{pr}^2 + \frac{n_p}{n_k} d_{qr}^2$$

本文采用的是系统聚类法的类平均法。

1.2.2 计算方法

先将各自交系(i)各性状(j)的表现型平均值 X_{ij} 标准化,计算性状间相关系数矩阵 R ,并按主成分分析法对 R 作独立性转换,再按主成分 Y_1, Y_2, \dots, Y_p 计算自交系 i 与 k 间的欧氏距离。用类平均法进行聚类分析。

为了确定遗传距离与杂种优势间的数学关系,首先绘制散点图,再配合直线与各种曲线方程等数学模型。模型的可靠性按理论值与实际值之间的回归关系检验。整个统计分析过程使用 SPSS 8.0 和 SAS System 6.12 软件,并应用双精度 16 位浮点法在吉林农业大学 IBM 计算机上进行。

2 结果与讨论

2.1 方差分析

对所有 18 个性状进行时间裂区方差分析,以测验 1994 年和 1995 年两年间甜玉米 70 个自交系各性状表现的同质性。方差分析的结果表明:除株高的品种×年份互作项均方极显著外,各性状年份间的品种×年份互作项均方都不显著;而品种间均方都达到极显著水平。说明本试验中各性状的表现不因年份的变化而变化,两年数据结果具有同质性,因此将两年资料予以合并,进行有关的统计分析。

2.2 遗传距离的计算

对实对称的、正宗的表现型相关系数矩阵 R_p 采用 Jacobi 法进行正交相似变换,计算出特征根、特征向量和特征根的累积贡献率,并进一步计算主成分值,然后计算出遗传距离。它们之间的遗传距离共计有 $C_{70}^2 = 2415$ 个(这 2415 个遗传距离不在该文中一一列出)。

2.3 聚类分析

将遗传距离的上三角矩阵输入计算机,按类平均法进行聚类分析。70 个甜玉米自交系聚成 8 类,其结果见表 2。

表 2 甜玉米亲本自交系的聚类结果

类 别	亲本数	类 内 亲 本 代 号
第一类	24	4, 28, 20, 16, 37, 42, 59, 14, 24, 25, 29, 30, 36, 2, 1, 38, 23, 48, 50, 32, 51, 46, 31, 27, 40
第二类	14	64, 49, 18, 43, 2, 12, 41, 3, 44, 7, 13, 8, 26, 69
第三类	10	1, 45, 19, 47, 15, 62, 67, 5, 6, 60
第四类	8	53, 58, 33, 39, 35, 34, 57, 55
第五类	7	22, 63, 68, 9, 61, 65, 66
第六类	3	52, 56, 54
第七类	2	11, 70
第八类	2	10, 17

进一步研究表明:聚类分析结果与亲本地理来源没有确定性关系,而亲缘关系较近的自交系基本上聚到了同一类中。所以,聚类分析结果基本上反映亲本间的亲缘关系。这与前人的研究结果相一致^[1,3-6]。另外,类内的平均遗传距离小于类间的平均遗传距离。

2.4 遗传距离与产量杂种优势间的关系

对 89 个甜玉米自交系间杂交种的产量对照优势而言,有些类内自交系间杂交种对照优势较高,而类间杂交种对照优势也较高,但总的说来 8 个类群间组配的杂交种平均对照优势比类内杂交种平均对照优势略高些,即 $H_{c\text{类间}} = 18.18\%$ 大于 $H_{c\text{类内}} = 8.79\%$ 。但 $|t| = 1.59 < t_{0.10, 87} = 1.66$, 即 $P = 0.13 > 0.10$, 因此,二者在统计上差异不显著。研究表明聚类分析与杂种优势间难以找到某种确定性关系,所以聚类分析在亲本选配、预测杂种优势方面没有作用。

对甜玉米杂种优势进行分析,结果表明产量性状的平均对照优势最大, $H_{c\text{产量}} = 15.96\%$, 说明对产量杂种优势的利用有着广阔的前景。各性状的对照优势变化幅度较宽,在甜玉米育种过程中为各性状的综合选择创造了条件,从而育出各种农艺性状均良好的品种。

为了探索遗传距离与杂种优势之间的关系,首先按直线回归法进行拟合(表 3)。

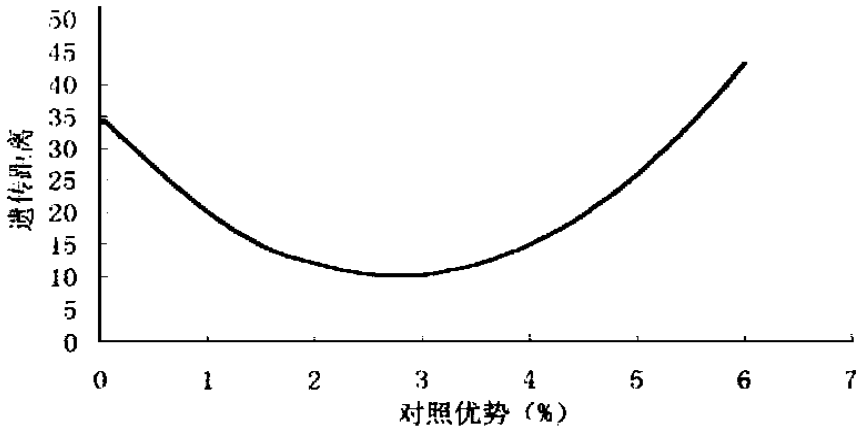
表 3 一次直线方程的有关参数及显著性检验

变异来源	系 数	系数标准误	假设检验 t 值	概率水平
常数项 a	7.10	6.37	1.12	0.27
一次项 D	2.84	1.93	1.47	0.14
回归方程	F=2.17	P=0.14		

结果表明:常数项 a、一次项 D 的显著性检验分别在 0.27、0.14 概率水平上显著,而整个回归方程的 F 检验也在 0.14 概率水平上显著,模型可信度不高。所以甜玉米遗传距离与杂种产量优势之间不存在直线回归关系。同国内流行的“遗传距离越大,产量杂种优势越强”的观点不一致^[3,6]。

再根据 89 个杂交组合的产量性状对照优势及其相应的亲本间遗传距离作成二维坐标散点图,发现二者呈曲线关系(图 1)。

以亲本自交系间遗传距离 D 为自变量,以产量对照优势 H_c 为依变量,配合对数、指数、倒数、二次、多次以及多项式回归方程进行拟合,二次曲线回归方程拟合的效果最好,其回归

图1 遗传距离与 F_1 对照优势之间的关系

方程为: $Hc=34.72-17.72D+3.19D^2$

通式为: $Hc=a+bD+cD^2$

回归方程有关参数及其显著性检验结果列于表4。

表4 二次曲线方程的有关参数及其显著性检验

变异来源	系数	系数标准误	假设检验 t 值	概率水平
常数项 a	34.72	13.49	2.57	0.012
一次项 D	-17.72	9.11	-1.95	0.055
二次项 D^2	3.19	1.38	2.31	0.023
回归方和	$F=3.80$	$P=0.026$	$n=86$	

从表4中可知,用这个二次曲线回归方程可以很恰当地描述甜玉米自交系间的遗传距离与相应杂交种产量对照优势之间的数量关系,在统计学上有实际意义。模型的可信度非常高,当 $D_{\min} = -(-17.72)/(2 \times 3.19) = 2.78$ 时,杂种对照优势可获得极小值 $Hc_{\min} = 10.10$;在 $D \geq 2.78$ 时,遗传距离越大,产量的对照优势越大;在 $D < 2.78$ 时,随着遗传距离增加,产量的对照优势反而减小。这与以往同类研究中“在一定的范围内,产量杂种优势随着遗传距离的增加而增加”相吻合^[1,3-10]。

2.5 遗传距离与含糖量性状杂种优势的关系

利用以上分析遗传距离与产量杂种优势关系的同样方法,再研究遗传距离与甜玉米含糖量性状杂种优势间的关系。结果表明:二者之间无确定性关系,因此,不能用遗传距离预测甜玉米含糖量的对照优势。

参考文献:

- [1] 王玉兰,乔春贵,王庆钰,等.爆裂玉米距离分析与杂种优势[J].作物学报,1994,20(2):223-227.
- [2] 刘来福.作物数量性状的遗传距离及其测定[J].遗传学报,1979,6(3):349-355.
- [3] 郭平仲,张金栋,甘为牛,等.距离分析方法与杂种优势[J].遗传学报,1989,16(2):97-104.
- [4] 何中虎.距离分析方法在小麦亲本选配中的应用研究[J].作物学报,1992,18(5):359-365.
- [5] 黄清阳.玉米自交系间遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的关系[J].遗传学报,1991,18(3):271-276.
- [6] 张爱民,黄金龙,王明理,等.T型杂种小麦亲本数量性状遗传距离与杂种优势的关系[J].北京农业大学学报,1985,4:135-142.
- [7] Arunachalm. Genetic distance in plant breeding[J]. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 1981, 41: 226-236.

- [8] Bhatt G M-Comparison of Various method of selecting parents for hybridization in common wheat[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1973, 24:257—264.
- [9] Rao A V·Genetic divergence among some brown planthopper resistance rice[J]. Indian Journal of Genetics, 1981, 41(2):179—185.
- [10] Joshi M G·Singh B· Genetic divergence in india mustard sodic soil conditions[J]. Indian Journal of Genetics, 1979, 30(2):188.

Study on Relationship between Genetic Divergence and Heterosis in Sweet Corn

WANG Yi-qun, et al.

(College of Biological Engineerring, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: An experiment was conducted in 1994 to 1995 in order to study the relationship between genetic divergence and heterosis in sweet corn. Results showed that the relationship between genetic divergence and yield heterosis in sweet corn could be described as $H_c = a + bD + cD^2$. The yield heterosis of F_1 hybrids could be predicted from the genetic divergency of their parental lines according to this model, but no definite relationship between parental genetic divergence and the heterosis of sugar content of F_1 hybrids could be found. There was no much sense in clustering parental lines for prediction of heterosis.

Key words: Sweet corn; Genetic divergence; Heterosis; Clustering analysis

(上接第 15 页)

- [15] 宋文昌, 张玉华. 水稻四倍化及其对农艺性状和营养成分的影响[J]. 作物学报, 1992, 18(2):137—144.
- [16] 中国农科院. 中国稻作学[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [17] 程祝宽, 等. 一套新的籼稻初级三体的选育和细胞学鉴定[J]. 遗传学报, 1996, 23(5):363—371.
- [18] 秦瑞珍, 刘宗贤. 同源四倍体水稻花培创造水稻初级三体新途径的研究[C]. 中国遗传学会第五次代表大会暨学术讨论会论文摘要汇编, 北京: 农业出版社, 1995.26.
- [19] 常金华, 罗耀武. 高粱同源四倍体与二倍体胚胎发育的比较 II. 胚及胚乳发育的比较[J]. 河北农业大学学报, 1997, 20(4):6—10.
- [20] 胡金良, 等. 二倍体和四倍体小白菜的胚胎学研究[J]. 南京农业大学学报, 1996, 19(4):15—19.
- [21] White J, Jenkis G, Parker J S. Elimination of multivalents during meiotic prophase in *Scilla autumnalis*. I. Diploid and triploid [J]. Genome, 1988, 30:930—939.
- [22] 蒋观敏, 张继益, 高增杰, 等. 同源四倍体高粱三系法杂交种的异常研究[C]. 中国遗传学会第五次代表大会暨学术讨论会论文摘要汇编, 北京: 农业出版社, 1995.40.
- [23] 常金华, 罗耀武, 王宝义, 同源四倍体高粱育性的改良及利用研究[J]. 华北农学报, 1999, 14(增刊):24—27.
- [24] 黄群策, 孙敬三, 白素兰. 同源四倍体水稻的生殖特性研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(2):14—17.
- [25] 周开达. 水稻无融合生殖研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1991.
- [26] Xing S C, Zhou K D, Zhu L H, et al. A potential method to fix the heterosis of rice (*Oryza sativa* L.) with polyploid[J]. CRRN, 1999, 17(3):4.
- [27] 吴先军, 汪旭东, 周开达, 等. 从农艺性状和分子标记鉴定一个水稻三倍体×二倍体 F_2 群体的遗传稳定性[J]. 植物学报, 1999, 41(10):1067—1071.