

玉米自交系间遗传距离与杂种优势、杂种产量的相关性研究

杨向东* 马玉波 杨俊朋 赵祉鹤

(长春市农业科学院, 长春 130111)

提要 1994~1995年对21个玉米自交系和采用NC II (North Carolina II) 交配设计配制的35个组合进行比较试验, 研究玉米自交系间遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的相关性。研究结果表明, 玉米自交系间遗传距离(D^2)与产量杂种优势(H)、杂种产量(F_1)有显著或极显著的抛物线回归关系, 其理论方程分别为 $Y_1 = 47.432 + 3.019X - 0.046X^2$ 和 $Y_2 = 163.162 + 3.555X - 0.075X^2$ 。当 $D^2 = 32.82(23.7)$ 时, $H(F_1)$ 出现最大值。在 $0 \leq D^2 \leq 32.82(23.7)$ 时, D^2 与 $H(F_1)$ 间近线性关系, $H(F_1)$ 随 D^2 值的增大而加强, 超过 $D^2 = 32.82(23.7)$ 时, 杂种优势和杂种产量随遗传距离的增大而减弱。这表明杂种优势的产生需要双亲有一定遗传差异, 但有遗传差异的双亲并不一定产生杂种优势; 用遗传距离预测杂种优势的准确率为 69.2%。

关键词 玉米; 自交系; 遗传距离; 杂种优势; 产量; 相关性

杂种优势(Heterosis)是生物界普遍存在但又复杂的生物现象, 并非任何两个亲本杂交所产生的杂种或杂种所有的性状都比亲本优越。因此, 必须研究杂种优势表现的规律性, 才能有效地利用杂种优势。为寻求科学的预测方法, 国内外许多学者进行了多方面的探索, 如线粒体互补、匀浆互补、叶绿体测定和同功酶分析等。这些方法只能反映生物个体间某个遗传特性、特征的差异, 不能反映生物间全部遗传差异。应用多元分析法测定与产量有关的数量性状的遗传距离来预测玉米自交系间杂种优势和杂种产量, 弥补了上述方法的不足。目前, 许多学者多倾向于用遗传距离作为一种对生物遗传差异的定量描述, 并发现杂交亲本间的遗传距离与杂种优势间具有直线或抛物线的回归关系^[1~2]。在玉米上, 用这种关系预测杂种优势和指导亲本选配虽然做过研究, 但对亲本遗传距离与其杂种一代的杂种优势、杂种产量的关系以及预测杂种优势的准确率却尚无定论。为此, 我们采用多元分析方法, 测定与产量有关的数量性状的遗传距离来预测杂种优势, 并对遗传距离(D^2)与杂种优势、杂种产量的关系进行探讨, 以明确玉米产量杂种优势较大时双亲的遗传差异。

1 材料与方 法

选常用的21个玉米自交系和其中12个自交系采用NC II 交配设计的35个组合, 于1994年和1995年在长春市农业科学院试验田进行2年的随机区组试验, 3次重复, 行长5.0 m, 3行区, 行距0.7 m, 2年均于4月26日播种, 肥水管理同大田。

研究的性状有株高、穗位高、雄穗分枝数、穗长、穗粗、穗行数、百粒重、出籽率、叶面积指数和单穗粒重 10 个性状。

统计分析方法:遗传距离的测定按高之仁的统计方法^[3];回归分析按莫惠栋的方法进行^[4];杂种优势按下式计算:

$$H(\%) = [(F_1 - MP) / MP] \times 100$$

式中 F_1 为杂种产量, MP 为中亲值。以上计算在长春市农科院微机室 AST-386 微机上完成。

2 结果与分析

对试验所获得的 21 个亲本的 10 个数量性状的资料进行方差分析表明,玉米自交系基因型间差异均达极显著水准(表略)。然后计算任意两个自交系间的遗传距离(D^2),21 个自交系间的平均遗传距离为 15.2。遗传距离 $D^2 > 15.2$ 的组合有 19 个,占总数的 43.3%。变异幅度为 0.46~47.34。

将采用 NC II 交配设计而获得的 35 个杂交组合的 F_1 单穗粒重(F_1)、杂种优势(H)和遗传距离列于表 1。从表 1 中可以看出,35 个组合中遗传距离(D^2)大于 17.82(平均遗传距离)的为 17 个,其中 F_1 平均单穗粒重大于 170.3 g(CK)的组合有 29 个, F_1 平均单穗粒重小于 170.3 g(CK)的组合有 6 个,符合率为 35.3%,也就是说 35 个组合中,亲本遗传距离大,优势也大,遗传距离小,优势也小的组合占 69.2%。因此,用遗传距离预测杂种优势的准确率为 69.2%。

以遗传距离为横坐标,以 F_1 单穗粒重(F_1)和杂种优势(H)为纵坐标作散点图(图 1、图 2),从 35 个组合的散点图可以看出,两轨迹均呈凸形,且没有明显的由凸变凹或由凹变凸的特征,则预期宜配合二次式。所以经回归分析表明,自交系间遗传距离(D^2)与产量杂种优势(H)和杂种产量(F_1)之间均为抛物线关系。 D^2 与 H 之间、 D^2 与 F_1 之间的理论方程分别为:

$$Y_1 = 47.432 + 3.019X - 0.046X^2$$

$$Y_2 = 163.162 + 3.555X - 0.075X^2$$

式中 Y_1 、 Y_2 、X 分别是产量杂种优势、杂种产量和遗传距离。

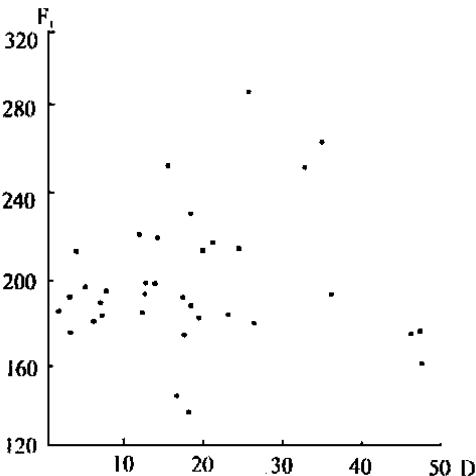


图 1 单穗粒重与遗传距离散点图

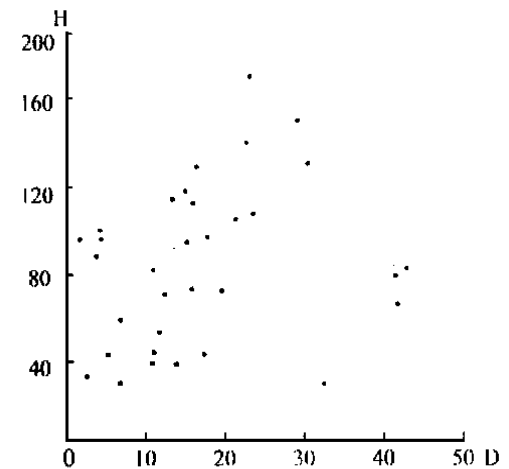


图 2 杂种优势与遗传距离散点图

经抛物线回归显著性测验, D^2 与 H 、 D^2 与 F_1 均达显著水平, 说明玉米自交系之间遗传距离与产量杂种优势、杂种产量为符合抛物线回归关系。作相关分析表明, 遗传距离与产量杂种优势的相关指数(Correlation index)为 0.403, 达 5% 显著水平; 与杂种产量的相关指数为 0.447, 高于遗传距离与杂种优势的相关指数, 达 1% 极显著水平。这表明遗传距离可以作为预测杂种优势和杂种产量的一个遗传参数, 并且用遗传距离预测杂种产量比预测产量杂种优势更为有效。

表 1 35 个组合的单穗粒重、杂种优势和遗传距离

组 合	单穗粒重(g)	中亲值(g)	杂种优势(%)	遗传距离
Mo17×E28	260.0	114.3	127.6	31.05
Mo17×中黄 64	178.7	100.0	78.7	10.62
Mo17×5003	180.7	128.4	40.7	10.93
Mo17×478	207.2	157.0	32.0	18.13
Mo17×8112	180.3	140.0	28.8	13.49
Mo17×凤白 29B	177.4	93.7	89.3	19.09
Mo17×春 145	188.8	114.6	21.1	33.08
黄早 4×E28	205.5	86.0	139.0	23.07
黄早 4×中黄 64	182.4	71.6	126.8	18.63
黄早 4×5003	170.9	100.0	70.9	43.02
黄早 4×478	175.5	116.6	50.5	6.26
黄早 4×8112	203.2	116.6	82.1	1.95
黄早 4×凤白 29B	137.6	65.3	110.7	17.63
黄早 4×春 145	176.6	86.3	98.0	21.87
春 09×E28	165.9	104.7	58.5	43.23
春 09×中黄 64	187.4	90.4	107.3	8.76
春 09×5003	222.6	108.7	104.8	18.08
春 09×478	187.7	136.3	37.7	10.30
春 09×8112	211.7	130.4	62.3	11.68
春 09×凤白 29B	151.0	84.0	79.8	47.34
春 09×春 145	283.7	105.0	170.2	23.04
综 31×E28	182.4	99.0	84.2	2.58
综 31×中黄 64	176.4	84.7	108.2	23.69
综 31×5003	248.7	103.0	141.5	30.26
综 31×478	186.3	109.7	69.8	18.10
综 31×8112	209.2	124.7	67.8	20.77
综 31×凤白 29B	139.0	78.3	77.5	15.87
综 31×春 145	186.6	99.3	88.2	0.46
许 052×E28	167.5	103.7	88.7	17.84
许 052×中黄 64	214.6	99.4	38.3	10.25
许 052×5003	177.0	127.7	38.6	2.05
许 052×478	165.9	130.4	27.2	0.68
许 052×8112	173.5	139.4	24.5	5.24
许 052×凤白 29B	176.6	93.0	89.2	3.80
许 052×春 145	240.9	114.0	111.3	13.26
本育 9(CK)	170.3			

按抛物线求极值的方法, $X = -b_1/2b_2$, 计算出杂种优势、杂种产量最大时的 D^2 值分别为 32.82 和 23.7。这表明遗传距离在 $0 \leq D^2 \leq 32.82(23.7)$ 的范围内, D^2 与 $H(F_1)$ 之间接近线性关系, $H(F_1)$ 随 D^2 值增大而加强。如:

$$\begin{array}{llll} \text{春 09} \times \text{春 145} & D^2=32.82 & F_1=283.7 & H=170.2 \\ \text{Mo17} \times \text{E28} & D^2=31.05 & F_1=260.0 & H=127.5 \end{array}$$

综 31×5003 $D^2=30.26$ $F_1=248.7$ $H=141.5$

表现出遗传距离(D^2)与产量杂种优势(H)和杂种产量(F_1)关系的一致性。

当遗传距离 $D^2 > 32.82(23.7)$ 时, 杂种优势(H)和杂种产量(F_1)就会随双亲 D^2 值的增大而减弱。如:

黄早 4×5003 $D^2=43.02$ $F_1=170.9$ $H=70.9$

春 09×E28 $D^2=43.23$ $F_1=165.9$ $H=58.5$

春 09×凤白 29B $D^2=47.34$ $F_1=151.0$ $H=79.8$

以上分析表明, 要想配出强优势组合, 除双亲的产量水平较高外, 其遗传差异还应大到适当程度, 不是越大越好, 而是 D^2 为中等偏大时, 即 D^2 在 15~35 之间时, 杂种优势较强。也就是说杂种优势的产生需要双亲有一定的遗传差异, 但有遗传差异的双亲并不一定必然产生杂种优势。

3 讨 论

试验综合分析表明, 遗传距离与产量杂种优势、杂种产量之间有显著的抛物线回归关系。其理论方程分别为 $Y_1=47.432+3.019X-0.046X^2$ 和 $Y_2=163.162+3.555X-0.075X^2$ 。在 $0 \leq D^2 \leq 32.82(23.7)$ 的范围内, D^2 与 $H(F_1)$ 接近线性关系, 杂种优势(杂种产量)随双亲 D^2 值的增大而增强(增加)。 D^2 在 15~35 之间, 可望取得最大的杂种优势和杂种产量, 并不是 D^2 越大越好。

遗传距离与杂种优势、杂种产量之间存在密切的正相关, 用多元分析法测定的双亲间与产量有显著的相关数量性状的遗传距离, 可作为预测杂种优势的一个遗传参数, 用遗传距离预测杂种优势的准确率为 69.2%。

试验结果还表明, 遗传距离与杂种产量的关系和遗传距离与产量杂种优势的关系基本一致, 但前者的相关程度高于后者, 说明用遗传距离预测杂种产量比预测产量杂种优势更为有效。实践表明, 如果亲本产量偏低, 即使杂种优势较大, 也很难达到在生产上应用的水平, 因此用遗传距离预测杂种产量比预测杂种优势更具有实际意义。但从另一方面考虑, 虽然遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的回归关系达到 5% 的显著水平, 但是遗传距离说明产量杂种优势、杂种产量变异所占比例分别为 16% 和 20% ($r=0.403, r=0.447$)。因此, 在实际应用中不宜过分夸大遗传距离预测杂种优势和杂种产量的作用。

在研究遗传距离与产量杂种优势、杂种产量的关系时, 要注意材料的代表性和材料间的遗传差异, 要选用与预测杂种优势的性状间有显著相关的且自身的遗传力要高的多重性状来计算遗传距离, 能衡量亲本多数性状的综合遗传差异, 可提高杂种优势预测的准确性。

参 考 文 献

- 1 徐静斐等. 水稻数量遗传论文辑. 安徽农业科学, 1981, 126~129
- 2 李成荃等. 水稻数量遗传论文辑. 安徽农业科学, 1981, 88~89
- 3 高之仁著. 数量遗传学. 成都: 四川大学出版社, 1986, 236~267
- 4 莫惠栋著. 农业试验统计. 上海: 上海科学技术出版社, 1992, 467~507