

玉米幼苗吸收硫酸盐($\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$)亲和性的基因效应分析

冯宗云 高之仁 荣廷昭

(四川农业大学农学院, 四川雅安 625014)

摘 要 本文以来源不同的 9 个玉米自交系及其按双列杂交组合的 36 个杂交种为材料, 研究了玉米幼苗根系对硫酸盐($\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$)亲和性(K_m)的基因效应。结果表明, K_m 的遗传为加性—显性—上位性模型。控制 K_m 的基因作用方式为超显性, 显性作用大于加性作用, 显性方向指向减效。亲本中正、负效基因的分布不等, 显性等位基因的频率高于隐性等位基因的频率。自交系合二和 292 含显性基因较多, 认为这二个自交系是改良根系对营养吸收亲和性的优良亲本材料。

关键词 玉米 硫酸盐吸收 亲和性 基因效应

杂交亲本选配和杂种优势预测一直受到玉米育种者的十分关注。许多学者一直在寻求能有效鉴定优异基因型的更好方法及其选用的指标。前人研究表明, 硫营养对氮代谢有明显的影响, 硝酸盐和硫酸盐同化途径间存在着密切的联系, 硫营养影响作物的最终产量, 且根系对硫酸盐的吸收期很短。因此, 研究玉米吸收硫酸盐的能力曾在本世纪 70 年代至 80 年代初引起了农业化学家及作物生理学家的重视。作者研究指出, 玉米幼苗对 SO_4^{2-} 的亲和性(K_m)与产量杂种优势呈显著的负相关, K_m 以非加性基因效应较重要。本文在此研究基础上, 对玉米幼苗吸收 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ 亲和性的基因效应进行了研究, 以期对玉米育种选配杂交亲本、早期预测杂种优势以及选择适应性更为广泛的基因型提供有关依据。

1 材料与方法

1.1 材料

以来源不同的 9 个玉米自交系及其按双列杂交组合的 36 个正交 F_1 杂种为材料, 自交系名称如下: 合二(1)、成 2-17-1(2)、107-186(3)、8112-3(4)、292(5)、中多 5-1(6)、78599-2(7)、B140(8)、Bjk108-23(9)(以下用括号中 1、2...9 表示各自交系), 杂种按自交系的顺序排列, 序号: 5001~5036。1991 年将供试材料分为两部分, 一份用于在室内作幼苗吸收硫酸盐试验, 另一份播种于雅安四川农业大学多营农场试验地, 随机区组设计, 3 次重复, 考查的性状为产量。

1.2 幼苗吸收硫酸盐亲和性测定

试验设 3 次重复。种子先用 1% 次氯酸钠溶液表面消毒 10 min, 然后在光照培养箱(昼/夜: 26℃/24℃)中发芽, 营养液为 Hoagland 溶液^[7]。从发芽后的第 5 天起改用 MgCl_2 代替

* 在试验过程中得到本校数量遗传研究室刘礼超研究员、倪昔玉副教授及原子能农业应用研究室王化新教授等的热情帮助, 特此致谢!

收稿日期 1997-09-13

MgSO_4 的 Hoagland 溶液。4 天后,将植株取出转入每 100ml 分别含 1、2、5、10、20 μCi $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ 的 Hoagland 溶液中(同位素由中国原子能科学研究院同位素研究所提供),在 KARL KOLB 振荡器上 28℃ 振荡培养 10min. 以川农单交 9 号为空白试验种。吸收期末,根部用 0.1mol/L Na_2SO_4 溶液在冰冷条件下冲洗 10min,把根切成约 2mm 段片,分成两份称重。一份用于蛋白质测定,另一份搅成匀浆,在 FJ-353 双道液体闪烁计数探测器上测定放射性活度,用 1 $\mu\text{Ci}/10\text{ml}$ 的正十六烷(^{14}C)标准源校正^[1]。根据吸收率(dpm/min.mg 蛋白质)与 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ 的 Michaelis—Menten 方程按 Linewaver—Burk 法求得吸收营养的亲性和指标($K_m, \mu\text{mol}/\text{ml}$)。

1.3 统计方法

对研究性状进行方差分析,用 Hayman 双列杂交分析法研究供试材料的遗传组成。

2 结果与分析

2.1 K_m 及产量的方差分析

方差分析结果(表 1)表明, K_m 和产量两性状基因型间均存在极显著差异,重复间差异均不显著。因此可进一步分析。

表 1 K_m 及产量的方差分析

变异来源	K_m	产 量	
均方 MS	重 复 间	260.63	336.69
	基因型间	5 661.59**	837.21**
	误 差	1 304.29	228.87

* * 示 1% 显著性水平。

2.2 遗传模型测验

本试验对 K_m 及产量两性状的测验(表 2)表明, K_m 的回归系数 b 与 0 的差异达 1% 显著水平,而产量的回归系数 b 与 0 的差异不显著,这两个性状的回归系数 b 与 1 存在极显著差异。这表明二性状皆表现出 $W_r + V_r$ 的多样性,控制二性状的微效多基因均存在基因间的互作,即上位性关系,符合基因效应的加性—显性—上位性模型。

表 2 K_m 及产量的 W_r/V_r 回归测验及遗传参数

性状		k_m	产 量
回归系数 b		0.16 与 0 ^{0.16}	0.36 与 0 ^{0.36}
方差分量	D	123.06 ± 1 916.26	230.00 ± 166.69
	H_1	1 074.98* ± 4 243.50	2 478.23** ± 367.99
	$D - H_1$	- 10 617.92	- 2 248.23
	H_2	9 065.90* ± 3 637.67	2 261.96** ± 316.43
	E	516.15 ± 603.24	98.14 ± 52.47
其它参数	$(H_1/D)^{1/2}$	9.34	3.28
	$H_2/4H_1$	0.21	0.23
	D/r	3.24	1.20
	$W_r + V_r + Y_r$ 的相关系数	0.55	- 0.91**
	$h_N^2(\%)$	9.49	19.17

* , * * 分别示 5%, 1% 显著性水平。

2.3 K_m 及产量的遗传参数估计

对控制 K_m 和产量微效多基因的加性效应方差(D)、显性效应方差(H_1, H_2)、平均显性度 $[(H_1/D)^{1/2}]$ 、正负效基因比率($H_2/4H_1$)、显隐性基因比率(d/r)和狭义遗传力(h_N^2)进行了估计,

结果见表 2。

二性状基因的加性效应方差(D)均未达到 5% 显著性水平,而 Km 及产量的显性效应方差(H_1 、 H_2)分别达到 5%、1% 显著性水平,二性状的 $D-H_1$ 均小于 0,即基因的显性效应大于加性效应,这表明显性基因效应较加性基因效应对二性状的影响更重要。

一般认为,平均显性度大于 1 为超显性,小于 1 为部分显性,等于 1 为完全显性。本试验对 Km 及产量平均显性度的估算结果表明,二性状的平均显性度均大于 1,这说明 Km 及产量均为超显性。二性状正、负效基因比率($H_2/4H_1$)都小于 0.25,这说明在全部亲本中正、负效基因分布不等,等位基因的频率不同。从显隐性基因频率的估算来看,二性状均大于 1,这说明参试亲本中的显性基因频率高于隐性基因频率。二性状的加性效应与显性效应的协方差(Fr)的平均值($\bar{Fr}$)也说明了这点(表 3)。Km 及产量的狭义遗传力较低,分别为 9.49%、19.17%,这表明二性状受环境条件影响较大。

2.4 亲本中基因分布及基因作用方向的分析

加性效应和显性效应的协方差的符号和数值可说明亲本的显性等位基因和隐性等位基因的相对频率: $Fr < 0$,表明诸亲本的隐性等位基因比显性等位基因要多。由表 3 可以看出,对于 Km,6、9 号自交系含有更多的隐性等位基因($Fr < 0$),但以 1、5 号自交系含的显性等位基因更多,而 6、9 号自交系能提供较高的一般配合力(GCA),其余自交系的 GCA 较低^[3]。性状的 $W_r + V_r$ 值与亲本值 Y_r 的相关系数 r 的正负性可描述微效多基因的显性的方向性: $r > 0$ 为显性方向指向减效; $r < 0$ 为显性方向指向增效。Km 的 $W_r + V_r$ 与亲本值 Y_r 的相关系数 $r = 0.55$,故说明 Km 基因的显性方向指向减效。

对于产量,1、5、6、9 号自交系含的显性等位基因较多($Fr > 0$),其余自交系含有较多的隐性等位基因($Fr < 0$),但以 1、5 号自交系含有更多的显性等位基因。其 $W_r + V_r$ 与亲本值 Y_r 的相关系数 $r = -0.91$,达到 1% 显著性水平(表 2),说明控制产量基因的显性方向指向增效。

表 3 各亲本的加性效应与显性效应的协方差(Fr)

性	自交系代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\bar{Fr}$
状											
	Km	4 607.90	1 439.94	1 005.48	2 479.62	4 113.80	-4 355.10	3 915.08	3 480.20	-5 754.78	1 214.68
	产量	1 318.45	-44.15	-1 389.95	-77.99	1 228.05	106.57	-318.85	-127.73	531.83	136.25

3 讨 论

作物根系吸收营养的能力对作物生产有重要的影响。作者指出,玉米幼苗对 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ 的亲和性(Km)与产量杂种优势间呈显著的负相关,Km 可作为杂交亲本选配、杂种优势早期预测及基因型适应性选择的参考指标。前人分析了 Km 的配合力,结论不一。有的认为 Km 的加性和非加性基因效应皆重要,有的则认为 Km 以非加性基因效应较重要。作者对 Km 的配合力分析表明,Km 以非加性基因效应较重要,这与本研究结果是一致的。尽管本研究中 Km 的加性基因效应不显著,但不同自交系提供的加性基因效应各异。这说明通过杂交育种从遗传上改良根系对营养吸收的亲和性是可行的。但其狭义遗传力低,宜在晚代选择,若利用其杂种优势(Km 呈超显性遗传)却能取得更好的育种效果。本研究表明,Km 的遗传符合加性—显性—上位性模型。Турбин 认为上位性能成为今后选育高产单交种育种中的重大资源。这些研究证明遗传改良对改善根系吸收是有效的。

遗传背景是亲本选择的重要依据之一。Hayman 双列分析结果表明,1、5号自交系含有更多的显性等位基因,且显性方向指向减效。亲本中正、负效基因分布不等,显性基因频率高于隐性基因频率,存在非等位基因互作。正是亲本中基因分布不平衡及非等位基因互作存在,使由 Km 的 GCA 高的和 GCA 低的自交系组配的组合的 Km 的特殊配合力效应(SCA)有的很高,有的很低,但 Km 的 GCA 低(或高)的双亲组配的组合的 Km 的 SCA 一般较低(或高)。因而育种中选择 Km 的 GCA 低的自交系作亲本利于改善组合根系吸收性能。本研究结果与作者对 Km 的配合力分析结果^[3]一致地表明,1、5号自交系是改良根系对营养吸收亲和性的优良育种材料。这两个自交系正是我们近年来已投入生产上使用的亲本材料。

参 考 文 献

- 1 陈子元等.核技术及其在农业科学中的应用,科学出版社,北京,1983
- 2 冯宗云 高之仁 荣延昭.四川农业大学学报,1995,13(2),154—157,160。
- 3 冯宗云 高之仁 荣延昭.核农学报,1997,11(1),54—58。
- 4 高之仁编著.数量遗传学.四川大学出版社,成都,1986
- 5 李琳等.植物生理学通讯,1980(6),52—55。
- 6 西格尔著(吴经才等译).生物化学计算.科学出版社,北京
- 7 Amon, D. I. et al., 1940, Soil Science, 50, 463—483
- 8 Cacco, G. et al., 1977, Plant Physiology, 60, 582—584
- 9 Cacco, G. et al., 1980, Physiologia Plantarum, 48, 375—378
- 10 Dijkshorn, W. A. et al., 1967, Plant Soil, 26, 129—157
- 11 Friedrich, J. W. et al., 1978, Plant Physiology, 61, 900—903
- 12 Landi, S. et al., 1983, Agrichmica, 27, 73—77
- 13 Motto, M. et al., 1982, Theoretical and Applied Genetics, 64, 41—46
- 14 Reuveny, Z. et al., 1977, Journal of Biological Chemistry, 252, 1858—1864
- 15 Saccomani, M. et al., 1981, Physiologia plantarum, 53, 101—104

(责任编辑:王晓丽)