

玉米株高遗传和育种几个问题的研究

彭力行¹⁾

(西北农业大学农学系)

摘 要

玉米 F_1 株高主要决定于双亲平均株高,也受矮秆亲本遗传类型的影响,但与杂交组配方式和正反交关系甚小。 F_1 株高的绝对超亲量随双亲平均株高的增高而加大,相对超亲量却随之减小,但 F_1 株高的增量进度不受双亲平均株高的影响。玉米杂种自交一代株高的遗传特点为:受杂种优势影响,变异幅度与双亲株高差异的大小有关,分布有单峰和双峰两种。估算了玉米株高的遗传力。

关键词: 玉米;株高;遗传;育种;杂种优势;自交系

株高是玉米的重要性状之一,与许多经济性状和生物学性状相关联。它影响玉米单株生产力,并与密度共同作用影响单位面积产量。不同生态地区对玉米株高有不同要求,有些单位把降低植株高度或培育矮秆杂交种作为玉米育种的一项主要目标^[4]。因此,有必要对玉米株高遗传的一些问题进行研究。

本文在前人^[1-3,5]研究的基础上,扩大研究了亲代与子一代株高的遗传关系。为便于以株高为重要目标培育自交系,对杂种二代(S_1)的株高表现也作了初步研究。

1 材料和方法

1980~1981年共种杂交组合180个,亲本自交系58个。自交系按其株高分为低、中、高3种类型;杂交种依其亲本系株高组成9种组配方式。春播,重复2次,按植株高低顺序排列,2行区,每区24株,各取样15株测量株高。株高的分级标准为:自交系低于120cm为低,高于150cm为高,120~150cm为中;杂交种低于200cm为低,高于250cm为高,200~250cm为中。

1981年玉米抽雄前,由于干旱,玉米株高较常年低,与1980年相比,同一材料,自交系低5cm左右,杂交种低30cm左右。

为研究 S_1 株高的遗传特点和估算株高的遗传力,在1981年种植9个组合的 F_1 , S_1 , 双回交子代和亲本系。此外,在分析试验结果时,还引用1979~1980年育种试验的部分数据。

本文于1987年2月17日收到。

1)现在陕西省农业办公室工作。

2 结果与分析

2.1 F_1 株高的特点

2.1 F_1 株高与双亲株高的相关和回归 1980年53个组合的 F_1 株高与双亲平均株高(以下简称“双亲株高”)的相关系数为0.866**, 1981年用127个组合算得的相关系数为0.836**, 都呈极显著的高度正相关(与Elto的结果 $r = 0.07$ ^[5]截然不同)。可见,在玉米的株高育种中,杂种一代的株高在很大程度上决定于双亲株高。

以双亲株高(X)和 F_1 株高(y)建立的直线回归方程为:

$$1980\text{年}, \quad Y = 70.660 + 1.199X$$

$$1981\text{年}, \quad Y = 55.251 + 1.084X$$

这种关系也可从直线回归图清晰地看出(图1)

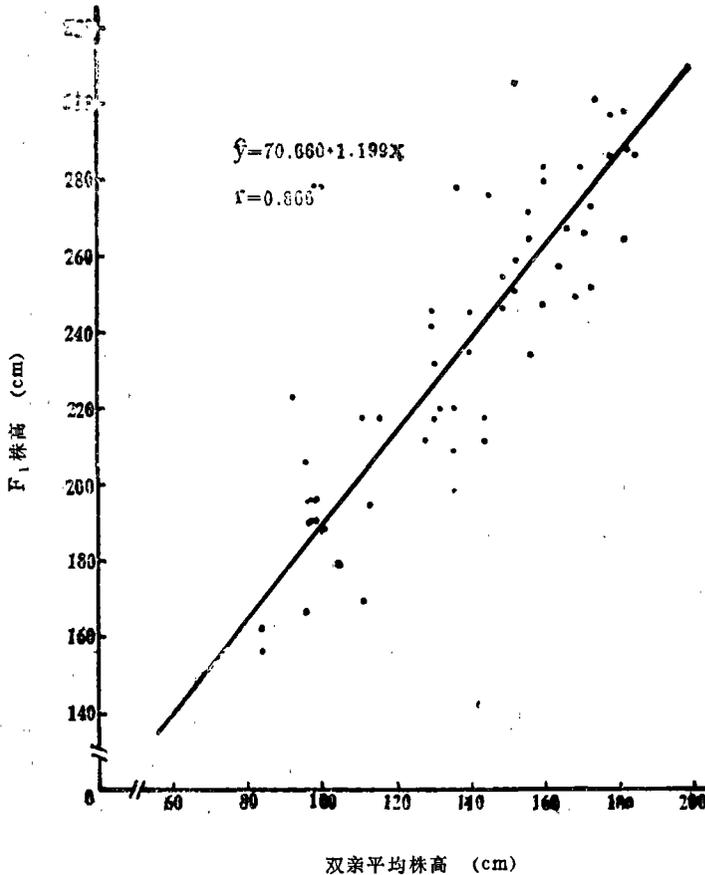


图1 自交系及其杂交种株高的直线回归(1980)

因不同环境条件下建立的回归方程不同,同时,株高的回归方程还受矮秆亲本遗传类型的影响,因此,选择有代表性的材料,在典型条件下进行几年试验,有可能建立一个适合于一定地区的玉米株高回归方程,由双亲株高估算杂交种株高,作为株高育种中选配亲本的参考。

2.1.2 F_1 株高优势与双亲株高 由表1可以看出, F_1 株高优势受双亲株高制约,表现为 F_1 超亲量随双亲株高的增高而加大,平均优势%则随双亲株高的增多而减小。因此可以认为,在 $b>1$ 时,这是 F_1 株高优势的特点。

$$\text{理论超亲量} = \hat{Y} - X = a + (b-1)X$$

上式中,对于同一试验, a 和 $(b-1)$ 是常数,同时, $(b-1)$ 还决定超亲量变异的方向(一般为正值),双亲株高 X 决定超亲量的大小,二者呈正比关系。

$$\text{理论平均优势} = \frac{\hat{y} - X}{X} = \frac{a}{X} + (b-1)$$

由上式可知,在同一试验中,平均优势的大小决定于 $1/X$,亦即平均优势与双亲株高有一定的反比关系。

表1 F_1 株高与双亲株高关系 (1980~1981)

试 验 年 份	双亲株高 组 限	组 合 数	双亲株高 平 均	F_1 株 高 平 均		
				株高(cm)	超亲量	平均优势%
1980	低 120以下	13	100.1	189.9	89.8	89.7
	中 120—150	17	137.0	232.9	95.9	70.0
	高 150以上	23	166.6	272.2	105.6	63.4
1981	低 120以下	60	98.8	161.9	63.1	63.9
	中 120—150	44	134.2	201.5	67.3	50.1
	高 150以上	23	159.1	227.9	68.8	43.2

2.1.3 F_1 株高的增量进度与双亲株高 F_1 株高的增量进度(即回归系数 b)与双亲株高是否有关,这涉及到直线回归方程的适合性。若低、中、高三种亲本类型的 F_1 株高增量进度一致,则回归方程对三种亲本类型有相同的适合性;若增量进度不同,则回归方程的适合性低,用以估算 \hat{y} 时误差大,这时必须考虑亲本高低对 F_1 株高增量进度的影响。

利用 F_1 的实际株高(y)和估算株高(\hat{y})的差值($y - \hat{y}$),可测定 F_1 株高增量进度。将两年的试验结果按亲本株高类型,分别用 y 和 \hat{y} 绘制柱形图(图2)。可以看出,六对($y - \hat{y}$)的差值在0.2~2.0cm之间,均未达显著水平,表明回归方程对三种亲本类型适合性相同,亦即三种亲本类型的 F_1 株高的增量进度一致。因此,在利用株高回归方程时,可

不考虑亲本株高对 F_1 增量进度影响。

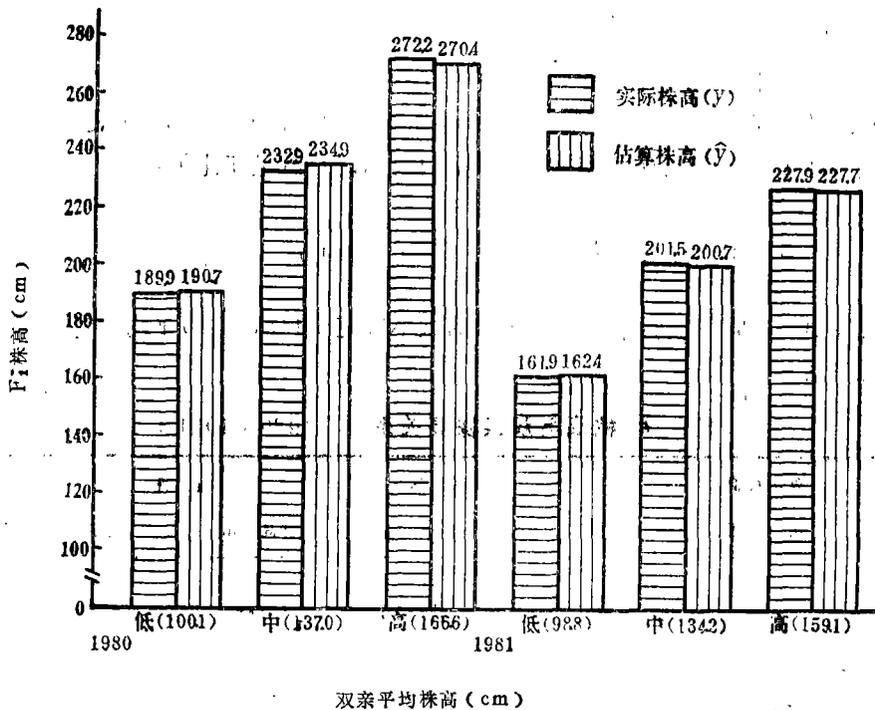


图2 14 F_1 实际株高与估算株高差异图

2.1.4 F_1 株高与正反交和组配方式 表2是16对正反交组合的 F_1 株高(以高亲作母本者为正交)。可以看出,12对组合正反交的 F_1 株高差异不大,4对组合有显著差异,但其绝对量并不大。而且正反交差异的方向也一致,甚至同一组合在不同年间正反交差异的方向也不相同,可见差异主要是试验误差所致。因此,在利用直线回归方程或在株高育种选配亲本时,可以不考虑正反交。

低、中、高三种亲本类型在不考虑正反交的情况下,有六种组配方式(表3)。组配方式是否影响 F_1 株高,从表3看;各组配方式之间, F_1 株高有明显差异。但这种差异的产生,双亲株高是重要影响因素,故不能作为评定组配方式效应的依据。而由 $(\hat{y} - y)$ 的差值,判断组配方式的效应较为妥当。表3中除1981年的(中 \times 中)外,其余组配方式的 $(\hat{y} - y)$ 值都未达显著水平,而且同一方式两年的差异方向也不完全一致,说明组配方式对 F_1 株高一般没有明显影响,在株高育种中选配亲本时可不予考虑。

2.1.5 F_1 株高与矮秆亲本的遗传类型 在本试验中,依矮秆系致矮力的强弱,将其分为三种:一为致矮力相当强,如武早70-1及其派生系武早白、武唐早等;一为几乎无致矮作用,如矮永白28;第三种为致矮力中等,其为数较多。

①武早70-1:株高一般为80~90cm。它与高秆系和中秆系杂交,三年共试验组合30次, F_1 株高变幅为114.6~222.4cm,平均202.5cm,没有出现一个高秆或中秆偏高组合,表明武早70-1的致矮力相当强。又以高秆系和中秆系作共同亲本,分别与武早70-1和其它11

表2 F₁株高与正反表 (1979~1981年)

组 合 名 称	F ₁ 株 高 (cm)			试验年份
	正 交	反 交	相 差	
莫17×白多229-3-3-1	236.1	233.7	2.4	1979
白多229-4-2-2×西开	224.4	213.0	11.4	
Ch593-3-2×黄早四	241.7	243.2	-1.5	
野鸡梗×黄早四	225.2	214.8	10.4	1981
	187.7	190.8	-3.1	
埃及205×双704	241.8	246.1	-4.3	1980
矮永白28×武早70-1	193.7	190.2	3.5	1981
	186.4	171.9	14.5	
埃及205×武早70-1	211.1	217.2	-6.1	1980
	202.9	200.8	2.1	1981
莫17×多229	246.2	253.9	-7.7	1980
	203.3	212.3	-9.0**	
多229×白单671	186.8	187.5	-0.7	1981
紫荏白24×白单671	215.9	201.7	14.2**	
武105×多229	202.3	206.2	-3.9	
武白2×紫荏白24	236.8	235.9	0.9	

表3 F₁株高与组配方式表

cm

组配方式	组 数	1980年				1981年				
		双亲株高 平 均	F ₁ 实际高 平均(y)	F ₁ 估算高 平均(y)	y - \bar{y}	组 数	双亲株高 平 均	F ₁ 实际高 平均(y)	F ₁ 估算高 平均(\hat{y})	y - \hat{y}
低×低	11	100.1	189.4	190.7	-1.3	34	91.0	156.4	153.9	2.5
低×中	2	100.2	193.0	190.8	2.2	23	110.0	167.3	174.5	-7.2
低×高	14	137.2	238.2	235.2	3.0	34	129.6	201.3	195.8	5.5
中×中	2	137.2	221.7	235.2	-13.5	7	134.4	185.0	200.9	-15.9**
中×高	13	156.0	257.6	257.7	-0.1	24	153.3	222.6	221.4	1.2
高×高	11	176.2	281.2	281.9	-0.7	5	168.4	235.2	237.8	-2.6

个矮秆系杂交, 结果见表4。可明显看出, 25对组合中有23对以武早70-1为亲本的F₁株高低于以其它矮秆系为亲本的相应F₁株高。特别是武早70-1比双704高约30cm(1981年两个矮秆系的株高分别为78.3和53.8cm, 但其杂交种(武早701×埃及205)反而比(双704×埃及205)低得多。因此可以认为, 武早70-1是致矮力较强、致矮性稳定的一个矮源。

表4 武早70-1和其它矮秆系数数矮力的比较(1979—1981年)

组配方式	组合名称	双亲株高 (cm)	F ₁ 株高 (cm)	试验年份	
低	武早70-1×埃及205	151.8	213.4	1979春播	
	双704×埃及205	137.8	234.6		
	武早70-1×埃及205	143.7	217.2	1980春播	
	双704×埃及205	129.6	246.1		
	埃及205×武早70-1	143.7	211.1	1980夏播	
	埃及205×双704	129.6	241.8		
	武早70-1×埃及205		212.5	1980春播	
	双704×埃及205		234.4		
	武早70-1×自330	135.3	220.3	1980春播	
	武202, 矮永白28 ¹⁾ ×自330	151.2, 151.7	258.6, 305.6		
	武早70-1×莫17		194.0	1980夏播	
	6252501, 佛628, 矮3013×莫17		248.1, 253.8, 182.2		
×	武早70-1×H84		199.2	1981春播	
	双704, 62525d×H84		216.5, 254.0		
	武早70-1×56-19		222.4	1981春播	
	齐31×56-19		236.0		
	武早70-1×埃及205	136.3	200.8	1981春播	
	武202, 双704×埃及205	142.1, 124.0	221.2, 208.8		
	武早70-1×白自330	119.4	191.9	1981春播	
	武202, 矮115, 矮永白28×白自330	125.2, 112.1, 124.4	208.7, 209.2, 263.7		
	高	武早70-1×莫17	129.4	183.6	1981春播
		OS38-2, 62525d×莫17	140.5, 140.7	190.7, 237.5	
		武早70-1×H84	118.2	180.1	1981春播
		C(20)-1-2, 双704×H84	137.0, 105.9	184.0, 180.7	
低	武早70-1×C103	115.5	190.1	1981春播	
	武202×C103	121.3	165.7		
×	武早70-1×多229	102.3	139.2	1981春播	
	武202, 渭323×多229	108.1, 110.5	163.1, 187.0		
中	武早70-1×紫24	105.0	174.9	1981春播	
	武202×紫24	110.8	178.9		

注: 1) 表示武202矮永白28分别与自330杂交。后边的数写分别表示相应的株高, 中间用“,”隔开。以下同。

②矮永白28: 株高一般为100~110cm。1979~1981年用高秆系作共同亲本分别与矮永白28和其它低、中、高秆自交系组成43个可比的组合进行试验, 各类F₁的平均株高及其公布列于表5。

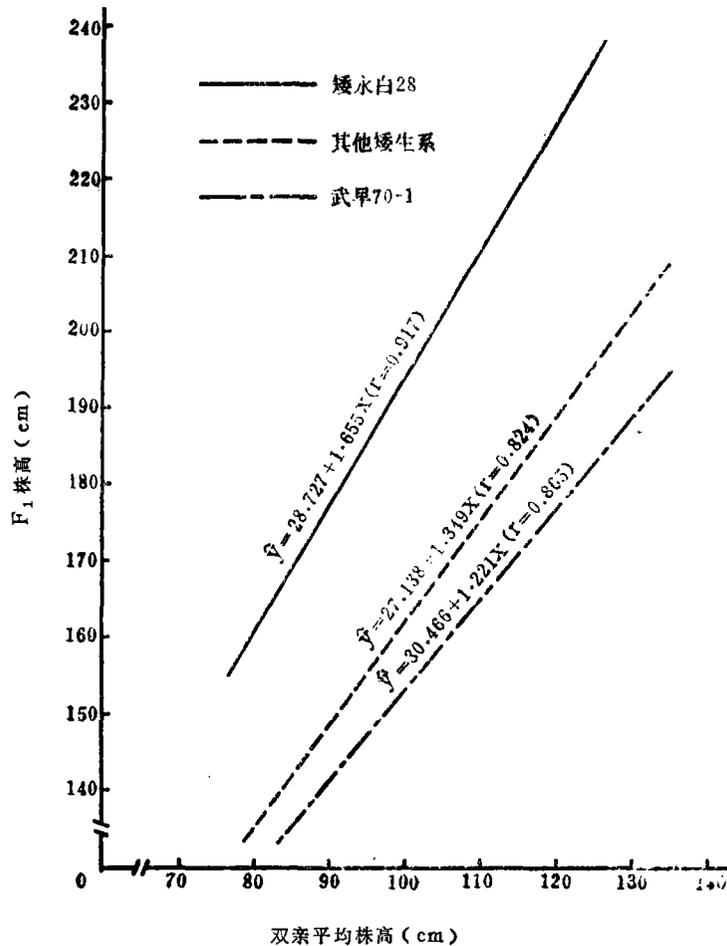
表5 矮永白28与其它自交系致矮力的比较(1979—1981)

亲本1	亲本2	F ₁ 平均株高 (cm)	F ₁ 株高(cm)分布			组合数
			低 秆	中 秆	高 秆	
			200以下	200—250	250以上	
高 秆 系	矮永白28	260.6	0	3	6	9
	其它矮秆系	219.1	2	6	2	10
	中 秆 系	239.4	0	8	4	12
	高 秆 系	262.7	0	3	9	12

注: 亲本1为亲本2各种株高类型所共用的高秆亲本。

可以看出, (高秆系×矮永白28) 9个组合的F₁平均株高, 明显高于(高秆系×其它矮秆系)和(高秆系×中秆系)的F₁平均株高, 而接近于(高秆系×高秆系)的株高。而且F₁株高的分布也有相同趋势。可见矮永白28的致矮力是相当弱的。

③其它矮秆系如武202、双704、矮115等, 致矮力介于武早70-1和矮永白28之间。

图3 三类自交系与其F₁株高的直线回归图 (1981)

既然矮秆系按其致矮力有三种类型,因此有必要分别建立三个直线回归方程并绘制相应的直线回归图,以便更确切地由双亲株高估算 F_1 株高。图3是利用1981年的资料,分别以武早70-1、矮永白28和其它矮秆系为亲本之一而绘制的。比较三个回归方程,截距 a 差别不大,主要差异是回归系数 b 。以矮永白28为亲本之一者 b 最大,以武早70-1为亲本之一者 b 最小,其它介于以上两者之间,这与上述的关于三种矮秆系致矮力强弱的结论是一致的。因此在进行玉米株高育种时,除以双亲株高为选配亲本的主要依据外,还应考虑不同类型矮秆系的致矮力。

初步看来,武早70-1这类矮秆系有较强的致矮作用,其遗传效应与由微效多基因控制的矮生系相似;矮永白28这类矮秆系几乎无致矮作用,其遗传效应与由隐性单基因控制的矮生系相似,在矮生基因为异质时,不能使 F_1 株高有所降低;而其它矮秆系的致矮力中等,其遗传机制可能是在主效单基因的基础上,又有微效多基因的作用或修饰基因影响^[3,4]。

2.2s₁株高的遗传特点

玉米杂种自交一代(S_1)分离强烈,了解其遗传特点,有助于自交系的培育选择。

2.2.1 S_1 株高的分离幅度与双亲株高的差异大小有关。当矮秆系和高(中)秆系杂交时,双亲株高的差异可影响其 S_1 株高的分离幅度,即双亲差异大,分离幅度也大,如表6所示。

表6 S_1 杂种的株高分离幅度与双亲株高差异(1981)

cm

杂交组合	矮秆系 株高	高秆系 株高	双亲株高 差异	S_1 株高 分离幅度	S_1 平均 株高
双704×埃及205	53.8	194.2	140.4	76.0 — 226.0	158.1
武早70-1×埃及205	78.3	194.2	115.9	118.0 — 220.0	164.7
武早70-1×莫17	78.3	180.5	102.2	115.0 — 199.0	146.7

群体中不出现低于或近于其低亲的单株。表6和图4显示, S_1 的平均株高虽介于低亲和高亲之间,但倾向高亲。而且所有 S_1 植株都高于或远高于其低亲,没有低于其低亲最高株的单株出现。因而在利用杂交法进行玉米矮化育种时,以矮秆系和高秆系杂交,虽然从理论上说, S_1 群体中会有同质结合的矮生基因(例如 $br-2\ br-2$)的植株,但希望从中选得低于或近于其低亲的单株,却十分不易,只有经过以后几代的连续自交和选择才能得到。其原因在于:一般自交系的矮生性,除受主效隐性单基因控制外,还受一些微效基因和修饰基因的影响,它们在杂种后代中通过一次自交产生的重组,很难在同一植株中同株体现同质,使该株的株高达到矮秆亲本的水平。至于由多基因控制的矮生性,需更要多代自交才能使微效基因逐渐纯合。

2.2.2 S_1 株高出现单峰和双峰分布。图4中,(双704×埃及205) S_1 株高的分布为双峰,左峰为同质的主效隐性单基因植株的集中点,右峰为同质和异质的显性单基因植株的集中点。这与前述的双704株高可能受主效单基因和微效多基因共因控制的推论吻合。(武早70-1×莫17) S_1 为单峰,再次说明武早70-1的株高可能受微效多基因控制。

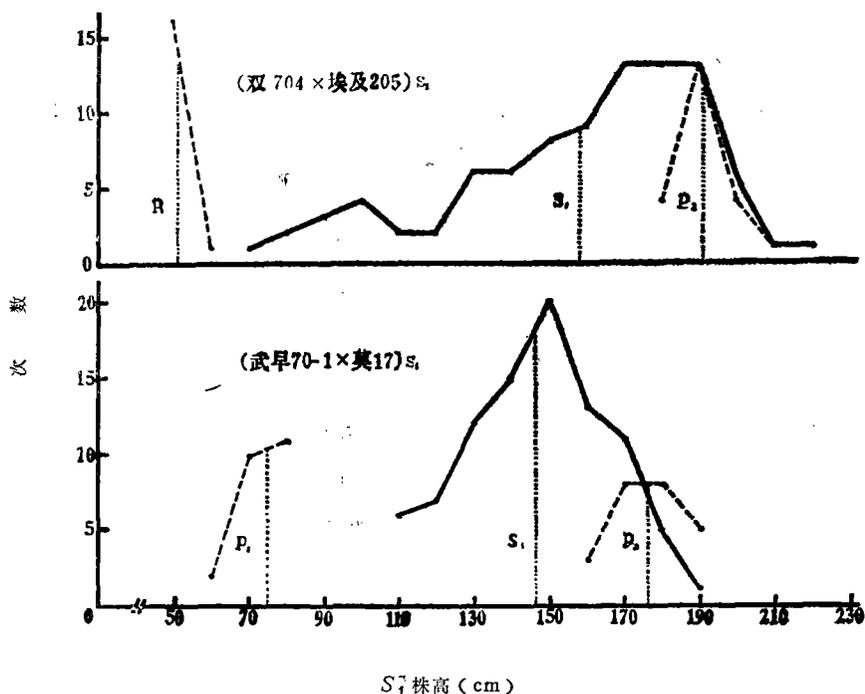


图4 (双704 × 埃及205) s_1 和 (武早70-1 × 莫17) s_1 株高分布图 (1981)

2.3 玉米株高遗传力的估算

遗传力是衡量选择效果的一个基本估值。用双回交法算得株高的狭义遗传力列于表7。

表7 玉米自交系株高的狭义遗传力 (1981)

组合名称	$h^2_N(\%)$
武早70-1 × 莫17	42.2
多229 × 莫17	77.4
莫17 × 紫荊白24	65.4
唐108 × 莫17	38.4
武早70-1 × 矮永白28	49.0
双704 × 埃及205	60.0
黄早四 × 56-19	75.2
武早70-1 × 埃及205	66.4
武105 × 多229	42.5
平均	57.4

狭义遗传力的平均值为 57.4%，是相当高的，表明株高是比较稳定的遗传性状，在 S_1 群体中，不同植株间高度的差异，加性效应比重大。虽然不同组合间遗传力有较大差别 (38.4~77.4%)，但总的看来，从 S_1 开始进行株高选择，特别是选择矮秆型，会收到较好的效果。

3 结论

3.1 玉米双亲平均株高与 F_1 株高的相关性很强，可以建立直线回归方程由双亲平均株高估算 F_1 株高。不同遗传类型的矮秆亲本，由于致矮力不同，对 F_1 株高也有一定影响，但高杂

交组合方式和正反交与 F_1 株高无明显关系。因此,在利用株高回归方程或在株高育种中选配亲本时,以双亲平均株高为主要依据,还应考虑矮秆亲本遗传类型的效应,但可排除组合方式和正反交的影响。

3.2 两年所试验的100个组合,其 F_1 的株高不仅全部高于双亲平均株高,也都高于高亲。其绝对超亲量随双亲平均株高的增大而加,相对超亲量(平均优势%)却随双亲平均株高的增大而减小,但低、中、高三种亲本类型 F_1 株高的增量进度基本相同。

3.3 玉米自交系按其致矮力的强弱可分为三种类型,武早70—1等致矮力强,矮永白28几无致矮作用,双704等大多数自交系的致矮力介于以上两种类型之间。

3.4 杂种自交一代(S_1)株高的遗传特点是:受杂种优势影响,变异幅度与双亲平均株高的差异大小有关;分布有单峰和双峰两种。

3.5 玉米株高的狭义遗传力相当高,平均为57.4%,在早代进行株高选择会收到较好的效果。

本研究承蒙宋玉坤教授悉心指导,谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 广西农学院遗传育种教研组. 杂交玉米亲本主要经济性状遗传研究. 广西农业科学 1979, 11: 1-3
- 2 延边农学院作物育种小组. 玉米杂交种性状的遗传规律. 遗传学通讯. 1973, 1: 1-2
- 3 西北农学院主编. 作物育种学. 农业出版社, 1982: 403
- 4 南充地区农科所. 玉米矮化育种. 农业科技通讯. 1978(5)
- 5 Elto E, Gama G E, Hallauer Arnel R. Relation Between Inbred and Hybrid Traits in Maize. Crop sci 1977, 17(5): 704-706

STUDIES ON SOME PROBLEMS ABOUT THE INHERITANCE AND BREEDING OF PLANT HEIGHT IN CORN

Peng Lixing

(*Department of Agronomy, Northwestern Agricultural University*)

Abstract

The plant height of corn F_1 depends mainly on the mean height of its parent inbred lines, as well as on the genotypes of the dwarf parents, but it is only slightly related to the types of cross-combinations, and to the reciprocal crosses. The higher the mean height of the parent inbred lines, the greater the differences between the plant height of F_1 and that of the means of the parents, while the percentage of average hybrid vigor is getting smaller. However, the mean height of parents has no influence on the speed of increasing amount in plant height of F_1 . The hereditary features of plant height in hybrid corn S_1 are as follows: In a generative population there do not appear plants that are lower than the lower parent, or approximate to the lower parent; the segregation ranges of S_1 are related to the differential amounts of plant height of parent inbred lines, and in the distribution of plant heights exist the single peak and double peak types. The heritability of the plant height of corn has been estimated.

Key words: corn; plant height; inheritance; hybrid vigor selfline