

玉米 10 个数量性状的基因效应分析

吴子恺

(广西农学院农学系, 南宁 530005)

Analysis of Gene Effects for Ten Quantitative Characters on Corn

Wu Zikai

(Department of Agronomy, Guangxi Agricultural University, Nan Ning 530005)

Abstract: The gene effect values of ten characters related to plant height, period of duration and grain yield of corn (*Zea mays* L.) were estimated from generation means in ten hybrid combinations composed of 11 inbred lines. Each combination included 6 populations (P_1 , P_2 , F_1 , B_1 , B_2 , F_2). The results showed that the dominance effects were significant (0.05 level of probability) or highly significant (0.01 level) in most of the cross sets for plant height, height of the first ear insertion (ear height), length of the node between the first and second ears (internode length), days to tasseling, days to silking, ear weight, cob weight and grain weight per plant. Additive gene effects were significant or highly significant in most cross sets for plant height, ear height, internode length, days to tasseling, days to silking, the time interval between the first and second silking (1-2s) and two-eared rate per plant. Significance of epistatic effects was found in a higher frequency for plant height, ear height, days to tasseling, days to silking, ear weight, cob weight and grain weight. It is suggested that the selection index composed of 1-2s, plant height and/or ear height and days to silking be used in order to develop high yield, early maturing and short stalked genotypes for materials having prolificacy in corn.

Key Words: Corn; Quantitative character; Gene effects.

摘要 利用世代均数分析法估计了由 11 个玉米 (*Zea mays* L.) 自交系组配的 10 个杂交组合, 各 6 个群体 (P_1 , P_2 , F_1 , B_1 , B_2 , F_2) 的与株高、生育期和籽粒产量有关的 10 个性状的基因效应值。结果表明, 大部分组合的株高、穗位高、第一果穗着生节间长、抽雄期、抽丝期、果穗重、轴重、单株籽粒重等 8 个性状的显性效应都达显著或极显著。大部分组合的株高、穗位高、第一果穗着生节间长、抽雄期、抽丝期, 第一和第二果穗抽丝间隔以及单株双穗率等性状的加性效应也都达显著或极显著。在株高、穗位高、抽雄期、抽丝期、果穗重、轴重和单株籽粒产量等性状中, 出现显著上位性效应组合的频率也较高。通过利用由抽丝间隔、株高、穗位高以及抽丝期建立的选择指数进行选择, 将利于同时改良产量、株高和生育期。

关键词 玉米 数量性状 基因效应

培育高产、早熟和矮秆的玉米品种,是大多数地区玉米育种的目标。关于这些目标及其有关的一些性状的遗传规律已有许多研究报告^[1,3,4,6,7,8,10,18,19,22]。

本试验按这三个育种目标分别选择一些重要的性状。与产量有关的性状选择了果穗重、轴重、单株籽粒产量和单株双穗率。并用单株双穗率来描述单株的多穗性。具多穗性的品种具有稳定的高的籽粒产量,这一点已为许多研究所证实^[1,2,5,11,15,16]。与生育期有关的性状,选用了抽雄期、抽丝期以及第一果穗和第二果穗的抽丝间隔。以往的研究已表明,缩短至抽丝的时期,对于培育早熟高产品种具有明显的效果^[20,21]。选择抽丝间隔,是因为它与单株的双穗率有关^[18]。并把它作为间接选择双穗率的一个性状。除株高和穗位高外,在涉及株高特性这组性状中,加进了第一果穗着生节间长。这是因为它也可能与双穗率有关。

把这三组性状的遗传规律,于同一试验中进行研究,以期同时改良这些性状的育种工作提供参考。

1 材料与方法

利用了 11 个具不同程度双穗性的玉米自交系,这些自交系都是经长期自交保存的,因此在遗传上可认为是稳定纯合的。利用这 11 个自交系组配了 10 个单交组合(F_1),进而配制相应的两个回交群体 $B_1(F_1 \times P_1)$ 和 $B_2(F_1 \times P_2)$ 以及它们的 F_2 。因此每一组合包括 6 个群体(P_1 、 P_2 、 F_1 、 B_1 、 B_2 和 F_2)。每自交系在组合中出现的次数不等。这 10 个组合是:(1)立叶双×越白 215,(2)四 203×越白 215,(3)mp×多穗,(4)四 203×可选-2,(5)mp×黄小 162,(6)mp×黄早四,(7)百友合×mp,(8)多穗×百友合,(9)立叶双×多穗,(10)威凤 322×矮双玉。

将上述 10 个组合的各 6 个群体,同年同地种植。随机机组设计,三次重复。 P_1 、 P_2 和 F_1 三个不分离群体,每小区包括三行。 B_1 和

B_2 每小区种植 6 行。 F_2 群体每小区种植 10 行。行距 70cm,株距 30cm,每穴留苗 1 株。每行除去两头植株,取中间 9 株观测性状。因此每个性状每小区的 P_1 、 P_2 和 F_1 分别观测 27 株,3 个重复共 81 株。 B_1 、 B_2 每小区观测 54 株,3 个重复共 162 株。 F_2 每小区观测 90 株,3 个重复共 270 株。

共观测记载了 10 个性状,株高、穗位高、抽雄期、抽丝期、抽丝间隔(第一和第二果穗抽丝的间隔天数)、果穗重、轴重、籽粒重和双穗率。抽雄期、抽丝期和抽丝间隔的天数,全部按 Gilmore 等(1958)^[9]提出的计算有效度日的方法转换为热单位。当有双穗时,果穗重、轴重、籽粒重均系指两果穗之和。我们把双穗率规定为第二果穗籽粒重除以第一果穗籽粒重所得的比率。

为消除数据可能存在的非可加性的影响,全部数据经对数转换后再进行统计分析。双穗率因有单穗株存在,所以按 $Lg(x+1)$ 进行转换。考虑到分析的重点在于各效应的相对大小,而不在绝对数值的大小,因此统计分析的结果,仍以对数值表示。并未能对所有的组合都观测全部 10 个性状,有的组合仅观测了少数性状。

进行遗传效应分析时,先按 Mather (1949)^[13]介绍的 A、B、C 单个尺度测验法检验有无上位性效应存在。当测验结果表明有上位性效应存在时,利用 Mather 和 Jinks (1977)^[14]的六参数模式估计 6 个遗传参数,并利用相应的标准误进行显著性测验。

$$\text{平均数} \quad m = \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + 4F_2 - 2B_1 - 2B_2$$

$$\text{加性效应} \quad [d] = \frac{1}{2}P_1 - \frac{1}{2}P_2$$

$$\text{显性效应} \quad [h] = 6B_1 + 6B_2 - 8F_2 - F_1 - \frac{3}{2}P_1 - \frac{3}{2}P_2$$

三种上位性效应

$$\text{加性} \times \text{加性} \quad [i] = 2B_1 + 2B_2 - 4F_2$$

$$\text{加性} \times \text{显性} \quad [j] = 2B_1 - 2B_2 - P_1 + P_2$$

显性×显性 $[I] = P_1 + P_2 + 2F_1 + 4F_2 - 10P_2)$
 $- 4B_1 - 4B_2$

如果测验的结果表明并无显著的上位性效应存在,则利用 Mather 和 Jinks^[14] 的三参数模型估计三个参数,并测验其显著性。

$$m = \frac{1}{17} (7P_1 + 7P_2 - 3F_1 + 2B_1 + 2B_2 + 2F_2)$$

$$[d] = \frac{1}{5} (2P_1 - 2P_2 + B_1 - B_2)$$

$$[h] = \frac{1}{17} (14F_1 + 2B_1 + 2B_2 + 2F_2 - 10P_1$$

2 结果与分析

统计分析的结果如表 1。株高的加性、显性和三种上位性效应都达极显著水平,但从数值大小看,[h]有最大效应值,并全为正的。表明我们所使用的材料,株高的正向杂种优势是十分明显的。大多数组合的加性效应也都达到极显著,但数值上远小于显性效应

表 1 遗传参数估值 (lg)

组 合	m	[d]	[h]	[I]	[J]	[L]
株 高						
1	2.1501**	-0.0334**	0.1777**	-0.0290	-0.0434**	-0.1026**
3	2.0749**	-0.0022	0.5775**	0.1310**	-0.0859**	-0.3039**
4	2.1333**	-0.1325**	0.2240**	0.0508*	0.0110	0.0080
5	2.1096**	0.0048	0.5141**	0.0918**	0.0647**	-0.3471**
6	2.3011**	-0.0422**	0.0825*	-0.0530**	0.1117**	0.0113
7	2.1056**	-0.0044	0.5032**	0.0998**	-0.1194**	-0.2984**
8	2.1427**	0.0211**	0.3642**	0.0040	-0.0630**	-0.1508**
9	1.9750**	-0.0193**	0.3747**	0.1024**	-0.1642**	-0.1190**
10	2.0701**	0.0223**	0.1767**	0.0110	0.0892**	0.0026
穗 位 高						
1	1.8167**	-0.0651**	0.1834*	-0.0264	-0.0714**	-0.1056
3	1.6410**	-0.0200**	0.6287**	0.1298**	0.0522*	-0.3566**
4	1.7880**	-0.2227**	0.2772**	0.0554	-0.0245	-0.0185
5	1.6479**	-0.0394**	0.7190**	0.1296**	0.1492**	-0.4812**
6	1.8935**	-0.1064**	0.2129**	0.0034	0.2113**	-0.0263
7	1.6434**	-0.0115	0.7678**	0.1536**	-0.1607**	-0.4669**
8	1.6911**	-0.0001	0.5585**	0.0016	-0.1574**	-0.2984**
9	1.5939**	0.0386**	0.3785**	0.0370	-0.1082**	-0.1702**
10	1.7008**	0.0150*	0.2240**	-0.0216	0.1257**	0.0123
节 间 长						
1	0.9319**	0.0070*	0.1174**	0.0194	-0.0433**	-0.0661**
3	0.9698**	0.0115**	0.2736**	0.1086**	-0.0675**	-0.0713**
4	0.9732**	-0.0890**	0.0734	-0.0012	0.0736**	0.0276
5	1.0516**	-0.0062**	0.1804**	0.0440**	0.0371**	-0.0953**
6	1.0146**	0.0017	0.2706**	0.0584**	0.1079**	-0.1737**
7	0.9113**	-0.0104**	0.5876**	0.1706**	0.0181	-0.3005**
8	0.8926**	-0.0100**	0.4318**	0.1442**	0.0218*	-0.1268**
9	0.7136**	-0.0312**	0.4672**	0.2052**	-0.1728**	-0.1380**
10	0.8878**	0.0138**	0.1886**	0.0626**	0.0814**	-0.0024
抽 穗 期						
3	3.0040**	-0.0671**	-0.2231**	-0.0646**	0.0280**	0.1174**
4	2.9486**	-0.0409**	-0.0917**	-0.0242**	-0.0336**	0.0494**
5	2.9276**	-0.0136**	-0.0773**	-0.0458**	0.0197**	0.0163

6	2.9891**	-0.0183**	-0.2414**	-0.0650**	-0.0600**	0.1916**
7	2.9447**	-0.0179**	-0.1828**	-0.0780**	-0.0241**	0.0652**
8	2.9987**	0.0668**	-0.1599**	-0.0964**	-0.0447**	0.0367**
9	2.9927**	-0.0328**	-0.1716**	-0.0484**	0.0279**	0.0989**

抽 丝 期

3	3.0601**	-0.0638**	-0.2640**	-0.0780**	-0.0005	0.1327**
4	3.0052**	-0.0417**	-0.0962**	-0.0288**	-0.0074	0.0580**
5	2.9563**	0.0012	-0.0698**	-0.0300**	0.0253**	0.0045
6	3.0400**	-0.0202**	-0.2581**	-0.0814**	-0.0515**	0.1931**
7	2.9806**	-0.0142**	-0.1722**	-0.0514**	0.0041	0.0793**
8	3.0177**	0.0529**	-0.1649**	-0.0532**	-0.0150**	0.0962**
9	3.0365**	-0.0435**	-0.2111**	-0.0428**	0.0228**	0.1306**

抽 丝 间 隔

3	2.8015**	-0.2507**	-2.6966**	-0.3350	-0.9943**	1.9381**
4	1.1007**	0.1344**	0.9735	-0.0042	-0.2537	-0.8275*
5	2.9997**	0.3807**	-3.4287**	-1.3342**	-0.5582**	1.5826**
6	1.9072**	0.0290	-0.9015	-0.5165*	-0.0463	0.2983
7	2.0162**	-0.1637**	-0.5942**			
8	1.7225**	0.3876**	0.3569	0.7208*	0.3773	0.1701
9	2.2929**	-0.2231**	-1.8689*	0.5943	-1.1653**	2.2459**

果 穗 重

1	1.6359**	0.1732**	0.8714**	0.0550	-0.1158*	-0.4693**
2	1.6666**	0.0344	0.7947**	0.0325	-0.0607	-0.4955**
3	1.4540**	0.0979**	2.0721**	0.4730**	0.2091**	-1.1879**
4	1.7814**	-0.0449**	0.6439**	0.0684	0.1750**	-0.1406
5	1.6203**	-0.0612**	1.3970**	0.4130**	0.2449**	-0.6949**
6	1.6820**	0.0206	1.5656**	0.3741**	0.1121**	-0.9985**
7	1.7312**	0.0219	1.4203**	0.2806**	-0.2392**	-0.8006**
8	1.6736**	0.0336	1.4904**	0.3322**	0.1230*	-0.7544**
9	1.4523**	0.0781**	1.4428**	0.3827**	-0.3399**	-0.7359**

轴 重

1	0.9054**	0.0744**	0.8250**	0.1402*	-0.4127*	-0.4613**
2	1.1484**	-0.0203	0.3564**	-0.0442	-0.05805	-0.1393
3	0.9525**	-0.0102	1.2393**	0.4276**	-0.2460**	-0.6498**
4	1.2121**	-0.0948**	0.2208	0.0298	0.1329**	0.0138
5	1.1786**	0.0012	0.5985**	0.1385**	-0.0637	-0.3535**
6	1.2489**	0.0030	0.2665**			
7	1.1719**	-0.0015	0.7396**	0.0996*	0.0029	-0.3745**
8	1.0989**	0.1131**	1.1330**	0.2362**	0.0756	-0.6876**
9	1.0026**	-0.0335**	0.6165**	0.2369**	-0.1648	-0.2542**

单 株 秆 粒 重

1	1.5365**	0.2063**	0.9000**	0.0334	-0.1401*	-0.4818**
2	1.5188**	0.0485*	1.1486**	0.0412	-0.0206	-0.6044**
3	1.2590**	0.1578**	2.4069**	0.4896**	-0.3834**	-1.4047**
4	1.6218**	-0.0248	0.8031**	0.0926	0.1707**	-0.2126
5	1.4600**	-0.0173	1.5789**	0.4753**	0.1792**	-0.7905**
6	1.5570**	0.0326**	1.7433**	0.4158**	0.0851*	-1.1523**
7	1.6397**	0.0290*	1.4730**	0.2792**	-0.2932**	-0.8500**
8	1.5506**	0.0053	1.5648**	0.3354**	0.1769**	-0.7733**
9	1.2654**	0.1343**	1.7220**	0.4150**	-0.4445**	-0.9075**

双 穗 率						
1	0.0764*	-0.0115+	0.0611	-0.0396	-0.0720**	-0.1114*
2	0.0666+	-0.0043	0.2219*	0.0262	-0.0013	-0.1567*
3	0.0587	-0.0072**	-0.0489	-0.0514*	0.0172	-0.0068
4	0.2082**	-0.0190+	-0.1249	-0.0494	-0.0483	0.1384*
5	-0.0031	-0.0213**	0.1982*	0.0385	-0.1138**	-0.0726
6	0.0505	-0.0554**	0.0077	0.0284	0.0619**	0.0322
7	0.1134**	0.0193**	-0.0327	-0.0700*	-0.0537*	-0.0068
8	0.1358**	-0.0140**	-0.2257**	-0.1050**	-0.0289	0.0967**
9	0.1003**	0.0032	-0.1810**	-0.0836**	0.0101	0.0826**

+ 表示 0.10 水平显著(仅在双穗率一栏中标记)

* 表示 0.05 水平显著

** 表示 0.01 水平显著

值,表明[d]的作用不如[h]重要。上位性效应中的[j],除组合 4 外,全部达极显著水平。穗位高和节间长的情况几乎与株高完全一样,只是各效应达显著的组合不尽相同。考虑到节间长、穗位高都是株高的一部分,得到这样的结果是不足为奇的。

有关生育期的三个性状,抽雄期的[d]、[h]以及三种上位性效应都达极显著水平。[h]为较大的负效应值,表明负向的杂种优势,即缩短抽雄期。三种上位性效应的影响也较大,除第 5 组合的[l]未达显著水平外,其余全部达极显著水平。抽丝期的情况基本与抽雄期的情况一致,第 5 组合的[d]未达显著水平,而上位性效应中的[j]约有一半组合未达显著水平。抽丝间隔的加性效应的作用相对更为重要,除组合 6 外全达极显著水平。表明杂种后代的性状表现主要取决于双亲。相比之下,非加性效应则不如上两个性状那样在不同组合间表现得那么一致,而是随组合变动较大。例如[h]仅有三个组合达极显著水平,其余不显著,甚至有两个为正效应值,而组合 7 仅适合于三参数模型,未检验出有显著的上位性效应存在。

在 4 个与产量有关的性状中,可以明显地看到果穗重、轴重与单株籽粒重三个性状的[h]全为极显著,仅有组合 4 的轴重未达显著。并且[h]皆为较大的正效应值,表明了正向的杂种优势。上位性效应的影响也很显著,

大部分组合都有显著的上位性效应存在。特别是单株籽粒重的三种上位性效应几乎都达显著。这三个性状的[d]都不如非加性效应那么一致,各有一些组合未达显著。但双穗率的情况与上述三性状明显不同,非加性效应的作用及其一致性都明显降低。双穗率的加性效应[d]的作用相对更为重要,表明亲本对于杂种后代的重要作用。

3 讨 论

几乎所有组合的株高、穗位高、节间长、抽雄期、抽丝期、果穗重、轴重和单株籽粒产量的显性效应都达显著或极显著,并且显性效应值大于加性效应值。这与许多研究者的结果一致^(3,4,10,19,22)。但 Gardner 等(1953)⁽⁸⁾曾报道株高和穗位高的加性方差大于显性方差。

同样,几乎所有组合的株高、穗位高、节间长、抽雄期、抽丝期和抽丝间隔的加性效应也都达显著或极显著。与显性效应相比,果穗重、轴重和单株籽粒重的加性效应达到显著或极显著的组合就相对要少。这也进一步证实了一些研究者的研究结果^(4,10)。

虽然我们并没有象通常那样选择两组亲本,一组具多穗性,另一组为非多穗性,但我们同样获得了加性效应是控制双穗率遗传的最主要效应。在所观察的 9 个组合中,有 5 个达极显著,两个在 10%水平上显著。相比之

下,显性和其他上位性效应均远低于这一结果,其他研究者也都获得了类似的结果^[1,8,10,18,22]。双穗率的显性效应则随组合变动较大,从正向显著到负向极显著。上位性效应的情况也随组合而异。

我们的研究结果表明,许多性状(株高、穗位高、节间长、抽雄期、抽丝期、果穗重、轴重和单株籽粒重)都存在着显著的各类上位性效应,达到显著水平的组合的频率高于其他一些研究者的结果^[4,6,7,10,22]。这可能与所使用的材料不同有关。

在育种中,把遗传效应划分为加性和非加性效应两大类。本试验的结果表明育种者所关心的许多性状(株高、穗位高、节间长、抽雄期、抽丝期、抽丝间隔和双穗率)的加性效应都十分重要。这对我们为改良这些性状的育种提供了有益的参考。当性状的遗传显著地受加性效应控制时,只要选择相应的这类性状的优良亲本,就可望得到相应的优良性状表现的杂交组合。同样,各种利用加性效应的群体改良方法,也都能达到改善这些性状的目的。

几乎所有组合的抽丝期的加性效应都是极显著的,并且显性效应又是负向极显著。这暗示选择抽丝早的亲本,能组成配成更早抽丝的杂交种。培育早熟品种主要希望缩短抽丝前的时期,要求能在尽量短的时间内建立起最大叶面积,然后有适当长的实际籽粒灌浆期,有利于既早熟又高产^[20,21]。

虽然籽粒产量的加性效应不是最重要的效应,但幸运的是多穗性的遗传主要受加性效应控制。Hallauer 等(1981)^[12]的研究已经表明,多穗性比籽粒产量具较高的遗传力,且这两个性状彼此间存在着高度遗传正相关,所以通过多穗性的选择,可期望籽粒产量得到明显的改良。Charles 等(1968)^[1]发现利用由穗数和籽粒产量组成的选择指数进行选择,比单独对产量的选择更为有效。Lonnquist (1967)、Mareck 等(1979)、Mies (1979)和 Moll 等(1984)的试验结果,也都证

实了这一点。特别是 Singh(1986)^[17]的试验,不但证明了对多穗性的选择可用于高产选择,而且也有可能同时达到选择早熟、矮秆基因型的目的。

当育种目标是高产、早熟、矮秆时,可以主要选择多穗性。又由于抽丝间隔与多穗性存在着高度显著的负表型相关(Sorrels, 1979)^[18],所以又可以通过直接选择主要受加性效应控制的抽丝间隔,来达到选择多穗性的目的。因此,在同时改良产量、株高和早熟性的育种中,建议利用由抽丝间隔、株高或/和穗位高、以及抽丝期建立的选择指数进行选择。

参 考 文 献

- [1] 吴子恺,玉米几个光合作用性状与生物学产量和籽粒产量间的关系,《作物学报》,1983,9(1):23-29
- [2] 吴子恺,在两种环境条件下玉米八个农艺性状的研究,《作物学报》,1988,14(1):39-45
- [3] 杨安贵,玉米几个经济性状的基因效应,《作物学报》,1982,8(3):153-162
- [4] 郭平仲, C. O. Gardner 和 M. Obaidi, 玉米单株穗数及其它数量性状的基因效应与遗传变异分析,《遗传学报》,1986,13(1):35-42
- [5] Charles, A. Laible and V. A. Dirks, 1968, Genetic variance and selective value of ear number in corn (*zea mays* L.) Crop Sci., 8:540-543.
- [6] Collind, W. K., W. A. Russeli, and S. A. Eberhardt, 1965, Performance of two-ear types of corn Belt Maize. Crop Sci., 5:113-116.
- [7] Comstock, R. E., and H. F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics 4:254-266.
- [8] Darrach, L. L. and Arnel R. Hallauer. 1972. Genetic effects estimated from generation means in four diallel sets of Maize inbreds. Crop Sci. 12:615-621.
- [9] Duvick, D. N., 1974. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. Crop sci. 14:69-71.
- [10] Gamble, E. E., 1962. Gene effects in corn (*zea mays* L.); I. Separation and relative importance of gene effects for yield. Can. J. Plant Sci. 42:339-348.
- [11] Gamble, E. E., 1962. Gene effects in corn (*zea mays* L.); I. Relative importance of gene effects for plant height and certain component (下转第 17 页)

- (上接第 11 页) attributes of yield. Can. J. Plant Sci. 42, 349-358.
- [12] Gardner, C. O., P. H. Harvey, R. E. Comstock, and H. F. Robinson, 1953. Dominance of Genes controlling quantitative characters in maize. Agron. J. 45: 186-191.
- [13] Gillmore, E. C., and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50: 611-615.
- [14] Hallauer, Arnel R., 1973. Hybrid development and population improvement in maize by reciprocal full-sib selection. Egypt. J. Genet. Cytol. 2: 84-101.
- [15] Hallauer, Arnel R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, IA.
- [16] Mather, K., 1949. Biometrical genetics. Methuen & Co. Ltd. London.
- [17] Mather, K., and J. L. Jinks. 1977. Introduction to Bio-

metrical Genetics. Chapman and Hall, London.

- [18] Prior, C. L., and W. A. Russell. 1975. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. Crop Sci. 15: 482-486.
- [19] Russell, W. A., 1968. Testcrosses of one-and two-ear types of corn Belt maize inbreds. I. performance at four plant stand densities. Crop Sci. 8: 244-247.
- [20] Singh, M., A. S. Khehra, and B. S. Dhillon. 1986. Direct and Correlated response to recurrent full-sib selection for prolificacy in maize. Crop Sci. 26: 275-278.
- [21] Sorrells, M. E., J. H. Lonquist, and R. E. Harris. 1979. Inheritance of prolificacy in maize. Crop Sci. 19: 301-306.
- [22] Thompson, D. L., W. D., Hanson and A. W. Shaw. 1971. Ear height inheritance estimates and linkage bias among generation means of corn. Crop Sci. 11: 328-331.