

玉米两个综合种三轮相互轮回选择及其进展的研究*

郭文辉 刘峻屏 董桂芳 刘兴武 檀国庆

(吉林省农业科学院玉米研究所)

摘 要

采用相互轮回选择的方法,对分别由20个自交系组成的吉综A、吉综B进行三轮选择,主要根据测交种的产量进行选择。在三个环境条件下,用随机区组、4次重复设计,对各轮群体及群体间杂交组合进行选择效果评价。研究结果表明:吉综A、吉综B群体及其杂交组合产量每轮分别增加177(2.4%)、126(1.7%)和263公斤/公顷(3.4%);群体组合杂种优势由 $C_0 \times C_0$ 的7.4%增加到 $C_3 \times C_3$ 的13.6%。其它农艺性状随各轮对产量相互轮回选择,发生了相应的变化。穗长增加,粒行数减少,株高和穗位增高。百株穗数、抽丝日数、倒伏率、大斑病和丝黑穗病的抗性变化不明显。群体杂交组合收获含水量增加,灌浆期延长。

40年代以来,玉米育种中的轮回选择方法得到很大发展,曾经提出过许多玉米群体改良的方法。Comstock等(1949)^[2]提出了群体间改良的相互轮回选择方法。相互轮回选择可以同时累积加性和非加性基因的遗传效应,同时改良两个群体的一般配合力和特殊配合力。对于目标为培育生产应用的优良自交系和杂交种来说,这种方法具有一定的优越性。同年在衣阿华开展了对BSSS和BSCBI的相互轮回选择。二轮选择后,Penny(1959)^[3]报道了群体组合每轮进展5.1%。Penny(1968)^[10]、Eberhart(1973)^[30]分别报道了相互轮回选择的进展情况。Martin和Hallauer(1980)^[6]报道了7轮选择的每轮进展,群体间杂交组合产量每轮增加175公斤/公顷(2.97%)。相互轮回选择方法对群体间杂交组合的选择进展效果优于其它轮回选择方法。Moll等(1978)^[8]比较相互轮回选择和全姊妹选择方法对Jarvis和Indian chief的选择效应,群体间杂交组合的选择进展相互轮回选择法是群体内全姊妹选择的1.3倍,对群体本身的选择全姊妹是相互轮回选择的2倍。

在我国玉米育种研究中尚未见到相互轮回选择的研究报道。本研究采用的吉综A和吉综B群体(简称A和B)系采用配合力分群的办法所组成的^[1]。进行半姊妹相互轮回选择,再从改良群体中选育出优良的自交系用于生产。

材料与 方法

1976年选用在吉林省适应性强、一般配合力高,在遗传上有较大差异的地方品种“英粒子”和“铁岭黄”为测验种,对93份优良自交系进行测交。与“铁岭黄”配合力高的系划为A群,与“英粒子”配合力高的划为B群。分别从各群中选出20个配合力高、抗病、抗逆性强、符合本地育种目标要求的优良自交系。每群的20个自交系成对杂交,配成10个

* 本文承蒙谢道宏先生指导,由檀国庆执笔;王树春、姜宏仁、常华章、谢军、许明学、刘显华、李卫东参加部分工作。

单交组合, 再进行3次混粉, 组成AC₀和BC₀两个原始群体⁽¹⁾。

1980年开始进行第一轮相互轮回选择。AC₀和BC₀两群体各种约3000株。选择穗位适中、生长正常, 雌雄穗发育良好的植株套袋自交。并以AC₀群体的自交株为父本, 给BC₀群体的5至6个雌穗授粉, 进行测交, 混合收获同一父本植株的测交穗。用同样的方法BC₀的选系用AC₀测交。得到AC₀和BC₀选系测交组合各100个。以后各年用同样的方法对C₁、C₂和C₃群体进行测交, 获得C₁、C₂和C₃的测交组合135、130和110个。

测交组合在次年进行产量鉴定试验。鉴定地点为公主岭。采用格子设计, 两次重复, 小区行长为5米, 2行区, 行距0.70米, 株距各轮间稍有差异。C₀选系测交组合产量鉴定公顷密度为5.7万株, C₁和C₂为5.1万株, C₃为4.3万株。各年都以生产上推广的单交种吉单101为对照, 各轮群体和群体间杂交组合为参考。按正常进行田间管理。收获时按区收获, 测定收获时子粒含水量。干燥后脱粒, 称重, 测量含水量, 再按15%的标准含水量折算各小区产量。主要根据产量性状的配合力, 按10%的选择率, 选择优良的测交组合。A、B群体选出优良组合数目相同。C₀、C₁、C₂和C₃选出的优良组合数目分别为10、14、13和11。以优良组合的父本(S₀)的种子(S₁)等量混合, 冬季在海南岛种植约1000株左右, 混合授粉, 组成下轮改良群体, 每两年完成一轮选择。

1987年在吉林省公主岭玉米所、梨树南部和西部白城3个试验点, 种植低温贮存的各群体和群体间杂交组合(表1)的种子, 评价三轮选择的进展情况。试验采用随机区组设计, 4次重复, 5米行长, 2行区, 行距0.7米, 株距0.33米, 每公顷4.3万株。田间管理和施肥与当地生产条件相同。调查项目为产量、收获子粒含水量、抽丝日数、倒伏和病害抗性。抽丝日数为7月1日始到50%植株抽丝的天数。采用恒温烘干法测定收获子粒含水量。株高、穗位、穗长、粒行数调查10株。

表1 群体及群体间组合产量及农艺性状表现

农 群 体 性 状	产 量 (kg/ha)	株 高 (cm)	穗 位 (cm)	穗 长 (cm)	粒 行 数	百 株 穗 数	倒 伏 (%)	收 获 子 粒 含 水 量 (%)	抽 丝 日 数
AC ₀	7257	271	109	18.8	15.4	96.1	10.3	35.9	24.5
AC ₁	7264	277	116	19.8	14.6	93.7	9.7	36.5	24.8
AC ₂	7340	289	127	20.5	14.1	100.0	11.3	36.9	25.5
AC ₃	7824	286	127	21.0	13.9	99.0	10.9	35.7	24.0
BC ₀	7244	279	122	18.7	14.8	97.1	12.6	36.4	23.8
BC ₁	7266	281	120	19.0	14.9	100.8	13.6	36.8	25.3
BC ₂	7748	278	120	19.2	15.3	104.0	12.8	34.2	24.8
BC ₃	7472	294	132	19.3	15.5	98.6	13.2	34.7	24.3
AC ₀ ×BC ₀	7784	275	108	19.1	15.3	96.1	13.8	34.3	23.5
AC ₁ ×BC ₁	7912	282	118	20.2	14.9	99.5	14.1	35.1	23.3
AC ₂ ×BC ₂	8129	285	118	20.1	14.2	99.4	17.9	35.6	24.0
AC ₃ ×BC ₃	8387	298	132	21.0	14.9	96.1	17.5	36.4	24.3
LSD.05	1397	22.2	20.4	2.1	1.3	—	—	2.3	—

白城试验点因播种后干旱, 各小区株数有差异, 采用协方差分析校正后, 再进行统计分析。多点试验采用联合方差分析的方法和回归分析的方法评价A、B群体和群体间杂交组合产量和其它农艺性状的选择进展。

结果与讨论

(一) 群体产量的遗传进展

A、B的各轮群体和群体间杂交组合多点平均产量随着选择轮数的增加都有所增加(表1)。各试验点小区产量方差分析和多点联合方差分析,群体间产量差异显著。直线回归分析各亲本群体和群体组合的遗传进展见表2和图。吉综A由C₀的7257公斤/公顷增加到C₃的7824公斤/公顷。每轮增加的估测值为178公斤/公顷,每轮进展为2.4%。

表2 产量及其它农艺性状选择进展回归估值

农艺性状 群体	产量 (kg/ha)	株高 (cm)	穗位 (cm)	穗长 (cm)	粒行数	百株穗数	倒伏 (%)	收获子粒含 水量(%)	抽丝日数
AC _n	178±107	5.9±2.4	6.3±1.3	0.74±0.14	-0.48±0.08	-1.48±2.14	0.40±0.56	-0.003±0.6	0.15±0.22
BC _n	126±133	3.9±2.5	3.0±1.3	0.15±0.15	-0.20±0.18	2.57±1.25	0.49±1.53	-0.67±0.53	0.15±0.25
A C _n × B C _n	263±154	7.1±2.7	7.0±1.3	0.58±0.12	-0.18±0.10	0.91±1.31	1.47±1.49	0.50±0.56	0.28±0.15

**、*、+分别为在0.01、0.05和0.10水平上差异显著。

回归系数与0在0.10水平上差异显著。吉综B群体平均产量由C₀的7244公斤/公顷增加到C₃的7472公斤/公顷。每轮增加126公斤/公顷,每轮进展为1.7%,有增加的趋势,但回归关系不显著。A和B群体间杂交组合由C₀ × C₀的7784公斤/公顷增加到C₃ × C₃的8687公斤/公顷。每轮增加为263公斤/公顷,每轮进展为3.4%。回归系数与0在0.10水平上差异显著。

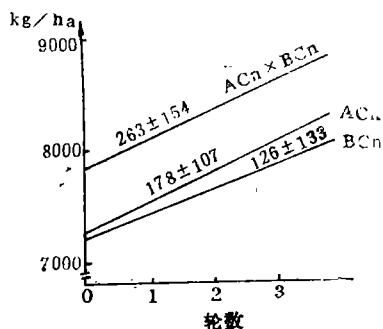


图 选择轮数与群体产量的直线回归

吉综A和吉综B群体间双亲平均值杂种优势由C₀ × C₀的7.4%增加到C₃ × C₃的13.6%(表3)。群体本身、群体组合

表3 杂种优势的各轮进展

A × B 群体间组合	观察值		估计值	
	公斤/公顷	%	公斤/公顷	%
C ₀ × C ₀	523.6	7.4	550.1	7.6
C ₁ × C ₁	637.2	8.3	661.8	8.9
C ₂ × C ₂	585.1	7.8	774.1	10.1
C ₃ × C ₃	1039.3	13.6	866.7	11.3

产量的增加和杂种优势的增加,表明了群体配合力的提高。相互轮回选择对群体间组合改良效果较好,对群体内改良也有一定的效果。相互轮回选择主要目的在于累积对杂交组合有作用的等位基因如超显性和上位性等。选择的效果主要根据群体间组合的进展的大小来评价。群体本身产量的提高是由加性基因累积的结果。

前人研究相互轮回选择的每轮进展范围0.8—17%,一般为3—7%左右。Moll和Stuber(1971)⁽¹⁾报道了对Jarvis和Indian chief的三轮相互轮回

选择的研究, Jarvis, Indian chief 和群体组合进展分别为2.3、1.5和3.5%。本研究的遗传进展与上述很相近。群体间杂交组合产量进展与Martin和Hallauer(1980)⁽⁶⁾对BSSS和BSCB₁ 7轮选择的2.97%, 和Pateriani等(1978)对Flint Composite和Dent Composite的三轮选择进展3.5%相近。报道中最大进展是Torregroza等(1972)⁽¹²⁾对Harinoso Mosquero和Rocamex v₇的相互轮回选择, 每轮进展为17%。本研究结果群体间杂交组合每轮进展的回归系数与0的差异显著性稍低, 在0.10水平上显著, 这也可能是由于每轮测交组合产量鉴定都只在一个地点(公主岭)进行, 不是多点鉴定的结果。

前面分析吉综A和吉综B间杂种优势由原始群体的7.4%增加到C₃的13.6%, 与Gevers(1974)⁽⁵⁾的原始群体的6%增加到三轮后的10.3%相近似。Eberhart等(1973)⁽³⁾研究BSSS和BSCB₁ 5轮选择杂种优势由原始群体的15%增加到34%。与一些其它研究结果比较, 杂种优势的每轮增加相近。但原始群体的杂种优势较低。这可能是与组群的自交系数和配合力有关, 有待于进一步研究。

(二) 产量性状的选择对其它农艺性状的影响

产量性状的选择, 使群体和群体组合的产量因素、植株性状、生育期等发生相应的变化(表1、表2)。其中百株穗数不包括白城试验点, 抽丝日数为公主岭点资料。吉综A、吉综B及群体组合穗长、行数、株高、穗位多点联合方差分析, 处理间差异显著。而百株穗数、抽丝日数、倒伏率、收获期子粒含水量差异不显著。A、B和群体间组合穗长每轮增加为0.74、0.15和0.58厘米, A群体和群体间组合回归系数极显著, B群体穗长增加不显著。粒行数的回归系数为负值, 表明粒行数有减少的趋势。A、B和群体间杂交组合每轮减少分别为0.48、0.20和0.18行, 分别为显著、极显著和0.10水平上显著。百株穗数B群体每轮增加2.57穗, 回归关系在0.10水平显著, A群和群体间杂交组合变化不明显。

群体的株高、穗位由于对产量配合力的选择有所增高。A、B和群体间杂交组合株高每轮增加分别为5.9、3.9和7.1cm, 分别为极显著、不显著和极显著。穗位增加分别为6.3、3.0和7.0cm, 都显著。A群的株高、穗位增高大于B群体, 而群体组合株高、穗位增高均大于两个群体。由于株高、穗位与产量正相关, 每轮选择主要根据测交组合产量的配合力进行选择, 每轮由测交组合入选的自交株就会增高, 使群体株高、穗位随选择增加。倒伏率各轮间变化不明显, 抽丝日数没有改变, A群和B群之间也无差别。收获期子粒含水量A和B群有降低的趋势。群体间杂种有增加的趋势, 抽丝到成熟时间增加, 灌浆期加长, 这是群体间杂交组合产量增加的生理基础。Fakorede等(1978)⁽⁴⁾研究了BSSS(R)和BSCB₁(R)两群体的C₀×C₀及C₇×C₇的植株形态和生理性状的变化时指出, C₇×C₇产量的增加是由于灌浆期的增长和碳水化合物从源到库运输能力的加强。田间调查记载对大斑病和茎腐病的抗性没有发生变化。

从与产量相关的农艺性状的变化看, 有些性状向育种目标要求的方向变化, 如穗长等。而株高和穗位有所增加, 不是育种目标所要求的, 应当在以后注意控制。但从AC₄和BC₄田间生长情况调查, 株高和穗位变异较大。通过采取措施, 注意株高和穗位的选择, 完全能够降低。个别的高株只有30%左右。Penny和Eberhart(1971)⁽¹¹⁾在对BSSS和BSCB₁的5轮相互轮回选择之后, 发现各轮选出的优良系缺乏产量性状以外的其它农

艺性状。在第六轮选择开始，采用 S_1 的测交选择代替 S_0 的测交选择，同时测交组合采用机械收获，并在 S_1 进行植株生长势，病虫害抗性和商业杂交种所要求的重要农艺性状进行选择鉴定，以改进产量性状以外的其它农艺性状，但每轮要增加1年。作者认为还可以在测交产量鉴定的同时，种植 S_1 进行农艺性状的鉴定，与产量性状的配合力结合起来，进行选择。这样不增加每轮年限，又可以对农艺性状进行鉴定与选择。

(三) 群体遗传变异的变化

在 C_0 到 C_3 各轮的测交群体产量鉴定试验中，每年都用共同的对照单交种“吉单101”。从吉综A和吉综B两群体测交组合平均产量与“吉单101”的相对比值(表4)可以看出各轮群体杂交组合产量的改良效果。 AC_0 测交种平均产量为“吉单101”的90.9%， AC_3 测交种平均产量为116.5%； BC_0 群体测交种为“吉单101”的91.1%， BC_3 为126.3%。这可以进一步说明相互轮回选择对提高群体的配合力是有效的。

由各轮群体测交组合产量鉴定试验结果，估测群体的遗传方差和遗传变异系数见表4。由于条件所限，每年测交组合产量鉴定只在公主岭一点进行，基因型和环境互作方差

表4 吉综A、吉综B各轮测交产比群体变异的估测

群 体	测 验 种	组 合 数	遗 传 方 差	环 境 方 差	遗 传 变 异 系 数 (GCV)	与 对 照 的 比 (%)
AC_0	BC_0	102	0.25 ± 0.04	0.16 ± 0.01	15.6	90.9
BC_0	AC_0	102	0.33 ± 0.05	0.16 ± 0.01	19.5	91.1
AC_1	BC_1	135	0.14 ± 0.02	0.29 ± 0.02	5.3	107.2
BC_1	AC_1	135	0.18 ± 0.03	0.33 ± 0.02	6.2	94.7
AC_2	BC_2	130	0.32 ± 0.05	0.26 ± 0.02	19.6	116.4
BC_2	AC_2	130	0.20 ± 0.03	0.32 ± 0.02	13.8	122.0
AC_3	BC_3	110	0.12 ± 0.03	0.53 ± 0.04	7.1	116.5
BC_3	AC_3	110	0.16 ± 0.03	0.42 ± 0.03	7.9	126.3

不能估测出来。其中 C_2 测交产比在1985年进行，生育后期因暴风雨植株倒伏较重，致使遗传方差和环境方差估计值偏高。从表4结果看， AC_0 和 BC_0 都有较大的遗传方差，第一轮选择使遗传方差降低较大，以后不再降低，到 C_3 仍保持一定的遗传变异。尽管三轮选择后的近交系数为11.5%，但遗传变异并没有因此减少。群体自身产量也没有因近交降低，而且每轮有所增加，这是累积加性基因的结果。遗传变异系数(GCV)比遗传方差更有可比性，遗传变异系数的变化和遗传方差的变化基本一致。A和B群体遗传变异系数以 C_0 为最大，分别为15.6%和19.5%， C_1 以后都有不同程度的下降，但下降幅度都很小。从上面分析看出A和B群体还存在较大的产量性状的遗传变异，继续选择将会取得进展。

参 考 文 献

- (1) 王树春、王义：玉米自交系种质资源按配合力分群组群及其选育效果。《吉林农业科学》，1987，(4)4-8。
- (2) Comstock, R. E. et al., 1949, A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability, Agron. J. 41: 360-367. (下转第13页)

The economic coefficients of varieties with larger seed weight per whole plant absolute value were higher from silking to ripe stage. There are larger differences of the light transmission rate among the varieties. It depends on the maximum leaf area coefficient and plant type characters after silking and not related to leaf length, leaf width, angle between stem and leaf, the projection value of leaf length on ground surface and the distance between neighbour leaves. It was almost identical between density resistance of varieties and the light transmission. There were also differences between leaf area per plants and the variant range of yield components of varieties. The varieties with narrow variant range of yield components and the varieties with higher rate of double ear showed more density resistance. The suitable density were 2500 plants per mu for the density un-resistance varieties, and 4000 plants per mu for the good density resistance varieties respectively. The different varieties responded variably to date of N fertilize applied. It is possible that yield more increased by 5~10% in the cultivated technique drawn up according to biological character of maize varieties than common cultivated technique of high yield.

(上接第5页)

- (3) Eberhart, S.A. et al., 1973, Reciprocal recurrent Selection in the BSSS and BSCB1 maize varieties and half-sib selection in BSSS, *Crop Sci.* 13: 451-456.
- (4) Fakorede, M. A. B. et al., 1973, Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize, *Euphytica* 27: 397-409.
- (5) Gervers, H. O., 1974, Reciprocal recurrent selection in maize under two systems of Parent selection, *Proc. 5th Genet. Congr. Repub. South Africa*.
- (6) Martin, J.M. and A.R. Hallauer, 1980, Seven cycles of reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations, *Crop Sci.* 20: 599-603.
- (7) Moll, R.H. et al. 1971, Comparison of response to alternative selection procedures initiated in two populations of maize, *Crop Sci.* 11: 706-711.
- (8) Moll, R. H. et al., 1973, Selection responses, genetic environmental interactions and heterosis with recurrent selection for yield in maize, *Crop Sci.* 13: 641-645.
- (9) Penny, L.H., 1959, Improving combining ability by recurrent selection, *Proc. Annu. Hybrid corn Ind. Conf.* 14: 7-11.
- (10) Penny, L. H., 1968, Selection induced differences among strains of a synthetic variety of maize, *Crop Sci.* 8: 167-163.
- (11) Penny, L.H. and S.A. Eberhart, 1971, Twenty years of reciprocal recurrent selection with two synthetic varieties of maize, *Crop Sci.* 11: 900-903.
- (12) Torregroza, M. et al., 1972, Evaluation of reciprocal recurrent selection in germplasm sources of highland Latin American maizes, *Agron. Abstr.*