

对中综 3 号玉米群体格子混合选择效果分析

彭泽斌¹, 刘新芝¹, 孙福来²

(1 中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081; 2 山东省滨州地区农业局, 山东 滨州 256600)

摘要: 用格子混合选择法完成了对中综 3 号玉米群体 6 轮的产量性状的选择, 兼顾抗性、株型、早熟性等性状。经 1995~1996 年在北京、安徽、河南 2 年 3 点联合试验, 结果表明, 6 轮群体子粒产量每 hm^2 增加了 1 155 kg (24.05%), 平均每轮每 hm^2 增加 192.45 kg (4.01%), 与线性回归响应 ($b=187.8 \text{ kg}$) 相吻合。子粒产量增加的主要原因是单株穗部性状发生了变化。穗长每轮增加 1.8 cm (12.7%), 每行粒数增加 4.1 粒 (10.9%), 千粒重增加 27.2 g (12.5%), 差异均达极显著水平。同时, 株高、穗位也有所提高。经 6 轮选择后, 株高增加 29.2 cm, 穗位增加 17.8 cm。抗倒性、抗青枯等显著提高, 倒伏率从 C_0 的 22.7% 减少到 C_6 的 12.1%, 青枯病株率从 C_0 的 18.1% 减少到 C_6 的 9.6%。

关键词: 玉米; 格子混合选择; 产量; 农艺性状

中图分类号: S513.03 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2000)04-0001-06

中综 3 号玉米群体是我国“七五”期间国内旅大红骨系统优良自交系为骨干合成的马齿型玉米群体。旅大红骨系统种质资源为我国当前玉米生产及育种上四大种质资源之一。Lan \times 旅大红骨、Reid \times 旅大红骨是我国玉米育种的两大主要杂优模式, 这两大模式出了很多著名杂交组合。如曾连续多年在玉米生产上面积居第一位的丹玉 13 号 (M017 \times 丹 340), 在玉米生产上发展较快的、获国家科技进步一等奖的沈单 7 号 (5003 \times E28) 等。据我们最近对四大种质的杂优潜力研究结果表明, 旅系统为我国四大种质系统杂优潜力第二大种质资源, 它除与上述 Lan 系统、Reid 系统有较强的杂种优势, 与唐四平头系统也有很强的杂种优势, 只是两者生长期差异太大, 结果给这一强优势组合模式的应用带来了一定的困难, 中综 3 号在合成时, 我们针对旅系统种质的这一缺点, 掺入了一定的早熟种质, 使其熟期较旅系统种质有了很大改善。因此, 中综 3 号玉米群体的改良创新, 无疑为我国杂交玉米育种创造了良好的素材。

混合选择法是玉米群体改良中最简单易行的方法。这一方法已被国内外育种家广泛地应用于丰产性^[1~3]、穗长^[1]、穗位高^[1]、早熟性^[4 5 6~8]、抗倒性^[9]和抗病虫害等性状的改良。但这一方法由于缺乏对单株后代的鉴定, 易受环境影响, 以致影响选择效果。格子混合选择法, 对克服混合选择法的这一缺陷十分有效, 本文将报道这一方法对中综 3 号群体的 6 轮格子混合选择结果。

收稿日期: 1999-05-07

基金项目: 八五国家攻关项目 (91-002-02-05-2)

作者简介: 彭泽斌 (1962-), 男, 副研究员, 农学硕士, 主要从事玉米遗传育种研究工作。

1 材料和方法

本研究所用的基础群体中综 3 号 C₀ 的合成方法已做过报道^[1]。1988 年春开始,我们用格子混合选择法对其进行改良。格子混合选择的做法是: 将各轮基础群体种植地块分成若干格子, 从每个格子中选择若干优良单株的优良果穗, 混合脱粒合成下一轮群体。这种方法可以减少混合选择法的环境误差, 提高选择效率。本研究的具体做法是: 各轮基础群体除 C₀ 种 6 000 株 400 行外, 其余均种 3 000 株 200 行, 行长 4.0 m。选择时将每 4 行分成一个格子, 这样 C₀ 共 100 个格子, 其他各轮均 50 个格子, 每个格子除 C₀ 选 3 株, 其余均选 6 株, 共 300 株。中选株混合脱粒组成下一轮群体。各轮选择的目标性状, 以产量为主, 参考抗性(抗倒伏、抗青枯、抗大小斑病等)、熟期、株型。经过 5 年的选育, 于 1993 年完成了 6 轮改良。(表 1)。

表 1 中综 3 号产量选择情况

时间	周期	基础群体	选择穗数	选择强度(%)
1988 年春	C ₁	6 000	300	5
1989 年春	C ₂	3 000	300	10
1990 年春	C ₃	3 000	300	10
1991 年春	C ₄	3 000	300	10
1992 年春	C ₅	3 000	300	10
1993 年春	C ₆	3 000	300	10

1995 ~ 1996 年, 在北京中国农科院昌平试验基地、郑州河南省科学院周口试验点、安徽省金寨县徐冲乡农技站对 C₀ ~ C₆ 的 7 个群体, 进行了 2 年 3 点鉴定试验。田间设计采取随机区组设计, 4 次重复, 5 行区, 行长 4 m, 行距 0.7 m, 株距 0.25 m, 每行 17 株, 取中间 10 株定点进行观察记载和考种。本试验研究性状有: 株高、穗位高、抽丝期、散粉期、抗倒性、抗青枯性、单株子粒产量、穗长、穗粗、穗行数、每行粒数、千粒重、出子率、小区产量等。按公式 $R = \overline{X_{Si}} - \overline{X_i}$, 求出各性状的选择响应, $\overline{X_{Si}}$ 为选择后群体性状的均数, $\overline{X_i}$ 为某一基础群体 Ith 性状的均数。现实遗传力 $h^2 = R/S$, 其中 R 为选择响应, S 为选择差。各代产量及相关性状的平均选择增益 (ΔG) 等于最后一代该性状值与 C₀ 群体该性状值之差除以选择轮数。

2 结果与分析

2.1 产量性状的选择响应

2.1.1 子粒产量及其遗传参数变化 表 2 结果表明, 格子混合选择法对中综 3 号群体子粒产量的改良是十分有效的。6 个选择周期使群体子粒产量每 hm² 提高了 1 155 kg, 达 24.05%, 平均每轮子粒产量每 hm² 提高

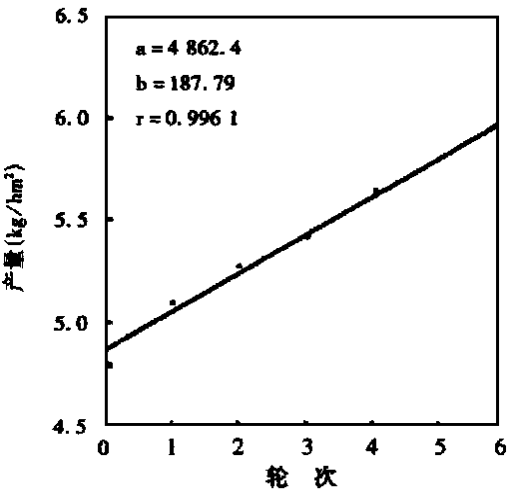


图 1 中综 3 号 6 轮格子混合选择产量响应

192.45 kg(4.01%), 方差分析达极显著水平 ($P < 0.01$)。用最小二乘法估算的线性响应为 187.79 kg ($P < 0.05$), 与每轮群体子粒产量的实际增加值 192.45 kg/hm² 很接近(图 1)。

表 2 中综 3 号各轮群体产量及遗传参数

轮次	选择差 (kg/hm ²)	选择响应 (kg/hm ²)	现实遗传力 (%)	标准差	变异系数 (%)	产 量 (kg/hm ²)
C ₀	—	—	—	130.32	40.7	4 803
C ₁	799.5	288.0	36.0	130.67	38.5	5 091
C ₂	580.5	180.0	31.0	132.83	37.8	5 271
C ₃	918.0	147.0	16.0	148.81	37.2	5 418
C ₄	712.5	217.5	30.5	124.36	33.1	5 636
C ₅	775.5	169.9	21.8	169.51	40.8	5 805
C ₆	543.3	153.0	28.2	140.90	35.3	5 958

各选择周期选择响应有较大的变化, 提高最多的是 C₀~C₁, 为 288 kg, 其次是 C₃~C₄, 为 218 kg; C₂~C₃ 最少, 为 147 kg。但从总体来看, 每个选择周期的选择响应均在近 150 kg 以上。说明, 格子混合选择法选择效果是一个逐轮积累的过程。从现实遗传力看, 也是 C₀~C₁ 最大, 为 36.0, 以后各周期基本徘徊在 16.0~31.0。这进一步说明了格子混合选择效果是逐代稳步积累的。再从各世代的变异系数看, 从 C₀~C₆ 7 个世代, 变异系数总的来看基本没有大的变化, 仅略有降低, 这说明格子混合选择保留了原始群体丰富的遗传变异, 为各选择周期选择效果持续稳步提高奠定了基础。

2.1.2 穗部性状变化 表 3 结果表明, 经过 6 轮的格子混合选择, 中综 3 号穗部性状发生了很大变化。表中给出了 6 个参数, 除穗行数略有减少外, 其余 5 个性状均有不同程度地增加, 其中增加强度较大的性状为穗长、行粒数、千粒重。穗长从 C₀ 的 14.2 cm, 增加到 C₆ 的 16.0 cm, 共增加 1.8 cm, 达 1% 显著水平, 平均每轮增益 0.3 cm, 用最小二乘法估算的线性选择响应为 0.26。通过各世代群体的产量与穗长的相关分析, 我们发现穗长与群体子粒产量有显著的正相关, 系数 $r=0.965\ 0$ ($P < 0.01$)。可见, 穗长的增加是格子混合选择法增加群体子粒产量的主要原因。这一研究结果, 与我们改良 S₁ 选择法的研究结果类似^[10]。

表 3 中综 3 号各轮群体穗部性状平均值

轮次	穗长(cm)	穗粗(cm)	穗行数(个)	每行粒数(粒)	出子率(%)	千粒重(g)
C ₀	14.2	4.76	18.9	31.7	81	210.2
C ₁	14.7	4.80	18.4	33.6	83	225.3
C ₂	15.0	4.82	18.0	34.1	83	228.6
C ₃	15.2	5.03	17.9	35.0	82	230.1
C ₄	15.1	4.97	18.2	34.8	84	229.5
C ₅	15.6	5.01	17.4	36.0	82	235.3
C ₆	16.0	4.90	17.5	35.8	83	237.4
LSD0.05	0.67	0.11	0.68	0.21	4	12.35
LSD0.01	0.92	0.15	0.93	1.66	5	16.92
ΔG	0.30	0.02	-0.23	0.68	0.3	4.53
%	2.1	0.49	-1.24	2.16	41	2.16
b	0.26	0.035	-0.21	0.64	0.2	3.66

从表 3 可见, 经 6 轮的格子混合选择, 中综 3 号群体的每行粒数从 C₀ 的 31. 7, 提高到 C₆ 的 35. 8, 增加了 4. 1 粒, 差异达极显著水平。说明, 经 6 轮的格子混合选择, 群体的每行粒数得到了显著地改良。因此, 我们可以认为, 每行粒数增多, 是格子混合选择提高子粒产量的另一重要因素, 两者相关系数 r=0. 945 7, 达 1%显著水平。

本研究的千粒重从 C₀ 的 210. 2 g, 提高到 C₆ 的 237. 4 g, 增加了 27. 2 g, 达极显著水平。平均每轮增加 4. 53 g, 线性回归系数 3. 66, 与实测结果基本接近。可见, 千粒重的提高也是格子混合选择提高群体子粒产量的重要因素。

穗粗、出子率经 6 轮格子混合选择后, 均有一定提高, 但均未达显著水平。穗行数 6 轮混合选择后略有降低, 这主要是因为我们的基础群体为多穗行群体, 原始群体穗行数高达 18. 9, 在选择过程中以子粒产量为主, 没把穗行数做为目标性状, 这一结果与改良 S₁ 选择法类似^[10]。

2. 2 田间性状的变化

表 4 中综 3 号各轮群体田间农艺性状

轮次	株高(cm)	穗位高(cm)	抽丝期(d)	散粉期(d)	倒伏率(%)	青枯率(%)
C ₀	219. 2	83. 4	61. 2	58. 5	22. 7	18. 1
C ₁	227. 3	88. 5	62. 7	59. 3	20. 5	16. 5
C ₂	232. 4	91. 2	61. 8	60. 2	16. 4	13. 7
C ₃	241. 8	96. 3	63. 5	60. 1	13. 2	12. 9
C ₄	245. 7	98. 4	62. 4	59. 2	15. 2	13. 1
C ₅	251. 3	97. 5	63. 9	59. 7	12. 1	9. 8
C ₆	248. 4	101. 2	—	—		3. 56
LSD0. 05	6. 12	2. 97	—	—	4. 21	4. 88
LSD0. 01	8. 38	4. 07	—	—	5. 77	4. 88
ΔG	4. 87	2. 97	0. 45	0. 02	—1. 77	—1. 42
%	2. 22	3. 56	0. 74	0. 34	7. 78	7. 83
b	5. 32	2. 81	—	—	—1. 82	—1. 41

注: 无 LSD 值者, 方差分析不同群体间差异不显著。

由表 4 可见, 中综 3 号经过 6 轮格子混合选择后, 株高、穗位高均伴随着极显著地提高。株高从 C₀ 的 219. 2 cm, 提高到 C₆ 的 248. 4 cm, 净增高 29. 2 cm; 穗位高从 C₀ 的 83. 4 cm, 提高到 C₆ 的 101. 2 cm, 净增加 17. 8 cm。

从本研究结果看, 在对产量性状进行格子混合选择的同时, 熟期伴随着相对延迟。表 4 中, 中综 3 号的抽丝期从 C₀ 的 61. 2 d, 延迟到 C₆ 的 63. 9 d, 净推迟 2. 7 d; 散粉期从 C₀ 的 58. 5 d, 延迟到 C₆ 的 59. 7 d, 净推迟 1. 2 d, 但与 C₀ 相比均没达到极显著差异。

3 讨论

混合选择法在玉米群体改良中前人已成功地应用于丰产性^[1~3]、穗长^[1]、穗位高^[1]、早熟性^[4, 5, 6~8]和抗虫性^[11]等性状地改良。Cardner^[3]报道的对“Hays Golden”综合种 4 轮子粒产量混合选择结果, 平均每轮获 3. 9%的增益。Mulamba N N 和 Hallauer A R 对

“Krug”(BSK)群体进行 14 轮混合选择, 获 69%产量增益。李洪杰利用混合选择法完成了对群体“辽哈巨人”(C₀)的三轮混合选择, C₃ 比 C₀ 增产 16.7%, 平均每轮增产 5.6%。经过前人大量的研究实践, 彭泽斌和刘新芝总结认为混合选择法, 由于缺乏对单株后代的鉴定, 受环境方差影响较大, 虽然有很多成功的例子, 但总的看来选择效果不稳定, 平均每轮只有 3%左右^[1]。格子混合选法有效地减少了环境方差的影响, 显著地提高了选择效果。本研究对中综 3 号 6 轮的格子混合选择, 平均每轮选择进度达 4.01%。这一选择进度与其他选择方法相比, 亦是十分突出的。一般轮回选择每轮选择进展改良 S₁ 穗行选择法为 6.5%左右^[10], 全同胞轮回选择为 3.8%, 测交选择为 5.4%, S₁ 家系选择为 6.4%, S₂ 家系选择为 6.4%, 但它们均要 2~3 季方可完成一轮选择, 而格子混合选择仅需一季即可完成一轮选择。因此, 从选择效果看, 格子混合选择法是一种十分简便有效的群体改良方法。

混合选择法在玉米群体早熟性改良方面成功的例子很多。Hallaner 和 Sears^[7]对来自热带的 ETO 进行 4 轮早抽花丝的混合选择, 平均每轮提早抽丝 3.8 d。Genter^[4]用 25 个墨西哥玉米种族合成一个群体, 经 10 轮混合选择后, 平均每轮提早抽丝 1.1 d。Troyer 和 Brown^[6]用混合选择法对 3 个晚熟的半外来玉米综合种进行 6 轮选择, 平均每轮提早开花 1.8 d。张世煌、石德权等^[4,5]经过对中群 13、中群 14 号两个亚热带优质蛋白玉米(QPM)4 轮的早抽花丝混合选择, 抽丝期平均每轮提早 4.1 和 4.5 d。玉米早抽丝、散粉性状的混合选择可采用两性控制法, 这样选择效果理论上提高一倍, 再加上格子混合选择可减少环境差异的影响。因此, 混合选择法对玉米群体早熟性的改良, 是一种十分有效简便的好方法。

混合选择对玉米群体其它性状改良, 成功的例子也很多。Bell R D 和 Darrah L L 等^[8]对 sh₂ 玉米群体田间出苗进行 11 轮的混合选择, 平均每轮进展 3.3%, Bruno Abbrecht 和 Dudley J W 对玉米群体抗倒性进行混合选择改良, 获得了与 S₁ 选择法同等的效果。Odhiambo M O 和 Compton W A^[5]对玉米子粒大小进行 20 轮的混合选择, 平均每轮增长 1.6%。另国内外学者在混合选择法对玉米群体高含油量, 高赖氨酸等性状的改良上, 均得到了成功地应用。

参考文献:

- [1] 彭泽斌, 刘新芝. 混合选择与改良 S₁ 家系选择对玉米群体的改良效果研究[J]. 中国农业科学, 1993, 26(1): 22—31.
- [2] 李洪杰. 混合选择对玉米群体改良效果的研究[J]. 辽宁农业科学, 1988, (3): 221—226.
- [3] Gardner C O. An evaluation of effects of mass selection and irradiation with thermal neutrons on yield of corn[J]. Crop Sci. 1961, 1: 241—245.
- [4] 张世煌, 石德权, 徐家舜, 等. 对两个亚热带优质蛋白玉米群体的适应混合选择研究 I 直接响应[J]. 作物学报, 1995, 21(3): 271—280.
- [5] 张世煌, 石德权, 徐家舜, 等. 对两个亚热带优质蛋白玉米群体的适应混合选择研究 II 相关响应[J]. 作物学报, 1995, 21(5): 513—519.
- [6] Troyer A F, Brown W L. Selection for early flowering in corn: seven late synthetics[J]. Crop Sci. 1976, 16: 767—772.
- [7] Hallauer A R, Sears J H. Integrating exotic germplasm into corn belt maize breeding programs[J]. Crop Sci.

1972, 12: 203—206

- [8] Bell R, Zuber M S. Progress from mass selection for field emergence and seed weight in a sh2 population maize [J]. Crop Sci, 1983, 23: 461—464.
- [9] Bruno Albrecht, Dudley J W. Divergent selection for stack quality and grain yield in an adopted \times exotic maize population cross A. R and J. B[A]. Miranda F O. Quantitative genetics in maize breeding[M]. USA: Iowa State University Press, 1981.
- [10] 彭泽斌, 刘新芝. 改良 S₁ 后代轮回选择在玉米群体改良中应用的研究 I 直接响应与相关响应[J]. 作物学报, 1995, 21(6): 1—7.
- [11] Zuber M S, Fairchild M L, Keaster A J, *et al.* Evaluation of 10 generation of mass selection for corn earworm resistance[J]. Crop Sci, 1971, 11: 16—18.
- [12] Mulamba N N, Hallauer A R, Dudley J W, *et al.* Recurrent selection for grain yield in a maize population[J]. Crop Sci, 1983, 23: 536—540.

Effects of Latticed Mass Selection on ZZ3 Maize Population

PENG Ze-bin¹, LIU Xin-zhi¹, SUN Fu-lai²

(1 Institute of Crop Breeding and Cultivation, Chinese Academy of Agricultural Sciences,
Beijing 100081, China; 2 Binzhou Agricultural Bureau, Shandong 256600, China)

Abstract: Six cycles of latticed mass selection for grain yield and correlated character properties were conducted in Zhong Zong No. 3(ZZ3) from 1995 to 1996 at three locations. The grain yields of population showed significant response to the selection. The evaluating experiments showed that the average yield increase per cycle was $192.45 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (4.01%), and the linear response was $187.80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. The yield gains are associated with the increase of ears. After six-cycle selection, the ear length gained 1.8 cm (12.7%) for the advanced cycle vs. the original population. Number of kernel per row and 1000 kernel weight increased 4.1 kernel (10.9%) and 27.2 g (12.5%), respectively. The plant height and ear height of advanced cycles were increased 29.2 cm and 17.8 cm respectively. The ratio of lodging and wilted plant were decreased significantly to 12.1% and 9.6% in the final cycle.

Key Words: Maize; Latticed mass selection; Grain yield; Agronomic characteristics