

太谷显性核不育基因用于抗逆性育种的效应

双志福 张瑞仙 王振富

(山西省农业科学院作物遗传研究所, 太原 030031)

摘要 利用太谷核不育小麦, 采用改良半姐妹和混合轮选及隔代回交轮选三种方法进行抗逆性育种。结果表明, 改良半姐妹和混合轮选对群体主穗粒数、单株粒重、百粒重等主要产量性状和抗干热风能力均有显著改良效果。改良半姐妹比混合轮选改进幅度大, 且对降低群体株高有极显著效果; 而混合轮选对降低株高效果不明显; 两群体各主要经济性状有向选择目标集中、变异度下降的趋势。用隔代回交轮选法改造丰抗 2 号效果显著, 升选系抗干热风、抗寒性及综合性状均优于丰抗二号, 回交两次比回交一次效果好。各类群体都能分离出许多超亲变异优良可育株, 已育成一批通过区试待审定或在区试、展示中表现突出的品系及特异材料。

关键词 太谷核不育小麦 显性不育基因 群体改良 轮回选择

据以往研究资料, 冬小麦抗性(包括抗旱、抗干热风)和主要产量性状属微效基因控制^[5], 依靠利用主效基因为主的常规育种去解决有一定难度。人们希望通过轮回选择达到这一目的, 但苦于缺乏理想材料。太谷核不育小麦的问世, 有可能使这一愿望变成现实^[1]。利用其开展轮回选择, 在一个多亲本组成的大群体内, 经过连续多代的交配—选择的交替进行, 可以打破不良基因的连锁, 增进有益基因, 特别是提高微效基因的累加(包括抗性基因)和重组机率, 促使潜在基因、受抑制基因的表达, 最后得到遗传基础较为广阔的改良群体, 在这个群体内, 可出现大量超亲性状和综合性状优异的个体, 通过选择可育株, 育成优良品种和特异材料。但是, 利用显性核不育开展轮回选择, 国内外尚无先例, 虽然提出一些设想和方案^[2~4, 6~9], 迄今还处于探索阶段。

我们从 1980 年起设计了自己的方案, 以高产、优质、抗锈、抗旱、抗干热风为目标, 进行轮选。开始组建了 10 个不同类型的群体, 目前保留了 6 个, 有三个群体经过了五轮以上轮选, 经过多年实践, 总结正、反两方面的经验教训, 使我们对轮回选择的认识逐步深化, 群体水平有了显著提高, 在培育品种上已初见成效。

1 抗逆性育种的有效方法

在诸多抗逆性育种方法中, 我们采用了轮回选择, 并从以下两方面开展研究:

1.1 基础群体组建与轮回选择方式的开拓

1.1.1 改良半姐妹轮选(见图 1): 1980 年用包括抗锈、矮秆、丰产、抗干热风等不同类型的亲本为父本,与 Tal 杂交配制了 40 个复交组合,每组合取等量种子组成原始群体,在隔离条件下,进行了两次随机交配,以此作为轮回选择的基础群体 C_0 ,然后,从基础群体 C_0 中,按照育种目标,选优良不育株作母本,田间按株行种植,父本为本群体衍生的 F_2 或 F_3 优良可育株。每株取等量种子混合,再返回原群体,与母本不育株行相间种植于隔离区内,开花前拔除母本行分离出的全部可育株,使父母本充分随机交配,最后根据选种目标先选优系,再在优系内选优株,将选到的不育株种子分成两份,一份作为下轮群体的母本使用,一份在隔离区外种成副区,以从中选出优良可育株,提供选种圃,再经 $F_2 \sim F_3$ 选择后作为轮选父本返回群体。每年一个轮回。下一个轮回,如上办理。

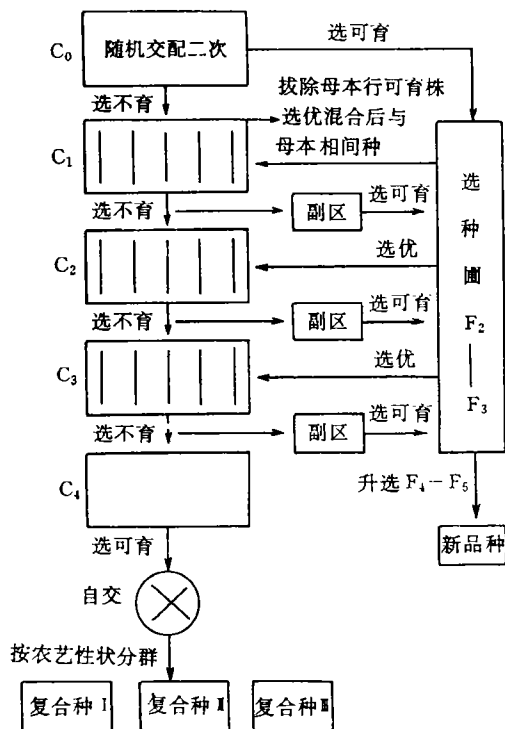


图 1 改良半姐妹轮选程序图

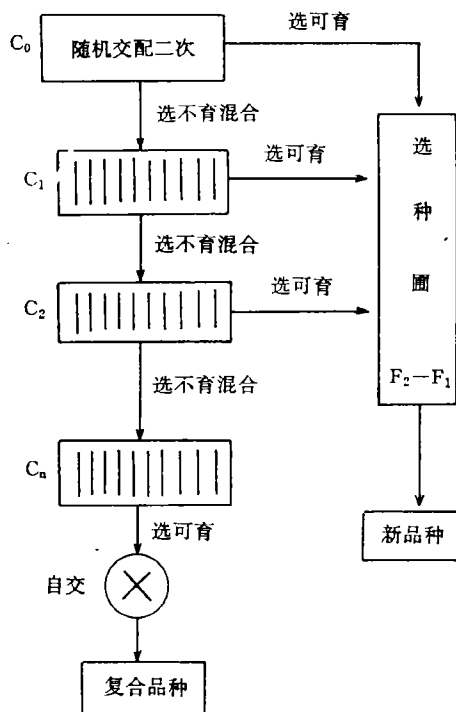


图 2 混合轮选程序图

1.1.2 混合轮回选择(见图 2): 从基础群体 C_0 中,按照育种目标,选优良不育株,每株取等量(或一定量)种子,混合组成轮选群体,点播于隔离区内,开花期间,使分离出的不育株与可育株自由授粉,并对不育株作出标记,供选择时鉴别,成熟前决选不育株。一年一个轮回,循环往复。

1.1.3 隔代有限回交轮选(见图 3): 轮回亲本丰抗 2 号,株高 90cm,耐肥,抗倒,高抗条锈,亩产近 500kg,优点较为全面,但具有抗寒、抗干热风能力差的缺点,非轮回亲本为 44 个具有 Tal 基因的复交组合,这些组合基本农艺性状好,且目标性状(越冬性、抗干热风)突出。用上述材料组成了基础群体,在隔离条件下进行轮选。程序为:杂交→姐妹交→第一次回交→姐妹交

→第二次回交。姐妹交世代材料按组合分行种植，抽穗前去掉可育劣株，选收不育、可育两种植株，不育株供下轮回交组群，可育株入选种圃，供选育品种。回交世代，父、母本按 2：4 相间种植，抽穗前去掉母本行可育株，只选收不育株。

所有群体和选种圃，每年接种条锈病混合生理小种，群体内在花期进行人工辅助授粉。

1.2 群体与个体的抗性提高与农艺性状的改良

1.2.1 改良半姐妹法(简称 A)，混合轮选法(简称 B)对群体的改良效应 对产量性状的改良效果：方差分析表明，所测各产量性状的群体平均数，除单株有效穗数与 C_0 无明显差异外，其单株籽粒产量 $AC_1 \sim C_4$ 比 C_0 提高 12.9%~22.4%，达极显著水准， $BC_1 \sim C_4$ 比 C_0 提高 12.0%~12.3%，接近显著水平，百粒重 $AC_1 \sim C_4$ 和 $BC_1 \sim C_4$ 分别比 C_0 增加 3.1%~12.9%和 5.1%~9.8%，达极显著与显著差异；主穗粒数 $AC_1 \sim C_4$ 与 $BC_1 \sim C_4$ 分别增加 6.0%~6.5%和 3.1%~6.1%，均达显著水准(见表 1)。说明两种轮选方法对性状改良均为有效。从上述性状在群体中优良个体所占比率也可看出(见表 2)，单株籽粒产量比 C_0 分别提高 29.5%~36.2%和 13.4%~24.3%；百粒重与主穗粒数与上表现类同，而百粒重的提高达到 41.3%~196.0%和 91.3%~201.3%。

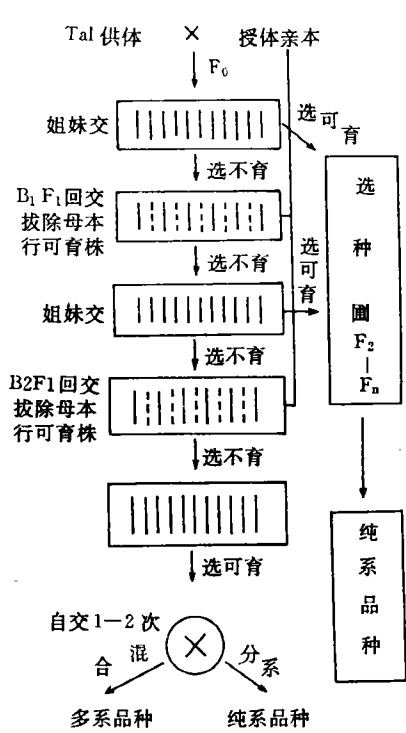


图 3 隔代回交法
(适用于数量及隐性性状)

表 1 群体各性状平均数

群体	株高(cm)		穗长(cm)		小穗数(个)		主穗粒数(个)		株粒重(g)		百粒重(g)	
	X	相当于 $C_0\%$	X	相当于 $C_0\%$	X	相当于 $C_0\%$	X	相当于 $C_0\%$	X	相当于 $C_0\%$	X	相当于 $C_0\%$
C_0	83.3	100	8.82	100	20.05	100	39.78	100	6.35	100	2.95	100
AC_1	77.8	93.4	8.40	95.2	20.03	99.9	42.15	106.0	7.17	112.9	3.04	103.1
AC_2	77.3	92.8	8.13	95.6	19.58	97.7	42.09	105.8	7.23	113.9	3.18	107.8
AC_3	76.3	91.6	8.37	94.9	19.92	99.4	42.38	106.5	7.84	123.5	3.46	117.3
AC_4	77.2	92.7	8.41	95.4	20.33	101.4	41.69	104.8	7.77	122.4	3.33	112.9
BC_1	83.4	100.1	8.67	98.3	20.25	101.0	41.03	103.1	7.11	112.0	3.10	105.1
BC_2	82.3	98.8	8.83	100.1	20.58	102.6	42.30	106.3	7.19	113.2	3.30	111.9
BC_3	82.3	98.8	8.39	95.1	20.22	100.8	42.20	106.1	6.69	105.4	3.24	109.8
BC_4	81.2	97.5	8.44	95.7	20.22	100.8	41.50	104.2	7.13	112.3	3.24	109.8

对降低株高的效果：从表 1 看出 $AC_1 \sim C_4$ 逐轮比 C_0 降低 6.6%，7.2%，8.4%和 7.3%，极显著。 $BC_1 \sim C_4$ 比 C_0 降低-0.1%~2.5%，不显著。由表 2 还可看出株高 85cm 以下的矮株比率 $AC_1 \sim C_4$ 比 C_0 增加 21.0%~29.4%， $BC_1 \sim C_4$ 仅增加-9%~8.1%，说明改良半姐妹方案

在降秆方面有明显效果。

表 2 群体各性状优良个体占总体比率

群体	株 高		主穗粒数		株粒重		百粒重		抗 干 热 风	
	(85cm 以下)		(45 粒以上)		(8g 以上)		(35g 以上)			
	比 率	相 当 于	比 率	相 当 于	比 率	相 当 于	比 率	相 当 于	比 率	相 当 于
	(%)	C ₀ (%)	(%)	C ₀ (%)	(%)	C ₀ (%)	(%)	C ₀ (%)	(%)	C ₀ (%)
C ₀	65.7		27.3		26.8		12.6		23.58	
AC ₁	79.5	121	33.8	123.8	34.7	129.5	17.8	141.3	26.7	113.2
AC ₂	81.4	123.9	30.0	109.9	29.7	110.8	26.4	209.5	30.5	129.3
AC ₃	87.3	132.9	35.3	129.3	35.4	132.1	46.3	367.5	31.6	134.0
AC ₄	85.0	129.4	29.8	109.2	36.5	136.2	37.3	296.0	38.1	161.6
BC ₁	59.8	91.0	32.4	118.7	30.4	113.4	24.1	191.3	24.2	102.6
BC ₂	63.1	96.0	31.5	115.4	32.9	122.8	27.0	214.3	22.4	95.0
BC ₃	69.2	105.3	31.8	116.5	34.5	128.7	31.2	247.6	30.5	129.3
BC ₄	71.0	108.1	34.6	126.7	33.3	124.3	37.96	301.3	36.2	153.5

抗干热风轮选效果:从抗干热风优良个体在群体中所占比率看,AC₁~C₄与BC₁~C₄分别比C₀提高4.1%~25.1%和2.5%~14.3%。

遗传进展速度:上述结果表明,两种轮选方案对株高、抗干热风及主要产量性状的改良效果是肯定的。同时也看出,第一:多数性状在第一轮选择的进展最大,后几轮增值较小,与Avey^[9]研究结果一致,这可能第一轮是主效基因在起主要作用,而后几轮选择是微效基因的加性效应为主。第二,多数性状呈波浪式进展。在轮选过程中,由于均在群体情况下自由交配,从群体中选择多性状均符合育种目标的个体比较困难,所以,每轮只能以一二个性状为重点,施以较大的选择压,并兼顾其他性状进行选择,因而使群体某些性状的基因频率随选择重点的变化而改变,这种波浪式进展与整个轮选过程相符。第三,两种方案经四轮选择,群体各主要性状均有向选择目标集中,变异度下降趋势。为逐步提高群体和育成品种的水平,根据群体状况,分阶段针对性地输入新种质,保持群体的高度异质性是十分重要的。

1.2.2 隔代回交轮选的选择效果 1988 年对该群体杂交一次,回交一次,回交二次后代中选优系作了统计,依次为 2,8,68 个系,特别是抗寒、抗干热风的优系所占百分率,回交二次比杂交一次提高了 12.1%。已由第一、第二次回交后代中,选出比对照增产的 23 个优良品系。这些品系,无论从综合性状,或抗寒、抗干热风方面都大大优于轮回亲本丰抗 2 号的水平。并育出了一些超亲类型。一般认为,矮秆与大粒、早衰之间存在负相关,本群体选出的 5633 品系,株高 75cm,千粒重 50.3g,抗干热风、落黄好,籽粒饱满度一级,鉴 89 品系在黄矮病流行、绝大部分材料严重感染的年份,表现高抗,青枝绿叶,千粒重为鉴定试验最高品系之一,籽粒饱满度 1 级。

1.3 讨论

群体水平的提高由多方面因素决定,选择则是主要因素之一。1978 年,C. O. Gardner 关于

计算预期获得量的公式, 单性混合选择 $\Delta G = \frac{K(\frac{1}{2})g^2A}{\sigma_{pm}}$ 和两性混合选择 $\Delta G = \frac{Kg^2A}{\sigma_{pm}}$ 表明, 对雌、雄性同时选择比单向选择好。我们的试验也证实了, 在同一基础群体上, 用父母本同时选择的改良半姐妹法, 对目标性状的选择效果比只对雌性单向选择的混合选择效果好。曾试图在混合选择方案实施中, 通过对可育株去劣, 实现最佳基因型的组配, 但多数性状在开花前未能表现, 劣株难以剔除, 因而效果差; 而改良半姐妹法, 其父本来自本群体经过分离、选择的可育株后代, 携带不良基因较少, 更有利于做到最佳背景基因的重组。

轮回选择实践看出, 每轮选一次会有一定进展, 经过多轮选择就会取得显著进展。但是, 每次轮选不可能使多个性状得到普遍的提高, 甚至个别性状出现负向进展。这是由于性状间存在复杂的相关和连锁关系, 想要群体中出现多个性状的集合体并非易事。所以轮回选择应作为一项长期计划实施, 坚持不懈。最好在早期世代, 每轮应以 1~2 个目标性状为主攻方向, 逐步提高。而在晚期世代, 随优良基因集结程度的提高, 选择的目标性状逐步增加, 进而以综合性状的选择为目标, 最终实现群体水平的全面提高。随着群体水平的提高, 结合系谱选择, 育成品种和材料的水平越来越高, 数量也越来越多, 最终将可望育成主要表型基本一致, 而个体间遗传基础各异, 具有高度抗逆性、适应性和丰产性的复合品种或多系品种。

2 抗逆性育种工作的进展

2.1 育成一批有希望的品系

84-1472: 已通过山西省中部旱地区试, 两年平均产量为 2884.5kg/hm², 较对照增产 14.05%, 待审定。该品系系抗锈群体可育株, 经花药培养而成, 冬性, 中熟, 株高 100cm 左右, 抗旱, 抗寒, 抗干热风, 蛋白质含量高, 适宜旱地种植。

太核 90-48: 1994 年参加山西省中部高水肥展示田, 四点平均 6180kg/hm², 较对照京 411 增产 11.0%, 居四个参试品系的首位。该品系由抗锈群体可育株选育而成。株高 80~85cm 左右, 叶片上冲、秆硬抗倒, 抗锈, 抗干热风, 分蘖成穗率高。

太核 9287、太核 5116: 1994 年参加山西省中部中肥区试, 8 点平均产量分别为 4876.5kg/hm² 和 4851kg/hm², 较对照京 841 增产 14.6% 和 12.4%, 分别位于 10 个供试品系的第二、第四位。这两个品系分别由抗锈群体和抗寒群体可育株系选而成。共同特点为冬性, 早熟, 株高 90cm 左右, 抗倒, 抗锈, 抗干热风, 灌浆快, 落黄好, 千粒重 50g 以上。

太核 5025: 1994 年参加全国北方冬麦区高水肥区试, 6 点平均 5946kg/hm², 较对照减产 2.43%, 位于 10 个供试品系的第三位。

2.2 创造出一批基本农艺性状较好, 又具有某一特异性状的品系和材料, 其中对条锈 25、28、29 生理小种免疫的有 4072; 抗白粉和蚜虫的有 8915、8984; 抗黄矮的有鉴 89; 抗旱、抗寒、抗干热风的有 93 鉴 30 等。

3 展望

利用太谷核不育小麦进行抗逆性育种仅仅 10 多年时间, 在全国已取得显著成绩, 华南育

成抗赤品种,安徽育成抗吸浆虫品种,北京育成抗旱耐盐碱品种,甘肃和我省育成了抗旱耐瘠抗青干品种(系),还有一大批正在区试的优良品系及创造了许多不同类型具有特异抗逆性的新种质,育种方法经多年实践日臻完善。将轮回选择与群体杂交及系谱选择、集团选择相结合,通过轮选创造丰富的遗传变异,经系谱选择,陆续选育新品种。

组成轮回选择育种网:拟按生态区建立轮回选择育种中心,并分别选定若干选择育种网点。在中心以优势的技术力量和种质资源进行轮回选择,进而创造基因库,创造变异,为各网点提供分离出的优良可育株。各网点通过系谱选择或再结合其它方法选育,并在网点间进行穿梭选育和鉴定,以提高育成品种的抗逆性和适应性。

进一步完善核不育育种技术研究。应当指出,太谷核不育小麦应用的巨大潜力所在是轮回选择。尽管目前已取得很大进展,但还有许多方面诸如轮回选择的理论、方法以及与其他育种方法的有机结合等配套技术,有待进一步充实和完善,探索转换太谷核不育小麦细胞质、解决胞质单一化问题亦需研究解决等等。

参 考 文 献

- 1 邓景扬,高忠丽. 小麦显性雄性不育基因的发现与利用——太谷核不育小麦鉴定总结. 作物学报,1980(2): 85~98
- 2 张绍南,纪风高. 轮回选择育种中的选择与交配. 太谷核不育小麦. 北京:科学出版社;1987.81
- 3 王振富,双志福. 显性不育基因在小麦轮回选择中的应用. 山西农业科学,1983(1):30~33
- 4 王进先,武克忠,李丽君. 太谷核不育小麦在育种中应用方法的探讨. 吉林农业科学,1983(3):23~29
- 5 J. 莱利著,庄巧生,王恒立,杨作民等译. 小麦育种的理论与实践. 北京:农业出版社,1982,75~158
- 6 Gilmore EC. Suggested method of using reciprocal recurrent selection in some naturally self-pollinated species. Crop Science,1964(4):323~325
- 7 Sorrells ME and Fritz SE. Application of a dominant male-sterile allele to the improvement of self-pollinated crops. Crop Science,1982,22(5):1032~1035
- 8 BusCh RH. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. Crop Science,1982,22(3):568~572
- 9 Avey DP. Three cycles of simple recurrent selection for early heading in winter wheat. Crop Science,1982, 22(5):908~912

Effect of Adverse Resistance Breeding with Taigu Dominant Nuclear Sterile Gene

Shuang Zhifu Zhang Ruixian Wang Zhenfu

(Institute of Crop Genetics, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan)

Abstract Adverse resistance breeding was carried out with Taigu nuclear sterile wheat by three methods such as the half sib-mating improving recurrent selection, the mass recurrent selection and the alternate-generation backcrossing recurrent selection. Notable effects have been obtained in torrid Tesis Tance and the main yield characters as the kernel number of main spike, kernel weight per plant and 100-kernel weight by the half sib-mating and the mass recurrent selections. The half sib-mating recurrent selection was better than the mass recurrent selection. There was significant effects for improvement of lowering the plant heights by the half sib-mating recurrent selection, but there was no effect by the mass recurrent selection. All the main economic characters of the populations showed the trend of the selective targets with decay of variability. Selected line which was made from Fengkand 2 by the alternate-generation backcrossing recurrent selection for twice was better than Fenkang 2 in torrid resistance, cold resistance and synthetic characters. Promising fertile plants exceeded their parents were separated in all kinds of populations, with which a lot of elite lines and specific materials have been obtained and tested in the regions.

Key words: Taigu nuclear sterile wheat; Dominant sterile gene; Population improvement; Recurrent selection