

高粱地方品种细胞核内 不育和可育性反应的研究

李公德 姜秀奎 李 彻 任学峰

(吉林省农业科学院作物育种栽培研究所)

提 要

以Cambine kafir 60 雄性不育系为材料, 测验了高粱地方品种自交当代、自交一代植株的不育和可育性的反应。自交当代植株测交结果表明, 同一品种不同植株间不育和可育性的反应有显著差别, 同时绝大部分植株的不育和可育基因型是异质结合的。但经过一次自交 (S_1) 后, 不育程度显著提高, 测交杂种的不育株率大部分达到 70% 以上, 个别的达到了 100%。根据测交结果, 讨论了雄性不育系的选育程序和方法。

三十余年前已有人研究高粱杂种优势问题, 指出第一代杂种的植株高度、叶片大小、叶绿素含量、籽粒产量以及其他特性均显著超过亲本 (Conner & karper 1927), 但由于高粱雌雄同花, 去雄困难, 无法产生大量杂种种子, 因此, 这一特性长时期未能用于生产。1954年, 斯蒂芬斯 (Stephens) 创造了胞质-核质雄性不育系, 为生产大量杂种种子提供了可能性。为了选出适应不同条件栽培的雄性不育系, 美国、苏联等国家已利用斯蒂芬斯育成的 Cambine kafir 60 雄性不育系 (以下简称 msC 60) 作母本, 以其他品种作为回交亲本连续回交选择, 育成了许多新的雄性不育系。msC60 1960 年春引入我所, 当年进行了播种, 观察了一般的生物学性状, 并和当地品种作了杂交。由于 msC60 生育期过长, 在吉林省公主岭, 霜前不能完全成熟, 难于直接利用。因此 1961 年后连续进行了回交, 以求把雄性不育的性状转移到当地品种上来, 育成适于当地栽培的雄性不育系。为了探讨雄性不育系的选育程序和方法, 在选育新的雄性不育系和恢复系的同时, 我们曾利用少数品种中的多数植株, 进行了连续回交, 并测验了 S_0 (自交当代) 和 S_1 (自交一代) 植株的不育和可育性的反应, 为制订选育程序、方法, 提供部分依据。

材 料 和 方 法

1961 年从连年混合选择的护二号、红棒子、螳巴子、棒子四个当地品种中各选取 7—19 个典型植株进行了自交。在自交同时, 每株分别与雄性不育材料作了杂交。父母本开花前套上纸袋, 防止自然传粉, 授粉后仍将纸袋套在原来的穗上。

1962 年, 将上年得到的杂种种子和自交父本株 (S_0) 的种子分别于田间播种, 开

花期間調查了每一个杂种一代的完全不育、部分不育、完全可育的株数。并从每个自交系中随机选取2—7株，分别与msC60或msC60×当地品种后代的完全不育株进行了杂交，对自交一代不育性的变化情况作进一步的观察。

1963年的各项工作大体和1962年相同。

由于試驗材料过多，不育和可育性的調查是采用目測法进行的。从穗子开始开花的一天起，每天調查一次，一直到一穗开花結束为止。一穗調查完了后，附以完全不育或部分不育、完全可育的記号。根据正常花粉和不育花粉的鏡檢結果及其花药形态，制訂了如下的目測标准：

完全不育株：一株上的花药均表现为瘦小乾瘪，呈半透明或褐色、黑色，清晨5—8时抖动穗子不散落花粉。

部分不育株：一株上既有瘦小乾瘪的花药，又有饱满肥大呈鮮黄色的正常花药。一株上若有一个正常花药或有一个瘦小乾瘪花药，均算为部分不育株。

完全可育株：一株上的所有花药均呈鮮黄色，花粉囊正常开裂散粉。

結 果

一、自交当代植株测交的结果：1961年从四个父本品种中选取了60个单株分别与msC60进行测交，其中少部分植株与msC60×当地品种的后代完全不育株进行了测交，1962年調查了子代不育和可育的表现，結果见表1。

表 1 自交当代植株测交杂种不育和可育的表现

組 合		調 查 株 数	不 育 和 可 育 株 数			不 育 和 可 育 株 率			
母 本	父 本 品 种 及 其 株 号		完全不育	部分不育	完全可育	完全不育	部分不育	完全可育	
ms	紅 棒 子	1	12	5	6	1	41.7	59.0	8.3
		2	15	6	8	1	40.0	53.3	6.7
		3	15	6	7	2	40.0	46.7	13.3
		4	56	22	27	7	39.3	48.2	12.5
		5	83	33	49	1	39.8	59.0	1.2
		6	78	31	40	7	39.7	51.3	9.0
		7	67	30	35	2	44.8	52.2	3.0
		8	43	16	25	2	37.2	58.1	4.7
		9	41	13	23	5	31.7	56.1	12.2
		10	30	4	14	12	13.3	46.7	40.0
		11	14	6	8	0	42.9	57.1	0
		12	36	16	19	1	44.4	52.8	2.8
		13	28	12	13	3	42.9	46.4	10.7
		14	39	11	18	10	28.2	46.2	25.6
		15	46	19	20	7	41.3	43.5	15.2
		16	21	5	8	8	23.8	38.1	38.1
		17	14	8	4	2	57.1	28.6	14.3
		18	81	22	41	18	27.2	50.6	22.2
		19	19	9	4	3	56.3	25.0	18.7
	計	735	274	369	92	37.3	50.2	12.5	
ms	殘 巴 子	1	14	4	9	1	28.6	64.3	7.1
		2	17	8	5	4	47.1	29.4	23.5
		3	29	5	7	17	17.2	24.1	58.7
		4	19	5	12	2	26.3	63.2	10.5
		5	30	8	12	10	26.7	40.0	33.3
		6	17	4	12	1	23.5	70.6	5.9
		7	16	5	11	0	31.3	68.7	0

		8	36	6	15	15	16.6	41.7	41.7
		9	26	9	17	0	34.6	65.4	0
		10	21	1	6	14	4.7	28.6	66.7
		11	41	5	11	25	12.2	26.9	60.9
		12	48	7	14	27	14.6	29.2	56.2
		13	27	1	3	23	3.7	11.1	85.2
		14	9	0	0	9	0	0	100.0
		15	7	1	4	2	14.3	57.1	28.6
	計		357	69	138	150	19.3	38.7	42.0
ms	护 二 号	1	13	11	2	0	84.6	15.4	0
		2	20	14	5	1	70.0	25.0	5.0
		3	11	5	6	0	48.5	54.5	0
		4	9	0	3	6	0	33.3	66.7
		5	7	0	3	4	0	42.9	57.1
		6	32	8	19	5	25.0	59.4	15.6
		7	9	1	7	1	11.1	77.8	11.1
		8	10	0	1	9	0	10.0	90.0
		9	55	28	19	8	50.9	34.5	14.6
		10	19	1	3	15	5.2	15.8	79.0
		11	25	0	10	15	0	40.0	60.0
		12	15	0	0	15	0	0	100.0
		13	62	1	13	48	1.6	21.0	77.4
		14	8	0	3	5	0	37.5	62.5
		15	90	0	8	82	0	8.9	91.1
		16	81	23	42	16	28.4	51.9	19.7
		17	52	2	14	36	3.9	26.9	69.2
		18	31	8	12	11	25.8	38.7	35.5
		19	38	19	13	6	50.0	34.2	15.8
	計		587	121	183	283	20.6	31.2	48.2
ms	棒 子	1	64	9	2	53	14.1	3.1	82.8
		2	121	38	58	25	31.4	48.0	20.6
		3	85	27	39	19	31.8	45.9	22.3
		4	142	58	62	22	40.8	43.7	15.5
		5	47	25	16	6	53.2	34.0	12.8
		6	37	16	15	6	43.2	40.5	16.3
		7	47	27	20	0	57.4	42.6	0
			計		543	200	212	131	36.8
总	計		2222	664	902	656	29.9	40.6	29.5

从上表每个品种調查植株总数中可以看出，品种間不育和可育的程度是不同的。如紅棒子品种測驗的19株，其后代表现为部分不育株最多，完全不育株次之，完全可育株最少，占总株数的比率各为50.2%、37.3%、12.5%。而护二号品种，部分不育株居中，完全不育株最少，完全可育株最多，占总株数的比率各为31.2%、20.6%、48.2%。

不育和可育性的反应，在同一品种中的不同測交植株間差别也是很大的。如护二号品种測交的19株中，有的未出現完全不育株，有的完全不育株率达84.6%。完全可育性的反应也有同样情况。

从每一株的測驗結果来看，四个品种共60个單株絕大多数是異質結合的，其子代既出現了完全不育株，又出現了部分不育株和完全可育株。仅有粳巴子₁₄、护二号₁₂表现为可育純合，未发现不育純合的植株。

上述情况說明，經過連年混合選擇农艺性狀大体一致的品种，其不育和可育性仍处于杂合状态，采用一定的选择方法，可以使不育因素不断增加，成为一个不育純合的品种，也可以使可育因素增加，成为一个恢复純合的品种。除表1中所列四个品种外，1961、1962年还从米高粱、大脖、大蛇眼、蛇眼散穗等四个品种中，分别选取了少数植

株与msC60进行了测交，其子代的表现也与表1所列资料相似。这些结果说明，当地品种的不育和可育性的反应是不稳定的，每个品种经过自交，并与msC60连续回交选择，都有可能育成新的雄性不育系或完全恢复系。

完全不育、部分不育、完全可育株出现的频率，从每一株的测交子代看不出有一定的规律性，但是从四个品种60个植株测交子代的调查总株数来看，部分不育株最多，占总株数的40.6%，完全不育和完全可育株数几乎相等，各占总株数的30%左右。这一比数和不育、可育性的遗传关系，尚待今后作专门的研究。

二、自交一代植株测交的结果：1962年根据自交当代植株测交的结果，选择不育因素不同的自交系，从中随机选取数株继续进行自交。在自交同时，分株与雄性不育材料进行了测交。四个品种共选取17个自交系，自交、测交了84株。自交和测交种子分别收获、脱粒、保存，1963年分别播种，每一自交穗种植40株，测交杂种各种植80株。由于条件所限，上年棒子品种的自交穗及其测交种子未进行播种。

每一测交子代开花期间调查了完全不育、部分不育、完全可育株数，结果如表2。

表2 自交一代植株测交杂种的不育和可育表现

母本	组 合 父本品 种 及 其 株 号	调查 株数	不育和可育株数			不育和可育株率%			自交当代不育和可育株率 %			
			完全不育	部分不育	完全可育	完全不育	部分不育	完全可育	完全不育	部分不育	完全可育	
ms	红棒子 6-1	27	22	5		81.5	18.5		39.7	51.3	9.0	
	6-2	39	26	13		66.7	33.3					
	6-3	36	30	6		83.3	16.7					
	6-4	62	61	1		98.4	1.6					
	6-5	73	71	2		97.3	2.7					
	6-6	75	74	1		98.7	1.3					
	6-7	73	70	3		95.9	4.1					
	计	385	354	31		91.9	8.0					
红棒子	7-1	41	39	2		95.0	5.0	3.0	44.8	52.2	3.0	
	7-2	33	22	10	1	66.7	30.3					
	7-3	36	35	1		97.2	2.8					
	7-4	57	57			100.0						
	7-5	66	56	10		84.9	15.1					
	7-6	69	61	8		88.4	11.6					
	7-7	78	74	4		94.9	5.1					
	计	380	344	35	1	90.5	9.2	0.3				
红棒子	8-1	73	68	5		93.2	6.8		37.2	58.1	4.7	
	8-2	68	58	10		85.3	14.7					
	8-3	40	39	1		97.5	2.5					
	8-4	64	62	2		96.9	3.1					
	8-5	73	73			100.0						
	8-6	71	69	2		97.2	2.8					
	8-7	79	79			100.0						
	计	468	448	20		95.7	4.3					
红棒子	10-1	72	57	15		79.2	20.8	2.7	13.3	46.7	40.0	
	10-2	78	48	28	2	61.5	35.8					
	10-3	75	54	21		72.0	28.0					
	10-4	70	63	7		90.0	10.0					
	10-5	51	50	1		98.0	2.0					
	计	346	272	72	2	78.6	20.8	0.6				

	紅棒子	19-1	72	71	1		98.6	1.4		56.3	25.0	18.7
		19-2	76	61	15		80.3	19.7				
		19-3	74	71	3		95.9	4.1				
		19-4	77	72	5		93.5	6.5				
		19-5	32	31	1		96.8	3.2				
		19-6	81	67	14		82.7	17.3				
	計		412	373	39		90.5	9.5				
ms	煙巴子	1-1	73	73			100.0			28.6	64.3	7.1
		1-2	71	34	37		47.8	52.2				
		1-3	36	26	10		72.2	27.8				
		1-4	73	16	57		21.9	78.1				
		1-5	39	26	13		66.7	33.3				
	計		292	175	117		59.9	40.1				
	煙巴子	2-1	76	73	3		96.0	4.0		47.1	29.4	23.5
		2-2	68	41	27		60.3	39.7				
	計		144	114	30		79.2	20.8				
	煙巴子	6-1	73	44	29		60.3	39.7		23.5	70.6	5.9
		6-2	77	61	16		79.2	20.8				
		6-3	38	33	5		87.0	13.0				
		6-4	69	66	3		95.7	4.3				
		6-5	67	41	26		61.2	38.8				
	計		324	245	79		75.6	24.4				
	煙巴子	7-1	37	26	11		70.3	29.7		31.3	68.7	
		7-2	34	22	12		64.7	35.3				
		7-3	74	57	17		77.0	23.0				
		7-4	69	47	22		68.1	31.9				
		7-5	17	14	3		82.4	17.6				
	計		231	166	65		71.9	28.1				
	煙巴子	8-1	73	29	44		39.7	60.3		16.6	41.7	41.7
		8-2	61	42	19		68.9	31.1				
		8-3	62	50	12		80.6	19.4				
		8-4	62	29	33		46.8	53.2				
		8-5	61	29	32		47.5	52.5				
	計		319	179	140		56.1	43.9				
	煙巴子	9-1	26	11	14	1	42.3	53.8	3.9	34.6	65.4	
		9-2	38	30	8		79.0	21.0				
		9-3	26	14	12		54.0	46.0				
	計		90	55	34	1	61.1	37.8	1.1			
	煙巴子	11-1	75	37	38		49.3	50.7		12.2	26.9	60.9
		11-2	72	3	69		4.2	95.8				
		11-3	17	1	16		5.9	94.1				
		11-4	74	2	62	10	2.7	83.8	13.5			
	計		238	43	185	10	18.1	77.7	4.2			
	煙巴子	12-1	71	3	67	1	4.3	94.3	1.4	14.6	29.2	56.2
		12-2	59	59			100.0					
	計		130	62	67	1	47.7	51.5	0.8			
ms	护二号	1-1	54	51	3		94.4	5.6		84.6	15.4	
		1-2	54	48	6		89.0	11.0				
		1-3	39	38	5		87.2	12.8				
		1-4	54	48	6		89.0	11.0				
	計		201	181	20		90.0	10.0				

护二号	2-1	56	52	4	92.9	7.1	70.0	25.0	5.0
	2-2	52	42	10	80.8	19.2			
	2-3	25	25		100.0				
	2-4	66	57	9	86.4	13.6			
	2-5	67	62	5	92.5	7.5			
	2-6	30	30		100.0				
	2-7	34	34		100.0				
計		330	302	28	91.5	8.5			
护二号	3-1	47	47		100.0		45.5	54.5	
	3-2	28	26	2	93.0	7.0			
	3-3	43	41	2	95.3	4.7			
計		118	114	4	96.6	3.4			
护二号	19-1	64	64		100.0		50.0	34.2	15.8
	19-2	20	20		100.0				
	19-3	34	34		100.0				
	19-4	67	63	4	94.0	6.0			
	19-5	22	18	4	82.0	18.0			
	19-6	64	61	3	95.3	4.7			
	19-7	32	19	13	59.4	40.6			
計		303	279	24	92.1	7.9			

表 2 的資料表明，不育株率較 S_0 測交結果显著提高，大部分达到 70% 以上，个别的达到 100%。而部分不育株率除娃巴子₁₁ 的四个自交系有所增加外，其它的均显著减少，完全可育株則更为少见。根据田间观察结果，部分不育株穗上的不育程度也产生了显著变化， S_0 測交子代一穗上乾穢不散粉的花药和正常的花药各半的植株占多数，而 S_1 測交子代的部分不育株，穗上絕大部分是乾穢不散粉的花药，仅个别花药表现正常，特别是不育株率达到 80% 以上的測交杂种，这种倾向更为明显。另外也曾发现不少部分不育株穗上的双性花花药表现为完全不育，而开放比較晚的單性花花药表现正常，这样的植株经过自交证明，花粉完全有效，可以正常授粉结实。

S_0 測交杂种的不育株率和 S_1 測交杂种的不育株率之间的关系也是比較明显的。总的看来 S_0 測交子代不育株率越高者，其 S_1 測交子代的不育株率亦越高， S_0 低者， S_1 亦較低。其中有个别例外，如表 2 中娃巴子₁₂₋₂， S_0 測交子代的不育株率为 15%，而 S_1 的測交子代不育株率达到了 100%，紅棒子₁₀₋₄、₁₀₋₅ 也达到了 90% 以上。但从所得到的全部資料来看，其出现的机会是比較少的。

S_0 測交杂种的不育株率达到 40—50% 以上的相应自交系，其 S_1 測交杂种的不育株率大部分都达到 90% 以上，有的达到了 100%，其出现的机会也比較多。同时一个系群的不育性变异也比較小。

討 論

本文对育性的分类是从育性的实际反应出发的，將没有一个花药散粉的和全穗花药均表现正常的各划归一类，其他均算为部分不育株。这样划分仅仅是为了选育新的不育系和恢复系的需要，不能作为研究育性遺傳的分类标准。測交杂种的不育和可育性的表现，实际上是呈现剂量变异，从遺傳研究来说，如何进行正确的分类，还没有專門的研究报导。Pickett (1959) 对不育性基因分析结果认为，自交结实三粒种子到结实率达

10%的植株，随便放到那一类，对結果都沒有显著的影响。Pickett的分类可供我們研究育性遺傳时的参考。

資料表明，高粱的雄性不育是細胞質和細胞核內不育基因相互作用的結果。一个自交系只是細胞質具有不育性或只是細胞核內具有不育性，其花葯均表現正常，有完全可育的花粉，自交可結实。只有細胞質和細胞核內均具有不育的遺傳性，不育的性狀才能在外觀上表現出来。細胞学上的証据表明，精細胞的細胞質随着花粉管的伸長而逐漸消失，精卵融合后的杂交合子是在母本卵細胞的細胞質中发育起来的，因此如果以msC60作母本与当地品种杂交，其子代的細胞質都是具有不育性的。

以msC60为材料选育新的雄性不育系，是用具有不育基因的品种材料作为回轉亲本連續回交进行的。在連續回交过程中，msC60細胞核的所有遺傳組織就逐漸被父本的所有遺傳型所代換，这样，育成的雄性不育系和正常系的基因型几乎完全相同，仅仅在細胞質上保持着差別。本文資料表明，作为父本的当地品种，在农艺性狀上虽然比較稳定，但是細胞核中的不育和可育性是处于不穩定状态，大多数植株都是異質結合的，和msC60杂交的子代，表現了复杂的变異，从測交杂种的分离及其遺傳情况，难于推断其遺傳形式，但可以肯定不育性决不是受一对基因的影响，还很可能有一些修飾基因在起作用，这方面問題有待今后作專門的研究。地方品种細胞核不育性杂合的原因，是由于高粱是一个常異交作物，在不加人为控制的情况下，很容易串花杂交，发生生物学混杂，因此，性狀的遺傳很不容易保持純合。生产上栽培的品种，都是靠混合选种法維持其优良遺傳性的，每一个品种的农艺性狀大体上也是一致的，但作細致的研究观察就可以发现，植株間的性狀还是存在着一定程度的差異，特别是数量性狀和用感官不易鑑別的一些性狀，更是如此。这些性狀只有用系統分离法或結合其他一些鑑定的方法，使它在外觀上明显地反应出来，并有意識地进行定向选择，才能逐步达到純合。

针对地方品种細胞核中不育性的杂合情况，新的雄性不育系的选育工作，首先必須对父本品种进行連續自交，选育不育純合的自交系。由于同一品种內不同植株的不育和可育反应程度不同，开始自交时必須选取多数植株进行，以便从多数植株中发现不育因素多的材料繼續自交，使細胞核內有关不育基因迅速达到純合，減少自交数。从本文的資料来看，自交当代植株測交結果不育株率达40—50%的，其相应自交系再自交一代，就出現了达到純合的材料。自交株数的多少，可以根据品种純度不同而定，純度高的品种株数可少些，純度低的品种株数可多些，一般來說十株左右即可。自交一代(S_1)的自交株数，則应根据自交当代植株測交杂种的不育株率多少来决定，一般自交5—7株即能发现細胞核中不育基因达到純合的自交系。

細胞核中的不育和可育性，从表現性狀上难于辨別，同时自交对高粱的农艺性狀无影响，不产生退化和畸形現象，在自交过程中，从外觀上是无法进行淘汰选择的。因此，对自交各代材料細胞核中不育和可育性的鑑別，必須依靠測交，使核內不育和可育性在測交杂种中反应出来，这样才便于选择。否則就会盲目地进行自交，无限制地增加工作量。

在自交过程中可以同时选出完全可育的恢复系，以作为优良杂种选育的父本材料。

不育純合自交系选出以后，再与msC60杂交，并連續回交，使父本自交系的所有遺

傳型轉入核內。由于父本自交系核內不育基因已經达到純合，杂交和回交后代的所有植株都表現为完全不育，不会有分离現象，因此，杂交和回交株数不必太多，一般2—3株即可。

采用上述选育新的雄性不育系，一般需要六年左右的时间，工作量也很大。为了縮短育种年限，可以將上述的选育程序簡化为边自交边回交的方法。即从父本品种中选取十株左右，开花时分別采粉授与母本株，授粉后父母本套袋自交。下年从十个一代杂种組合中选择不育株率最高的組合，从中再挑选完全不育其他性狀又接近父本的5—7株，开花时，从其相应的父本自交系中分株授粉回交，回交后父母本套袋自交留种。各代均按同法进行，直到回交后代所有植株达到完全不育，其他性狀亦与回轉亲本完全相同为止。这样，在育成新的雄性不育系的同时，也可以把細胞核內不育純合的保持系选择出来。几年来我們采用这个方法，在短時間內已取得了良好的結果。

摘 要

1. 1961年从紅棒子、护二号、唛巴子、棒子四个地方品种中，随机选取60株进行了連續自交。在自交的同时，分株与雄性不育材料作測交，調查了測交杂种的不育、部分不育和可育株数，分析了当地品种不同植株、不同自交世代不育和可育性的反应。

2. 自交当代植株的測交結果表明，同一品种內不同植株之間不育和可育程度有显著差别，同时絕大部分植株核內不育和可育基因型是異質結合的，測交杂种表现了复杂的分离現象。

3. 經過一次自交的一代自交系，細胞核內不育因素显著增加。自交当代植株測交杂种不育株率达40—50%以上的，其自交一代植株的測交杂种，不育株率大部分达90%以上，有的达到了100%。

4. 根据 S_0 、 S_1 測交結果，討論了利用msC60选育新的雄性不育系的程序和方法。雄性不育系的选育，首先必須选出細胞核內不育基因純合的自交系，然后与msC60連續回交，使父本自交系的所有遺傳型轉入核內。雄性不育系和細胞核內不育純合的自交系，也可以通过边自交边回交的方法同时选得。

参 考 文 献

- (1) J. C. Stephens & R. F. Holland. Cytoplasmic male—sterility for hybrid sorghum seed production. *Agron. J.* 46: 20—23, 1954.
- (2) A. B. Maunder & R. C. Pickett. The genetic inheritance of cytoplasmic—genetic male sterility in grain sorghum. *Agron. J.* 51: 47—49, 1959.
- (3) Малиновский, В. Н. 高粱杂种优势育种 *Вестник С. Х. Науки.* 2: 55—63, 1962.