

高粱不同类群杂种优势研究

王 方 张凤昌

(吉林省农业科学院作物育种所)

高粱是利用杂种优势时间较早、效果较大的作物之一,自五十年代斯蒂芬斯等人利用雄性不育系生产高粱杂交种后,高粱杂交种迅速被生产上广泛利用,从而使高粱单位面积产量成倍地提高。1960年美国已普及了高粱杂交种,平均亩产达400斤,比推广杂交种前的1956年增加了两倍多。我国进入七十年代以来,高粱生产也广泛地采用杂交种,1975年统计,全国高粱单位面积产量达308斤/亩,比1952年增加了近一倍,1978年杂交高粱推广面积最大的辽宁省,高粱平均单产476斤/亩,约等于该省1949年亩产124斤的3.8倍。昆贝等(1970)认为:高粱单产的大幅度提高,其中有20~40%归功于高粱杂交种。

高粱在世界各地分布较广,经长期自然和人工选择下形成了不同的类群,对这些不同的类群曾给予综合的名称,如南非高粱、中非高粱、西非高粱、北非高粱、中国高粱等。本文着重探讨不同类群以及不同品种配成杂交种的优势表现,为培育亲本、组配强优势组合,提供参考。

阿农(1962)、阿特金斯(1968)等人的研究指出:与亲本相比,杂种优势显著的是植株茎秆较高、较粗,叶较大,提早三天抽穗,分蘖较多,生产的籽粒也多的多,籽粒有些也较大。梁氏、雷迪和戴顿(1966~1969)两年中在两个地点对十组粒用高粱的遗传组合进行了研究,在所观察的性状中,籽粒产量表现最高的优势,株高的优势是低的;而从播种到初花日数和籽粒大小的杂种优势是负的。帕塔若札等(1971)发表的图表表明:杂种和亲本之间穗的差异大于茎秆重量的差异。昆贝(1963)研究了一个种植广泛的杂交种RS610指出:籽粒比亲本平均增产82%,而茎秆只增产31%。尼浩斯等用8个高粱品系进行“双列杂交”,其中三个品系是新引入的,他们发现亲本中包含了一个引入品种的杂种一代表现了最大的杂种优势和配合力,同时指出地理上远缘的亲本之间的杂交,通常也产生最高额的产量。析县地区农科所(1972)根据高粱杂交一代优势表现提出了南非高粱、亨加利高粱、中国高粱之间三角亲缘图。马鸿图(1973)研究指出:亨加利高粱与中国高粱、南非高粱与中国高粱杂交 F_1 代优势显著;南非高粱与亨加利高粱杂交 F_1 代有较高的优势;西非高粱与中国高粱杂交 F_1 代有一定的优势。

李凤英等(1978)用中国高粱分别与南非、西非、中非、印度、亨加利、达索高粱进行正反交共31个组合,对五个性状进行了杂种优势的分析指出:不同的性状,优势显性程度不同,以单穗粒重优势最强,其次是秆高、穗长,而千粒重不强,生育日数介于双亲之间;另外,不同类群的品种间杂交 F_1 代优势程度不同,中国高粱与亨加利、南非、印度、达索、中非高粱杂交 F_1 代都表现较强的优势,只有中国高粱与西非高粱杂种一代优势弱。

而王德成(1981)用八个高粱类群相互正反交,结果有14个类群间表现了强大的杂种优势,而且以西非高粱与中国高粱杂交一代优势最强,与李凤英等做的结果相反。有八个类群间优势不强,其中就有与忻县地区农科所提出的三角对立的 $\text{中国} \times \text{南非}$ 、 $\text{中国} \times \text{亨加利}$ 。

材 料 和 方 法

本试验是利用我所常用的两个不育系分别与南非、中非、北非、中国高粱共28个品种进行了测交。两个测交母本是矮₁A、219A。矮₁A属中国高粱,为我省长期种植的一个地方品种,1964年以3197A为母本转育成不育系。219A为3197B \times 中国高粱的后代稳定系转育成的一个不育系,外观性状虽与3197A相似,但熟期早、植株略高,在我省各地可以正常生育成熟。

1978年进行了测交,获得了56个杂交组合种子,1979年将杂交种和亲本分别以植株高矮按顺序排列,两行区,行株距60 \times 20公分,行长10米,小区面积12平方米,生育期间和收获后,对生育日数、秆高、穗长、叶面积、单株粒重、单株粒数、千粒重七个性状进行了测定,其中产量性状调查30个单株,其它性状调查10株,测定的数据用以下方法进行了杂种优势的估计:

$$1、\text{与亲本平均对比优势率(又叫假设优势)} = \frac{F_1 - mp}{mp} \times 100。$$

$$2、\text{与较高亲本对比优势率(又叫真实优势)} = \frac{F_1 - mph}{mph} \times 100。$$

3、用Fisher氏对比法分析 F_1 与两亲本平均($F_1 - mp$)及 F_1 与较高亲本($F_1 - \bar{p}_h$)的差异显著性。

4、超过较高亲本的 F_1 组合百分比

$$(\bar{F}_1 > \bar{F}_h) \%$$

\bar{F}_1 = 杂交第一代的平均值。

mp = 两亲本的平均值。

\bar{F}_h = 较高亲本的平均值。

试 验 结 果

一、全部组合总的性状优势表现

56个组合7个主要性状的平均优势统计值见表1。

表1的资料可以看出,高粱杂种一代的优势,除生育期外与亲本平均对比优势率都表明 F_1 有明显的超亲,假设优势由11.75%到44.04%,与较高亲本对比, F_1 也是超亲的,真实优势由0.88%到29.31%。 F_1 与两亲的平均差异,除生育期显著外,其它性状都表现为极显著。 F_1 与较高亲本差异,在单株粒重、单穗粒数、穗长方面表现为极显著;其它性状方面表现为不显著;生育日数表现为负向极显著。直接反映籽实产量高低的单株

表 1

高粱杂种一代的优势现象

(公主岭: 1979年56个组合平均)

性 状	单株粒重 (g)	单株粒数 (个)	千粒重 (g)	秆高 (cm)	穗长 (cm)	平均单株 叶面积 (cm ²)	生育日数 (天)
与亲本平均数对比优势率(%)	44.04	25.01	14.27	36.83	11.75	24.92	1.28
与较高亲本对比优势率(%)	29.31	9.42	0.88	2.45	4.30	3.46	-2.90
F ₁ 与两亲平均差异	22.51**	521**	3.34**	50.77**	2.6**	649.60**	1.45*
F ₁ 与较高亲本差异	16.12**	202**	-0.45	-6.53	0.95**	-53.98	-3.79**
超过高亲本F ₁ 组合的百分比(%)	91.07	73.21	50.00	35.71	67.85	42.86	23.21

* 超5% ($t=2.004$) 为显著点; ** 超1% ($t=2.669$) 为极显著点。

粒重、单穗粒数、千粒重三个性状, F₁代超过较高亲本的杂交组合都在50%以上。七个性状以单株粒重F₁代杂种优势最大, 假设优势为44.04%, 真实优势为29.31%。F₁与两亲及较高亲本差异为极显著。超过较高亲本组合占91.07%; 生育日数优势最小, 假设优势为1.28%, 真实优势为-2.90%, 而且大部分组合生育日数低于高亲, 占76.79%。单株粒数的多少和籽粒的大小, 直接影响单株籽实产量的高低。从表1也可看出, F₁代的单株粒数杂种优势是很明显的, 与两亲平均差异, 以及与较高亲本差异都极为显著, 有73.21%的组合超过较高亲本, 而千粒重F₁代虽有优势, 但与较高亲本相比, 优势是不够明显的, 差异不显著, 只有1/2的组合超过高亲, 实际上F₁的千粒重介于两亲之间。表现在生育性状上, 杂交种的穗长普遍存在优势, F₁与两亲平均差异、F₁与较高亲本差异都极显著。而秆高和叶面积都具有较强的假设优势, 分别为36.83%、24.92%, 生育期几乎没有优势, 普遍小于较高亲本。

综上所述, 高粱杂交种第一代(除生育日数外)杂种优势是很明显的, 以单株产量的优势为最高, 这和前人的研究结果是一致的。也是目前国内外普遍利用高粱杂种一代来获得高粱增产的科学依据。在产量因素的构成上, 本试验也同样证明杂种一代增产主要靠增加单株粒数, 正如昆贝(1974)指出的: 杂交种单株粒数较多, 已被认为是促进杂种籽粒高产的一个最重要的因素。杂种一代比亲本穗长增加, 和林(1967)研究的杂种花序的大小(长×宽)比花序较大的亲本还要大的结果相吻合, 由于穗大, 每穗分枝较多, 着生于分枝上的小花数增加, 从而增加了单穗粒数。而千粒重在杂种第一代只表现了部分大粒显性, 杂种优势是不明显的, 因此, 在遗传上, 通过提高F₁代的千粒重来增加产量的潜力是不大的, 注意力应放在选育大粒亲本上下功夫。高粱杂交种大部分生育日数都小于较高亲本的现象, 昆贝等(1960)观察到杂交种从播种到花芽分化期比亲本短了1.2天, 花序发育期缩短了2.6天。布卢姆进一步证明杂交种RS610在生殖生长第25天时, 其生长点平均生长速度17.3毫米/天, 而其高亲只有4.2毫米/天。这说明杂种分生组织发育快, 使杂交种在叶片数不少于亲本的情况下, 也会导致高粱杂交种生育速度快, 早抽穗、早开花、早成熟。这一特点, 对北方选育早熟高产杂交种是极为有利的。

二、高粱不同类群杂种优势的差异

本世纪以来, 对杂种优势的遗传现象提出各种学说, 如显性学说, 超显性学说等, 但都共同的认为杂种优势来源于两亲本之间遗传上的异质性, F₁代杂种优势大, 反映了亲

本间基因型差异大，各地的高粱由于长期的自然选择与人工选择的结果，使地理上不同的品种类型间遗传上普遍存在着较大的差异。

本试验56个杂交组合优势率按其父本来源不同归纳整理于表2。

表2 高粱不同类群杂种一代优势率的比较 (56个组合) 1979年

杂种组合	性状		单穗粒重(g)		单穗粒数(个)		千粒重(g)		生育日数(天)
	优势率	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)
219A×南非(N=7)		62.99	47.63	32.83	18.57	23.03	16.35	4.33	
219A×西非(N=7)		35.03	23.48	21.97	6.79	12.63	-1.19	1.41	
219A×中非(N=5)		36.29	26.51	36.29	26.51	-2.86	-10.02	0.78	
219A×北非(N=2)		18.50	5.60	28.39	18.88	-9.58	-27.79	-2.84	
219A×中国(N=7)		44.74	25.67	39.78	24.14	3.43	-0.73	1.92	
矮 ₁ A×南非(N=7)		50.14	35.30	16.95	-0.31	25.00	9.29	1.63	
矮 ₁ A×西非(N=7)		54.28	40.47	21.07	-1.36	23.56	0.91	0.97	
矮 ₁ A×中非(N=5)		55.18	42.51	28.53	9.94	12.12	3.14	-1.13	
矮 ₁ A×北非(N=2)		48.27	26.09	16.60	-3.85	16.89	15.17	-1.61	
矮 ₁ A×中国(N=7)		20.74	4.37	5.59	-0.08	14.24	0.40	1.53	

杂种组合	性状		生育日数(天)		秆高(cm)		穗长(cm)		平均单株叶面积(cm ²)	
	优势率	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)	假说优势率(%)	真实优势率(%)	
										假说优势率(%)
219A×南非(N=7)		-1.88	52.16	26.14	12.75	3.80	41.12	13.01		
219A×西非(N=7)		-2.79	18.62	-1.96	16.97	11.72	30.43	11.59		
219A×中非(N=5)		-4.50	16.87	-7.01	18.73	10.97	22.20	-9.38		
219A×北非(N=7)		-10.11	5.97	-24.17	4.20	-4.38	3.80	-30.41		
219A×中国(N=7)		-0.45	17.39	-8.98	22.32	15.88	25.61	-1		
矮 ₁ A×南非(N=7)		-3.60	43.48	8.42	10.43	3.05	28.62	9.95		
矮 ₁ A×西非(N=7)		-2.62	70.08	21.95	10.44	2.30	33.72	20.52		
矮 ₁ A×中非(N=5)		-5.04	45.81	-2.95	8.27	0.45	17.84	-0.74		
矮 ₁ A×北非(N=2)		-8.24	33.31	-16.61	5.30	-14.33	3.74	-22.62		
矮 ₁ A×中国(N=7)		0.16	36.95	-9.22	2.14	-5.14	9.13	-3.95		

(注) N为父本品种数

从表2可以看出：219不育系与南非高粱的七个品种F₁代平均单株粒重杂种优势最高，其假设优势为62.99%，真实优势47.63%。其次是与中国高粱，再次是与中非、西非，而最低的是与北非高粱，假设优势只有18.50%，真实优势只有5.6%。以中国高粱品种矮₁A不育系与南非、中非、北非的杂交种，假设优势均甚为明显。

矮₁A×中国高粱杂交种，是属于同一类群内不同品种间杂交，在遗传异质性上相对差异较小，因而F₁代的杂种优势表现不够明显，其假设优势和真实优势均显著低于矮₁A与其它类群的杂交种。219不育系是3197B与中国高粱“兴城八叶齐”的杂交后代系统

转育而成。由于杂交过程基因的重组，产生了新的遗传变异性。因此，它不但与南非高粱有较高的杂种优势，而且与中国高粱杂种一代优势也很强。

从表2中，同样可以看出籽实产量优势高的组合：219×南非、矮₁×中非。其它六个性状杂种第一代的优势也是极为明显的，不但F₁与两亲平均对比具有明显的超亲，而且与较高亲本对比也大都具有超亲现象。相反籽实产量低的组合：219×北非、矮₁×中国，其它性状，杂种一代优势似乎很不明显，个别性状与亲本平均对比优势率F₁虽有超亲现象，但与较高亲本对比时，没有优势。这说明来源不同的两亲遗传基因型的差异，不仅能表现在产量性状的优势上，同样也表现在其它性状的优势上。

三、高粱同一类群内的不同品种F₁代杂种优势比较

高粱杂种优势表现在不同品种的杂种组合间差异是极悬殊的，本试验56个杂种组合中，单株粒重的假设优势最高达121.06%，而最低为-5.68%。表3中除北非的材料因品种数过少外，其它四个类群的材料不论与219不育系还是与矮₁不育系杂交，各个品种组合间的杂种优势都表现了明显的差异。

表3 高粱不同品种间杂种一代产量优势的差异 (56个组合) 1979年

杂种组合	假设优势			真实优势		
	优势率 (%)	变异系数 (%)	差距 (%)	优势率 (%)	变异系数 (%)	差距 (%)
219A×南非 (N=7)	62.99	21.16	38.67-102.80	47.62	17.39	19.15-68.37
219A×中国 (N=7)	44.74	14.10	24.29-63.79	25.67	13.48	9.77-46.48
219A×中非 (N=5)	36.29	24.53	5.93-73.34	26.51	23.52	5.44-65.71
219A×西非 (N=7)	35.03	10.27	22.32-50.50	23.48	9.13	20.28-30.66
219A×北非 (N=2)	18.50	2.54	16.70-20.29	2.80	2.45	-0.39-5.99
矮 ₁ A×南非 (N=7)	50.14	37.34	-5.68-121.06	35.30	30.59	-18.65-85.72
矮 ₁ A×中国 (N=7)	20.74	13.42	5.37-30.78	4.37	12.60	-13.60-19.37
矮 ₁ A×中非 (N=5)	55.18	12.58	37.11-71.19	42.51	15.35	29.91-68.18
矮 ₁ A×西非 (N=7)	54.28	33.16	22.56-95.05	40.47	26.62	4.58-69.16
矮 ₁ A×北非 (N=2)	48.27	7.87	42.70-53.83	26.09	12.69	17.12-35.06

219不育系与中非高粱的五个品种杂交组合间单株粒重的假设优势率变异系数达24.53%，优势最小的组合只有5.93%，而最大的达73.34%。优势高的是优势最低的12倍多；219不育系与西非7个品种杂交组合间单株粒重的假设优势率变异系数最低的仍达10.27%，最高组合优势率(50.50%)还相当于最低组合优势率(22.32%)的两倍多，差距达28.18%。矮₁不育系与南非高粱的7个杂交种，单株粒重的假设优势率的变异系数高达37.34%，最高组合杂种优势率为121.06%，而最低组合杂种优势率为-5.68%。说明该类群中，不同品种由于遗传性的差异，表现的杂种优势的变异程度是非常大的。表3中，其它六个性状在不同的品种杂交组合间F₁代杂种优势的差异也是很明显的。分析56个杂交种的生育表现，以白色卡弗尔品种作为父本的杂种最为特殊，不论以矮₁A还是以219A作母本，其杂种一代的生育日数、茎秆高度都明显地超过两亲，同时，由于节数的增多，叶面积较高亲超过一倍左右(见表4)。

表 4

以白色卡弗尔为父本的两个杂交种的优势表现

1979年

亲本和杂种	单穗粒重	单穗粒数	千粒重	生育日数	秆高	穗长	节数	平均单株 叶面积
	(g)	(个)	(g)	(天)	(cm)	(cm)	(个)	(cm ²)
219A	50.23	2042	24.6	113	122.6	21.53	15	1836.9
矮 ₁ A	49.80	2677	18.6	115	71.1	23.80	16	2649.4
白色卡弗尔	45.26	1714	26.4	118	118.9	27.90	16	2311.1
219A×白色卡弗尔	84.84	2503	33.9	137	258.5	27.05	20	4841.7
矮 ₁ A×白色卡弗尔	71.95	2414	29.8	134	193.6	24.95	19	5014.9

杂种优势变幅的大小，是各个品种遗传上的差异所决定的，当然与环境条件影响有一定关系，但不是主要的。

以上资料充分说明，现有高粱的品种资源中，不但在地理上来源不同的品种类群间存在着较大的遗传上的差异，而在同一地理来源的各个不同品种间遗传的变异性也是很丰富的。

结 语

国内许多人曾对高粱不同类群品种相互杂交的优势表现进行了探讨。所得结果都认为亨加利品种与其他品种杂交优势最强，穗大粒多，植株高大繁茂，生育期明显延迟。其它类群品种与中国高粱或与3197A配制的杂交种，其优势强弱，没有一致的结论。从本试验的结果看，以中国高粱矮₁A与不同类群的杂交种，除矮₁A×中国高粱由于亲缘关系较近优势不强外，与其它几个类群配制的杂种，优势均十分明显。以219A与不同类群组配的杂交种，除南非优势不够明显外，其它类群的杂种优势也都非常显著。

高粱杂交种的优势差异，不但表现在某些不育系与不同类群之间，而且同一类群不同品种之间，其优势表现差异也是非常明显，说明同一类群之内变异成分是相当复杂的。因此，在育种工作中，对材料的应用取舍，在考虑地理上不同类群的基础上，主要应以品种为对象，进行广泛的测交选择。同时，在亲本培育的各个程序中，也必须紧密地结合测交，在观察测杂交种的基础上，来选择亲本材料。

杂种优势的表现与两亲相比，首先是单穗粒重明显超过高亲，特别是构成单穗粒重的单穗粒数优势最强，绝大部分杂交种均超过高亲，杂种高产的原因，主要是粒数的增多。其它为千粒重、秆高、叶面积等性状，不同杂种，表现不一。生育日数大部分杂种均低于高亲，只有以白色卡弗尔作父本的两个杂种，明显地超过两亲。根据昆贝和卡泊尔研究，高粱杂种优势产生的原因，一是由于控制熟期单基因的杂合(Mama)所引起的植株高大晚熟、穗大粒多；二是由于其它基因的差异所产生的，在生育期上虽然没有优势表现，而营养体和子粒产量优势却相当明显。具体到一个杂种，两者虽然难于区分，但是从许多杂种生育优势表现，特别是从生育期明显延迟、高大晚熟这一特点来看，可以认为，白色卡弗尔品种在熟期遗传上和亨加利品种有极其相似之处。

本文资料表明，广泛采用地理上并在遗传上不同的亲本材料，可以获得强优的杂交组合。原产于我国的中国高粱，具有穗大粒多，对冷凉和生育季节短的条件有很好的适应性，同时在形态上和遗传上与国外品种都有明显的差别，它与外来种质杂交，一代优势表

现普遍较强，因此，在育种工作中，必须充分注意利用当地资源，与此同时，广泛引进外来种质，培育具有不同遗传基础的亲本材料或组成宽广遗传背景适应群体。

主要参考文献

- 〔1〕山西省忻县地区农业科学研究所：《杂交高粱—选育—制种—栽培》 1972年。
- 〔2〕马鸿图：高粱杂种优势与类型血缘关系的探讨。《辽宁农业科技》 1973年第5期。
- 〔3〕李凤英等：中国类型与不同类型高粱杂交一代优势的初步观察。《印刷材料》 1978年。
- 〔4〕王德成：高粱类型间杂交种一代性状优势研究。《哲里木农业科技》 1981年第三期。
- 〔5〕J·R 昆贝，K·F舍尔茨：美国的高粱遗传育种和杂种种子的生产。《国外农业科技资料》 1973年第一期。
- 〔6〕帕山、拉苏万等：转育的外引高粱的配合力和杂种优势估价。《国外农业科技资料》。1980年第一期
- 〔7〕梁氏、雷迪和戴顿：对一系列分组粒用高粱基因型的杂种优势、近交衰退和遗传力的估计《农业科技资料》 1974年第一期。
- 〔8〕A·布卢姆：高粱穗分化期杂种优势的根据。《国外农业科技资料》1980年第3期。
- 〔9〕Quinby, J. R. Leaf and Panicle Size of Parents and hybrids 1970
《Crop Science》12: 690—691.
- 〔10〕Malm, N.R. Exotic germplasm use in grain Sorghum improvement 1968
《Crop Science》 8: 295—298.
- 〔11〕Njehaus, M.H and Pickett: R.C Heterosis and Combining ability in and diallel Cross in sorghum Vulgare Pers 1966《Crop Science》 6: 33—36.
- 〔12〕Beil G.M. and Atkins: R.T Estimates of general and Specific Combining ability in F₁ hybrids for grain yield and its Components in grain Sorghum Sorghum vulgare Pers. 1967 《Crop Science》 7: 225—228.

《吉林农业科学》1983年征订启事

《吉林农业科学》杂志，是吉林省农业科学院主办的综合性科学技术刊物。

1983年继续在全国内部发行。

本刊主要报导农业现代化、作物育种、耕作栽培、植物保护、土壤肥料、畜牧兽医、果树蔬菜、生物物理、农业气象、农业经济、资源利用及现代科学技术在农业上的应用等方面的学术论文、研究报告（或简报）、调查总结以及专题综述和述评等。本刊对各级农业领导机关和农业科学院、所，农业院校师生，农业生产单位，农业技术人员等，都有较大的参考价值。

本刊为季刊，16开本，每期96页左右，定价0.50元，全年2元。订刊费由银行汇至吉林省农业科学院情报室（吉林省怀德县农业银行，帐号43125）；如银行汇款有困难时，也可直接邮汇吉林省公主岭，吉林省农科院《吉林农业科学》编委会。