

中国高粱与衍生不育系杂交优势分析*

高 士 杰

(吉林省农科院作物育种所)

研究高粱农艺性状的杂种优势及其与亲本的关系,对于准确有效地选用亲本配制组合和提高育种效率,具有重要意义。自从高粱杂种在生产上广泛应用以来,国外学者对高粱杂种优势的研究较多^[5-7],指出杂交高粱的生理性状和经济性状都存在不同程度的优势。我国育种工作者也先后研究了高粱不同类群间的优势表现,结果指出:所研究性状的杂种优势大小因组合不同而差异十分显著^{[3]、[4]}。但是,对中国高粱杂种优势的研究,特别是对我国北方早熟高粱区培育的衍生不育系与中国高粱杂交优势的研究较少。我国北方春播早熟高粱区的吉林、黑龙江、内蒙等地日照长,无霜期短,外引材料在当地气候条件下多数不能正常成熟。因此,育种工作者利用外引种质,先后培育出一大批衍生不育系。本研究是采用不完全双列杂交法,对吉林省常用的几个衍生不育系与中国高粱杂交,测定主要农艺性状优势有多大,优势主要表现在哪些性状上,并探讨能否根据亲本预测杂种优势等问题,为北方早熟高粱区的育种工作者提供理论依据。

材 料 与 方 法

供试材料选择吉林省常用5个不育系,即2731A、219A、8020A、黑30A、7043A。这些不育系均是3197A的不育胞质,其中2731A是由中国高粱×中国高粱的后代系转育而成,219A是由3197B×中国高粱的杂交后代衍生系转育而成,8020A是由白卡弗尔×中国高粱的后代转育而成。黑30A和7043A是黑龙江省从国外种库斑红与中国高粱的天然杂交后代转育而成。6个恢复系(红矮、黑棒、小白脸、伊通白、护22号、大红壳)完全为中国高粱。采用5×6格子方法,于1981年冬在海南岛配制50个杂交组合,1982年春用30个杂种F₁和11个亲本分别以随机区组设计,4次重复,4行区,行株距60×21厘米,行长4.5米,播于本院圃场。记载考查了生育期(出苗~成熟天数)、单株叶面积、株高、穗长、单株产量(单穗粒重)、穗粒数、千粒重等7个性状,其中产量性状调查20株,其余性状调查10株。以4次重复的平均数统计分析。杂种优势(%)=[(F₁-MP)/MP]×100,超亲优势(%)=[(F₁-HP)/HP]×100,式中F₁为杂种一代值,MP为中亲值,HP为高亲值。相关和回归统计方法见参考资料^[2]。

*本文承李公德研究员提出修改意见,谨此致谢。

结果及分析

一、杂种优势的表现

30个杂交组合7个性状的优势表现汇总成表1。由表1可以看出，高粱杂种一代优势是普遍存在的，各性状间优势差异很大，以单株产量优势最高，依次是穗粒数、株高、叶面积、穗长、千粒重、生育期。从表1还可以看出，大部分组合表现高于双亲均值，倾向高值亲本，在亲本选配时要注意高值亲本的选择。同一组合对不同性状的优势所做的贡

表1 30个杂种7个性状的表现及平均优势值

性 状	平均杂种优势值 (%)	平均超亲优势值 (%)	低于双亲平均的组合 (%)	高于双亲平均的组合 (%)	高于较高亲本的组合 (%)	性状表现趋势
株 高	24.00	2.88	0.00	100.00	50.00	倾向高秆亲本
穗 长	8.47	-2.48	16.67	83.33	36.67	倾向穗长亲本
叶 面 积	24.36	-0.29	0.00	100.00	46.67	倾向高值亲本
生 育 期	2.90	-1.66	16.67	83.33	20.00	倾向晚熟亲本
千 粒 重	4.26	-2.59	43.33	56.67	43.00	略倾向大粒亲本
穗 粒 数	26.9	10.82	10.00	90.00	73.33	倾向多粒亲本
单株产量	30.55	12.06	3.33	96.67	86.67	倾向高产亲本

注：平均优势值为30个组合的优势之平均。

献差异很大。例如：8020A × 大红壳，单株产量的杂种优势为45.31%，穗长的杂种优势为8.90%。同一亲本与不同的对方搭配所表现的优势程度也不一样，如大红壳与8020A和219A杂交，穗长的杂种优势分别为-1.79%和26.07%。同一性状在不同组合中的优势表现也不同，例如：穗粒数的优势变幅从23.0%到60.27%。说明了不同亲本在不同性状上表现的优势程度不同，在同一性状上表现的优势也不同。表明强的优势并不是在任何性状中均能产生，也不是在任何杂交组合中都能产生的。

二、各不育系 × 中国高粱 F₁ 优势的比较

杂种优势是在杂交亲本存在遗传差异的前提下产生的，这是显性学说和超显性学说所公认的。一般来说，遗传的异质性越大杂种优势就越强。现将各不育系 × 6个中国高粱的6个组合平均优势值例于表2。表2表明，各不育系与中国高粱均存在不同程度的遗传差异，

表2 各不育系与中国高粱杂交一代优势比较

组合	株 高		穗 长		叶 面 积		生 育 期		千 粒 重		穗 粒 数		单 株 产 量	
	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)	杂种优势 (%)	超亲优势 (%)
2731A × 中国高粱	17.29	-0.27	12.49	3.51	10.52	-2.33	0.29	-2.44	1.2	-3.75	11.29	4.54	9.66	1.95
黑30A × 中国高粱	22.37	-1.49	4.06	-2.34	24.99	-6.16	4.62	-2.13	8.92	0.24	26.13	9.72	33.74	10.12
7043A × 中国高粱	25.46	2.73	4.23	-5.98	23.07	-1.52	0.71	-0.73	8.82	3.18	18.72	3.94	28.38	13.82
8020A × 中国高粱	29.94	4.79	1.31	-13.32	47.45	13.52	6.26	0.02	10.91	2.71	39.02	14.19	52.78	17.1
219A × 中国高粱	24.96	8.67	20.56	5.74	15.78	-4.75	0.62	-4.01	-8.24	-15.52	39.5	21.70	28.00	17.29

注：表内数值为各不育系与6个中国高粱杂交优势的平均值。

8020A与中国高粱杂交在株高、叶面积、生育期、千粒重、穗粒数和单株产量上均表现较强的优势；219A的穗长和穗粒数的杂种优势较强，叶面积和生育期的优势较弱，而单株产量的超亲优势最强，说明219A与中国高粱杂交能产生既早熟又高产的较理想的杂交种。这对北方早熟高粱区来说，是极为可贵的种质。7043A和黑30A与中国高粱间的遗传差异较明显，也可获得较理想的杂交后代。2731A与中国高粱配制的杂交种，除穗长外其它性状优势均比衍生不育系与中国高粱配制的杂种低，表明中国高粱×中国高粱由于亲缘关系较近，优势表现不如衍生不育系×中国高粱明显。上述不仅说明各衍生不育系×中国高粱的优势强于中国高粱×中国高粱，而且也可看出各衍生不育系×中国高粱所表现的优势差异也较大。因此，在培育亲本时，应采用外引种质与当地早熟种杂交的方法，同时也应注意遗传差异上的选择。

为了进一步比较穗部主要性状的表现，将各衍生不育系×中国高粱的实际平均值与2731A×中国高粱的平均值加以比较（表3）。从表3可以看出，除千粒重外，各衍生不

表3 不育系×中国高粱F₁穗部主要性状的实际表现

组合	单株产量		穗粒数		千粒重		穗长	
	(g)	(%)	(个)	(%)	(g)	(%)	(cm)	(%)
2731A×中国高粱(中×中)	64.64	100.0	2867.0	100	23.79	100	18.79	100
黑30A×中国高粱(衍×中)	67.08	103.8	2922.2	104.1	23.24	97.69	19.65	104.58
7043A×中国高粱(衍×中)	70.25	108.7	2770.2	98.7	25.94	107.08	20.88	111.12
8020A×中国高粱(衍×中)	71.00	109.8	3048.3	108.6	23.7	99.62	22.66	120.60
319A×中国高粱(衍×中)	74.42	115.1	3261.5	116.2	22.93	96.39	23.80	126.66

注：表内各数值为6个杂种之平均。

育系对其它3个性状的影响均较2731A×中国高粱的影响大，表明衍生不育系与中国高粱杂交，较中国高粱×中国高粱易于获得高产的杂交种。这与多年育种实践结果是一致的。从表3还可以看出，产量的提高是由于各性状协调发展的结果，如219A×中国高粱的杂种表现穗长，粒数多，千粒重又不太降低，最终使产量提高。因此，必须注意性状间的协调发展。

三、杂种一代与亲本均值的关系

为确定杂种一代各性状与双亲之间的依存关系，提高选配强优组合的预见性和定向选择亲本，估算了组合各性状双亲均值与F₁的相关系数、回归方程，结果列入表4。从表4看出，F₁株高、穗长、生育期和千粒重等4个性状与双亲均值的相关和回归均达极显著水平，表明在选配杂交组合时，有可能通过双亲均值来估测F₁的理论值，预测F₁可能出现的变异范围。例如：杂种F₁株高与双亲均值呈强相关， $r = 0.8800$ ，用决定系数 $r^2 = 0.7903$ 推断，F₁株高的变异有79%是由亲本均值不同造成的。回归系数 $b = 1.015$ ，表明在110~182厘米的X值区间内，双亲均值每增加或减少1厘米，F₁株高将相应地增加或减少1.015厘米，即说F₁株高受双亲均值所制约，双亲均值低，F₁相应的低；反之，双亲均值高，F₁也高。几个性状中的叶面积、穗粒数、单株产量3个性状的亲子相

表 4

亲本均值与杂种F₁的相关和回归

性 状	相关系数 (r)	决定系数 (r ²)	回归系数 (b)	回归方程 y=a+bx
株 高	0.8690**	0.7903	1.0158**	$\hat{y}=53.12+1.0158x$
穗 长	0.1635**	0.5776	0.8750**	$\hat{y}=4.05+0.8750x$
叶 面 积	0.3131	0.0930	0.3400	$\hat{y}=2381+0.3400x$
千 粒 重	0.4900**	0.2401	0.8302**	$\hat{y}=4.81+0.8302x$
穗 粒 数	0.2825	0.0793	0.4413	$\hat{y}=2063+0.4413x$
单 株 产 量	0.3714	0.1033	0.3010	$\hat{y}=53.23+0.3613x$
生 育 期	0.6202	0.3869	0.9050**	$\hat{y}=12.66+0.9050x$

注: **表示0.01水平显著。

关系数较小,未达到显著水平,双亲均值不足以估测杂种一代的数值,但是3个性状均表现正相关的趋势,因此切不可忽视亲本均值的作用。

结 论 与 讨 论

我国的高粱在经过长期的自然选择和人工选择以后,具有与国外高粱不同的遗传特征特性⁽¹⁾,与国外多数高粱品种配制的杂交种,一般都表现具有较强的杂种优势⁽²⁾、⁽⁴⁾。本文试验中的4个衍生不育系均属国外南非高粱×中国高粱的后代衍生系转育而成。研究结果表明,用这些衍生不育系与中国高粱配制的杂种,其优势均优于中国高粱×中国高粱的杂交种。但是由于这些衍生不育系都不同程度的具有中国高粱的亲缘关系,因此,它们所表现的优势程度也存在着差异。采用国外高粱与中国有性杂交的方法培育适于当地种植的亲本工作中,对其后代材料进行生物学和经济性状鉴定的同时,还必须测定鉴定它们的配合力,从而培育出农艺性状优良配合力高的亲本材料。

研究表明,高粱杂种优势的表现,不但不同品种间有明显的差异,同时不同性状所表现的优势方向和程度也不同。从前人研究的资料也可看出,有些品种配制的杂交种,不但产量、穗粒数表现有明显优势,而且其它性状的优势也十分显著,表现植株高大、茎叶繁茂、晚熟等⁽⁵⁾;也有些杂种在株高、熟期等性状上虽然没表现明显的优势,但是产量性状的优势是非常明显的。从本文所列的几个衍生不育系获得的资料也可看出,8020A所配的杂种,不但在产量性状上表现了明显的优势,同时在株高、生育期等性状上的优势也很明显。8020A是白卡弗尔×中国高粱的后代衍生系转育而成,亲本白卡弗尔在产量、株高、生育期等性状上具有较强的优势,因而8020A在一定程度上继承了白卡弗尔的特性;其它几个衍生不育系的生育期优势不明显,特别是219A生育期优势最弱,而产量优势极强,具有这样特性的材料对北方春播早熟高粱区来说,是极为可贵的种质。因此,在培育亲本和配制杂种时,必须针对亲本的遗传特性进行选择,以便培育出好的亲本和杂交种。

本文研究证明,粒用高粱的产量优势,主要表现在穗粒数的增多,而杂种的千粒重则主要受亲本籽粒大小的制约。因此在亲本选育中,必须考虑籽粒大小的性状,培育籽粒较大的亲本材料。在此基础上再进行亲本选配,以求获得籽粒较大,穗粒数又多的高产杂交种。

参 考 文 献

- (1) 辽宁农科院主编: 1980, 中国高粱品种志, 上册, 中国高粱品种概述: 1~12, 农业出版社。
- (2) 南京农学院主编: 1979, 田间试验和统计方法, 第九章: 194~214, 农业出版社。
- (3) 王方、张凤昌: 1982, 高粱不同类群杂种优势研究, 吉林农业科学, 3: 6~12。
- (4) 马鸿图: 1972, 高粱杂种优势与类型血缘关系的探讨, 辽宁农业科技, 5。
- (5) Argikar, G.P. and Chavan, V.M.: 1957, A study of heterosis in sorghum. The indian journal of genetics and plant breeding, Vol 17: 65~72。
- (6) Harer, P.N; Bapat, D.R.: 1982, Heterosis studies in grain sorghum, Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 7(1): 30~32。
- (7) Quinby, J.R., 1963, Manifestaions of hybrid vigor in sorghum, Crop Sci, Vol 3: 288~291。

《作物品种资源》征订启事

《作物品种资源》是目前我国唯一的作物品种资源专业刊物, 由中国农业科学院作物品种资源所主办。本刊兼顾普及与提高两方面内容, 主要刊登农作物品种资源收集、保存、评价、引种和研究方法的著述, 介绍我国丰富多采的作物品种资源、优异资源开发利用及国外研究的信息。

读者对象, 农业科技人员、农业院校师生及具有一定文化程度的广大农民群众。本刊为季刊。每期订价0.40元, 代号82—132, 各地邮局订阅。

《山东农业科学》1986年征订启事

《山东农业科学》是山东省农业科学院、山东农业大学、山东农学会共同主办的综合性农业科学刊物, 兼顾普及与提高两方面的内容。主要报道我省农业科学论文、农业科研新成果、新进展、试验研究报告、专题调查和综述文章、发展多种经营的生产技术、国内外适用的新技术及科技新动向等。读者对象主要是农业科学技术人员、农业院校师生、农业管理干部和农牧专业户、重点户、科技户、知识青年等。本刊为双月刊, 16开本, 每期52页, 定价0.50元。代号24—2。全国各地邮局(所)均可订阅。