

K、V 型杂种小麦优势的研究^{*}

高庆荣 刘保申 孙兰珍 韩相铭

(山东农业大学农学系, 泰安 271018)

摘 要 利用 5(A)×2(R)两组亲本杂交的 10个杂种及其相应的亲本材料,探讨高产条件下 K、V 型小麦的杂种优势。结果表明:单株产量有很强的杂种优势,7个组合超双亲平均值为 7.1%~25.1%,其中 3个为 15.7%~25.1%,4个组合超标优势 2.4%~18.1%。K、V 型杂种优势的主要表现是千粒重的增高,其次是穗粒数,有 3个组合超双亲平均值。单株穗数的减少对杂种产量有影响,选择多穗亲本,对提高杂种的穗数有效。

关键词 K、V 型杂种小麦 杂种优势 配合力

自木原均 1953年发现小麦细胞质雄性不育性, Wilson和 Ross1962年培育出 T 型不育系和恢复系后,杂交小麦的研究取得了重大进展,但目前杂种小麦仍未能能在生产上大面积种植。究其原因,主要是 T 型不育系的恢复源少,且易受环境条件的影响,而培育大量农艺性状优良、配合力好的恢复系又比较困难,致使杂种小麦增产不理想。为了寻找新的突破口,不少学者开展了小麦新型不育系的研究。1988年西北农业大学培育出了不育性稳定、农艺性状优良、较易恢复、种子饱满的 K(*Ae kotschyi*)、V(*Ae ventricosa*)型小麦雄性不育系,成功地实现了三系配套和杂交种的生产,使其杂种小麦研究开始走向生产应用。但由于近年来不少研究者多集中在 K、V 型不育系的鉴定和转育及恢复系的测交和筛选上,选配组合的工作刚刚开始,所用亲本多为有什么用什么,对其杂种优势的研究甚少。因此,我们利用经过鉴定、选育、且具有高产水平的 K、V 型三系材料进行了试验,旨在研究高产条件下 K、V 型胞质小麦杂种优势的表现,初步探讨形成杂种优势的原因,为选育优良亲本,配制强优势组合提供理论依据。

1 材料和方法

试验于 1993~1995年在山东农业大学泰安实习农场进行。选用两套亲本(P),P₁有 K 郑州 891(A₁),K 149(A₂),K 80(6)(A₃),K 83(37)65(A₄)和 V 冀 5418(A₅)5个不育系(A)及其保持系;P₂有 JN-13(R₁),L 783(R₂)2个恢复系(R);配成 A/R 杂种 F₁ 10个;鲁麦 14号(dk)为高产对照品种。

试验采用随机区组设计, 3次重复, 5行区, 行长 2m, 行距 0.26m, 株距 6.6cm, 人工点播, 每个小区在开花前随机套袋 10株, 每株 3穗测定其自交结实率; 取 10株, 每株 3穗考查自然结实率, 并进行田间观察和室内考种。统计参数包括杂种优势, 超双亲平均值 (M P) 优势, 超标 (ck) 优势, 一般配合力相对效应, 特殊配合力相对效应以及亲子相关与回归系数等。

2 结果与分析

2.1 K、V 型小麦杂种 F₁ 的优势表现

2.1.1 产量优势 由表 1 可知, 供试的 10 个组合中, 有 7 个超过双亲平均值, 优势在 15% 以上的有 K 149A /JN-13(A₂/R₁), V 冀 5418A /L 783(A₅/R₂) 和 K 83(37) 65A /L 783(A₄/R₂), 分别为 25.1%、18.1% 和 15.7%, 10 个组合平均增产 6.01%; 与对照品种相比有 4 个组合增产, 超标优势最大的仍是 K 149A /JN-13(A₂/R₁), 为 18.1%, 其余 3 个超标 2.4%~9.2%。这说明 K、V 型杂交小麦具有很强的产量优势。

表 1 K、V 型杂种小麦性状的优势表现

组合	株高 (cm)				单株穗数 (穗)				主穗粒数 (粒)				千粒重 (g)				单株产量 (g)			
	F ₁	M P%	ck%		F ₁	M P%	ck%		F ₁	M P%	ck%		F ₁	M P%	ck%		F ₁	M P%	ck%	
A ₁ /R ₁	85.15	3.68	14.40		16.00	-11.53	7.60		42.23	-3.74	-22.95		47.55	8.07	9.24		23.5	-11.3	-5.60	
A ₁ /R ₂	84.87	5.56	14.03		12.20	-4.04	-17.96		52.67	-4.93	-4.36		53.43	12.27	22.74		25.22	7.11	-2.93	
A ₂ /R ₁	82.59	3.59	10.96		17.90	32.22	27.28		44.46	5.95	-19.27		53.26	13.54	22.35		29.40	25.1	18.10	
A ₂ /R ₂	84.37	8.24	13.35		8.57	-13.61	-42.37		49.83	2.08	-9.52		56.96	17.51	30.85		23.40	10.4	-6.00	
A ₃ /R ₁	71.17	-12.35	-4.38		14.22	-7.87	-4.37		43.33	0.53	-21.32		43.03	-5.76	-1.15		20.10	-8.01	-19.30	
A ₃ /R ₂	81.62	2.62	9.66		8.67	-14.03	-41.69		53.09	-2.44	-3.60		49.68	5.21	14.13		21.67	12.30	-12.90	
A ₄ /R ₁	83.13	-7.88	11.69		13.90	-3.94	-6.52		44.37	-12.97	-19.43		44.52	-6.33	2.27		21.40	-18.0	-14.10	
A ₄ /R ₂	85.05	-2.94	14.27		10.57	-26.95	-28.92		55.80	-10.17	1.33		46.65	-4.97	7.17		27.20	15.70	9.20	
A ₅ /R ₁	86.77	0.50	16.58		16.69	-4.25	12.24		41.57	-8.23	-24.51		47.99	12.26	10.25		26.30	8.70	5.60	
A ₅ /R ₂	80.47	-4.84	8.12		10.60	-13.01	-28.72		53.14	-6.15	-3.50		53.33	20.36	22.51		25.50	18.10	2.40	
Σ	82.52	-0.38	10.87		12.93	-6.70	-12.34		48.07	-4.01	-12.71		49.64	7.22	14.04		24.37	6.01	-2.55	

2.1.2 三因素对产量优势的影响 在构成产量三因素中, 大部分杂种的单株穗数和主穗粒数低于双亲平均值和对照品种, 但也有超双亲平均值和超标的优势组合, 以千粒重上表现的杂种优势最强。

在穗数上, K 149A /JN-13(A₂/R₁) 超双亲平均值 32.22%, 其它 9 个组合均为负向优势, 减少 3.94%~26.95%; 与对照相比, 虽 10 个 F₁ 单株穗数平均减少 12.34%, 但有 K 149A /JN-13(A₂/R₁)、V 冀 5418A /JN-13(A₅/R₁) 和 K 郑州 891A /JN-13(A₁/R₁) 3 个组合具有一定的超标优势, 其值分别为 27.28%、12.24% 和 7.60%, 且这些优势组合中的恢复系数均为 JN-13(R₁)。结果表明, JN-13(R₁) 分蘖多, 成穗率高, 用它配制的 F₁ 的单株穗数较用 L 783(R₂) 配制的 F₁ 多 5 6 个。这说明, 对提高杂种 F₁ 的穗数而言, 亲本穗数的选择是有效的。

杂种的穗粒数少, 10 个组合平均比双亲平均值低 4.01%, 但其中有 3 个表现优势, 最大的 K 149A /JN-13(A₂/R₁), 为 5.95%。这进一步证明了 K、V 型恢复系的高恢复性和 K、V 型不育系的易恢复性, 在一定程度上缓解了 T 型恢复系恢复力低, 结实差的问题。

千粒重上的杂种优势最强, 7 个组合超双亲平均值, V 冀 5418A /L 783(A₅/R₂) 最大, 为

20.36%, 其它为 5.21% ~ 17.51%, 平均 7.22%; 与对照相比, 超标优势组合 9 个, 其中 4 个组合的超标优势 20% 以上, 最大的 K 149A / L 783(A₂ / R₂), 达 30.85%, 平均为 14.04%。超标优势远大于超双亲平均值的优势。分析其原因, 一是亲本的粒重高, 二是 F₁ 的粒重优势强。说明 K、V 型杂种小麦的产量优势主要来自千粒重的增加。这一结果与 T 型、化杀杂种的粒重优势表现是一致的。

2.1.3 株高优势 株高优势是应用杂交小麦解决的一个关键问题。表 1 说明, K、V 型杂种 F₁ 株高的超双亲平均值优势并不强, 10 个组合中 6 个正向优势, 4 个负向优势, 平均为 -0.38%; 而超标优势很明显, 平均为 10.87%。这一结果与 T 型相比稍好一些, 是否与胞质效应有关还需进一步探讨。但从生产应用角度来讲, 选配高产杂交组合时, 应利用植株较矮的材料作亲本, 以降低杂种植株的高度。

2.2 K、V 型杂种的育性恢复表现

2.2.1 同一恢复系在不同遗传背景中恢复力表现不同 表 2 结果显示, 恢复系 JN-13(R₁) 对不育系 K 郑 891(A₁)、K 149(A₂)、K 80(6)(A₃)、K 83(37)65(A₄) 和 V 冀 5418(A₅) 的恢复结实率高, 分别为 88.7%、93.6%、84.2%、88.6% 和 89.6%, 平均为 88.9%; 而恢复系 L 783(R₂) 对这 5 个不育系的恢复结实率较低, 分别为 77.7%、90.9%、85.9%、90.9% 和 77.4%, 平均为 84.6%。这表明, 同一恢复系对不同不育系的恢复力表现出差异, 这也反映出不育系在易恢复性上有差别。尽管 L 783(R₂) 和 JN-13(R₁) 在恢复力上有些差异, 但均表现高而稳定的恢复性, 不育系 K 149(A₂)、K 83(37)65(A₄) 具有良好的易恢复性。

表 2 K、V 型杂种 F₁ 自交结实率 (%)

不育系	恢 复 系		\bar{x}
	JN-13	L 783	
A ₁	88.7	77.7	83.2
A ₂	93.6	90.9	92.3
A ₃	84.2	85.9	85.1
A ₄	88.6	90.9	89.8
A ₅	89.6	77.4	83.5
\bar{x}	88.9	84.6	

2.2.2 异花授粉的补偿作用 试验表明, 外来花粉提高了杂种的结实率(表 3), 10 个杂交组合的自然结实率比自交结实率提高 0.4% ~ 10.8%, 平均提高 4.8%。如果在大田生产条件下, 外来花粉充足, 结实率将会有更大的提高。但外来花粉的补偿作用在不利环境条件下(如低温、阴雨天等)会减弱。因此, 提高杂种的结实率, 从根本上还是靠提高恢复系的恢复能力。

表 3 K、V 型杂种 F₁ 自交与异交结实率比较

组 合	自交结实率 (%)	自然结实率 (%)	相 差
A ₁ / R ₁	88.70	92.30	3.60
A ₂ / R ₁	93.60	94.00	0.40
A ₃ / R ₁	84.20	92.80	8.60
A ₄ / R ₁	88.6	92.70	4.10
A ₅ / R ₁	89.60	97.40	7.80
A ₁ / R ₂	77.70	82.10	4.40
A ₂ / R ₂	90.90	93.70	2.80
A ₃ / R ₂	85.90	91.40	5.50
A ₄ / R ₂	90.90	91.60	0.70
A ₅ / R ₂	77.40	88.20	10.80
\bar{x}	86.85	91.62	4.87

2.2.3 育性恢复对产量的影响 杂种的穗粒数, 自交结实率和自然结实率是与育性恢复有关的性状, 它们均与产量呈极显著相关, r 值分别为 0.8915^{*}、0.9003^{*} 和 0.9125^{*}。说明杂种的育性恢复程度对其产量影响很大。

2.3 亲子相关与回归分析

10 个 K、V 型杂种的亲子相关与回归分析(表 4)表明, 杂种与双亲平均值的相关程度因性状的不同而异。

F₁单株穗数与双亲平均值相关显著 ($r = 0.7568^*$)。因此,选育分蘖力强,成穗率高的亲本,有利于提高杂种的穗数,增加产量。

在主穗粒数上,杂种与双亲平均值相关极显著 ($r = 0.9324^*$)。显然,欲提高杂种的育性,增加穗粒数,在从恢复系入手的同时,也不能忽视对双亲穗粒数的选择,尤其是与穗粒数有关的小穗数的选择。杂种的小穗数与双亲平均值呈极显著相关 ($r = 0.7981^*$)。研究结果证明,10个K、V型杂种的平均小穗数(19.1个)较其双亲平均值(20.4个)少1.3个。这说明,亲本小穗数的多少也是影响杂种F₁穗粒数的一个因素。

在单株产量、千粒重、自交结实率、自然结实率和株高的杂种与双亲的相关性上,千粒重的r值最大,为0.4625,但均未达到显著水平,尤其是杂种的自交结实率和自然结实率主要取决于恢复系的恢复能力,受亲本的影响较小。值得注意的是,K、V型杂种的双亲大都是高产条件下种植的品种(系),在单株产量、千粒重和株高上,亲子间并未表现出密切的相关性。这表明,在高产条件下选配小麦强优势组合,只考虑亲本的产量水平并不一定得到优势强的组合,应在综合性状的考虑下利用配合力的大小进行亲本选配。

表 5 亲本一般配合力和组合的特殊配合力

基因型	株 高	单株穗数	主穗粒数	千粒重	单株产量
一 般 配 合 力					
A ₁	3.02	5.75	-1.08	1.72	-3.73
A ₂	1.16	14.33	-1.92	11.02	26.19
A ₃	-7.42	-14.16	0.29	-6.62	-17.32
A ₄	1.91	-8.25	4.19	-8.16	-6.35
A ₅	1.33	2.33	-1.48	2.06	1.21
R ₁	-0.92	24.1	-10.06	-4.77	4.44
R ₂	0.92	-24.1	10.06	4.77	-4.44
特 殊 配 合 力					
A ₁ /R ₁	1.09	-9.85	-0.58	-1.15	-8.02
A ₂ /R ₁	-0.16	25.98	4.47	1.04	32.67
A ₃ /R ₁	-5.42	-3.26	-0.08	-1.93	-7.56
A ₄ /R ₁	-0.25	-11.6	-1.83	2.65	-15.37
A ₅ /R ₁	4.73	-1.26	-1.98	-0.61	-1.73
A ₁ /R ₂	-1.09	9.85	0.58	1.15	8.02
A ₂ /R ₂	0.16	-25.98	-4.47	-1.04	-32.67
A ₃ /R ₂	5.42	3.26	0.08	1.93	7.56
A ₄ /R ₂	0.25	11.6	1.83	-2.65	15.37
A ₅ /R ₂	-4.73	1.26	1.98	0.61	1.73

表 4 亲子相关与回归

性 状	r	回归方程	x 范围
单株产量	0.1085	$y = 20.52 + 0.1486x$	19.3~26.5
单株穗数	0.7568	$y = -0.79 + 1.0427x$	9.3~18.1
主穗粒数	0.9324*	$y = 15.42 + 0.6448x$	41.9~63.3
千 粒 重	0.4625	$y = 40.70 + 0.1952x$	42.2~49.0
自交结实率	-0.0249	$y = 94.26 - 0.0808x$	90.3~95.7
自然结实率	-0.2537	$y = 158.46 - 0.6963x$	93.1~97.8
小穗数	0.7981*	$y = 2.22 - 0.8290x$	19.0~22.2
株 高	0.0860	$y = 74.37 + 0.1047x$	77.9~89.5

$d.f. = 8, P = 0.05, r = 0.6319, P = 0.01, r = 0.7646$

2.4 配合力的相对效应分析

估测了 7 个亲本及其 10 个杂种配合力的相对效应(表 5)。在母本中,以 K 149(A₂)、V 冀 5418(A₅)的单株产量、千粒重、单株穗数和株高诸性状上一般配合力较高;恢复系中以 JN -13(R₁)单株产量、单株穗数的一般配合力较高。结合上述三个亲本的多数杂种在田间的综合表现,表明这 3 个材料是较好的亲本。

所测一般配合力和特殊配合力的关系表明,双亲一般配合力高的,其特殊配合力不一定高,反之亦然。亲本之一一般配合力高的,双亲特殊配合力也有高有低。说明双亲特殊配合力的高低是杂种优势强弱的主导因素。

就单株产量而言,特殊配合力高的 K 149A /JN -13(A₂/R₁),其亲本的一般配合力也较高。K 149(A₂)为偏春性,JN -13(R₁)为冬性,这可能与冬春杂交有关。

3 讨论

供试的 10 个组合中,7 个组合的单株产量超双亲平均值,其中 3 个的优势达 15.7% ~ 25.1%;与对照品种鲁麦 14 号相比,4 个组合超标,最高达 18.1%。分析产生其优势的原因,主要来自千粒重的提高,10 个组合的超双亲平均值及超标优势最高的达 20.36% 和 30.85%,平均提高 7.22% 和 14.04%;其次是穗粒数,由于 K、V 型恢复系 JN -13(R₁)和 L 783(R₂)的高恢复性(88.9% 和 84.6%)及其不育系的易恢复性,使杂种 F₁ 的穗粒数接近,达到或超过了双亲平均值,在一定程度上解决了 T 型恢复系因恢复力低,致使 F₁ 产量优势不强的问题。相关分析可知,在主穗粒数、小穗数上亲子间呈极显著相关($r = 0.9324^{**}$ 、 0.7981^{**}),故对亲本进行穗粒数和小穗数的选择,也是提高杂种穗粒数的一个途径。K、V 型杂种 F₁ 的单株穗数减少,对杂种产量有一定的影响。因此,在选配 K、V 型小麦强优势组合时,选择分蘖力强、成穗率高的亲本,对提高杂种的穗数,增加产量是十分有效的($r = 0.7568^{*}$)。

试验结果表明,杂种自交结实率大都在 85% 以上,但也有杂种的自交结实率虽高,其产量却不高。说明一个优良恢复系,不但恢复力强,农艺性状也要好,产量水平高,配合力强。恢复系 L 783(R₂)分蘖、成穗率较差,单株穗数少,影响 F₁ 产量优势的提高,是在选配组合时值得注意的问题。

试验结果(表 4)说明,单株产量、千粒重和株高诸性状的亲子关系没有显著的相关性,它们杂种优势的差异是由亲本的一般配合力效应和组合的特殊配合力效应差异所致。因此,在亲本达到一定水平时,应注重利用配合力进行亲本的选配。

参 考 文 献

- 1 杨天章. 小麦新型不育系的研究与应用. 见: 黄铁城主编. 杂种小麦研究——进展, 问题与展望. 北京: 北京农业大学出版社, 1990 110~ 136
- 2 高庆荣, 孙兰珍. K, V 型小麦雄性不育系育性恢复性能的初步研究. 见: 黄铁城主编. 杂种小麦研究进展. 北京: 农业出版社, 1993 92~ 98
- 3 王继华, 孙其信. K 型不育系恢复系筛选及花粉败育机理比较研究. 北京农业大学学报, 1993 19(增刊): 91~ 98
- 4 张改生, 杨天章. 偏型、粘型和易型小麦雄性不育系的初步研究. 作物学报, 1989 15(1): 1~ 10
- 5 杨天章等. K 型小麦雄性不育系应用问题. II 恢复性和杂种优势. 陕西农业科学, 1990 (3): 2~ 4
- 6 吕德彬. 冬小麦主要性状杂种优势和配合力的研究. 河南农学院学报, 1982 (2): 76~ 101
- 7 Briggs LW. Heterosis in wheat— a review. Crop Sci 1963 3(5): 407~ 412
- 8 Sampson DR and Robinson HC. Combining ability for male fertility and yield in hybrid winter wheat. Canadial Journal of Plant Science, 1979 59(4): 975~ 980

Studies on Heterosis of K, V-Cytoplasmic Hybrid Wheat

Gao Qingrong Liu Baoshen Sun Lanzhen Han Xiangming

(Department of Agronomy, Shandong Agricultural University, Taian 271018)

Abstract By Using of 10 F_1 hybrids derived from the diallel cross of 5 K, V-cytoplasmic A-lined and each of 2 R-lines as well as their parents, the heterosis of K, V-cytoplasmic hybrid wheat was studied under high-yield condition. The results showed that hybrid with K, V-cytoplasm had very high heterosis in the grain yield per plant. 7 crosses yielded 7.1% - 25.1% more than the average of both parents, where 3 crosses of them were 15.7% - 25.1%, 4 crosses increased 2.4% - 18.1%. The heterosis mainly showed higher 1000-grain weight and then the grains per spike and 3 crosses surpassed the average of both parents. Reduction of spikes per plant effected the yield of hybrid. The spikes of hybrid wheat could be increased by selecting the parents with more spikes.

Key words K, V-cytoplasmic hybrid wheat; Heterosis; Combining ability