

小麦不同杂交组合杂种优势及后代变异比较分析

付连双, 王玉波, 王晓楠, 李卓夫, 孙艳丽
(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘要:以 3 个春小麦杂交组合的亲本及 4 个世代(F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4)为试验材料, 对亲本、 F_1 代及各分离世代个体的 10 个农艺性状的表现进行了分析。结果表明, F_1 在多数性状上其均值介于高亲值与低亲值之间。组合 $P_1 \times P_2$ 中表现为正向超亲优势的性状较多, 其超亲优势较大, 而株高又表现出负向的中亲优势; 组合 $P_3 \times P_4$ 中表现为正向超亲优势的性状最多; 组合 $P_2 \times P_5$ 的优势较弱。不同组合间后代性状改进幅度差异较大。总的趋势是各性状在后代的变异大小及改进幅度大小与亲本表现及双亲差异的大小关系更为密切。

关键词: 春小麦; 杂种优势; 世代; 农艺性状

中图分类号: S 512.103 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-2767(2007)02-0006-03

Comparison of Variations among Generations and Heterosis of Different Crosses in Wheat

FU Lian-shuang WANG Yu-bo, WANG Xiao-nan, LI Zhuo-fu, SUN Yan-li
(Agronomy College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

Abstract: 10 agronomic traits of parents, F_1 , F_2 , F_3 and F_4 generations of 3 crosses in spring wheat were analyzed. The results showed that the mean values of F_1 ranged between high value parent and low value parent in most traits. More traits of F_1 in the cross $P_1 \times P_2$ performed positive heterosis over high value parent and the heterosis values were higher, and the plant height showed minus MP heterosis. The most traits of F_1 in the cross $P_3 \times P_4$ had positive over high value parent heterosis. The heterosis of $(P_2 \times P_5)F_1$ was lower. The larger difference of improvement potential of traits was found among crosses in generations. The range of variation and improvement potential in all traits of generations related closely to their parents and the differences between the parents.

Key words: spring wheat; heterosis; generations; agronomic traits

0 前言

小麦杂交育种是目前成效比较显著的育种方法之一^[1]。随着品种水平不断突破, 小麦杂交育种所要处理的性状逐渐增多, 生产对主要性状改良进展提出了越来越高的要求, 小麦育种进入了缓慢发展的阶段^[2~4]。为了研究小麦杂交育种中主要农艺性状在杂交各世代中变异演化表现, 本试验将亲本及 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 世代在同一条件下种植, 对主要农艺性状在各世代的变异特征进行了系统分析, 以期小麦杂交育种的亲本选配及主要性状的后代选择提

供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验材料

本试验采用 5 个春小麦品种(系)为亲本, 配制了三个杂交组合。以各组合的亲本及 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 代作为试验材料。亲本分别为 P_1 东农 123(中筋、大粒、大穗、多穗丰产型), P_2 野猫(高筋、小穗、矮秆、中产型), P_3 东农 97-4056(中筋、大穗、大粒、密植高产型), P_4 东农 99-3903(中筋、长穗、小穗稀疏、高秆、大粒型), P_5 东农 98-6229(中筋、长穗、高秆、大粒型)。所配的

收稿日期: 2006-12-18

第一作者简介: 付连双(1978-), 男, 黑龙江省绥棱县人, 硕士, 助教, 从事小麦遗传育种研究。Tel: 0451-55190274, 13009851527; E-mail: fulianshuag@163.com.

杂交组合为 $P_1 \times P_2$, $P_3 \times P_4$, $P_2 \times P_5$ 。

1.2 试验设计

试验于 2003 年在东北农业大学香坊实验农场试验地进行。试验采用条区设计方法, 3 次重复, 行长 2 m, 行距 0.3 m, 株距 0.05 m; 以杂交组合为单位分别种植亲本、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 代材料; 各组合亲本为双行区, F_1 为 3 行区, F_2 为 7 行区, F_3 为 30 行区, F_4 为 31 行区, 成熟时从每行的中间均匀处随机收获 10 株进行室内考种。

1.3 测定项目

株高、穗长、有效分蘖、主穗小穗数、有效小穗数、主穗粒数、主穗粒重、单株粒重、主茎重、单株重。

1.4 条区试验设计统计模型

条区试验设计统计模型见表 1。

表 1 条区试验统计模型

变异来源	DF	EMS 固定模型
区组	$r-1$	$\sigma_2^2 + \beta_1^2 + a\beta_2^2$
A 处理	$a-1$	$\sigma_2^2 + \beta_1^2 + r\beta_3^2$
Ea	$(a-1)(r-1)$	$\sigma_2^2 + \beta_1^2$
B 处理	$b-1$	$\sigma_2^2 + r\beta_3^2$
Eb	$(b-1)(r-1)$	σ_2^2
A×B	$(a-1)(b-1)$	$\sigma_3^2 + rk_3^2 B$
Ec	$(a-1)(b-1)(r-1)$	σ_3^2
总变异	$abr-1$	

表 2 农艺性状方差分析

变异来源	df	株高	穗长	有效分蘖	主穗小穗数	有效小穗数	主穗粒数	主穗粒重	单株粒重	主茎重	单株重
杂交组合	2	520.426 **	26.914 **	0.788	32.400 **	38.603 **	67.564	0.121 *	1.370	2.403 **	2.537
误差 Ea	4	16.9235	0.092	0.694	0.917	0.547	13.450	0.012	1.544	0.010	10.673
世代	5	23.231	7.855 **	0.140	3.981 **	5.725 **	56.660 **	0.096 **	3.202 **	0.566 **	12.319 *
误差 Eb	10	12.647	0.08706	0.214	0.147	0.131	6.903	0.011	0.540	0.052	2.252
杂交组合×世代	10	75.833 **	6.499 **	0.226	11.127 **	10.321 **	9.187 **	0.368 **	3.268 **	1.920 **	18.303 **
误差 Ec	20	8.498	0.21776	0.157	0.429	0.408	3.790	0.017	0.353	0.033	3.615

注: **表示 0.01 显著水平, *表示 0.05 显著水平。

表 3 亲本 F_1 均值及中亲优势

性状	P_1	P_2	$(P_1 \times P_2)F_1$	中亲优势	P_3	P_4	$(P_3 \times P_4)F_1$	中亲优势	P_5	$(P_2 \times P_5)F_1$	中亲优势
株高	94.16	84.82	88.47	-0.28	96.77	99.23	102.49	1.15	99.29	93.67	0.44
穗长	12.10	9.60	10.90	0.12	11.08	15.20	13.83	1.31	15.76	11.79	-1.75
有效分蘖	3.24	4.11	4.59	6.22	3.75	3.32	3.71	1.24	3.49	3.58	-1.45
主穗小穗数	19.93	15.53	18.31	0.82	18.86	22.79	20.82	-0.01	23.08	19.06	-0.32
有效小穗数	18.04	14.46	16.77	0.80	17.81	21.27	19.81	0.35	21.93	17.28	-1.26
主穗粒数	48.02	36.19	40.86	-0.74	39.21	50.66	45.34	0.23	54.55	42.62	-1.52
主穗粒重	2.49	1.41	1.93	-0.27	1.79	2.17	2.11	1.64	2.34	1.94	0.87
单株粒重	8.36	5.20	8.85	7.63	7.12	7.23	8.27	3.82	8.00	7.39	2.99
主茎重	5.34	3.32	4.51	1.04	4.28	5.32	5.36	2.92	5.82	4.24	-1.81
单株重	19.10	14.98	21.11	5.97	16.71	18.72	21.13	4.82	22.04	17.27	-1.67

注: 中亲优势(%) = $(F_1 - MP) / MP \times 100$; MP 为双亲均值^[5]。

中有效分蘖、单株粒重、单株重 3 个性状均值都高于双亲水平, 表现出正向超亲优势, 其余性状均值介于父本均值与母本均值之间; 在 $(P_3 \times P_4)F_1$ 性状各均值中株高、单株粒重、主茎重、单株重 4 个性状也表现出正向超亲优势, 余下性状均值介于父本均值与母本之间; 而在 $(P_2 \times P_5)F_1$ 性状各均值均介于父本

2 结果与分析

2.1 测试性状的方差分析

根据条区试验设计的方差分析模型对参试的杂交组合的亲本、 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 的 10 个农艺性状指标进行方差分析。在表 2 中列出了各性状的 MS 值及其差异显著性。由表 2 可以看出, 组合间差异在株高、穗长、主穗小穗数、有效小穗数、主茎重上达到极显著水平, 主穗粒重达到显著水平, 有效分蘖、主穗粒数、单株粒重、单株重差异不显著。

从世代间来看除了在株高、有效分蘖两个性状上差异不显著外, 其它性状上均表现出显著或极显著差异, 这表明基因间进行了充分的分离和重组, 株高世代间差异不显著而组合间差异显著, 这说明株高是受亲本影响较大的性状, 可以通过亲本选配使株高得到改良。组合与世代间的交互上, 除有效分蘖外均差异极显著, 说明在组合间和世代间表现差异不显著的性状, 也会随着世代组合群体的变化而变化。

2.2 亲本及 F_1 水平分析

在表 3 中列出了亲本 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 及 $(P_1 \times P_2)F_1$ 、 $(P_3 \times P_4)F_1$ 、 $(P_2 \times P_5)F_1$ 的均值及其中亲优势。从表 3 中可以看出, 在 $(P_1 \times P_2)F_1$ 性状各均值

均值与母本均值之间。 $(P_1 \times P_2)F_1$ 中株高、主穗粒数、主穗粒重表现为负向中亲优势, 其余性状均为正向中亲优势; $(P_3 \times P_4)F_1$ 中主穗小穗数表现为负向中亲优势, 其余性状表现为正向中亲优势; $(P_2 \times P_5)F_1$ 中株高、主穗粒重、单株粒重表现为正向中亲优势, 余下性状表现为负向中亲优势。

表4 农艺性状分离世代的均值变异幅度及变异系数和位次

性状	均值±标准差									变异幅度									变异系数											
	P ₁ ×P ₂			P ₃ ×P ₄			P ₂ ×P ₅			P ₁ ×P ₂			P ₃ ×P ₄			P ₂ ×P ₅			P ₁ ×P ₂			P ₃ ×P ₄			P ₂ ×P ₅					
	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄	F ₂	F ₃	F ₄
株高	88.38	87.56	87.86	99.60	98.23	98.69	91.07	95.78	96.17	69.0~57.5	63.0~77.0	63.8~76.0	65.0~46.5	69.0~		8.5	8.9	10.7	7.4	5.9	6.6	10.4	9.3	8.9						
	±7.56	±7.75	±8.40	±7.42	±5.81	±6.50	±9.50	±8.90	±8.55	106.0	111.0	111.1	116.0	115.0	118.0	107.5	124.0	121.5	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
穗长	10.05	9.93	10.20	12.38	12.02	12.03	11.56	11.99	11.97	7.5~5.0	6.2~8.5	6.5~6.5	6.0~8.0	7.0~		11.9	13.7	12.3	13.7	11.3	11.7	11.6	12.3	12.9						
	±1.19	±1.36	±1.26	±1.69	±1.36	±1.40	±1.34	±1.48	±1.55	14.0	15.0	14.1	22.6	17.5	17.0	16.0	18.0	17.0	G	G	G	G	H	G	I	G	G			
有效分蘖	4.12	4.01	3.96	3.50	3.71	3.62	4.30	3.70	4.02		2~12	1~11	0~10	1~8	1~8	1~10	0~12	1~9	41.1	38.9	43.4	32.6	34.5	35.6	37.8	40.4	36.7			
	±1.69	±1.56	±1.72	±1.14	±1.28	±1.29	±1.62	±1.50	±1.48										A	B	B	B	A	A	B	A	A			
主穗小穗数	17.66	18.19	17.83	20.66	20.25	20.38	19.35	19.86	20.04		12~22	11~26	10~21	12~25	12~26	12~28	14~28	9~28	9.4	10.3	11.2	8.4	14.0	9.1	12.5	10.0	10.6			
	±1.65	±1.87	±2.00	±1.73	±2.83	±1.86	±2.41	±1.98	±2.13										I	I	I	I	G	I	H	I	I			
有效小穗数	16.25	16.62	16.44	19.51	18.93	18.92	17.90	18.25	18.38		9~21	11~23	9~23	16~24	13~25	8~25	12~25	12~25	10.0	11.4	12	9.3	9.1	10.3	13.3	11.8	12.1			
	±1.77	±1.90	±0.97	±1.82	±1.72	±1.95	±2.38	±2.16	±2.22										H	H	H	H	I	H	G	H	H			
主穗粒数	38.86	39.17	38.08	43.21	42.19	42.61	40.18	42.72	41.82		17~64	15~66	15~66	12~79	14~61	18~78	12~76		20.0	20.0	24	19.2	19.9	21.0	21.7	19.6	21.5			
	±7.77	±7.83	±9.13	±8.29	±8.39	±8.96	±8.71	±8.37	±9.00										E	F	E	E	E	E	E	E	F	F		
主穗粒重	1.82	1.77	1.64	1.87	1.86	1.85	1.73	1.73	1.66	0.38~0.38	0.15~0.87	0.38~0.28	0.28~0.44	0.27~		25.1	23.1	28.1	22.2	23.6	24.2	26.1	24.6	25.0						
	±0.46	±0.41	±0.46	±0.42	±0.44	±0.45	±0.43	±0.42	2.93	3.08	2.94	3.03	3.04	3.8	2.93	3.14	3.52		D	E	D	D	D	D	D	D	D			
单株粒重	7.56	6.91	6.70	6.35	6.92	6.75	7.21	6.07	6.33	0.84~1.79	40.45~1.08	1.70~0.58	1.32~0.68	0.62~		40.2	39.1	44.5	35.1	32.7	33.8	38.3	36.2	35.3						
	±3.04	±2.43	±2.98	±2.23	±2.26	±2.28	±2.76	±2.20	±2.24	18.29	17.7	16.65	13.50	17.28	14.32	16.60	19.15	15.43	B	A	A	A	B	B	A	B	B			
主茎重	4.02	3.87	3.87	4.79	4.68	4.73	4.26	4.36	4.34	1.82~1.30	1.70~2.66	1.79~2.62	1.42~1.59	1.53~		23.2	23.5	23.4	18.4	18.6	18.7	20.9	23.5	22.3						
	±0.93	±0.91	±0.91	±0.88	±0.87	±0.89	±0.89	±1.02	±0.97	7.70	6.79	9.16	9.88	9.33	10.59	7.21	10.48	8.11	F	D	F	F	F	F	F	E	E			
单株重	17.78	16.41	16.53	17.84	18.16	18.03	18.76	16.71	17.75	7.47~4.28	3.57~8.93	7.24~6.93	5.31~6.44	6.03~		37.5	33.6	39.5	26.6	28.8	29.3	37.5	33.2	31.1						
	±6.66	±5.52	±6.53	±4.75	±5.23	±5.28	±7.03	±5.54	±5.52	39.78	44.58	41.53	35.62	40.92	38.53	54.80	54.56	41.01	C	C	C	C	C	C	C	C	C			

注：A、B……J代表位次。

2.3 变异系数分析

变异系数是一个表示相对变异程度的变异数，它能够对单位、平均数和性质不同样本间的变异度进行比较，在作物育种中，它不仅能反映出某一群体性状的整齐度，还能很好地反映出某一性状可塑性的的大小^[9]。变异系数大则整齐度差，可塑性高。利用变异系数来衡量总体数据的分散程度，有两个优良特性：一是尺度不变性，二是与数据原点无关性^[7-8]。

在表4中列出了组合 P₁×P₂、P₃×P₄、P₂×P₅ 的 F₂、F₃、F₄ 分离世代的均值、标准差、变异幅度、变异系数及其位次。

从中可以看出各性状均值在世代间变化较为平稳，其值取决于双亲水平。从各个性状变异幅度上来看，其变化范围也决定于双亲。而变异系数在世代间的差异则较小。总体来看，各个性状杂种后代的变异系数的大小与双亲间同一性状的差异关系比较密切。在杂交育种当中选择亲本对性状改良更为重要。对于重点要改良的性状，在杂交亲本的选择上应采用在该性状值上都比较高的亲本，或者要求两个亲本的中亲值较高。

综合三个杂交组合的分离世代群体来看，其变异系数位次大致为：有效分蘖>单株粒重>单株重>主穗粒重>主穗粒数>主茎重>穗长>有效小穗数>主穗小穗数>株高。

3 小结与讨论

在育种中，除了株高要适当降低外，其余性状值则越大越好。在本试验所有组配中，组合 P₁×P₂、

表现为正向超亲优势的性状其超亲优势也较大，而株高又表现出负向的中亲优势，说明其亲本选配得较恰当，这种类型组配对育种工作较有利。在组合 P₃×P₄ 中表现为正向超亲优势的性状最多，说明其亲本优势互补性较强。同样，从中亲优势正负个数来看，P₁×P₂ 与 P₃×P₄ 两个组合的优势性较强，而组合 P₂×P₅ 的优势性弱一些。

从分离世代的各性状变异来看，P₃×P₄ 组合改进幅度较大的性状表现在穗长、穗粒数、穗粒重、主茎重上；P₂×P₅ 组合性状改进较大的性状为株高、分蘖、小穗数、单株粒重和单株重；P₁×P₂ 组合在各性状的变异幅度上表现不突出。总的趋势是各性状在后代的变异大小及改进幅度大小与亲本表现及双亲差异的大小关系更为密切。

参考文献：

- [1] 何中虎, 夏长春, 罗晶, 等. 国际小麦育种研究趋势分析[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 154-156.
- [2] 何中虎, 周阳, 陈新民, 等. 利用国际合作提高我国小麦遗传育种研究水平[J]. 中国科学基金, 2003, (5): 291-293.
- [3] 李国强, 武计萍, 仇松英, 等. 小麦品质性状和农艺性状的杂种优势分析[J]. 陕西农业科学, 2005, (4): 10-11.
- [4] 王亚娟, 张秋芳, 任志龙, 等. 小麦优异种质资源农艺性状综合鉴定与评价[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(4): 119-122.
- [5] 潘家驹. 作物育种学总论[M]. 北京: 农业出版社, 1998.
- [6] 候荷亭, 候旭东, 仪治本, 等. 高粱抗旱性状的变异系数与杂种优势[J]. 山西农业科学, 1997, 25(3): 9-11.
- [7] 周昌隆, 吴瑞明. 变异系数的抽样分布[J]. 运筹与管理, 1997, 6(1): 14-17.
- [8] 李刚, 李晓环. 谈变异系数在区域比较中的应用问题[J]. 统计研究, 1999, (增刊): 136-139.