

小麦杂种 F_1 、 F_2 籽粒灌浆 10 个性状杂种优势和遗传力的初步分析¹⁾

张晓龙 吴国海 游文平

(四川农学院, 雅安)

高产生理研究是近代作物育种工作的重要内容。它是通过培育各种生理过程较为协调、具有理想株型的作物品种, 充分有效地利用太阳能, 提高光合效率, 增加生物产量, 并扩大向籽粒分配同化产物的比例, 提高经济系数来实现的。小麦高产品种的理想株型, 其籽粒灌浆必须是以在源、流、库若干生理指标方面达到综合平衡为前提条件的。张晓龙曾从生理角度出发, 研究了小麦籽粒灌浆过程中源、流、库部分性状间的相互关系和对粒重粒饱的影响^[8]。目前, 对这些性状的遗传分析, 除对千粒重的杂种优势和遗传力的研究较多以外, 许多性状的研究还未见报道或报道甚少。本文将对这些性状的杂种优势和遗传力作初步分析。

材料和方法

实验于 1981—1982 年在我院农场进行。参试组合 5 个, 随机排列, 3 次重复, 畦宽 1.10 米, 行距 0.30 米, 株距 0.10 米, 畦四周加设内保护行。

开花期间, 每日对每个小区开花的主穗挂白牌, 记下开花日期。但对同一天内开花主穗最多的则挂红牌, 供田间取样。从开花当日开始取样, 随后从第 7 天起每 5 天取样一次, 考察叶面积、营养体干重、籽粒干重、籽粒体积和饱满指数^[8]等项目, 直至成熟。

对粒重数据用正交多项式配合籽粒生长曲线^[9]: $\hat{y} = a + bx + cx^2 + dx^3$ 。式中 x 为灌浆时间, \hat{y} 为对应于 x 的理论粒重。

$$\text{杂种优势 (\%)} = \frac{F_1 \text{ 平均值} - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100\%$$

(\overline{MP} 代表两亲本平均值)

$$\text{显性程度} = \frac{F_1 \text{ 平均值} - \overline{MP}}{HP - \overline{MP}}$$

(HP 代表较大亲本值)

$$\text{广义遗传力}^{[1]} = \frac{\sigma_{F_2}^2 - \frac{1}{2}(\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2)}{\sigma_{F_2}^2}$$

× 100%

结果和分析

(一) 杂种 F_1 世代的表现

1. 杂种优势 由表 1 看出, 粒重等 10 个性状都不同程度地存在着杂种优势, 其中以饱满指数最高, 开花当日营养体干重、籽粒干重、籽粒充实速率、最大粒草干重居中, 开花当日剑叶面积、剑叶面积持续期、粒平均剑叶面积、最大鲜籽粒体积次之, 籽粒充实期最低。可见, 在源、流、库诸性状中, 源、流性状的杂种优势较大, 库性状的杂种优势较小。

当对 P_1 、 P_2 、 \overline{MP} 、 F_1 的粒重数据用正交多项式配合籽粒生长曲线时发现, F_1 曲线表现出明显的杂种优势。 F_1 曲线方程均达 1% 显著

Zhang Xiaolong et al: Preliminary Studies on Heterosis and Heritability for Ten Traits about Grain Filling in Wheat Hybrids

1) 我院农 77 级、农 78 级、农 79 级部分同学先后参加了部分实验工作, 均此致谢。

本文于 1985 年 1 月 29 日收到。

表 1 小麦开花后 10 个性状的杂种优势 (%)¹⁾

组合	组合代号	籽粒干重	饱满指数	源					流		库
				剑叶面积	粒平均剑叶面积	剑叶面积持续期	开花当日营养体干重	最大粒草干重	籽粒充实速率	籽粒充实期	最大鲜籽粒体积
2753 × 凡 6	1	31.78	0.4504	98.263	0.8625	27.30	4.75	56.93	0.80	39.90	51.13
		35.91	0.4974	88.395	0.9863	36.30	4.03	63.43	0.79	45.80	53.14
		17.60	25.24	2.42	16.45	19.50	9.79	23.13	15.72	0.35	9.00
2753 × 荆阿	2	31.78	0.4504	98.263	0.8625	27.30	4.75	56.93	0.80	39.90	51.13
		46.50	0.4774	80.745	1.2013	32.10	3.72	73.53	1.03	45.13	73.73
		10.48	20.97	1.33	4.54	3.93	19.48	8.89	12.57	-1.38	4.35
387 × 荆阿	3	44.29	0.5116	113.373	1.0593	33.90	7.58	95.50	0.94	47.27	70.23
		46.50	0.4774	80.745	1.2013	32.10	3.72	73.53	1.03	45.13	73.73
		17.08	25.28	15.68	3.85	0.60	25.13	11.46	15.74	1.10	1.58
荆阿 × 凡 6	4	46.50	0.4774	80.745	1.2013	32.10	3.72	73.53	1.03	45.13	73.73
		35.91	0.4974	88.395	0.9863	36.30	4.03	63.43	0.79	45.80	53.14
		14.69	31.14	7.48	0.16	3.80	19.48	12.59	16.48	-4.76	3.30
387 × 凡 6	5	44.29	0.5116	113.373	1.0593	33.90	7.58	95.50	0.94	47.27	70.23
		35.91	0.4974	88.395	0.9863	36.30	4.03	63.43	0.79	45.80	53.14
		17.28	28.72	6.46	5.52	3.42	14.38	11.53	12.14	4.44	2.02
平均优势		15.43	26.27	6.67	6.10	6.25	17.65	13.52	14.53	-0.25	4.04

1) 在有 3 个数据的方格内自上而下分别为 P₁、P₂、F₁ 杂种优势。

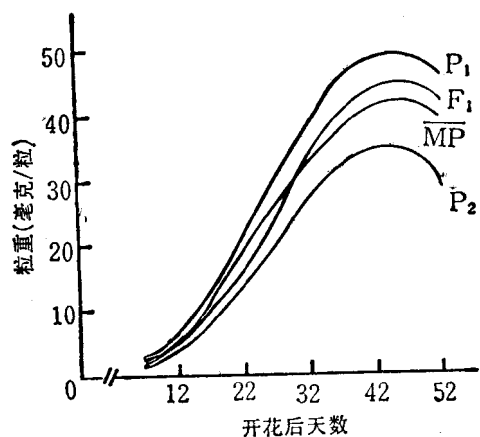


图 1 荆阿 × 凡 6 开花后的籽粒生长曲线

$$\begin{aligned}
 P_1: \hat{y} &= 3.95 - 3.6534x + 2.72536x^2 - 0.19587x^3 \\
 P_2: \hat{y} &= 6.50 - 6.4815x + 2.77640x^2 - 0.19040x^3 \\
 \overline{MP}: \hat{y} &= 3.85 - 3.5870x + 2.36234x^2 - 0.16487x^3 \\
 F_1: \hat{y} &= 5.16 - 5.0821x + 2.66094x^2 - 0.17827x^3
 \end{aligned}$$

水准 ($R = 0.99$), P_1 、 P_2 、 \overline{MP} 曲线方程分别达 1% ($R = 0.99$) 或 5% ($R = 0.90$) 显著水准。当 F_1 比 \overline{MP} 曲线较陡、充实速率较高时, 粒重增长较快, 出现倾高亲优势(图 1); 当 F_1 比大值亲本 P_2 曲线较陡、充实速率较高时, 粒重增长更快, 出现超高亲优势(图 2)。

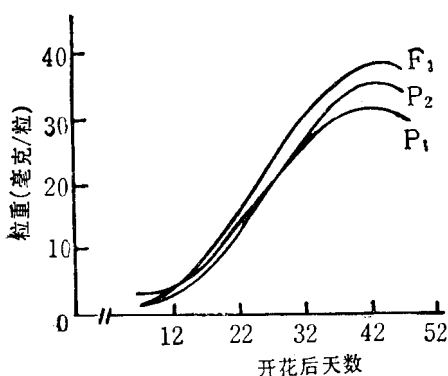


图 2 2753 × 凡 6 开花后的籽粒生长曲线

$$\begin{aligned}
 P_1: \hat{y} &= 0.68 - 3.2552x + 2.46100x^2 - 0.19882x^3 \\
 P_2: \hat{y} &= 6.50 - 6.4815x + 2.77640x^2 - 0.19040x^3 \\
 F_1: \hat{y} &= 5.50 - 5.4319x + 2.69234x^2 - 0.18805x^3
 \end{aligned}$$

2. 显性程度 杂种优势是由基因的显性效应和上位性效应组成的, 上位性效应对自花传粉作物杂种优势的作用较大。为了分析的方便, 令 ± 0.05 为无显性, $\pm 0.06 \sim \pm 0.95$ 为正负部分显性, $\pm 0.96 \sim \pm 1.05$ 为正负完全显性, 大于 1.05 为正向超亲优势, 小于 -1.05 为负向超亲优势^[1]。

表 2 粒重等 10 个性状的显性程度¹⁾

性 状	正 向			无显性	负 向		
	超亲优势	完全显性	部分显性		部分显性	完全显性	超亲优势
粒 重	2.95(1); 7.03(3); 1.14(4); 1.65(5)		0.56(2)				
饱 满 度	5.09(1); 9.73(2); 7.31(3); 15.18(4); 20.41(5)						
源	开花当日营养体干重	1.19(1); 1.60(2) 1.17(4)		0.73(3); 0.47(5)			
	最大粒草干重	4.81(1); 1.15(2) 1.17(4)		0.88(3); 0.57(5)			
	剑叶面积持续期	1.38(1)	1.00 (5)	0.25(2); 0.22(3) 0.62(4)			
	开花当日剑叶面积	1.65(4)		0.46(1); 0.14(2) 0.93(3); 0.52(5)			
	粒平均剑叶面积	2.46(1); 1.55(5)		0.28(2); 0.61(3)	0.02 (4)		
流	籽粒充实速率	25.00(1); 3.44(3) 1.25(4); 1.40(5)	1.00 (5)				
	籽粒充实持续期	2.80(5)		0.48(3)	0.05 (1)	-0.23 (2)	-2.09 (4)
库	最大鲜籽粒体积	4.67(1)		0.42(2); 0.73(3) 0.21(4); 0.15(5)			

1) 括号 () 内数字为组合代号。

表 3 粒重等 9 个性状的广义遗传力 (h^2 %)

组 合	粒重	饱满指数	源				流		库
			开花当日营养体干重	最大粒草干重	开花当日剑叶面积	粒平均剑叶面积	籽粒充实速率	籽粒充实持续期	最大鲜籽粒体积
2753 × 凡 6	91.75	52.47	66.23	65.45	94.74	84.88	92.93	72.04	81.08
2753 × 荆阿	89.28	54.53	67.36	70.42	76.19	81.53	82.03	21.64	78.67
387 × 荆阿	84.16	87.56	16.67	44.31	86.40	89.70	60.30	45.96	68.81
荆阿 × 凡 6	90.54	42.56	86.97	79.50	91.98	79.72	70.04	33.43	92.64
平均数	88.93	59.28	59.31	64.88	87.33	83.97	76.32	43.27	80.30
标准差	3.34	19.56	29.98	14.90	8.20	4.40	14.20	21.60	9.79
变异系数 (CV%)	3.75	33.00	50.54	22.96	9.38	5.24	18.60	49.92	12.19

由表 2 看出,粒重以正向超亲优势为主(1, 3, 4, 5 为组合代号,下同),也存在部分显性(2),这与刘洪岭和沈秋泉等人认为小麦 F_1 粒重具有最为明显的杂种优势是一致的^[4,5]。饱满指数均为正向超亲优势,且数值较大。开花当日营养体干重和最大粒草干重组合 1、2、4 为正向超亲优势,组合 3、5 为部分显性。开花当日剑叶面积以部分显性为主(1, 2, 3, 4),较

少表现超亲优势(4),这与 B. P. Barriga 等人认为显性效应决定了更大的剑叶面积有相似之处^[1]。粒平均剑叶面积从无显性(4)、部分显性(2、3)到超亲优势(1, 5)同时存在。剑叶面积持续期以部分显性为主(2、3、4),也存在完全显性(5)和超亲优势(1)。籽粒充实速率以正向超亲优势为主(1、3、4、5),仅(2)表现出完全显性。籽粒充实期存在正向超亲优势、部分

显性、无显性到负向部分显性、超亲优势。最大鲜籽粒体积以部分显性为主(2、3、4、5)，只有(1)是正向超亲优势。

(二) 杂种 F_2 世代的广义遗传力

由表 3 看出，按组合平均的广义遗传力，以粒重最高 (88.93%)，这与许多报道是一致的^[2-7,12]。开花当日剑叶面积为 87.33%，这和 B. P. Barriga 等人的研究结果是十分吻合的^[11]。其余性状由高到低依次为：粒平均剑叶面积 > 最大鲜籽粒体积 > 籽粒充实速率 > 最大粒草干重 > 开花当日营养体干重 > 饱满指数。籽粒充实期的广义遗传力最低，变异系数有相反的趋势，由低到高依次为：粒重 < 粒平均剑叶面积 < 开花当日剑叶面积 < 最大鲜籽粒体积 < 籽粒充实速率 < 最大粒草干重 < 饱满指数 < 籽粒充实期 < 开花当日营养体干重。

小结与讨论

1. 杂种 F_1 世代粒重有较大的杂种优势，主要是由于“源”和“流”有较大的杂种优势，导致杂种种子饱满度有较大的增加所致，而并非是“库”——最大鲜籽粒体积——有较大的杂种优势所形成。“源”、“流”性状的优势较大，表明杂种 F_1 世代净光合生产率较高，向“库”内输送比较畅快。这可以由开花当日营养体干重、最大粒草干重(源)和籽粒充实速率(流)有较大杂种优势得到证实。它们对 F_1 世代粒重优势起较大的作用。R. P. Saharan and V. P. Singh 在小黑麦上的研究也认为源库关系是影响小黑麦籽粒皱缩的一个有力的决定因素，而且这种显著的差异是由基因型引起的。在籽粒干物质积累过程中，源的减少明显地引起干物质积累的减少，影响籽粒饱满度^[43]。本实验进一步验证了这些结果。因此，培育小麦新品种，增加和有效地利用源是提高产量的重要途径。相比之下，籽粒充实持续期显得就不那么重要了 (-0.25%)。这与通常所认为的杂种 F_1 世代穗大、粒大是由于杂种的灌浆期较长的说法不相吻合^[10]。

2. 在小麦籽粒灌浆期，源、流、库性状普遍存在着杂种优势，粒重、饱满度、籽粒充实速率、营养体繁茂度都具有为人类需要的较大的正向超亲优势，这就给小麦利用杂种优势提供了有利条件。

3. 粒重、库容、籽粒充实速率、粒平均剑叶面积有较高的广义遗传力和较小的变异系数，受环境影响较小，遗传因素在表型中占有较大的成分，在早期世代选择也可以获得较好的效果。通过选用适宜的亲本与合理配制杂交组合，在杂种后代中可望出现源、流、库若干高产生理指标综合平衡较好的个体，经正确选择，有可能培育出粒重粒饱的高产小麦品种。饱满指数，开花当日营养体干重和籽粒充实持续期的广义遗传力较小，变异系数较大，遗传因素在表型中占的比重较小，容易受环境影响，在早代的选择应适当放宽标准。

4. 小麦高产育种是一个十分复杂的问题。生理过程受环境影响较大，在亲本选配和后代选择中不能只追求单一性状的高指标，也应充分重视源、流、库诸性状的综合平衡，有助于达到预期的育种目标。

参 考 文 献

- [1] 庄巧生、王恒立等：1963。作物学报，2(2)：117—130。
- [2] 北师大数量遗传教研组：1978。遗传学报，5(2)：147—152。
- [3] 郭平仲等：1978。同上，5(4)：293—300。
- [4] 刘洪岭：1980。作物学报，6(2)：125—129。
- [5] 沈秋泉等：1981。同上，7(4)：217—223。
- [6] 王乃玲：1981。浙江农业科学，5：226—229。
- [7] 黄志仁：1982。遗传学报，9(1)：63—70。
- [8] 张晓龙：1982。作物学报，8(2)：87—93。
- [9] 中国科学院数学研究所统计组编：1973。常用数理统计方法，科学出版社，110—116，240—244。
- [10] 西北农学院主编，1981。作物育种学，农业出版社，66—67。
- [11] Barriga, B. P.: 1979. *Agro. Ser.*, 7(1): 19—22.
- [12] Dhonukshe, B. L. and M. V. Rao: 1979. *Indian J. Gene. Plant Breed.*, 39(2): 285—291.
- [13] Saharan, R. P. and V. P. Singh: 1982. *ibid.*, 42:1—4.