

文章编号: 1003-8701(2007)04-0012-05

# 冬小麦不同组合 F<sub>1</sub> 代主要性状杂种优势分析

赵永厚

(青岛农业大学园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘要:** 在同一生态区内, 选用 24 个不同基因型的冬小麦品系作亲本配制出 12 个杂交组合, 对其 F<sub>1</sub> 代主要改良性状的杂种优势表现进行了分析。结果表明: 同一性状在不同组合中优势程度差异显著; 不同组合中, 杂种 F<sub>1</sub> 代的穗粒重、千粒重及抽穗度有较高的中亲优势乃至超亲优势。同时指出了改良指数可以作为选择强优势组合的参考指标以及 F<sub>1</sub> 代杂种优势与亲本差异程度的关系。

**关键词:** 冬小麦; 改良性状; 杂种优势

中图分类号: S512.1+1

文献标识码: A

小麦是我国乃至世界上重要的粮食作物。随着经济发展和人口增长, 世界对小麦的需求量呈急剧增长趋势。据联合国粮农组织预测, 到 2030 年全球小麦总需求量将为  $8.58 \times 10^8$  t, 比 2001 年的总产量增加 48.7%。在不可能继续增加耕地面积的情况下, 小麦需求量增加的 70% 必须依靠单产水平的大幅度提高来实现<sup>[1,2]</sup>。实践证明, 继续通过改善栽培条件来提高小麦单产的途径收效甚微。杂种优势是生物界的一种普遍现象, 可以大幅度的提高作物产量, 具有巨大的经济和商用价值<sup>[3]</sup>。因此, 充分发掘小麦产量的遗传潜力, 培育高产小麦新品种具有重大的现实意义。此项试验旨在通过对不同组合小麦 F<sub>1</sub> 代重要性状杂种优势遗传规律的研究, 获得一些有价值的结论, 以期指导小麦杂交育种过程中的优势组合的选配, 并为小麦杂种优势的进一步利用提供理论指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

此项试验于 2004 年 10 月 ~ 2005 年 6 月在莱阳农学院试验站进行。参试材料由基因型不同的 24 个亲本(LN1- LN24)及其所组配的 12 个 F<sub>1</sub> 组合(表 1)组成。各组合按母本 - F<sub>1</sub> - 父本的顺序种植, 2 行区, 行长 150 cm, 行距 15 cm, 株距 5 cm, 3 次重复, 随机区组设计。

### 1.2 试验方法

在小麦生长期, 按时调查记载小麦的生育进程。乳熟期, 各材料随机取 10 株, 调查其株高、抽穗度、旗叶面积、结实小穗数、穗粒数等性状; 收获后对千粒重、穗粒重等产量结构性状进行取样调查, 室内考种。

按杂交组合分别计算各性状的中亲优势(M)、超亲优势(P)以及各个性状在 F<sub>1</sub> 代中的改良指数(A)。它们的计算公式<sup>[4-6]</sup>为:

$$M(\%) = (F_1 - MP) / MP \times 100\% (MP: \text{双亲某一性状平均值}, F_1: F_1 \text{代某一性状平均值})$$

$$P(\%) = (F_1 - HP) / HP \times 100\% (HP: \text{某一组合高值亲本均值}, F_1: \text{同上})$$

$$A(\%) = F_i / P_i \times 100\% (F_i: F_1 \text{代中第 } i \text{ 个性状均值}, P_i: \text{组合中双亲第 } i \text{ 个性状均值})$$

表 1 杂交组合

组合	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
母本	LN1	LN2	LN3	LN4	LN5	LN6	LN7	LN8	LN9	LN10	LN11	LN12
父本	LN13	LN14	LN15	LN16	LN17	LN18	LN19	LN20	LN21	LN22	LN23	LN24

收稿日期: 2007-02-25

作者简介: 赵永厚(1972-), 男, 主要从事小麦栽培研究。

## 2 结果与分析

### 2.1 F<sub>1</sub> 代各性状平均优势

通过对各性状在 12 个杂交组合的平均优势(表 2)表现可以看出,各性状的中亲优势(M<sup>0</sup>)除穗粒数外都为正向优势,而超亲优势中仅有株高、抽穗度、千粒重、穗粒重为正向优势。各性状中亲优势强弱的次序为抽穗度 > 穗粒重 > 千粒重 > 株高 > 结实小穗数 > 穗长 > 穗粒数。超亲优势(P<sup>0</sup>)大小的次序为穗粒重 > 千粒重 > 抽穗度 > 株高 > 结实小穗数 > 穗长 > 穗粒数。比较可见,中亲优势与超亲优势变化趋势基本一致。在同一生态区内,各性状的中亲优势和超亲优势变幅较大,其中中亲优势的极差为 11.4 ~ 64.7,超亲优势的极差为 14.5 ~ 79.1,说明同一性状在不同组合中的优势差异明显,进而表明该性状有较宽的遗传变异范围,通过遗传方式可能选择到稳定遗传的优良品种。

表 2 各性状杂种优势平均值(M<sup>0</sup>、P<sup>0</sup>)、变化范围(D)和极差(R)

	株高(cm)	抽穗度(cm)	穗长(cm)	结实小穗数(个)	穗粒数(个)	千粒重(g)	穗粒重(g)
M <sup>0</sup>	4.1	21.8	0.9	2.2	-0.4	12.9	17.6
D	-5.6-11.4	-14.5-50.2	-12-6.9	2.5-8.9	-14.8-10.2	-2.9-24.8	-1.9-37.9
R	17.0	64.7	18.9	11.4	25	27.7	39.8
P <sup>0</sup>	0.4	1.6	-4.4	-2.5	-10.7	5.3	7.5
D	-11.9-9.2	-31.6-47.5	-17.2-3.7	-8.5-6.0	-20.8-3.4	-10.8-14.9	-9.4-39.3
R	21.1	79.1	20.9	14.5	24.2	25.7	48.7

### 2.2 F<sub>1</sub> 代各性状正向优势组合的出现频率

表 3 不同组合中各性状杂种优势

组合	株高	抽穗度	旗叶面积	穗长	结实小穗数	穗粒数	千粒重	穗粒重
1	2.9	6.1	3.3	2.2	0	-12.5	-4.0	7.4
	4.0	16.7	11.8	6.9	4.7	3.5	10.5	22.3
2	2.6	27.2	-20.9	-9.2	-3.5	-13.6	8.7	-9.4
	5.2	27.4	6.9	6.6	1.3	2.1	14.4	11.6
3	-5.8	47.5	11.4	-3.2	3.0	3.4	-10.8	-5.4
	-0.5	50.2	20.6	0	5.5	10.2	-1.4	7.3
4	2.3	-2.7	-11.7	-1.2	-6.8	1.4	0.3	14.2
	8.0	37.8	-4.2	5.4	3.2	10.0	13.4	18.9
5	9.2	14.5	7.1	1.9	6.0	-12.6	5.1	18.3
	11.4	56.2	8.6	6.1	8.9	-2.2	12.5	23.0
6	-11.9	33.1	-9.4	-17.2	-4.6	-18.0	9.7	-4.5
	-5.6	37.4	-3.6	-12.0	-12.0	-14.8	12.0	-1.9
7	6.4	-20.1	14.3	-4.2	-2.5	-10.1	8.7	24.8
	9.6	6.0	15.6	0.4	-2.1	3.5	16.6	26.1
8	-2.9	-21.7	-32.2	-8.7	-3.4	-13.9	-3.7	-2.7
	0.1	-14.5	-26.8	-5.2	-2.5	-9.8	-2.9	1.2
9	-1.3	-12.4	-30.2	-4.7	-6.0	-19.8	14.9	-2.0
	-0.3	-0.6	-13.7	3.0	0.5	-7.0	18.2	12.5
10	-4.0	-31.6	-38.3	-11.0	-8.5	-20.8	6.3	-6.9
	2.1	-4.9	-35.5	-4.7	0	0.7	14.6	19.1
11	8.3	-9.8	-15.5	-1.7	0.5	-3.5	7.7	16.5
	9.4	25.6	-0.7	0.3	1.4	1.1	16.6	33.3
12	-0.9	-10.9	-23.2	3.7	-4.0	-11.3	13.0	37.9
	5.7	22.8	-15.7	4.1	2.9	-6.8	24.8	39.3

注:上为中亲优势;下为超亲优势。

在 12 个不同组合中,不同性状的杂种优势还表现在它们在各组合中出现正向优势的频率不同(表 3)。株高的正向优势表现为超过高值亲本的组合占 50%,超过中值亲本的组合占 75%;抽穗度的正向优势表现为超过高值亲本的组合占 41.7%,超过中值亲本的组合占 75%;千粒重、穗粒重、穗长、结实小穗数超过高值亲本的正向优势组合分别占 75%、50%、25%和 25%,超过中值亲本的正向优势组合分别占 83.3%、91.7%、66.7%和 66.7%。说明株高、抽穗度、千粒重、穗粒重、穗长、结实小穗数在多数组合中表现为倾高遗传,即这些性状在 F<sub>1</sub> 代表现为不同程度的显性效应或超显性效应,而穗粒数、旗叶面积超过高值亲本的正向优势组合占 16.7%和 33.3%,超过中值亲本的组合占 58.3%和 41.7%,这两个性状在 F<sub>1</sub> 代中可能是加性效应占主导地位。分析可知,各性状正向中亲优势与超亲优

势组合出现的频率不尽一致,说明各性状的杂种优势遗传机制不同。澄清各性状杂种优势的遗传机制,对强优势组合的选配和优良品种的选育无疑有重大的指导意义。

### 2.3 亲本差异程度与 $F_1$ 代杂种优势的关系

一般而言,在杂交育种中,性状差异越大,杂种优势越明显<sup>[4]</sup>,但是由于不同性状的遗传机制不同,由此表现的杂种优势也不同。本试验通过对 12 个组合的每个性状的差异变化率与杂种优势在组合中的出现频率比较(表 4): 性状旗叶面积差异很大,但是杂种优势不明显,说明旗叶面积的遗传可能受非加性效应作用比较小,遗传力较高;而抽穗度、穗粒重、千粒重、穗长性状差异相对较大,其杂种优势也较强,说明在这些性状上亲本差异越大, $F_1$  代的杂种优势也越大,选配出强优势组合的几率也越大。由上可知,并非所有的性状都遵循“差异越大,优势越明显”的基本规律,非加性遗传效应小的性状,杂种优势不明显。对某些性状而言,亲代差异越大,子代的性状差异也越大,说明性状差异大的亲本其  $F_1$  代的性状分离越广泛,从中选择的余地也越大。

表 4 亲代性状差异率(%)与  $F_1$  正向优势组合率(%)的关系

项目	株高	抽穗度	旗叶面积	穗长	结实小穗数	穗粒数	千粒重	穗粒重
亲代性状差异率	30.2	142.1	87.8	36.0	27.0	55.6	38.1	65.5
$F_1$ 性状差异率	12.9	79.9	61.4	21.4	16.7	42.3	28.8	38.3
中亲优势组合率	75.0	75.0	41.7	66.7	66.7	58.0	83.3	91.7
超亲优势组合率	50.0	41.7	33.3	25.0	25.0	16.7	75.0	50.0

注: 亲代性状差异率 = (高值亲本 - 低值亲本) / 低值亲本  $\times$  100%

$F_1$  性状差异率 = (高值  $F_1$  - 低值  $F_1$ ) / 低值  $F_1$   $\times$  100%

中亲优势组合率 = 正向中亲优势组合数目 / 全部组合数目  $\times$  100%

超亲优势组合率 = 正向超亲优势组合数目 / 全部组合数目  $\times$  100%

### 2.4 $F_1$ 代性状改良指数与杂种优势出现率的关系

从亲代到子代各性状都有不同程度的改良,但是各个性状的改良程度不同。为此,本文将改良指数与杂种优势表现率做了比较(表 5): 性状的杂种优势随着改良指数的增加而明显增大,株高、抽穗度、穗长、结实小穗数、千粒重、穗粒重的改良指数均大于 1,其中亲优势表现频率均超过 58.3%,仅旗叶面积受非加性效应的作用较小,中亲优势不明显。本试验表明,性状改良指数与杂种优势出现频率呈一定的正相关关系,因此,多组合下性状杂种优势表现频率可作为判断小麦性状改良指数大小的依据。

表 5 改良指数与中亲优势出现频率

项目	株高	抽穗度	旗叶面积	穗长	结实小穗数	穗粒数	千粒重	穗粒重
改良指数	1.04	1.2	0.96	1.01	1.02	0.99	1.13	1.17
中亲优势频率	75.00	75.00	41.70	66.70	66.70	58.30	83.30	91.70

## 3 讨 论

### 3.1 不同产量水平下杂种优势

产量因素的形成是产量构成因素优势互补与积累的结果,国内外众多学者研究认为,杂交小麦在产量方面存在明显的杂种优势<sup>[7]</sup>。产量杂种优势是亩穗数、穗粒数、千粒重三要素协调作用及其各自杂种优势的综合作用的表现。本试验研究发现,产量杂种优势近似等于各产量构成因素的总和。因此,研究单株产量及其构成因素杂种优势遗传规律对推进小麦杂种优势在生产上的利用具有重要意义。但是前人对小麦产量构成因素的杂种优势进行许多研究,大都把不同的产量水平放在一起综合分析,在此项试验所分析的 12 个杂交组合中,对不同组合同一性状及同一组合不同性状的杂种优势间的关系进行分析,对于最大限度的发掘产量优势具有重要的意义。此项试验表明,小麦的主要农艺性状的杂种优势相当普遍,且以单株产量如千粒重、穗粒重、穗长、结实小穗数等的优势表现最为明显,这与前人研究的结果是相吻合的,表明杂交小麦具有较高的增产潜力<sup>[8]</sup>。

### 3.2 性状差异程度与杂种优势的关系

一般而言,在杂交育种中,性状差异越大,杂种优势越明显<sup>[4]</sup>,但是由于不同性状的遗传机制不同,由此表现的杂种优势也不同。此项试验利用 10 个不同遗传型的冬小麦作亲本配制出 12 个杂交组

合, 在对其  $F_1$  代主要改良性状的杂种优势表现进行研究分析的基础上, 得出性状差异与杂种优势有一定关联性的结论, 大部分性状亲本差异较大, 其杂种优势也较强,  $F_1$  代的杂种优势也越大, 选配出强优势组合的几率也越大。但是某些性状如旗叶面积的遗传受非加性效应作用小, 遗传力高, 杂种优势不明显。因此, 并非所有的性状都遵循“差异越大, 优势越明显”的基本规律, 非加性遗传效应小的性状, 杂种优势不明显。通过本试验对各性状在 12 个杂交组合的平均优势分析得出, 各性状中亲优势与超亲优势变化趋势是基本一致的。

此项试验还表明, 不同性状的杂种优势在各组合中出现的正向优势的频率不同, 这说明各性状的杂交遗传机制是不同的, 各性状  $F_1$  表现在很大程度上取决于双亲的平均值, 这也与前人研究结果基本一致<sup>[9]</sup>。因此, 在小麦杂种优势利用以及小麦杂交育种中必须正确的选配亲本, 进行配合力测定, 选择配合力高, 性状良好且互补的亲本作材料才能获得具有较强优势和巨大增产潜力的杂种。

### 3.3 小麦杂种优势利用

杂种优势是农作物提高产量、改良品质的一个重要而有效的途径。我国杂种小麦已进入大面积示范阶段, 经科学工作者不懈的努力, 杂种小麦将为大幅度地提高我国粮食生产做出贡献。但是杂交小麦至今并未在生产上大面积推广。其原因是多方面的。首先选配强优势组合是小麦杂种优势利用的关键环节之一<sup>[10]</sup>。强优势组合的选配预见性差, 且涉及性状的稳定遗传和相互影响是影响杂种优势的一个方面。前人对此做了大量的研究: 指出各性状存在可利用的杂种优势, 并分析了杂种  $F_1$  主要农艺性状表现与亲本间的关联性<sup>[11]</sup>。冯朝章探讨了性状间杂种优势的相关性<sup>[7]</sup>。刘录祥等认为, 杂交小麦比纯系品种对环境更稳定<sup>[11]</sup>。宋希云等<sup>[12]</sup>提出“杂种优势型”的概念, 认为通过不同类型品种的杂交, 有望获得强优势组合。这些研究均为指导强优势组合的选配奠定了基础。其次, 小麦  $F_1$  代杂种优势的研究主要集中于产量性状, 要选育出能在生产上应用推广的杂种小麦, 不仅要考虑小麦的产量性状, 还要兼顾品质性状及农艺性状, 迄今, 国内外学者对小麦品质性状间以及品质性状与产量性状间的相关已做了较多的分析<sup>[13-16]</sup>。宋希云等<sup>[12, 17]</sup>研究证明, 产量优势与品质性状是呈正相关的。不同的亲本组合在不同的种植条件下及不同的年份间各性状会有很大的差异<sup>[18]</sup>, 因此, 在群体条件一致下进行筛选, 育成既具有较高的产量优势, 又兼顾各种优良性状的杂种小麦, 实现大面积的生产是小麦杂种优势利用的主要目标。另外制种技术不成熟也是制约杂交小麦难以推广的限制因素<sup>[19]</sup>。杂交制种的产量水平相对较低, 制种研究规模小, 主要停留在育种者的试验田规模上, 亟待大型种子公司的加盟和参与。杂种小麦研究的科研力量与经费投入明显不足。加强繁种制种技术与栽培技术研究, 加强强优势组合的选配, 配以高效的制种技术和高产的栽培措施, 就会使我国小麦单产水平进一步提高。

#### 参考文献:

- [1] 田纪春. 超级小麦的概念、育种目标和任务[J]. 山东农业科学, 2004(5): 18-21.
- [2] 万富世. 新世纪中国的小麦及其发展对策[A]. 中国育种与产业化进展[C]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 1-16.
- [3] 兰进好, 张宝石, 周鸿飞. 作物杂种优势遗传基础研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 114-119.
- [4] 朱 军. 遗传学第三版. [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 333-339.
- [5] 张爱民. 植物育种亲本选配的理论与方法[M]. 北京: 农业出版社, 1994: 25-30.
- [6] 傅煥廷. 遗传学实验[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1986: 35-40.
- [7] 冯朝章, 余泽高. 小麦  $F_1$  杂种优势分析[J]. 湖北农学院学报, 1994, 14(3): 14-18.
- [8] 潘家驹. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 82-105.
- [9] 黄铁城. T型杂交小麦主要性状与亲本的相关性[J]. 北京农业科学, 1992(1): 29-32.
- [10] 张爱民, 黄铁城. 小麦杂种优势利用途径与研究进展[J]. 作物杂志, 1997(5): 16-20.
- [11] 李 伟, 郑有良, 兰秀锦. 小麦新品种(系)的杂种优势分析[J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(4): 280-283.
- [12] 宋希云. 杂种小麦强优势组合选配规律的研究. 杂种优势分析[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19(增): 37-44.
- [13] Kibite S, Evans L E. Causes of negative correlations between grain yield and grain protein concentration in common wheat [J]. Euphytica, 1984, 33: 801-810.
- [14] 李宗智, 常文锁. 冬小麦种质资源品质及其它农艺性状相关分析和综合评价[J]. 河北农业大学学报, 1988, 11(3): 82-87.
- [15] 李宗智, 孙馥亭, 张彩英, 等. 不同小麦品种品质特性及其相关性的初步研究[J]. 中国农业科学, 1990, 23(6): 35-41.

- [16]朱金宝. 小麦品质性状遗传及性状相关的研究[J]. 莱阳农学院学报, 1988, 5(2): 1-6.
- [17]蔡秋芳, 李世平, 宋希云, 等. 普通小麦品质性状强优势组合选配规律研究[J]. 莱阳农学院学报, 1998, 15(2): 89-93.
- [18]阮仁武, 傅大雄, 戴秀梅. 小麦主要产量性状的杂种优势和遗传分析[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(1): 141-145.
- [19]张爱民, 刘冬成, 黄铁成, 等. 杂种小麦育种战略[J]. 中国农业科技学报, 2002, 4(5): 42-48.

## Analysis of Heterosis on Main Characteristics in $F_1$ of Different Crossing Combination of Wheat

ZHAO Yong-hou

(Horticultural College, Laiyang Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: In this study, 24 genotypes of wheat and 12 of their  $F_1$  hybrids were planted in the same field. The analysis of heterosis on their main characters showed that difference on the same character among 12 crossing combinations was significant. The characters of weight per ear, 1000 grain weight and heading degree have the higher heterosis. The results also showed that the ameliorative index could become the guideline when selecting high heterosis and there were some relationship between the difference of the two parents and the heterosis of their  $F_1$  hybrids.

Key words: Wheat; Ameliorative character; Heterosis

(上接第 5 页)时的直链淀粉含量达到最高值。

氮肥用量在 0、45、90、135  $\text{kg}/\text{hm}^2$  密度与蛋白质含量呈曲线关系; 氮肥用量在 135  $\text{kg}/\text{hm}^2$  条件下密度与蛋白质含量呈直线关系。12.5~16.7 穴/ $\text{m}^2$  密度时的蛋白质含量达到最高值。

氮肥用量和密度对碾米品质和垩白度都有明显的影响作用, 其中氮肥的影响作用明显大于密度。

参考文献:

- [1] 张龙步, 等. 水稻田间试验方法与测定技术[M]. 沈阳: 辽宁省科学技术出版社, 1993.
- [2] 张三元, 等. 水稻品种稻米品质研究 I 不同环境条件对稻米品质的影响[J]. 吉林农业科学, 1998(4): 6-9.
- [3] 柳金来, 宋继娟, 周柏明, 等. 氮肥施用量与水稻品质的关系[J]. 土壤肥料, 2005(1): 19-23.
- [4] 熊振民, 蔡洪法. 中国水稻[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992, 164-172.
- [5] 柳金来, 宋继娟. 水稻长期施用钾肥的增产效应及施用方法[J]. 农业科技, 1995(5): 22.
- [6] 奥野员敏. 米のたんぱく質と脂質. 日本の稻育种, 1992, 186-196.

## Studies on Relationships between Plant Density and Nitrogen Application and quality of Rice

SONG Ji-juan, LIU Jin-lai, LIU Rong-qing, et al.

(Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Hailong 135007, China)

Abstract: Amylose content of rice was negatively linear correlated with plant density under low nitrogen application, i.e. amylose content was lower when plant density increased. Whereas amylose content of rice was curve correlated with plant density under high nitrogen application. Amylose content was the highest when plant density was 13.4~16.0 hills/ $\text{m}^2$ . Protein content was curve correlated with plant density when nitrogen application was 0~135  $\text{kg}/\text{hm}^2$ . Protein content was linear correlated with plant density when nitrogen application was 180  $\text{kg}/\text{hm}^2$ .

Key words: Rice; Fertilizer; Plant density; Quality of rice