

# 杂种小麦产量与产量因素配合力间的关系\*

马学峰 杨天章 张晓琴 牛芝霞 刘宏伟

(西北农业大学小麦研究所, 陕西杨陵 712100)

**摘要** 通过  $12 \times 6$  个小麦品系不完全双列杂交, 对供试亲本及其杂交组合的产量配合力与产量因素性状配合力间的关系进行了研究。结果表明: 籽粒产量的配合力相对效应值近似等于 3 个产量构成因素的配合力相对效应值之和, 也近似等于生物产量配合力相对效应值与收获指数配合力相对效应值之和。杂种  $F_1$  代的籽粒产量是各组合产量总平均值及其与 9 种配合力相对效应值(产量 3 因素的双亲一般配合力和组合特殊配合力的相对效应值)乘积相加的产物。此外, 还讨论了根据配合力选配强优势组合的问题。

**关键词** 杂种小麦, 小麦产量, 产量因素, 配合力

**中图分类号** S512.103.51, S534.5

前人研究结果<sup>[1~6]</sup>表明, 小麦产量的一般配合力与 3 个产量构成因素的一般配合力有关, 吕德彬<sup>[3,4]</sup>曾指出, 产量与其构成因素的特殊配合力间具有一定关系。有些学者<sup>[7]</sup>企图探明这种关系, 但一直未被揭示。张爱民等<sup>[8]</sup>发现, 产量的杂种优势近似等于各产量构成因素杂种优势之和。但对产量配合力与各产量因素配合力之间的关系仍不清楚。因此, 弄清这种关系, 无疑对亲本选配和强优组合的筛选与预测具有普遍指导意义。

## 1 材料和方法

用具有 *Ae. Kotschyi*, *Ae. variabilis*, *Ae. triuncialis*, *Ae. sharonensis* 和 *Ae. uniaristata* 5 种山羊草细胞质(简称 K、V、L、Sh 和 Un 质)的 10 个异质小麦和 2 个本质小麦(A 质)的品系 83(21)35 (简称 35) 和 84-1 共 12 个材料, 即 K-35、K-84-1、V-35、V-84-1、L-35、L-84-1、Sh-35、Sh-84-1、Un-35、Un-84-1、A-35 和 A-84-1 等做母本, 与阿勃、84129-2、893-1、T-6-3、T2433 和 T997 等 6 个父本作  $12 \times 6$  个不完全双列杂交, 采用裂区设计播种于大田, 3 次重复。主区设置同质杂种, 副区设置同质异核杂种。2 行区, 行长 1 m, 行距 0.23 m, 株距 0.067 m。成熟时对有关性状进行调查, 每小区取样 10 株, 以小区平均值进行配合力分析。考虑到不同产量性状单位的不同, 故以配合力的相对效应值(RGCA, RSCA 和 RTCA)代替绝对效应值(GCA, SCA 和 TCA)进行分析。

## 2 结果与分析

对有关性状配合力相对效应值及其间关系的分析结果(表 1, 2)表明, 大多数亲本和组合的  $A+B+C$ ,  $M+H$  和  $Y$  是很相近的(如 A-35), 其中少数差异较大的原因是取样误差所致。对  $A+B+C$ ,  $M+H$  与  $Y$  值进行符合性成对比较测验表明, 其差异均未达到显

收稿日期: 1995-02-21

\* 国家攀登计划资助项目

著水平。进一步分析表明,产量配合力相对效应值近似等于 3 个产量构成因素配合力相对效应值之和,也近似等于生物产量与收获指数配合力相对效应值之和。具体关系为:

$$\begin{aligned}
 \text{a.} \quad & RG_{y_i} \approx RG_{A_i} + RG_{B_i} + RG_{C_i} \approx RG_{M_i} + RG_{H_i} \\
 & RG_{y_j} \approx RG_{A_j} + RG_{B_j} + RG_{C_j} \approx RG_{M_j} + RG_{H_j} \\
 \text{b.} \quad & RS_{y_{ij}} \approx RS_{A_{ij}} + RS_{B_{ij}} + RS_{C_{ij}} \approx RS_{M_{ij}} + RS_{H_{ij}} \\
 \text{c.} \quad & RT_{y_{ij}} \approx RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}} \approx RT_{M_{ij}} + RT_{H_{ij}}
 \end{aligned}$$

式中, $G, S, T$  分别为一般配合力、特殊配合力和配合力总效应值; $R$  为相对值; $RG_{y_i}$  为第  $i$  个母本产量一般配合力相对效应值; $RG_{y_j}$  为第  $j$  个父本产量一般配合力相对效应值; $RS_{y_{ij}}$  为第  $i$  个母本与第  $j$  个父本组合时,产量的特殊配合力相对效应值;其它符号类似。

以上关系从理论上也可证明。设有  $m$  个母本与  $n$  个父本杂交共得  $m \times n$  个不完全双列杂交组合。再假定: $U_y$  为  $m \times n$  个组合产量的总平均值; $U_A, U_B, U_C$  分别为 3 个产量构成因素  $m \times n$  个组合的总平均值。

$$\text{第 } i \times j \text{ 组合的产量为} \quad Y_{ij} = A_{ij} \cdot B_{ij} \cdot C_{ij} \quad (1)$$

$$Y_{ij} \text{ 也可表示为} \quad Y_{ij} = U_y + T_{y_{ij}} = U_y(1 + RT_{y_{ij}}) \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{而} \quad & A_{ij} \cdot B_{ij} \cdot C_{ij} = (U_A + T_{A_{ij}})(U_B + T_{B_{ij}})(U_C + T_{C_{ij}}) \\
 & = U_A U_B U_C (1 + RT_{A_{ij}})(1 + RT_{B_{ij}})(1 + RT_{C_{ij}}) \\
 & = U_A U_B U_C (1 + RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}} + RT_{A_{ij}} \cdot RT_{B_{ij}} \\
 & \quad + RT_{A_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}} + RT_{B_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}} + RT_{A_{ij}} \cdot RT_{B_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}})
 \end{aligned}$$

一般情况下, $RT_{A_{ij}} \cdot RT_{B_{ij}}, RT_{A_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}}, RT_{B_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}}$  和  $RT_{A_{ij}} \cdot RT_{B_{ij}} \cdot RT_{C_{ij}}$  相当小,可以忽略,则

$$A_{ij} \cdot B_{ij} \cdot C_{ij} \approx U_A U_B U_C (1 + RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}}) \quad (3)$$

$m \times n$  个组合的总产量为

$$\begin{aligned}
 mnU_y &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot B_{ij} \cdot C_{ij} \approx U_A U_B U_C \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (1 + RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}}) \\
 &\approx U_A U_B U_C (mn + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{A_{ij}} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{B_{ij}} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{C_{ij}})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \because \quad & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{A_{ij}}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{B_{ij}} \text{ 及 } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{C_{ij}} \text{ 都为 } 0, \\
 \therefore \quad & mnU_y \approx mnU_A U_B U_C \quad \text{故} \quad U_y \approx U_A U_B U_C \quad (4)
 \end{aligned}$$

把(2),(3)式代入(1)式,则有

$$U_y(1 + RT_{y_{ij}}) \approx U_A U_B U_C (1 + RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}}) \quad (5)$$

$$\text{将(4)式代入(5)式,得} \quad 1 + RT_{y_{ij}} \approx 1 + RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}}$$

$$\text{故} \quad RT_{y_{ij}} \approx RT_{A_{ij}} + RT_{B_{ij}} + RT_{C_{ij}} \quad (6)$$

即组合产量配合力总效应相对值近似等于 3 个产量因素配合力总效应相对值之和。

$$\text{由(6)式知,} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{y_{ij}} \approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{A_{ij}} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{B_{ij}} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n RT_{C_{ij}}$$

$$\text{左边} = \sum_{i=1}^m (RG_{y_i} + RG_{y_j} + RS_{y_{ij}}) = mRG_{y_j}$$

$$\begin{aligned} \text{右边} &= \sum_{i=1}^m (RG_{A_i} + RG_{A_j} + RS_{A_{ij}}) + \sum_{i=1}^m (RG_{B_i} + RG_{B_j} + RS_{B_{ij}}) \\ &+ \sum_{i=1}^m (RG_{C_i} + RG_{C_j} + RS_{C_{ij}}) = mRG_{A_j} + mRG_{B_j} + mRG_{C_j} \end{aligned}$$

$$\text{所以} \quad RG_{Y_j} \approx RG_{A_j} + RG_{B_j} + RG_{C_j} \quad (7)$$

$$\text{同理可得} \quad RG_{Y_i} \approx RG_{A_i} + RG_{B_i} + RG_{C_i} \quad (8)$$

即产量一般配合力相对效应值近似等于 3 个产量因素一般配合力相对效应值之和。

$$\text{由(6)~(8)可得:} \quad RS_{Y_{ij}} \approx RS_{A_{ij}} + RS_{B_{ij}} + RS_{C_{ij}} \quad (9)$$

即某组合产量特殊配合力相对效应值近似等于 3 产量因素特殊配合力相对效应值之和。用同样方法也可证明产量配合力与生物产量和收获指数配合力之间的类似关系。试验与理论结果完全一致,说明前述一系列关系是客观存在的、可靠的。需要说明的是,在推证过程中,忽略了相对效应值的二次项(即理论偏差)。为了进一步估计二次项在实际中所占份量,对表 1, 2 后三列又进行了相关分析(表 1 中,  $r_{A+B+C,Y} = 0.9917^{**}$ ,  $r_{M+H,Y} = 0.9949^{**}$ ; 表 2 中,  $r_{A+B+C,Y} = 0.9543^{**}$ ,  $r_{M+H,Y} = 0.9933^{**}$ ), 结果均极显著,说明二次项对这种关系的影响可以忽略。

表 1 产量性状一般配合力相对效应值  $R(CA(\%))$  关系分析

亲本	单株穗数 A	单穗粒数 B	千粒重 C	单株生物量 M	收获指数 H	A+B+C	M+H	单株籽粒产量 Y
A-35	-2.44	23.93	4.58	8.31	19.84	26.07	28.15	26.92
K-35	-10.45	-1.56	-2.54	-2.46	-11.95	-14.55	-14.41	-12.03
V-35	-8.73	-3.27	13.43	-5.72	9.48	1.43	3.76	1.47
L-35	-3.89	-30.81	14.55	-6.00	-21.76	-20.15	-27.76	-24.63
Sh-35	-4.81	-41.46	14.05	-0.75	-27.69	-32.22	-28.44	-29.24
Un-35	-2.88	18.93	-2.72	0.69	16.18	13.33	16.87	14.38
A-84-1	9.00	29.07	-12.39	12.82	15.06	25.68	27.88	27.25
K-84-1	1.73	25.34	-17.23	4.19	10.80	9.84	14.99	13.11
V-84-1	4.90	25.10	-10.09	3.18	19.77	19.91	22.95	20.97
L-84-1	5.76	-27.74	4.94	-3.42	-17.14	-17.04	-20.56	-17.94
Sh-84-1	7.17	-40.51	5.93	-11.75	-27.79	-27.41	-29.54	-34.46
Un-84-1	4.64	22.97	-12.56	0.90	15.21	15.05	16.11	14.22
阿勃	-2.24	-17.08	-1.06	-0.33	-20.90	-20.38	-21.23	-20.23
84129-2	-0.38	-9.37	7.16	-4.13	2.57	-2.59	-1.56	-0.93
893-1	-4.33	-10.98	-0.50	-5.86	-14.11	-15.81	-19.97	-17.52
T-6-3	6.77	3.54	-2.93	1.30	8.21	7.38	9.51	9.28
T2433	-19.30	29.82	0.09	-0.72	15.29	10.61	14.57	11.86
T997	19.47	4.07	-2.76	9.74	8.94	20.78	16.86	17.53

注:与 Y 的符合性 t 测验值 ( $t_{0.05,17} = 2.100$ );  $t_{A+B+C,Y} = 0.007$ ;  $t_{M+H,Y} = 1.071$ 。

如果将配合力相对效应值转换成绝对效应值,则不难推出另一些关系(公式从略),即产量配合力绝对效应值近似等于 3 个产量因素各自配合力绝对效应值分别与其两个因素各自总平均值的乘积之和,也近似等于生物产量配合力绝对效应值与收获指数总平均值的乘积和收获指数配合力绝对效应值与生物产量总平均值的乘积之和。

表 2 产量性状特殊配合力相对效应值  $RSCA(\%)$  关系分析

组 合	单株穗数 A	单穗粒数 B	千数重 C	单株生物量 M	收获指数 H	A+B+C	M+H	单株籽粒 产 量 Y
A-35×T2433	1.98	-20.89	2.27	-8.54	-15.11	-16.64	-23.65	-22.23
K-35×T2433	-5.06	7.77	18.01	7.1	5.68	20.72	12.78	11.45
V-35×T2433	10.26	-19.66	-2.38	8.28	-14.14	-11.78	-5.86	-2.98
L-35×T2433	2.13	22.37	-6.79	2.98	17.73	17.71	20.71	14.47
Sh-35×T2433	-0.40	34.84	-4.73	-0.19	28.83	29.71	28.64	29.63
Un-35×T2433	-3.64	-8.24	0.82	-13.74	-8.29	-11.06	-22.03	-22.08
A84-1×T2433	-0.10	-26.77	5.68	-6.77	-15.89	-21.19	-22.66	-21.01
K84-1×T2433	-5.41	-22.16	5.46	-10.46	-14.86	-22.11	-25.32	-23.59
V84-1×T2433	-4.42	-17.30	9.22	4.24	-15.75	-12.50	-11.51	-7.99
L84-1×T2433	1.43	32.18	-16.62	15.84	7.62	16.99	23.46	21.95
Sh84-1×T2433	1.61	39.19	-10.42	2.21	36.80	30.38	39.01	31.17
Un84-1×T2433	1.61	-21.32	-0.51	-0.96	-12.61	-20.22	-13.57	-11.78

注:1)数值仅以 T2433 组合为例;2)与 Y 的符合性  $t$  测验值 ( $t_{0.05,11}=2.201$ );  $t_{A+B+C,Y}=0.136$ ;  $t_{M+H,Y}=0.245$ .

明确了上述各种关系后,杂种一代的产量与有关产量性状配合力间的关系也就清楚了。这里只分析一下杂种一代产量与 3 个产量构成因素配合力间的关系。

某组合杂种一代的产量为:  $Y_{ij}=U_Y+T_{Yij}=U_Y(1+RT_{Yij})$

将(6)式代入,得  $Y_{ij}\approx U_Y(1+RT_{Aij}+RT_{Bij}+RT_{Cij})$

将上式进一步分解,则有

$$Y_{ij}\approx U_Y(1+RG_{A.}+RG_{A,j}+RS_{Aij}+RG_{Bi.}+RG_{B,j}+RS_{Bij}+RG_{Ci.}+RG_{C,j}+RS_{Cij}) \quad (10)$$

上式表明,杂种  $F_1$  代产量与各产量构成因素父母本的一般配合力和组合的特殊配合力(共 9 种配合力)都有关,而且这 9 种配合力的相对效应值对杂种产量的贡献是一种平行的相加关系,由此说明,父母本、产量 3 因素、一般配合力和特殊配合力对杂种产量都起着不可代替的重要作用。

虽然杂种产量是 9 种配合力相对效应值平行相加的产物,但并不意味着 9 种配合力对产量贡献的大小是相等的。对具体组合来说,可能有些作用大,有些作用小;有些是正向作用,有些是负向作用,很难一个组合 9 种配合力都很高。深入研究这些关系,弄清哪几个配合力对产量影响较大,哪些相对次要,在育种实践中,对亲本的选配、主要性状的选择、强优组合的预测,无疑会具有一定指导意义。有关这部分工作,还需进一步研究。

### 3 讨 论

配合力相对效应值的概念,早就有人提出并应用过<sup>[9~11]</sup>。由于一般配合力和特殊配合力效应都是以总平均值为基础估算的,同一试验在不同年份、不同条件下的结果往往会不同。为了便于比较,有些学者便采用相对效应值,以消除在配合力估值上的偏差。同时配合力相对效应也可消除不同性状单位上的差别,有利于不同性状间配合力的比较,也使不同性状间配合力的关系更加明晰。本研究采用配合力相对效应值的方法,从而揭示了产量配合力与产量构成因素性状配合力间的依从关系。因此建议在研究有关配合力时,尽量采用配合力相对效应。

与杂种玉米一样,配合力对杂种小麦选育也有同样指导作用。但仅根据产量配合力选

亲本和选组合不容易看到优良亲本和优势组合的优势因素,也不易看到不良亲本和劣势组合的问题所在,这样在进一步改良亲本和提高组合产量水平时就比较盲目。本研究表明,产量配合力相对效应值近似等于各产量构成因素配合力相对效应值之和,因此,在选配亲本和组合时,除考虑产量配合力外,还宜结合考虑产量构成因素的配合力,以便具体分析造成杂种优势强弱的原因,从而更有针对性地选择、改良亲本和选配组合。

### 参 考 文 献

- 1 孙其信,郭玉响. T型杂种小麦优势表现的形态及遗传基础. I. 杂种优势和配合力效应的关系. 北京农业大学学报, 1985(11)4: 65~74
- 2 李希陵,任荫汉,张乃生等. T型杂交小麦优势及配合力的初步研究. 山西农业科学, 1980(9): 9~13
- 3 吕德彬. 杂交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
- 4 吕德彬,范潇. 普通小麦几个主要产量性状的配合力分析. 北京农业大学学报, 1985(11)4: 35~44
- 5 宋希云,黄铁城,张爱民. 杂种小麦强优势组合选配规律的研究. I. 配合力分析. 北京农业大学学报, 1993(19)增刊: 45~52
- 6 Sayed H I. Combining ability for yield and its component characters in wheat. Proc 5th Int Wheat Genet Symp, 1978 (2): 626~634
- 7 柴守城. T型杂种小麦配合力研究. 北京农业大学学报, 1985(11)4: 45~52
- 8 张爱民,孙其信. 杂种小麦产量优势与产量因素优势的关系. 作物学报, 1993(19)1: 94~96
- 9 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作为数量遗传. 北京: 农业出版社, 1984: 206~281
- 10 李丹,曹镇北,张宗文等. 玉米种质的配合力分析. 见: 玉米育种研究进展. 北京: 科学出版社, 1992: 76~80
- 11 王保军. T型杂交小麦优势的研究. 北京农业大学学报, 1985(11): 4: 23~34

## The Relationship of Combining Abilities Between Yield and Its Components in Hybrid Wheat

Ma Xuefeng Yang Tianzhang Zhang Xiaoqin Niu Zhixia Liu Hongwei

(Wheat Research Institute, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** 72  $F_1$ s, derived from a  $12 \times 6$  incomplete diallels were used to study the combining ability relationship between yield and its components in hybrid wheat. It was showed that the relative value of the combining abilities of grain yield approximately equals to the sum of that of three yield components, or to the sum of that of biomass and harvest index. The practical grain yield of a cross was the results of the average yield of total crosses added by the products of it multiplied by nine kinds of relative value of combining abilities (RGCA and RSCA for three yield components) respectively. In addition, the way how to choose parental materials for higher heterosis was discussed according to the combining abilities.

**Key words** hybrid wheat, wheat yield, yield component, combining ability