

# 杂种小麦籽粒品质性状的杂种优势

郝贵霞<sup>①</sup> 宋希云 尤明山 刘广田  
(植物遗传育种系)

**摘要** 利用6个T型不育系及其保持系和5个恢复系配制30个T质杂种和30个相应的A质杂种,另外选用4个K型不育系与2个K型恢复系配置8个K质杂种和8个相应的A质杂种,研究杂种F<sub>1</sub>和杂种F<sub>2</sub>品质性状的杂种优势。研究结果表明:T质、K质及A质杂种F<sub>1</sub>和F<sub>2</sub>的籽粒胚乳蛋白质含量、干、湿面筋含量均表现较强的杂种优势,杂种优势变异范围大,多数组合呈正向优势且具有较高的超亲优势,与前人的结论不一致,说明利用杂种优势提高杂种小麦的籽粒胚乳蛋白质含量、干、湿面筋含量是可能的。T质、K质及A质杂种F<sub>1</sub>和F<sub>2</sub>籽粒胚乳的Zeleny沉淀值的杂种优势以负向为主,说明利用杂种优势提高杂种小麦的籽粒胚乳Zeleny沉淀值,提高小麦烘烤品质具有一定困难,但各类杂种都有一定数量组合的F<sub>1</sub>和F<sub>2</sub>的Zeleny沉淀值表现一定程度的正向杂种优势,因此通过正确选择亲本组合配强优势组合,利用杂种优势提高沉淀值是有可能的。

**关键词** 杂种小麦; 胚乳品质性状; 杂种优势

**中图分类号** S512

## Heterosis of Grain Quality Characters of Hybrid Wheat

Hao Guixia Song Xiyun You Mingshan Liu Guangtian  
(Dept. of Plant Genetics and Breeding)

**Abstract** 30 hybrids with *T. timopheevi* cytoplasm and 30 hybrids with *T. aestivum* cytoplasm were obtained from crossing 6 T-type male sterile lines and their B-lines with 5 T-type restoring lines. Meanwhile 8 hybrids with Aekotschyri cytoplasm and 8 hybrids with *T. aestivum* cytoplasm were obtained similarly with 4 K-type male sterile lines and 2 K-type restoring lines. The heterosis of grain quality characters of their F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generation were studied. The results showed that the heterosis of grain protein content, dry and wet gluten content in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generation hybrids with *T. timopheevi*- or *Ae. kotschyri*- or *T. aestivum* cytoplasm were significant, and their variation ranges were also bigger. Most of these crosses presented positive heterosis over both parents. These results were different from previous studies, thus suggesting the possibility of increasing grain protein content, dry and wet gluten content of hybrid wheat by means of heterosis. However, the heterosis of Zeleny sedimentation values of F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> hybrids were mainly negative, suggesting that it is difficult to increase Zeleny sedimentation value and bread baking quality through

收稿日期: 1996-10-14

①郝贵霞,北京清华东路35号北京林业大学,100083

hybrid wheat. Even though, to some extent certain  $F_1$  and  $F_2$  hybrids of some crosses still possessed positive heterosis for Zeleny sedimentation value, thus it is also possible to improve sedimentation value by selecting suitable parents and crosses.

**Key words** hybrid wheat; quality characters; heterosis

自1919年Freeman最早描述小麦杂种优势以来的研究表明:小麦在产量、品质及农艺性状等方面普遍存在杂种优势,且农艺性状杂种优势较强,品质性状杂种优势较弱,但品质性状杂种优势因研究者和试验材料的不同而结论有所不同。

籽粒胚乳蛋白质含量是衡量小麦品质的主要指标之一,有研究表明籽粒蛋白质含量存在杂种优势,但多数研究认为其为负值或极小的正值<sup>[1~6]</sup>。王明理等<sup>[2]</sup>对T型杂种小麦研究表明籽粒胚乳蛋白质含量的优势较小,变异范围较窄,要配置籽粒蛋白质含量高的杂种小麦,必须从选择高蛋白质含量的双亲入手;陈希勇<sup>[4]</sup>研究表明:尽管蛋白质含量的平均优势为负值,但不同组合变幅很大,认为通过适当选配亲本,可以利用杂种优势提高蛋白质含量;宋希云等<sup>[8]</sup>利用不同类型的亲本对普通小麦品质性状杂种优势的表现规律进行了研究,表明低×低和中×中组合杂种优势较高,而高×高优势较低。还有研究表明:籽粒蛋白质含量在 $F_1$ 中有不同遗传表现,可以出现倾低亲、倾中亲、倾高亲以及超高亲等类型。

面粉中面筋含量和质量对小麦的烘烤品质有决定性的作用,沉淀值是评价面筋质量的一个重要指标。关于面筋含量和沉淀值杂种优势大小各研究结果相差较大,有研究表明:沉淀值以正向优势为主,干、湿面筋含量以负向优势为主<sup>[6]</sup>;有的研究与此相反:沉淀值以负向优势为主,干、湿面筋含量以正向优势为主<sup>[7,11]</sup>;有研究认为:干面筋含量表现正向优势,湿面筋含量和沉淀值表现负向优势<sup>[8]</sup>,还有研究认为沉淀值和干、湿面筋含量皆表现负向优势<sup>[9,10]</sup>。尽管各研究者因材料的不同而结果有较大差异,但大都认为沉淀值及干、湿面筋含量的杂种优势因组合不同而不同,通过适当选择亲本,配制强优势组合是可能的。

谷类作物的胚乳性状与株高、穗长、粒重等性状在遗传上有以下四方面的根本区别:

①倍性特征:胚乳是三倍体(3N)组织,其性状表达受3N遗传控制。对于一个A-a位点来说,它具有AAA,AAa,Aaa和aaa四种基因型,而不是通常的AA,Aa和aa三种。

②世代特征:胚乳是双授精的产物,而受精则是新世代的开始,因而胚乳是所在植株(母株)的子代,其性状是母株的子代性状。

③分离特征:对于胚乳来说,一粒种子是一个个体,胚乳基因型的遗传分离发生在杂合母株上的种子间,而不是母株间。

④表达特征:胚乳虽有自身基因型,但它是母株上生长发育的,母株为胚乳提供了发育的库容、需要的灌浆物质和相应的灌浆强度。因此,胚乳性状的遗传表达就可能受胚乳基因型(三倍体)或母基因型(二倍体)控制,或兼而有之;另外,也可能具有细胞质效应。

尽管胚乳性状的特征已为大量的实验研究所证实,但在前人的研究中大多忽略了胚乳性状的遗传特征,有的把胚乳性状3N混同于2N,有的把第N+1世代误为第N世代,因而导致了对胚乳性状遗传规律的许多不准确结论。

本研究采用杂交当代种子作为 $F_1$ 代籽粒, $F_1$ 植株上自交产生的种子作为 $F_2$ 代籽粒,研究蛋白质含量、干、湿面筋和沉淀值四个品质性状杂种优势表现。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

T型不育系(代号):T8260(AT1),TBT881(AT2),T(北京16/洛夫林13//双3)(AT3),T双1/015(AT4),T(双2/山前麦)(AT5),T0002(AT6)。

相应的恢复系(代号):83H17-30-1(R1),(原冬67/有芒红9号)(R2),DK.H105(R3),(Zg41/Te51887)(R4),(Ms苏早1号//T808/W801)(R5)。

K型不育系(代号):K农大146(AK1),K丰抗8号(AK2),K长丰5号(AK3)K双6/山前麦//双3(AK4)。

相应的恢复系(代号):83H17-30-1(R1),(原冬67/有芒红9号)(R2)。

### 1.2 试验设计

以5个恢复系为父本,6个T型不育系和保持系为母本,按不完全双列杂交配制成30个T质杂种(A×R)和30个A质杂种(B×R);另以2个恢复系R1和R2为父本,4个K型不育系和保持系为母本,按不完全双列杂交配制成8个K质杂种(A×R)和8个A质杂种(B×R)。

试验于1992~1994年在昌平实验站进行。1993年春配制A×R、B×R组合,同年秋播亲本材料(不育系、保持系和恢复系)以及相应F<sub>1</sub>杂种A×R、B×R,各播一行,行长2m,每行20粒,两次重复,1994年又同样配制A×R、B×R组合,于6月收获亲本、F<sub>1</sub>及F<sub>2</sub>种子,室内分析品质性状。

### 1.3 测定项目及测定方法

蛋白质含量 采用单位粒测定法(根据Bradford(1974)法修改)以及半微量凯氏定氮法。

干、湿面筋含量:采用手洗法(AACC方法38-10)。

沉淀值:采用常规Zeleny测定法(AACC方法56-61A。)

### 1.4 统计分析方法

$$\text{杂种优势} = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100\%$$

$$\text{超亲优势} = \frac{F_1 - HP}{HP} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 F<sub>1</sub>籽粒胚乳品质性状的杂种优势

2.1.1 蛋白质含量 采用单粒蛋白质含量测定。结果表明:籽粒胚乳的蛋白质在F<sub>1</sub>代具有明显的杂种优势:配制的30个T质杂种F<sub>1</sub>和相应的A质杂种F<sub>1</sub>,都不同程度地表现出杂种优势,并且不同组合间差异较大,变幅为-11.67%~27.03%,其中表现正向优势的组合的44个,占总数73%,负向优势的组合16个,占总数的27%;在60个杂种F<sub>1</sub>中,有近半数

组合具有超亲优势。

K型不育系及相应保持系与K型恢复系配制的杂交组合,  $F_1$  其籽粒胚乳蛋白含量具有非常强的杂种优势, 表现为K质 $F_1$ 的优势略大于相应的A质杂种, 两类胞质大多数组合 $F_1$ 的籽粒蛋白质含量均呈正向的杂种优势和较高的正向超亲优势, 变幅分别为8.68%~33.62%和4.42%~33.8%。可见, 籽粒胚乳蛋白质含量在杂种 $F_1$ 代(杂交当代)已表现出明显的杂种优势。

采用微量凯氏定氮法测定的结果同样证实: 杂种 $F_1$ 籽粒胚乳蛋白质含量具有较高的杂种优势(表1), 在所配制的30个T质和30个相应的A质杂种 $F_1$ 中, 籽料胚乳蛋白质含量的杂种优势变幅为-7.35%~25.06%, 其中有23个T质组合表现正向杂种优势, 占总数的77%, 30个A质杂种均为正向优势, 且优势值较高; 两种胞质的 $F_1$ 均具有较高的超亲优势。

利用K型不育系配制8个杂种 $F_1$ , 籽粒胚乳蛋白质含量均表现很高的正向优势, 变幅为16.40%~35.99%, 且具有较高的超亲优势。

表1 T质杂种(A×R)和A质杂种(B×R) $F_1$ 代籽粒品质性状杂种优势(HM)和超亲优势(HP)(混合籽粒常规法测定)

组 合	蛋白质含量/%				Zeleny 沉淀值/mL			
	T*		A*		T		A	
	HM	HP	HM	HP	HM	HP	HM	HP
AT1×R1	15.36	8.96	5.87	0	-9.87	-21.0	0.53	-12.33
AT1×R2	16.87	16.28	10.57	10.01	5.45	-5.58	2.86	-9.71
AT1×R3	10.20	9.01	6.71	5.48	-17.68	-24.81	-16.63	-23.85
A11×R4	21.04	18.09	3.89	1.37	-27.60	-36.49	—	—
A11×R5	11.80	11.82	3.23	0.55	-22.57	-32.59	-48.32	-55.0
AT3×R1	18.19	10.63	5.11	-1.86	-2.03	-9.87	-33.24	38.13
AT3×R2	8.14	7.35	20.01	19.14	16.08	10.67	-7.97	-12.27
AT3×R3	10.26	10.18	14.69	14.60	-35.20	-44.23	-32.96	-42.31
AT3×R4	8.14	4.18	18.81	14.53	8.27	-21.92	-22.33	-29.42
AT3×R5	4.40	0.48	12.92	8.67	0.53	-35.00	-43.25	-53.28
AT4×R1	16.69	13.77	17.21	14.29	-48.03	48.44	-32.76	-15.31
AT4×R2	20.41	15.98	16.98	12.68	-20.31	-23.24	-17.25	-20.29
AT4×R3	23.28	18.00	17.80	12.95	-30.54	-44.23	-37.49	-49.81
AT4×R4	25.08	24.07	20.10	25.08	-30.17	-45.79	-49.83	61.05
AT4×R5	19.78	19.02	24.87	24.07	-65.36	73.28	-56.87	-66.72
AT5×R1	12.65	10.63	9.00	7.05	-53.13	-53.13	-30.63	-30.63
AT5×R2	—	—	11.08	6.25	—	—	-56.06	-57.35
AT5×R3	—	—	13.39	7.77	—	—	-5.00	-51.03
AT5×R4	18.08	16.28	13.97	12.23	-30.56	-45.79	-47.87	-59.30
AT5×R5	16.87	15.28	11.28	9.77	-61.33	-70.00	-63.33	-71.55
AT6×R1	0.94	-0.07	9.26	0.19	-10.48	-20.72	-18.37	-27.71
AT6×R2	13.90	10.92	15.84	12.81	7.55	-2.17	4.90	-4.58
AT6×R3	-4.59	-6.49	20.32	17.92	-18.37	-42.31	-56.19	-49.81
AT6×R4	-7.35	-12.34	15.83	9.60	-25.48	-35.61	-39.09	-47.37
AT6×R5	4.19	-1.57	10.70	4.58	-24.22	-35.00	-59.20	-65.00

\* T代表T型胞质, A代表A型胞质, 即普通小麦胞质。

以上结果表明,无论T型K型和A质的杂种 $F_1$ ,籽粒胚乳蛋白质含量均具有较强的杂种优势,优势程度高,变异幅度大,大多数组合呈现正向优势。

**2.1.2 Zeleny 沉淀值** 从表1可以看出,在T质杂种中,大多数组合 $F_1$ 的沉淀值具有较强的负向优势,有的组合仅有一65.36%,A质杂种 $F_1$ 沉淀值的杂种优势也非常低,在测试的24个组中,仅有2个表现正向,其值分别为0.53%和2.86%,其余组合均表现较强的负向优势。

因此,不论T质、K质和A质杂种 $F_1$ ,籽粒胚乳沉淀值均表现较强的负向优势,说明利用杂种优势提高沉淀值非常困难。但在供试的组合中仍有个别组合表现不同程度的正向优势。因此,通过正确地选择亲本,组配沉淀值强优势组合,提高籽粒胚乳的沉淀值是还有可能的。

## 2.2 $F_2$ 籽粒胚乳品质性状的杂种优势

**2.2.1 蛋白质含量** 利用微量凯氏定氮法对T型不育系及相应保持系与不同的T型恢复系所配制的30个T质杂种和30个A质杂种 $F_2$ 混合籽粒的胚乳蛋白质含量进行了测定。结果表明(表2), $F_2$ 籽粒胚乳蛋白质含量杂种优势差异较大,变幅为一7.19%~22.88%,其中30个T质杂种中有22个表现正向优势,占总组合数的73%,尤以AT2与AT3、AT5所配组合的正向优势较强,此外,30个T质杂交组合中有18个表现正向超亲优势。A质杂种优势比相应的T质杂种低,变幅为一14.59%~6.86%,有的14个组合为正向优势。

同时还有单粒法测定了 $F_2$ 代籽粒胚乳蛋白质含量,由于 $F_2$ 代籽粒胚乳蛋白质含量在籽粒间已发生分离以及在测定时取样的随机性,造成该性状与混合籽粒微量凯氏定氮法结果有一定的差异,但杂种优势的变化趋势是一致的。

K质杂种 $F_2$ 籽粒胚乳蛋白质含量具有较高的正向杂种优势和超亲优势,而相应的A质杂种的优势略低,但大多数组合仍表现正向优势。

总之,无论T质、K质和A质杂种,其 $F_2$ 代籽粒胚乳蛋白质含量杂种优势都较强,且变异幅度大,以正向为主。这与前人认为籽粒胚乳蛋白质含量杂种优势变异范围小,且以负向为主的结论不一致。本研究说明,只要亲本选配合理,可利用杂种优势提高 $F_2$ 代籽粒胚乳蛋白质含量。

**2.2.2 湿面筋含量**  $F_2$ 代籽粒胚乳湿面筋含量杂种优势的变幅很大,一8.61%~35.14%,30个T质组合中有28个为正向优势,并且优势程度较高;30个相应的A质杂种 $F_2$ ,其湿面筋含量杂种优势的变幅为一17.29%~26.61%,有17个组合的优势呈正向, $F_2$ 代籽粒胚乳湿面筋含量也具有较高的超亲优势,所有K质组合的杂种 $F_2$ 代籽粒胚乳湿面筋含量均表现正向杂种优势,这与前人认为湿面筋含量杂种优势低,以负向为主的结构不同。

**2.2.3 干面筋含量**  $F_2$ 代籽粒胚乳干面筋含量杂种优势的变化趋势与湿面筋含量基本一致(表2):30个T质杂种 $F_2$ 中,有28个为正向,优势值超过20%的组合有10个,最大值为26.47%,A质杂种 $F_2$ 优势略低于相应的T质杂种,30个组合有17个表现正向。两类胞质的杂种 $F_2$ 都具有一定程度的超亲优势。K质杂种 $F_2$ 全部表现正向杂种优势。

**2.2.4 Zeleny 沉淀值** 研究结果表明, $F_2$ 代沉淀值杂种优势明显低于籽粒胚乳蛋白质含量及干、湿面筋含量,不同组合间的差异非常大,有的表现较强的负向优势,如AT5×R5,优

势值仅有一22.2%;有的表现明显的正向优势,如AT3×R1,优势值高达35.25%。T质和A质杂种F<sub>2</sub>都有半数组合表现正向优势,而且具有较高的超亲优势。

K型胞质杂种F<sub>2</sub>的沉淀值同样表现出一定程度的杂种优势,变异范围较大,为一4.17%~31.25%,其中半数组合表现正向优势。因此,无论T质、K质还是A质杂种F<sub>2</sub>,均有可能通过利用杂种优势提高其沉淀值,改善烘烤品质。

表2 T质杂种(A×R)和A质杂种(B×R)F<sub>2</sub>代籽粒品质性状杂种优势  
(混合籽粒常规法测定)

组 合	蛋白质含量/%		湿面筋含量/%		干面筋含量/%		Zeleny 沉淀值/mL	
	T	A	T	A	T	A	T	A
AT1×R1	17.63	-3.59	35.14	7.14	26.47	15.38	0	12.00
AT1×R2	16.36	3.84	17.39	15.79	18.10	20.26	24.68	12.47
AT1×R3	-1.24	-4.81	10.23	8.85	12.75	12.26	1.05	8.42
AT1×R4	-2.74	-1.40	4.96	9.22	9.33	14.00	1.00	16.00
AT1×R5	1.05	1.33	14.35	18.66	18.50	21.03	10.9	19.80
AT2×R1	15.75	6.86	23.22	-1.83	29.97	-0.92	4.96	5.26
AT2×R2	15.36	-0.57	5.71	-3.25	19.94	-2.18	25.55	-3.65
AT2×R3	8.45	-9.47	9.50	-5.95	11.26	-2.22	-17.92	-12.13
AT2×R4	16.17	-4.25	9.54	-1.52	11.11	-0.32	-7.10	-10.38
AT2×R5	16.41	-6.54	27.48	-1.66	23.54	-2.47	-10.27	-12.43
AT3×R1	13.79	6.58	23.37	16.96	23.82	10.03	35.25	3.60
AT3×R2	4.84	4.25	10.01	4.49	7.59	3.63	17.48	11.89
AT3×R3	2.21	-5.61	13.55	-1.28	14.90	0.54	-1.68	-2.79
AT3×R4	-0.50	3.48	19.14	7.66	17.17	9.09	5.82	4.76
AT3×R5	17.74	7.59	28.88	26.61	25.04	21.59	-1.57	-1.57
AT4×R1	21.88	-6.31	13.09	-13.29	16.52	-10.51	18.11	0.79
AT4×R2	3.22	2.94	5.13	4.93	6.42	5.81	29.77	9.92
AT4×R3	-2.18	-2.75	6.43	0.34	-13.74	-9.01	2.99	-11.38
AT4×R4	-2.52	-6.87	-8.61	-13.39	-0.93	-8.10	-3.95	1.70
AT4×R5	-7.19	-6.58	0.67	-10.69	2.71	-6.22	2.79	5.03
AT5×R1	11.42	3.85	2.60	-8.71	6.29	-9.58	12.50	-12.50
AT5×R2	15.28	1.11	7.20	-13.17	9.15	-15.85	9.09	25.76
AT5×R3	1.75	-3.49	12.14	8.30	8.04	3.75	9.52	4.76
AT5×R4	5.87	2.09	14.70	13.21	13.04	10.56	-17.98	-4.49
AT5×R5	8.48	1.35	5.63	6.74	1.08	0.76	-22.20	-1.11
AT6×R1	11.17	-14.59	-5.69	-17.29	2.25	-17.68	19.73	3.40
AT6×R2	5.46	4.93	5.98	8.23	4.92	6.23	19.20	23.18
AT6×R3	-1.20	0.23	3.80	2.43	6.20	0.50	-8.02	-2.67
AT6×R4	-6.15	-12.90	10.30	-0.47	10.37	-4.35	-0.51	-6.60
AT6×R5	5.51	-7.23	18.68	6.09	9.74	4.25	-15.58	-11.56

### 3 讨论

①本试验表明籽粒胚乳蛋白质含量在杂种F<sub>1</sub>代已表现出显著的杂种优势,不同组合间

差异较大,且多为正向优势,这与前人的研究结果很不一致。过去的研究大多认为籽粒胚乳蛋白质含量的杂种优势较小,多为负值,且变异范围较窄。造成上述差异的原因主要是,以往研究籽粒胚乳蛋白质含量的杂种优势时,都以 $F_1$ 植株上的混合种子作为 $F_1$ 代和以 $F_2$ 代植株上的混合种子(实为 $F_3$ 代作为 $F_2$ 代进行蛋白质含量的测定和分析,忽略了胚和胚乳要比植株性状早一个世代, $F_1$ 植株上的籽粒胚乳性状已属 $F_2$ 代,已发生分离。因此,以往的结论不能准确地反映其杂种优势的大小,本研究的大多数参试组合,不论T质、K质还是A质,其杂种 $F_2$ 代籽粒胚乳蛋白质含量均表现显著的杂种优势,多为正向,且组合间优势值差异较大,这也与前人的研究结果不尽一致。事实上,人们所利用的是 $F_2$ 代的种子。因此,提高其籽粒胚乳蛋白质含量,借以改善小麦籽粒的营养品质具有重要的意义。本研究表明,通过正确选择亲本,利用杂种优势提高小麦籽粒胚乳的蛋白质含量是可行的。

②由于多把 $F_2$ 籽粒误作 $F_1$ ,因此前人对杂种 $F_1$ 干、湿面筋含量杂种优势的研究结果也有不尽准确之处。本研究表明,利用杂种优势,可提高 $F_2$ 代籽粒胚乳干、湿面筋的含量,这与我们以往的研究结果相一致<sup>[3,6,7]</sup>。

③本研究的参试组合,无论T质、K质和A质杂种,还是 $F_1$ 代和 $F_2$ 代籽粒胚乳的沉淀值,在多数情况下表现出不同程度的负向优势,说明通过杂种优势提高 $F_1$ 和 $F_2$ 代的沉淀值,改善其烘烤品质存在一定的困难。但无论T质、K质和A质,仍有相当数量组合的杂种 $F_1$ 和 $F_2$ 籽粒胚乳沉淀值表现出正向优势,说明通过正确选配亲本,仍可以利用杂种优势提高其沉淀值,改善烘烤品质。

## 参 考 文 献

- 1 王明理,张爱民,黄铁城,刘恩忠,舒文华. T型杂种小麦品质及农艺性状的研究(I). 北京农业大学学报,1985,11(4):1~13
- 2 王明理,张爱民,黄铁城,刘恩忠,舒文华. T型杂种小麦品质及农艺性状的研究(II). 作物学报,1987,13(3):235~238
- 3 刘广田,刘恩忠,李岩. 小麦籽粒蛋白质、赖氨酸含量和SDS沉淀值在杂种一代的遗传表现. 北京农业大学学报,1986,12(3):243~249
- 4 陈希勇. T型杂种小麦产量、蛋白质含量及其有关生理特性的配合力分析. 北京农业大学硕士学位论文,1991
- 5 朱睦元,徐阿炳,裴洪平,俞志隆. 小麦品种间籽粒蛋白质、赖氨酸和色氨酸含量的杂种优势和配合力分析. 作物学报,1984,10(4):2237~2244
- 6 朱金宝. 普通小麦品质性状及农艺性状的研究. 北京农业大学硕士学位论文,1987
- 7 刘广田,朱金宝,张树榛. 普通小麦品质性状的杂种优势及配合力分析. 谷类作物品质性状遗传研究进展. 南京:江苏科技出版社,1990,131~135
- 8 宋希云,张爱民,黄铁城. 杂种小麦强优势组合选配规律的研究. 北京农业大学学报,1993,19(增刊):37~52
- 9 郭子彪. 小麦品质性状杂种优势研究. 种子,1993,(4):24~29
- 10 王增裕,卢少源. 小麦品质及产量性状的遗传分析. 河北农业大学学报,1992,14(1):1~5
- 11 吕德彬. T型杂种小麦品质性状杂种优势和配合力的研究. 第三次全国小麦杂种优势利用学术讨论会论文集,北京:农业出版社,1993,22~26