

## 杂种小麦籽粒蛋白质含量和面团流变特性 在 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 世代中的表现

梁荣奇 郝贵霞 尤明山 宋印明 张爱民 刘广田  
(中国农业大学作物学院)

**摘要** 选用 6 个 T 型不育系及其相应的保持系与 5 个恢复系配制了 30 个 T 质杂种和 30 个相应的 A 质杂种, 选用 4 个 K 型不育系及其保持系与 2 个 K 型恢复系配制了 8 个 K 质杂种和 8 个相应的 A 质杂种, 选用 6 个普通品种配制了 5 个化杀组合, 以研究杂种小麦籽粒的蛋白质含量和面团流变特性在 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 中的表现。结果表明: 胞质杂种 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 籽粒蛋白含量均呈近正态分布; 78% 的组合 F<sub>1</sub> 籽粒以超高亲为主, 12% 的组合表现倾高亲; F<sub>2</sub> 籽粒以超高亲和偏高亲为主, 约有 25% 的组合表现近中亲。普通品种间的化杀杂种 F<sub>1</sub> 籽粒以偏高亲和超高亲为主, F<sub>2</sub> 籽粒以近中亲和偏高亲为主。T 质杂种和相应 A 质杂种的蛋白含量在 F<sub>1</sub> 代差异不显著, 但在 F<sub>2</sub> 代 T 型胞质可显著提高籽粒蛋白含量; K 型胞质可显著提高杂种籽粒 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 的蛋白质含量。T 型胞质可提高杂种小麦的面团流变特性; K 型胞质使面团流变特性变劣。普通品种间的化杀杂种 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 的面团流变特性都介于双亲之间, 某些组合如早优 504 × 核生 2 号组合的 F<sub>2</sub> 杂种表现倾高亲早优 504。

**关键词** 杂种小麦; 籽粒蛋白质含量; 面团流变特性

**分类号** S512

## Manifestation on Grain Protein Contents and Dough Rheological Characters of Hybrid Wheats in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> Generations

Liang Rongqi Hao Guixia You Mingshan Song Yinming Zhang Amin Liu Guangtian  
(College of Crop Science, CAU)

**Abstract** Seventy six CMS (cytoplasm male sterile) hybrids were obtained from six T-type sterile lines and four K-type sterile lines, and five hybrids from six common wheat cultivars, with the objectives to understand the expression of grain protein contents and dough rheological characters of hybrid wheats in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations. The results showed that:

Grain protein contents of CMS hybrids in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> were very close to normal distribution. Contents of hybrids of 78% crosses exceeded their high parents, while 12% crosses hybrids were close to their high parents. F<sub>1</sub> of CHA hybrids have contents near or above their high parents, and F<sub>2</sub> have contents close to their high parents or close to their parents average value in F<sub>2</sub>. No difference of protein content was observed between T-type cytoplasm and its respective A-type cytoplasm hybrids in F<sub>1</sub> generation, but in F<sub>2</sub> T-type cytoplasm manifested themselves being more higher protein content. K-type cytoplasm could remarkably improve the protein content both in F<sub>1</sub> and in F<sub>2</sub>. T-type cytoplasm could

收稿日期: 2000-06-01

国家自然科学基金重点资助项目 (3993011)

梁荣奇, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

improve the dough rheological characters of hybrid wheat, on the contrary, K-type reduce those characters. Dough rheological value of CHA hybrid wheat were in between of their parents; the characters of hybrids of Zaoyou504 × Hesheng2 in  $F_2$  approached to their higher-contented parent-Zaoyou504

**Key words** hybrid wheat; grain protein content; dough rheological characters

籽粒蛋白质含量是衡量杂种小麦籽粒品质的主要性状之一。关于小麦籽粒胚乳蛋白质含量在  $F_1$ ,  $F_2$  的分离和分布已有许多报道,但多数研究均以  $F_2$  群体每一单株上的种子(实为  $F_3$  代种子)混合作为研究材料,结果表明小麦籽粒蛋白质含量以近中亲和偏低亲分布为主,少数为超低亲和超高亲<sup>[1-3]</sup>。王明理等对 T 型杂种小麦研究表明杂种小麦蛋白质含量的平均优势较小<sup>[4,5]</sup>;陈希勇的研究表明蛋白含量的平均优势为负值<sup>[6]</sup>,也间接说明了小麦籽粒蛋白质含量以近中亲和偏低亲分布为主。王新望等通过将亲本分组研究了普通小麦  $F_1$  植株上籽粒的品质性状杂种优势,发现双亲蛋白含量越高,杂种优势越低,但有利于杂种蛋白含量的提高<sup>[7]</sup>。

由于  $F_1$  植株上不同籽粒的胚乳性状已发生分离,为真实反映杂种籽粒蛋白含量在  $F_1$ ,  $F_2$  的分离和分布,应测定单粒的胚乳蛋白质含量。野秀芬采用单粒法分析籽粒蛋白质含量,认为籽粒胚乳蛋白质含量在  $F_1$  代的分布为超高亲和倾高亲,在  $F_2$  代以倾高亲分布为主<sup>[8]</sup>,与前人结果显著不同。

面团流变特性的好坏与面粉加工品质密切相关,面团流变特性好则一般烘烤品质优良。通过粉质仪、拉伸仪、揉面仪等测定面团形成前后的面筋变化,就可以对小麦面粉品质进行评价。常用的粉质图(farinogram)的参数有:吸水率:蛋白质含量高的面粉比低含量的面粉吸水率要高;形成时间:小麦面粉质好量多,则面团形成时间长;稳定时间:稳定时间长,则面团韧性好,面筋强度大,面包烘烤品质优;评价值:评价值综合反映了形成时间、稳定时间和软化度的大小。

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 3 种不同类型杂种小麦籽粒蛋白质含量、面团流变特性(和面曲线参数、粉质曲线参数)等品质性状在  $F_1$  和  $F_2$  世代中的表现。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

T 型不育系: T8260, BT881, 北 16/L13 双 3, T 双/015, T 双 2/P, T0002。

T 型保持系和恢复系: 83H17-30-1、原 67/有芒红 9 号、DK·H105、Zg41/Te51887、MS 苏早/T801/W1080L。

K 型不育系: K 农大 146, K 丰抗 8 号, K 丰 5 号, K 双 6/P 双 3。

K 型保持系和恢复系: 83H17-30-1、原 67/有芒红 9 号。

5 个化杀组合: 农大 3330 × 农大 0290、早优 504 × 核生 2 号、京 411 × 91170、农大 3308 × 京冬 8 号、农大 3308 × 91170。

## 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成 30 个 T 质杂种(A × R) 和 30 个 A 质杂种(B × R), 其中 T 质代表提莫菲维细胞质, A 代表 T 型不育系, B 为相应保持系, R 为 T 型恢复系, 则 T 质杂种为胞质杂种, A 质杂种为正常杂种; 以 2 个恢复系 83H17-30-1、原 67/有芒红 9 号为父本, 4 个 K 型不育系和保持系为母本, 按不完全双列杂交配成 8 个 K 质杂种(A × R) 和 8 个 A 质杂种(B × R), 其中, A 为 K 型不育系, B 为相应的保持系, R 为 K 型恢复系。试验于 1992~1994 年在昌平试验站进行。1993 年夏配制组合; 1993 年秋播种亲本(不育系、保持系和恢复系)、相应  $F_1$  杂种, 单行区, 2 个重复, 行长 2 m, 每行 20 株; 1994 年夏同样配制组合, 6 月获亲本、 $F_1$  及  $F_2$  的种子用于品质性状测定。

普通小麦间的 5 个化杀组合于 1997~1999 年在昌平试验站配置。1998 年夏将母本用 CHA 处理后授以父本花粉, 得到  $F_1$  并同年秋播种; 1999 年夏同样配制组合, 6 月收获亲本、 $F_1$  及  $F_2$  的种子。

## 1.3 测定方法

胞质杂种蛋白质含量测定采用单粒法, 据 Bradford 法<sup>[9]</sup> 和半微量凯氏定氮法进行; 普通品种化杀杂种蛋白含量的测定采用 N R 法。面粉的粉质图按照 AACC 方法 54-21 进行测定; 和面图按照 AACC 方法 54-40 进行测定。

## 1.4 分析方法

杂种优势(MP) 和超亲优势(HP) 的计算据蔡旭的方法<sup>[10]</sup> 进行, t 检验及不完全双列杂交遗传分析根据郭平仲的方法<sup>[11]</sup> 进行。

## 2 结果分析

### 2.1 蛋白质含量在 $F_1$ 和 $F_2$ 世代中的表现

**2.1.1 蛋白质含量在  $F_1$  中的表现**  $F_1$  代籽粒胚乳蛋白质含量呈近正态分布, 在配制的 76 个 CMS 组合中, 59 个组合表现超高亲分布(图 1-I a, II a, II b, III a, III b), 只有 9 个组合表现倾高亲(图 1-I b), 5 个组合出现近中亲分布。

30 个 T 质杂种  $F_1$  和 30 个相应的 A 质杂种  $F_1$  籽粒胚乳的蛋白质含量表现出了不同程度的杂种优势, 且不同组合间差异较大, 其中 T 质 23 个组合、A 质 21 个组合为正向杂种优势, 其余组合为负向杂种优势。8 个 K 质杂种  $F_1$  和 8 个相应的 A 质杂种  $F_1$  籽粒胚乳的蛋白含量表现出了相当高程度的正向杂种优势和正向超高亲优势, 且不同组合间差异较大。也间接说明了  $F_1$  代籽粒蛋白质含量分布以超高亲为主。

5 个化杀组合的  $F_1$  混合籽粒蛋白含量均表现出了较高的杂种优势和超高亲优势, 杂种优势为 19%~43%, 超高亲优势为 10%~27% (表 1), 说明  $F_1$  籽粒以偏高亲和超高亲为主。

总之, 不论胞质杂种还是化杀杂种, 其  $F_1$  籽粒胚乳蛋白含量都具有超高亲遗传的特点, 具有较强的杂种优势和超亲优势。

**2.1.2 蛋白质含量在  $F_2$  籽粒中的表现**  $F_2$  籽粒胚乳蛋白质含量呈近正态分布, 其分布类型有超高亲(图 1-I a, III a, III b)、倾高亲、近中亲、倾低亲(图 1-II a, II b) 和超低亲(图 1-I b), 如以 T 双 2/P 和 K 型配制的组合以超高亲为主, 以 T0002 为母本配制的组合以倾高亲和近中亲为主, 以 T3260 为母本配制的组合则以超低亲分布为主。总之,  $F_2$  籽粒蛋白质含量分布广

泛,以超高亲和倾高亲为主,约有25%的组合表现近中亲。

表1 5个化杀组合的 $F_1$ 和 $F_2$ 籽粒蛋白含量的杂种优势和超高亲优势(NR法)

材 料	$F_1$		$F_2$	
	MP	HP	MP	HP
农大 3330/0290	0.19	0.10	0.065	- 0.016
早优 504/核生 2 号	0.23	0.22	0.022	0.015
京 411/91170	0.23	0.22	0.040	0.031
农大 3338/京冬 8 号	0.24	0.14	0.057	- 0.008
农大 3338/91170	0.43	0.27	0.067	0.024

5个化杀组合的 $F_2$ 混合籽粒蛋白含量均表现出了较高的杂种优势和超亲优势,杂种优势为2.2%~6.6%,超高亲优势为0.8%~3.1%(表1), $F_2$ 籽粒以近中亲和倾高亲为主。

2.1.3 不同胞质对籽粒胚乳蛋白质含量分布的影响 成对数据t检验表明,T质杂种和相应A质杂种的蛋白含量在 $F_1$ 代差异不显著( $t=0.99$ ),不同亲本所配组合间有差异,有的T质杂种高于相应A质杂种,有的T质杂种略低于相应A质杂种;但在 $F_2$ 代,26个组合(占83%)的T型杂种高于相应的A质杂种,差异显著( $t=5.35^*$ ),如由BT881配制的T质杂种 $F_1$ 、 $F_2$ 蛋白含量均呈超高亲分布,而相应的A质杂种 $F_1$ 倾高亲、 $F_2$ 超低亲分布(图1-Ia)。

K质杂种 $F_1$ 、 $F_2$ 两代的蛋白含量均显著高于相应的A质杂种(图1-IIIa),K型胞质可显著提高杂种籽粒的蛋白质含量。

## 2.2 面团流变特性在 $F_1$ 、 $F_2$ 世代中的表现

结果表明,除了2个组合外,其余组合的T质杂种 $F_2$ (混合籽粒)的面团流变特性均优于相应的A质杂种。优×优组合,如T0002×DK·H105,T质杂种明显优于A质杂种;中×优(或优×中)组合,如北16/L13双3×原67/有芒红9(图2-I),T质杂种优于A质杂种,虽没有超亲出现,但都倾向于面团流变特性好的亲本;中×中组合,T质杂种略低于A质杂种,但不显著,2者表现中等;中×差组合,2种杂种相仿,流变特性倾向于中等亲本;差×优组合,2种杂种相仿,流变特性倾向于差等亲本。

总之,T型胞质可提高杂种小麦的面团流变特性,大多数组合的T质杂种 $F_2$ 的面团流变特性优于相应的A质杂种,尤其是优×优组合、中×优(或优×中)组合,且这两类组合的 $F_2$ 面团流变特性表现超高亲和偏高亲。

K型杂种 $F_2$ 面团流变特性明显劣于A质杂种 $F_2$ 。图2-II,丰抗8号×原67/有芒红9组合A质杂种 $F_2$ 面团流变特性(如形成时间、曲线下面积)好于K质杂种。

普通小麦化杀杂种 $F_1$ 和 $F_2$ 的面团流变特性都介于双亲之间,但个别组合如早优504×核生2号的 $F_2$ 化杀杂种表现倾高亲(图2-III,表2)。

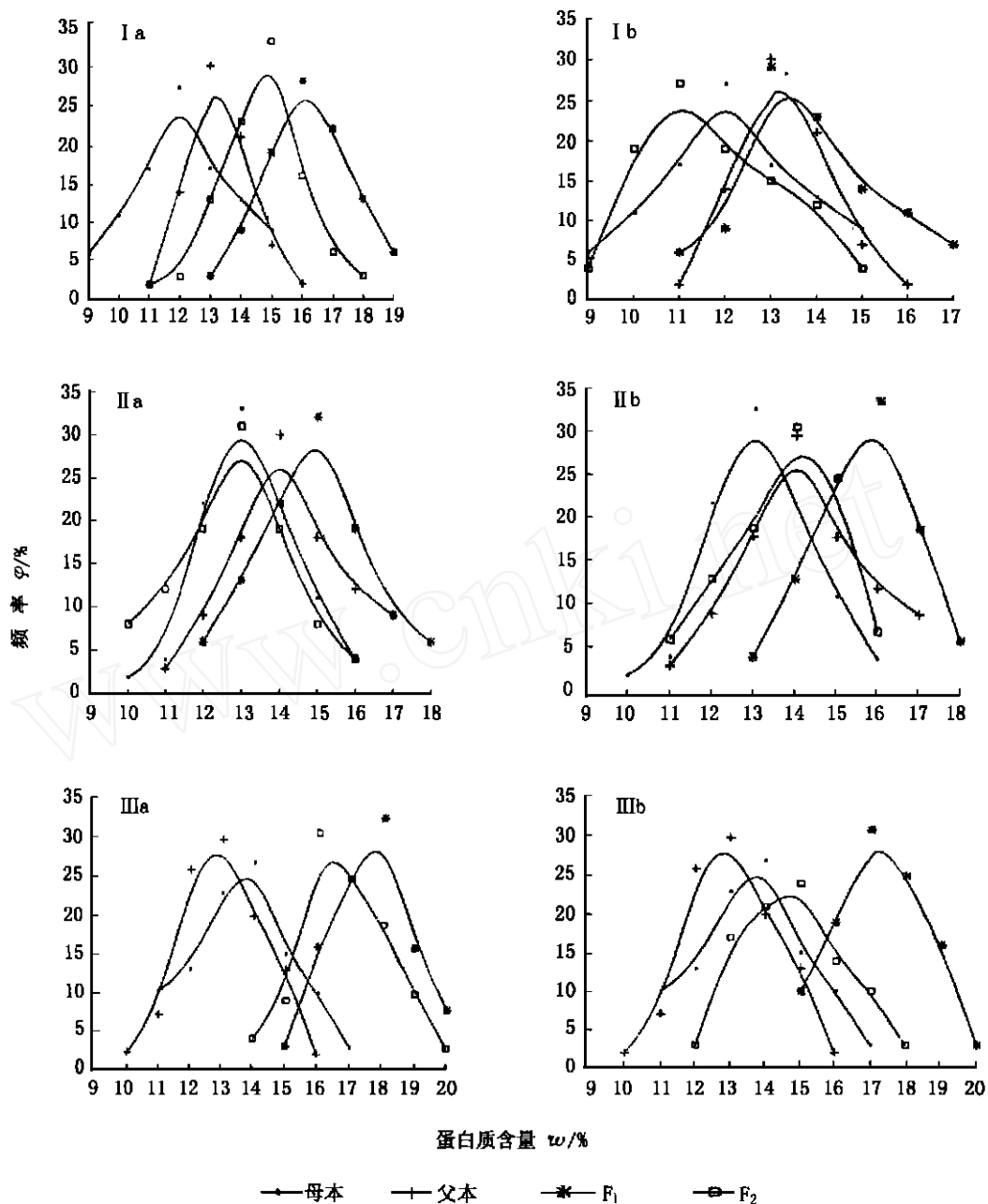


图 1 不同 CMS 组合籽粒蛋白质含量在 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 中的分布

I a 为 BT881(A) × DK·H105(R) 的 T 质杂种 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 超高亲分布;

I b 为 BT881(B) × DK·H105(R) 的 A 质杂种 F<sub>1</sub> 倾向高亲和 F<sub>2</sub> 超低亲分布;

II a 为北 16 L 13 双 3(A) × Zg41/Te51887(R) 的 T 质杂种 F<sub>1</sub> 超高亲和 F<sub>2</sub> 倾向低亲分布;

II b 为北 16 L 13 双 3(B) × Zg41/Te51887(R) 的 A 质杂种 F<sub>1</sub> 超高亲和 F<sub>2</sub> 倾向低亲分布;

III a 为农大 146(A) × 有芒红 9 号(R) 的 K 质杂种 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 超高亲分布;

III b 为农大 146(B) × 有芒红 9 号(R) 的 A 质杂种 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 超高亲分布。

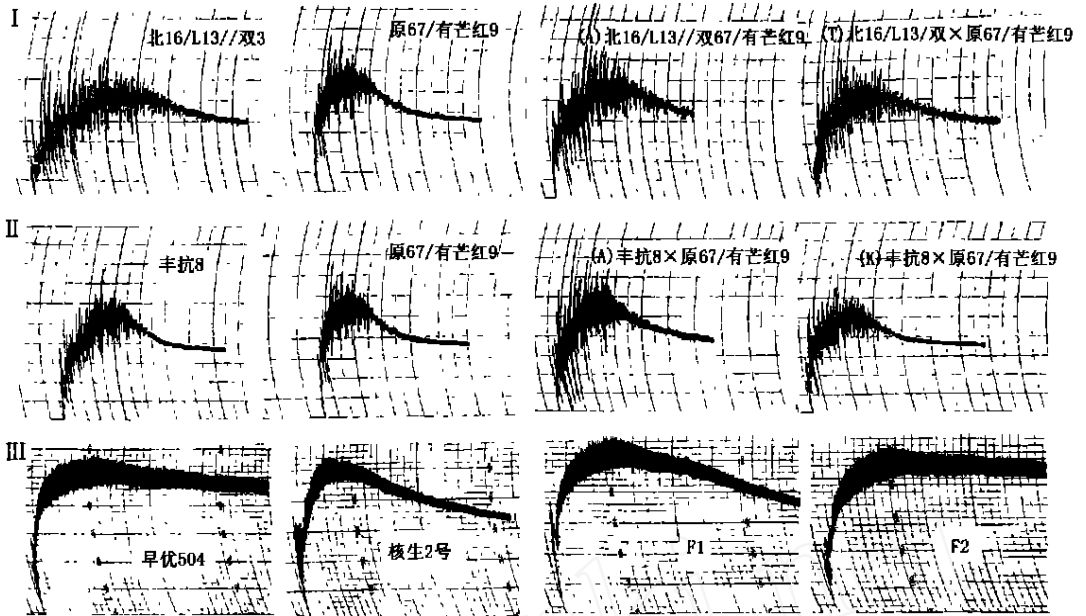


图2 3种类型杂种小麦面团流变特性在 $F_1$ 和 $F_2$ 中的表现

- I 北16/L13 双3×原67/有芒红9组合A质杂种和T质杂种 $F_2$ 和面曲线图  
 II 丰抗8号×原67/有芒红9组合A质杂种和K质杂种 $F_2$ 和面曲线图  
 III 早优504×核生2号组合化杀杂种 $F_1$ 和 $F_2$ 粉质图

表2 早优504×核生2号组合亲本及其 $F_1$ 、 $F_2$ 粉质曲线参数

材料	吸水率 $w$ /%	形成时间 $t$ /m in	稳定时间 $t$ /m in	评价值
早优504	68.53	5.8	11.6	66
核生2号	62.80	3.5	3.8	43
$F_1$	68.17	5.5	7.0	56
$F_2$	64.42	5.0	10.4	63

### 3 讨论

#### 3.1 杂种小麦籽粒胚乳蛋白质含量分布

本研究认为胞质杂种 $F_1$ 籽粒胚乳蛋白质含量以超高亲为主,少数表现倾高亲;化杀杂种 $F_1$ 籽粒以倾高亲和超高亲为主,与野秀芬的结论一致,而其他作者认为籽粒胚乳蛋白质含量在 $F_1$ 近中亲和倾低亲分布为主。主要原因在于有些研究以 $F_1$ 植株上的混合籽粒(实为 $F_2$ 代)作为 $F_1$ 代进行蛋白质含量分析,忽略了谷类作物的蛋白质含量为胚乳性状,比株高、穗长等农艺性状早一个世代。

试验方法对试验结果影响比较大。单粒法发现,胞质杂种 $F_2$ 籽粒以超高亲和倾高亲为主,约有25%的组合表现近中亲;而NIR法发现,化杀杂种 $F_2$ 籽粒以近中亲和倾高亲为主,与其

他杂种  $F_1$  植株上的混合籽粒(实为  $F_2$  代)的结果相近。

谷类作物的胚乳为三倍体(3N),且在母株上发育,受母株的影响较大。遗传分析结果表明,T 质杂种的蛋白质含量遗传以加性为主,加性遗传方差、母性遗传方差、胞质效应遗传方差分别占总遗传方差的 80.28%,61.05%,12.75%;而 A 质杂种加性遗传方差、母性遗传方差分别占 54.49%,49.38%。因此,在选配杂种小麦组合时,必须注意不育系和恢复系的蛋白含量,选择高×高组合以提高籽粒的蛋白质含量,同时亦要注意胞质效应。

### 3.2 杂种小麦籽粒面团流变特性表现

由于面团流变特性的测定需样量大(如粉质图微量法需 10 g 面粉,常量法需 50 g),一般用于高代品系或品种的烘烤品质鉴定,在杂种优势研究上受到一定限制。本研究发现,无论胞质杂种还是化杀杂种,其面团流变特性均处于双亲之间,受双亲水平的影响较大,说明亲本的选配非常重要;而且 T 型胞质可提高杂种小麦的面团流变特性,K 型胞质使杂种的面团流变特性变劣,因此,在配制胞质杂种时,要注意选择优良的胞质类型。

总之,从籽粒胚乳蛋白质含量和面团流变特性(和面曲线参数、粉质曲线参数)来看,尽管 K 型胞质使面团流变特性变劣,但总体来说,小麦的杂种并不存在品质变劣的问题。

## 参 考 文 献

- 1 朱金宝 普通小麦品质性状及农艺性状的研究: [学位论文] 北京农业大学, 1987
- 2 唐朝辉 普通小麦品质性状遗传与早代选择的研究: [学位论文] 北京农业大学, 1990
- 3 王建设 普通小麦籽粒品质性状的遗传与籽粒蛋白质含量的早代选择效应: [学位论文]. 北京农业大学, 1992
- 4 王明理, 张爱民, 黄铁城, 等 T 型杂种小麦品质及农艺性状的研究: I. 杂种优势和配合力 北京农业大学学报, 1985, 11(4): 1~ 13
- 5 王明理, 张爱民, 黄铁城, 等 T 型杂种小麦品质及农艺性状的研究: II. 亲子相关和性状相关, 作物学报, 1987, 13(3): 235~ 238
- 6 陈希勇 T 型杂种小麦产量、蛋白质含量以及有关生理特性的配合力分析: [学位论文] 北京农业大学, 1993
- 7 王新望, 于飞龙, 黄铁城, 等 普通小麦品质性状杂种优势表现规 华北农学报, 1996, 11(3): 15~ 19
- 8 野秀芬 小麦籽粒蛋白质含量的遗传研究: [学位论文] 北京农业大学, 1993
- 9 Bradford M M. A rapid and sensitive method of the quantitation of microgram quantities of protein using the principles of dye-binding. *Anal Biochem*, 1976, 72: 143~ 147
- 10 蔡旭. 植物遗传育种学(第 2 版). 北京: 科学出版社, 1988
- 11 郭平仲. 数量遗传分析(修订版). 北京: 首都师范大学出版社, 1991