

利用普通小麦、硬粒小麦种间杂种优势 选育高千粒重新种质研究

李慧敏¹, 赵凤梧¹, 戴茂华¹, 刘冬成², 张爱民²

(1. 河北省农林科学院旱作农业研究所, 河北 衡水 053000; 2. 中国科学院遗传与发育生物学研究所, 北京 100101)

摘要: 为了提高千粒重, 连续 8 年对普通小麦(*T. aestivum*) 和硬粒小麦(*T. durum*) 的正反交后代进行种质创新研究。结果表明: 利用普通小麦、硬粒小麦种间杂种优势, 是实现种质创新, 培育高千粒重新种质的一条有效途径, 在入选的 319 个子粒饱满度一级的株系中, 260 个株系千粒重超全国小麦黄淮区域试验对照品种石 4185(亲本), 占入选株系的 81.5%, 其中, 最高千粒重为 61.22 g, 超亲优势为 46.28%; 正交、反交后代在该性状上无差异, 表明子粒千粒重与细胞质无关; 目前已选育出抗旱、抗病、农艺性状优良, 千粒重 40.1~61.22 g 的株系 263 个, 可直接用于小麦遗传育种研究及新品种选育。

关键词: 普通小麦; 硬粒小麦; 杂种优势; 千粒重; 种质创新

中图分类号: S512 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)增刊-0068-06

Study on Developing New Germplasm with Higher Thousand Grain Weight by Exploring Interspecific Heterosis Between Common Wheat and Durum Wheat

LI Hui-min¹, ZHAO Feng-wu¹, DAI Mao-hua¹, LIU Dong-cheng², ZHANG Ai-min²

(1. Dry Farming Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hengshui 053000, China; 2. Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: In order to improve the thousand-grain weight (TGW), the researches on progenies derived from interspecific reciprocal hybridization between common wheat (*T. aestivum*) and durum wheat (*T. durum*) have been carried out 8 years successively to innovate new germplasm. Results showed that: Interspecific heterosis utilization was an effective way to innovate new germplasm with higher TGW. Two hundred and sixty new advanced lines were over its common wheat parent of Shi 4185, an original line in the national yield trial of Huanghuai valley, in the total of three hundred and nineteen lines with 1 grade of plum seeds, whose ratio was 81.5%. The highest TGW was 61.22 g, which was 46.28% over its two parents; There was no difference between progenies from reciprocal crosses of common wheat and durum wheat, that indicated the difference cytoplasm was equally effective for the TGW genetic improvement; Two hundred and sixty three new advanced lines with TGW of 40.1~61.22 g were successfully developed that could be directly used in both wheat genetic and breeding researches and new cultivar development.

Key words: Common wheat; Durum wheat; Interspecific heterosis; Thousand-grain weight; Germplasm innovation

千粒重作为小麦产量形成重要因素之一, 对产量贡献起着关键的作用^[1, 2], 在高产育种中具有很大的改良潜力^[3, 4]。小麦生长期间, 多因干旱而减

产^[5, 6]。尤其是近年来伴随着水资源紧张, 旱情加剧, 干热风现象日趋严重^[7], 发生时间提早, 强度变大, 导致小麦子粒瘪瘦、千粒重下降, 产量降低^[9], 对

收稿日期: 2006-05-30

基金项目: 河北省省校合作基金资助项目(042201109)

作者简介: 李慧敏(1964-), 女, 河北深州人, 副研究员, 主要从事作物种质资源创新及遗传育种工作。

小麦生产构成严重威胁^[8]。四倍体硬粒小麦耐旱耐瘠薄、蛋白质含量高、营养价值高、工艺性能好,对条锈病、叶锈病、腥黑穗病及散黑穗病的抗性较强,含有理想的抗逆、优质等基因^[10], Rekika 等^[11]、唐秀芝^[12]对硬粒小麦的抗热性、干热风对硬粒小麦物质分配和子粒灌浆的影响等进行了研究,进一步支持了上述结论。本试验以普通小麦、硬粒小麦为亲本组成正反交组合,旨在通过远缘杂交外源基因导入和四倍体异源细胞质利用,挖掘种间远缘杂种优势^[13],对小麦粒重性状进行遗传改良,选育灌浆强度大,抗干热风能力强,子粒饱满、高千粒重的新种质,为抗旱、高产、稳产育种提供新的种质资源。

1 材料和方法

1.1 亲本基因型及杂交组合

本试验于 1998–2004 年在河北省农科院旱作所试验站(衡水, E 115°42', N 37°44', 海拔 31.7 m)进行。普通小麦基因型石 4185(全国黄淮区域试验对照品种)来自石家庄市农科院;硬粒小麦基因型内乡 4184 来自中国科学院遗传与发育生物学研究所。以二者为亲本,组成正交(石 4185 × 内乡 4184)、反交(内乡 4184 × 石 4185)杂交组合,常规人工去雄,重复饱和授粉法授粉。对不育 F₁ 分别用石 4185 进行回交。石 4185 在本试验中同时用做对照品种。

1.2 花粉及其败育时期鉴定

在旗叶抽出 1/2 时,取幼穗储存于 FAA 固定液^[14]固定并保存。爱氏苏木精整体染色法^[15]进行染色,常规石蜡切片法^[15]进行切片,切片厚度为 10 ~ 15 μm, Olympus 显微镜下观察并照相;开花期取尚未开花的穗子,FAA 固定液固定并保存,1.5% I-KI 溶液对花粉进行染色,显微镜下观察花粉育性情况,并计数。

1.3 育性鉴定

开花前套袋隔离,收获后调查结实粒数,并用花粉染色镜检结果进行验证。

1.4 种植、取样及分析

F₁ 及父母本邻行种植, F₂ 及衍生后代每 20 行种植亲本各 2 行。行距 18 cm, 株距 6 cm, 管理一致。田间性状调查及考种按全国小麦区域试验统一方案进行。统计分析采用 SASTM 程序。计算公式为:

$$\text{结实率} = \frac{\text{结实粒数}}{\text{授粉小花数}} \times 100\%$$

$$\text{不育度} = \left(1 - \frac{\text{基部小花结实粒数}}{\text{基部小花数}}\right) \times 100\%$$

$$\text{超亲优势} = \frac{F - (P_1 + P_2) / 2}{(P_1 + P_2) / 2} \times 100\%$$

上式中, F 表示杂交后代, P₁, P₂ 表示杂交亲本。

1.5 粒重选取标准

子粒饱满度、熟相分级按照 1998 年国家标准 (GB/T 17317–1998) 进行, 本试验选择标准为一、二级。熟期正常, 生长期不超过 240 d。

2 结果与分析

2.1 结实率

普通小麦与硬粒小麦正反交, 具有一定的可杂交性。正交 230 朵小花, 反交 204 朵小花, 分别获得 56 粒、68 粒杂交种子, 结实率分别为 24.35% 和 33.33%。与品种间杂交组合(石 4185/95C₁) 80.2% 的结实率相比, 显著水平达 0.01。正反杂交 F₀ 种子饱满度分为 2 类, 一种是正常类型, 杂交种子体积达到正常种子体积的 2/3 而且较饱满, 分别为 23.21% 和 22.06%; 另一种类型是种子极为瘪瘦、空秕(图 1–B, C), 分别为 76.79% 和 77.94% (表 1)。

2.2 F₁ 表现

杂交 F₁ 表现远缘杂交中典型的种子不育及生长繁茂, 植株高大, 但尚无观察到幼苗发育夭折现象。

2.2.1 发芽率 正交 56 粒种子获得 11 株幼苗, 反交 68 粒种子获得 15 株幼苗, 发芽率分别为 19.64% 和 22.06%。较低的发芽率, 可能与杂交种子瘪瘦、有乳无胚有关^[9]。

2.2.2 农艺性状 F₁ 表现双亲中间类型并表现出杂种优势, 株高、株穗数、穗长、小穗数、芒长等性状均出现正向超亲优势。正交组合 F₁ 的超亲优势分别为 15.9%, 28.8%, 12.73%, 2.96%, 18.64%, 反交组合 F₁ 的超亲优势分别为 21.49%, 17.78%, 15.15%, 9.76%, 29.94% (表 2)。

2.2.3 育性表现 无论正交、反交, F₁ 均表现为雄性不育(图 1–D, E), 而雌蕊均能正常发育, 人工授粉, 能获得杂交种子; 但雄蕊异常, 花药瘦小, 不开裂, 败育彻底(图 1–F)。对全部 F₁ 主茎穗开花前套袋隔离, 收获后调查, 尚无发现任何自交种子, 不育率为 100%。对花药切片观察, 可观察到四分体期花粉细胞(图 1–G)。对败育花粉进行 I-KI 溶液染色镜检, 以单核期败育为主, 但尚能观察到部分二核期败育花粉细胞(图 1–H)。据对正交 2 826 粒、反交 2 988 粒败育花粉粒观察, 单核期败育花粉分别占 82.37% 和 88.62%, 二核期败育花粉分别占

17.62% 和 11.48% (表 3)。

农艺性状与育性表现,证明种间杂交是成功的。但本试验中 F₁ 表现不育和带有明显的杂种优势,不同于前人二者正反交 F₁ 结实率为 42%~48%,农艺性状表现负优势的试验结果^[14],估计与所用的亲本基因型有关。

对正反交不育 F₁ 进行人工整穗,剪颖 110 朵及 96 朵小花,并用石 4185 进行人工授粉,分别获得 BC₁(内乡 4184/石 4185//石 4185)、(石 4185/内乡 4184//石 4185) 52 粒及 82 粒,前者结实率 47.27%,后者结实率为 85.42%,差异极显著,估计与母本细胞质效应有关。BC₁ 群体表现下述特点。

2.3 BC₁ 表现

表 1 普通小麦、四倍体小麦正反交后代 F₀ 的结实率及种子表现

Tab. 1 Seed-setting rate and seeds performance of F ₀ of reciprocal cross between common wheat and durum wheat								
项目 Item		去雄小花 Emasculated florets	结实粒数 No. seeds	结实率 (%) Seed set	饱满种子 Plump seeds		瘪瘦种子 Shrunk	
					数量 Number	比例(%) Ratio	数量 Number	比例(%) Ratio
石 4185/ 内乡 4184Shi 4185/ Neixiang 4184		230	56	24.35	13	23.21	43	76.79
内乡 4184/ 石 4185Neixiang 4184/ Shi 4185		204	68	33.33	15	22.06	53	77.94
石 4185/ 95C ₁ (ck) Shi 4185/ 95C ₁		101	81	80.2	81	100	0	0

表 2 普通小麦、四倍体小麦正反交 F₁ 农艺性状表现

Tab. 2 Characteristics of reciprocal cross F ₁ between common wheat and durum wheat						
项目 Item	株高(cm) Plant height	株穗数 Tillers/ plant	穗长(cm) Head length	小穗数 Spikelets/ head	不育度(%) Sterility	芒长(cm) Awn length
内乡 4184 Neixiang 4184	75.60	4.80	8.00	19.10	19.50	12.50
石 4185 Shi 4185	75.20	5.20	8.50	22.40	15.80	5.20
平均 Average	75.40	4.50	8.25	20.59	17.65	8.85
Shi 4185/ Neixiang 4184	87.40	5.80	9.30	21.20	100.00	10.50
F ₁ 超亲优势(%)	15.90	28.88	12.73	2.96	—	18.64
F ₁ heterosis over parents						
Neixiang 4184/ Shi 4185	91.60	5.30	9.50	22.60	100.00	11.50
F ₁ 超亲优势(%)	21.49	17.78	15.15	9.76	—	29.94
F ₁ heterosis over parents						

表 3 F₁ 花粉败育情况

Tab. 3 Recording of aborted pollen in F ₁						
项目 Item	总数 Total	单核期败育 One-nucleus stage abortion		二核期败育 Two-nucleus stage abortion		
		数量 Number	比例(%) Ratio	数量 Number	比例(%) Ratio	
石 4185/ 内乡 4184 Shi 4185/ Neixiang 4184	2826	2328	82.38	498	17.62	
内乡 4185/ 石 4184Neixiang 4184/ Shi 4185	2988	2648	88.62	340	11.38	

表 4 BC₁ 育性表现

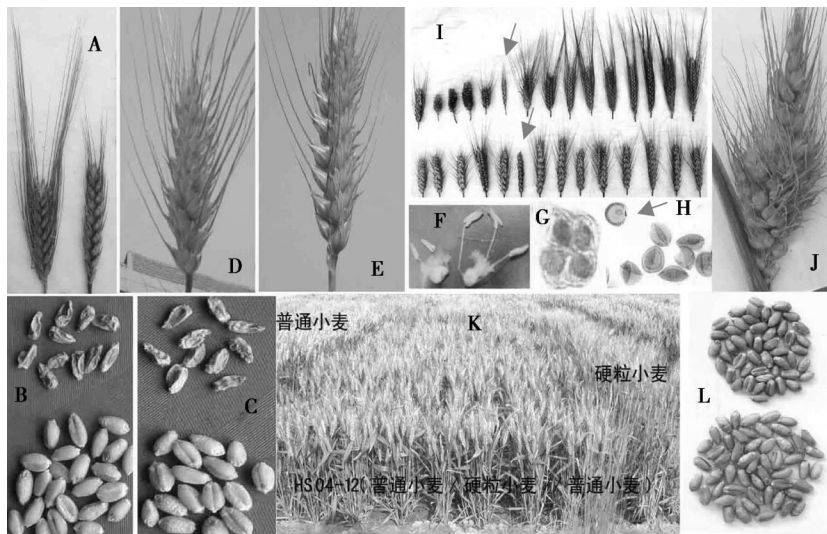
Tab. 4 Recording of fertility in BC ₁					
项目 Item	总株数 Total plants	可育株 Fertile plants	半育株 Partial fertile plants	不育株 Sterile plants	单倍体 Haploid plants
石 4185/ 内乡 4184// 石 4185	82	78	0	0	4
内乡 4184/ 石 4185// 石 4185	52	37	6	3	6

2.3.1 疯狂分离但带有明显的杂种优势 无论正交、反交或回交后代,后代仍表现明显的杂种优势,变异类型丰富。株高出现 40~120 cm 超高亲和超低亲现象(图 1- K),穗部性状穗长、小穗数、芒长和千粒重均大于高亲值(图 1- I, J, L)。其中,以四倍体为母本的后代还出现密穗小麦穗子类型(图 1- I)。两组合均出现单倍体后代(图 1- I),其比例分别为 4:82 及 6:52。

2.3.2 育性 BC₁ 育性表现既有相同之处,又有不同之点。相同之处表现在二组合后代均出现育性正常的可育后代。不同之处表现在正交回交后代群体 82 株中,除 4 株单倍体表现不育外,其余植株均表现正常可育;而在反交回交 52 株中,除 6 株单倍体表现不育外,其余 46 株中 6 株表现半育,3 株表现

100%不育(表4)。对全不育株当年完成了再次回交,获得BC₂种子128粒,试图创建硬粒小麦细胞质新不育体系。育性的变化为小麦四倍体、六倍体种

间杂交外源基因导入及四倍体胞质利用,新种质创造及新品种选育提供了可能。



A. 杂交亲本 左 硬粒小麦基因型内乡 4184 穗子, 右 普通小麦基因型石 4185 穗子; B. 上(硬粒小麦/普通小麦) F_0 败育种子, 下 母本(对照)种子; C. 上(普通小麦/硬粒小麦) F_0 败育种子, 下 母本(对照)种子; D. (硬粒小麦/普通小麦) F_1 不育穗子; E. (普通小麦/硬粒小麦) F_1 不育穗子; F. 左 开花期不育雄蕊(花药不开裂, 体积瘦小, 短花丝), 右 对照; G. F_1 小孢子四分体; H. I- KI 溶液染色后的典败和圆败(箭头)花粉细胞; I. 上排(硬粒小麦/普通小麦//普通小麦) F_1 穗型分离, 左 1 母本 左 2~5 密穗小麦类型, 左 6 单倍体(箭头), 左 7~15 带有明显杂种优势的穗子; 下排(普通小麦/硬粒小麦//普通小麦) F_1 穗型分离, 左 1 母本, 左 6 单倍体(箭头), 左 2~5, 左 7~14 带有明显杂种优势的穗子; J. (普通小麦/硬粒小麦//普通小麦) F_1 分离的分枝小麦; K. 左 母本, 中 抗干热风新种质 HS 04-12(新种质矮秆、大穗、多粒, 杂种优势明显), 右 硬粒小麦; L. 上 母本籽粒, 千粒重 40.5 g, 下 HS 04-12 籽粒, 千粒重 50.15 g。

A. Parent Left, head of durum wheat genotype Neixiang 8184, Right, head of common wheat genotype Shi 4185; B. Top, aborted F_0 of Neixiang 4184/Shi 4185; Bottom, seeds of Neixiang 4184 (ck); C. Top, aborted F_0 of Shi 4185/Neixiang 4184, Bottom, seeds of Shi 4185 (ck); D. Steriled F_1 of Neixiang 4184/Shi 4185; E. Steriled F_1 of Shi 4185/Neixiang 4184; F. Steriled floret with small size and no dehiscence anther, short stalk of anther; G. Microspore tetrad of F_1 ; H. Aborted F_1 pollen stained with I- KI solution appeared typical abortion and round abortion (arrow). I. Top row, head segregated in the cross of BC₁ (Neixiang 4184/Shi 4185//Shi 4185) 1 from left, female, 2-5 from left, club wheat heads, 6 from left, haploid; 7-15 from left, heads with hybrid vigor; Bottom row: head segregated in the cross of (Shi 4185/Neixiang 4184//Shi 4185) F_1 1 from left, female, 6 from left, haploid (arrow), 2-5 and 7-14 from left, heads with hybrid vigor; J. branched head in the cross of (Shi 4185/Neixiang 4184//Shi 4185) F_1 ; K. Left, female Shi 4185 (CK of national regional yield trial), Middle: new germplasm HS 04-12 with hot dry wind tolerance (HS 04-12 demonstrated short stalk, big head, more seeds/head and heterosis), Right: Neixiang 4184; L. Top, ck's, or female's, seeds with 40.5 g 1000-grain weight; Bottom, new germplasm seeds of HS 04-12 with 50.15 g 1000-grain weight

图1 普通小麦(*T. aestivum*)、硬粒小麦(*T. durum*)种间杂交抗干热风新种质研究

Fig. 1 Research of developing new germplasm with dry hot wind tolerance from interspecific hybridization between common wheat (*T. aestivum*) and durum wheat (*T. durum*)

2.4 后代选育

自BC₁世代开始,进行定向选育。由于采取一次回交,即普通小麦核遗传成份占75%的世代进行自交,尽管早期性状分离严重,但自交后代以株系为单位性状稳定较快。

以四倍体细胞质的回交BC₂群体128株,后代育性全部恢复。说明硬粒小麦细胞质与提莫菲维(*T. timopheevii*)小麦细胞质相比,前者与普通小麦细胞核具有较好的协调性。通过定向回交选育,不能创建具有硬粒小麦细胞质的新不育体系。

至BC₁F₄株系内性状趋于整齐一致。目前,获得株高45~120 cm,穗长5~12.5 cm,主茎穗粒数60

~100个,千粒重33~61.22 g的株系总计370个。

因本试验是在产量综合性状前提下进行选育,来自反交组合即带有四倍体硬粒小麦细胞质的后代,受其农艺性状限制,入选株系数明显少于来源于普通小麦细胞质的株系数。前者入选65个株系,后者入选305个株系。其中,HS 04-12(石4185/内乡4184//石4185)表现矮秆、大穗、高千粒重,带有明显的种间杂种优势。株高65.64 cm,矮于母本(对照)4.72 cm,株穗数较母本减少0.49个,芒长较母本增加1.92 cm。在穗长、小穗数、穗粒数、千粒重诸性状超(双)亲优势分别为3%,9.2%,7.7%,23.18%,16.55%(表5)。

2.5 高千粒重新种质抗干热风自然鉴定

对上述新种质与对照一起种植在同一选种圃,后期给与一定程度的干旱处理,收获前根据生育期、熟相进行田间选择。凡熟期正常,落黄性好的株系,初步认为具有抗干热风能力,收获后再次进行粒重选择。收获后考种株穗数、穗粒数、千粒重,淘汰子粒饱满度 2 级及其以下的株系,共获得新株系 319 个,暂分为 5 类:①小粒型,千粒重 30~ 40 g;②对照(生产型)品种粒重,千粒重 40~ 45 g;③大粒型,千粒重 45. 1~ 50. 0 g;④超大粒型,千粒重 51~ 55 g;⑤

极端大粒型,千粒重 56~ 62 g(表 6)。其中,260 个株系千粒重超普通小麦亲本石 4185(对照 40. 2 g),其比例为 81. 50%。

2.6 不同细胞质对粒重的贡献

将上述新种质按正反交或细胞质来源分类,入选正交株系 276 个,平均千粒重为 43. 58 g,标准差为 4. 42。入选反交株系 43 个,平均千粒重 43. 61 g,标准差为 5. 42。对二者进行 t 显著性测定,概率为 0. 43,二者间差异不显著,即无论正交或反交,对改良子粒粒重,提高抗干风能力同等有效(表 6)。

表 5 新种质 HS 04_12 性状表现

Tab. 5 Characteristics of new germplasm of HS 04_12

项目 Item	株高 (cm) Plant height	株穗数 (个) Heads/ Plant	穗长 (cm) Head Length	小穗数 (cm) Spikelets/ Head	穗粒数 (个) Seeds/ Head	芒长 (cm) Awn length	千粒重 (g) TGW
内乡 4184 Neixiang 4184	78. 50	3. 40	6. 24	17. 00	42. 13	11. 12	43. 50
石 4185 Shi 4185	65. 64	4. 50	6. 94	18. 44	43. 37	4. 81	40. 20
平均 Average	72. 07	3. 95	6. 59	17. 72	42. 75	7. 96	41. 85
HS 04_12	60. 92	4. 01	7. 26	19. 20	55. 65	6. 72	50. 15
HS 04_12 ± ♀ (ck)	- 4. 72	- 0. 49	0. 32	0. 76	12. 28	1. 91	9. 95
HS 04_12 ± P (%)	- 18. 30	0. 03	9. 20	7. 70	23. 18	- 18. 57	16. 55

注: P. parents; TGW. Thousand grain weight

表 6 正反交对籽粒性状效应分析

Tab. 6 Effective analysis of trait of seeds from reciprocal crosses

项目 Item	千粒重分级 Grading by weight							总数 Total	平均 average	
	30~ 35	35. 1~ 40	40. 1~ 45	45. 1~ 50	50. 1~ 55	55. 1~ 62			重量 Weight	概率 P
株系数 No. of lines	4	52	170	74	14	5	319			
普通小麦细胞质 CW cytoplasm	3	40	156	62	13	2	276	43. 58±4. 42	0. 432	5
硬粒小麦细胞质 DW cytoplasm	1	12	14	12	1	3	43	43. 61±5. 42		

注: CW. Common wheat; DW. Durum wheat

3 讨论

千粒重是决定产量的主要因素,尤其是近年来旱情加剧,小麦生长后期干热风频繁发生,对产量影响程度,减产幅度可达 10% ~ 30%,张廷珠等对冀、鲁、豫、苏北、皖北、晋、陕冬麦区,内蒙古、宁、甘、青春麦区及新疆东、春麦区高温低湿型干热风大面积综合研究认为,干热风主要导致小麦粒重降低,千粒重下降 4 g 以上,减产大于 10%^[16]。本试验通过种间杂种优势利用,对该性状进行改良,并在相对干旱的条件下,进行定向选育。培育的高千粒重新种质,不仅能直接用于小麦高产育种,而且对抗旱、抗干热风,高产、稳产育种,具有一定的意义。

在育种途径方面,提高小麦抗旱遗传种质资源的多样性,已成为主要发展趋势。目前,对粗山羊草(*Ae. tauschii*) 细胞质^[17]、黑麦(*S. cereal*) 细胞质^[18]、长穗偃麦草(*E. elongata*) 细胞质^[19]、中间偃麦草

(*E. intermedia*) 细胞质^[20]和粘果山羊草(*Ae. kotschy-i*) 细胞质^[21]进行了大量的研究,极大地丰富了小麦抗性遗传背景。本试验旨在通过外源基因导入及外源胞质利用,充分挖掘作物的遗传潜力,对该性状进行改良,创造并培育抗旱新种质。根据本试验中正反杂交组合 F₁ 不育并带有双亲共同性状,回交后代性状严重分离,可以认为完成了种间杂交。杂交后代系表现出的较好的抗逆(抗旱)性和高千粒重,是外源基因导入和核质互作产生的杂种优势^[13]。在进行的另一个小麦种提莫菲维(*T. timopheevii*) 细胞质核质杂种选育中,取得较大进展。以提莫菲维小麦细胞质为供体,以大面积推广品种邯 6172 为轮回亲本,培育的核质杂种衡核 1 号千粒重 47 g,超过轮回父本(41 g) 6 g,提高幅度为 14. 63%。产量较对照提高 8. 7%,方差分析达极显著水平,已参加河北省小麦新品种比较区域试验,并已获得分子生物学依据。

在抗旱性选育技术上, 景蕊莲提出抗旱性研究与作物产量进行结合^[6], 兰巨生等、栗雨勤等提出抗旱指数, 推进了抗旱生理、抗旱遗传研究与育种应用的结合^[22,23]。利用种间杂交外源基因导入或外源细胞质利用, 挖掘种间杂种优势, 将提高千粒重作为抗旱选择指标, 在熟期正常标准下进行千粒重选育, 避免了单纯追求高千粒重而忽视小麦子粒形成中的源、流、库不协调、子粒大而不饱、饱(满)而不大, 又不存在高产育种中亩穗数、穗粒数、千粒重三因素不协调的关系, 更加注重新种质的实用性。

提高小麦千粒重进而增加产量是近代育种的趋势, 并已取得显著成果。据对河北省 119 份农家种及全国黄淮冬麦区区域试验对照品种石 4185(河北省区域试验对照品种) 资料分析, 千粒重已由农家种 22.5 g 提高到目前现代品种的 36.4 g(河北省 2000-2005 年 6 年区域试验资料), 提高幅度达 35.4%。但受生育期及种质资源限制, 高千粒重新种质往往伴随植株成穗率低、穗粒数减少、晚熟、子粒瘪瘦等现象发生, 产量构成三因素达不到高度统一。通过外源杂种优势利用协调植株源、流、库关系, 提高子粒灌浆强度, 增加粒重, 将使小麦遗传育种水平大幅度提升。

本试验中普通小麦亲本直接取自我国小麦主产区黄淮区域试验对照品种, 起点较高, 在后代材料评价上, 不存在超亲不超标的矛盾, 更接近应用。本试验在兼顾综合性状表现的前提条件下, 通过外源基因和外源细胞质利用, 选取对产量影响较大, 而又受干热风影响程度最大的子粒性状, 作为新种质创造的切入点, 进行遗传改良。进一步将抗逆、高产、稳产育种新种质创造目标具体化, 注重新种质的实用性, 促进了资源创新与育种实践的结合。虽然获得的四倍体细胞质后代显著少于正交后代, 但并不排除硬粒小麦细胞质对子粒或粒重的贡献。统计结果也表明, 正反交后代在千粒重这一性状上无差异, 两种杂交方式, 对提高小麦千粒重同等有效。通过种间杂交、回交及复交, 进一步挖掘种间杂种优势, 是创造和选育小麦高千粒重, 抗旱、稳产新种质的一条有效途径。

参考文献:

- [1] Upreti M C, Malik S K. Correlations between yield and yield contributing characters in bread wheat[J]. Agricultural and Biological Research, 2003, 19(2): 56- 58.
- [2] Dhonde S R, Kute N S, Kanawade D G. Variability and characters association in wheat (*Triticum aestivum*) [J]. A-

gricultural Science Digest, 2000, 20(2): 99- 101.

- [3] Reeves T G, Cassaday K. History and past achievements of plant breeding[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2002, 53(8): 851- 863.
- [4] 胡延吉, 赵檀方. 小麦高产育种中粒重作用的研究[J]. 作物学报, 1996, 21(6): 671- 678.
- [5] Mitra J. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants[J]. Current Science, 2001, 80(6): 758- 763.
- [6] 景蕊莲. 作物抗旱研究的现状与思考[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 79- 85.
- [7] 郑景云, 徐兆生. 华北地区主要农业灾害及灾情分析[J]. 自然灾害学报, 1993, (2): 36- 43.
- [8] 张廷珠, 韩方池. 干热风天气麦田热量、水汽量的湍流交换及其对小麦灌浆速度影响的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(3): 74- 78.
- [9] 张廷珠, 卢 皖, 杨珍林, 等. 小麦干热风气象指标的研究[J]. 中国农业科学, 1983, (4): 68- 75.
- [10] 钟冠昌, 穆素梅, 张正斌. 麦类远缘杂交[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [11] Rekika D, Kara Y, Souyris I, *et al.* The tolerance of PSII to high temperatures in durum wheat (*T.turgidumconv. durum*): genetic variation and relationship with yield under heat stress [J]. Cereal Research Communications, 2000, 28(4): 395- 402.
- [12] 唐秀芝, 王允才. 干热风对硬粒小麦物质分配和籽粒灌浆的影响[J]. 核农学通报, 1994, 15(5): 230- 234.
- [13] 蔡 旭, 米景九, 张树榛. 植物遗传育种学[M]. 北京: 中国科学出版社, 1988.
- [14] 李正理. 植物制片技术[M]. 北京: 科学技术出版社, 1987.
- [15] 孙敬三. 植物细胞学研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [16] 张廷珠, 卢 皖, 杨珍林, 等. 小麦干热风气象指标的研究[J]. 中国农业科学, 1983, (4): 68- 75.
- [17] 杨 凯, 朱志华, 昌小平. 粗山羊草的细胞质对小麦抗旱性的影响[J]. 作物学报, 1997, 23(1): 50- 55.
- [18] 杨起简, 周 禾. 核质杂种小麦抗旱生理及产量特性的研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(3): 25- 29.
- [19] 钟冠昌, 张荣琦. 长穗偃麦草—普通小麦核质杂种的创制及其细胞遗传学分析[J]. 作物学报, 1989, 15(3): 230- 236.
- [20] 张学勇, 董玉琛, 杨欣明. 小麦与长穗偃麦草、中间偃麦草杂种及其衍生后代的细胞遗传学研究[J]. 遗传学报, 1995, 22(3): 217- 222.
- [21] Zaharieva M, Gaulin E, Havaux M, *et al.* Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth: Potential interest for wheat improvement[J]. Crop Science, 2001, 41(4): 1321- 1329.
- [22] 兰巨生, 胡福顺, 张景瑞. 作物抗旱指数的概念和统计方法[J]. 华北农学报, 1990, 15(2): 20- 25.
- [23] 栗雨勤, 刘 毅, 张文英, 等. 冬小麦抗旱高产品种鉴定方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(6): 581- 585.
- [24] 李洪杰, 石云素, 史占良, 等. 普通小麦与硬粒小麦一族毛麦双二倍体杂种体细胞无性系的建立[J]. 华北农学报, 1999, 14(增刊): 1- 6.