

不同气象条件下小麦冷源的品质变异

张嵩午^{1,*}, 刘党校², 王长发², 严菊芳¹

(1. 西北农林科技大学理学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学农学院, 杨凌 712100)

摘要:小麦冷源是一种冷温供体材料,有较强的降温作用,当受体小麦接受冷温供体的配子后,其后代冠温呈普遍下降态势,且部分受体小麦的温度型可由非冷型转化为后代的冷型,而冷型小麦具有代谢功能好且利于高产、稳产的特征,故小麦冷源不但对冷型小麦的问世有重要诱导作用,且能更好促进小麦的高产、稳产。将小麦冷源材料放置在不同的气象条件之下,以研究其籽粒品质的变异状况。结果表明,小麦冷源和非冷源相比,17 项籽粒品质性状变异等级的加权平均值为 1.9877,后者为 2.8171,显示出小麦冷源的籽粒品质具有明显变异小、较稳定的特征,这和籽粒形成过程中蛋白质、淀粉及其组分的含量,相互间的比例变异小密切相关。由于小麦冷源具有籽粒品质变异小的特性,因而,这种特性就利于在其后代冷型小麦上显现,从而使冷型小麦的一些优良品质性状能在生产上反复重演,这不但进一步赋予了利于高产、稳产的冷型小麦以优质、稳质的性状,并能最终促进小麦生产的较大发展,其意义是十分重要的。

关键词:小麦冷源;气象条件;品质变异

文章编号:1000-0933(2008)12-0291-07 中图分类号:Q142,Q948,S314,S512 文献标识码:A

Quality variations of cold sources of wheat under different meteorological conditions

ZHANG Song-Wu^{1,*}, LIU Dang-Xiao², WANG Chang-Fa², YAN Ju-Fang¹

1 College of Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

2 College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 0291 ~ 0297.

Abstract: Cold sources of wheat are a kind of cold temperature-contributing wheat materials that has a strong temperature-decreasing effect, and when recipient materials receive gametes from the sources, their offspring will generally appear to have a decreased canopy temperature and some of them will change their temperature type from the types other than cold type to the cold type in offspring; moreover, cold type wheat has such characters as superior metabolic functions. Hence, cold sources of wheat not only play an important inducing role in the birth of cold type wheat but also much better help wheat achieve high and stable yield. Cold sources of wheat were planted under different meteorological conditions to study the variations of their kernel qualities. The study showed that the average weighted variation grade of 17 seed quality characters was 1.9877 for the cold sources and 2.8171 for other wheat types not belonging to cold sources and then the kernel qualities of the cold sources obviously slightly varied and remained rather stable compared with those of the other wheat types not belonging to cold sources. These smaller seed quality variations of the cold sources were closely correlated with small variations of the contents of protein and starch as well as their components and proportions between these contents during the seed formation process. Because cold sources of wheat are characterized by small seed quality variations, this character is easy to express in the cold type offspring in their hybridization, and accordingly favorable quality characters of cold type wheat can be repeatedly reproduced in production, which further endows cold type wheat making for high and stable yield with high-quality and stable-quality characters and finally greatly boosts wheat production, which is of great

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30470333)

收稿日期:2007-08-13; **修订日期:**2008-04-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: coldwheat@hotmail.com

importance.

Key Words: cold sources of wheat; meteorological conditions; quality variations

20 世纪 80 年代以来,国内外学者陆续在禾本科、豆科、锦葵科、茄科和菊科中发现了一些低温基因型植物材料^[1~9],这些材料的显著特征是在完全相同的气候、土壤及栽培条件下,其冠层温度(株温)明显偏低,与这种特殊的温度状态相伴随,植株的一些重要生物学性状如叶片功能期、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、气孔导度、蒸腾速率、净光合速率、一些重要酶的活性等亦比其它非低温基因型植物材料优越,尤其在干旱、热胁迫或连阴雨下还具有较好的抗逆性,因而引起了学术界的重视。

20 多年来,作者对多种植物基因型的低温现象进行了观测、研究,尤以禾本科中的小麦较为全面、深入。通过测定发现,以当地生产上长期被使用、产量较高、尤其稳产性突出的小麦品种为标准,称其为标准品种,将其它小麦材料的冠温一一与之比对,结果发现^[10],在整个灌浆结实期(从开花到成熟,下同)冠温主要表现为 6 种状态:①冷型态,小麦冠温和标准品种相当或持续偏低;②暖型态,小麦冠温比标准品种持续偏高;③冷尾态,小麦冠温在灌浆结实前期比标准品种持续偏高,但后期偏低;④暖尾态,小麦冠温在灌浆结实前期比标准品种偏低,但后期偏高;⑤冷暖相间以冷结尾态,小麦冠温随着时间推移,存在着比标准品种高低相间的波动,但以冠温偏低结尾;⑥冷暖相间以暖结尾态,小麦冠温随着时间推移存在着比标准品种高低相间的波动,但以冠温偏高结尾。在这 6 种冠温状态中,处于冷型态的小麦材料具有一系列较好的代谢功能,其活力明显旺盛;相比之下,处于暖型态的小麦材料代谢功能差、活力低、早衰重;处于其它 4 种冠温状态的小麦材料其代谢功能和活力居于上述两者之间,但程度互有差异。将冠温年年都处于冷型态的小麦定义为冷型小麦;冠温年年都处于暖型态的小麦定义为暖型小麦;如果小麦的冠温状态不够稳定,随着年份或环境变化不断在前述 6 种温度状态范围内更迭,则定义这样的小麦为中间型小麦。很显然,冷型小麦一系列重要生物学性状明显较优,利于小麦的高产、稳产;暖型小麦许多重要生物学性状明显较差,对生产的负面影响较大;中间型小麦众多生物学性状不够稳定,随着时间或环境变化有较大起伏,这导致其产量的波动显著。目前生产上,中间型小麦是主体,暖型小麦不多,冷型小麦则更少。于是,较快获得冷型小麦不论对于丰富小麦的种质资源,还是促进优良品种较快投入生产都有十分重要的意义。遗憾的是,由于目前冷型小麦很少,远远不能满足人们对小麦低温基因型的需求,结果造成供需矛盾尖锐。在这种情况下,一种能够诱导冷型小麦问世的新遗传源——小麦冷源的发现^[11~13]打开了加速培育冷型小麦的通路。

小麦冷源是一种冷温供体材料,有较强的降温作用,当受体小麦接受冷温供体的配子后,其后代冠层温度呈普遍下降态势,且部分受体小麦的温度型可由非冷型转化为后代的冷型,明显提高了代谢功能;小麦非冷源则无此种能力,不但杂交后代冠层温度降低者少,尤其后代为冷型态者则更少或者全无,利用价值不高^[11]。因而,小麦冷源介入小麦育种是对冷型小麦培育的强力支撑。现在的问题是,在对农产品品质空前重视的今天,小麦冷源的品质在不同生态环境下尤其对品质影响最大的不同气象条件下,其品质是否变异小、较稳定,因为只有品质较稳定的冷源,才利于在和其它小麦材料的组合搭配中产生品质较稳定的后代,从而使一些优良的品质性状能在生产中反复重演,不致发生目前经常遇到的品质退行性变异,以最终达到不仅产量较高、较稳,且品质亦较优、较稳的目的。本文将对小麦冷源在不同气象条件下的变异进行较深入地分析。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验地位于渭河谷地的西北农林科技大学农作试验站,该站位于东经 108°04',北纬 34°20',属我国最重要的小麦产区——黄淮平原冬麦区,为暖温带半湿润气候,年平均气温 12.9℃,年平均降水量 623.2mm。

参试小麦有 15 个,包括了全部温度型,其中有典型的冷源材料 WCS-1 和典型的非冷源材料 HTG-2。在多年进行的 6×6 双列杂交试验中,WCS-1 和其它各种温度型小麦材料所形成的杂交组合(F_1 代),其冠温大

部分都有较明显的下降,占到整个组合的 80%,尤其引人注目的是,在组合(F_1 代)中还出现了较多的冷型态小麦,占到整个组合的 40%,并且这种冷型态小麦在世代分离严重的 F_2 代亦占有较高的比例,从而奠定了从 F_2 代中选择较多优良冷株并进而最终培育出冷型小麦品种的基础;而 HTG-2 和同一组各种温度型小麦材料所形成的杂交组合(F_1 代),其冠温大部分都有较明显的上升,亦占到整个组合的 80%,特别形成强烈反差的是,在组合(F_1 代)中无一例冷型态小麦出现,全为暖型态或中间型态。目前发现的小麦冷源材料还很少,而非冷源材料则是大量的,上述典型冷源和非冷源材料所引起后代的冠温变化已在多年试验中反复重演,具有较好的稳定性。

从 2000 年秋播起,将上述小麦材料连年种植在正常自然条件和模拟干旱棚内,持续至今。干旱棚在小麦拔节后期起直到成熟断绝了自然降水(平日敞开,逢雨盖顶)和人工灌溉,到灌浆结实期时,土壤已十分干旱。如 2004 年 5 月 21 日(乳熟盛期)测定,深度从 0~100cm,土壤湿度为 7.9%~12.5%,总体已接近调萎湿度。此外,还在 2004 年、2005 年和 2006 年的灌浆结实期构建了模拟阴雨棚,在棚内安装了人工降雨装置,比照当地同期曾出现的严重连阴雨状况,对小麦材料施行了间隙性定时定量降雨,造就了同样严重的连阴雨环境。如 2004 年测定,到成熟时人工总降雨量已达 163.0mm,远超过当地同期平均自然降水量 78.7mm 的水平,也突破了近 20a 来当地同期最重连阴雨降水量 135.3mm 的界限,棚内光强亦减弱到棚外自然光强的 50%。

小麦材料无论在棚外正常自然环境还是干旱棚、阴雨棚内都采用了同样的种植规格,其基本状况是:前作为空茬,土壤为壤土,肥力属当地中上等水平;小麦材料随机排列,重复 3 次,每小区 5 行,行长 1.5m,行距 0.25m,株距 0.03m,于 10 月上旬(当地最佳播期)点播;小麦越冬期间适时进行了冬灌,其它诸如中耕、施肥、防治病虫害等皆按黄淮平原品种比较试验的要求进行。

开花时,对不同处理下的部分小麦材料包括前述典型的冷源和非冷源材料进行挂牌标记,所有标记者均为该材料于某种处理下同日开花的麦穗。从籽粒形成期起,对标记麦穗每隔 3d 采样一次并随即杀青,直到成熟前夕,形成了动态采样体系。另外,各种处理下的全部参试小麦材料还在成熟后进行了采样。

1.2 测定方法

小麦成熟收获并在安全水分下储存 3 个月后,测定了各种处理下每个小麦材料的品质性状。动态采样样本的蛋白质含量用凯氏定氮法测定,其组分含量用连续提取、凯氏定氮法测定;淀粉及其组分采用何照范的双波长法测定^[14]。

小麦成熟后采样样本的测定,蛋白质含量和籽粒硬度用 Perten 公司生产的 Informatic 8620 近红外分析仪按 ICC 202 方法测定;出粉率用 Brabender 公司生产的 Quadrumat Junior 实验磨粉机出粉并计算之;面筋含量(含湿面筋含量,干面筋含量和面筋指数)用 Falling Number 公司生产的 Glutomatic system 2200 面筋测定仪按 ICC 106 方法测定;沉降值用 Brabender 公司生产的沉降值仪按 ICC 116,118 方法测定;粉质图诸参数(含吸水率,面团形成时间,面团稳定时间,弱化度,评价值和粉质指数)用 Brabender 公司生产的粉质仪按 ICC 115 方法测定;拉伸图诸参数(含最大拉伸阻力,50mm 处拉伸阻力,延伸度和拉伸面积)用 Brabender 公司生产的拉伸仪按 AACC 54-10 方法测定。

2 结果与分析

由于小麦冷源 WCS-1 的品质变异基本上反映了冷源材料品质变异的一般状况,而非冷源材料 HTG-2 基本上反映了绝大多数无供冷能力非冷源材料品质变异的一般状况,故下面的分析将以它们为代表进行。另外,考虑到籽粒中最重要的成分就是蛋白质和淀粉,前者主要由醇溶蛋白和谷蛋白构成,后者由支链淀粉和直链淀粉构成,因而,籽粒品质的变异归根结蒂就是上述成分的地位及相互关系演变的结果,故将首先分析蛋白质、淀粉及其组分在多种气象条件作用下的动态变异,然后进一步分析上述成分经过一系列动态变化后最终形成的静态品质变异状况。

2.1 籽粒品质形成中蛋白质、淀粉及其组分的变异

为清楚反映这些成分的动态变异,将整个灌浆结实期分为 3 段:前期,灌浆的前 1/3 时期;中期,灌浆的中

间 1/3 时期;后期,灌浆的最后 1/3 时期。每个时期内小麦冷源 WCS-1 和非冷源 HTG-2 在正常天气、干旱、阴雨下的上述成分分别都有 2~3 次测定值,将其平均并作为基础数据进一步求出每个时期每种成分和成分间比值的平均值、标准差及变异系数(表 1):

(1)蛋白质、淀粉及其组分等共 9 项指标在正常天气、干旱、阴雨条件作用下都发生了变异,从总体看,小麦冷源 WCS-1 的变异小于非冷源 HTG-2,比如灌浆前期,WCS-1 变异系数比 HTG-2 小者占了 7 项,是全部 9 项指标的 77.78%,WCS-1 总体变异明显较小。

(2)随着时间推移,WCS-1 和 HTG-2 的变异状况发生了变化。 χ^2 检验表明,在灌浆前期和中期,虽说 WCS-1 总体变异较小,但 $\chi^2 = 5.433$,故 $\chi^2 > \chi_{0.05}^2 = 3.841$,WCS-1 和 HTG-2 之间总体变异的差异只是达到显著水平;而在灌浆后期,9 项指标的变异系数 WCS-1 全较 HTG-2 为小, $\chi^2 = 17.777$,故 $\chi^2 > \chi_{0.01}^2 = 6.635$,WCS-1 和 HTG-2 之间总体变异的差异已达到极显著水平。这说明,在小麦籽粒品质形成过程中,决定品质的要件——蛋白质、淀粉及其组分的含量以及相互间的比例,WCS-1 相对较为稳定,保守性强,不因气象条件的变化而出现大的波动,尤其进入灌浆后期接近成熟时,这种保守性就表现得越加充分,由此可以推断,这将导致 WCS-1 的最终品质变异较小并成为 WCS-1 品质保守性强的直接原因。

2.2 成熟籽粒品质的变异

2.2.1 数据变换

下面对籽粒成熟后的 17 项品质性状进行分析。考虑到各品质性状之间以及同一品质性状不同小麦材料之间的变异系数差异很大,比如蛋白质含量、籽粒硬度、吸水率等的变异系数普遍只有百分之几(但不同小麦材料间可有成倍的差异),而沉降值、面团稳定时间、弱化度等的变异系数大多在 20% 以上(不同小麦材料间亦可有成倍的差异),因而,如果直接用各品质性状变异系数的平均值来评价每个小麦材料 17 项品质性状的总体变异水平就可能出现失真现象,为此,作者把变异系数变换成了变异等级,其方法是:将每个小麦材料、每个品质性状的变异系数通过找出最大值与最小值、决定组距和组数、决定分点和数出频数等一系列步骤,定出每个小麦材料、每个品质性状变异的级别。变异分为 5 级,I 级表示该品质性状变异系数小、稳定;II 级表示变异系数较小、较稳定;III 级表示变异系数、稳定性处于居中状态;IV 级表示变异系数较大、较不稳定;V 级表示变异系数大、不稳定。如湿面筋含量,WCS-1 的变异系数为 5.23%,处在湿面筋含量 5 个变异等级的第 II 级(该级别变异系数分组为 3.506%~5.602%),则 WCS-1 湿面筋含量的变异等级定为 II 级。

2.2.2 变异等级加权值

考虑到每个品质性状对总的品质性状的贡献不一,因而,可据“加权法”^[15] 确定出每个品质性状的权重,并算出每个小麦材料、每个品质性状变异等级的加权值,再据:

$$\bar{X} = \frac{f_1x_1 + f_2x_2 + f_3x_3 + \cdots + f_nx_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{n}$$

求出每个小麦材料品质变异等级的加权平均值。下面绘出小麦冷源 WCS-1 和非冷源 HTG-2 一些重要品质性状——蛋白质含量、籽粒硬度、沉降值、湿面筋含量、吸水率、面团形成时间和面团稳定时间的变异等级加权值图(图 1)。

从图 1 看出,对于这些常用的品质性状来说,WCS-1 和 HTG-2 相比,除少数品质性状的变异等级加权值相同或较大外,大多数均较小,其变异等级加权值在 0.0823~0.2280 之间,而 HTG-2 则在 0.1076~0.3800 之间,表现出小麦冷源有品质性状变异较小、较稳定的倾向。为了进一步全面了解 WCS-1 和 HTG-2 品质性状的总体变异状况,下面将它们 17 项品质性状的变异等级加权值和加权平均值列出,见表 2。

从表 2 看出,小麦冷源 WCS-1 和非冷源 HTG-2 相比,17 项品质性状总体变异较小,其变异等级的加权平均值明显偏低,经 χ^2 检验, $\chi^2 = 7.086$, $\chi_{0.01}^2 = 6.635$,则 $\chi^2 > \chi_{0.01}^2$,故 WCS-1 和 HTG-2 品质性状变异的总体差异极显著。

表1 WCS-1 和 HTG-2 在不同灌浆结实时期蛋白质、淀粉及其组分的变异

Table 1 Variations of protein, starch and their components in the kernels of WCS-1 and HTG-2 during different kernel filling periods										
时期 Period	统计值 Statistical value	蛋白质 含量(%) Protein content	谷蛋白 含量(%) Glutenin content	醇溶蛋白 含量(%) Gliadin content	谷/醇 Glu/Gli	淀粉含量(%) Starch content	支链淀粉 含量(%) Amylopectin content	直链淀粉 含量(%) Amylose content	支/直 Amylopectin /Amylose	淀/蛋 Star/pro
前期 Early stage	平均值 Mean	W * 14.6883	4.2334	0.9283	3.9600	36.0876	31.7894	4.2983	7.4375	2.4771
		H * 14.7350	3.9884	0.7583	5.0233	26.7155	23.9298	2.7857	9.5651	1.8041
	标准差	W 1.2618	0.2965	0.1283	0.1735	2.9440	2.3692	0.5780	0.4764	0.3740
	Standard deviation	H 1.0813	0.3978	0.1567	0.4124	5.1868	3.7494	1.4437	2.8251	0.2271
	变异系数 CV(%)	W 8.59	6.98	13.82	4.38	8.16	7.45	13.45	6.41	15.10
中期 Middle stage		H 7.34	9.54	20.67	8.21	19.42	15.67	51.83	29.54	12.59
	平均值 Mean	W 14.5644	4.7011	1.5133	2.4533	57.9145	47.6328	10.2817	4.6377	3.9832
		H 13.4900	4.3800	1.4508	2.7800	52.8480	43.8961	8.9520	4.9186	3.9297
	标准差	W 0.8533	0.4810	0.0530	0.1060	0.8619	0.7839	0.4038	0.2016	0.1747
	Standard deviation	H 1.5438	0.2664	0.0438	0.2629	4.2153	4.4320	0.3997	0.6598	0.2158
后期 Latestage	变异系数 CV(%)	W 5.86	9.70	3.50	4.32	1.49	1.65	3.93	4.35	4.39
		H 11.44	6.16	3.02	9.46	7.98	10.10	4.47	13.41	5.49
	平均值 Mean	W 15.9233	7.7917	1.6450	3.4133	62.4562	49.9300	12.5263	3.9907	3.9232
		H 14.9233	6.9817	1.8200	2.9933	60.4550	48.4112	12.0439	4.0378	4.0234
	标准差	W 0.5433	0.5320	0.0823	0.2957	1.7123	1.9578	0.3760	0.2598	0.0630
	Standard deviation	H 1.0651	0.7460	0.2100	0.2859	2.6615	3.2521	0.5907	0.4647	0.1918
	变异系数 CV(%)	W 3.41	7.20	5.00	8.66	2.74	3.92	3.00	6.51	1.60
		H 7.14	10.51	11.54	9.55	4.40	6.72	4.90	11.51	4.77

* :表中 W 表示小麦冷源 WCS-1, H 表示小麦非冷源 HTG-2 W and H show respectively wheat cold source WCS-1 and non-cold source HTG-2

3 讨论

由以上分析可知,小麦冷源和非冷源相比,在正常天气、干旱和连阴雨下具有品质变异较小的特性,这种特性和其冠温变异较小密切相关。据测定,在棚外自然环境、干旱棚内和阴雨棚内,灌浆结实期的平均冠温 WCS-1 分别为 25.0、26.3℃和 23.3℃,极差为 3.0℃; HTG-2 分别为 26.2、28.0℃和 23.7℃,极差为 4.3℃, WCS-1 的冠温波动明显比 HTG-2 为小。通过对农田热量平衡的分析得知^[16],冠温低和冠温高的小麦,它们的净辐射(R)相差并不显著,但冠温低者消耗于茎叶蒸腾的能量(LE)明显较多,因而从热量平衡方程式 $R = P + B + LE + IA + Q_T + Q_A$ 看,净辐射(R)用于加热叶片的能量(Q_A)和株茎的能量(Q_T)必然较小,从而导致冠层温度偏低,冠温高者与此相反。植株蒸腾的强弱并不是孤立现象,和根系的活力,水分输送体系的发达程度,N 代谢、C 代谢、活性氧代谢的水平等密切相关,因而,冠温的高低实质上是植株本身总的活力高低的外部信号,代谢功能强、活力高者,小麦冠温就偏低;代谢功能弱、活力低者,小麦冠温就偏高,于是,可把冠温视作植株活力信息的载体,从而使其具有了重要的指示意义。小麦品质的形成也是植株体内复杂生理生化过程共同作用的结果^[17],因而,小麦冠温的波动和小麦品质变异的大小就有了同源性,冠温波动小者,就意味着植株体内的生理生化过程波动亦小,相应的小麦品质也就变异小、较稳定,否则小麦品质就变异大、不稳定,这可能是小麦冷源品质性状变异较小的根本原因。

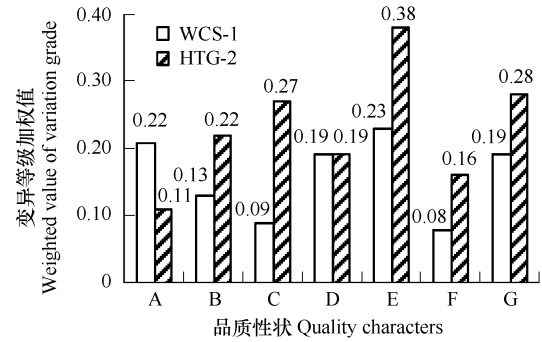


图1 小麦冷源 WCS-1 和非冷源 HTG-2 7 个品质性状的变异等级加权值

Fig. 1 Weighted values of variation grade of wheat cold source WCH-1 and non-cold source HTG-2 with 7 quality characters

A、B、C、D、E、F 和 G 分别代表蛋白质含量、籽粒硬度、沉降值、湿面筋含量、吸水率、面团形成时间和面团稳定时间 A, B, C, D, E, F, G show respectively protein content, hardness, sedimentation value, wet gluten content, water absorption, dough development time and dough stability time

表2 小麦冷源 WCS-1 和非冷源 HTG-2 17 项品质性状变异等级的加权值和加权平均值

Table 2 Weighted values and weighted means of variation grade with 17 quality characters in wheat cold source WCS-1 and non-cold source HTG-2

品质性状 Quality characters	小麦材料 Wheat materials		品质性状 Quality characters	小麦材料 Wheat materials	
	WCS-1	HTG-2		WCS-1	HTG-2
籽粒硬度 Hardness	0.1329	0.2215	面团稳定时间 Dough stability time	0.1898	0.2847
蛋白质含量 Protein content	0.2152	0.1076	软化度 Soft degree	0.2280	0.2850
出粉率 Flour yield	0.0760	0.0760	评价价值 Evaluation value	0.1140	0.2280
湿面筋含量 Wet gluten content	0.1898	0.1898	粉质指数 Floury index	0.0189	0.0315
干面筋含量 Dry gluten content	0.0759	0.0253	最大拉伸阻力 Maximum resistance	0.1266	0.1899
面筋指数 Gluten index	0.0127	0.0254	50 mm处拉伸阻力 Resistance at 50mm	0.0317	0.0951
沉降值 Sedimentation value	0.0886	0.2658	延伸度 Extensibility	0.0633	0.1899
吸水率 Water absorption	0.2280	0.3800	拉伸面积 Stretching area	0.1140	0.0570
面团形成时间 Dough development time	0.0823	0.1646	加权平均值 Weighted mean	1.9877	2.8171

由于小麦冷源和其它小麦杂交后利于产生冷型小麦后代,因而,小麦冷源品质变异较小的特性也利于在冷型小麦上显现,这对于生产上反复重演冷型小麦的优质性状有着十分重要的意义。冷型小麦是一种利于高产、稳产的小麦,现在又通过冷源赋予了利于优质性状稳定的特性,显然,这构成了一种将高产、稳产、优质、稳质集于冷型小麦一身的态势,无疑对于未来小麦生产的较大发展将会起到重要促进作用。

References:

- [1] Blum A, Mayer J, Gozlan G. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field Crops Research*, 1982, 5:137—146.
- [2] Kirkham M D, Suksayretrup K, Wassom C E, *et al.* Canopy temperature of drought — resistant and drought sensitive genotypes of maize. *Maydica*, 1984, 24:287—303.
- [3] Blum A, Mayer J, Golan G. Agronomic and physiological assessments of genotypic variation for drought resistance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Australian Journal of Agricultural Research*, 1989, 40:49—61.
- [4] Garrity D P, O'Toole J C. Screening rice for drought resistance at the reproductive stage. *Field Crops Research*, 1994, 39:99—110.
- [5] Frank A B, Ray I M, Berdahl J D, *et al.* Carbon isotope discrimination, ash, and canopy temperature in three wheatgrass species. *Crop Science*, 1997, 37:1573—1576.
- [6] Harris D S, Schapaugh W T Jr, Kanemasu E T. Genetic diversity in soybeans for leaf canopy temperature and the association of leaf canopy temperature and yield. *Crop Science*, 1984, 24:839—842.
- [7] Hatfield J L, Quisenberry J E, Dilbeck R E. Use of canopy temperature to identify water conservation in cotton germplasm. *Crop Science*, 1987, 27:269—273.
- [8] Ranalli P, Candilo M di, Bagatta M, *et al.* Drought tolerance screening for potato improvement. *Plant Breeding*, 1997, 116:290—292.
- [9] Alza J O, Fernandez M J M. Genetic analysis of yield and related traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.) in dryland and irrigated environments. *Euphytica*, 1997, 95:243—251.
- [10] Zhang S W, Wang C F, Feng B L, *et al.* The specific characteristics of wheat with polymorphic canopy temperature. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9):1414—1419.
- [11] Zhang S W, Wang C F. Study on wheat cold source and its characters. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(1):40—45.
- [12] Zhang S W, Feng B L, Wang C F, *et al.* Wheat cold source and its adaptability under drought conditions. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12):2558—2564.
- [13] Zhang S W, Wang C F. Study on wheat cold source and its characters. *Agricultural Sciences in China*, 2002, 1(2):132—137.
- [14] He Z F. Analysis technique for grain quality of cereals and oils. Beijing:China Agriculture Press, 1985. 290—294.
- [15] Nanjing college of Agriculture. Field experiment and statistical method. Beijing:Agriculture Press, 1979. 22—23.
- [16] Xu X J, Zhang S W. A study on the farmland heat distribution conditions of cold type wheat during milk-filling. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2002, 10(4):40—43.
- [17] Xu Z F, Zhang H Y, Zhang D Y. Wheat quality and its improvement. Beijing: Meteorological Press, 2000. 219—232.

参考文献:

- [10] 张嵩午,王长发,冯佰利,等.冠层温度多态性小麦的性状特征.生态学报,2002,22(9):1414~1419.
- [11] 张嵩午,王长发.小麦冷源及其性状特征的研究.中国农业科学,2001,34(1):40~45.
- [12] 张嵩午,冯佰利,王长发,等.小麦冷源及其在干旱条件下的适应性.生态学报,2003,23(12):2558~2564.
- [14] 何照范.粮油籽粒品质及分析技术.北京:中国农业出版社,1985.290~294.
- [15] 南京农学院.田间试验和统计方法.北京:农业出版社,1979.22~23.
- [16] 许秀娟,张嵩午.冷型小麦灌浆期农田热量分配状况初探.中国生态农业学报,2002,10(4):40~43.
- [17] 徐兆飞,张惠叶,张定一.小麦品质及其改良.北京:气象出版社,2000.219~232.