

冷型小麦对干旱和阴雨的双重适应性

张嵩午¹, 王长发², 冯佰利², 苗 芳¹, 周春菊¹, 刘党校²

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学农学院, 杨凌 712100)

摘要:通过 10 余年的研究,发现冠层温度持续偏低的冷型小麦具有广幅生态适应性,即在正常天气条件下,它的活力较好、代谢功能较强、具有较好的抗旱衰能力,优于其它类型小麦;而在气象要素反差很大的干旱和连阴雨天气下,冷型小麦和暖型小麦、中间型小麦相比,不但冠层温度依然持续偏低,且在叶片功能期、叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、过氧化氢酶活性、净光合速率和籽粒饱满指数等一系列重要内、外性状上仍能继续保持优势。这种对干旱和阴雨条件的双重适应性是冷型小麦一种宝贵的生物学品质,它有可能为小麦在多种气象生态条件下的高产、稳产打下较为坚实的生态生理基础,并能为优良品种的选育提出一个把冷温特征作为重要内容的较为新鲜的育种目标。

关键词:冷型小麦;干旱;阴雨;双重适应性

Double adaptability of cold type wheat to drought and rainy weather

ZHANG Song-Wu¹, WANG Chang-Fa², FENG Bai-Li², MIAO Fang¹, ZHOU Chun-Ju¹, LIU Dang-Xiao²

(1. College of Life Science, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 2. College of Agronomy, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (4): 680~685.

Abstract: It has been discovered that there existed cold type wheat, warm type wheat and intermediate type wheat in natural world through observations and measurements of wheat canopy temperature (plant temperature) for over 10 years. Canopy temperature of cold type wheat was comparable to or always lower than that of check wheat from year to year; on the contrary, canopy temperature of warm type wheat was always higher than that of check wheat. Canopy temperature of intermediate type wheat had strikingly polymorphism, i. e., there were canopy temperature fluctuation, consistently lower canopy temperature like cold type wheat and consistently higher canopy temperature like warm type wheat in different years. The excellent adaptability of cold type wheat to a wide range of meteorological conditions has been found through further studies, i. e., under normal weather conditions, the activity of cold type wheat was stronger, metabolic function was better, senescence was lighter than those of other wheat types; On the other hand, under drought and rainy weather conditions with extremely differing unfavorable meteorological factors, cold type wheat with a low canopy temperature could continuously maintain those superiority to warm and intermediate wheat types in a series of important traits, such as leaf functional duration, chlorophyll content, soluble protein content, CAT activity, net photosynthesis rate and kernel plumpness index. The double adaptability of cold type wheat to drought and rainy weather, a very valuable biological trait, could provide solid ecological and physiologic bases to obtain high and stable yield in the various meteorological conditions and a novel breeding index to breed good varieties with a low wheat plant temperature.

Key words: cold type wheat; drought; rainy weather; double adaptability

文章编号:1000-0933(2004)04-0680-06 中图分类号:Q948 文献标识码:A

在任何一个农业生态地区,小麦依其冠层温度(株温)的高低均可分为冷型、中间型和暖型等 3 种小气候生态型^[1,2]。冷型小

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30270766)

收稿日期:2003-03-02;修订日期:2003-09-24

作者简介:张嵩午(1940~),男,山西五台人,教授,从事作物生态和农业气候研究。E-mail:coldwheat@hotmail.com

Foundation item: the National Natural Science Foundation of China (No. Grant No. 30270766)

Received date: 2003-03-02; Accepted date: 2003-09-24

Biography: ZHANG Song-Wu, Professor, mainly engaged in crop ecology and agro-climatology. E-mail: coldwheat@hotmail.com

麦和其它两种类型小麦比较起来,具有如下显著特征:冠层温度和当地经久不衰、具有重要影响、作为对照的小麦品种相比,相当或持续偏低,植株的活力较好,代谢功能较强,抗旱能力较优;而暖型小麦的冠层温度则持续偏高,植株的活力较差,代谢功能较弱,早衰较为严重;中间型小麦的冠层温度、代谢功能随着年份的转换,波动较大,具有不够稳定的特点。在正常天气下,冷型小麦的性状表现突出,这已有多篇论文作了论述,而当出现气象胁迫时,冷型小麦是否仍能处于优势,尤其遇到象对小麦生产威胁最大的灾害性天气——干旱和阴雨时,冷型小麦对这些在温度、日照、降水和湿度方面反差很大的恶劣天气是否具有双重适应能力,这是令人颇感兴趣的,因为它触及到了小麦生产中一个十分重要的问题——对天气变换的广幅生态适应性,下面就此问题进行一些较深入的分析。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验自 20 世纪 80 年代中期起,已持续 10 余年。试验地位于渭河谷地头道塬的西北农林科技大学农作试验一站,该站位于我国小麦主产区——黄淮平原冬麦区,为暖温带半湿润气候。

考虑到小麦灌浆成熟期(开花~成熟,下同)是全生育期中最后决定产量的关键时期,意义十分重要,因而,下面围绕干旱和阴雨所进行的分析亦着重在灌浆成熟期进行。10 多年来,小麦在该时期曾经历了数次干旱和阴雨的胁迫,使冷型和其它两类小麦在不良天气下的性状得到较好显露。但是,为使这种显露更为充分,作者于 2000~2002 年连续 3a 构建了干旱棚,从 4 月中旬(小麦拔节后期~孕穗期)起,直到成熟(6 月上旬)止,断绝了一切形式的水分补给,造就了一个比当地自然干旱更为严重的干旱小气候环境,如 2000 年乳熟期测定,土壤深度从 0 到 100cm,含水量为 9.3%到 13.2%,在总体上已和凋萎湿度十分接近;又于 2000~2001 年度将同一套小麦材料播于地处亚热带、小麦生育中、后期阴雨多、渍害重的杭州地区,观测其性状对阴雨的反应。此前,渭河谷地在 1996 年和 1998 年小麦灌浆成熟期间曾遇到近 20a 来罕见的连阴雨,降水量分别高达 135.3mm 和 117.5mm,降水变率升至+71.9%和+49.3%,远超过同期降水量的平均值 78.7mm,连绵的降雨和稀少的日照使当年小麦单产出现大幅降落;2001 年该时期又出现了多少年罕见的干旱,降水量仅为 19.7mm,降水变率降至-75.0%,使小麦受到性质不同的另外一类天气的严重胁迫。

小麦种植规格长期以来较为稳定,其基本状况是:前作为空茬,肥力为当地中上等水平;参试材料 10 余个,随机区组排列,重复 4 次;每小区 7 行,行长 2.67m,行距 0.25m,株距 0.03m,于 10 月上旬(当地最佳播期)点播;灌水、施肥、中耕锄草及防治病虫害等田间管理措施按黄淮麦区品种比较试验的要求进行。

本研究的对照品种是小偃 6 号,按照冷型小麦的含义,该品种亦归属于冷型小麦;和对照品种冠层温度相当或持续偏低的冷型小麦选用了具典型性的陕 229 进行说明;比对照品种冠层温度持续偏高的暖型小麦选用了具典型性的 9430-5 进行分析;至于中间型小麦,由于其性状变化较为复杂,则选用以商 188 为代表的 11 个材料进行研讨。这些材料的全生育期都较为接近,从常年看,它们和对照品种只有 0~2d 之差。

1.2 观测记载

首先,对参试材料在干旱和阴雨条件下的冠层温度进行了测定,所用仪器为 BAU-I 型红外测温仪,其分辨率为 0.1℃,测温精度为常温±0.2℃,响应时间 2~3s,视场角 5°;观测时间以 13:00~15:00 各小麦材料冠层温度差异最明显时为主;测定方法系农田小气候观测常用的对称法。

在干旱和阴雨条件下,还测定了参试材料一系列其它重要性状:

- ①叶片功能期 首先记载了旗叶、倒 2 叶和倒 3 叶从开花到叶片干枯的日数以及从开花到籽粒成熟的日数,然后前后两个日数相比,分别求出各叶位叶片的百分比值即是,这是一个用相对值来表示的叶片功能期。
- ②叶绿素含量 用 UV-120 分光光度计进行比色测定。
- ③可溶性蛋白质含量 用考马斯亮蓝-250 蛋白染色法^[3]测定。
- ④过氧化氢酶(CAT)活性 用 Beers 和 Sizrs 改进法^[4]测定。
- ⑤净光合速率 采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 型便携式红外线 CO₂ 测定系统进行。
- ⑥籽粒饱满指数^[5] 当小麦鲜粒增长至最大时,采用容量瓶注水的方法测定其体积,后将籽粒成熟晒干时再测定其体积,以后者比前者,百分比值即是。

2 结果与分析

对上述代表性材料在干旱和阴雨条件下的重要内外性状进行分析,着重对比冷型小麦和暖型小麦的差异,至于中间型小麦,由于在恶劣天气条件下其性状和暖型小麦具有相似性,因而只是在论文后部进行了必要的说明。

2.1 干旱和阴雨条件下的冠层温度

图 1 显示了冷型小麦陕 229 和暖型小麦 9430-5 在干旱和阴雨条件下冠层温度的变化情况。坐标系的横轴代表日序,指灌

浆成熟期间每隔大约 2 日温度观测日的顺序;纵轴代表小麦材料与对照品种小偃 6 号的冠层温度差值。

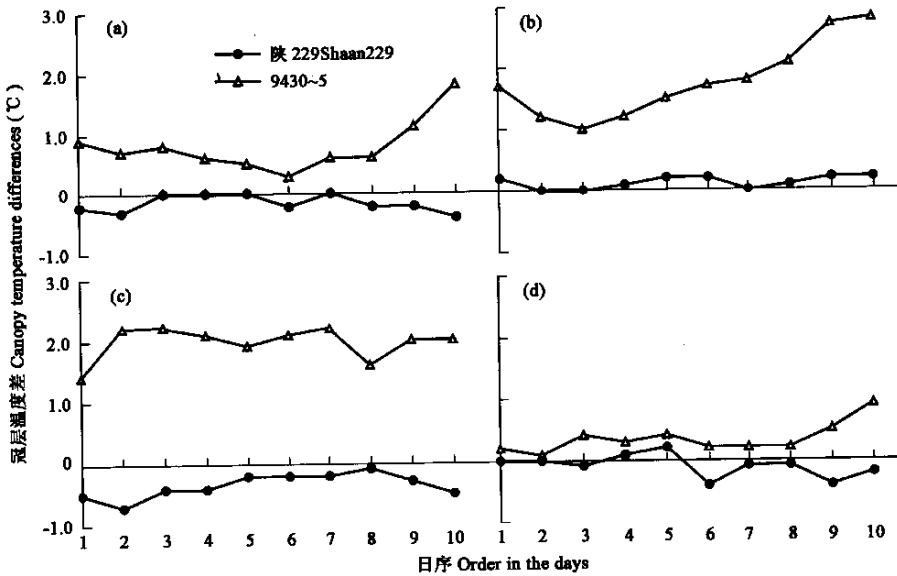


图 1 干旱和阴雨条件下冠层温度的变化

Fig. 1 Changes of canopy temperatures in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2001 年)In drought (in 2001); (b) 干旱条件下(2000 年,干旱棚内)In drought (a drought-simulating shelter in 2000);
(c) 阴雨条件下(1996 年)In rainy weather (in 1996); (d) 阴雨条件下(2001 年,杭州)In rainy weather (Hangzhou in 2001)

在正常天气下,冷型和暖型小麦的冠层温度和对照品种相比分别具有持续偏低(或相当)和持续偏高的特征,这已如前述;而在十分严重的干旱和阴雨条件下,尽管前者温度较高、日照充分、但水分匮乏,而后者温度较低、阴雨绵绵、日照严重不足,呈现出天气上的强烈反差,但从图 1 看出,上述不同类型小麦冠层温度的特点依然如故,相当稳定,即冷型小麦温度恒低,暖型小麦温度恒高,不因年份的更替、天气的转换而变化,因而,冠层温度的这种特征可以成为识别冷型和暖型小麦的鲜明标志。

2.2 干旱和阴雨条件下的叶片功能期

叶片功能期为用百分比表示的相对值,该值越大,说明功能期相对越长,叶片更富活力,反之活力较弱,早衰较重。另又计算了旗叶、倒 2 叶和倒 3 叶功能期的加权平均值,它考虑了各叶位叶片对籽粒充实贡献的权重^[6]。

图 2 表明,无论在干旱还是阴雨条件下,冷型小麦各叶位的叶片功能期均优于暖型小麦,当然,顶 3 叶的加权平均值亦不例外。随着叶位的降低,冷型和暖型小麦叶片功能期的差异越来越大。对照小偃 6 号的叶片功能期比陕 229 稍短,但由于亦属冷型小麦,因而和陕 229 相差不多。这显示出,在气象要素很不相同的干旱和阴雨天气条件下,冷型小麦叶片功能期始终处于明显的优势地位。

2.3 干旱和阴雨条件下的叶绿素含量

图 3 反映了冷型和暖型小麦在干旱和阴雨条件下旗叶叶绿素含量的变化。

从图 3 看出,尽管干旱和阴雨的天气条件反差强烈,但在不同的灾害性天气下冷型小麦总比暖型小麦优越,这反映在叶绿素含量随生育期推进呈总的下降趋势中,冷型小麦下降较慢,且陕 229 比小偃 6 号更缓;而暖型小麦 9430-5 则明显较快,且到成熟前,叶绿素含量已不能检出,和冷型小麦仍有少许含量形成鲜明对比。这为冷型小麦在干旱和阴雨条件下均具有活力较旺的特征提供了新的证明。

2.4 干旱和阴雨条件下的可溶性蛋白质含量

图 4 反映了冷型和暖型小麦在干旱和阴雨条件下旗叶可溶性蛋白质含量的变化。

图 4 说明,可溶性蛋白质含量在干旱和阴雨条件下的表现反映出冷、暖型小麦间的差异与前述生理参数差异的一致性,即冷型小麦的含量一直高于暖型小麦,而在冷型小麦的陕 229 和小偃 6 号间则出现了陕 229 总的较高,但某些测定日又比之偏低的现象。可溶性蛋白质在细胞内主要以 RuBP 羧化酶为主的酶的形式存在,冷型小麦在干旱和阴雨天气下的较高含量,显然为这类小麦在恶劣气象胁迫下能够维持旺盛代谢提供了重要依据。

2.5 干旱和阴雨条件下的过氧化氢酶(CAT)活性

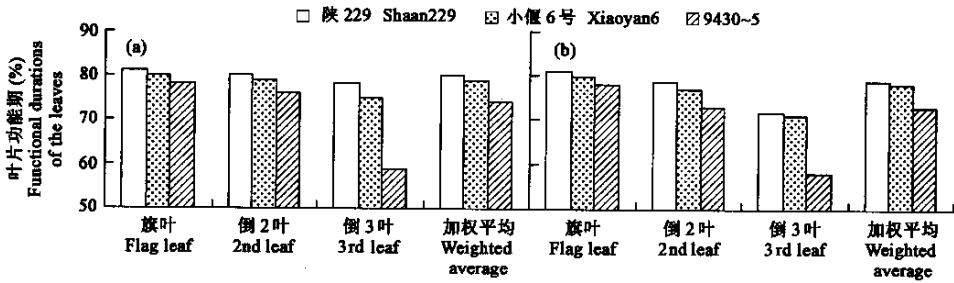


图 2 干旱和阴雨条件下的叶片功能期

Fig. 2 Functional durations of the top three leaves in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2000 年,干旱棚内)In drought (a drought-simulating shelter in 2000); (b) 阴雨条件下(2001 年,杭州)In rainy weather (Hangzhou in 2001)

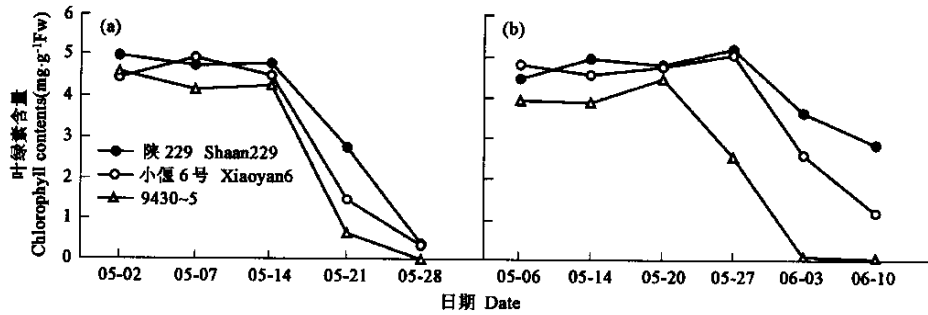


图 3 干旱和阴雨条件下旗叶的叶绿素含量

Fig. 3 Chlorophyll contents of flag leaves in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2002 年,干旱棚内)In drought (a drought-simulating shelter in 2002); (b) 阴雨条件下(1996 年)In rainy weather (in 1996)

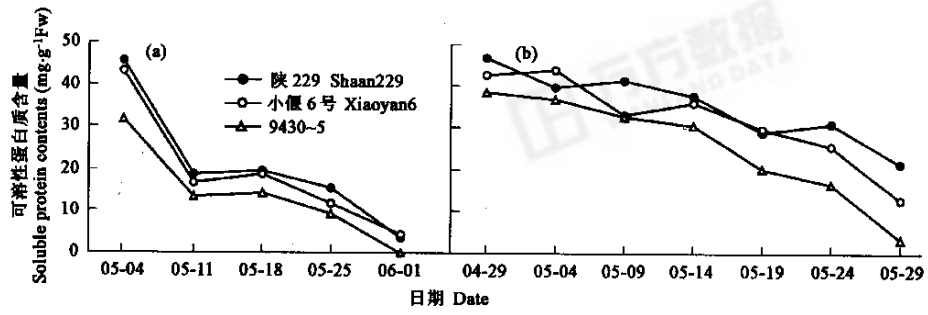


图 4 干旱和阴雨条件下旗叶的可溶性蛋白质含量

Fig. 4 Soluble protein contents of flag leaves in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2000 年,干旱棚内) In drought (a drought-simulating shelter in 2000); (b) 阴雨条件下(1998 年) In rainy weather (in 1998)

CAT 作为生物防御活性氧毒害的关键性保护酶之一对于维持小麦活力、抗御早衰具有重要意义,图 5 显示了冷型和暖型小麦在干旱和阴雨条件下旗叶 CAT 活性的变化。

图 5 表明,在干旱和阴雨条件下,同为冷型小麦的陕 229 和小偃 6 号,其 CAT 活性在不同时期互有涨落,而暖型小麦 9430-5 则始终最弱,这为冷型小麦在性质不同的旱、涝天气下均比暖型小麦活力强、衰老慢作了进一步说明。

2.6 干旱和阴雨条件下的净光合速率

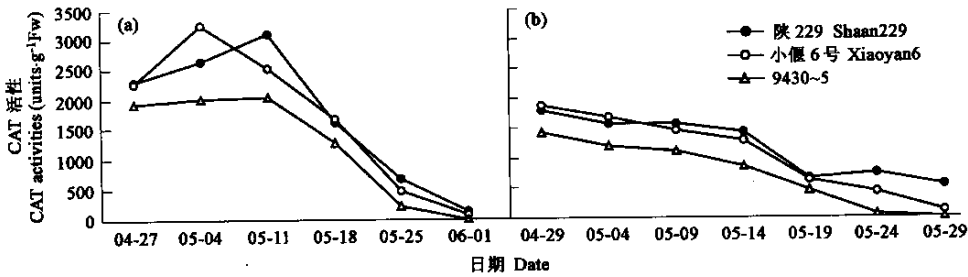


图5 干旱和阴雨条件下旗叶的CAT活性

Fig. 5 CAT activities of flag leaves in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2000年,干旱棚内) In drought (a drought-simulating shelter in 2000); (b) 阴雨条件下(1998年) In rainy weather (in 1998)

叶片的净光合速率反映了叶片作为籽粒养分供应的主源制造及输出光合产物的潜在能力,备受关注。图6显示的是冷型和暖型小麦在干旱和阴雨条件下旗叶、倒2叶和倒3叶净光合速率的加权平均状况。

从图6看出,在干旱和阴雨条件下,冷型和暖型小麦净光合速率的差异十分明显,冷型小麦陕229比对照小偃6号为好,且两者均比暖型小麦9430-5为优。在图6(a)中,由于暖型小麦的叶片过早枯亡,5月30日(成熟前)净光合速率值已不能测出,对照小偃6号此时虽为负值,但叶片淡黄而不干,仍有生命活动,只是光合产物的制造已不抵呼吸消耗罢了。上述说明,无论在干旱还是阴雨条件下,冷型小麦都具有为籽粒库提供较为强劲的物质流的能力,明显优于暖型小麦。

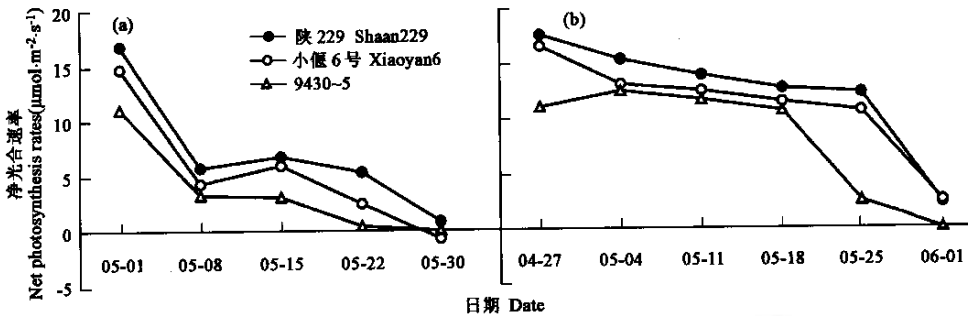


图6 干旱和阴雨条件下叶片净光合速率的加权平均值

Fig. 6 Weighted average net photosynthesis rates of leaves in drought and rainy weather

(a) 干旱条件下(2000年,干旱棚内) In drought (a drought-simulating shelter in 2000); (b) 阴雨条件下(1998年) In rainy weather (in 1998)

2.7 干旱和阴雨条件下中间型小麦的一些特点

中间型小麦不同于冷型和暖型小麦之处主要在于性状的多态性较为明显,即把冷型和暖型小麦的一些重要性状表现作为性状优劣的两个极端,则中间型小麦有随天气优劣之变化在冷型和暖型小麦间摆动的倾向^[7],下面用叶片加权平均功能期和叶片加权平均净光合速度的衰减进行说明。通过对商188等11个中间型小麦材料近10a(1991~1999年)资料的分析表明,在天气优良年,叶片的加权平均功能期达到冷型小麦水平的品次(品种次数)占到全部参试中间型小麦的71%,而在灾害性天气年份则大幅降至46%;与此同时,和暖型小麦的叶片加权平均功能期处于同一水平者,天气优良年时仅为11%,而在灾害性天气年份则猛升至40%。他们的叶片净光合速率的衰减,在天气优良年达到冷型小麦水平表现为衰减缓慢者占到全部参试中间型小麦的67%,而在灾害性天气年份则大幅降至16%;与此同时,和暖型小麦的净光合速率处于同一水平表现为衰减迅速者,天气优良年时为33%,而在灾害性天气年份则引人注目地升至84%。由此看出,由于中间型小麦性状的摆动性,在干旱和阴雨条件下,它的一些重要性状有较明显的向暖型小麦趋近的倾向,显然,这导致了和冷型小麦优良性状间差距的进一步扩大。

3 讨论 万方数据

在干旱和阴雨条件下,上述冷型和暖型小麦性状的一系列差异最终必在籽粒库上有所反映,如2000年干旱棚内,冷型小麦

陕 229 的籽粒饱满指数为 67.1%,对照小偃 6 号为 61.8%,暖型小麦 9430-5 为 56.1%;1996 年在罕见的连阴雨天气下,冷型小麦陕 229 的籽粒饱满指数为 62.1%,对照小偃 6 号为 59.7%,暖型小麦 9430-5 为 51.7%。冷型小麦明显优于暖型小麦。中间型小麦,其饱满指数同样有天气优良年趋向于饱满指数较高的冷型小麦,天气恶劣年趋向于饱满指数较低的暖型小麦。

无论是干旱还是阴雨逆境,冷型小麦的一系列重要性状均表现出比暖型小麦和中间型小麦为优,具有对这两种气象要素反差很大的灾害性天气的双重适应性,这是一种非常宝贵的特性,极具利用价值。因而,在争取小麦进一步高产、稳产的努力中,把小麦具有冷温特征作为重要育种目标之一,并通过种种手段培育出越来越多的冷型小麦,使之在生产上占有越来越大的比重,对于小麦适应多种变化的天气,取得和大自然的和谐具有十分重要的意义。

References:

[1] Zhang S W. Temperature type phenomenon of wheat. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1997, **8** (5): 471~474.

[2] Zhang S W, Wang C F. Cold type wheat and its biological characteristics. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, **25** (5): 608~615.

[3] Northwestern Agricultural University. *Basal Biochemistry Test Guide*. Xian:Shaanxi Science and Technology Press, 1986. 66~69.

[4] Beers R F, Jr., Sizlers I W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *J. Biol. Chem.*, 1952, **195**:133.

[5] Zhang X L. Study on the filling of wheat seed. *Acta Agronomica Sinica*, 1982, **8** (2): 87~93.

[6] Zheng G H, Xiu A B, Li Y Z. Preliminary study on the regulation of assimilation products distributing and utilizing in wheat. *Plant Physiology Communications*, 1964, (3): 7~16.

[7] 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.

参考文献:

[1] 张嵩午. 小麦温型现象. 应用生态学报, 1997, **8** (5): 471~474.

[2] 张嵩午, 王长发. 冷型小麦及其生物学特征. 作物学报, 1999, **25** (5): 608~615.

[3] 西北农业大学. 基础生物化学实验指导. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986. 66~69.

[5] 张晓龙. 小麦品种籽粒灌浆研究. 作物学报, 1982, **8** (2): 87~93.

[6] 郑广华, 徐阿炳, 李雅志. 小麦体内同化产物分配利用规律的初步研究. 植物生理学通讯, 1964, (3): 7~16.

[7] 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.

