

干旱条件下冷型小麦的生理特性分析*

冯佰利¹, 赵琳², 高小丽¹, 高金峰¹, 张嵩午¹, 李生秀²

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100;

2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 选择不同温型的小麦品种, 通过测定群体冠层温度、叶片功能持续期以及丙二醛含量等参数, 研究了干旱条件下冷型小麦的生理特性。结果表明, 在籽粒灌浆期间, 冷型小麦群体冠层温度持续偏低, 其叶片功能期、蒸腾速率等性状明显优于暖型小麦品种, 在籽粒灌浆后期表现尤为明显。冷型小麦对干旱的特殊适应性将为旱地小麦品系(种)的选择和高产栽培提供新的思路。

[关键词] 冷型小麦; 生理特性; 冠层温度; 干旱地区

[中图分类号] S512 101

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)03-0038-05

在同一气候、土壤和栽培条件下, 不同基因型小麦材料的冠层温度存在差异。张嵩午等^[1~4]以一定农业生态地区对当地小麦生产起主导作用的品种为对照, 将冠层温度(体温)和对照品种相当或持续偏低的品种称为冷型小麦, 比对照品种持续偏高的品种称为暖型小麦。这种冠层温度的差异在小麦抽穗扬花前就有反映, 但以灌浆成熟期(抽穗扬花-成熟)最为明显^[2~6]。研究表明^[1~6], 不同小麦群体冠层温度高低变化相当稳定, 不因年份的更替、天气的变化而改变。在正常年份下, 冷型小麦的叶片功能期、叶绿素含量、蛋白质氮含量、防御活性氧毒害的关键性保护酶活性、蒸腾速率以及净光合速率等均优于对照品种和暖型小麦, 这为小麦高产栽培和品种选育提供了重要的理论依据^[4~7]。但是, 前人研究

较少涉及干旱条件下冷型小麦的内部代谢功能特征^[5,6]。本研究旨在上述研究的基础上, 分析干旱条件下不同温型小麦植株的温度分异规律及其内部代谢功能差异, 为小麦抗逆育种和栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验在西北农林科技大学农作试验站进行, 该站地处黄淮平原冬麦区, 为暖温带半湿润气候。为保证干旱条件, 试验于1999~2003年构建了干旱棚, 将全部参试品种置于人工控制之下, 从4月中旬(小麦孕穗期)起, 直到成熟(6月上旬)止, 断绝了自然降水和人工水分补给, 创造了一个严重干旱的小气候环境(表1)。

表1 小麦抽穗-成熟期土壤含水量测定结果

Table 1 Water content of soil during ear sprouting to harvesting period

g/kg

测定日期 Test date	土壤深度/cm Soil depth				
	0~ 20	20~ 40	40~ 60	60~ 80	80~ 100
2000-03-30	95.9	115.5	127.2	136.1	139.4
2000-04-19	93.8	98.3	105.9	118.3	124.6
2000-05-30	85.5	98.6	104.3	108.0	111.1
2001-04-19	71.8	89.2	89.1	103.9	108.6
2001-05-28	68.7	79.7	85.2	89.3	94.3

试验地前茬休闲, 随机区组设计, 重复4次, 每小区7行, 行长1.5m, 行距25cm, 株距3cm; 于10月上旬开沟带尺点播, 播前按尿素225 kg/hm²、磷酸二氢氨225 kg/hm²、磷酸二氢钾30 kg/hm²的标

准施足基肥; 田间管理按黄淮麦区品种比较试验要求进行。本研究的对照品种是陕西旱作地区小麦对照之一陕229, 按冷型小麦的含义, 其作为对照亦归属于冷型小麦; 冷型小麦选用了具有代表性的小偃

* [收稿日期] 2004-04-28

[基金项目] 国家自然科学基金重大项目(30230230); 国家自然科学基金项目(39870477)

[作者简介] 冯佰利(1966-), 男, 陕西耀县人, 博士, 副教授, 主要从事作物高产生态生理及小杂粮产业开发研究。

6 号和 RB6; 暖型小麦选用了具有代表性的 9430 和偃师 9 号。

1.2 观测记载

自开花之日起, 每隔 6 d 取有代表性的顶 3 叶进行有关测定, 直至成熟。冠层温度用国产 BAU-I 型红外测温仪测定, 视场角为 5°。观测时间以晴天午后 (13:00~15:00) 各品种冠层温度差异最明显时为主, 按照农田小气候观测的对称法进行。叶绿素含量用 752 分光光度计测定; 丙二醛 (MDA) 含量用硫代巴比妥酸法测定^[7,8]。冠层叶片蒸腾速率 (T_r) 用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式红外线 CO_2 测定系统测定; 籽粒饱满指数测定用排水法进

行。上述各种观测和测定均以籽粒灌浆成熟期 (开花 - 成熟) 为重点。

2 结果与分析

2.1 干旱条件下不同温型小麦冠层温度分异规律

依据 2000~2002 年干旱棚资料, 以 2001, 2002 年为例绘制灌浆成熟期品种冠层温度依日序变化图 (图 1)。所谓日序是指观测日的顺序, 每相邻 2 次观测相隔 2 日左右。绘图时, 以对照品种陕 229 为基准, 首先绘出穿越温差轴 0 0 并与日序轴平行的基准线, 然后依日序将各种类型小麦材料与对照相比较的温度差点落于图上。

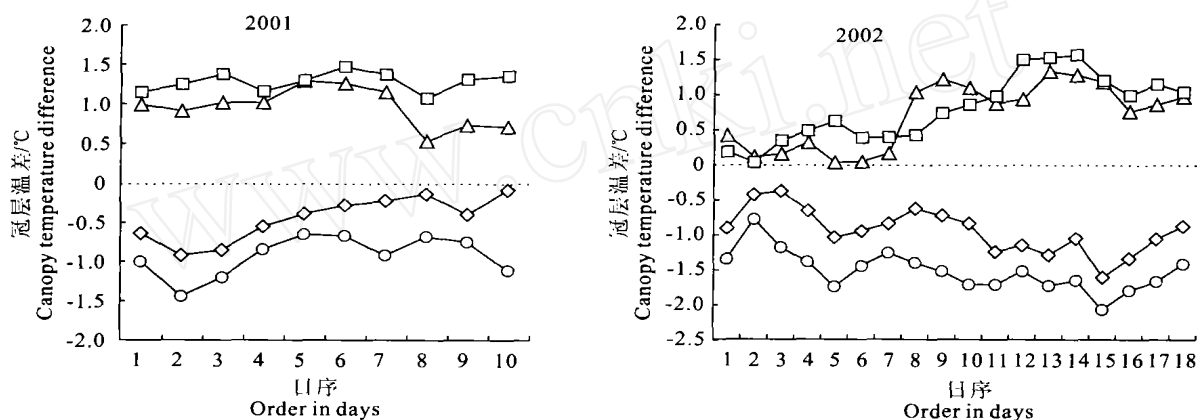


图 1 2001 和 2002 年干旱条件下各温型小麦冠层温度的变化

- - . 偃师 9 号; - □ - . 9430; - ○ - . RB6; - - . 小偃 6 号

Fig. 1 Changes of canopy temperature of different types of wheats under drought in 2001 and 2002

- - . Yanshi 9; - □ - . 9430; - ○ - . RB6; - - . Xiaoyan 6

从图 1 可以看出, 在干旱条件下, 不同温型小麦存在明显的温度分异现象。有些品种的温度始终偏低, 有一些品种的温度持续偏高。冷型小麦小偃 6 号、RB6 的冠层温度差在基准线以下, 表明干旱胁迫下这些小麦冠层温度明显偏冷, 而暖型小麦 9430、偃师 9 号的冠层温度差在基准线以上, 而且离基准线较远, 表明干旱胁迫下这些小麦冠层温度明显偏暖。而且在有的时段, 暖型小麦与冷型小麦的冠层温度差异可达 2~3 °C。表明在干旱条件下, 冷型小麦同样表现为较低的冠层温度。

2.2 叶片功能期

小麦灌浆结实期间叶片功能期的长短对籽粒充实至关重要, 功能期长者利于籽粒干物质积累和饱满度的提高。本研究以开花至叶片完全干枯持续日数与开花至成熟持续日数的百分比表示叶片功能

期, 从灌浆结实的总体上反映叶片的活力和贡献^[3,4]。从图 2 可以看出, 在干旱条件下, 冷型小麦旗叶、倒二叶、倒三叶的功能期明显长于暖型小麦, 且叶位越低, 差异越大。功能叶作为籽粒充实的主要来源, 冷型小麦显示出了较强的活力。

2.3 叶片叶绿素含量

叶绿素含量测定结果 (图 3) 表明, 干旱条件下, 随着成熟的临近, 旗叶的叶绿素含量趋于减少, 但不同小麦品种间叶绿素的降低速度有一定差异。冷型小麦与暖型小麦相比, 冷型小麦小偃 6 号和陕 229 的叶绿素含量始终较高, 暖型小麦偃师 9 号和 9430 的叶绿素含量较低; 且临近成熟时, 暖型小麦叶片已全部干枯, 叶绿素已不能检出, 而冷型小麦叶片仍含有一定量的叶绿素。不同温型小麦倒 2 叶和倒 3 叶叶绿素含量间的差异与旗叶相似。

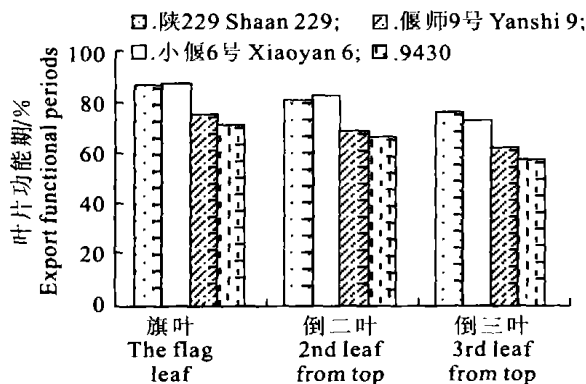


图 2 干旱条件下不同温型小麦的叶片功能期

Fig 2 Export functional periods of the leaves of different wheats under drought

2.4 叶片丙二醛(MDA)含量

由图 4 可见,不同温型小麦旗叶的MDA 含量随生育期的推移呈明显上升趋势,但其增加快慢有显著差异,冷型小麦小偃 6 号和陕 229 衰老速度缓

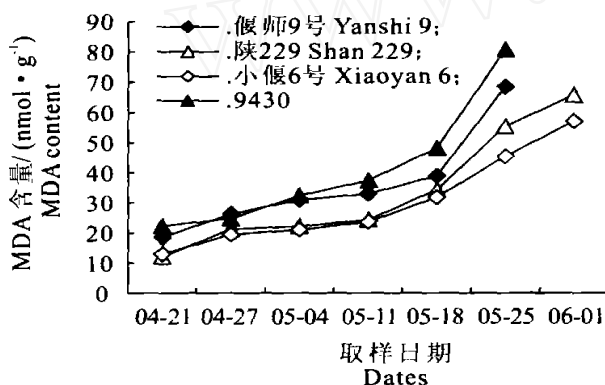


图 4 干旱条件下不同温型小麦旗叶丙二醛含量的变化

Fig 4 Changes of MDA content of different types of wheats under drought

2.5 叶片蒸腾速率

由图 5 可以看出,灌浆成熟期间,随着成熟期的临近,4 种小麦的叶片蒸腾速率均呈降低趋势。但蒸腾速率以冷型小麦小偃 6 号最大,陕 229 居中,暖型小麦偃师 9 号最低;且越到结实后期,上述蒸腾速率的大小排列顺序越明显;接近成熟时,暖型小麦偃师 9 号、9430 的叶片已全部枯亡,蒸腾停止,而冷型小麦陕 229 和小偃 6 号仍能维持一定的蒸腾强度^[3~4]。

2.6 籽粒饱满指数

饱满指数是种子籽粒库填充好坏及饱满程度的评价指标,其以成熟时晒干种子体积与籽粒生育期间鲜种子最大体积的百分比率表示。从表 2 可知,冷型小麦和暖型小麦形成强烈对比,其饱满指数明显

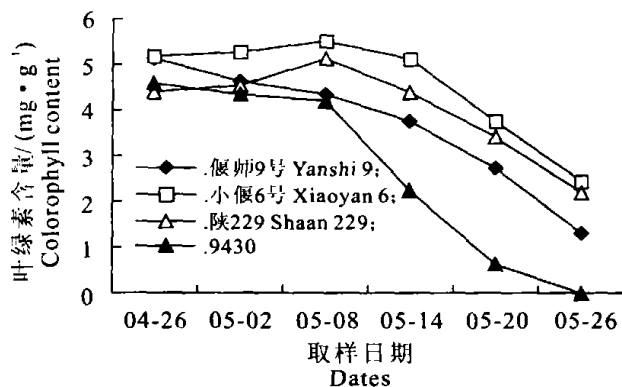


图 3 干旱条件下不同温型小麦旗叶叶绿素含量的变化

Fig 3 Changes of chlorophyll content of the leaves of different types of wheats under drought

慢,积累量较少;暖型小麦偃师 9 号、9430 MDA 增加速度较快,积累量大,这和前述冷型小麦叶片叶绿素含量的变化趋势相一致。

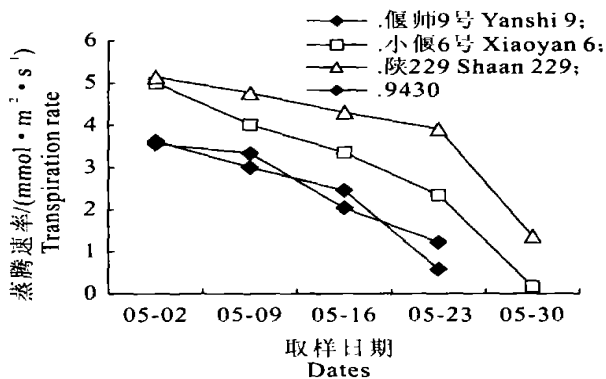


图 5 干旱条件下不同温型小麦旗叶蒸腾速率的变化

Fig 4 Changes of transpiration rate of different types of wheats under drought

偏高,说明干旱对冷型小麦灌浆的影响较小,冷型小麦具有对干旱的特殊适应性,其灌浆期生育特性非常利于籽粒充实。

表 2 不同温型小麦的饱满指数

Table 2 Satiety index of different typical wheats

温型 Type	品种 Variety	饱满指数 Satiety index
冷型小麦 Cold typical wheat	小偃 6 号 Xiaoyan 6	0.672 3
	陕 229 Shaan 229	0.671 3
	RB6	0.841 0
暖型小麦 Warm typical wheat	偃师 9 号 Yanshi 9	0.644 3
	9430	0.609 2

3 讨 论

小麦温型是自然界中客观存在的一种重要生态

生理现象。张嵩午等人研究^[2-7]表明,不同温型小麦的内部和外部性状上各有一些鲜明特点。冷型小麦的许多性状,如功能叶片功能期、根系数量和重量、旗叶的叶绿素含量、SOD, CAT, POD 等保护酶活性、蒸腾速率和净光合速率均比暖型小麦为优。进一步研究表明,低温种质在光、温、湿、降水差别很大的灾害性天气下,仍具有较强的适应能力,一些重要内、外性状仍保持较优^[9]。本研究表明,在干旱条件下,低温种质的冠层温度持续偏低,代谢水平较高,植株活力较强,尤其在籽粒灌浆后期更为明显,这种特性与暖型小麦品种形成鲜明对比。这似乎意味着,在众多的小麦材料中,可以选择一种具有广幅生态适应性的优异种质,其不但能够适应干旱条件,而且同时能够适应其他逆境条件,无疑这为高产优质、适应性较强小麦品种的选育提供了较好的种质基础,同时,这一发现对于探讨干旱条件下低温种质的代谢能力,揭示小麦生命活动深层次的规律亦有非常重要的理论价值。

目前,把冠层温度作为筛选一些作物抗旱性基因型的手段,已在小麦、珍珠粟、玉米、高粱、粟以及棉花等作物上得到应用,并取得了一些进展^[10]。Blum 等^[11]以冠层温度作为筛选指标进行了作物抗旱性种质研究,认为冠层温度与干旱敏感指数相关。在干旱条件下,可利用中午的冠层温度选择抗旱品种以获得稳定的产量。Chaudhari 等^[12]提出了一种

用冠层温度和小气候变化的相关性来筛选抗旱基因型的可能方法; Golestani^[13]也指出,在水分条件适宜的情况下,抗旱小麦品种和干旱敏感小麦品种的中午冠层温度存在显著差异,冠层温度、气孔阻力在一定条件下可作为抗旱指标; Reynolds 等^[14]认为,冠层温度与表现性状显著相关,利用冠层温度可在早代和中间世代进行抗旱小麦品种选择; Rashid^[15]指出,利用远红外技术测定冠层温度可以快速监测植株对缺水的反应,利用冠层温度在水分胁迫条件下与产量的显著相关可以选择抗旱小麦品种。Garritty 和 O'Toole 等^[16-18]在国际水稻研究所测定了 28 个水稻基因型的冠层温度,结果表明,水分胁迫期不同品种间冠层温度呈极显著差异,严重胁迫下冠层温度高的品种在充分灌溉条件下其冠层温度也较高;营养生长期抗旱性突出的品种其扬花期冠层温度较低。这一结论也在 Amani 等^[19]、Fischer 等^[20]的小麦试验中得到验证。因此,在旱地小麦育种中,将温度型和品种的生态特性与代谢功能紧密地联系起来,对于弥补长期以来品种选育以感官鉴定为主,对选育材料的生态生理特征了解不多的缺陷、提高品种选择的准确性具有重要的指导意义。同时,冠层温度测定简便易行、准确快速,与小麦表现特征相结合,则可较快、较方便地抓住小麦代谢功能这个本质,对于充实、丰富育种资源和早出、快出高产品种有重要的现实意义。

[参考文献]

- [1] 张嵩午. 小麦群体的第二热源及其增温效应[J]. 生态学杂志, 1990, 9(2): 1- 6
- [2] 张嵩午. 小麦温型现象[J]. 应用生态学报, 1997, 8(5): 471- 474
- [3] 张嵩午, 王长发. K 型杂交小麦 901 的冷温特征[J]. 中国农业科学, 1999, 32(2): 47- 52
- [4] 张嵩午, 王长发. 冷型小麦及其生物学特性[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 608- 615
- [5] 冯佰利, 王长发, 苗 方. 抗旱小麦的冷温特性研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2002, 30(2): 6- 10
- [6] 冯佰利, 王长发, 苗 方. 干旱条件下冷型小麦叶片气体交换特性研究[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(4): 48- 51
- [7] 王长发, 张嵩午. 冷型小麦旗叶衰老和活性氧代谢特性研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 727- 732
- [8] 王韶唐. 植物生理实验指导[M]. 西安: 陕西科学出版社, 1987. 29
- [9] 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[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2558- 2564
- [10] 程旺大, 赵国平. 冠层温度在水稻抗旱性基因型筛选中的应用及其测定技术[J]. 植物学通报, 2001, 18(1): 70- 75
- [11] Blum A. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress[J]. Field Cro Res, 1989, 22: 289
- [12] Chaudhari U N, Deaton M L, Kanemasu E T, et al. A procedure to select drought tolerant sorghum and millet genotypes using canopy temperature and vapor pressure deficit[J]. Agron J, 1986, 78: 490- 494
- [13] Golestani A S, Assad M T. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat[J]. Euphytica, 1998, 103(3): 293- 299
- [14] Reynolds M P, Fischer R A, Balota M, et al. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions[J]. Australian Journal of Plant Physiology (Australia), 1994, 21(6): 717- 730
- [15] Rashid A, Stark J C, Tanveer A, et al. Use of canopy temperature measurements as a screening tool for drought tolerance in spring wheat[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 1999, 182(4): 231- 237.

- [16] Garrity D P, O'Toole J C. Screening rice for drought resistance at the reproductive stage[J]. Field Crop Res, 1994, 39: 99- 110
- [17] Garrity D P, O'Toole J C. Selection for reproductive stage drought avoidance in rice using infrared thermometry[J]. Agronomy Journal, 1995, 87: 773- 779
- [18] O'Toole J C, Garrity D P, Cruz R T. Drought resistance in rainfed low land rice[J]. Progress in Rainfed Low land Rice IRR I, 1986 145- 158
- [19] Amani I, Fischer R A, Reynolds M P. Canopy temperature depression association with yield of irrigated wheat cultivars in a hot climate [J]. J Agron Crop Sci, 1996, 176: 119- 129
- [20] Fischer R A, Rees D, Sayre K D, et al. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies[J]. Crop Sci, 1998, 38(11- 12): 1467- 1475

Analysis of lower canopy temperature and physiological characteristics of cold type wheat under drought

FENG Bai-Li¹, ZHAO Lin², GAO Xiao-li¹, GAO Jin-feng¹,
ZHANG Song-Wu¹, LI Sheng-xiu²

(1 College of Agronomy; 2 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Cold and Warm wheat cultivars were used to investigate their lower canopy temperature and some physiological characteristics by measuring their corresponding canopy temperature, duration of function leaves and MDA content. The results showed that canopy temperature was continuously lower in cold wheat cultivars than in warm ones, especially during kernel-filling period. Many of the physiological characteristics such as the functional period of leaves and MDA content in the former were superior to those in the latter. So the use and selection of the cold type wheats should be stressed in the wheat breeding and culture, for it is useful to improve crop yield and quality in dry farmland conditions.

Key words: cold type wheat; physiological characteristics; canopy temperature; drought area