# 冷型小麦灌浆期农田水分利用状况初探*

许秀娟, 张嵩午
(西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘　要]　根据农田土壤湿度和小气候观测资料, 分析了冷型小麦陕 229 和暖型小麦 9430 的土壤湿度, 并用 M. И. 布德柯法计算了株间水汽通量。结果表明, 在灌浆期, 冷型小麦 0～20 cm 土层的土壤蒸发较暖型小麦低; 冷型小麦在 40～50 cm 土层的蒸腾耗水为暖型小麦的 1.98 倍; 9:00～11:00 冷型小麦 20 cm - 2/3 株高和 2/3 株高 - 冠顶的水汽通量分别比暖型小麦高 3.23～24.62 mg/(m$^2$·s) 和 11.46～36.52 mg/(m$^2$·s)。表明冷型小麦植株蒸腾作用旺盛, 土壤蒸发较少, 能有效利用土壤水分。

[关键词]　冷型小麦; 土壤湿度; 水汽通量
[中图分类号]　S152.7$^+$5　　[文献标识码]　A　　[文章编号]　1671-9387(2003)05-0013-04

在气候、土壤和栽培措施完全一致的一个小尺度范围内, 不同基因型的小麦冠层温度存在着差异。以当地生产中的主栽小麦品种小偃 6 号为对照, 将灌浆结实期(开花- 成熟)冠层温度较对照品种持续偏低的小麦称为冷型小麦, 如陕 229, 901 和 8329 等; 反之, 则称为暖型小麦, 如 9430, 9405 和偃师 9 号等。冷型小麦比暖型小麦有较优的生物学特性, 其株间环境较冷湿, 能抗御该生育期的干热大气环境胁迫, 可为培育优良品种提供有利基因[1～4]。为了揭示这一现象的本质, 作者根据农田土壤湿度和小气候观测资料, 对陕 229 和 9430 灌浆期农田水分利用状况进行了初步研究, 以期为培育高产稳产、抗干热风的小麦新品种提供参考依据。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料与设计

试验地位于西北农林科技大学农作试验站, 该地属暖温带半湿润气候, 为黄淮平原冬麦区。

供试小麦有陕 229、9430、小偃 6 号、9405、RB6 和偃师 9 号等 6 个品种, 每个品种分 3 个密度(120, 240, 360 万株/hm$^2$) 共 18 个处理, 随机区组排列, 重复 3 次。全部品种于 2000-10-06 播种, 冬灌 1 次。由于陕 229 和 9430 是典型的冷、暖型小麦品种, 因此把陕 229 和 9430 品种安排在相邻小区, 在这 2 个小区进行农田小气候观测, 并测定土壤湿度。

### 1.2　观测方法

在 2001-05-05, 05-12, 05-19 和 05-26 的上午 9:00～11:00 进行 4 次农田小气候观测。观测项目有空气温度和湿度、风速、土壤温度、净辐射和光照度。测净辐射、光照度和空气温、湿度的仪器分别为净辐射表、Cz-4 型照度计和阿斯曼通风干湿表, 用往返重复读数法观测。风速用热球式电风速计测定, 1 min 读 20 次, 取平均值。在陕 229 和 9430 品种小区行间安装地面温度表和曲管地温表, 两小区安装地温表的方位一致。在小气候观测开始和结束时同时观测陕 229 和 9430 小区的土壤温度。在 04-28 和农田小气候观测时用土钻取 5～50 cm 土层土样, 用烘干法测定土壤湿度, 并测定土壤容重。同时记载小麦物候期, 测定各小区植株叶片衰老进程, 收获时取样分析小麦产量等。水汽通量采用 M. И. 布德柯法[5]计算, 公式为:

$$E = -\rho K \frac{\partial q}{\partial z} \tag{1}$$

式中, $E$ 为水汽通量, $\rho$ 为空气密度, $\frac{\partial q}{\partial z}$ 为比湿垂直梯度, $K$ 为湍流交换系数, $K$ 由下式计算:

$$K = \frac{æ^2(U_2 - U_1)}{\ln(Z_2/Z_1)}\left[1 + \frac{T_1 - T_2}{(U_2 - U_1)^2}\ln\frac{Z_2}{Z_1}\right]\cdot Z \tag{2}$$

令 $$K' = \frac{æ^2(U_2 - U_1)}{\ln(Z_2/Z_1)}\left[1 + \frac{T_1 - T_2}{(U_2 - U_1)^2}\ln\frac{Z_2}{Z_1}\right] \tag{3}$$

则 $$K = K'\cdot Z \tag{4}$$

式中, æ 为卡曼常数(取 0.38), $U_1$, $U_2$ 和 $T_1$, $T_2$ 分别为高度 $Z_1$, $Z_2$ 处的风速与绝对温度, $Z$ 为 $Z_1$ 和 $Z_2$ 间的某一高度。对式(1)积分, 高度由 $Z_1$ 到 $Z_2$, 比湿

* [收稿日期]　2003-03-13
[基金项目]　国家自然科学基金项目(39870477)
[作者简介]　许秀娟(1943- ), 女, 上海市人, 教授, 主要从事农业气象研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

由 $q_1$ 到 $q_2$, 得

$$E = \rho K \frac{q_1 - q_2}{\ln(Z_2/Z_1)} \quad (5)$$

将 05-05, 05-12, 05-19 和 05-26 在 9: 00, 10: 00, 11: 00 所观测的风速、温度和比湿资料分别代入式(3)～(5), 计算株间 20 cm - 2/3 株高和 2/3 株高- 冠顶处的水汽通量。

## 2 结果与分析

### 2.1 农田土壤湿度

图 1 是小麦扬花至腊熟期冷型小麦陕 229 和暖型小麦 9430 的土壤湿度垂直分布图。

由图 1 可见, 尽管这 5 次取土样时, 小麦生育期和天气状况不同, 但陕 229 和 9430 的土壤湿度垂直分布曲线有一共同特征, 即两品种的土壤湿度曲线在 30～40 cm 土层间有一相交点。在交点上下, 两品种间土壤湿度的差值正负相反, 且随距交点的距离增加差值有变大的趋势。在交点以下的 40 和 50 cm 处, 陕 229 的土壤湿度比 9430 分别偏低 0.08%～0.54% 和 0.30%～0.93%, 且这一差异随小麦生育期的推进而逐渐增大。其中, 50 cm 处土壤湿度的差异极显著($t$= 3.54> $t_{0.01}$)。在交点以上, 陕 229 的土壤湿度始终高于 9430, 其中两品种在 5, 10, 20 和 30 cm 处的土壤湿度差分别达 1.84%～3.20%, 0.54%～2.99%, 0.43%～1.96% 和 0.05%～0.74%。

农田浅层的土壤湿度受降水、土壤蒸发和植被覆盖状况等因素的影响而变化。由图 1 可见, 在 05-16～17 的降水过程后(降水量 12.0 mm), 05-19 的 0～40 cm 土层的土壤湿度较 05-12 均有程度不同的增加。其中, 5, 10 和 20 cm 处两品种平均增加 6.61%, 2.97% 和 1.93%, 30 和 40 cm 处平均增加 0.50% 和 0.32%。然而, 50 cm 处土壤湿度 05-19 比 05-12 仍下降 0.35%, 表明在小麦灌浆期一次 10 mm 以上的降水过程能影响 0～40 cm 土层的土壤湿度。尽管在小麦抽穗以后, 由于植株郁蔽, 田间地面蒸发降到最低程度[6], 但在小麦灌浆期, 由于不同温度型小麦品种的生长状况和有效绿叶面积等不同, 造成农田浅层土壤热通量存在显著差异[7], 因此, 不同温度型小麦的田间地面蒸发也存在一定差异。如 05-05～05-12, 暖型小麦 9430 麦田 7 d 中 0～20 cm 土层失水较陕 229 偏多 2.94 mm, 表明陕 229 比 9430 田间地面蒸发小。

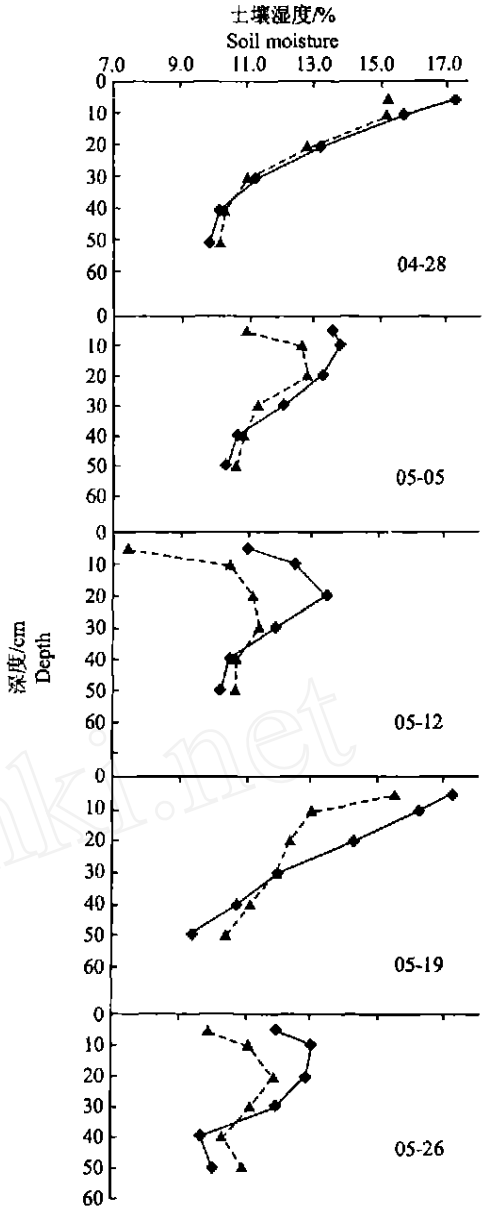


图 1 试验田土壤湿度垂直分布

—◆—. 陕 229; ---▲---. 9430

Fig. 1 Vertical distribution chart of soil moisture at agricultural experiment field

—◆—. Shaan 229; ---▲---. 9430

在小麦灌浆至成熟阶段, 80% 的根系集中在 0～50 cm 土层。随着上层根系逐渐衰老, 小麦的主要吸水层下移[6,8,9], 此时, 40～50 cm 处的土壤湿度由于受降水和地表蒸发影响较小, 其变化在一定程度上能反映小麦根系的吸水能力。据统计, 陕 229 在 05-05～05-26 的 21 d 中, 40～50 cm 土层日均耗水量为 0.125 mm, 约为 9430 日均耗水量 0.063 mm 的 1.98 倍, 表明在这一土层冷型小麦陕 229 的根系吸水能力较暖型小麦 9430 强。这一特点与同一试验

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

田陕 229 上三叶的平均蒸腾速率较 9430 偏高0. 022 mol/(m$^2$·s) 相一致[2]。

2.2　农田株间水汽通量

表 1 是于 05-05, 05-12, 05-19 和 05-26 测得的两小麦品种在 20 cm- 2/3 株高和 2/3 株高- 冠顶的水汽通量。由表 1 可知, 20 cm- 2/3 株高的水汽通量在 9: 00, 10: 00, 11: 00, 陕 229 比 9430 分别偏高 3. 23～ 7. 76, 5. 26～ 10. 75 mg/(m$^2$·s) 和 18. 11～ 24. 62 mg/(m$^2$·s); 2/3 株高- 冠顶的水汽通量在 9: 00, 10: 00 和 11: 00, 陕 229 比 9430 分别偏高 14. 03～ 36. 52, 14. 26～ 33. 04 mg/(m$^2$·s) 和 11. 46～ 29. 36 mg/(m$^2$·s)。经 $t$ 检验, 各观测时刻两品种的水汽通量在 0. 05 显著性水平上存在明显差异, 其中 20 cm- 2/3 株高在 10: 00 和 11: 00 及 2/3 株高- 冠顶在 9: 00 的水汽通量在 0. 01 水平上存在显著差异。农田株间水汽来源于植株蒸腾和土壤蒸发, 冷型小麦株间水汽通量显著偏高和地下 50 cm 处土壤湿度显著偏低, 进一步表明该品种植株蒸腾作用旺盛。

**表 1　灌浆期株间水汽通量**

Table 1　The vapor flux of row airing at filling stage　　mg/(m$^2$·s)

| 日期<br>Date | 20 cm～ 2/3 株高<br>20 cm- 2/3 plant height | | | | | | 2/3 株高～ 冠顶<br>2/3 plant height- plant top | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9: 00 | | 10: 00 | | 11: 00 | | 9: 00 | | 10: 00 | | 11: 00 | |
| | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 | 陕 229<br>Shaan 229 | 9430 |
| 05-05 | 40. 87 | 33. 11 | 55. 52 | 48. 65 | 74. 38 | 54. 90 | 97. 00 | 70. 43 | 146. 30 | 132. 04 | 178. 05 | 152. 18 |
| 05-12 | 36. 14 | 29. 25 | 55. 88 | 45. 13 | 75. 55 | 57. 44 | 90. 31 | 76. 28 | 120. 40 | 104. 04 | 147. 68 | 136. 22 |
| 05-19 | 36. 76 | 30. 42 | 52. 63 | 45. 98 | 77. 38 | 55. 70 | 96. 52 | 60. 00 | 136. 51 | 117. 69 | 172. 17 | 142. 81 |
| 05-26 | 31. 10 | 27. 87 | 45. 78 | 40. 52 | 68. 44 | 43. 82 | 86. 45 | 59. 97 | 118. 19 | 85. 15 | 141. 28 | 121. 00 |

## 3　结论和讨论

在气候、土壤和栽培措施完全相同的小范围内, 灌浆期冷型小麦在 0～ 20 cm 处的土壤蒸发较暖型小麦低, 而 40～ 50 cm 土层的蒸腾耗水冷型小麦为暖型小麦的 1. 98 倍, 且农田株间水汽通量显著偏高, 表明冷型小麦植株蒸腾作用旺盛, 土壤蒸发较少, 能有效地利用土壤水分。

冷型小麦在灌浆期农田株间水汽通量显著偏高, 而 50 cm 土层土壤湿度显著偏低, 表明其根系吸水能力较强。有研究[2～4]指出, 冷型小麦叶片功能期长、绿叶较多, 揭示了冷型小麦叶片功能期长与根系发育状况良好有密切关系。这与马元喜等[9～14]的研究结论相一致, 即小麦根系与叶的寿命和生理活动有密切关系。

[参考文献]

[1]　张嵩午. 小麦温型现象研究[J]. 应用生态学报, 1997, (5): 471- 474.

[2]　张嵩午, 王长发. 冷型小麦及其生物学特性[J]. 作物学报, 1999, (5): 608- 615.

[3]　许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦灌浆期农田小气候特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2002, (4): 34- 37.

[4]　张嵩午, 宋哲民, 闵东红, 等. 冷型小麦及其育种意义[J]. 西北农业大学学报, 1996, (1): 14- 17.

[5]　翁笃鸣, 陈万隆, 沈觉成, 等. 小气候和农田小气候[M]. 北京: 农业出版社, 1979.

[6]　信乃诠, 赵聚宝. 旱地农田水分状况与调控技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.

[7]　许秀娟, 张嵩午. 冷型小麦农田热量分配状况初探[J]. 中国生态农业学报, 2002, (4): 40- 43.

[8]　郝晓玲, 苗果园. 小麦不同根群对产量形成的作用[A]. 卢良恕. 中国小麦栽培研究新进展[C]. 北京: 农业出版社, 1993.

[9]　马元喜. 小麦的根[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

[10]　刘殿英, 石立光. 小麦的根系与高效栽培[A]. 卢良恕. 中国小麦栽培研究新进展[C]. 北京: 农业出版社, 1993.

[11]　崔振会. 冬小麦根系发育与地上部分性状的相关性[J]. 北京农业科学, 1985, (1): 10- 13.

[12]　贺德先. 冬小麦植株地上部分与地下部有关性状间的相关性研究 I. 生育前期和中期性状间的相关性分析[J]. 河南农业大学学报, 1994, (1): 19- 24.

[13]　贺德先. 冬小麦植株地上部分与地下部有关性状间的相关性研究 II. 生育后期性状间的相关性分析[J]. 河南农业大学学报, 1994, (增刊): 12- 16.

[14]　岳寺松. 小麦旗叶与根系衰老的研究[J]. 作物学报, 1996, (1): 55- 58.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

# Study on the moisture utilization conditions of cold type wheat during milk-filling

**XU Xiu-juan, ZHANG Song-wu**

(*College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

**Abstract**: Based on the observed data of soil moisture and microclimate in farmland, the soil moisture was analyzed, the vapor fluxes were calculated with М И Будыко method. The results show that the evaporation of cold type wheat of Shaan 229 from 0 cm to 20 cm soil layer is lower than that of worm type wheat of 9430, and the daily mean transpiration of cold type wheat from 40 cm to 50 cm soil layer is 1.98 times higher than that of warm type wheat during milk-filling. The vapor fluxes of cold type wheat at nine to eleven are 3.23-24.62 mg/(m$^2$·s) and 11.46-36.52 mg/(m$^2$·s) higher than those of warm type wheat respectively at 20 cm to 2/3 plant height and at 2/3 plant height to plant top in row. These show that the cold type wheat has higher transpiration ratio and lower evaporation of soil and higher soil moisture utilization efficiency.

**Key words**: cold type wheat; soil moisture; vapor flux

·简 讯·

## “优质、丰产、抗病西瓜新品种——红冠龙”获2002年陕西省科技进步三等奖

由西北农林科技大学张显研究员主持的“优质、丰产、抗病西瓜新品种——红冠龙”项目，获2002年陕西省科技进步三等奖。

该项目针对20世纪80年代中期我国大部分地区西瓜生产中枯萎病日益严重的问题，根据遗传学原理，结合作物抗病育种和杂种优势育种的理论与技术，在充分掌握国内外西瓜育种的现状和发展动态，广泛收集和深入研究国内外西瓜种质资源的基础上，采用辐射育种、抗病育种等现代育种方法，并与常规育种紧密结合，提出新颖的思路和实验方案，通过多点试验进行品种多个性状表现评价，选育出具有强大超亲优势的西瓜一代杂种新品种——红冠龙。

该品种在全国第5批西瓜品种区域试验中平均产量59 220 kg/hm$^2$，比对照增产16.05%，含糖量112.6 g/kg，比对照高5.1%，综合评分91.6分，获总评第一名。陕西省品种审定委员会审定认为：该品种瓤深红，肉质细嫩，爽脆，商品性好，耐贮运，品质优于对照“西农8号”。高抗枯萎病，兼抗炭疽病，抗病性优于对照。是一个综合性状优良的西瓜新品种，符合审定条件，同意通过审定，并定名为“红冠龙”。该品种可在陕西省瓜区及同类生态区推广种植。2002年4月，该品种通过国家农作物品种审定委员会审定。2000年获杨凌示范区科技进步一等奖。

“红冠龙”西瓜新品种已在全国20多个省市大面积推广，到目前为止已累计推广25.3万多hm$^2$，新增社会经济效益18亿元以上。由于该品种高抗枯萎病，可适当连作，解决了西瓜重茬种植的难题，并减少农药使用，减轻了环境污染，具有显著的社会效益。此外，由“红冠龙”大量制种，种子加工、包装、运输、营销及技术指导等，带动了种子行业及相关行业的发展，增加了就业及制种户和种植户的经济效益，为农民的脱贫致富作出了突出贡献。其经济效益、社会效益极为显著，已成为在我国具有重大影响的西瓜新品种，具有巨大的发展潜力。

(屈李纯 供稿)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net