

# 陇东旱塬区小麦茎秆含水量与产量和水分利用效率的关系

李兴茂<sup>1,2</sup>, 倪胜利<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在甘肃省陇东黄土高原通过试验分析不同品种冬小麦茎秆含水量、籽粒产量、水分利用效率(WUE)的差异, 探讨旱作条件下茎秆含水量与产量和WUE的关系。结果表明, 不同基因型冬小麦之间产量、WUE、植株含水量存在显著差异, 随着灌浆过程的进行植株含水量呈下降趋势。小麦抽穗期茎秆含水量与籽粒产量和水分利用效率显著相关, 但灌浆中期茎秆含水量与籽粒产量和水分利用效率相关不显著。

**关键词:** 冬小麦; 茎秆含水量; 产量; 水分利用效率; 陇东旱塬区

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2014)04-0003-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2014.04.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2014.04.001)

## Relationship Between Yield and Water Content of Wheat Stem and Water Use Efficiency in Loess Plateau of East Gansu

LI Xing-mao, NI Sheng-li

(1. Institute of Dryland Agriculture, Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 1. Key Laboratory of High Efficiency Water Utilization in Dry Farming Region, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The differences of grain yield, water use efficiency (WUE) and water content of stem in various genotypes of dryland winter wheat were studied with twelve winter wheat genotypes in Loess Plateau of East Gansu under dryland at heading stage and mid-filling stage. The results showed that significant difference among genotypes were found in grain yield, WUE and water content of stem. The water content in stem decreased with grain filling proceeding. The correlation between water content of stem with grain yield and WUE was significant at heading stage but was not significant at mid-filling stage. Therefore, the water content of stem can be used by breeding programs as a potential selection criterion for grain yield and WUE in wheat.

**Key words:** Winter wheat; Water content of stem; Yield; Water use efficient; Loess Plateau of East Gansu

全球气候变化导致干旱加剧。生物节水是提高水分利用效率的关键<sup>[1-2]</sup>。探索和寻求衡量抗旱节水的诊断指标, 评估作物生长过程中的用水效率, 可以为作物水分利用效率的改良提供重要的信息, 因而是节水农业研究的重要方面。目前, 国内外从冠层温度、茎秆可溶性糖含量等方面开展研究, 提出了一些诊断节水和高产的生理指标<sup>[3-4]</sup>。然而, 部分指标的应用存在环境差异, 可靠、简便、快速、可操作的筛选方法与指标仍然很少<sup>[5]</sup>。植物的水分生理是一种复杂的现象, 一方面植物通过根系吸收水分, 使地上部分各器官保持一定的膨压, 维持正常的生理功能; 另一方面, 植株又通过蒸腾作用把大量的水分散失掉, 这一对相

互矛盾的过程只有相互协调统一才能保证植株的正常发育<sup>[6]</sup>。小麦茎秆作为水分运输的载体, 其含水量反应作物在干旱等条件下保持水分的能力, 与籽粒产量和抗旱节水性状有一定关系, 但目前国内外研究报道较少。我们选用12个不同基因型的冬小麦, 在旱作条件下研究小麦茎秆含水量与产量、水分利用效率的关系, 旨在为抗旱节水品种筛选提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

试验材料为12个我国北方旱地冬小麦品种(系)。其中5份为甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室育成的紫粒小麦新品种, 西峰27号、长

收稿日期: 2014-01-17

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新项目“抗旱高产冬小麦新品种选育”(2013GSAS14)部分内容

作者简介: 李兴茂(1975—), 男, 甘肃张家川人, 副研究员, 主要从事冬小麦育种研究工作。联系电话: (0931)7611880。

6878和陇鉴127为生产上大面积应用的抗旱节水品种,其它4份为甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室育成新品系,品种(系)名称详见表1。种子均由甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室提供。

### 1.2 试验地基本情况

试验于2009—2010年度在农业部镇原黄土旱塬生态环境重点野外科学观测站(35° 30' N, 107° 29' E)进行。海拔1 254 m, 年均降水量540 mm, 降水主要分布在7、8、9月, 年平均温度8.3 ℃。土壤为覆盖黑垆土, 属完全依靠自然降水的西北半湿润偏旱区, 长期实行以冬小麦为主的一年一熟制或填闲复种的两年三熟轮作制。2009年9月至2010年6月小麦全生育期降水163.6 mm, 低于多年平均降水量的250 mm, 其中苗期降水充分, 越冬到返青期轻度干旱, 起身期降水充分, 拔节后轻度干旱, 灌浆初期降水较多, 灌浆中后期有效降水少。

### 1.3 试验方法

试验采取随机区组设计, 每品种(系)为1个小区, 重复3次, 小区面积13.5 m<sup>2</sup> (7.5 m × 1.8 m), 每小区种植9行, 行距0.2 m, 于2009年9月17日按375万/hm<sup>2</sup>基本苗播种。播前施磷酸二铵225 kg/hm<sup>2</sup>、尿素150 kg/hm<sup>2</sup>, 返青后撒播追施尿素112.5 kg/hm<sup>2</sup>, 田间管理同大田。在小麦抽穗期(5月3日)、灌浆中期(5月19日)分别取各小区小麦主茎15株, 称鲜重, 并立即带回实验置于105 ℃烘箱杀青20 min, 再调至80 ℃烘干, 称干重, 计量茎秆水分含量。

茎秆水分含量(%)=[(鲜重-干重)/鲜重] × 100

小麦播前和收获时分别用土钻法取样测定每个小区2 m土层(每20 cm为1个层次)土壤含水率, 然后转化为以mm为单位的播前和收获时的土壤贮水量。小麦生育期降水量通过自动气象站获得。利用土壤水分平衡方程计算每个小区作物耗水量(ET)。试验数据采用SPSS统计软件进行变量分析

(ANOVA)和相关性分析。

耗水量ET(mm)=播前2 m土壤贮水量(mm)-收获时2 m土壤贮水量(mm)+生育期降水量(mm)

水分利用效率WUE[kg/(hm<sup>2</sup>·mm)]=小麦籽粒产量(kg/hm<sup>2</sup>)/耗水量(mm)

## 2 结果与分析

### 2.1 冬小麦茎秆含水量的基因型差异

旱作条件下12个供试品种(系)之间小麦茎秆含水量存在极显著差异( $P < 0.01$ )。从表1可以看出, 抽穗期紫粒小麦C47-2的茎秆含水量最高, 而当地抗旱、高秆品种西峰27号的茎秆含水量最低, 其次较低的为陇鉴127、D57、C42-2。灌浆期紫粒小麦C47-2的茎秆含水量仍然最高, 而B160的茎秆含水量最低, 其次为C54和C42-1。因此, 茎秆含水量在不同时期存在明显的基因型差异。然而比较两种小麦的茎秆含水量发现, 尽管紫粒小麦的茎秆含水量较高, 但与普通小麦的茎秆含水量差异并不明显。因此, 茎秆含水量存在品种间显著差异, 而基因类型(紫粒小麦和普通小麦)的影响较小。

从表2可以看出, 小麦抽穗期茎秆含水量高, 而灌浆开始后显著下降。且茎秆含水量最大时, 品种间变异相对较小。灌浆期茎秆含水量低时, 品种间变异增大。这说明不同基因型和测定时期的互作效应对茎秆含水量有显著影响, 即不同基因型小麦之间茎秆含水量受测定时期的影响较大。

### 2.2 不同基因型冬小麦产量和水分利用效率的差异

由表1、表2可以看出, 旱作条件下, 5个紫粒小麦和7个普通小麦产量平均值分别为3 455.7 kg/hm<sup>2</sup>和3 755.6 kg/hm<sup>2</sup>, 相应的变异系数分别为11.87%和7.24%。差异显著性测验结果显示, 除了C47-2、A80-4与A8外, 其余品种(系)之间产量差异不显著。12个供试品种(系)间WUE的变化与产量基本一致, 5个紫粒小麦和7个普通小麦的WUE平均值分别为13.46 kg/(hm<sup>2</sup>·mm)和14.88 kg/

表1 旱作条件下不同基因型小麦产量、茎秆含水量和水分利用效率

| 基因型  | 品种(系) | 茎秆含水量(%)   |            | 籽粒产量(kg/hm <sup>2</sup> ) | 水分利用效率[kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)] |
|------|-------|------------|------------|---------------------------|----------------------------------|
|      |       | 抽穗期        | 灌浆中期       |                           |                                  |
| 紫粒小麦 | C42-1 | 69.03 CDE  | 50.10 GH   | 3 752.85 AB               | 14.81 AB                         |
|      | C42-2 | 65.51 GH   | 52.92 EFG  | 3 784.05 AB               | 14.10 AB                         |
|      | A80-4 | 71.82 B    | 52.33 FG   | 3 346.50 BC               | 13.83 AB                         |
|      | C42-3 | 69.93 BCD  | 58.17 CDE  | 3 697.35 ABC              | 14.14 AB                         |
|      | C47-2 | 80.11 A    | 69.43 A    | 2 697.75 D                | 10.43 C                          |
| 普通小麦 | D57   | 66.68 FGH  | 61.67 BC   | 4 020.60 A                | 15.70 A                          |
|      | 陇鉴127 | 66.22 GH   | 54.03 DEFG | 3 556.35 ABC              | 13.65 AB                         |
|      | 长6878 | 67.66 DEFG | 57.55 CDEF | 4 015.20 AB               | 15.57 AB                         |
|      | 西峰27号 | 64.84 H    | 59.48 CD   | 3 938.10 AB               | 15.82 AB                         |
|      | B160  | 67.44 EFG  | 42.56 I    | 3 828.15 AB               | 15.44 A                          |
|      | A8    | 68.68 DEF  | 67.13 AB   | 3 207.30 CD               | 12.91 BC                         |
|      | C54   | 71.07 BC   | 46.38 HI   | 3 723.30 ABC              | 15.05 AB                         |

表2 不同基因型小麦产量、茎秆含水量和水分利用效率平均值及变异系数

| 基因型  | 茎秆含水量  |       |         |       | 籽粒产量                         |             | 水分利用效率                            |             |
|------|--------|-------|---------|-------|------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
|      | 平均值(%) |       | 变异系数(%) |       | 平均值<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 变异系数<br>(%) | 平均值<br>[kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)] | 变异系数<br>(%) |
|      | 抽穗期    | 灌浆中期  | 抽穗期     | 灌浆中期  |                              |             |                                   |             |
| 紫粒小麦 | 71.28  | 56.59 | 6.83    | 12.27 | 3 455.7                      | 11.87       | 13.46                             | 11.51       |
| 普通小麦 | 67.51  | 55.54 | 2.72    | 14.37 | 3 755.6                      | 7.24        | 14.88                             | 7.08        |

表3 旱作条件下小麦茎秆含水量与籽粒产量及其它性状的关系

|        | 穗数     | 穗粒数   | 抽穗期含水量 | 灌浆期含水量 | 籽粒产量    | 水分利用效率  |
|--------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|
| 粒重     | -0.66* | 0.10  | 0.14   | 0.26   | -0.12   | -0.17   |
| 穗数     |        | -0.10 | -0.58* | -0.44  | 0.57    | 0.63*   |
| 穗粒数    |        | -0.10 | 0.59*  | -0.23  | -0.23   |         |
| 抽穗期含水量 |        |       |        |        | -0.82** | -0.77** |
| 灌浆期含水量 |        |       |        |        | -0.50   | -0.56   |
| 籽粒产量   |        |       |        |        |         | 0.96**  |

(hm<sup>2</sup>·mm)，相应的变异系数分别为11.51%和7.08%，除了C47-2与A8外，其余品种(系)之间WUE差异不显著。

### 2.3 不同基因型小麦茎秆含水量与水分利用效率和产量相关性状的关系

小麦抽穗期茎秆含水量与穗数表现负相关，因此，分蘖成穗多的基因型，其穗数越多，耗水越多，茎秆含水量相应减少。小麦进入灌浆以后，其茎秆含水量尽管与抽穗期茎秆含水量显著相关，但是茎秆含水量只与穗粒数成显著相关，穗粒数多的基因型其灌浆期茎秆含水量越多。旱作条件下，抽穗期茎秆含水量与产量、水分利用效率呈极显著的线性负相关性( $R^2=0.5977\sim 0.6697$ )，抽穗期茎秆含水量低的基因型具有较高的产量和水分利用效率，而灌浆期茎秆含水量与产量和水分利用效率相关性不显著(表3)。因此，抽穗期茎秆含水量可作为筛选不同基因型小麦高效用水和产量高低的重要指标之一。

### 3 小结与讨论

1) 研究表明，不同基因型冬小麦之间产量、WUE、植株含水量存在显著差异，随着灌浆过程的进行，植株含水量呈下降趋势。小麦抽穗期茎秆含水量与籽粒产量和水分利用效率达到显著相关，但灌浆中期茎秆含水量与籽粒产量和水分利用效率相关不显著。因此，抽穗期茎秆含水量可作为筛选不同基因型小麦高效用水和产量高低的重要指标之一。

2) 不同基因型冬小麦产量和水分利用效率存在显著差异，这与前人的研究结果基本一致<sup>[3-5]</sup>。另外，不同基因型小麦在灌浆期和抽穗前表现出茎秆含水量含量高度差异的现象，说明茎秆含水量高低与作物在干旱环境下的生长发育高度相关。

3) 旱作条件下小麦茎秆含水量与产量、水分利用效率的相关性只在抽穗期显著正相关，而在灌浆

中期并不显著，因此，可以根据抽穗期茎秆含水量诊断小麦的产量。然而，目前测定茎秆含水量仍需进行植株的损毁，建立田间无损伤条件下茎秆含水量的诊断具有重要意义。近年来，利用光谱扫描技术进行水分和产量的诊断研究<sup>[7-9]</sup>，为茎秆含水量测定提供了简便的途径，也为开展产量诊断指标的研究提供了快速、低成本的方法。因此，下一步应在多年、多点环境下验证该指标的使用效果，以期开展生理性状辅助育种提供新的方法。

### 参考文献:

- [1] MARK A, BACON. Water use efficiency in plant biology [M]. Blackwell Publishing, 2004.
- [2] 山 仑. 节水农业与作物高用水[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2003, 33(1): 1-5.
- [3] FAN T, BALTA M, Rudd J, *et al.* Canopy temperature depression potential resistance in wheat [J]. Agricultural Sciences in China, 2005, 4(10): 793-800.
- [4] 樊廷录, 马明生, 王淑英, 等. 限量灌溉不同冬小麦茎秆含水量与产量和水分利用效率的关系[J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2428-2434.
- [5] 张正斌. 作物抗旱节水的生理遗传育种基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 20-23.
- [6] 李尚中, 王 勇, 樊廷录, 等. 水分胁迫对冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2007(10): 3-6.
- [7] BABAR M A, van GINKEL M, KLATT A R, *et al.* Reynolds MP. The potential of using spectral reflectance indices to estimate yield in wheat grown under reduced irrigation[J]. Euphytica, 2006, 150: 155-172.
- [8] 王 磊, 自由路, 卢艳丽, 等. 基于GreenSeeker的冬小麦NDVI分析与产量估算[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 747-753.
- [9] 李升东, 王法宏, 司季升, 等. 不同基因型小麦NDVI值与产量的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 47-50.

(本文责编: 陈 珩)