

# 原状土柱模拟不同降水年型条件下 冬小麦、夏谷子耗水量研究

杨占平<sup>1</sup>, 杨稚娟<sup>1</sup>, 薛毅芳<sup>1</sup>, 尚海峰<sup>2</sup>, 韩伟锋<sup>1</sup>

(1. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002; 2. 西平县农业局, 河南 西平 462100)

**摘要:** 为合理利用旱地水资源和指导旱地农业生产, 利用 PVC 管材采集河南旱作区褐土原状土柱, 在简易防雨棚条件下对冬小麦、夏谷子的耗水状况进行测定。结果表明: 冬小麦总耗水量中, 丰水年型降水占 77.2%, 平水年型降水占 67.1%, 缺水年型降水占 64.0%。夏谷子总耗水量中, 丰水年型占同期自然降水量的 97.8%, 平水年型占同期自然降水量的 92.1%, 缺水年型同期自然降水量占总耗水量的 83.13%。说明在丰水、平水年型情况下, 自然降水基本能满足夏谷子水分需要。从作物阶段耗水测定结果看, 丰水年型情况下, 冬小麦、夏谷子均存在奢侈耗水现象; 平水年型自然降水能基本满足夏谷子水分需求, 但突出问题是阶段性、间隙性水分缺乏, 这在冬小麦上表现的更为明显; 缺水年型情况下, 自然降水均不能满足冬小麦、夏谷子的水分需求, 其突出问题主要表现在, 一是水分状况制约着冬小麦、夏谷子正常播种和出苗, 二是水分供应状况影响作物的生长发育进程。

**关键词:** 原状土柱; 冬小麦; 夏谷子; 耗水量; 自然降水

**中图分类号:** S512 S515 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)09-0058-04

## Study on Water Consumption of Winter Wheat and Summer Millet Using Undisturbed Soil Columns under Different Precipitation Years

YANG Zhan-ping<sup>1</sup>, YANG Zhi-juan<sup>1</sup>, XUE Yi-fang<sup>1</sup>,  
SHANG Hai-feng<sup>2</sup>, HAN Wei-feng<sup>1</sup>

(1. Institute of Plant Nutrition Agricultural Resources and Environmental Science,  
Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;  
2. Xiping County Bureau of Agriculture, Xiping 462100, China)

**Abstract:** For the rational use of water resources and offering guidance of dryland agricultural production, an experiment in a simple rain-proof shed was conducted to determine water consumption of winter wheat and summer millet in undisturbed soil columns packed in PVC tubes. Results showed that precipitation in rainy years accounted for 77.2% of the total water consumption of winter wheat, 67.1% in normal years, and 64.0% in dry years. For summer millet, total water consumption took up 97.8% of precipitation in rainy years, and 92.1% in normal years; While in dry years, the precipitation took up 83.13% of the total water consumption. It was suggested precipitation in rainy and normal years could meet the needs of summer millet growth. From the results of water consumption stage of crops, luxury water consumption was observed during the growth of winter wheat and summer millet in rainy years; Precipitation could basically meet the demand of summer millet growth in normal years, however, interim water deficiency occurred especially for winter wheat; Natural precipitation in dry years could not supply enough water for winter wheat and summer millet, resulting in delayed sowing time, germination and growth process.

收稿日期: 2011-03-03

基金项目: 国家“863”节水农业项目(2006AA100215); 河南省重大公益性项目(081100911500)

作者简介: 杨占平(1964-), 男, 河南临颖人, 副研究员, 主要从事植物营养及节水农业研究。E-mail: zhpyang3@163.com

**Key words:** Undisturbed soil column; Winter wheat; Summer millet; Water consumption; Natural precipitation

丘陵旱作农业区水资源缺乏,农田灌溉条件较差,加上自然降水年际间变化较大,年内季节分配不均,历来以雨养旱作农业为主,此区域属河南省主要的中低产类型区之一。水分供应状况是制约旱地作物产量的主要因素之一,因水分的制约和变化导致旱地作物产量低而不稳,直接影响着未来农业经济的持续稳定发展<sup>[1-3]</sup>。水分是满足作物生长发育的基本要素之一,水分利用效率与水分供给状况、气候、作物水分吸收和消耗、作物生长发育等因素密切相关。李裕元对豫西黄土丘陵区两熟制秋作物土壤水分动态变化及利用进行了研究<sup>[4]</sup>;孔祥旋等研究了黄泛平原青砂潮土农田土壤水分的垂直型分布<sup>[5]</sup>;史国安等以土壤底墒和生育期降水为因素,模拟豫西旱地 9 种降水类型对冬小麦的产量性状影响<sup>[6]</sup>;郭群善等、梁银丽等、吕丽华等、张寄阳等研究了不同因素对作物水分利用的影响<sup>[7-10]</sup>。对旱作区来说,自然降水对作物产量及耗水状况的制约作用相对突出,加上不同降水年型出现的频率不同,在大田条件下较难完成不同降水年型试验数据的获得。鉴此,根据河南省典型丘陵旱作区辉县市 1973—2003 年年降水气象资料,从土壤、自然降水、作物等因素考察测定对冬小麦、夏谷子耗水量的影响,探讨

不同降水年型条件下冬小麦、夏谷子水分供应状况和耗水状况,以期为合理利用旱地水分资源和指导旱地农业生产提供可靠依据。

1 材料和方法

试验在河南省农业科学院自建的简易防雨棚内进行。柱状试验材料选用 PVC 管材(内径 240 mm),试验土壤选取旱作区有代表性的 1.2 m 褐土原状土柱,其土壤基本物理特性见表 1。

夏作物为冬小麦,供试小麦品种为洛阳 9505,10 月上旬至中旬播种,翌年 6 月上旬收获。小麦种植前每个柱状 PVC 管中施尿素 0.738 g、重过磷酸钙 0.771 g、氯化钾 0.566 g(相当于施用氮 75 kg/hm<sup>2</sup>、五氧化二磷 75 kg/hm<sup>2</sup>、氧化钾 75 kg/hm<sup>2</sup>),小麦出苗后每个 PVC 管中留苗 14 株(相当于 315 万株/hm<sup>2</sup>),小麦返青期每个柱状 PVC 管中追施尿素 0.738 g。

秋作物为夏谷子,供试谷子品种为冀优 1 号,6 月中旬播种,9 月中旬收获。谷子种植前每个柱状 PVC 管中施尿素 1.033 g(相当于施用纯氮 105 kg/hm<sup>2</sup>),谷子出苗后每个 PVC 管中留苗 3 株(相当于 67.5 万株/hm<sup>2</sup>)。

表 1 供试褐土土壤物理特性

| 项目                        | 土壤深度/cm |       |       |       |       |        |         |
|---------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
|                           | 0~10    | 10~20 | 20~40 | 40~60 | 60~80 | 80~100 | 100~120 |
| 土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> ) | 1.54    | 1.52  | 1.56  | 1.58  | 1.58  | 1.52   | 1.54    |
| 饱和含水量/%                   | 34.72   | 32.01 | 36.01 | 36.08 | 44.81 | 47.11  | 46.54   |
| 田间持水量/%                   | 23.88   | 23.08 | 22.97 | 20.40 | 19.23 | 19.91  | 19.11   |

为便于测定土壤水分,在 PVC 管壁的 10 cm、20 cm、40 cm、80 cm、100 cm、120 cm 处预留直径 3 cm 的圆孔,平时用胶塞封闭,除冬季外定期测定土壤水分。

试验采用在河南省丘陵旱作区有代表性的辉县市 1973—2003 年 30 a 年降水气象资料(年降水量平均值为 579.8 mm),参考有关不同降水年型的划分标准,结合河南旱作区的实际情况,以实际年降水量为年平均降水量的 80%~120%为平水年型,大于 120%为丰水年型,小于 80%为缺水年型,即年降水量小于 460 mm 为缺水年型,460~700 mm 为平水年型,大于 700 mm 为丰水年型。按 30 a 气象降水资料计算出各个降水年型中的旬降水量,作为试验的补给水量,每月 5 日、15 日、25 日进行补水,每月

10 日、20 日、30 日测定土壤水分。

土壤水分测定采用江苏南通中天精密仪器有限公司生产的 FDR 土壤水分探测仪器进行。

2 结果与分析

2.1 丰水年型的模拟结果

丰水年型的年平均降水量为 750.8 mm,在该年型模拟条件下测定的结果表明:夏谷子全生育期耗水量为 378.3 mm,冬小麦全生育期耗水量为 242.9 mm。夏谷子的耗水总量占同期自然降水量(387 mm)的 97.75%,而冬小麦的耗水量中,自然降水(187.5 mm)占 77.2%,土壤水占 22.8%。说明在丰水年型自然降水基本能满足夏谷子的水分需求。

从作物阶段耗水情况看,在自然降水较丰沛的年份,无论是夏谷子还是冬小麦均存在奢侈耗水现象。如在 2008 年夏谷子生长期 7 月 12—30 日,由

于降水较多,水分消耗量为 134.2 mm(表 2),而同期缺水年型、平水年型的水分消耗分别为 32.9 mm、68 mm(表 3、表 4)

表 2 丰水年型夏谷子、冬小麦耗水量

mm

| 夏谷子   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |       | 耗水总量 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|-------|------|
| 项目    | 2008-07-12 | 2008-07-20 | 2008-07-30 | 2008-08-10 | 2008-08-20 | 2008-08-30 | 2008-09-10 | 2008-09-20 | 2008-09-30 |  |       |      |
| 土体水量  | 363        | 412.5      | 386.2      | 405.6      | 403.8      | 397.9      | 372.3      | 376.8      | 371.7      |  |       |      |
| 阶段耗水量 |            | 44.6       | 89.6       | 64.6       | 40.8       | 60.6       | 48.5       | 15.5       | 14.1       |  | 378.3 |      |

| 冬小麦   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 耗水总量  |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 项目    | 2008-10-10 | 2008-10-20 | 2008-10-30 | 2009-03-08 | 2009-03-20 | 2009-03-30 | 2009-04-10 | 2009-04-20 | 2009-04-30 | 2009-05-10 | 2009-05-20 |       |
| 土体水量  | 365.9      | 355.1      | 342.8      | 324.1      | 318.4      | 306.9      | 294.9      | 288.3      | 292.3      | 303.2      | 310.5      |       |
| 阶段耗水量 |            | 28.6       | 16.2       | 70.3       | 11.6       | 27.5       | 16.1       | 11         | 16.1       | 26.2       | 19.3       | 242.9 |

## 2.2 平水年型的模拟结果

平水年型年平均降水量 591.4 mm,在该年型模拟条件下的测定结果表明:夏谷子全生育期耗水量为 321.1 mm,冬小麦全生育期耗水量为 180.3 mm,夏谷子的耗水总量占同期自然降水量(338.8 mm)的 92.1%,冬小麦的耗水量中自然降水(120.9 mm)占 67.1%,土壤水占 32.9%。从作物阶段耗水情况看,自然降水基本能满足秋作物的水分需求,但突出

问题是阶段性、间隙性水分缺乏,这在冬小麦上表现得更为明显。如在 2009 年 3 月 20 日,小麦的阶段耗水量仅为 8.7 mm,这时小麦正处于拔节阶段;4 月 10 日小麦阶段耗水量仅为 9.7 mm,这时正是小麦孕穗的关键期,这种阶段性的水分亏缺和水分供给不足将严重制约小麦的生长发育、产量及品质(表 3),这与孔祥旋等限量灌溉对冬小麦水分利用影响的研究结果基本吻合<sup>[11]</sup>。

表 3 平水年型夏谷子、冬小麦耗水量

mm

| 夏谷子   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |       | 耗水总量 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|-------|------|
| 项目    | 2008-07-12 | 2008-07-20 | 2008-07-30 | 2008-08-10 | 2008-08-20 | 2008-08-30 | 2008-09-10 | 2008-09-20 | 2008-09-30 |  |       |      |
| 土体水量  | 351.7      | 385.9      | 415.2      | 412.5      | 416.4      | 402.1      | 390.5      | 378.6      | 371.8      |  |       |      |
| 阶段耗水量 |            | 16.9       | 51.1       | 57.2       | 47.3       | 47.5       | 40.9       | 27.7       | 23.5       |  | 312.1 |      |

| 冬小麦   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 耗水总量  |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 项目    | 2008-10-10 | 2008-10-20 | 2008-10-30 | 2009-03-08 | 2009-03-20 | 2009-03-30 | 2009-04-10 | 2009-04-20 | 2009-04-30 | 2009-05-10 | 2009-05-20 |       |
| 土体水量  | 349        | 349.7      | 341.5      | 305.2      | 299.7      | 292.7      | 286.6      | 284.2      | 284.8      | 283.1      | 284.3      |       |
| 阶段耗水量 |            | 10.9       | 17.5       | 68.0       | 8.7        | 11.8       | 9.7        | 11.8       | 9.5        | 15         | 17.4       | 180.3 |

## 2.3 缺水年型的模拟结果

由表 4 可知,缺水年型年平均降水量 411.4 mm,在该年型模拟条件下的测定结果表明:夏谷子全生育期耗水量为 200.4 mm,冬小麦全生育期耗水量为 166.6 mm,同期自然降水量(165.6 mm)占夏谷子耗水总量的 83.13%,而冬小麦耗水量中同期自然降水(106.7 mm)占 64.0%,土壤水占 36.0%。

从作物阶段耗水情况看,在缺水年型的情况下,无论冬小麦还是夏谷子,自然降水都不能满足作物的水分需求,其突出的问题主要表现在 2 个方面:一是水分状况制约着夏、秋两季作物的正常播种和出苗。如在

2008 年 7 月 12—20 日,阶段耗水量仅为 8.5 mm,10 月 20—30 日阶段耗水量仅为 9.7 mm,上述时期分别为夏谷子、冬小麦播种和出苗阶段,阶段耗水量偏少说明上述时期土壤墒情差、水分供给不足,这均会对播种和出苗产生直接影响;二是水分供应状况影响作物的生长发育进程。从阶段耗水数量和全生育期耗水数量均可以看出,该条件下的耗水量是冬小麦、夏谷子生长发育亏缺状况下的水分消耗量,说明抗旱保苗、造墒播种和作物关键生育期补充灌溉是调节作物需水状况、增加产量的关键措施,这与杨占平等在丘陵旱地对冬小麦、夏玉米阶段耗水量的大田研究结果基本相符<sup>[12]</sup>。

表 4 缺水年型夏谷子、冬小麦耗水量mm

| 项目    | 夏谷子        |            |            |            |            |            |            |            |            |       | 耗水总量 |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------|
|       | 2008-07-12 | 2008-07-20 | 2008-07-30 | 2008-08-10 | 2008-08-20 | 2008-08-30 | 2008-09-10 | 2008-09-20 | 2008-09-30 |       |      |
| 土体水量  | 348.7      | 359.6      | 374.9      | 370.2      | 359        | 348.3      | 340.5      | 337.3      | 313.9      |       |      |
| 阶段耗水量 |            | 8.5        | 24.4       | 21.8       | 35.4       | 17.2       | 27.3       | 37.2       | 28.7       | 200.4 |      |

| 项目    | 冬小麦        |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 耗水总量  |            |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|
|       | 2008-10-10 | 2008-10-20 | 2008-10-30 | 2009-03-08 | 2009-03-20 | 2009-03-30 | 2009-04-10 | 2009-04-20 | 2009-04-30 | 2009-05-10 |       | 2009-05-20 |
| 土体水量  | 286.3      | 276.2      | 273.6      | 258.6      | 249.3      | 242.5      | 237.7      | 233.6      | 236        | 243.1      | 230.9 |            |
| 阶段耗水量 |            | 23.9       | 9.7        | 38.8       | 19.5       | 13.4       | 10.8       | 10.4       | 3.7        | 2.4        | 34.0  | 166.6      |

3 结论与讨论

1) 冬小麦和夏谷子耗水量:丰水年型分别为 242.9 mm 和 378.3 mm,平水年型分别为 180.3 mm 和 321.1 mm,缺水年型分别为 166.6 mm 和 200.4 mm。

2) 冬小麦全生育期耗水量中,丰水年型土壤水占 22.8%,降水占 77.2%,平水年型土壤水占 32.9%,降水占 67.1%,缺水年型土壤水占 36.0%,降水占 64.0%。

3) 在不同降水年型中,夏谷子全生育期总耗水量与同期自然降水量比较,丰水年型夏谷子全生育期耗水量占同期自然降水量的 97.8%,平水年型夏谷子总耗水量占同期自然降水量的 92.1%,缺水年型同期自然降水量占夏谷子总耗水量的 83.13%。说明在丰水、平水年型情况下,自然降水基本能满足作物水分需要,而缺水年型情况下,即使是秋作物,自然降水也不能满足其要求。

4) 从作物阶段耗水测定情况看,丰水年型夏秋作物均存在奢侈耗水现象;平水年型自然降水基本能满足秋作物水分需求,但突出问题是阶段性、间隙性水分缺乏,这在夏粮作物上表现得更为明显;缺水年型情况下,自然降水均不能满足夏秋作物的水分需求,其突出问题主要表现在,一是水分状况制约着夏、秋两季作物正常播种和出苗,二是水分供应状况影响作物的生长发育进程。

参考文献:

[1] 信乃谄,张燕卿,王立祥.中国北方旱区农业研究[M].

北京:中国农业出版社,2002:571-575.

[2] 科学技术部中国农村技术开发中心.节水农业在中国[M].北京:中国农业科学技术出版社,2006:17-20.

[3] 杨琳,景继海,赵佰图.旱地小麦抗旱性鉴定指标研究[J].现代农业科技,2009(17):19-20.

[4] 李裕元.豫西黄土丘陵区两熟制旱地秋作物生长期土壤水分动态及其利用研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(2):41-47.

[5] 孔祥旋,杨占平,王恒宇,等.砂质潮土农田土壤水分定位研究[J].干旱地区农业研究,2000,18(3):76-82.

[6] 史国安,魏良友,陈明灿,等.模拟不同降水类型旱地冬小麦产量性状的通径分析[J].干旱地区农业研究,2000,18(3):64-68.

[7] 郭群善,雷志栋,杨诗秀.冬小麦水分生产函数 Jensen 模型敏感指数的研究[J].水科学进展,1996,7(1):20-25.

[8] 梁银丽,山仑,康绍忠.黄土旱区作物—水分模型[J].水利学报,2000,31(9):86-90.

[9] 吕丽华,胡玉昆,李雁鸣,等.灌水方式对不同小麦品种水分利用效率和产量的影响[J].麦类作物学报,2007,27(1):88-92.

[10] 张寄阳,孙景生,肖俊夫,等.灌水控制下限对冬小麦产量及水分利用效率的影响[J].中国农学通报,2005,21(11):387-391.

[11] 孔祥旋,杨占平,武继承,等.限量灌溉对冬小麦产量和水分利用的影响[J].华北农学报,2005,20(5):64-66.

[12] 杨占平,薛毅芳,李保昌,等.丘陵旱地一年两熟制条件下小麦、玉米阶段耗水量研究[J].河南农业科学,2010(10):57-60.