

早春不同时期灌水对小麦耗水特性和产量的影响

方保停, 邵运辉, 岳俊芹, 李向东, 秦 峰,
王汉芳, 张德奇, 吕凤荣

(河南省农业科学院 小麦研究中心, 河南省小麦生物学重点实验室, 小麦国家工程实验室,
农业部黄淮中部小麦生物学与遗传育种重点实验室, 河南 郑州 450002)

摘要: 为了提高小麦水分利用效率, 针对小麦早春灌水较早的现象, 以大面积应用的小麦品种周麦 18 为材料, 设置早春起身期、拔节期灌第 1 水和全生育期不灌水 3 个处理, 研究早春不同时期灌水对小麦水分利用和产量形成的影响。结果表明, 与不灌水相比, 起身期和拔节期灌水分分别增加耗水量 16.77% 和 14.70%, 水分利用效率提高 13.13% 和 19.38%, 显著增加了成穗数、千粒重和籽粒产量, 对穗粒数影响较小; 早春灌水处理间水分利用效率和边际效应以拔节期灌水高于起身期灌水, 分别提高 5.52% 和 29.64%, 产量及其构成因素差异不显著。因此, 适时延迟灌早春第 1 水, 能够改善小麦耗水特性、提高籽粒产量。

关键词: 早春; 小麦; 灌水时期; 水分利用; 产量

中图分类号: S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)10-0036-04

Effect of Irrigation in Different Stages of Early Spring on Water Consumption and Grain Yield of Wheat

FANG Bao-ting, SHAO Yun-hui, YUE Jun-qin, LI Xiang-dong, QIN Feng,
WANG Han-fang, ZHANG De-qi, LÜ Feng-rong

(Henan Key Laboratory of Wheat Biology/National Engineering Laboratory for Wheat/Key Laboratory of Wheat Biology and Genetic Breeding in Central Huang-huai Region of Ministry of Agriculture, Research Centre for Wheat, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The widely grown cultivar Zhoumai 18 was used as material to study the effects of irrigation in different stages of early spring on water utilization and yield components of wheat in order to increase the water use efficiency of wheat. The experiment included 3 treatments: first irrigation at erecting stage, first irrigation at jointing stage, and no irrigation at all the growing stages. The results showed that, compared to no irrigation, irrigation at erecting stage and jointing stage could increase the evapotranspiration by 16.77% and 14.70% respectively, and increase the water use efficiency(WUE) by 13.13% and 19.38% respectively. They also increased the spike number, 1000-grain weight and grain yield of wheat, but had little effect on grains per spike. WUE and water marginal effect(WME) were higher for irrigation at jointing stage than at erecting stage, increased by 5.52% and 29.64% respectively, while their grain yields and yield components had little difference. It was suggested that the first irrigation in early spring should be delayed to jointing stage, which could improve the water consumption characteristics and increase the grain yield of wheat.

Key words: early spring; wheat; irrigation stage; water utilization; grain yield

收稿日期: 2012-07-06

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903007, 201203033); 河南省重点科技攻关项目(122102110059); 国家科技支撑计划(2012BAD20B01)

作者简介: 方保停(1976-), 男, 河南淮滨人, 副研究员, 博士, 主要从事小麦生态生理研究。E-mail: fangbaoting@126.com

水资源不足是限制我国北方小麦生产的主要因素,提高水分利用效率和灌溉水利用率是小麦生产迫切需要解决的问题^[1]。如何合理地利用有限的农业水资源,提高水分利用效率,人们已做了较多的研究^[2-7]。有研究认为,水分亏缺并不一定降低产量,适度水分亏缺反而会提高作物产量和水分利用效率^[3]。提高深层土壤水的利用程度可显著提高水分利用率和灌溉效率。研究表明^[4],华北地区冬小麦最佳灌水方式是:丰水年不灌水,平水年灌 1 水(拔节水),枯水年灌 2 水(拔节水和抽穗水),每次灌水量 900~1 125 m³/hm²。

2004 年以来,河南省小麦单产和总产逐年增加。然而,小麦生长期需要通过多次灌溉才能确保高产、稳产。伴随着河南省水资源的日益短缺,河南省小麦单产和总产的进一步提高将受到严峻的挑战,研究高产、节水、高效可持续栽培技术势在必行。关于灌水次数和灌水量及其对小麦产量和品质的影响已有很多研究^[2-10],但关于早春灌水效应的研究较少。为此,针对当前农民春季灌水较早这一现象,设置早春不同时期灌第 1 水,研究早春灌水时期对小麦水分利用和产量形成的影响,以期对小麦高产节水栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2009—2010 年在浚县原种场进行(35°43'N,114°18'E),前茬种植夏玉米,秸秆还田,拖拉机深耕。土壤为黏土,有机质含量 17.04 g/kg,全氮 1.03 g/kg,全磷 0.60 g/kg,全钾 19.71 g/kg,速效氮 37.70 g/kg,速效磷 5.89 g/kg,速效钾 92.40 g/kg,pH 值 8.03。

试验设置全生育期不灌水(CK)、起身期灌早春第 1 水(简称起身期)和拔节期灌早春第 1 水 3 个处理;除全生育期不灌水处理,其他两处理于开花期灌第 2 水,水表测定灌水量,各处理灌水量见表 1。

表 1 不同处理灌水时期和数量 m³/hm²

处理	起身期	拔节期	开花期	合计
不灌水				0
起身期	600		690	1 290
拔节期		870	765	1 635

全生育期不灌水处理底施尿素 195 kg/hm²,不追施肥料;其他 2 个处理底施尿素 150 kg/hm²,结合早春灌水追施尿素 150 kg/hm²;各处理底施二铵 300 kg/hm²、硫酸钾 225 kg/hm²、硫酸锌 22.5 kg/hm²,

其他管理按常规进行。供试品种为周麦 18,2009 年 10 月 20 日播种,行距 0.18 m,基本苗 420×10⁴ 株/hm²,2010 年 6 月 12 日收获。大区布置,3 次重复。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 土壤水耗水量测定 于冬小麦播种前、开花期及成熟期,以 20 cm 为一层采用烘干法测定 2 m 土体内土壤含水量,采用土壤水分平衡法计算耗水量(ET)^[11], $ET = SWD + P + I - D + W_g - R$,式中,SWD 为播种前与收获后整个生育期土壤水消耗量, P 为降雨量, I 为灌溉量, D 为灌溉后土壤水向下层流动量, W_g 为深层地下水利用量, R 为地表径流,本试验地地下水位 9 m,且无地表径流, W_g 、 D 和 R 均可忽略。

水分利用效率(WUE, kg/m³) = $\frac{Y_i}{ET_i}$,其中 Y_i 为灌水水平为 i 的经济产量。

水分边际效应(WMB) = $(Y_i - Y_0)/(ET_i - ET_0)$,其中 Y_i 和 ET_i 为灌水量为 i 的产量和耗水量, Y_0 和 ET_0 为灌溉量为 0 的产量和耗水量。

1.2.2 测产及考种 成熟前进行理论测产,成熟时收割 3.24 m² 脱粒测产折合成单位面积产量,同时取样进行室内常规考种。

1.2.5 数据分析 试验数据用 SPSS 和 Excel 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 早春灌水时期对小麦总耗水量及其组成的影响

冬小麦耗水量由降水、灌溉水和土壤水消耗量 3 部分组成。本试验条件下,由于早春土壤水消耗较少,起身期第 1 水的灌水量较少,2 次总灌水量也较少。

由表 2 可知,与不灌水处理相比,起身期或拔节期灌第 1 水处理均增加了耗水量,分别增加 16.77% 和 14.70%,但降低了土壤水消耗量及其占总耗水的比例。处理间总耗水量以起身期灌水处理高于拔节期灌水处理,但差异较小,而土壤水消耗量及其占总耗水比例以起身期灌水处理高于拔节期灌水处理,分别提高 41.16% 和 9.76 个百分点。由此也可以看出,起身期灌春季第 1 水虽增加了耗水量,但是能够充分利用土壤水。

由表 2 还可以看出,起身期和拔节期灌水处理水分利用效率均高于不灌水处理,分别提高 13.13% 和 19.38%。其中,拔节期灌水处理水分利用效率和水分边际效率均高于起身期灌水处理。

表 2 不同处理小麦耗水量及其组成

处理	总耗水量/ (m ³ /hm ²)	灌溉水		土壤水		降水		WUE/ (kg/m ³)	WMB/ (kg/m ³)
		数量/ (m ³ /hm ²)	占总耗水 比例/%	数量/ (m ³ /hm ²)	占总耗水 比例/%	数量/ (m ³ /hm ²)	占总耗水 比例/%		
不灌水	3 504.00	0	0	2 134.05	60.91	1 369.95	39.09	1.60	—
起身期	4 091.55	1 290	31.53	1 431.60	34.99	1 369.95	33.48	1.81	3.07
拔节期	4 019.10	1 635	40.68	1 014.15	25.23	1 369.95	34.09	1.91	3.98

2.2 早春灌水时期对小麦土壤含水量的影响

从图 1 可以看出,起身期和拔节期灌水处理开花期和成熟期各土层土壤含水量均高于不灌水处理。0~100 cm 土层开花期土壤含水量表现为起身

期灌水处理不同程度低于拔节期灌水处理,100~200 cm 土层两处理土壤含水量差别较小。可见,早春延迟至拔节期灌第 1 水能够降低总耗水量、提高水分利用效率,但是不利于土壤水的利用。

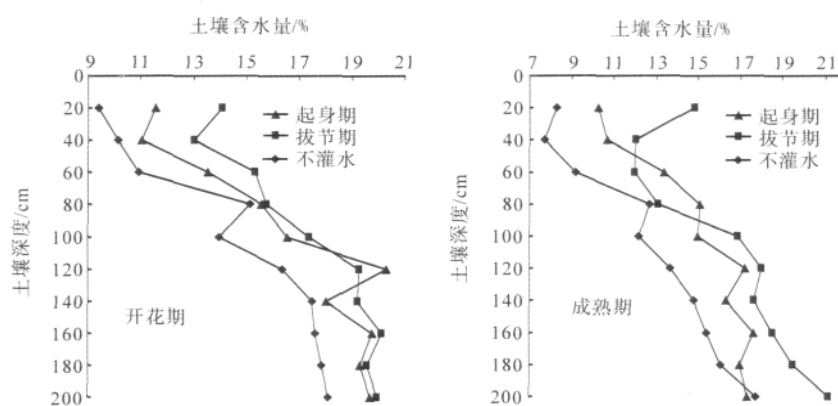


图 1 小麦开花期和成熟期不同土层土壤含水量

2.3 早春灌水时期对小麦产量及其构成因素的影响

由表 3 可知,与不灌水相比,早春灌水处理增加了成穗数、千粒重和籽粒产量,而穗粒数差异不显著。起身期和拔节期灌水处理之间产量及其构成因素差异不显著,其中成穗数仅相差 3.15×10^4 穗/hm²;穗粒数和籽粒产量以拔节期灌水处理高于起身期灌水处理,分别提高 6.00% 和 3.34%,千粒重以拔节期灌水处理低于起身期灌水处理,降低 3.96%。

表 3 不同处理小麦产量及其构成因素差异统计结果

处理	成穗数/ ($\times 10^4$ 穗/hm ²)	穗粒 数/粒	千粒 重/g	产量/ (kg/hm ²)
不灌水	496.95b	31.41a	41.96b	5 621.40b
起身期	539.10a	29.82a	48.19a	7 423.35a
拔节期	542.25a	31.61a	46.28a	7 671.30a

注:同列不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

研究表明,灌水次数越多,灌水总量越大,作物耗水量越大^[5,12-13],而土壤水则显著减少^[11-15],可以通过灌水次数和灌水量的调控,减少耗水量、改善耗水结构、提高水分利用效率。本试验结果表明,早春不同时期灌水均较不灌水处理增加耗水量、提高水

分利用效率,其中以拔节期灌水处理水分利用效率较高,因此,春季适时延迟灌水能提高产量和水分利用效率,这与其他研究结果一致^[16-17]。

研究表明,灌水时期对小麦籽粒产量构成因素和产量有显著影响^[18],起身期较拔节期灌水增加成穗数、降低粒质量和产量^[17]。本试验结果表明,与不灌水处理相比,起身期灌早春第 1 水提高成穗数、千粒重和籽粒产量,这与前人研究结果^[8,17-21]不一致。分析其原因,本试验于 10 月 20 日播种,由于晚播基本苗较多,而起身期群体仅 80 万苗左右,较一般高产田群体低。因此,春季灌水时期研究应结合春季群体质量进行,在群体较小时应提早灌水、延迟两级分化,提高成穗数;在群体较大时延迟灌水、促进两级分化,提高成穗数,同时减少物质消耗。目前,河南小麦单产达到一个较高水平,应通过春季灌水时期的定向调控,加强高产水平条件下群体质量调控研究,适时延迟春季灌水,保证成穗数,提高产量。

参考文献:

- [1] 康绍忠,胡笑涛,蔡焕杰,等.现代农业与生态节水的理论创新及研究重点[J].水利学报,2004,16(12):1-7.

- [2] 程献云,秦海英,王宪章,等. 灌水量对耗水量及小麦产量的影响[J]. 作物杂志,2002(2):18-19.
- [3] 孟兆江,卞新民,刘安能,等. 调亏灌溉对冬小麦光合生理特性的影响及其优化农艺技术组合[J]. 麦类作物学报,2006,26(2):86-92.
- [4] 刘庚山,郭安红,任三学,等. 人工控制有限供水对冬小麦根系生长及土壤水分利用的影响[J]. 生态学报,2003,23(11):2342-2352.
- [5] Li J M, Inanaga S H, Li Z H, *et al.* Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain[J]. *Agric Water Manage*, 2005, 76: 8-23.
- [6] Kang S Z, Zhang L, Liang Y L, *et al.* Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China[J]. *Agric Water Manage*, 2002, 55: 203-216.
- [7] Sun H Y, Liu C M, Zhang X Y, *et al.* Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain[J]. *Agric Water Manage*, 2006, 85: 211-218.
- [8] 季书勤,郭瑞,赵淑章,等. 肥水运筹对不同筋类小麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(2):130-134.
- [9] 林同保,宋雪雷,孟战赢,等. 不同灌水量对垄作小麦水分利用及产量和品质的影响[J]. 河南农业大学学报,2007,41(2):123-127.
- [10] 武继承,杨永辉,贾延宇,等. 不同补充灌水量对小麦产量和灌水利用的影响[J]. 河南农业科学,2011,40(1):74-78.
- [11] Kibe A M, Singh S, Kalra N. Water-nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions[J]. *Agric Water Manage*, 2006, 84: 221-228.
- [12] 李玉山,韩仕峰,史竹叶. 渭北源区农田水分供需特征和低定额灌溉研究[J]. 中国农业科学,1985,18(4):42-48.
- [13] 居辉,兰霞,李建民,等. 不同灌溉制度下冬小麦产量效应与耗水特征研究[J]. 中国农业大学学报,2000,5(5):23-29.
- [14] 李建民,王璞,周殿玺,等. 灌溉制度对冬小麦耗水及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,1999,7(1):54-57.
- [15] Steve R G, Kirkham M B, Brent E C, *et al.* Root uptake and transpiration: from measurements and models to sustainable irrigation[J]. *Agric Water Manage*, 2006, 86: 165-176.
- [16] 王红光,于振文,张永丽,等. 推迟拔节水及其灌水量对小麦耗水量和耗水来源及农田蒸散量的影响[J]. 作物学报,2010,36(7):1183-1191.
- [17] 马瑞昆,赛家利,刘淑贞,等. 冬小麦推迟春季首次灌水后不同品种的产量及水分利用效率[J]. 华北农学报,1995,10(4):20-25.
- [18] 姚艳荣,贾秀领,张丽华,等. 水分运筹对不同冬小麦品种旗叶叶绿素含量的影响[J]. 华北农学报,2008,23(4):135-139.
- [19] 闫秀珍. 河北省冬小麦主要节水技术措施[J]. 现代农业科技,2012(4):136.
- [20] 邵凤武,赵居生,陆文龙. 灌水次数对冬小麦品种产量及生育特性的影响[J]. 天津农业科学,2008,14(1):36-39.
- [21] 梁岩华,李静. 临汾市 1952—2008 年小麦产量与降水量关系及增产对策[J]. 山西农业科学,2009,37(10):26-29.