

## 夏玉米后期灌溉对玉米产量及冬小麦播前底墒的影响

侯大山<sup>1</sup>, 李月华<sup>1\*</sup>, 李娟茹<sup>1</sup>, 李明远<sup>2</sup>, 范存智<sup>3</sup>, 安浩军<sup>4</sup>, 柴玉博<sup>3</sup>, 周广英<sup>5</sup>, 邵凤雷<sup>6</sup>, 张辉<sup>1</sup>, 孙明清<sup>1</sup>, 卫计运<sup>7</sup>, 宋晓颖<sup>1</sup>, 高倩<sup>1</sup>, 王亚楠<sup>2</sup>, 韩江伟<sup>1</sup>, 张广辉<sup>1</sup>, 李光<sup>1</sup>, 董胜旗<sup>1</sup>, 何煦<sup>8</sup>

(1. 石家庄市农业技术推广中心, 河北石家庄 050051; 2. 河北省农业技术推广总站, 河北石家庄 050000; 3. 河北乐土种业有限公司, 河北石家庄 050000; 4. 保定市农业科学院, 河北保定 071000; 5. 石家庄市农林科学研究院, 河北石家庄 050000; 6. 辛集市农业技术推广中心, 河北辛集 052360; 7. 隆尧县农业技术推广中心, 河北邢台 055350; 8. 石家庄市农机推广站, 河北石家庄 050000)

**摘要** [目的]研究冀中南地区小麦-玉米周年种植节水生产新途径。[方法]试验设玉米灌浆后期不浇水, 在小麦播前10、20 d 浇水3个处理, 不浇水处理为对照, 研究“一水两用”技术对玉米产量及小麦播前耕层墒情及0~200 cm 土层储水效果的影响。[结果]与对照相比, 小麦播前10、20 d 浇水对玉米穗粒数影响不大, 但能明显提高千粒重和产量, 增产率分别达5.9%和8.4%; 耕层含水量分别平均增加11.0%、6.4%; 0~200 cm 土壤储水量分别增加771.0、663.5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。小麦播前20 d 浇水对夏玉米增产效果较好, 而小麦播前10 d 浇水对提高土壤墒情及增加0~200 cm 土壤储水量效果较好, 从节约水资源, 促进农业可持续发展角度考虑, 采用小麦播前10 d 浇水技术意义更大。[结论]该研究可为夏玉米灌溉提供参考。

**关键词** 夏玉米; 冬小麦; 灌溉; 产量; 底墒

中图分类号 S507.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)28-0036-03

### Effect of Irrigation in the Later Growth Stage of Maize on Maize Yield and Soil Moisture Content and Moisture Storage Capacity before Sowing Winter Wheat

HOU Da-shan, LI Yue-hua\*, LI Juan-ru et al (Shijiazhuang Agriculture Technology and Popularization Center, Shijiazhuang, Hebei 050051)

**Abstract** [Objective] In order to study new ways of producing water-saving production of wheat-corn in the central and southern Hebei Province. [Method] Experiment with corn grouting without water, water on 10 and 20 days before wheat sowing, no water treatment was control. The effects “dual purpose water once” of technology on maize yield and soil moisture content of soil layer and water storage 0-200 cm of soil layer were studied. [Result] Compared with the control, the effect of watering on corn grain number on the first 10 days and 20 days was not significant, but it can obviously raise the grain weight and yield, yield increased by 5.9% and 8.4% respectively. The water content of the cultivated layer increased by an average of 11.0%, 6.4% respectively, soil storage increased by 771.0 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> and 663.5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. The effect of watering before sowing 10 day on summer maize was better than that of 20 days before sowing. On the first 10 days of wheat planting, the soil moisture content and soil moisture content was increased in 0-200cm. However, from the perspective of sustainable development of agriculture, it was better to water the water on the first 10 days of wheat planting. [Conclusion] The research can provide reference for irrigation of summer maize.

**Key words** Summer maize; Winter wheat; Irrigation; Yield; Soil moisture

河北省所属华北平原是我国重要的粮食产区<sup>[1]</sup>, 其粮食生产直接关乎国家粮食安全<sup>[2]</sup>, 但该区域地下水超采严重<sup>[3]</sup>, 水资源紧缺问题已成为限制当地农业可持续发展的重要障碍因素<sup>[4-5]</sup>。研究表明, 当地农业生产用水占总用水量的70%<sup>[6-7]</sup>, 因此, 只有大力发展农业节水技术才是解决粮食生产与水资源紧缺矛盾、最终实现区域可持续发展的必由之路; 其中, 农业用水量的主体在小麦<sup>[6]</sup>, 所以减少小麦用水的不必要消耗是发展农业节水技术的关键。当地小麦种植习惯: 一是造墒播种, 晾墒数日播种, 造成灌溉水大量无效散失, 而且浪费了宝贵的光热资源, 减少了玉米晚收增产的潜力。二是抢墒播种后补浇出苗水, 造成地表板结, 对出苗不利, 并难以实现小麦苗期旱胁迫栽培<sup>[8-9]</sup>。充足的底墒是冬小麦丰产的重要基础<sup>[10]</sup>, 而在夏玉米灌浆后期进行浇水, 既可以使夏玉米晚收增产, 又能保证小麦足墒播种, 实现“一水两用”, 达到“一水高效”。以玉米生育后期不浇水为对照, 研究夏玉米灌浆后期不同时间浇水对玉米产量和小麦播种前

土壤墒情的影响, 以期对小麦-玉米一体化节水栽培、减少地下水消耗提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验于2015、2016年的6—10月在冀中南涿州市、辛集市、隆尧县3个河北省现代农业产业技术体系项目山前平原区小麦试验站进行。各试验站的试验面积、土壤条件见表1, 所有试验地均连续种植小麦-玉米3周年以上, 玉米秸秆粉碎还田, 小麦秸秆覆盖还田, 玉米为贴茬机播。

**1.2 试验方法** 试验玉米灌浆后期浇水技术设置灌浆后期不浇水(CK)、小麦播前10 d 浇水(W<sub>1</sub>)、小麦播前20 d 浇水(W<sub>2</sub>), 浇水量450 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(45 mm), 3次重复。玉米生育期的管理同当地大田常规(表2)。

**1.3 测量与统计** 玉米收获期, 测定玉米的产量构成性状与产量。采取5点取样法, 统计每个样点25 m 双行的穗数, 折算成单位面积穗数。每取样点1行不间断连续收获50穗, 室内考种, 测定穗粒数和千粒重, 计算理论产量。

小麦播前, 测定0~20 cm 耕层土壤含水量和0~200 cm 土层土壤储水量。每处理均设3个土壤取样点。在小麦播前, 用土钻分7层(0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~150、150~200 cm) 钻取土壤样品, 烘干后, 测定各土层土壤的含水量。同时, 采用环刀法分层测定0~200 cm 各土

**基金项目** 河北省现代农业产业技术体系资助项目; 石家庄高层次人才支持项目。

**作者简介** 侯大山(1979—), 男, 河北蔚县人, 农艺师, 硕士, 从事作物栽培与农技推广工作。\* 通讯作者, 推广研究员, 从事作物栽培与农技推广工作。

**收稿日期** 2017-08-31

层土壤的容重,根据公式计算土壤储水量。计算公式为: 率(%)。

$$W = \sum_0^i H_i \times \rho_i \times \omega_i$$

式中,  $W$  为 0~200 cm 土壤储水量(mm);  $H_i$  为第  $i$  土层厚度(mm);  $\rho_i$  为第  $i$  层土壤容重( $g \cdot cm^{-3}$ );  $\omega_i$  为第  $i$  层土壤含水

采用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 7.05 软件进行数据处理,采用单因素试验统计多重比较 tukey 法对数据进行方差分析。

表 1 各试验站的土壤条件和试验面积

Table 1 Soil conditions and area of each test stations

试验站名称 Test station name	位置 Location	试验面积 Test area// $hm^2$	土壤条件 Soil condition				
			土壤类型 Soil type	有机质 Organic matter// $g/kg$	全氮 Total nitrogen// $mg/kg$	$P_2O_5$ $mg/kg$	$K_2O$ $mg/kg$
涿州 Zhuozhou	高官庄镇智军庄村	0.6	沙壤土	19.7	1.25	26.5	98.0
辛集 Xinji	保高丰农场	0.6	壤土	16.9	0.84	32.2	127.0
隆尧 Longyao	莲子镇崔家楼村	0.6	重壤土	14.5	1.06	26.7	110.0

表 2 各试验站玉米全生育期的水肥管理情况

Table 2 Irrigation and fertilizer in the whole growth period of each test stations

试验站 名称 Test station name	玉米 品种 Maize variety	播种 密度 Sowing density 株/ $hm^2$	施肥 Fertilization				浇水 Water				总水量 Total water account mm	
			底肥 Base fertilizer			追肥 Topdressing		蒙头水 Water quantity after sowing		补浇水 Repouring water quantity		
			类型 Type	养分含量 N: P: K	用量 Dosage $kg/hm^2$	类型 Type	用量 Dosage $kg/hm^2$	时间 Date	用量 Dosage mm	时间 Date		用量 Dosage mm
涿州 Zhuozhou	极峰 2 号	58 500	缓释肥	22:6:15	600	-	-	06-19	45	-	-	446.2
辛集 Xinji	浚单 20	60 000	缓释肥	25:6:9	750	-	-	06-17	75	-	-	343.9
隆尧 Longyao	郑单 958	66 000	缓释肥	22:7:16	750	-	-	06-17	45	07-05	75	370.9

注: \* 总水量 = 蒙头水量 + 补浇水量 + 玉米全生育期降雨量 + 处理浇水量

Note: Total water quantity = water quantity after sowing + repouring water quantity + precipitation in whole growth stage + water quantity of treatment

## 2 结果与分析

### 2.1 生育后期浇水对夏玉米产量构成因素及产量的影响

2.1.1 对穗数的影响。因各处理播种密度与后期管理完全一样,收获期穗数基本相同。

2.1.2 对穗粒数的影响。各处理穗粒数间无差异(表 3),浇水处理的指标值均大于 CK。试验表明,“一水两用”技术有增加穗粒数作用,但增加穗粒数的作用并不明显。其中,  $W_1$ 、 $W_2$  处理分别较 CK 平均提高 7.0 和 9.5 粒/穗,平均增幅为 1.4% 和 2.0%;  $W_2$  比  $W_1$  平均增加 2.5 粒/穗,平均增幅 0.5%。

2.1.3 对千粒重的影响。除辛集、隆尧试验站  $W_1$  处理与 CK 无显著差异;其他各试验站各浇水处理,其千粒重与 CK

均存在极显著差异(表 3)。试验表明,“一水两用”技术可以明显提高千粒重。从不同处理的平均千粒重看,  $W_1$ 、 $W_2$  分别较 CK 提高了 14.5、20.6 g,增幅分别为 4.5% 和 6.4%;  $W_2$  处理较  $W_1$  处理提高了 6.1 g,增幅为 1.8%。

2.1.4 对理论产量的影响。各试验站  $W_2$  理论产量均显著高于 CK,涿州试验站  $W_1$  理论产量与 CK 存在极显著差异外,其他各试验站  $W_1$  理论产量与 CK 无显著差异(表 3)。试验表明,夏玉米灌浆后期浇水可以明显提高玉米产量。从不同处理的平均产量看,  $W_1$ 、 $W_2$  处理分别较 CK 提高了 463.0、663.5  $kg/hm^2$ ,增幅分别为 5.9% 和 8.4%;  $W_2$  处理较  $W_1$  处理提高了 200.5  $kg/hm^2$ ,增幅为 2.4%。

表 3 夏玉米灌浆后期浇水对玉米产量及其构成因素的影响

Table 3 Effect of irrigation in the later growth stage on yield and component factors of maize

年度 Year	试验站 Test station name	处理 Treatment	穗数 Spikes per hectare // 穗/ $hm^2$	穗粒数 Grains per spike // 粒	千粒重 1000 - grain weight//g	理论产量 Yield // $kg/hm^2$
2015—2016	涿州	CK	56 083.5	436.8 aA	337.8 bB	7 033.5 bB
		$W_1$	56 091.0	443.8 aA	356.5 aA	7 543.5 aA
		$W_2$	56 103.0	443.7 aA	356.6 aA	7 545.0 aA
	辛集	CK	58 260.0	479.3 aA	307.6 bB	7 300.5 bA
		$W_1$	58 260.0	487.0 aA	321.3 abAB	7 749.0 abA
		$W_2$	58 260.0	487.1 aA	337.9 aA	8 151.0 aA
	隆尧	CK	63 739.5	533.3 aA	322.4 bB	9 315.0 bB
		$W_1$	63 720.0	539.5 aA	333.5 abAB	9 745.5 abAB
		$W_2$	63 829.5	547.0 aA	335.1 aA	9 943.5 aA

注: 同列不同的大小写字母表示在 0.01、0.05 水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercase letters at the same column stand for significant differences at 0.01, 0.05 level, respectively

### 2.2 夏玉米生育后期灌水对冬小麦播前 0~20 cm 耕层墒情和 0~200 cm 土层储水量的影响

2.2.1 对耕层墒情的影响。同一试验站,夏玉米灌浆后期浇水技术处理的耕层含水量均大于其 CK,其中,3 个试验站

的  $W_1$  与其 CK 差异均达到了显著水平;除涿州试验站数据外,其他两试验站的指标值均表现为  $W_1 > W_2$ ,  $W_1$ 、 $W_2$  无差异。表明“一水两用”技术可以提高 0~20 cm 耕层含水量,改善墒情,小麦播前 10 d 浇水效果较好。从不同处理的耕层

含水量平均值看,  $W_1$ 、 $W_2$  分别较 CK 提高了 11.0% 和 6.4%;  $W_1$  比  $W_2$  提高了 4.0% (表 4)。

表 4 夏玉米后期“一水两用”对耕层含水量和 0~200 cm 土层储水量的影响

Table 4 Effect of irrigation in the later growth stage of maize on topsoil moisture and 0~200 soil water storage

年度 Year	试验站 Test station name	处理 Treatment	耕层土 壤含水量 Topsoil moisture %	0~200 cm 储水量 0~200 soil water storage $m^3/hm^2$
2015—2016	涿州	CK	21.5 bA	9 528.0 cC
		$W_1$	22.1 aA	10 348.5 aA
		$W_2$	22.1 abA	10 045.5 bB
	辛集	CK	19.7 bB	7 723.5 bB
		$W_1$	22.7 aA	8 356.5 aA
		$W_2$	21.6 aAB	8 287.5 aA
	隆尧	CK	15.0 bB	9 100.5 bB
		$W_1$	17.2 aA	9 960.0 aA
		$W_2$	16.1 abAB	10 009.5 aA

注: 同列不同的大小写字母表示在 0.01、0.05 水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercase letters at the same column stand for significant differences at 0.01, 0.05 level, respectively

2.2.2 对 0~200 cm 土层储水量的影响。同一试验站, 夏玉米灌溉后期浇水技术处理的 0~200 cm 土层储水量均大于 CK (表 4), 各试验站各浇水处理均与 CK 达到极显著差异; 其中, 涿州  $W_1$  与  $W_2$  有极显著差异, 其他试验站  $W_1$  与  $W_2$  无差异。表明“一水两用”技术可以提高 0~200 cm 土层储水量, 播前 10 d 浇水效果较好。从不同处理的 0~200 cm 土层储水量平均值看,  $W_1$  与  $W_2$  分别较 CK 提高了 771.0、663.5  $m^3/hm^2$ ,  $W_1$  处理较  $W_2$  处理提高了 107.5  $m^3/hm^2$ 。

### 3 结论与讨论

夏玉米灌溉后期灌水技术对玉米构成因素研究显示, 与 CK 对比,  $W_1$ 、 $W_2$  穗粒数与 CK 无差异, 增幅有限, 其各处理穗粒数基本相同;  $W_1$ 、 $W_2$  千粒重较 CK 显著增加, 其中  $W_2$  增加效果更为明显。最终, “一水两用”技术明显提高玉米产量, 增产率分别为 5.9% 和 8.4%。

夏玉米灌溉后期灌水技术对提高土壤墒情作用研究表

明, 耕层土壤含水量  $W_1$ 、 $W_2$  分别较 CK 提高了 11.0%、6.4%; 从 0~200 cm 土层储水量平均值看,  $W_1$  与  $W_2$  分别较 CK 提高了 771.0、663.5  $m^3/hm^2$ 。

综上分析表明, 在玉米生育后期浇水能够明显促进玉米增产, 改善小麦播前耕层墒情, 对保证小麦足墒播种, 能起到关键性作用。但是, 不同浇水时间对玉米增产以及提高土壤墒情的效果不同, 其中, 小麦播前 20 d 浇水对夏玉米增产效果较好, 而小麦播前 10 d 浇水对提高土壤墒情及增加 0~200 cm 土壤储水量效果较好。冀中南地区灌溉水资源有限, 地下水资源匮乏与农业生产之间的矛盾已非常严重<sup>[11]</sup>, 因此, 当前农业生产目的已由单一追求高产, 转变为追求高产、生态、绿色多目标并重<sup>[12-13]</sup>。该研究认为, 采用夏玉米生育后期浇水技术在小麦播前 10 d 浇水, 能更有效地节约灌溉水资源与实现玉米增产并重, 对缓解当地水资源紧缺、实现农业可持续发展、保障区域粮食安全起到更大作用。

### 参考文献

- [1] 李娟茹, 李月华, 丁月芬, 等. 冀中南小麦/玉米轮作氮素循环及高效利用研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(29): 11685-11686, 11708.
- [2] 王志敏, 王璞, 兰林旺, 等. 黄淮海地区优质小麦节水高产栽培技术研究[J]. 中国农学通报, 2003, 19(4): 22-26.
- [3] 夏军, 刘孟雨, 贾绍凤, 等. 华北地区水资源及水安全问题的思考与研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(5): 550-560.
- [4] 张正斌, 徐萍. 中国水资源和粮食安全问题探讨[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1305-1310.
- [5] 郭长城, 刘孟雨, 陈素英, 等. 太行山山前平原农田耗水影响因素与水分利用效率提高途径[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 55-58.
- [6] 郭进考, 史占良, 何明琦, 等. 发展节水小麦缓解北方水资源短缺: 以河北省冬小麦为例[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 876-879.
- [7] 王宝玉, 吴普特, 赵西宁, 等. 我国农业用水结构演变态势分析[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 399-404.
- [8] 王延玲, 张海藤, 牛海燕, 等. 不同墒情和播深对小麦出苗及冬前苗情的影响[J]. 山东农业科学, 2014, 46(9): 57-59.
- [9] 李少昆, 王克如, 冯聚凯, 等. 玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素[J]. 作物学报, 2006, 32(3): 463-465.
- [10] 任三学, 赵花荣, 郭安红, 等. 底墒对冬小麦植株生长及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(4): 79-85.
- [11] 孟祥海, 李丁, 孙书亦, 等. 抗旱节水型衡水系列品种的选育方法及系谱分析[J]. 麦类作物学报, 2007, 37(7): 907-914.
- [12] 李爱权, 柴晓娟, 申晓霞. 我国农业生产与生态环境安全分析[J]. 山西农业科学, 2012, 40(4): 304-306, 352.
- [13] 崔兆韵, 马金宝, 白清俊, 等. 北方山区农业生产“点-线-面”生态节水模式[J]. 山西农业科学, 2007, 35(5): 83-86.

(上接第 31 页)

### 参考文献

- [1] 孟晶岩, 刘森, 安鸣, 等. 青稞全麦片煮面加工技术研究[J]. 食品与机械, 2014(6): 178-180.
- [2] 朱印酒. 西藏青稞资源与分布特征[J]. 西藏大学学报(自然科学版), 2011, 26(1): 42-45.
- [3] 郑学玲, 张玉玉, 张杰. 青稞淀粉理化特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(4): 30-36.

- [4] 孟晶岩, 刘森, 栗红瑜, 等. 青稞全麦片生产工艺研究[J]. 农产品加工, 2014(12): 33-35.
- [5] 臧清巍, 阙健全, 陈宗道, 等. 青稞的成分研究及其应用现状[J]. 中国食品添加剂, 2004(4): 43-46.
- [6] 吴昆仑. 青稞功能元素与食品加工利用简述[J]. 作物杂志, 2008(2): 15-17.
- [7] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 88-113.
- [8] 吴宏亚, 陈树林, 胡俊, 等. 青稞  $\beta$ -葡聚糖分子生物学相关研究进展[J]. 核农学报, 2014, 28(3): 398-403.

## 科技论文写作规范——结果

利用图、表及文字进行合乎逻辑的分析。务求精练通顺。不需在文字上重复图或表中所具有的数据, 只需强调或阐述其重要发现及趋势。