

测墒灌溉条件下冬小麦节水试验

张广霞¹, 耿立中², 王卫东², 冯峻之², 马德辉², 薛立霞³, 王学君^{4,5*}

¹滨州市农业技术推广中心, 山东 滨州

²惠民县农业农村局, 山东 滨州

³惠民县孙武街道办事处, 山东 滨州

⁴山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业农村部黄淮海平原农业环境重点实验室, 山东 济南

⁵山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 国家土壤质量济南观测实验站, 山东 济南

收稿日期: 2022年7月13日; 录用日期: 2022年8月12日; 发布日期: 2022年8月19日

摘要

水是生物生存之源, 是农林生产发展的必要条件。我国的传统灌溉方式仍然以漫灌为主, 水分浪费严重, 也加剧了地表径流的水质污染导致水体富营养化、地下水污染、农产品品质下降等一系列危害。本试验从节水的角度出发, 根据小麦关键生育时期的需水特点, 设定关键生育时期的目标土壤相对含水量。研究表明: W75的水分利用率高于常规灌溉, 产量差别不大, 节水效果较好。

关键词

测墒灌溉, 小麦, 节水

Water Saving Experiment of Winter Wheat under Soil Moisture Measurement Irrigation

Guangxia Zhang¹, Lizhong Geng², Weidong Wang², Junzhi Feng², Dehui Ma², Lixia Xue³, Xuejun Wang^{4,5*}

¹Binzhou Agricultural Technology Extension Center, Binzhou Shandong

²Agriculture and Rural Bureau of Huimin County, Binzhou Shandong

³Sunwu Sub District Office of Huimin County, Binzhou Shandong

⁴Key Laboratory of Agro-Environment of Huang-Huai-Hai Plain, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

⁵Jinan Observation and Experiment Station of National Soil Quality, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

*通讯作者。

Abstract

Water is the source of biological survival and the necessary condition for the development of agricultural and forestry production. The traditional irrigation method in China is still dominated by flood irrigation, which leads to serious water waste, and also intensifies the water pollution of surface runoff, resulting in a series of hazards, such as water eutrophication, groundwater pollution, decline in the quality of agricultural products and so on. From the perspective of water saving, this experiment sets the target soil relative water content in the key growth period according to the water demand characteristics of wheat in the key growth period. The research shows that W75 has higher water use efficiency than conventional irrigation, little difference in yield, and better water-saving effect.

Keywords

Soil Moisture Measurement Irrigation, Wheat, Water Conservation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水是保障农业生产正常进行的最重要的条件之一[1]。有数据显示,全世界农业的灌溉用水量占比达到可用水量的 65%至 75% [2],而我国农业用水量占比达到 70%以上[3]。农业是我国的水资源应用大户,农业年均用水量占国民经济总用水量的 60%以上,其中,农业灌溉用水量占农业用水量的 90%以上[4]。有研究表明,我国由水分亏缺导致的粮食减产超过其他因素引起的减产总和[5] [6]。因此,要想保障我国粮食安全和促进农业发展,必须做好农业节水灌溉,科学用水、提高作物水分利用效率[7]。在本试验设计中,以冬小麦为研究对象,设定小麦关键生育时期需水量的目标土壤相对含水量,再根据目标土壤相对含水量和试验实测的土壤含水量,利用公式计算出需要补充的灌水量,可以达到保证产量和节约水资源的目的。

2. 材料与方法

试验时间为在 2021 年 10 月~2022 年 6 月,试验地点选择在滨州惠民阡陌种业科技有限公司邢何试验农场,试验地块土地平整,交通便利,便于管理,土壤肥力中等,适耕性好,小麦常年产量水平在 550 kg/亩以上。土壤基本特征为:PH 为 8.20,有机质 13.76 g/Kg,全氮 1.09 g/Kg,碱解氮 78.9 mg/Kg,有效磷 13.2 mg/Kg,速效钾 115.8 mg/Kg,0~40 cm 容重 1.40 g/cm³。

供试材料小麦品种为济麦 22,每亩播种量为 12 千克;供试肥料为尿素(氮 46%)、重过磷酸钙(五氧化二磷 46%)、氯化钾(氧化钾 60%)。

施肥情况如下:每亩施用纯氮(N) 15 kg、磷(P2O₅) 7 kg、钾(K₂O) 4 kg,磷钾肥底施,氮肥 50%底施、50%拔节期追肥。

2020 年 4 月 15 日和 5 月 10 日按不同处理补水量补灌 2 次,4 月 22 日喷施啉虫脒、高效氯氰菊酯加

磷酸二氢钾防治蚜虫, 4月29日喷施三唑酮、戊唑咪鲜胺防治赤霉病及锈病等病害。成熟后每试验小区分两部分机械实收, 现场测定籽粒含水量, 实际产量按13%的标准含水量折算。

3. 试验设计

分为传统灌溉处理为W对照, W70、W75为按仪表出水量进行小麦测墒补灌处理, 各测墒补灌处理的测墒方法、灌溉方法及补灌的目标土壤相对含水量见表1, 补灌时期为播种期、拔节期和开花期, 补灌量由各处理目标相对含水量和土壤墒情确定, 传统灌溉量为50 m³/亩。小区之间留2 m宽的隔离区, 种植与试验小区相同品种的小麦, 隔离区浇水管理与试验小区相同。每个处理面积66.7 m², 为大区试验, 共3个处理, 不设重复。

Table 1. Moisture measurement method, irrigation method, supplementary irrigation time and target relative water content for each treatment

表 1. 各处理测墒方法、灌溉方法及补灌时间和目标相对含水量

处理	测墒方法	灌溉方法	补灌时期和灌水量		
			播种期	拔节期	开花期
W (CK)	仪表计算灌水量	漫灌	传统灌溉	传统灌溉	传统灌溉
W70	测墒补灌	喷灌	70%	70%	70%
W75	测墒补灌	喷灌	75%	75%	75%

4. 试验过程

4.1. 播种前测定土壤田间持水量和土壤容重

根据试验要求, 播种前需要测定各土层土壤田间持水量和土壤容重。田间取样于2021年10月10日进行, 按试验要求测定田间持水量和土壤容重(表2)。

Table 2. Soil field water holding capacity and soil bulk density of each soil layer

表 2. 各土层土壤田间持水量和土壤容重

土层	田间持水量%	土壤容重 g/cm ³
0~40	24.72	1.45
0~200	25.47	1.38

4.2. 补灌前测墒

播种期补灌前于2021年10月10日用烘干法测定0~200 cm土层土壤含水量, 由于7~9月份降雨量为706.9 mm, 9月份降雨量为111.8 mm, 降雨量较大, 0~200 cm土壤含水量为19.76%; 按试验要求分别在播种期、拔节期和开花期用烘干法测定0~40 cm土层土壤含水量, 计算补灌水量, 见表3。

Table 3. Soil water content during growth period

表 3. 生育期土壤含水量

时期	W70			W75		
	质量含水量%	相对含水量%	灌水量 m ³	质量含水量%	相对含水量%	灌水量 m ³
播种期	19.47	78.76	-	19.52	78.96	-
拔节期	12.33	49.88	19.23	12.35	49.96	23.93
开花期	13.76	55.66	13.70	13.99	56.59	17.59

4.3. 成熟期土壤含水量

成熟期土壤含水量如下表 4。

Table 4. Soil water content at maturity

表 4. 成熟期土壤含水量

处理	土层深度 cm	含水量%
W 对照	0~200	9.72
W70	0~200	12.35
W75	0~200	12.78

4.4. 土壤贮水消耗量计算

小麦全生育期土壤贮水消耗量(mm) = $10 \times r \times h \times (\theta_1 - \theta_2)$ 。

其中： 10 为换算系数， r 为土壤容重， h 为土层深度， θ_1 为播种前土壤土壤质量含水量， θ_2 为成熟期土壤质量含水量。

将相关数据代入得：

传统灌溉(W 对照) = $10 \times 1.38 \times 200 \times (0.1976 - 0.0972) = 277.1$ mm，

W70 = $10 \times 1.38 \times 200 \times (0.1976 - 0.1235) = 204.52$ mm，

W75 = $10 \times 1.38 \times 200 \times (0.1976 - 0.1278) = 192.65$ mm，

麦田耗水量 mm = 小麦全生育期总灌水量(mm) + 小麦全生育期有效降水量(mm) + 小麦全生育期土壤贮水消耗量(mm)。

5. 试验结果

5.1. 不同补灌处理对小麦各生育期群体的影响

由表 5 看出，传统灌溉处理的越冬期、拔节期、开花期群体高于补灌处理的群体，但和 W75 处理相差不多，分别高出 0.40%、1.50%和 0.48%，但比 W70 处理的群体分别高 4.29%、9.50%和 3.99%，相差较大。

Table 5. The basic seedlings and the number of groups in different growth stages of wheat with different treatments (Unit: 10,000/mu)

表 5. 不同处理小麦各生育期群体基本苗及群体数(单位：万/亩)

处理	基本苗	越冬期	拔节期	开花期
W (CK)	18.5	75.4	101.4	41.7
W70	18.5	72.3	92.6	40.1
W75	18.5	75.1	99.9	41.5

5.2. 不同补灌处理对小麦生物学性状的影响

由表 6 可以看出，传统灌溉处理的株高、叶面积指数和单株分蘖都是最高的，分别为 65.8 cm、3.90 和 3.9 个，其次是 W75 处理，分别对传统灌溉降低了 2.74%、7.69%和 5.13%，而 W70 处理则降低更多，分别比传统灌溉降低 5.17%、10.77%和 17.95%。

Table 6. Effects of different treatments on biological traits of wheat
表 6. 不同处理对小麦生物学性状的影响

处理	株高(cm)	叶面积指数	单株分蘖(个)
W (CK)	65.8	3.90	3.9
W70	62.4	3.48	3.2
W75	64.0	3.60	3.7

5.3. 不同补灌处理对小麦产量及构成的影响

由表 7 看出, 传统灌溉处理的亩穗数最多, 平均为 41.7 万穗/亩, 其次是 W75 处理, 为 41.5 万穗/亩, 相差不大, 但 W70 处理的亩穗数为 40.1 万穗/亩, 比传统灌溉处理低 3.84%, 差别较大。传统灌溉处理的穗粒数和 W70 处理相差不大, 分别为 38.4 和 38.5, 而 W75 处理最小, 为 38.1。传统灌溉处理的千粒重最小, 分别比 W70 处理和 W75 处理低 0.5g 和 0.4g。传统灌溉处理的产量最高, 为 555.6 公斤/亩, 但 W75 处理比传统灌溉处理低 0.12%, 而 W70 处理比传统灌溉处理低 2.20%, 差别不大。

Table 7. Effects of different treatments on wheat yield and composition
表 7. 不同处理对小麦产量及构成的影响

处理	穗数(万)	穗粒数(粒)	千粒重(g)	产量(公斤/亩)	比漫灌增产(%)
W (CK)	41.7	38.4	34.7	555.6	-
W70	40.1	38.5	35.2	543.4	-2.20
W75	41.5	38.1	35.1	555.0	-0.12

5.4. 全生育期不同补灌处理的麦田耗水量和水分利用率

由表 8 看出, 传统灌溉水分利用率为 0.861 kg/(亩·mm), 而 W70 和 W75 补灌处理的水分利用率都高于传统灌溉, 分别为 1.152 kg/(亩·mm)和 1.173 kg/(亩·mm), 分别提高 33.69%和 36.24%。

Table 8. Precipitation, water consumption in wheat fields, harvested grain yield and water use efficiency
表 8. 降水量、麦田耗水量、实收籽粒产量和水分利用效率

处理	生育期降雨量(mm)	麦田耗水量(mm)	实收籽粒产量(kg/亩)	水分利用效率 [kg/(亩·mm)]
W (CK)	218	645.1	555.6	0.861
W70	218	471.9	543.4	1.152
W75	218	472.9	555.0	1.173

6. 结论

常规灌溉亩产 555.6 kg, W70 亩产 543.4 kg, W75 亩产 555.0 kg, 在产量基本稳定的情况下, W70、W75 的水分利用率高于 W 对经常规, W75 的水分利用率和 W70 的水分利用率持平。因此, 测墒节水灌溉对于产量和水分利用率的提高有较大的推广价值。

基金项目

山东省重点研发计划(2021CXGC010804)。

参考文献

- [1] 韩伟. 不同灌水处理对冬小麦形态和生理指标的影响[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 莱阳农学院, 2004.
- [2] Prathapar, S.A. (2000) Water shortages in the 21st Century. In: Cadman, H., Ed., *The Food and Environment Tightrope*, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 125-133.
- [3] 唐登银, 罗毅, 于强. 农业节水的科学基础[J]. 灌溉排水, 2000, 19(2): 1-9.
- [4] 黄莺. 农业灌溉用水效率及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [5] 山仑, 邓西平, 苏配, 等. 挖掘作物抗旱节水潜力[J]. 中国农业科技报, 2000, 2(2): 66-70.
- [6] 蒿宝珍, 姜丽娜, 张菡, 等. 水分运筹对豫北冬小麦生育后期光合特性及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(18): 180-184.
- [7] 尹光华, 刘作新, 李桂芳, 等. 水肥耦合对春小麦水分利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 156-158.