

# 灌溉制度对冬小麦产量及水分生产率的影响

陈 丽

(保定市灌溉试验站,河北省保定市,071000)

**摘要** 为明确灌溉制度对冬小麦产量及水分生产率的影响,于2022-2023年设置测坑试验(防雨棚消除降雨影响),研究不同灌水处理对冬小麦叶面积指数、产量及构成要素、水分生产率的影响。结果表明:在试验设置的灌水范围内,较小的灌水定额获得了较高的水分生产率,叶面积指数随灌水定额的增加而增大,较大的叶面积指数获得了较高的产量。综合考虑,提出冬小麦较优的灌水定额为 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,灌水时期为苗期、越冬、拔节、抽穗、灌浆期,共5次,此处理下,产量为 $7\,143\text{kg}/\text{hm}^2$ ,水分生产率为 $2.1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

**关键词** 冬小麦;耗水量;灌溉制度;产量;水分生产率

中图分类号:S512.1+1 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)06-0001-03

水资源是人类生存和发展不可缺少的资源,华北地区是我国水资源最紧缺的地区之一,又是全国粮食主产区之一,用仅占全国6%的水资源生产全国23%的粮食,为我国粮食安全做出了突出贡献<sup>[1]</sup>。多年的地下水超采,华北地区已经形成“漏斗区”<sup>[2][3]</sup>。冬小麦生育期内降雨较少,主要依靠灌溉,产量的提高得益于灌水量的增加,这也是地下水超采的一个主要因素。因此,开展冬小麦灌溉制度试验研究,寻求适宜本地区的节水高效的灌溉制度,把有限的水量在冬小麦生育期内进行最优分配,提高水分生产效率是当前的重点任务<sup>[4]</sup>。基于此,2022-2023年在保定市灌溉试验站,开展不同灌溉制度条件下对冬小麦产量以及作物性状的影响研究,为当地冬小麦实现节水灌溉提供一定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地情况

保定市灌溉试验站位于保定地区南部的太行山东麓冲积平原,可代表太行山前平原区自然地理概况。土壤属通体轻壤质潮褐土。1m土层的平均

田间持水量为21%,容重为 $1.58\text{g}/\text{cm}^3$ ,土壤有机质0.7%,全氮0.05%,速效磷13.67PPM,有效钾77.6PPM,矿化度 $0.21\text{g}/\text{L}$ 。地下水埋藏较深,其向上补给量可忽略不计。灌溉水源为地下水,水表控制灌水。年平均气温 $11.8^\circ\text{C}$ ,年平均降雨量约为 $508.9\text{mm}$ ,多年平均蒸发量 $1\,709.56\text{mm}$ ,年平均日照时数 $2\,677.8\text{h}$ ,无霜期189d。

### 1.2 试验内容

#### 1.2.1 处理设计

冬小麦品种选择马兰1号,播种量按照 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ ,底肥为 $750\text{kg}/\text{hm}^2$ 控释肥。根据冬小麦不同生长期对水分的敏感特性为依据,以当地常用的灌溉次数为参照,设计不同的灌水量。

冬小麦灌溉制度试验在测坑区进行,每个小区面积 $2\text{m}\times 3.33\text{m}$ 。试验设3个处理,处理水平分别 $450\text{m}^3/\text{hm}^2$ , $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ , $750\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,每个处理重复3次,采取随机排列的方法。A、B、C分别表示每次灌水为 $450\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、 $600\text{m}^3/\text{hm}^2$ 、 $750\text{m}^3/\text{hm}^2$ 的三个处理,每个处理设置3个重复(表示为A-1、A-2、A-3, B-1、B-2、B-3, C-1、C-2、C-3)。

#### 1.2.2 耗水量计算

耗水量(蒸发蒸腾量)计算,根据灌溉试验规范,依据蒸发蒸腾量计算公式:

$$ET_{1-2} = 10\gamma H(W_1 - W_2) + M + P$$

式中:  $ET_{1-2}$ --阶段蒸发蒸腾量,mm;

$\gamma$ --土壤容重, $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

H--土壤厚度,cm;

基金项目:河北省省级水利科技计划项目(HBSL2025-12)

作者简介:陈丽(1987~),女,河北遵化人,工学硕士,高级工程师,研究方向:农业节水灌溉研究。

表1 室内考种结果

处理	穗粒数	穗长/cm	千粒重/g	产量/kg·hm <sup>-2</sup>	耗水量/mm	水分生产率kg/m <sup>3</sup>
A-1	41.76	7.11	50.06	4 125b	313.2c	1.32
A-2	38.5	7.15	46.11	4 930.5b	283c	1.74
A-3	33.2	6.93	45.45	6 352.5b	264c	2.41
B-1	33.94	6.34	45.9	6 709.5a	361.4b	1.86
B-2	32.35	6.55	49.4	6 892.5a	372.4b	1.85
B-3	33.32	6.60	48.6	7 143a	339.4b	2.1
C-1	42.95	7.09	45.3	7 878a	410.8a	1.92
C-2	38.95	7.01	44.81	8 466a	414.5a	2.04
C-3	32.55	6.59	45.14	7 597.5a	423.1a	1.8

注:①每列数据后小写字母不相同表示显著性在0.05水平差异性显著;每列数据有任何相同小写字母表示显著性在0.05水平差异不显著。②A、B、C分别表示灌水量450m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、600m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>、750m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

表2 叶面积指数与产量表

处理号 观测日期	4.10日 (拔节期)	4.18日 (拔节期)	4.24日 (拔节期)	5.4日 (抽穗期)	5.15日 (抽穗期)	5.22日 (灌浆成熟期)	最大叶面 积指数	产量(kg·hm <sup>-2</sup> )
A-2	1.71	1.93	1.91	1.87	1.50	1.35	1.92	4 930.5
A-3	2.25	2.61	2.73	2.61	2.47	2.22	2.73	6 352.5
B-1	2.87	3.36	3.06	2.98	2.35	2.47	3.36	6 709.5
B-2	3.28	3.88	3.87	3.75	3.96	3.44	3.96	6 892.5
B-3	3.55	2.94	2.84	2.64	2.65	2.49	3.55	7 143
C-1	3.54	3.74	3.84	3.85	3.93	4.25	4.24	7 878
C-2	3.74	6.48	6.94	6.95	4.67	5.08	6.95	8 466
C-3	3.75	3.65	3.47	3.66	3.55	3.46	3.75	7 597.5

W<sub>1</sub>--土壤在时段始的含水率(干土重的百分率);

W<sub>2</sub>--土壤在时段末的含水率(干土重的百分率);

M--时段内的灌水量,mm;

P--时段内的降水量,mm。

其中 $10\gamma H(W_1-W_2)=\Delta W$ ,为计算时段始末土层储水量的利用量。根据土壤含水量实际观测数据采用内插法补充在作物各生育阶段和各月份的始末,并计算 $\Delta W$ ,即时段始末土层储水量的利用量。根据各时段始末土层储水量的利用量、灌水量及降水量计算作物全生育期的耗水量。

### 1.2.3 数据观测

灌溉水量:用水表计量灌水量,并记录灌水日期。

土壤含水量:生育期始、末及每个生育节点,采用烘干法测定,深度100cm,每20cm为一层(共5个土层)的土壤质量含水率。

考种:每个试区随机抽取30~50株测量分蘖数、穗长、穗粒数、小穗数、不孕小穗数;每个试区全部收获测量实际产量;每试区测量亩穗数、千粒重等。

## 2 结果及分析

### 2.1 冬小麦各生育阶段耗水规律

因测坑有防雨棚,可以消除降雨影响,所以利用实测土壤水分数据,根据水量平衡原理计算得出各生育期冬小麦日耗水量<sup>[5]</sup>。结果对比可以看出,冬小麦越冬期日耗水量最小,不同处理日耗水量在0.16~0.78mm,耗水量为A处理<B处理<C处理,各处理在抽穗期日耗水量最大,不同处理日耗水量在2.29~5.05mm,C-2日耗水量最大为5.05mm。

试验表明:冬小麦日各耗水量最大出现在抽穗期(5.05mm),次之为灌浆成熟期(4.49mm)。试验中A处理灌水定额最小,平均日耗水量也最小(1.31mm),当灌水定额过小时,作物生长受到水分胁迫较严重,植株形态较小且早衰。试验得出冬小麦生育期间耗水规律为:苗期到越冬耗水强度由高逐渐变低,但变化不大,此阶段小麦群体小,对耗水影响不大,主要影响因素是气候条件的变化。返青以后耗水强度增加,此时小麦群体逐渐增大,同时气候条件也向着促使水分蒸发的方向变化,到拔节孕穗时耗水强度达到最大值,此时群体达到最大值,正是小麦生长旺盛阶段,生理生态需水均达到高峰。进入成熟阶段耗水强度又开始减小,此时作物已开始成熟,植株逐渐枯萎,几乎不需要再供水。从试验结果也可以看出A、B、C处理全生育期日均耗水量也是随灌水定额的增大而增大。

## 2.2 不同灌水处理冬小麦产量构成的影响

冬小麦穗粒数、穗长、千粒重是影响产量的重要因素<sup>[6]</sup>。由表1可以看出,随灌水量增加产量随之增加,B处理较A处理耗水量增加24.8%,产量增加34.6%;C处理较A处理耗水量增加45.1%,产量增长55.4%。随灌水定额的增加,产量也为增长的趋势,B、C处理与A处理对比可以看出耗水量和产量都有明显差异,但是B处理和C处理间耗水量差异显著,产量差异不显著,而且水分生产率B处理最高为1.94,C处理次之,A处理最小。可以表明,增加灌水定额可以增产,但水量的持续增加并不能产生更大的经济效益。

## 2.3 不同灌水处理小麦叶面积指数及产量关系

冬小麦适宜的叶面积指数是小麦高产的基础指标<sup>[7]</sup>。合理的叶面积指数能够使小麦群体较好的光合作用,进而利于干物质的积累,从而提高籽粒产量。本次试验自拔节期开始对叶面积指数这一生态指标进行观测。由表2可以看出,冬小麦的叶面积指数从拔节期开始明显增大,灌浆期后逐渐降低,特别是后期迅速降低。这与冬小麦的生长状态是相符的。小麦产量与叶面积指数呈二次曲线( $y = -68.009x^2 + 1004.8x + 4208.6$ ),在一定范围内,随叶

面积指数增大则产量增加。但叶面积过大时,由于叶片相互遮阴,群体下层光照不足,影响叶片的光合作用,产量反而下降。

## 3 结论与讨论

通过对产量、耗水量、水分生产率、叶面积指数等指标的分析,可以得出冬小麦耗水量随灌水量的增加而增大。试验在有防雨棚的测坑内完成,全生育期灌水量为2 250~3 750m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,在此范围内,冬小麦产量最高出现在C(高水),水分生产率最高却出现在B(中水)。方差分析得出三个处理间全生育期耗水量呈现了显著性差异;灌水量最多(高水)的C的处理产量最高,与B处理(中水)在产量上没有出现显著性差异,说明在一定灌水条件下,较小的灌水量可以获得更大的水分生产率。通过试验,可以得到在一定灌水条件下,叶面积指数与灌水量呈正相关关系,最大叶面积指数与产量呈二次曲线关系,所以控制适宜的叶面积指数有利于产量的提高。综上,在消除降雨的条件下,B处理的这种灌溉制度最优,即苗期、越冬期、拔节期、抽穗期、灌浆期共灌水5次,各灌水600m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,达到节水高效。

## 参考文献

- [1] 黄峰,杜太生,王素芬,等.华北地区农业水资源现状和未来保障研究[J].中国工程科学,2019,21(5):28-37.
- [2] 艾慧,郭得恩.地下水超采威胁华北平原[J].生态经济,2018,34(8):10-13.
- [3] 杨会峰,曹文庚,支传顺,等.近40年来华北平原地下水位演变研究及其超采治理建议[J].中国地质,2021(4):1142-1155.
- [4] 李源方,李宗新,张慧,等.优化品种匹配和灌水量提高冬小麦-夏玉米产量及水分利用效率研究[J].山东农业科学2020(10):18-24.
- [5] 刘战东,张凯,米兆荣,等.不同土壤容重条件下水分亏缺对作物生长和水分利用的影响[J].水土保持学报,2019,33(2):115-120.
- [6] 王俊儒,李生秀.不同生育期水分有限亏缺对冬小麦产量及其构成因素的影响[J].西北植物学报,2000,20(2):193-200.
- [7] 郝超,郭乙霏,王文婷,等.豫北地区不同灌水处理对冬小麦生长发育与产量形成的影响[J].节水灌溉,2019,7:32-34.