

关中灌区小麦、玉米高产节水灌溉的几个指标确定

张柏治¹, 殷格侠², 张学²

(1. 陕西省杨凌区水务局, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对陕西省洛惠渠灌区、宝鸡峡灌区试验站多年积累的大量试验资料进行了系统整理和分析, 确定了作物灌溉湿润层深度, 适宜的土壤水分指标, 基本的灌溉方式以及灌水定额等这些作为作物灌溉基本依据的具体指标。研究结果对于陕西省关中地区主要种植作物——小麦、玉米在作物稳产高产的前提下实现节水灌溉具有重要的现实和指导意义。

关键词: 关中地区; 节水灌溉; 小麦; 玉米

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0142-04

中图分类号: X43

Determination of Several Water-saving Irrigation Indicators for Wheat and Corn with High Yield in Guanzhong Irrigated Region

ZHANG Bai-zhi¹, YIN Ge-xia², ZHANG Xue²

(1. Water Affairs Bureau of Yangling District, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Northwestern A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the analysis of long-term experimental data from Luohui and Baojixia irrigation regions in Shaanxi Province, some important irrigated indicators such as the depth of wetted soil, suitable soil moisture and the method of irrigation were determined, which may provide helpful guild for getting the goal of saving water and high crop yield of wheat and corn for Guangzhong irrigation region of Shaanxi Province.

Key words: indicators of water requirement; water-saving irrigation; wheat; corn

小麦、玉米是关中灌区的主要粮食作物, 全年两料复种, 互为前后接茬, 是实现农田粮食稳产增产的最佳节水组合方式。

关中地区年降水量 500~700 mm, 占小麦、玉米两料总需水量的 2/3, 属于以雨养农业为主的半干旱气候区。但由于降水不足, 分布不匀, 作物关键需水时期经常干旱无雨等原因, 使灌溉成为小麦、玉米高产稳产的主要保证措施。

1 灌溉水的适宜湿润层深度

灌溉水的湿润层深度, 亦称灌溉计划层深度。它是确定灌水定额的主要依据之一。湿润层越深, 需要灌水的定额越大, 反之越小。长期以来, 灌溉湿润层深度多采用 80~100 cm。通过压缩湿润层深度, 减少灌溉入渗容积, 以达节水灌溉的目的。

作物的根生活在土壤中, 借以吸收水分与养料。因此, 主要根群分布层是确定灌溉湿润层的基本依据。根据试验, 只要保证主要根群分布层有适宜的土壤水分供应, 就可以满足作物的需求而获得高产, 再

深就会产生深层渗漏而浪费水量。

依据实测, 小麦、玉米的主根虽长, 但 90% 以上的群根则基本分布于地面以下 50~60 cm 深土层范围内。按照这个深度供水灌溉, 可取得高产和节水的双重效果。1981—1986 年泾惠渠试验站进行了 3~4 a 小麦试验, 分别按 50~60 cm 和 80~100 cm 湿润层深度供水灌溉。前者比后者 4 a 平均产量只差 2.1%, 而灌水定额减少 34.8%。按 40, 50, 80, 100 cm 4 个湿润层深度分别进行给水灌溉试验。小麦全生长期共灌水 3 次, 其结果是以湿润层 60 cm 深的给水灌溉处理产量最高, 分别较其它 3 个处理增产 10%~25%。湿润层 40 cm 深给水灌溉处理的产量居于第二位, 湿润层 100 cm 时产量最低。

玉米试验结果与小麦基本一致。1986 年玉米生长期严重干旱, 不灌水处理最高产量仅 1 611.0 kg/hm²。在这样条件下, 泾惠渠试验站按 40~50 cm 深度给玉米灌 1 次水者, 每 1 hm² 产 6 750.0 kg, 灌 2 次水者每 1 hm² 产 8 142.0 kg, 均达到了高产。宝鸡峡试验站分别按 50 cm 和 80 cm 两个深度灌水比较,

全生长期灌水3次,结果50 cm湿润层灌水较80 cm湿润层灌水节水27.2%,产量仅降低2.9%。

由上述试验结果可见,小麦、玉米适宜的灌溉水湿润层深度可确定为50~60 cm。它较之80~100 cm节水效果显著,但对产量影响不大^[1]。

2 适宜的土壤水分指标

土壤水分既是作物生存的环境要素,又是作物需水的源泉。适宜的土壤水分,是保证作物良好的生育并获得高产的主要条件,也是确定节水灌溉的基本依据。

2.1 土壤水分适宜上限指标

这是作物允许达到的适宜土壤水分最大限量。通常把土壤最大田间持水量作为适宜上限,并以此计算灌水定额,其实这是不准确的。通过实测发现,以最大持水量作为适宜上限,大约有10%~15%的灌溉水量渗入计划层以下20~30 cm深的土层内,变成了无效水量而浪费。为了使实际的灌溉水入渗深度比较接近于计划深度。避免水量浪费,采用降低土壤水分适宜上限,减少灌水定额的办法,即将原按最大持水量计算灌水定额变为按最大持水量的85%~90%计算灌水定额,联因互补,既减少灌水定额,节约用水,又相对有利于水、气、土的优化组合,形成良性生态环境条件。

2.2 土壤水分适宜下限指标

这是适宜作物生育的土壤水分最小界限,亦是确定适量灌溉的限量指标。它只有通过试验才能求得。通过试验可知,不同作物及其生长的不同生育阶段,对土壤水分的要求是不一样的,其下限指标也有一定的差别。

小麦一生所需土壤水分,基本上是从大到小逐渐降低的趋势。返青期以前,苗小生长缓慢,大部分时间处于冬季低温条件下,虽然需水量不大,但对土壤水分的要求为一生最高的时期,以便于改善土、肥、气、热等生态环境条件,促进壮苗早发和防冻保苗。在冬季壮苗基础上,早春返青阶段应适当控制水分,从而抑制春蘖滋生,及早淘汰冬季小蘖,以保证群体与个体的协调发展。拔节抽穗期,营养生长与生殖生长并茂,是需水的临界期,充足的土壤水分,是满足需水要求,保证成穗及穗部发育的关键。抽穗以后至成熟阶段,土壤水分过大,会造成阴湿的小气候条件,从而有引起倒伏和加重病虫为害的危险,故在保证灌浆需水要求的前提下,土壤水分宁小勿大,最大不超过土壤田间持水量的65%。

夏玉米生长期正是一年最炎热的夏季,日照长,温度高,蒸发量大。玉米生育的这一季节特征,决定了它对水分的特殊依赖性。尤其在播期及抽穗开花阶段,水分供应的丰缺,对产量的高低有决定性的作用。但从节水要求出发,只要保证关键生育期有充足的水分供应,其它时期维持最低的正常生长的水分条件,也可以获得高产。在全苗壮苗基础上,玉米在孕穗之前,纯属营养生长,因而在不影响发育进程前提下,即使出现轻度干旱,也对产量的影响不大。灌浆以后,玉米穗粒已基本定型,且气温渐低,需水量日渐减少,对土壤水分要求不高。在满足灌浆充实的需水前提下,应尽量防止阴湿的土壤及其小气候环境,以免低温、病害发生。惟有孕穗至灌浆期间,气温高,蒸发快,玉米生殖生长最旺盛,需水量最为紧迫,如土壤水分不足,会限制根系吸收,导致水分胁迫,影响开花授粉和穗粒形成。因而一定要保持较高土壤水分,才能获得高产。

根据试验资料的综合分析(表1—5),确定关中地区小麦、玉米3个不同阶段的适宜土壤水分下限指标见表6^[2]。

表1 1993年作物不同生育阶段土壤水分下限的小麦产量

阶段土壤水分下限 (占持水量%)	产量/ (kg·hm ⁻²)	产量 百分比
80—75—70	5 767.50	89.1
75—70—65	6 471.00	100.0
75—65—60	5 926.50	91.6

注: 试验年为干旱年份; 阶段为:前期(播种—返青)、中期(返青—抽穗)和后期(抽穗—成熟)。

表2 生育中后期土壤水分下限
对小麦生育及产量的影响

土壤水分下限		穗数/ (10 ⁴ 个·hm ⁻²)	穗粒 数	千粒 重/g	产量/ (kg·hm ⁻²)
中期	后期				
60	70	469.50	33.0	43.5	6 244.5
80	70	508.50	35.9	37.8	6 712.5
70	70	511.50	38.9	38.0	6 912.0
70	60	501.00	36.2	36.2	6 786.0
70	80	505.50	36.9	36.9	6 882.0

3 基本灌溉方式

作物的基本灌溉方式,即从高产与节水目的及作物全生育期的整体要求出发,在正常或干旱年份所必须进行的基本灌水次数与时间组合。

3.1 关键灌水时期

确定作物灌水时期,要以作物关键需水期为基础。关键需水期,是指水效益最为显著的作物生育时期,亦即干旱减产最为严重的时期。

表 3 孕穗—灌浆期间土壤水分下限对玉米生育及产量的影响

土壤水分 下限/ %	果穗长/ cm	秃顶长/ cm	穗粒数	产量(g/株)
64—100	16.8	1.2	432	148.0
67—100	19.2	0	464	180.0
75—100	18.0	1.3	445	177.5
80—100	18.5	1.0	390	149.5

作物不同生育阶段对干旱的适应或耐受能力是不同的。不同阶段干旱对产量的影响也是不同的。根据试验,小麦在返青、拔节、抽穗时期,均保持相同的干旱状态——土壤水分占田间持水量的 44%~56%,结果返青阶段受旱的损失最轻,减产 21.2%,

表 5 不同生育阶段土壤水分下限对玉米产量的影响

阶段土壤水分下限/ %	55~52~42	55~57~50	55~65~65	55~70~60
产量/(kg·hm ⁻²)	1 771.50	6 675.00	8 142.00	8 455.50

注: 试验年为干旱年; 阶段为:出苗—孕穗、孕穗—灌浆、灌浆—成熟。

表 6 小麦玉米的适宜土壤水分下限指标

作物	生育阶段	出苗—返青	返青—抽穗	抽穗—收获
小麦	土壤水分	70~75	70	60
	下限/ %			
玉米	土壤水分	60~65	70	60
	下限/ %			

注:小麦返青期可降到田间持水量的 65%。

从作物需水量分析,全生长期的需水强度基本上是两头小中间大的趋势。即生长前期苗小,叶面积不大,且纯属营养生长,只要能保证全苗和维持正常的稳健生长即可,需水强度不大;生长后期籽粒已定型,株体将老化,功能渐衰退,只要能保证充实和完熟即可,需水强度也不大。只有生长中期,作物的营养生长与生殖生长同时进行,叶面积大,机体功能旺盛,对水分反应敏感,需水强度最大。小麦、玉米不同时期需水强度(见表 7)。

根据试验,以生态需水为主的小麦冬季灌溉,具有显著的稳定增产作用。适时播种和全苗壮苗,是作物高产的基础,虽然需水量不大,但干旱影响播种出苗的后果是严重的。

依据上述结果确定,小麦冬季分蘖期与拔节抽穗期,玉米播种期及孕穗至灌浆时期为需水的关键期,也是基本的灌水时期。

3.2 高效的灌水次数

历年大量试验证明,在中等干旱年份,小麦、玉米以灌两次水最好,可以达到增产、节水、高效的目的。超过 2 水的灌溉,增产很微或不增产,甚至减产。

拔节阶段与抽穗阶段受旱减产分别为 42.1% 与 43.1%,均较返青阶段损失增大 1 倍,说明拔节抽穗期是小麦的关键需水期。玉米在出苗—孕穗和孕穗—灌浆期间,同样接受 44%~45% 的干旱土壤水分考验,结果是前者虽旱,但基本仍可保证玉米的正常生长,而后者则几乎酿成绝收。说明孕穗至灌浆期间是玉米需水的关键期。

表 4 全生育期不同土壤水份下限对玉米产量的影响

土壤水分下限/ %	50	60	65
产量/(kg·hm ²)	83.0	520.8	429.2

注:试验年为特旱年份。

表 7 小麦、玉米各生育时期需水强度 m³/(hm²·d)

作物	生育时期		
	前期	中期	后期
小麦	12.0~15.0	22.5~30.0	21.0~25.5
玉米	19.5~27.0	42.0~52.5	27.0~36.0

注: 中期指拔节—灌浆阶段。 后期指孕穗—灌浆阶段。

1986 年气候干旱,泾惠渠试验站灌 3 次水的小麦产量反较灌 2 次水减少 3.0%,灌 3 次水的玉米虽较灌 2 次水增产,但只有 4.0%,而且单方水的生产量仅为 0.4 kg,很不合算(表 8)。

宝鸡峡试验站自 1984 年至 1993 年期间,共进行 5 a 小麦灌水次数试验,其结果是灌 3 水较灌 2 次水只有 1 a 略增产,其余 4 a 均减产。

对洛惠渠灌区历年试验的灌水 1~4 次水的增产率进行了统计比较,同样说明小麦、玉米以灌 2 次水的效益最好(表 9)。

上述事实说明,关中灌区的小麦、玉米等作物在中等或干旱年份,灌 2 次水就可以达到高产高效及节约用水的目的。因此两次灌溉可作为基本灌水次数,如出现连续性的特大干旱,或有特殊要求需水时,亦可适当增加灌水次数^[3]。

4 结论

灌溉的需水依据指标是合理灌溉的基础,也是衡量与评价灌溉质量的标准。从小麦、玉米高产要求和节水灌溉的目标出发,陕西省关中灌区的灌溉指标如下。

表 8 小麦玉米不同灌水次数的产量效益

项 目	小 麦			玉 米		
	实产量/ (kg·hm ⁻²)	单次边际 产量/ (kg·hm ⁻²)	每 1 m ³ 水 边际产量/ kg	实产量/ (kg·hm ⁻²)	单次边际 产量/ (kg·hm ⁻²)	每 1 m ³ 水 边际产量/ kg
不灌水	4800.0			1770.0		
灌 1 次水	5367.0	567.0	0.84	6675.0	4903.5	6.5
灌 2 次水	5689.5	322.5	0.48	8142.0	1467.0	2.0
灌 3 次水	5521.5	- 168.0	- 0.11	8464.5	322.5	0.4

表 9 不同灌水次数小麦玉米的增产百分率 %

作 物	灌水次数			
	1	2	3	4
小 麦	13.5	23.5	21.5	14.0
玉 米	32.0	58.0	56.5	35.0

注:以不灌作为基础产量计算。

(1) 灌溉水的适宜湿润层深度。正常情况下以 0.5~0.6 m 为限,特殊需要时可作适当伸缩。

(2) 适宜的土壤水分指标。上限为占持水量的 85%~90%,下限按生育时期分,播种及生长期——即营养生长与生殖生长并茂时期为 70%,除小麦越冬期可适当高于此限外,其余小麦、玉米各发育阶段,均应低于此限。

(3) 基本灌溉方式。中等干旱年份,小麦、玉米

灌水 2 次。特殊干旱年份可增加 1 水。灌水时间:小麦在拔节抽穗及冬季分蘖期,玉米在播种及孕穗至灌浆期。

按以上指标确定灌水,在几年的“两高一优吨粮田”示范中,在大面积生产实践中,均取得了良好效果,可以确保小麦 6 000 kg/hm² 以上,玉米 9 000 kg/hm² 以上高产的要求。

[参 考 文 献]

- [1] 陕西省灌溉节水区划[M]. 西安:西安地图出版社, 1992.
- [2] 王宝英,张学. 农作物高产的适宜土壤水分指标研究[J]. 灌溉排水, 1996(3): 35-39.
- [3] 张学. 关中灌区主要农作物高产节水灌溉的研究[J]. 西北水资源与水工程, 1991(3): 24-32.

欢迎订阅 2010 年《水土保持通报》

《水土保持通报》创刊于 1981 年,双月刊,中文版,属环境科学类期刊,连续 5 届被认定为我国中文核心期刊。主管单位为中国科学院,由中国科学院水利部水土保持研究所与水利部水土保持监测中心联合主办。为《中国科技论文统计源期刊》,《中国科学引文数据库统计源期刊》,以及日本《科学技术文献速报(J ICST)》,《中国期刊精品荟萃》等收编。本刊为 A4 开本,216 页/期。刊号为:ISSN 1000-288, CN 61-1094/X。国内邮发代号:52-167,国外发行代号:4721BM,定价:20.0 元/册。

办刊宗旨:紧密跟踪水土保持学科的发展动向,及时报道本学科前沿领域科学理论、技术创新及其实践应用研究最新成果,积极引导和推动水土保持学科和水土保持实践的发展与繁荣。

报道内容:土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态;水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果;水土流失治理措施与效益分析;水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究;计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用;国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。

读者对象:从事水保科学技术研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员;国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科科教人员及大专院校师生。

地址:陕西省杨凌区西农路 26 号 中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持通报》编辑部

邮编:712100

电话:(029)87018442

E-mail:bulletin@ms.iswc.ac.cn

http://www.iswc.ac.cn