

小麦、玉米控制灌溉技术研究

徐 建, 何 昆, 郭锦华, 王 炘

(济宁市水利局, 山东 济宁 272119)

摘要:1986~1998 年, 在山东省的 3 个灌溉试验站, 对冬小麦、秋玉米进行了控制灌溉试验, 对农作物的多个生育阶段, 按高产的要求, 分别给予适时、适量的灌溉水, 来控制作物不同生长期的根层土壤含水量, 从而控制作物不同生长期根系对水分的吸收, 培植农作物的“丰产群体结构”和与之相适应的“高产理想株型”, 适当降低无效的蒸腾量, 使农作物能在高产的基础上再增产。该项控制灌溉技术获得了明显的节水、增产效果, 灌溉水的生产效率超过了 10 kg/m^3 , 产量超过了 8 t/hm^2 。

关键词:控制灌溉; 灌溉技术; 叶面蒸腾量; 需水临界期

中图分类号:S275

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2002)06-0017-03

控制灌溉技术(简称控灌)是河海大学、济宁市水利局于 1989 年在“节水高产水稻控制灌溉技术”研究中提出的一种灌溉新技术^[1]。该技术节水、增产的效果显著, 曾获水利部科技进步二等奖和国家科技进步三等奖。

根据水稻控制灌溉原理, 先后在山东省微山县鲁桥镇麦仁店试验站进行了稻茬麦控灌试验; 在曲阜市陵城镇章枣村进行了地下管灌旱作冬小麦控灌试验; 在邹城市郭里镇王屈中村低山丘陵区进行了喷灌玉米控灌试验。各试验点取得了明显的节水、高产效果。试验表明: 控灌不仅适用于水田, 同样适用于小麦、玉米等作物; 不仅适用于一般的地面渠系灌区, 同样适用于管灌、喷灌等节水型设施的灌区。

1 试验设计

1986~1989 年, 在微山县麦仁店灌溉试验站, 对冬小麦(稻茬麦)进行了第一阶段试验。在冬小麦各个生育阶段, 进行控灌的根层土壤含水量的上、下限值设计见表 1。

3 年小麦全生长期作物需水量为 $318.75 \sim 375.6 \text{ mm}$, 平均值为 348.75 mm , 比文献[2]按 Paman 公式计算的当地冬小麦的作物需水量减少了 24%。但由于设计的根层土壤含水量的上、下限值仍偏高, 因此, 还有节水潜力。

1990~1993 年, 在麦仁店灌溉试验站对冬小麦进行了第二阶段试验, 不同小麦品种及其生育期的土壤含水量组合见表 2(以田持含水量为依据)。

表 1 第一阶段冬小麦控灌试验根层土壤含水量限值 %

生育期	上限值		下限值	
	根层土壤含水量	相当于田持含水量	根层土壤含水量	相当于田持含水量
播种—分蘖	35	130	30	111
分蘖—越冬	35	130	30	111
越冬—返青	30	111	27	100
返青—拔节	27	100	23	85
拔节—抽穗	23	85	18	67
抽穗—成熟	18	67	17	63

表 2 第二阶段冬小麦控灌试验根层土壤含水量限值 %

生育期	根层土壤含水量上限值	根层土壤含水量下限值			
		方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
播种—分蘖	95	65	75	75	65
分蘖—越冬	95	65	75	75	65
越冬—返青	85	65	55	65	55
返青—拔节	85	65	55	65	55
拔节—抽穗	95	65	75	65	75
抽穗—成熟	85	65	55	65	55

由表 2 可见, 4 种不同的下限值处理方案中, 在当年气候、品种种植、栽培技术等条件相同的情况下, 设计制定的根层土壤含水量越高, 冬小麦的需水量就越大。方案 4, 由于所设计控制冬小麦根层土壤含水量的上、下限值与其他设计处理相比, 除了冬小麦的需水临界期即拔节—抽穗期与方案 2 相同外, 都是最低的, 所以, 冬小麦全生育期需水量也最小, 而产量也高。根据 4 个方案的综合分析, 方案 4 的节水、高产效应特别明显, 所以方案 4 为最优。

为使稻茬麦控灌成果能在旱作区推广应用, 选择在平原浅井灌区的曲阜市陵城镇章枣村进行冬小麦

试验.土壤含水量设计控制值采用表 2 方案 4 指标.

在邹城市郭里镇王屈中村进行了玉米控制灌溉试验.设计处理的根层土壤含水量限值见表 3.

表 3 第四阶段玉米控灌试验根层土壤含水量限值 %

生育期	根层土壤含水量上限值	根层土壤含水量下限值
播种—出苗	90	60
出苗—拔节	85	55
拔节—抽穗	95	65
抽穗—灌浆	95	70
灌浆—蜡熟	95	65
蜡熟—成熟	85	55

土壤水分测定:第一、第二阶段采用中子土壤水分测试仪测量;第三阶段采用烘干法测定;第四阶段采用澳大利亚 ICT 公司产土壤水分探头直接读取土壤容积含水量.

2 试验结果与分析

2.1 试验结果

小麦、玉米控灌试验大致可分为 4 个阶段:第一阶段在微山县麦仁店灌溉试验站,从 1986 ~ 1989 年对稻茬麦进行了试验;第二阶段从 1990 ~ 1993 年 6 月仍在麦仁店灌溉试验站进行;第三阶段为使稻茬麦成果能在旱作地推广运用,我们选择了平原浅井灌区的曲阜市陵城镇章枣村进行冬小麦运用试验;第四阶段试区设在邹城市郭里镇王屈中村,属低山

丘陵区,我们进行了玉米控制灌溉试验.由于玉米生长期雨量多,土壤含水量较高,故全生育期仅灌水 300 m³/hm².试验结果见表 4 和表 5.

2.2 节水机理分析

传统灌溉以作物生长过程需要灌水时期给予充分供水为依据,其实灌溉只是补充作物生长期自然降水之不足的一种技术措施.控灌是依据节水高产农作物的“最佳生长状态”的需水规律及其不同生长阶段对水分的敏感性,以定期实测灌区根层土壤含水量为依据,对照设计处理要求,进行动态、适时、适量地灌溉供水,控制作物根层土壤含水量,用灌溉技术措施来调整农作物的生长状态和过程的一种新的灌溉技术.促使农作物生长过程向“合理的群体结构”和“理想的丰产株型”两者优化组合的模式发展,从而使农作物能在高产的基础上再增产,并能显著地减少作物需水量,大幅度地减少灌溉用水量,成倍地提高灌溉水的生产效率.

农作物根层土壤含水量是农作物吸收水分的源泉.农作物通过其根系吸收而进入农作物体内的水分,只有很少一部分用于光合作用来制造有机物质,绝大部分通过叶片的气孔而蒸腾出去.蒸腾作用能促进农作物产生蒸腾拉力,将农作物根系从土壤中吸收的水分和养分分布到植株的各个部位,并可降低叶面温度,防止灼伤.这部分蒸腾量是农作物生长所必需的,称之为有效蒸腾量,而在传统的充分供水

表 4 冬小麦、秋玉米全生育期降水量、蒸腾量

阶 段	年 度	土壤干密度 /(g·cm ⁻³)	空隙度 /%	田间最大持水量 /%	饱和水量 /%	全生育期降水量 /mm	全生育期蒸腾量 /mm
第一阶段	1986 ~ 1987	1.35	49.4	27.0	36.9	136.0	392.1
	1987 ~ 1988	1.35	49.4	27.0	36.9	173.1	547
	1988 ~ 1989	1.35	49.4	27.0	36.9	137.6	506
第二阶段	1990 ~ 1991					221.6	382.6
	1991 ~ 1992					184.4	537.4
	1992 ~ 1993					109.2	507.0
第三阶段	1993 ~ 1994	1.41	47.8	26.0		256.0	216.7
	1994 ~ 1995	1.41	47.8	26.0		142.5	582.4
	1995 ~ 1996	1.41	47.8	26.0		131.0	574.5
第四阶段	1998					592.5	

表 5 冬小麦、秋玉米全生育期灌水量与产量的关系

阶段	品 种	播种日期	收获日期	灌溉次数	灌溉水量/(m ³ ·hm ⁻²)				实收产量/(kg·hm ⁻²)				灌溉水效率/(kg·m ⁻³)			
					方案1	方案2	方案3	方案4	方案1	方案2	方案3	方案4	方案1	方案2	方案3	方案4
第一阶段	当地高产品种	1986-10-09	1987-05-31	2	1 225.5				6 401.25				5.223			
		1987-10-06	1988-06-04	1	660.0				6 255				9.48			
		1988-10-19	1989-06-06	2	1 207.5				6 414.75				5.31			
第二阶段	鲁麦 1 号	1990-10-11		1	402	313.5	295.5	300	6 855	6 993	6 891	6 910.5	17.05	22.31	23.32	23.03
	鲁麦 15 号	1991-10-05		1	450	676.5	579	366	7 879.5	8 013	7 960.5	8 013	17.51	11.84	13.75	21.89
	2149	1992-10-13		1	402	496.5	559.5	318	6 873	7 108.5	6 976.5	7 047	17.01	14.32	12.47	22.16
第三阶段	烟农 1943	1993-10-05	1994-06-10	1				880.5				6 982.5				7.93
	鲁麦 1 号	1994-10-21	1995-06-14	1				979.5				6 937.5				7.08
	鲁淄 92-1	1995-10-06	1996-06-13	1				799.5				8 670				10.84
第四阶段	94-8 (玉米)	1998-06-13		1	300				9 415.5				31.38			

注:本控灌试验只在第二阶段进行了方案设计试验,第一、四阶段均未进行.

灌溉时,蒸腾作用强烈,有很大一部分的蒸腾量是无效的.节水灌溉技术就是要从农作物的生理生长过程中,保持其有效蒸腾量,减少这部分无效蒸腾量.

农作物植株的蒸腾量受多种自然气象因素、农作物植株叶片数量及其气孔开启过程、根层土壤水分情况三大因素的相互作用影响.目前,人类对自然气象情况还没有能力进行人为控制和调整,但对作物叶片数量及其开启过程、作物根层土壤水分情况则是可以进行人为调整和控制的.

节水高产水稻控制灌溉试验表明,农作物植株蒸腾量受到作物根层土壤含水量的作用.当自然气温在 30℃ 以下时,叶片气孔的启闭受根层土壤含水量的影响,土壤含水量控制后,作物每天早上叶片气孔的开启时间推迟,晚上叶片气孔的关闭时间提前,每天的开启历时缩短,而且开启的程度也有所减小.同时,控制灌溉所要求的“最佳生长状态”就是“合理的群体结构”和“理想的丰产株型”优化组合的模式生长,控制农作物的无效分蘖,使作物的各生育期保持一个适合的叶面积指数.所以,控制灌溉的农作物,无论从植株的群体还是个体上,都有效地减少了作物的无效蒸腾量.

农作物需水量的另一部分是棵间蒸发量.控制灌溉技术在农作物播种以后,接着用麦糠或经粉碎的秸料覆盖地面 30 mm.这项技术措施,既能明显地减少农作物苗期棵间蒸发量,还能提高苗期地温.当覆盖物腐烂后,还能增加土壤有机质,培肥地力,减少杂草的滋生等.

试验证明,农作物需水量不仅是一个随气象因素变化而变化的随机变量,而且是一个随根层土壤水系供应条件不断变化的量.

综上所述,控制灌溉的农作物需水量无论是生态需水量还是生理需水量都有较大地减少.

2.3 控制灌溉高产机理分析

控制灌溉是以培育农作物“最佳生长状态”模式为依据的,即以农作物的生长向“合理的群体结构”和“理想的丰产株型”两者优化组合的模式发展,从而保证了高产的灌溉基础.

小麦、玉米两种作物的良种发展很快,试验区证明,不同品种的产量相差很大,而其作物需水量相差不太大,所以,试验区品种应结合当地条件,选用良种.

控制灌溉农作物由于无效蒸腾量的减少,作物根系从土壤中吸收的水分减少,吸收用的能量消耗也减少.作物根系从土壤中所吸收的水分是液态水,而由植株叶片气孔蒸腾逸失的水分则是气态水,因

此,作物对水的这种吸收、输导、逸失以及形态变化等全过程是需要消耗能量的.所消耗的能量要从植株的光合作用制造的有机物的积累中来供应.所以,减少了过量的无效蒸腾量,不仅具有节水效果,还能减少农作物体内能量的消耗,增加农作物体内的有机质积累,为提高产量创造了能量基础.

适宜的根层土壤含水量使小麦、玉米叶片光合作用提高,叶片蒸腾率合适,提高了光合作用的积累量,最终满足高产的要求.

控制灌溉能成倍地提高灌溉水的生产效率.对某种农作物全生长期间,投入 1 m³ 灌水量所生产的粮食是衡量灌溉技术节水效果的技术指标.当然,它对于不同地区、不同年份,由于降水量的不同而不同.但是,对同一雨区的同一年份,灌溉水的生产效率愈高,则节水效果愈显著.

3 结 论

在第一、第二两个试验阶段试验的是稻茬麦,稻茬收获后土壤中含水量过大,土壤中可利用水量达到 53.7 ~ 99.9 mm,所以,灌水量大为降低,实灌水量仅为应灌水量的 1/3 左右.所以稻茬麦和旱田小麦有十分显著的不同.

试区采用了 6 个小麦品种,小麦需水量随品种而不同,但是在同一年份,小麦产量愈高,灌溉水的生产效率也愈高,也愈节水.

灌溉本身是一个复杂的大系统,它涉及作物栽培、土壤、大气和灌溉技术等诸多因素,而作物本身也是在人为控制下一个具有高度自我调节能力的动态系统.因此,控制灌溉是一种人为合理的控制灌溉技术,它改变了传统灌溉只是被动充分供水的旧框框.因此,为完善这项灌溉技术,要进一步改进试验方法,提高测试水平,使其能大面积推广应用于农业生产,发挥其经济效益和社会、生态效益.

参考文献:

- [1] 徐国郎,王寿岷,张少康,等.节水型农业灌溉技术[M].北京:气象出版社 1990.
- [2] 陈玉民,郭国双.中国主要农作物需水量等值线图研究[M].北京:中国农业科技出版社,1993.
- [3] 周维博.西北地区的农业灌溉与节水途径[J].水利水电科技进展,2001,21(1):2~4.
- [4] 朱成立,邵孝侯.地下排水和渗灌条件下麦田土壤水分变化模拟[J].河海大学学报(自然科学版),2000,28(2):23~26.

(收稿日期:2002-05-21 编辑:马敏峰)