

不同管距时玉米渗灌效果的试验研究

孙新忠

(山西省运城市水利科学研究所, 山西 运城 044000)

摘要 在运城市夹马口灌区和红旗灌区进行了 1996、1997 两个年度的玉米渗灌试验, 研究了不同毛管间距条件下渗灌对其产量及水分生产率等的影响。结果表明, 玉米渗灌毛管间距采用 0.8 ~ 1.0 m 较为适宜。毛管间距愈大, 产量愈低; 渗灌较地面灌平均减产 7.23%, 较旱地平均增产 30.8%; 玉米生长期总耗水量地面灌最大, 渗灌次之, 旱地最小。渗灌可明显提高玉米水分生产率, 渗灌处理水分生产率平均为 1.65 kg/m^3 , 是地面灌的 1.2 倍, 是旱地的 1.33 倍, 两年度渗灌较地面灌平均节水 44.4%。

关键词 渗灌; 毛管间距; 玉米产量; 水分生产率; 节水灌溉

中图分类号 S275

文献标识码 A

文章编号 1006-764X(2006)02-0026-04

Effect of pipe space on maize infiltration irrigation // SUN Xin-zhong (Yuncheng Water Conservancy Research Institute of Shanxi Province, Yuncheng 044000, China)

Abstract : The experimental study performed in Jiamakou irrigated area and Hongqi irrigated area of Yuncheng City in 1996 and 1997 shows that the suitable capillary pipe spacing for infiltration irrigation is 0.8-1.0 m, and the larger the pipe spacing, the lower the yield of maize; that the yield of maize under infiltration irrigation is 7.23% less than that of the surface irrigation, and 30.8% more than that of non-irrigated farmland; and that the total water consumption of maize during the growing period is the largest under surface irrigation, mediate under infiltration irrigation, and the lowest in non-irrigated farmland. It is also concluded that infiltration irrigation can greatly improve the water efficiency of maize, the mean value of water efficiency of maize under infiltration irrigation being 1.65 kg/m^3 , which is 1.2 times as much as that under surface irrigation, and 1.33 times as much as that without irrigation, and that the annual average water saving can reach 44% by infiltration irrigation as compared with surface irrigation.

Key words infiltration irrigation; capillary pipe spacing; yield of maize; water efficiency; water saving irrigation

运城市是一个以盛产粮棉而闻名的农业大市, 农业灌溉用水占全市总用水量的 80% 以上, 但该市水资源极度匮乏, 多年来, 干旱缺水一直是制约当地农业发展的一大桎梏。目前该地区作物灌溉主要以管灌为主, 但田间仍沿用着传统落后的大水漫灌技术, 由于灌溉定额大, 灌溉面积十分有限, 致使大面积农田得不到适时灌溉, 产量低而不稳。20 世纪应用了一种新的节水灌溉技术——塑管渗灌(以下简称渗灌), 它是在塑料毛管上用针锥扎孔, 然后将毛管按一定间距埋入土壤一定深度, 利用设于地头蓄水池中 1 ~ 3 m 的低水头自压, 使水以小孔出流的形式湿润作物根部土壤, 以此来达到灌溉作物的目的^[1]。渗灌技术是继喷灌、滴灌技术后又一项新的节水技术, 是农业灌溉技术上的一次革命, 使农业灌溉由粗放走向科学节水化。渗灌技术具有节水效果好, 能降低空气相对湿度, 改善土壤环境, 加速作物

生长和渗灌系统投资少, 使用年限长的优点^[2-4]。渗灌曾在果树及蔬菜大棚中得到较大规模的推广应用, 并产生了较大的社会效益^[5-8]。为了探究渗灌在玉米中的应用效果, 1996、1997 年在夹马口灌区和红旗灌区进行了为期两年的玉米渗灌试验研究, 通过研究为渗灌在玉米中的应用提供一定的理论依据和设计参考。

1 材料与方法

1.1 试验田基本情况

试验田共两处, 分别为临猗县夹马口引黄灌区的张留村和平陆县红旗灌区的王崖村。张留村试验田渗灌引用水源为沉淀后的黄河水, 面积 3333.3 m^2 , 土壤质地为轻壤土, 密度 1.32 t/m^3 , 田间持水量 21.6%(质量比), 孔隙率 47%, 当地地下水埋深 31 m, 无霜期 220 d, 冻土层深 0.5 m。王崖村试

验田引用水源为井水 ,面积 1 333.3 m² ,土壤质地亦为轻壤土 ,密度 1.41 t/m³ ,田间持水量 22%(质量比) 孔隙率 45.8% ,地下水埋深 100 m ,无霜期 238 d ,冻土层深 0.5 m。

1.2 试验装置和材料

张留村试验田建有容积为 85 m³ 的沉淀池和 60 m³ 的清水池各 1 座 ,渗水量用水表计量 ,渗灌水头在 2.0 ~ 2.5 m 之间。王崖村试验田建有容积为 10 m³ 的渗灌蓄水池 1 座 ,渗水量用水表计量 ,渗灌水头在 1.5 ~ 1.8 m 之间。两试验田所用渗水毛管管径均为 15 mm ,渗水孔径 1 mm ,孔距 0.5 m。管材为聚乙烯塑料管 ,埋深 0.3 m。两试验田地面灌灌水量均采用三角堰计量。

1.3 试验内容和方法

张留村 1996 年、1998 年因受降雨的影响 ,未实施灌水。1997 年共设置了 0.8 m ,1.0 m ,1.2 m ,1.5 m 毛管间距渗灌及地面灌、旱地共 6 个处理 ,其中旱地作为对照处理 ,所选玉米品种为“ 烟单 ” ,播种量 37.5 kg/hm² ,7 月 20 日施碳酸氢铵 1 次 ,施肥量 720 kg/hm²。生育期内有效降水量为 102.4 mm ,蒸发量为 769.7 mm ,日照时数为 730.2 h ,水文年型属特枯年。王崖村因 1998 年降雨较多未实施灌水 ,1996 年共设置 0.8 m ,1.0 m ,1.2 m 毛管间距渗灌及旱地 4 个处理 ,1997 年共设置 0.8 m ,1.0 m ,1.2 m 毛管间距渗灌及地面灌、旱地 5 个处理。1996 年选用玉米品种为“ 丹玉 ” ,播种量 37.5 kg/hm² ,7 月 15 日施尿素 1 次 ,施肥量 225 kg/hm² ;1997 年仍选用“ 丹玉 ” 品种 ,播种量 45 kg/hm² ,7 月 21 日施碳酸氢铵 1 次 ,施肥量 720 kg/hm²。生育期降水 :1996 年为 317.2 mm ,蒸发量为 559 mm ,日照时数为 669.2 h ,水文年型为丰

水年 ,1997 年为 226.4 mm ,蒸发量为 899.8 mm ,日照时数为 812.3 h ,水文年型为枯水年。两试验田的灌水时间均用土壤含水率来控制 ,要求土壤含水率高于田间持水量的 65% ,当含水率低于此值时即施行灌溉。两实验田灌水情况见表 1 和表 2。

表 1 张留村试验田灌水量 m ³ /hm ²		
日 期	渗 灌	地面灌
1997-07-20		900
1997-07-24	300	
1997-08-07	300	900
1997-09-04	300	
1997-09-12	300	

表 2 王崖村试验田灌水量 m ³ /hm ²		
日 期	渗 灌	地面灌
1996-07-24	225	
1996-08-23	150	
1997-07-26		900
1997-07-27	300	

两试验田玉米的生育情况为 :张留村试验田 1997 年 6 月 13 日播种 ,7 月 22 日拔节 ,8 月 11 日抽穗 ,9 月 1 日灌浆 ,9 月 25 日收获 ,全生育期 105 d。王崖村试验田 1996 年 6 月 18 日播种 ,7 月 20 日拔节 ,8 月 20 日抽穗 ,9 月 10 日灌浆 ,9 月 30 日收获 ,全生育期 104 d ;1997 年 6 月 12 日播种 ,7 月 20 日拔节 ,8 月 3 日抽穗 ,8 月 26 日灌浆 ,9 月 30 日收获 ,全生育期 10 d。

2 结果与分析

2.1 不同毛管间距的渗灌玉米产量

经考种 ,两试验田不同毛管间距渗灌处理及对照处理的玉米产量见表 3。

表 3 两试验田不同处理的玉米产量和水分生产率

试验田	年份	试验处理	降水折合水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	灌水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	播前、成熟土壤 储水量变化/ (m ³ ·hm ⁻²)	全生育期 耗水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	产量/ (kg ·hm ⁻²)	水分生产率/ (kg ·m ⁻³)
张留村	1997	渗灌 0.8 m	1 024	1 200	- 409	1 815	3 141	1.73
		渗灌 1.0 m	1 024	1 200	- 289	1 935	3 057	1.58
		渗灌 1.2 m	1 024	1 200	- 514	1 710	2 268	1.33
		渗灌 1.5 m	1 024	1 200	- 409	1 815	1 110	0.61
		地面灌	1 024	1 800	673	3 497	3 300	0.94
		旱 地	1 024	0	172	1 196	255	0.21
王崖村	1996	渗灌 0.8 m	3 172	375	- 397	3 150	5 316	1.69
		渗灌 1.0 m	3 172	375	- 509	3 038	5 196	1.71
		渗灌 1.2 m	3 172	375	- 487	3 060	4 988	1.63
		旱 地	3 172	0	- 407	2 765	4 818	1.74
	1997	渗灌 0.8 m	2 264	300	108	2 672	5 520	2.07
		渗灌 1.0 m	2 264	300	55	2 619	5 477	2.09
		渗灌 1.2 m	2 264	300	- 23	2 541	5 373	2.11
		地面灌	2 264	900	112	3 276	5 967	1.82
		旱 地	2 264	0	247	2 511	4 433	1.77

从表 3 可以看出:①两试验田两个年份的试验都遵循毛管间距愈大产量愈低的规律,这表明,随着毛管间距的加大,其横向灌水的均匀度逐渐变差,灌水质量下降。②从渗灌各处理产量的差值情况来看,张留村试验田 1.0 m 毛管间距产量低于 0.8 m 毛管间距产量 84 kg/hm²,减产 2.67%;1.2 m 毛管间距产量低于 1.0 m 毛管间距产量 789 kg/hm²,减产 25.81%;1.5 m 毛管间距产量低于 1.2 m 毛管间距产量达 1 158 kg/hm²,减产 51.06%。王崖村试验田 1996 年 1.0 m 毛管间距产量低于 0.8 m 毛管间距产量 120 kg/hm²,减产 2.26%;1.2 m 毛管间距产量低于 1.0 m 毛管间距产量 208.5 kg/hm²,减产 4.01%;1997 年 1.0 m 毛管间距产量低于 0.8 m 毛管间距产量 43.5 kg/hm²,减产 0.79%;1.2 m 毛管间距产量低于 1.0 m 毛管间距产量 103.5 kg/hm²,减产 1.9%。从以上对比数据可以看出,各年度内渗灌处理 1.0 m 毛管间距产量与 0.8 m 毛管间距产量差值相对较小,而 1.2 m 毛管间距产量与 1.0 m 毛管间距产量及 1.5 m 毛管间距产量之间的差值相对较大,说明玉米渗灌毛管间距以不超过 1.0 m 为宜。同时还可看出,张留村 1997 年渗灌各处理间的产量差值明显大于王崖村试验田 1996 年、1997 年两年对应的处理差值,说明气候越干旱,随着毛管间距的加大,其减产幅度也越大。

以渗灌 0.8 m 和 1.0 m 毛管间距平均产量为代表进行计算,张留村试验田 1997 年渗灌玉米产量比地面灌玉米产量低 201 kg/hm²,减产 6.09%,王崖村试验田 1997 年渗灌玉米产量比地面灌玉米产量低 468.7 kg/hm²,减产 7.85%,两年平均减产 7.23%。各渗灌处理与旱地处理比较,产量增幅均较大,经计算,两年渗灌各处理平均产量较旱地平均产量增加 976 kg/hm²,增产 30.8%,且气候愈干旱,增幅愈大。

另外,从各处理玉米的生长指标变化情况分析,总体上是地面灌处理的株高、单位面积穗数相对较大,而渗灌处理的穗粒数和千粒重则相对较大。如 1997 年王崖村试验田地面灌处理的株高为 223 cm,而渗灌 0.8 m、1.0 m、1.2 m 处理分别为 215 cm、222 cm、220 cm;地面灌每公顷为 41 565 穗,渗灌 0.8 m、1.0 m、1.2 m 处理分别为 40 080 穗、38 490 穗、37 950 穗。地面灌处理的穗粒数为 574 粒,渗灌 0.8 m、1.0 m、1.2 m 处理分别为 583 粒、585 粒、588 粒。地面灌千粒重为 263 g,渗灌 0.8 m、1.0 m、1.2 m 处理分别为 264 g、266 g、269 g。从以上数据可以看出,渗灌可有效提高作物产品的品质,有利于提高其商品价值。而地面灌单位面积的成穗数量较为明显地高于渗灌,这是其产量最终高于渗灌的原因所在。

2.2 不同处理的农田水分生产率及耗水规律

从表 3 中可知,①玉米渗灌全生育期总耗水量以地面灌最大,渗灌次之,旱地最小。②虽然各试验田各年度渗灌各处理的水分生产率不同,但总体分析各处理的水分生产率相差不大并呈现随着毛管间距增大而减小的趋势。③渗灌处理的水分生产率大于地面灌处理,经计算,渗灌各处理水分生产率均值较地面灌处理均值高 0.27 kg/hm³(王崖村 1996 年未予计算),增加 19.6%,是地面灌的 1.2 倍。渗灌处理水分生产率也明显大于旱地处理,经计算,除王崖村试验田因 1996 年降雨量较大(灌水效果不明显)而出现旱地处理水分生产率较大外,其余两试验田 1997 年水分生产率均明显大于旱地处理,两年渗灌处理均值较旱地处理均值高 0.42 kg/m³,增加 33.5%,是旱地的 1.33 倍。④两试验田 1997 年渗灌较地面灌节水量分别为:张留村试验田 600 m³/hm²,节省 33.3%;王崖村试验田 600 m³/hm²,节省 66.6%,平均节水 600 m³/hm²,节省 44.4%。

通过对各处理各生育阶段的耗水规律进行分析后可知,对同一试验田,渗灌各处理各生育阶段的耗水量相差甚微,而与地面灌处理相比,由表 4 可知,在拔节—抽穗阶段渗灌耗水量均明显小于地面灌,其他生育阶段的对比差值各试验田虽有差异,但相对较小,说明渗灌节水主要在拔节—抽穗阶段。

表 4 渗灌与地面灌在各生育阶段的耗水量比较

试验田	灌溉方式	耗水量(m ³ ·hm ⁻²)				全生育期
		播种 —拔节	拔节 —抽穗	抽穗 —灌浆	灌浆 —收获	
张留村	渗灌平均	614	348	436	421	1 819
	地面灌	957	1325	447	768	3 497
王崖村	渗灌平均	804	129	850	828	2 611
	地面灌	804	668	1 119	685	3 276

2.3 渗灌效益分析

按照经济静态分析方法对渗灌经济效益进行了分析^[9]。分析中水费按当地价格 0.15 元/m³ 计,玉米价格按 1 元/kg 计算,塑料毛管的投资(按 1.0 m 管距计算)为 6 000 元/hm²,其他设施 750 元,渗灌设施按使用 10 年进行折旧,年费用为 675 元/hm²,具体计算方法如下:新增产值等于处理产值减去对照产值;新增投资等于用水费用、管道投资费用和其他设施费用(含人工费用)之和;新增投资收益率等于新增产值与新增投资额的比值;新增投资回收期等于新增投资与新增产值的比值。

以下对 1997 年两试验田渗灌 1.0 m 处理所取得的有关参数进行计算,计算结果见表 5。

由表 5 可知,张留村试验田渗灌投资回收期低于地面灌,具有较地面灌更好的经济效益,而王崖村渗灌投资回收期却明显高于地面灌,其原因主要是

表 5 渗灌经济效益

试验田	处 理	产量/ (kg·hm ⁻²)	产值/ (元·hm ⁻²)	比旱地新增产值/ (元·hm ⁻²)	用水投资/ (元·hm ⁻²)	设施投资/ (元·hm ⁻²)	新增投资收益/ (元·hm ⁻²)	新增投资 收益率/%	新增投资 回收期/a
张留村	渗 灌	3 057	3 057	2 802	180	675	1 974	327.7	0.31
	地面灌	3 300	3 300	3 045	270	1 080	1 695	225.6	0.44
	旱 地	255	255						
王崖村	渗 灌	5 477	5 477	1 044	45	675	324	145.0	0.69
	地面灌	5 967	5 967	1 534	135	405	994	284.0	0.35
	旱 地	4 433	4 433						

注 地面灌设施费用含输水管道投资与人工费用两项。

其渗灌次数明显偏少 ,与当地一般 3~5 次的灌水次数相差太悬殊。同时 ,渗水管成本较高 ,而水价却很低 ,也是造成其经济效益较低的一个主要原因。

3 结 语

以上试验表明 ,玉米渗灌产量主要与毛管间距有关 ,毛管间距愈大 ,产量愈低 ,且气候愈干旱减产幅度愈大。从试验结果分析 ,玉米渗灌的毛管间距以 0.8~1.0m 较为适宜。渗灌与地面灌产量相比 ,平均减产 7.23% ,与旱地相比 ,平均增产 30.8% ,说明玉米渗灌在干旱半干旱缺水地区应用具有较好的经济效益。采用渗灌可明显提高玉米的水分生产率 ,渗灌条件下玉米的水分生产率比地面灌高 0.27 kg/m³ ,是地面灌的 1.2 倍 ;比旱地高 0.42 kg/m³ ,是旱地的 1.33 倍。玉米渗灌较地面灌节水600 m³/hm² ,节水率 44.4%。

渗灌用于玉米灌溉 ,目前效益较低甚至不如地面灌 ,主要原因是渗灌设备投资较高 ,而水价却比较低廉。渗灌投资较高主要是渗水毛管间距小而造成的 ,如用于果树等种植间距大的植物 ,渗灌管间距就可大些(一般 4 m) ,投资即可大幅度降低。总之 ,渗灌作为一种新型的节水灌溉方式 ,其优点还表现在灌水灵活及时 ,可提高土地利用率 ,便于机械操作等方面^[10]。随着水资源紧缺形势的日趋严峻以及渗灌设备的不断改进 ,在渗灌成本下降以后 ,相信其一定会在其他粮食作物及棉花等经济作物中得到广泛的推广应用 ,也必将产生可观的社会经济效益。

本研究只是对不同管距渗灌处理与地面灌及旱地对玉米产量、水分生产率和渗灌技术经济效益的分析比较。由于材料的限制 ,对渗灌技术经济效益的分析也仅是初步的探讨 ,有关渗灌技术、成本降低及渗管堵塞等方面的问题还有待于进一步研究。

参考文献 :

[1]杨光 王晓东 刘庆华.渗灌 :一种新型节水灌溉技术[J]. 农业与技术 2004 ,14(3) :129-130.
[2]杜孝明.介绍一种新的节水灌溉方式 :渗灌[J]. 北京农业 ,1997(9) :11.
[3]岳兵.渗灌技术存在问题与建议[J]. 灌溉排水 ,1997 ,16(2) :40-44.
[4]杜尧东,刘作新.渗灌 :设施园艺先进的节水灌溉技术[J]. 资源开发与市场 2000 ,16(5) :266-267.
[5]马存兵,曹守卫.山丘区果园地下陶管渗灌技术的应用研究[J]. 山东水利科技 ,1997(4) :9-10.
[6]张治清,董明亮,李桂永.丘陵山地桔园渗灌技术研究[J]. 中国南方果树 ,1995 24(4) :18-21.
[7]牛西午,李永山,冯永平.晋南半干旱地区果树渗灌补水效应研究[J]. 农业工程学报 2003 ,19(1) :72-75.
[8]牛西午,周克义,王俊兰,等.旱地果园渗灌补水加覆盖技术效应研究[C]//梁志杰,陈阜.中国农作制度研究新进展.北京 :中国农业科技出版社 ,1997 52-55.
[9]杨具瑞,方铎,成自勇,等.不同节水灌溉技术的节水试验研究[J]. 中国农村水利水电 2003(6) :66-68.
[10]冯利平,巴比江,甄文超,等.北京地区冬小麦渗灌技术节水高产的综合效益研究[J]. 中国农业大学学报 ,2001 16(5) :35-41.

(收稿日期 2005-02-04 编辑 骆超)

· 简讯 ·

第 4 届世界水论坛在墨西哥城举行

第 4 届世界水论坛于 2006 年 3 月 16~22 日在墨西哥首都墨西哥城举行 ,包括中国在内的 80 多个国家和地区的 1.1 万名代表出席了论坛。本届世界水论坛由世界水理事会和墨西哥政府联合主办 ,主题为“ 采取地方行动 ,应对全球挑战 ” ,包括主题论坛、部长级会议、青年水论坛、儿童水论坛、世界各国项目介绍、水博览会和水展等内容。论坛期间 ,与会代表们就如何进一步采取行动 ,从各方面促进有效节约、保护、开发、管理和使用水资源 ,以及如何将地区行动与世界水利建设相融合等问题进行了广泛讨论。世界水论坛由世界水理事会发起 ,旨在提高全球对水问题的认知程度 ,是每 3 年举办 1 次的大型国际水事活动。

(本刊编辑部供稿)