

果树地下滴灌灌水技术田间试验研究

马孝义¹, 康绍忠¹, 王凤翔², 李援农¹, 胡笑涛¹, 韩光³

S660.71

S275.6

(1 西北农业大学农业水土工程研究所, 陕西杨陵 712100)

(2 陕西省水利厅, 西安 710006)

(3 陕西省礼泉县水利局, 陕西礼泉 713200)

[摘 要] 采用正交试验方法, 探讨了不同埋深、孔径、孔距、防堵套长度的简易地下滴灌在定压供水条件下渗水量、管道水压分布和土壤水分入渗规律。结果表明, 滴水管的出水量随时间呈幂函数下降, 单孔出水量随孔径和孔距的增大而显著增大; 地下滴灌的灌水均匀度随孔径的增大、孔距的减小而降低; 地下滴灌的土壤入渗宽度随孔径的增大、孔距的减小、埋深的减小而增大, 入渗深度则相反; 对渭北旱塬地区, 现行的果树简易地下滴灌的管道埋深、孔径、孔距应分别为 40 cm, 0.9 mm, 60~80 cm。

[关键词] 地下滴灌; 果树; 灌水技术; 产量; 田间试验**[中图分类号]** S275.6; S666.07⁺1**[文献标识码]** A

近年来, 我国北方缺水果区农民提出并迅速推广了一种在塑料管上打孔、埋设于地下的灌溉方法, 即简易地下滴灌, 它具有节水、节肥、省工、投资较少, 适合家庭承包责任制生产方式的优点^[1-2], 具有一定的应用前景。国内外对地下灌溉进行了大量的探索^[3-6], 但大多是通过大田试验来比较地下灌溉与沟灌、喷灌等灌水方式及其不同管道布置条件下的增产效应^[6,7], 或在实验室内分析普通滴头埋入地下灌溉时的土壤水分入渗规律^[3-5,8], 而对出水量、土壤水分入渗受滴水管规格、布置和土壤质地、含水量双重控制的简易地下滴灌条件下的土壤水分运动规律和合理灌水技术要素组合缺少系统研究。本研究结合陕西渭北旱塬果树地下滴灌工程建设, 进行田间试验, 旨在系统地探索地下滴灌的管道埋深、孔径、孔距等对单孔出水量、灌水均匀度、土壤水分入渗的影响规律, 寻求合理的灌水技术要素组合。

1 材料与方法

在陕西省礼泉县北部丘陵地区的建陵乡小坳村 0.26 hm² 苹果园布置地下滴灌试验场。当地海拔 850 m, 年均降雨量 552 mm, 果树种植面积占耕地面积 80% 以上, 土壤为中壤土, 试验地地形平坦、坡度为 1/1 600~1/400, 0~25 和 25 cm 以下土层土壤干体积质量(容重)分别为 1.27 和 1.45 g/cm³。试验采用该地区地下滴灌工程中大量应用的内径 18 mm、壁厚 1.12 mm 的塑料管, 依不同管道埋深、孔径、孔距和防堵套长度, 采用 3²×2 正交设计, 其中埋深考虑到当地最大冻土层深度和实际工程可操作性, 取 2 水平, 其他因

[收稿日期] 1999-08-31**[基金项目]** 中以干旱半干旱地区农业合作项目; 陕西省科技攻关项目(98K03-G4); 陕西省水利厅科研项目**[作者简介]** 马孝义(1965-), 男, 副教授

素取 3 水平(表 1)。

表 1 地下滴灌管道布置和不同灌水技术要素组合

项目	孔径 /mm	孔距 /cm	埋深 /cm	防堵套 长/mm	管长 /m	项目	孔径 /mm	孔距 /cm	埋深 /cm	防堵套 长/mm	管长 /m
北 3	1.2	80	40	5	84	北 7	0.9	40	50	5	77
南 3	1.2	60	50	3	85	北 6	0.6	80	50	7	76
北 4	1.2	40	50	7	83	北 9	0.6	60	50	5	75
北 5	0.9	80	50	3	81	北 2	0.6	40	40	3	84
北 6	0.9	60	40	7	79						

渭北旱塬果区实际地下滴灌工程建设中,为方便向池中加水、降低建池费用,一般供水池的高度为 1 m 左右,并由供水池直接向滴水管供水。因此,试验供水池池底与地面齐平,并将滴水管直接连接到供水池中,采用微型水泵向池中供水,通过闸阀人工调控流量,保持池水位高于池底 70 cm 的稳定水压,通过安装在不同滴水管首端的微型水表测定管道出水量,利用布置在管道不同位置处的测压管测定管道水压,用取土烘干法测定灌水后滴水管首、尾部的土壤湿润范围。灌水前地块土壤含水量均值为 147 g/kg。

2 结果与分析

2.1 不同灌水技术要素组合下滴水管出流量的变化规律

表 2 给出了不同灌水要素组合时滴水管的出水量试验结果,其管道水分出水总量随入渗时间的延长而增大,呈幂指数关系即 $w=b \cdot t^a$, $a < 1$,表明单位时间出水量均随着时间的延长呈指数规律减少,但其减小的速度缓慢。

表 2 不同灌水要素组合时的试验结果

项目	湿润峰值/cm						尾/首 水压比	出水参数		单孔 出流量/ (L·h ⁻¹)	灌水 时间 /h
	首			尾				a	b		
	上	侧	下	上	侧	下					
北 3	15	118	142	18	104	106	0.495	0.921	0.371	3.53	19.3
南 3	13	122	151	20	96	122	0.309	0.988	0.411	2.89	14.4
北 4	12	95	159	25	59	102	0.05	0.980	0.451	2.17	13.4
北 5	22	81	144	31	75	159	0.72	0.95	0.324	2.21	28.8
北 6	24	64	105	21	61	103	0.64	0.931	0.280	2.13	23.7
北 7	16	100	138	21	60	129	0.25	0.933	0.416	2.15	15.0
北 8	22	60	157	25	82	124	0.91	0.066	0.913	0.695	119.4
北 9	14	83	170	21	60	150	0.82	0.883	0.078	0.624	112.8
北 2	22	60	172	29	44	118	0.78	0.902	0.102	0.417	86.4

注:地下滴灌的湿润范围以灌水后土壤含水量为 180 g/kg 的向上、侧、下湿润峰值表示;单孔出流量以渗水开始第 1 小时的平均出水量表示;灌水时间为达到灌溉定额 225 m³/hm² 时所需的时间。

由表 2 可见,单孔出水量受孔径影响最大,孔径越大,单孔出水量越大;受孔距变化影响次之,孔距越小,单位长度管道出水量较大,但单孔出水量越小。这是由于孔距较小时,单位长度滴水管出水量较大,土壤吸水量较多,土壤吸力减小速度较孔距大时快的缘故。表 2 表明,采用 0.6 mm 孔径灌水时间过长,灌水效率过低,不宜采用,故滴水孔孔径应大于或等于 0.9 mm。

2.2 不同灌水技术要素组合对灌水均匀性的影响

2.2.1 灌水能坡线随灌水时间的变化规律 图1为典型滴水管道在灌水定额为 $225\text{ m}^3/\text{hm}^2$,灌水始、中、末时的管道能坡线(以相对管首水压值的%表示)变化规律。由图1可见,在所有灌水时段内的灌水能坡线沿管道长度呈非线性下降,距管首越远,下降速度越小,这和多孔出流管道水压分布规律一致。同时,随着灌水时间延长,灌水能坡线有轻微上移,这是由于随着灌水时间的延长,土壤水分增加,出水流量减小,管道沿程水头损失减小的缘故。

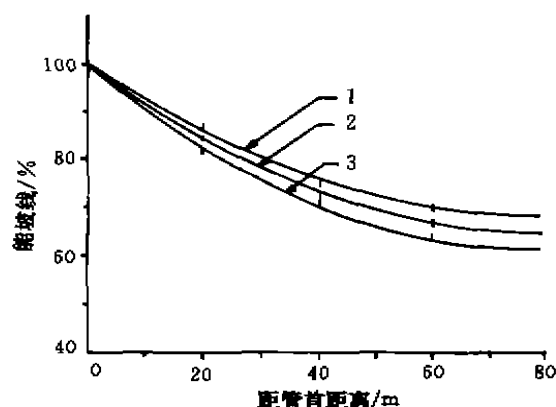


图1 典型管道能坡线变化规律
(北6管,孔径 0.9 mm ,孔距 60 cm ,埋深 40 cm)
1,2,3 分别为灌水量达灌水定额 90% , 50% , 10%

2.2.2 管道能坡线与灌水技术要素的关系

分析孔径、孔距、埋深、防堵套等灌水技术要素组合下,在灌水量达设计灌水定额 50% 时管道末端水压与管道首端水压的比值(表2),可以看出,在较平整地块,其他条件相同时,滴水管的尾/首水压比随孔径的减小、孔距的增大而提高。要满足管道首尾端水压相近、灌水均匀的要求,应采用较小的孔径和较大的孔距。据室内试验测定,地下滴灌的单孔出水量与管道压力的开方呈正比,要使管末渗水量不小于管首渗水量 80% 的灌水均匀度要求,管尾水压力应大于或等于管首水压力的 0.64 ,对应的滴水孔孔径、孔距组合为: $0.9\text{ mm}\times 80\text{ cm}$, $0.9\text{ mm}\times 60\text{ cm}$, $0.6\text{ mm}\times 80\text{ cm}$, $0.6\text{ mm}\times 60\text{ cm}$, $0.6\text{ mm}\times 40\text{ cm}$ 。

2.3 不同灌水技术要素组合对灌水入渗的影响规律

2.3.1 灌水入渗分布特征 由图2可见,地下滴灌灌水后土壤水分入渗是以滴水孔为中心,呈椭圆形向四周扩散,由于重力作用,向上扩散距离小于向两侧的扩散距离和向下扩散距离。同时,由于下层土壤密度较大,土壤水分扩散度急剧减小,向下扩散距离一般接近向两侧的扩散距离。若孔径较小时,单位时间管道出水量小,向下扩散距离大于向两侧扩散距离,孔径较大时,向下扩散距离接近于向两侧扩散距离(表2)。

2.3.2 灌水技术要素对土壤水分入渗的影响 不同灌水技术要素组合条件下,地下滴灌的土壤水分入渗分布与灌水技术要素的关系见表3。从表3可见,不同灌水技术要素对土壤水分向上扩散距离影响不大,除孔径外,无明显的变化规律,孔径大时,向上扩散越多。侧向扩散以孔径和孔距影响最大,孔径和孔距越大,侧向扩散距离越大,这是由于在相同灌水定额条件下,孔径和孔距大时,单孔出流量较大,滴水孔处的土壤水分在重力作用下扩散的同时,易于向两侧扩散。从水分向下扩散深度看,埋深、孔径、防堵套长度均有显著影响,埋深越小、孔径越小、防堵套越短,扩散深度越小。孔径与防堵套的影响是由于在相同灌水定额下,孔径越大、防堵套越短,出水量越集中,向两侧扩散距离增大,而向下扩散相应减小。就此确定地下滴灌的滴水孔应为较大孔径,在 $0.9, 1.2\text{ mm}$ 中选择较为适宜,

但从总体上看,深层渗漏仍然较大,应采用在滴水管下铺设塑料薄膜等防深层渗漏的措施。

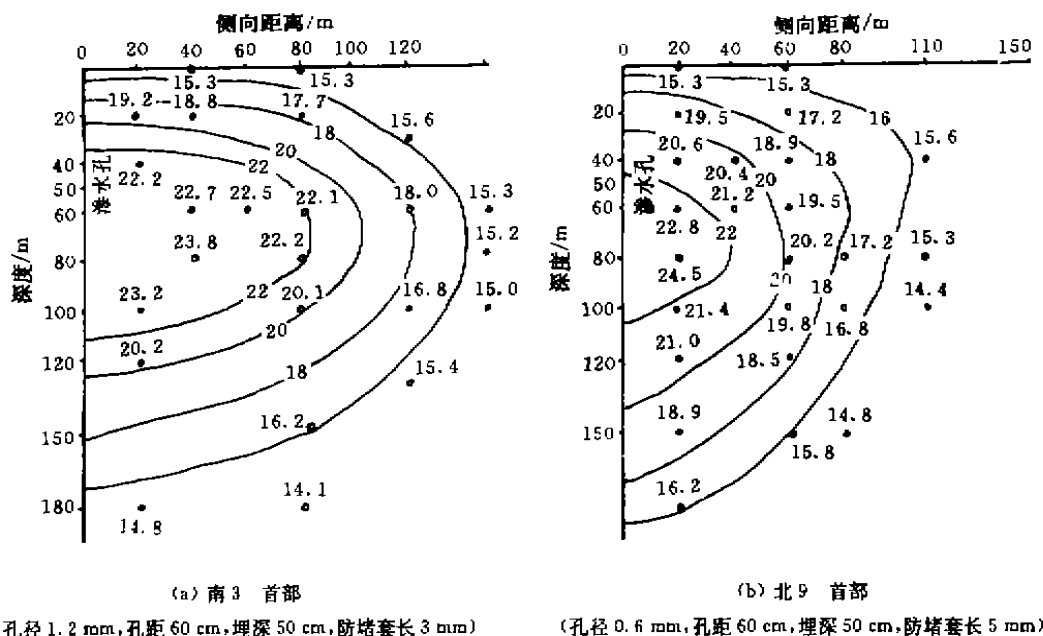


图2 典型管道的土壤水分入渗分布图

表3 不同灌水技术要素对土壤水分入渗的影响

项 目		孔径/mm				孔距/cm				埋深/cm			防堵套长/mm			
		0.6	0.9	1.2	极差	40	60	80	极差	40	50	极差	3	5	7	极差
湿润	上	22.1	22.5	17.4	5.1	20.8	18.8	22.2	3.4	21.5	20.2	1.3	22.8	17.5	21.5	5.3
峰值/	侧	64.8	74	99	34.2	69.7	81	86.7	17	75.2	81.1	5.9	79.6	87.5	70.2	9.4
cm	下	148.5	129.7	130.8	18.8	136.3	133.5	138.7	5.2	124.3	142.1	18.8	144.3	139.2	125.1	19.2

3 结 论

1) 简易地下滴灌条件下,管道埋深、孔径、孔距等技术要素对出水量及灌水时间、沿管长方向的灌水均匀度、土壤水分入渗均有显著影响,其中以孔径、埋深影响最大。孔径大、孔距小时,灌水均匀度高;埋深小、孔径大、孔距小时,深层渗漏小。因此,应通过试验合理选择灌水技术指标。

2) 陕西省渭北旱塬地区,地形较为平坦,地块长度一般在 80 m 以内,现行的地下滴灌工程建设中,要达到灌水时间适中,土壤水分深层渗漏小,合理的灌水技术要素组合应为埋深 40 cm,孔径 0.9 mm,孔距 60~80 cm。但在此技术组合下,仍有灌水均匀度不太高,深层渗漏较多的问题,应进一步考虑提高供水压力和管道下铺设防渗塑料布,加密滴水管等方法解决。

3) 本研究是在中壤土质、特定地形、塑料管径、管壁厚条件下初步试验得出的结果,对其他情况,本研究结论有待深化。

致谢:参加本项试验的还有陕西省礼泉县水利局的郑怀钢、强足社和西北农业大学九八届本科毕业生刘小学、宣斌德、王堂海、王文娥等同学,在此特致谢忱!

[参考文献]

- [1] 岳兵. 渗灌技术存在问题与建议[J]. 灌溉排水, 1997, (2): 40~44.
- [2] 王彦军、沈秀英、王留运. 一种新的节水灌溉新技术——渗灌[J]. 北京水利, 1996, (6): 45~49.
- [3] 李光永、曾德超、段中锁, 等. 地理点源滴灌土壤水分运动规律的研究[J]. 农业工程学报, 1996, (3): 66~71.
- [4] 张思聪、惠士博、雷志栋, 等. 渗灌的非饱和土壤水二维流动的探讨[J]. 土壤学报, 1985, 22(3): 209~222.
- [5] Celho F E, Or D. A parametric model for two dimensional water uptake intensity by corn roots under drip irrigation soil[J]. Sci Soc AM J, 1996, (4): 1039~1049.
- [6] Camp C R, Sadler E J, Busscher W J. Subsurface drip irrigation lateral spacing and management for cotton in the southeastern Coastal Plain[J]. Trans of Asae, 1997, (4): 993~999.
- [7] Devitt D A, Miller W W. Subsurface drip irrigation of bermudagrass with saline water[J]. Applied Agric Res, 1988, (3): 133~143.
- [8] Taghari S A. Infiltration from trickle irrigation source[J]. J of Irrigation and Drainage Engineering, 1984, (4): 331~341.

Field test of apple orchard subsurface irrigation techniques

MA Xiao-yi¹, KANG Shao-zhong¹, WANG Feng-xiang²,
LI Yuan-nong¹, HU Xiao-tao¹, HAN Guang³

(1 Institute of Agricultural Soil and Water Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 Water Resources Department of Shaanxi Province, Xi'an 710006, China)

(3 Water Resources Bureau of Liquan County, Liquan, Shaanxi 713200, China)

Abstract: An experiment was conducted to investigate infiltration flux, water pressure distribution on pipe and soil water infiltration distribution of simple subsurface drip irrigation under variable buried depth, pore size, distance between pores of pipe with orthogonal test method. The results showed that: infiltration flux decreased as power function of infiltration time; single pore flux increased significantly as well as pore size increased and distance of pores increased; irrigation uniformity became lower with greater pore size and shorter distance between pores; wet width of subsurface drip irrigation increased with greater pore size, shorter distance between pores, lower depth of pipe line, as a contrast with wet depth. It is suggested that, the depth, pore size and distance of pore of simple subsurface drip irrigation in Weibei Plateau orchard is 40 cm, 0.9 mm and 60—80 cm.

Key words: subsurface drip irrigation; apple tree; irrigation technique