

[文章编号] 1000-2782(1999)05-0039-05

# 低压微孔地埋管灌溉技术要素试验研究

李援农, 张捐社, 尚碧玉

(西北农业大学水利与建筑工程学院, 陕西杨陵 712100)

[摘要] 结合地上滴灌与渗灌技术优势, 提出并进行了地下低压微孔管灌溉技术要素试验研究, 结果认为, 条件许可的地方工作压力选择 1.57 ~ 2.35 kPa 变水头, 管径 20 mm, 孔距 60 cm, 孔径 0.7 mm 为最佳管道技术要素; 微孔管内的悬浮物质及固体物质易于清洗; 管道各孔口出流均匀, 土壤湿润理想; 并可方便施肥。

[关键词] 灌溉技术; 微孔渗灌; 技术要素

[中图分类号] S275.3 [文献标识码] A

低压微孔地埋管灌溉法是灌溉水在 2.94 kPa 以下的低工作压力下, 通过开微孔的管道直接把灌溉水提供到作物耕层土壤, 依靠低压和土壤吸力使灌溉水扩散到作物根层, 以满足作物的需水要求。微孔地埋管灌溉基本上属于渗灌范畴。由于地上滴灌和渗灌具有节水、节能、节地, 地面不板结, 减小杂草和病虫害的发生, 便于施肥, 方便田间管理等优点, 本世纪以来, 许多国家都开展了渗灌试验研究, 并在管材, 施工方法, 以及土壤水分运动等方面取得了较大的进展<sup>[1~3]</sup>。为发展地上滴灌法和渗灌法的优点, 并结合渭北旱塬区正在示范推广而又缺少科学依据的实际, 开展了具有针对性的技术要素试验研究, 以期为干旱半干旱地区的节水灌溉提供参考。

## 1 材料及方法

本试验在西北农业大学水利与建筑工程学院灌溉试验站桃园内进行。

### 1.1 微孔管管材

试验管材采用 PE 管(黑色)和 PP 管(白色)。管道内、外壁均较光滑, 内径分别为 20 mm 及 15 mm。其中内径 15 mm PE 和 PP 管的壁厚为 1.36 mm; 内径 20 mm 的 PE 管壁厚 1.5 mm。承压能力 PE 管为 0.4 MPa, PP 管为 0.1 MPa。管道开孔按技术要素设计要求, 使用电钻钻孔。

### 1.2 试验装置

试验装置如图 1 所示。主要由供水、测水和渗水 3 部分组成。供水部分由 1 个高 80 cm, 容积为 0.21 m<sup>3</sup> 的马司桶和控制阀组成, 可满足恒定水头和变水头试验要求。

本试验采用 2.16, 1.56 和 0.49 kPa 3 种恒定水头及 2.16 ~ 2.94, 1.56 ~ 2.35 及

[收稿日期] 1998-09-08

[基金项目] 中华农业基金降雨聚集与节水农业技术资助项目(97-01-03-01); 陕西省科技攻关项目(98K03-614)和陕西省水利厅科研项目的内容

[作者简介] 李援农(1962-), 男, 副教授, 硕士

0.49 ~ 1.27 kPa 3 种变水头; 渗水部分主要由微孔管和空气界质或土壤界质组成; 测水装置主要由水表和符合用读数标尺组成, 用以准确测量微孔出水量或供水量。

### 1.3 试验方法

随机分别截取 2 根直径 20 mm PE 管、直径 15 mm PE 管和直径 15 mm 的 PP 管, 管长均为 45 m, 孔径分别为 0.7 mm 和 0.6 mm; 孔距分别为 60 cm 和 30 cm。直径 20 mm 的 PE 管和直径 15 mm 的 PP 管各 1 根, 试验介质为空气; 剩余 4 根均埋于土壤介质中, 深度 40 cm。每个孔口采用相同的处理, 即孔口均在管道顶部, 距孔口两端 2 cm 处套上与管道同径的管, 长 5 mm 且已剪开, 呈敞开式的垫各一个; 然后再加套, 该套与管道同径, 长 5 cm 且已沿管道长度方向剪开, 由于该套与管道同径且套与管道间已加垫, 所以, 套的开口处呈缝隙状, 且缝隙向下(图 2)。

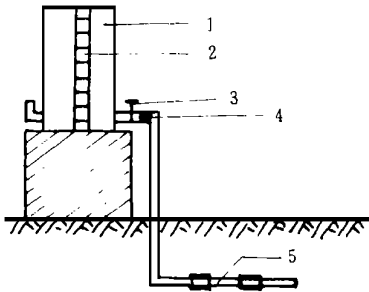


图 1 试验装置示意图

1. 马司桶; 2. 标尺; 3. 闸阀;  
4. 水表; 5. 微孔管

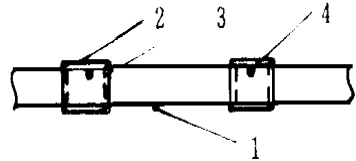


图 2 孔口处理示意图

1. 管道; 2. 微孔; 3. 垫; 4. 套

进行试验时, 先打开供水开关, 之后, 分别测量 5, 10, 15, 20, ..., min 时的出水量、出流规律及其总出水量, 研究在不同间距、不同工作压力、不同管材和变水头工作条件下的出水性能及均匀性。

## 2 结果与分析

### 2.1 空气介质

在空气介质中, 直径 20 mm, 孔距 60 cm 的 PE 管在不同工作压力下的微孔出流试验结果见图 3。由图 3 可以看出, 在定水头作用下的微孔出流随时间变化, 近似为线性关系(见图 3c)。变水头作用下(见图 3a, b 曲线)则呈下凸型曲线, 即水头下降过程中微孔出流能力呈下降趋势; 而且曲线图 3b 下端斜率近似于图 3c 的斜率, 其斜率为 -1.68。由图 3 和表 1 可得出在 2.16 kPa 定压作用下微孔出流较为理想, 而在 0.49 ~ 1.27 kPa 的变水头工作下微孔的出流能力相对较低。

图 3 中 d, e 曲线为管道直径 15 mm、孔距 60 cm、孔径 0.6 mm(即: D15L60d0.6 组合)的 PP 管在空气介质中的出流试验结果, 其拟合后的技术参数如表 1 所示。由表 1 可以看出, 在 0.49 ~ 1.27 kPa 的变水头条件下该组合出流能力较低, 不利于推广; 在 2.16 ~ 2.94 kPa 的变水头下具有地形落差的区域可采用该种组合。

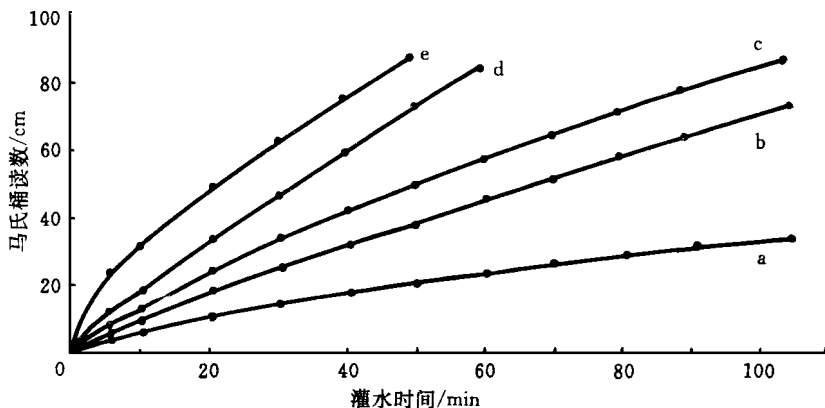


图 3 空气介质中微孔出流曲线拟合图

a. 0.49~1.27 kPa; b. 2.16~2.94 kPa; c. 1.62 kPa; d. 0.49~1.27 kPa; e. 2.16~2.94 kPa

表 1 D20L60 空气介质中出流拟合表

工作压力/ kPa	PP 管试验结果				PP 管试验结果			
	平均流量/ (L · h <sup>-1</sup> )	单孔流量/ (L · h <sup>-1</sup> )	平均流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	管首尾压差/ Pa	平均流量/ (L · h <sup>-1</sup> )	单孔流量/ (L · h <sup>-1</sup> )	平均流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	管首尾压差/ Pa
0.49~1.27	124	1.65	0.111	24.5	222.5	1.48	0.35	17.54
2.16~2.94	227	3.03	0.201	71.5	349.0	2.33	0.549	38.61
2.16	211	2.80	0.187	62.1	437.0	2.90	0.766	69.19

## 2.2 土壤介质

2.2.1 D20L60d0.6 试验结果 在土壤介质中, 管道直径为 20 mm、孔距 60 cm、孔径 0.6 mm 的 PE 管, 在不同工作压力下的微孔出流试验结果见图 4。

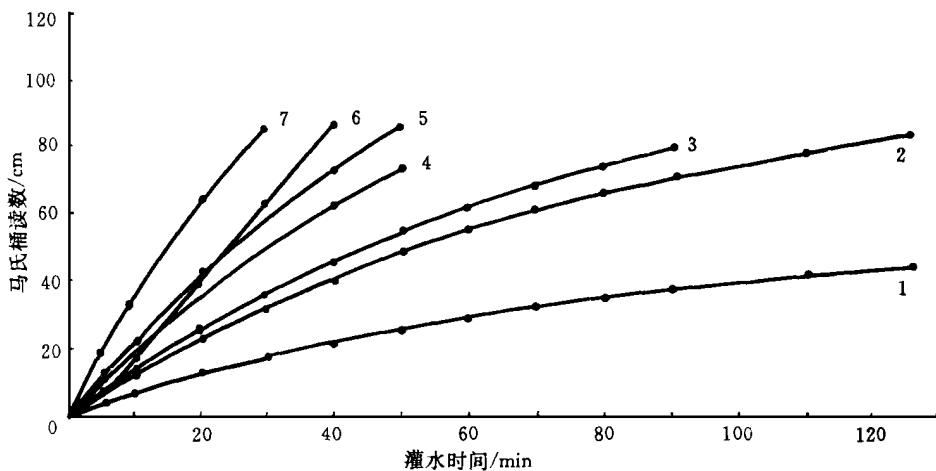


图 4 土壤介质中变工作压力时出流曲线拟合图

1. 0.49~1.27 kPa; 2. 0.49~1.27 kPa; 3. 1.57~2.35 kPa; 4. 0.49~1.27 kPa;  
5. 1.57~2.35 kPa; 6. 1.57~2.35 kPa; 7. 2.16~2.97 kPa

2.2.2 *D15L60d0.6* 组合下土壤介质试验结果 在该组合下研究了 0.49~1.27 kPa 和 1.57~2.35 kPa 工作压力条件下的出流试验,其结果见图 4 中的(1)、(3)、(4),经拟合,其结果如表 2 中 *L60* 组合所示。该种组合虽然管道首尾压差较小,但孔的出流能力相对较低,对于 0.49~1.27 kPa 变压时单孔出流能力仅为 0.597 L/h,达灌水定额需要灌水时间为 56.6 h,灌水延续时间太长。

表 2 不同管材在土壤介质的出流能力

工作压力/ kPa	<i>D15L30d0.6</i>				<i>D15L60d0.6</i>				<i>D20L60d0.7</i>			
	$Q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$v'/$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$p'/$ Pa	$Q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$v'/$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$p'/$ Pa	$Q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$q'/$ ( $L \cdot h^{-1}$ )	$v'/$ ( $m \cdot s^{-1}$ )	$p'/$ Pa
0.49~1.27	222.5	1.48	0.350	17.3	44.8	0.597	0.070	1.1	111.3	1.48	0.098	2.0
1.57~2.35	349.0	2.33	0.549	38.6	133	1.770	0.209	7.1	265.0	3.53	0.234	7.6
2.16~2.94	437.0	2.90	0.766	69.2	-	-	-	-	-	-	-	-

注:  $Q'$  表示平均流量,  $q'$  表示单孔流量,  $v'$  为平均流速,  $p'$  为管首尾压差。

2.2.3 *D20L60d0.7* PE 管的试验结果 图 4 中的(2)、(5) 分别代表工作压力为 0.49~1.27 和 1.57~2.35 kPa 的出流试验,经拟合,得出表 2 技术参数。

由图 4 和表 2 可看出,上述两种组合管道首尾压力差值仅为 4% 左右,孔口出流能力也较为理想。为了在有效的灌水时间内满足田间灌水定额要求,合理的灌水技术要素组合是必要的,通过上述试验分析得出,管道技术要素组合为 *D20L60d0.7*,其工作压力为 1.57~2.35 kPa 时,达灌水定额  $15 m^3/hm^2$  需要 9.56 h,该技术要素组合可用于宽行大株距的果园灌溉;而组合为 *D20L30d0.7*,其工作压力为 0.49~1.27 kPa 时,达灌水定额  $15 m^3/hm^2$  需 11.4 h,该技术要素组合可用于大田作物。

### 2.3 不同介质的试验结果

由前面的试验结果可看出,微孔管开孔孔径为 0.7 mm 时,空气介质中的出流能力相对较高,而土壤介质中微孔的出流能力则相对较低。由此说明,在此孔径下微孔出流能力超出孔口周围土壤对水分的扩散能力,灌水过程中孔口周围土壤的水分含量不断升高,使得孔口出流受阻,出流能力下降。而孔径为 0.6 mm 时的情况相反,即在此种组合下,孔口出流能力低于周围土壤的扩散能力,土壤基质势的负压作用使得孔口出水迅速扩散,并且这一负压作用在达灌水定额前一直存在,从而使得该孔在土壤介质中的出流能力超过其在空气介质中的出流能力。但是,由于孔径为 0.6 mm 的管道出流能力较低,灌水需要时间较长,不利于推广。只有合理地选择技术要素组合,并有效地进行防堵塞处理,才有利于该技术的推广。

### 2.4 管道周围土壤水分分布

本试验灌水单桶容积为  $0.21 m^3$ ,共灌水 12 桶,每桶灌水所用时间按次序分别为 125, 123, 124, 126, 126, 129, 128, 129.5, 131, 132, 134 和 138 min,总计灌水用时 23.86 h。由上述数据可看出,灌水过程中出流能力略有减小,但幅度很小。也就是说,在此管道技术要素组合下,孔口出流基本均匀。

灌水 48 h 后,对管道周围做剖面分析得出,上述所有组合沿管道纵、横向土壤湿润区域均已接合。在孔径为 0.7 mm,工作压力相对较高组合下,管道下 10~50 cm 处土壤水分含量相对较高;而孔径为 0.6 mm 的所有组合,管道周围土壤水分含量相对均匀。经测

定, 在犁底层附近, 土壤水分含量相对稍高, 水平向相对延伸较远。

### 3 结 语

本次试验只结合试验用管道做了防止悬浮物质堵塞处理。当灌水后管道内积累一定量的悬浮物质后, 灌水前用压力水冲洗管道, 悬浮物质即可消失。

通过初步试验研究得出, 微孔低压渗灌技术要素组合较为复杂, 其会随土壤性质、初始土壤含水状况、水源情况、地形坡度和植被状况等发生变化。研究得出, 有条件的地方, 管道最佳技术要素为: 工作压力 1.57 ~ 2.35 kPa 变水头, 管道技术要素组合为内径 20 mm、孔距 60 cm、孔径 0.7 mm, 孔口处理如图 2, 且孔口外套与土壤呈缝隙式接触处理。管道孔口处防止微生物堵塞及根系堵塞技术将做进一步的研究。

#### [参考文献]

- [1] 傅琳. 微灌工程技术指南[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [2] 魏永曙. 微分法求树状管网的经济管径[J]. 喷灌技术, 1989(2): 38 ~ 42.
- [3] 陈大雕. 我国节水灌溉技术与发展状况综述[J]. 节水灌溉, 1997(4): 21 ~ 26.

## Technical elements of low-pressure underground pipe with micro-hole seep irrigation study

LI Yuan-nong, ZHANG Juan-she, SHANG Bi-yu

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest  
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Combining advantages of drip irrigation and seep irrigation, the experiment of the underground pipe with micro-hole seep irrigation was designed and conducted. The result showed that the working pressure could be chosen at 1.57–2.35 kPa, the pipe diameter 20 mm, the hole diameter 0.7 mm and hole interval 60 cm. The experiment proved that suspended substance and solid matter within the micro-hole pipe could be easily cleared, the flow from the micro-hole is well distributed with good soil infiltration. At same time, we could easily apply fertilizer.

**Key words:** irrigation technique; micro-hole seep irrigation; technical elements