

文章编号 :1671 - 7244(2005)04 - 0351 - 03

# 膜上灌入渗规律及水流运动特性试验研究

李应海, 田军仓, 马波

(宁夏大学 土木与水利工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:通过对宁夏引黄灌区膜上灌入渗规律及水流运动特性的试验研究,建立了膜上灌入渗速度与时间关系的数学表达式,即  $h = 1.1170 t^{0.8364}$ ,  $v = 0.9343 t^{-0.1636}$ ,提出膜上灌水流推进距离与时间呈幂函数规律,即  $t = 0.1564 L^{1.2936}$ ,可供膜上灌技术研究工作者参考.

关键词:膜上灌;入渗规律;水流运动特性

中图分类号 S274 文献标志码 A

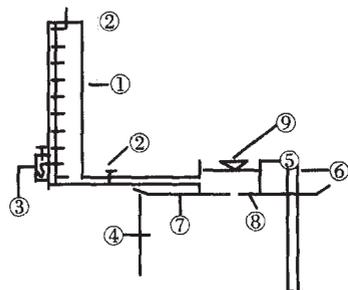
膜上灌的土壤入渗规律不同于双环套测出的土壤入渗规律.膜上灌既有水平入渗,又有垂直入渗,故不能简单地用双环套测条件下的土壤入渗规律代替膜上灌条件下的土壤入渗规律.本文通过改进测定膜上灌入渗速度的试验装置,对玉米膜上灌入渗和水流运动特性进行试验,以便确定膜上灌入渗过程及其变化规律,建立膜上灌入渗速度与时间关系的数学表达式,为膜上灌技术应用提供理论依据.

## 1 膜上灌入渗规律试验研究

### 1.1 材料和方法

1.1.1 试验点基本情况 该试验点位于宁夏吴忠市利通区马莲渠乡柴桥村七队,试验田为轻壤土,土壤 pH 值为 8.34,土壤干容重为  $1.46 \text{ g/cm}^3$ ,田间持水率为 25.9%(干土重),膜孔面积为  $15.9 \text{ cm}^2$ .

1.1.2 试验设计和材料 利用马利奥特容器



①—马利奥特瓶;②—开关;③—通气孔;④—入渗外环;⑤—入渗内环;⑥—TDR 探筒;⑦—薄膜;⑧—膜孔;⑨—水位(5cm).

图1 膜上灌入渗试验装置图

Fig. 1 equipment on infiltration of film hole irrigation

( $6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ ,以下简称马氏瓶)实行自动供水,入渗外环(直径  $35.68 \text{ cm}$ )内土壤表面铺膜,环内预先埋置测量土壤含水率的 TDR 探筒,再在膜孔处放一个自制内筒,筒径  $12 \text{ cm}$ ,高  $6 \text{ cm}$ ,内筒与薄膜接触的地方用双面胶带粘贴严密,以防从内筒与薄膜接触面渗出,试验过程中调节马氏瓶的安装高度,使内筒内的水位保持在  $5 \text{ cm}$ ,这样可以比较真实地模拟膜上积水后的膜孔土壤入渗情况(图 1).

### 1.2 结果分析

累计入渗量与时间的关系如表 1 所示.将表 1 中的数据绘制成入渗量  $h$  与时间  $t$  的关系(图 2),利用 SPSS10.0 统计软件进行回归分析,得到回归方程为

$$h = 1.1170 t^{0.8364} \quad (1)$$

式中: $h$  为土壤累积入渗量( $\text{cm}$ ); $t$  为累积入渗时间( $\text{min}$ ).

式(1)中的相关系数  $R = 0.9956$ ,

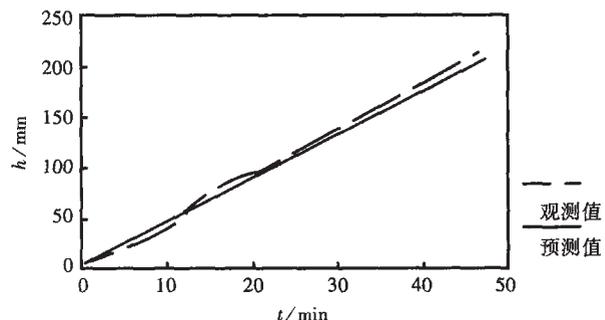


图2 累积入渗量与时间的关系图

Fig. 2 relation between accumulated infiltration capacity and time

收稿日期 2005 - 01 - 18.

基金项目:宁夏大学青年科学研究基金资助项目(QN0439).

作者简介:李应海(1977—),男,硕士,主要从事节水灌溉理论和技术研究.

表1 累积入渗量与时间的关系

Tab.1 relation between accumulated infiltration capacity and time

t/min	h/mm	t/min	h/mm
5	56.6	240	1 110
10	77.4	270	1 232
15	100.0	300	1 353
30	159.0	330	1 460
60	278.0	360	1 572
90	399.0	390	1 681
120	659.0	420	1 795
150	168.0	450	1 924
180	87.2	480	2 035
210	985.0		

$F = 1936.7643 > F_{0.99}(1, 17) = 8.4$  回归方程极显著; 通过对回归方程中变量的指数和系数进行  $t$  检验,  $t$  值分别为 44.009 和 10.500,  $t_{0.995}(17) = 2.8982 < t = 44.009$  和 10.500, 两项均显著, 说明方程中各变量也极显著.

对式(1)中的时间  $t$  求一阶导数得到速度与时间的表达式, 即

$$v = 0.9343 t^{-0.1636} \quad (2)$$

式中:  $v$  为入渗速度 (cm/min);  $t$  为累积入渗时间 (min).

## 2 膜上灌水流运动特性试验研究

### 2.1 膜上灌比地面灌溉水流推进速度快

在试验田畦长 16.5m、单宽流量为 4.30L/(s·m) 的情况下, 通过地面灌溉与膜上灌水流推进距离与时间的对比资料得知 (表2): 地面灌溉 13 min, 水流推进到距畦首 16.5 m 处; 而膜上灌只需 6.5 min, 水流就推进到距畦首 16.5 m 处; 膜上灌比地面灌溉水流推进速度快 1 倍. 由图 3 可知, 膜上灌水流推进曲线较常规地面灌溉平缓, 说明膜上灌比常规地面灌溉水流推进速度快. 这是因为膜上灌的开孔率仅

表2 膜上灌与地面灌溉水流推进速度比较表

Tab.2 relation between the speed of water flow advance between the film hole irrigation and the ground irrigation

L/m	t/min	
	膜上灌	地面灌
2.0	0.38	0.86
5.0	1.33	3.00
10.0	2.80	7.00
15.0	4.90	12.00
16.5	6.50	13.00

为 1.4%, 田面的绝大部分面积被塑料薄膜所覆盖, 相对糙率较小, 对水流的阻力较小的缘故. 另外, 对图 3 进行曲线拟合, 得到回归方程为

$$\text{小畦灌溉 } t_1 = 0.3606 L^{1.2893}, \quad (3)$$

$$(R = 0.9996).$$

$$\text{畦膜上灌溉 } t_2 = 0.1564 L^{1.2936}, \quad (4)$$

$$(R = 0.9975).$$

式中:  $L$  为水流推进距畦首的距离 (m);  $t_1$  为地面灌溉水流推进时间 (min);  $t_2$  为膜上灌水流推进时间 (min).

该经验公式可以用来确定达到某一个改水成数的时间.

### 2.2 单宽流量对田面水流推进距离和速度的影响

不同单宽流量与水流推进距离时间和速度的关系分别如表 3 和表 4 所示. 其单宽流量与水流推进距离的关系如图 4 所示.

由图 4 可知, 随着单宽流量的增加, 膜上灌田面水流推进曲线依次变缓, 说明在相同的灌水时间里, 单宽流量越大, 水流推进的距离越远. 对图 4 所示的曲线进行拟合, 可得到各曲线的回归方程为

$$\text{当 } q = 2.20 \text{ L/(s} \cdot \text{m)} \text{ 时, } t_1 = 0.578 L^{0.9796}, \quad (5)$$

$$(R = 0.9864).$$

$$\text{当 } q = 3.02 \text{ L/(s} \cdot \text{m)} \text{ 时, } t_2 = 0.3185 L^{1.1571}, \quad (6)$$

$$(R = 0.9971).$$

$$\text{当 } q = 4.30 \text{ L/(s} \cdot \text{m)} \text{ 时, } t_3 = 0.1505 L^{1.3554}, \quad (7)$$

$$(R = 0.9995).$$

$$\text{当 } q = 5.99 \text{ L/(s} \cdot \text{m)} \text{ 时, } t_4 = 0.1154 L^{1.3492}, \quad (8)$$

$$(R = 0.9979).$$

式中:  $L$  为水流推进距畦首的距离 (m);  $q$  为单宽流量 (L/(s·m));  $t_i$  为不同单宽流量时水流推进的时间 (min).

由表 4 可知, 当水流推进距离距畦首的距离一定时, 随着单宽流量的增加, 水流推进的速度也在增加; 当单宽流量一定时, 随着水流推进距离距畦首距离的增加水流速度在逐渐减小.

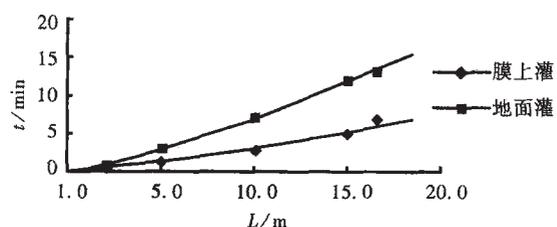


图3 膜上灌与地面灌水流推进曲线

Fig.3 relationship between film hole irrigation and ground irrigation when water flow advance

表 3 水流推进距离和时间比较表

Tab.3 relation between the water flow advance and time

$q/$ ( $L \cdot (s \cdot m)^{-1}$ )	$t/min$ 距畦首不同距离				
	2 m	5 m	10 m	15 m	16.5 m
2.20	1.00	3.50	5.73	7.30	8.87
3.02	0.66	2.31	4.70	7.20	7.70
4.30	0.38	1.33	3.63	5.83	6.50
5.99	0.29	1.00	2.83	4.25	4.96

表 4 不同单宽流量与水流推进距离和速度比较表

Tab.4 relation between the water flow advance and speed

$q/$ ( $L \cdot (s \cdot m)^{-1}$ )	$v/(m \cdot min^{-1})$ 距畦首不同距离				
	2 m	5 m	10 m	15 m	16.5 m
2.20	2.00	1.43	1.75	2.05	1.96
3.02	3.03	2.17	2.13	2.08	1.95
4.30	5.26	3.76	2.76	2.57	2.31
5.99	6.90	5.00	3.53	3.53	3.02

### 3 结 论

(1) 通过改进测定膜上灌渗吸速度的试验装置和膜上灌野外入渗资料的分析得出:膜孔土壤累积入渗量与时间的关系式为  $h = 1.117 0 t^{0.836 4}$ ,膜孔渗吸速度与时间的关系式为  $v = 0.934 3 t^{-0.163 6}$ ;其基

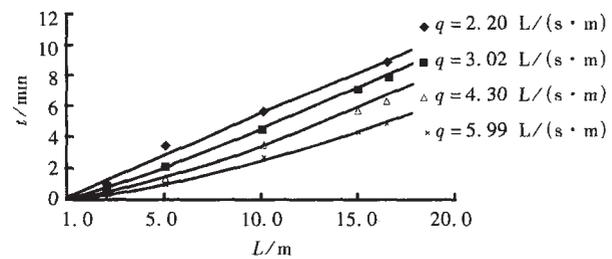


图 4 单宽流量与水流推进距离和时间的关系图

Fig 4 relation between the water flow advance and time

本符合 Kostiakov 公式。

(2) 通过膜上灌水流运动特性试验资料的分析得出,膜上灌比地面灌溉水流推进速度快,膜上灌水流推进距离与时间呈幂函数规律,即

$$t_2 = 0.156 4 L^{1.293 6}.$$

(3) 膜上灌随着单宽流量的增加,水流推进速度也增加;同一单宽流量下,随着水流推进距离的增加,水流推进的速度在减小。

参考文献:

- [1] 聂新山,韩俊.膜孔渗吸速度初探[J].水土保持研究,1996,3(3):18.
- [2] 徐首先,魏玉强,聂新山,等.膜孔灌理论及实用技术初步研究[J].水土保持研究,1996,3(3):23.
- [3] 吴军虎,费良军,汪文焰,等.膜孔灌溉技术要素试验研究[J].灌溉排水,2000,19(3):47.

## Experimental study on infiltration law and water flow motion characteristics of film hole irrigation

LI Ying-hai, TIAN Jun-cang, MA Bo

(School of Civil Engineering and Water Conservancy of Ningxia University, Ningxia, Yinchuan 750021)

**Abstract:** This paper analyzed the infiltration law and water flow motion characteristics of film hole irrigation in Ningxia Diversion Yellow River Irrigation Area, the formula of film hole irrigation were established, i. e.,  $h = 1.117 0 t^{0.836 4}$ ,  $v = 0.934 3 t^{-0.163 6}$ ; at the same time, the distance and time of water flow advance of film hole irrigation accorded with power function, i. e.,  $t = 0.156 4 L^{1.293 6}$ . It may be referred to by film hole irrigation staff.

**Key words:** film hole irrigation; infiltration law; water flow motion characteristics

(责任编辑、校对 王岳昭 王德平)

### 最小的纳米刷

美国科学家最近利用碳纳米管研制出世界上最小的刷子。它小到可以在比头发还细的毛细管中作画。这种材料比钢强韧 30 倍,密度只有钢的五分之一。在制作这把刷子的过程中,科学家将碳纳米管像牙刷或马桶刷的须那样整齐地排列在一个小棍上,棍子另一头则包上金,防止碳纳米管的生长。这种刷子在微电子和生物医学方面有广泛的应用前景。

摘自《百科知识》2005 年第 8 期下半月