

插入式渗灌的初步研究

姚立民¹,李明思¹,申孝军¹,陈明珠²,李刚¹,范文波¹

(1 石河子大学 水利建筑工程学院,新疆 石河子 832003;2 新疆天业塑化集团,新疆石河子 832000)

[摘要] 为了了解插入式渗灌灌水器的土壤湿润特性,并确定其插入阻力,通过室内土箱灌水试验,观察、测定了插入式渗灌的湿润锋运移情况及湿润区形状、尺寸等数据资料,同时还通过室内、室外土壤插入试验,对灌水器在不同容重土壤中的插入阻力、插入方法等进行了探讨。结果表明,插入式渗灌的土壤湿润形式类似于点源渗灌和点源地下滴灌,当灌水器出流量为 2.0 L/h 时,土壤湿润区形状接近球形,在灌水历时为 130 min 时,土壤湿润区尺寸为:宽×高=30 cm×25 cm;外径 15 mm 灌水器的插入阻力,在土壤含水率接近饱和时一般不超过 15 kg,随着土壤含水率的降低,插入阻力显著增加。试验所用插入式渗灌灌水器的土壤湿润特性和插入阻力,基本可以满足田间使用的要求,但还需进一步降低其插入阻力。

[关键词] 插入式渗灌;湿润锋;插入阻力

[中图分类号] S275.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)08-0207-04

Preliminary research on insert ooze irrigation

YAO Li-min¹, LI Ming-si¹, SHEN Xiao-jun¹, CHEN Ming-zhu², LI Gang¹, FAN Wen-bo¹

(1 College of Water Conservancy & Architecture Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China;

2 Plastic Chemical Engineering Company of Xinjiang Tianye(Group) Co. Ltd, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: The paper focused on the preliminary research of the soil wetted pattern and the inserting resistance of the inserting ooze emitter. Through indoor soil infiltration experiment in earth tank, the movement of the wetted front, the shape and size of the wetted zone were observed and measured. The inserting resistance and inserting ways of the emitter in different density soils were also studied through indoor and outdoor emitter inserting experiment. The result showed that the soil infiltration patterns of the insert ooze irrigation were similar to the patterns of point source infiltration irrigation and point source underground drip irrigation; when the emitter flux was 2.0 L/h, the shape of the wetted soil zone was approximate to sphericity, and the size of the wetted soil zone was width×height=30 cm×25 cm; when the soil moisture was close to saturation, the resistance of 15 mm outer diameter emitter generally was below 15 kg. When the soil moisture was lower and lower, the inserting resistance markedly increased. Conclusion could be drawn that the soil wetted pattern and the inserting resistance of the inserting ooze emitter approximately could meet the farm technology need, and the inserting resistance needed to be reduced more.

Key words: insert ooze irrigation; wetted front; inserting resistance

插入式渗灌技术是一种新型的果树节水灌溉技术^[1],它是在插杆滴灌^[2]和沙孔滴灌^[3-4]等技术^[5-8]的基础上提出的。插杆滴灌是将一个滴头与一根中

空插杆结合在一起,通过插入土壤中的中空插杆向土壤中滴水,从而实现灌水的目的,但中空插杆的下方仅有一个出水口,易堵塞,而且湿润范围小。沙孔

†收稿日期] 2006-06-26

[基金项目] 石河子大学工科振兴项目(GKZX200513)

[作者简介] 姚立民(1970-),男,陕西蒲城人,讲师,硕士,主要从事农业节水新技术研究。E-mail:1970ylm@sina.com.cn

滴灌则是在地表钻孔,然后向孔中灌粗沙,再在地表设置滴头,将水滴入沙孔中,从而达到灌水目的。这种方法可以根据沙孔深度的不同改变土壤湿润层厚度。试验表明,在灌水 4 d 后,沙孔滴灌与地面滴灌相比,可以在 0.2~0.55 m 深度范围土层内保持更多的土壤水分^[4]。但是这种方法操作比较麻烦,并且沙孔一旦做成就固定在某一地点,不能灵活移动。

插入式渗灌综合了插杆滴灌和沙孔滴灌的优点,同时还克服了这二者的一些缺点。该技术的主要特点是:所有田间管道均置于地表或浅埋于地下(埋深 10~15 cm),沿果树行方向铺设田间输水毛管,由毛管上接出连接软管,再连接特制的渗灌插管,其系统结构如图 1 所示。

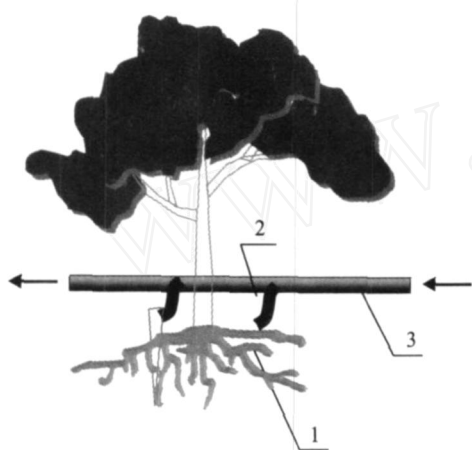


图 1 插入式渗灌系统示意图

1. 灌水器;2. 连接软管;3. 田间毛管

Fig. 1 Demonstration of insert ooze irrigation system

1. Emitter; 2. Linking soft pipe; 3. Field lateral pipe

插入式渗灌较普通渗灌和地下滴灌技术更具灵活性,不仅便于检修和更换地下部件,还消除了普通渗灌和地下滴灌埋管和收管的难题。插入式渗灌的灌水方式虽然类似于普通渗灌和地下滴灌,但却并非这两种技术的简单照搬,而是具有其自身的特点。

由于渗灌插管插入土壤中灌水,在应用中要考虑土壤湿润区的变化特点和插管的堵塞情况^[9-13]。另外,插入阻力是决定插管材料强度的关键指标。为此,本研究通过室内土箱灌水试验和室内、外土壤插入试验,研究探讨了不同流量条件下土壤湿润锋的运移、形状及尺寸,并分析了插管的插入特性,以期插入式渗灌的研究应用提供理论及技术支持。

1 材料与方法

1.1 灌水试验

室内土箱灌水试验于 2006-03~04 在石河子大

学水利建筑工程学院实验中心进行。试验用土箱由有机玻璃制成,尺寸为 80 cm × 80 cm × 100 cm。供试土壤为中壤土,土壤干容重为 1.45 g/cm³,孔隙率为 45.33%,饱和含水率为 31.26%(以干土重的百分数计,以下均相同),田间持水率为 17.15%,粘粒含量为 35.30%。风干土经粉碎、过筛(筛孔 2 mm)后,分层装入试验土箱。

渗灌插管(即灌水器)由硬 PVC 管制成,外径 15 mm,管壁按要求加工渗水孔,孔径 1 mm,自下而上分 3 层布置,层距 10 mm,每层 4 个渗水孔;管内做消能处理,管端进行外形处理,使其易插入土壤。

试验水源为城市自来水,采用马氏瓶保持试验过程中的水压恒定并计量出水流量。在供水软管上设流量调节装置(螺栓调节式特制管夹),通过改变供水软管局部管段的过水断面来调节插管出流量。

自土箱土面算起的试验水压为 20 kPa (2.0 m H₂O),插管出流量分别设 2.0、3.0 和 4.0 L/h 3 个处理,插管插入土壤中的深度为 30 cm。室内灌水试验装置见图 2。

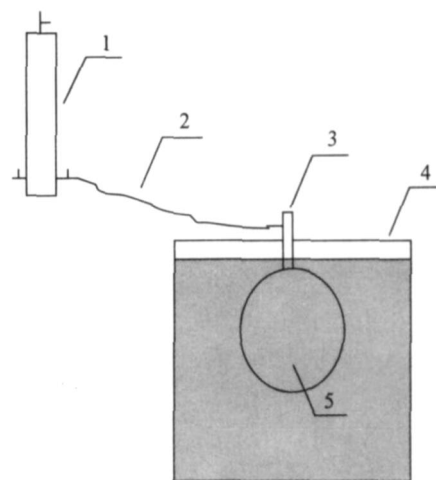


图 2 室内土箱灌水试验装置

1. 马氏瓶;2. 软管;3. 灌水器;4. 土箱;5. 土壤湿润区

Fig. 2 Installation of indoor earth tank infiltration experiment

1. Mariotte bottle; 2. Soft pipe; 3. Emitter; 4. Earth tank; 5. Wetted zone

在室内灌水试验过程中,按 10 min 的时间间隔记录湿润锋推移情况,用记号笔在试验土箱外壁上描出湿润锋的轮廓,并在湿润锋轮廓处标出相应的灌水历时(以 min 计)。试验结束后,用钢尺测量土壤湿润区尺寸和湿润锋间距,并用小土钻取土,采用烘干法测定土壤湿润区水分分布。

室内灌水试验主要观测灌水过程中的土壤湿润

区形状、尺寸及湿润锋运移情况等。这些观测项目可以为确定插管长度、插入深度、出水形式等提供必要的依据。

1.2 插入阻力试验

在室内,将风干、粉碎、过筛后的土壤分别按 1.35,1.40 和 1.45 g/cm³ 的干容重装入试验土箱中,然后分别在风干土和接近饱和的土壤中测试插管的插入阻力。此外,在田间选取了 5 个不同土壤密实度的地点,先测定土壤干容重和土壤含水率,然后在田间土壤中进行插管插入阻力试验。在试验中,插管插入深度均为 30 cm,最后根据加在插管顶部的重物质量确定插管入土阻力。

2 结果及分析

2.1 灌水试验

试验结果表明,当插管出流量为 2.0 L/h 时,土壤湿润锋推移较慢,但是土壤湿润轮廓比较规则均匀,在 130 min 的灌水过程中,湿润区形状接近球形,土壤中无明显水流冲刷现象。这表明此时的插管出流量未超过土壤的天然渗吸能力,土壤水分主要沿土壤中既有的毛细孔隙运动,土壤天然团粒结构未受到破坏。灌水 130 min 后,土壤湿润区尺寸约为宽×高=30 cm×25 cm。随着灌水时间的延

长,湿润锋向下推移的速度逐渐快于其向其他方向的推移速度,湿润区中心位置向下偏移。

当插管出流量为 3.0 L/h 时,土壤湿润锋推移较快,且湿润锋的水平推移速度明显快于垂直推移速度,湿润区形状向扁平状发展,湿润区宽而浅。这主要是由于出流量较大时,湿润锋推移较快,以致湿润区下方土壤中的空气来不及排出而积聚在下部土壤孔隙中,从而形成气堵现象,阻碍了湿润锋的垂直运移^[14-16]。试验中还发现,土壤剖面中有一定的水流冲刷现象,水流携带的细小土壤颗粒沿冲刷出的孔道流动,表明此时的插管出流量已超过土壤的天然渗吸能力,土壤孔隙中水流速度增大,对土壤的天然团粒结构形成一定的冲刷破坏。灌水 40 min 后,土壤湿润区尺寸约为宽×高=33 cm×23 cm。

当插管出流量为 4.0 L/h 时,土壤湿润锋水平推移速度远大于垂直推移速度,但是往往在湿润区充分扩展之前便已出现地面冒水现象,这可能是由于插管外壁与土壤接触不紧密,加上出流量过大,水流的垂直入渗受到气堵作用的阻碍,以及插管附近土壤中水流正压过大所致^[14-16]。

以上试验结果表明,对中壤土而言,插管出流量以 2.0 L/h 较为合理,此时湿润锋的运移情况及湿润区形状、尺寸如图 3 所示。

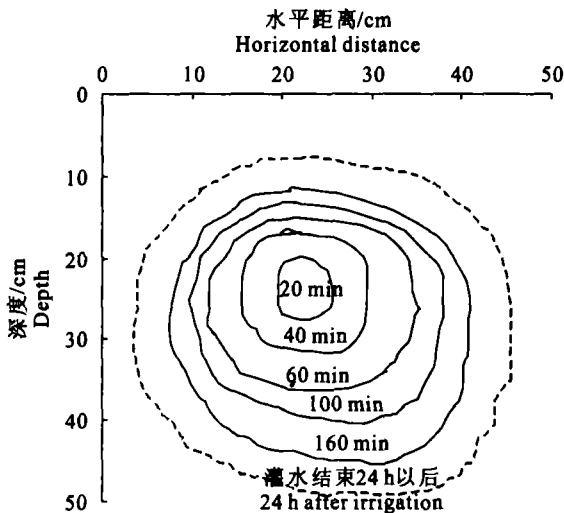


图 3 出流量为 2.0 L/h 时的湿润锋运移及湿润区形状、尺寸

Fig.3 Movement of the wetted front and the shape and size of the wetted zone with 2.0 L/h flux

在图 3 中,湿润锋垂直向上的平均推移速度为 2.9 cm/h,垂直向下的平均推移速度为 5.1 cm/h;灌水停止后的 24 h 内,湿润锋垂直向上的平均推移

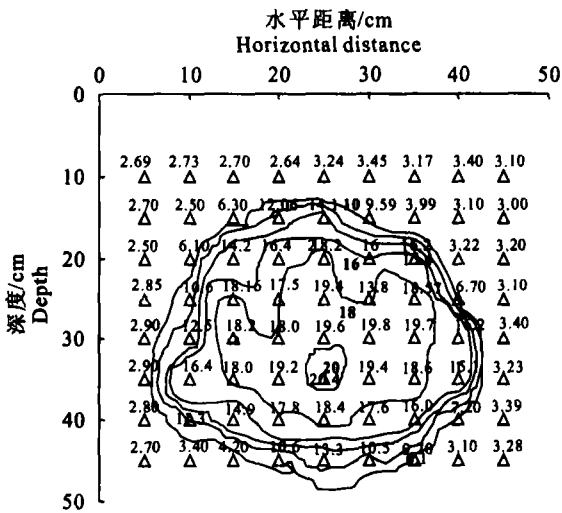


图 4 出流量为 2.0 L/h 时湿润区的水分分布
Fig.4 Soil moisture distribution of the wetted zone with 2.0 L/h flux

速度为 0.14 cm/h,垂直向下的平均推移速度为 0.21 cm/h。由图 3 可见,灌水结束 24 h 以后,土壤湿润锋最上端距地表的距离约为 8 cm。此后,湿润

锋运移速度极其缓慢。因此,插入式渗灌可以在灌水结束后相当长时期内保持地表干燥,减少了表土蒸发。

插管出流量为 2.0 L/h 时,灌水 24 h 后湿润区的水分分布如图 4 所示。图 4 中各三角符号上方的数值为试验测得的土壤剖面含水率,其中的闭合曲线为土壤剖面含水率等值线。

2.2 插入阻力试验

室内插管插入阻力的试验结果见表 1。由表 1 可见,当土壤含水率接近饱和状态时,在 3 种不同干容重的土壤中,插管的插入阻力均不大于 6.0 kg,因

此非常容易插入;当土壤为风干土时,在 3 种不同干容重的土壤中,插管的插入阻力分别为 18.0,20.0,24.0 kg,插入阻力较大。因此,应在土壤湿润时进行插管安装。

插管在田间土壤中的插入试验结果见表 2。由表 2 可见,1、2、3 号点的土壤干容重相对较小,同时土壤含水率相对较高,因此这 3 个点的插入阻力相对较小,均未超过 24 kg;其余 2 个点的土壤干容重相对较大,同时土壤含水率相对较低,因此这 2 个点的插入阻力相对较大,均在 30 kg 以上。

表 1 室内不同干容重和土壤含水率对插管插入阻力的影响

Table 1 Influence of different indoor soil density and soil moisture on the inserting resistance

试验序号 Experiment number	土壤干容重/(g·cm ⁻³) Dry soil density	土壤含水率/% Soil moisture	插入深度/cm Inserting depth	插入阻力/kg Inserting resistance
1	1.35	30.23	30	4.5
2	1.35	3.61	30	18.0
3	1.40	31.12	30	5.0
4	1.40	3.58	30	20.0
5	1.45	31.66	30	6.0
6	1.45	3.56	30	24.0

表 2 田间不同干容重和土壤含水率对插管插入阻力的影响

Table 2 Influence of different field soil density and soil moisture on the inserting resistance

地点编号 Site number	土壤干容重/(g·cm ⁻³) Dry soil density	土壤含水率/% Soil moisture	插入深度/cm Inserting depth	插入阻力/kg Inserting resistance
1	1.40	12.55	30	16.0
2	1.46	12.52	30	21.0
3	1.48	10.72	30	24.0
4	1.52	8.49	30	> 30
5	1.66	7.78	30	> 30

对于表 2 中特别难插入的 4 号和 5 号点,首先采取局部湿润措施增加土壤含水率,使土壤含水率接近饱和状态,然后再进行插管插入试验,则可将插入阻力降至 15 kg 以下。另外,附加试验还表明,若将插管外径减小至 8 mm,在不采取局部湿润措施的情况下,也可以将插入阻力降至 30 kg 以下。

室内和田间插入阻力试验结果(表 1、2)表明,通过增加土壤含水率来减小插入阻力的方法是十分有效的,但是比较繁琐;而通过减小插管外径的方法来减小插入阻力的效果,虽然没有前一种方法显著,但是却较为方便实用。因此,在实际使用中,应综合应用以上 2 种方法,即插管外径应尽量小,并且插管安装宜选择在土壤含水率较高时进行,这样不需要采取专门措施增加土壤含水率,比较方便易行。

3 结 论

(1) 插入式渗灌的土壤湿润特点类似于点源渗灌和点源地下滴灌。对于本试验采用的中壤土而

言,插管出流量以 2.0 L/h 较为合理,但是更为合理的出流量还有待今后继续深入研究。当插管出流量为 2.0 L/h 时,在 130 min 的灌水过程中,湿润锋垂直向上的平均推移速度为 2.9 cm/h,垂直向下的平均推移速度为 5.1 cm/h;灌水停止后的 24 h 内,湿润锋垂直向上的平均推移速度为 0.14 cm/h,垂直向下的平均推移速度为 0.21 cm/h。由于插入式渗灌可以在灌水结束后相当长的时期内保持地表的干燥,因此可以有效地减少表土的蒸发。

(2) 插管的入土阻力是插入式渗灌技术推广应用的重要技术参数之一。为了减小插管安装过程中的入土阻力,宜采用较小的插管外径,并且宜选择在土壤含水率较高时进行插管安装。

(3) 虽然在室内灌水试验过程中,插管未发现堵塞现象,但是插管的抗堵塞性能还需经更长时期和更广泛情况下(如不同水质、水量以及树木根系生长等)的灌水试验进行验证。

(下转第 216 页)

明,历时 170~250 min 渗渠滤水管可以达到取水稳定,且稳定所需时间长短与渗渠滤水管取水形式和管径有关。同种管径下稳定所需时间,非完整式渗渠滤管(250 min)大于完整式渗渠滤管(195 min);同种取水形式下,大管径渗渠滤管(195 min)稳定所需时间大于小管径渗渠滤管(170 min)。当各自达到平衡位置时,渗渠取水便处于稳定状态。

[参考文献]

- [1] 吴正淮. 渗渠取水[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1981.
- [2] 王允麒,谭 浩,孙海英. 关于渗渠取水设计的几个问题[J]. 给水排水,1997,23(10):11-14.
- [3] 南 忠,王 佐. 浅谈供水工程渗渠的设计问题[J]. 大同高专学报,1998,12(4):108-110.
- [4] 冯 曦,钟孚勋. 低速非达西渗流试井模型的一种新的求解方法[J]. 油气井测试,1997,6(3):16-21.
- [5] 刘立明,陈钦雷,王光辉. 油水两相渗流压降数值试井模型的建立[J]. 石油大学学报,2001,25(2):42-45.
- [6] 王德山,聂立新,李兆敏. 斜井多井系统中一口井压力降落曲线试井分析[J]. 石油天然气学报,2006,28(1):95-97.
- [7] 孔祥言. 高等渗流力学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1999:17-152.
- [8] 刘焕芳,吕宏兴. 高等流体力学[M]. 北京:中国教育文化出版社,2005:252-254.
- [9] 兰太权,赵安仁,刘秋朝. 单位涌水量与渗透系数关系[J]. 地下水,2004,26(1):6-10.
- [10] 科 恩 G A,科恩 T M. 数学手册[M]. 周民强,译. 北京:工人出版社,1987:100-105.

(上接第 210 页)

(4) 本研究只是插入式渗灌的初步探索。今后还应在以下方面开展更加深入广泛的研究: 插管的合理长度、插入深度、直径、出水孔形式、消能措施等; 长历时灌水试验; 抗堵塞试验; 插入式渗灌技术对不同土壤的适用性; 插管的受力结构形式和插管材料; 插入式渗灌技术的系统设计、安装等。

[参考文献]

- [1] 姚立民,李明思,申孝军. 果树局部灌溉新技术[M]//中国农业工程学会. 中国农业工程学会学术年会论文集第二分册. 广州:华南农业大学出版社,2005:307-309.
- [2] 方部玲,金永奎. 杆式滴头的研究与试验应用[J]. 灌溉排水学报,2004,2(1):59-61.
- [3] Masoud M, Richard C W, Stephen R W. Modeling of evaporation reduction in drip irrigation system[J]. J Irrig and Drain Engrg, 1999, 11:315-322.
- [4] Masoud M, Richard C W, Stephen R W. Evaporation reduction potential in an undisturbed soil irrigation with surface drip and sand tube irrigation[J]. American Society of Agricultural engineers, 2000, 43(1):79-86.
- [5] 曲桂敏,束怀瑞,王炳硕,等. 苹果树盘内埋罐节水渗灌的效应[J]. 山东农业大学学报, 2000, 31(2):120-124.
- [6] 王桂华,曲桂敏. 苹果树盘内埋罐渗灌对果树生长的效应[J]. 山西果树,2003,9(5):38-39.
- [7] 曹守卫,朱孔亮,班彦福. 山丘区果园地下陶管渗灌技术应用[J]. 水利水电科技进展,1999,6(3):60-61.
- [8] 孙宏义,荔克让,赵爱国,等. 陶罐在沙地渗灌中的渗水特征研究[J]. 节水灌溉,2000,4(2):26-29.
- [9] 李援农,张捐社,尚碧玉. 低压微孔地埋管灌溉技术要素试验研究[J]. 西北农业大学学报,1999,27(5):39-43.
- [10] 杨宝中,李秀灵,曹猷界. 多孔渗灌管的防堵措施研究[J]. 灌溉排水,2000,5(2):69-71.
- [11] 仵 峰,范永申,李 辉,等. 地下滴灌灌水器堵塞研究[J]. 农业工程学报,2004,20(1):80-83.
- [12] 张 昊,许 迪,程先军,等. 几种地下滴灌(渗灌)灌水器性能的室内外试验研究[J]. 灌溉排水,1999,18(4):10-14.
- [13] 岳 兵. 渗灌技术存在问题与建议[J]. 灌溉排水,1997,16(2):40-44.
- [14] 仵 峰,李王成,范永申,等. 地下滴灌灌水器出口正压试验研究[J]. 灌溉排水学报,2003,4(2):48-51.
- [15] 胡笑涛,康绍忠,王晓燕,等. 地下滴灌灌水器的筛选试验研究[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(5-6):483-485.
- [16] 仵 峰,李王成,李金山,等. 地下滴灌灌水器水力性能试验研究[J]. 农业工程学报,2003,3(2):85-88.