

文章编号: 1001-411X(2000)04-0074-04

# 滴灌条件下砖红壤水分入渗特性试验研究

罗锡文, 李就好, 俞 龙

(华南农业大学工程技术学院, 广东 广州 510642)

摘要: 用 4 种滴速在室内条件下进行了砖红壤水分入渗试验研究, 采用烘干法和张力计法测定了不同时刻和不同深度处土壤的含水量, 得到了砖红壤中水分迁移规律和适宜的滴灌速度. 结果表明: 在滴灌时, 土壤中的水分主要受重力作用和毛细作用, 使水分产生水平和垂直运动; 滴灌停止后, 土壤中的水分主要受热运动(蒸发)和土颗粒的结合力作用, 使土壤中的水分逐渐均匀化; 虽然砖红壤的细颗粒含量较高, 但水分入渗速度快, 因而应采用较大滴速进行滴灌, 建议选择 15~20 mL/min 的滴速对短期生长的蔬菜、瓜果进行滴灌较为适宜, 既可满足充分供水, 又可减少渗漏损失.

关键词: 滴灌; 滴速; 砖红壤

中图分类号: S152.72

文献标识码: A

砖红壤是我国南方的主要土壤, 仅广东省就有 652 757.7 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 是广东省热带和亚热带地区最具代表性土壤和丘陵台地的主要土壤资源, 主要分布在湛江、茂名一带. 虽然该地区属热带、南亚热带地区, 具有高温多雨的气候特点, 年平均降雨量 1 300~1 800 mm, 但雨量主要集中于 4~9 月, 占全年的 80% 以上, 干湿季节明显, 且年蒸发量大, 约为 1 800~2 000 mm, 干燥系数为 1.15~1.43, 造成季节性干旱, 严重制约了当地农业发展. 因此, 开展南方旱作节水农业研究具有重要的理论意义和实用价值.

自 1865 年法国工程师达西(Darcy)通过实验得到水在饱和土中的渗透方程以来, 对水在非饱和土壤中的渗透研究得到了迅速发展<sup>[2~3]</sup>, 并得到了不同条件下的数学模型, 但用这些数学模型来分析滴灌条件下土壤中水分运动特性时较为困难, 因而很多情况下都采用试验直接确定不同滴速下不同土壤中水分运动特性. 在滴灌条件下, 土壤水分入渗特性是节水灌溉时必须考虑的问题, 对砖红壤的水分入渗特性前人研究较少, 因此必须通过试验确定在滴灌条件下砖红壤中水分随时间的变化规律. 本文对雷州半岛干旱地区砖红壤在滴灌条件下的水分入渗特性进行研究, 目的是为该地区的节水灌溉提供依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

为了便于控制试验条件, 本试验在室内进行, 所使用的砖红壤取自湛江地区雷州市幸福农场, 土壤颗粒级配见表 1. 试验用土壤除去树根杂质后充分

混合, 密封静置 24 h 后, 分层装入  $l=2\text{ m}$ 、 $b=1\text{ m}$ 、 $h=1\text{ m}$  的土箱中, 每次装入的土层厚约为 20 cm, 然后用平板压实土层. 装完土样后, 密封静置 24 h, 测得土壤的平均  $w(\text{水})$  为 19.57%, 平均密度为 1.349 g/cm<sup>3</sup>.

表 1 砖红壤颗粒级配

Tab. 1 Granule composition of laterite			
$d(\text{颗粒})$ granule diameter/mm	<0.05	<0.01	<0.005
$w(\text{颗粒})$ content/%	81.5	73	63.5

### 1.2 试验方法

本试验分析在一定深度内, 砖红壤水分变化与滴速之间的关系. 滴灌速度选择的原则要求既要保证土壤表面不产生积水现象, 同时又能以最快速度达到作物生长的主要根系区. 测定深度根据砖红壤作物生长的主要根系区确定(本试验定为 20 cm), 滴灌时间根据水分渗透到 20 cm 深的时间确定.

根据上述原则, 进行了预备试验, 根据预备试验结果, 选择了 4 种滴速, 分别为 5、10、15 和 20 mL/min 进行比较试验, 土壤(干基)含水量分别采用取土烘干法和张力计法测定. 滴速利用容积为 250 mL、精度为 10 mL 的量筒和秒表测定, 张力计采用南京土壤研究所制作的张力计, 其精度为 2 kPa. 试验时采用压力调节装置, 保持恒压在 1.5 MPa 水平.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同滴速条件下砖红壤水分入渗结果分析

为了获得不同滴速下砖红壤含水量随时间的变化规律, 在不同滴速条件下分别测定了距滴点 5 和 10 cm 处土表面下 5、10、15 和 20 cm 各点砖红壤含水量随时间的变化规律.

收稿日期: 2000-08-28

作者简介: 罗锡文(1945-), 男, 教授, 硕士.

基金项目: 农业部“九五”旱作农业示范基地建设资助项目(农计发[1999]24); 广东省科技创新百项工程资助项目(99B01001X)

(1) 烘干法试验结果分析: 试验时滴水时间为 0 ~240 min (4 h), 持水时间为 240 ~ 930 min (4 ~ 15.5 h). 不同深度处的土样在 105℃恒温干燥 24 h 以测定其含水量, 每 30 min 采样 1 次.

距滴点 5 cm 不同深度含水量变化: 距滴点 5 cm 处土表面下 5、10、15 和 20 cm 各点的土壤含水量随时间的变化曲线如图 1~4 所示.

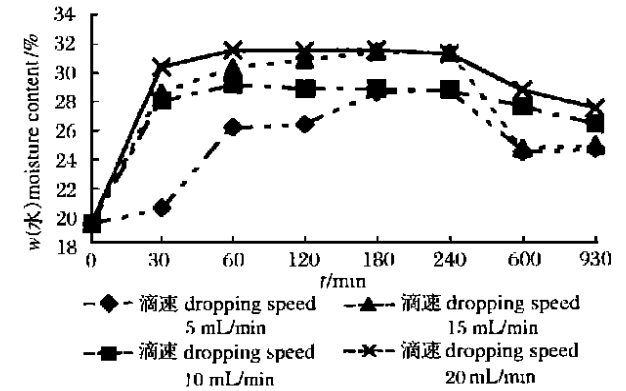


图 1 距滴点 5 cm 处 5 cm 深砖红壤含水量随时间变化曲线  
Fig. 1 Moisture content variation with time at depth of 5 cm

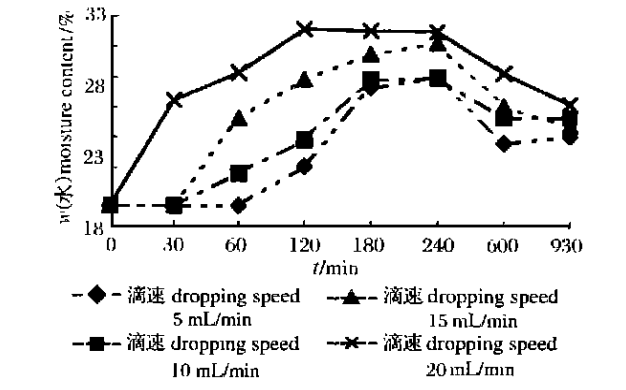


图 2 距滴点 5 cm 处 10 cm 深砖红壤含水量随时间变化曲线  
Fig. 2 Moisture content variation with time at depth of 10 cm

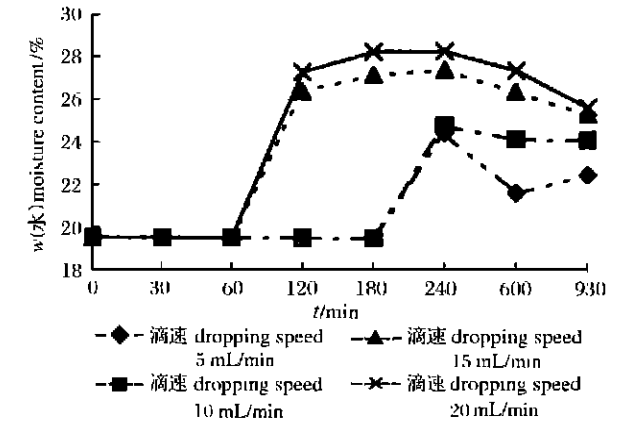


图 3 距滴点 5 cm 处 15 cm 深砖红壤含水量随时间变化曲线  
Fig. 3 Moisture content variation with time at depth of 15 cm

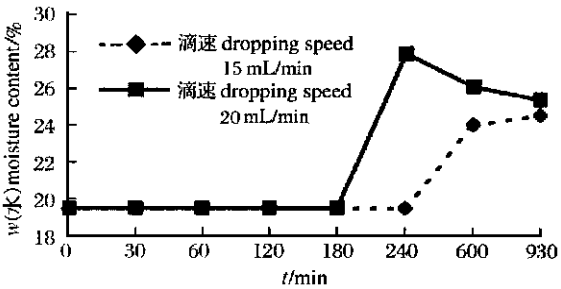


图 4 距滴点 5 cm 处 20 cm 深砖红壤含水量随时间变化曲线  
Fig. 4 Moisture content variation with time at depth of 20 cm

从图 1~4 中可看出: 滴速越大, 水渗透到同一深度的时间越短; 滴速越大, 灌水越多, 同一时间、同一深度处的土壤含水量越高. 滴灌结束后, 随着持水时间的增加, 土壤中的含水量逐渐趋于一致, 说明水分在重力和毛细力作用下发生迁移; 当滴速小于 15 mL/min 时, 在滴灌 240 min 内, 水难以渗透到距土表面 20 cm 深度处.

距滴点 10 cm 不同深度含水量变化: 通过测定不同时间距滴点 10 cm 处土表面下 5、10、15 和 20 cm 各点的土壤含水量的变化, 得到的结论与图 1~4 所得结论基本相同, 但是也发现: 由于离滴点较远, 水分入渗到不同深度的时间, 比距滴点 5 cm 各深度的时间较长; 在滴灌 240 min 时间内, 只有当滴速达到 15 mL/min 以上, 水分才能入渗到 15 cm 以下深度; 在 4 种滴速中, 为了让水分达到蔬菜、瓜果的主要根系层, 选择滴速为 15~20 mL/min 较为合适. 这样既可以使水分达到蔬菜等短期生长作物主要根系层, 又可以减少水分继续向下渗漏.

砖红壤含水量和滴速之间的关系: 为了进一步分析不同滴速对水分入渗的影响, 选择滴灌时间 240 min、不同滴速下距滴点 5 cm 处 15 cm 深土壤含水量作为研究对象, 作出土壤含水量与滴速之间的关系曲线(图 5).

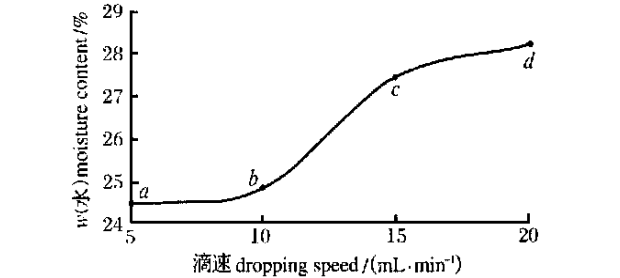


图 5 砖红壤含水量与滴速之间的关系  
Fig. 5 Moisture content variation with dropping in laterite speed

从图 5 可看出, 滴水 240 min 后, 5 和 10 mL/min 滴速下土壤含水量基本相同, 相差仅 0.3%; 15 和 20 mL/min 滴速下土壤含水量变化也非常小,  $w(水)$  仅

为 0.9%。土壤含水量变化最大的在 10 与 15 mL/min 滴速之间,  $w$ (水) 为 2.6%, 可见在 10 和 15 mL/min 之间, 滴速对土壤含水量的影响有较显著差异, 选择滴速 15~20 mL/min 是合理的。

(2) 张力计测定法试验结果分析: 为了更方便地测定砖红壤含水量随时间的变化趋势, 采用中科院南京土壤研究所生产的张力计测定土壤含水量。由于读数、采样方便, 试验时采样时间每 15 min 1 次。滴水时间仍为 0~240 min, 持水时间为 240~7 240 min。现选择 15 mL/min 滴速下土壤含水量随时间的变化曲线进行分析。距滴点 5、10 cm 不同深度处土壤中含水量随时间变化曲线如图 6~9 所示。

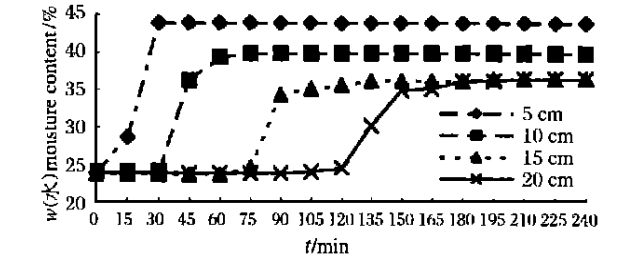


图 6 距滴点 5 cm 不同深度处砖红壤含水量随时间的变化 (滴水)

Fig 6 Moisture content variation with time at different depth in dripping phase(5 cm from dropping point)

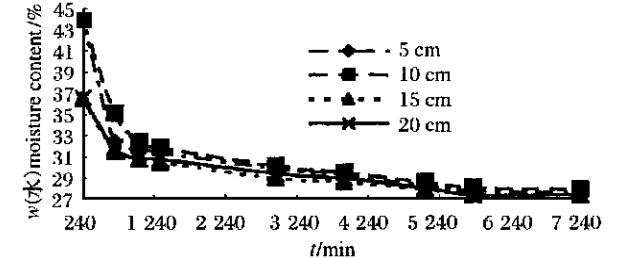


图 7 距滴点 5 cm 不同深度处砖红壤含水量随时间的变化 (持水时间)

Fig 7 Moisture content variation with time at different depth after dripping phase(5 cm from dropping point)

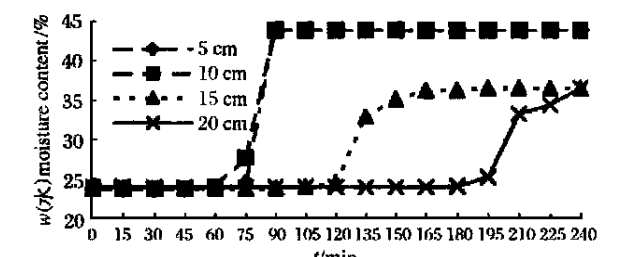


图 8 距滴点 10 cm 不同深度处砖红壤含水量随时间的变化 (滴水时间)

Fig 8 Moisture content variation with time at different depth in dripping phase(10 cm from dropping point)

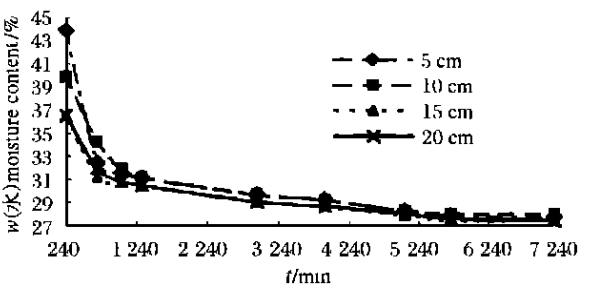


图 9 距滴点 10 cm 不同深度处砖红壤含水量随时间的变化 (持水时间)

Fig 9 Moisture content variation with time at different depth after dropping phase(10 cm from dropping point)

从图 6~9 中可看出, 在滴速为 15 mL/min 的条件下, 滴灌 240 min 后水分能入渗到 20 cm; 在滴灌停止 1 000 min 后, 土壤含水量从 40% 左右下降到 33% 以下, 下降速率较大, 此后变化缓慢, 逐渐趋近于一致并下降到 28%, 这时水分受到水分子热运动(蒸发)和土颗粒的结合力作用。

2.2 对比试验结果分析

为了进一步了解砖红壤的水分入渗特性, 采用华南农业大学农场旱地中壤土进行对比试验。该土壤的颗粒组成如表 2。

表 2 中壤土颗粒级配			
Tab. 2 Granule composition of middle-clay soil			
$d$ (颗粒) granule diameter/mm	< 0.05	< 0.01	< 0.005
$w$ (颗粒) content/%	58.0	37.0	28.0

试验也在室内进行, 试验前把中壤土和砖红壤进行过筛、分层夯实等相同的准备处理, 使土壤基本处于相同的密实度, 然后进行恒水压、等滴速的滴灌试验。滴灌时间为 240 min, 滴灌速度为 10 mL/min, 得到 2 种土壤表面最大湿润半径(表 3)和 2 种土壤含水量随时间变化(表 4)。

表 3 2 种土壤表面最大湿润半径(cm)				
Tab. 3 maximum radiuses in two kinds of soil(cm)				
$t$ (滴灌) dripping time/min	120	150	210	240
砖红壤 laterite	9.6	11.0	11.5	11.6
中壤土 middle-clay soil	9.0	9.6	10.5	12.3

从表 4 可看出, 开始时砖红壤的最大湿润半径增大速率较快, 至 150 min 时基本达到最大值, 而中壤土的湿润半径随着时间而逐渐增大。砖红壤中水分垂直入渗速度同样比中壤土快, 因而, 砖红壤是一种渗水速度快、保水性差的土壤。

表 4 2 种土壤含水量( $w / \%$ )随时间变化对照表

Tab. 4 Moisture content varies in two kinds of soil at different depth

土壤类型 soils	$t$ (滴灌) dropping time/min										
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	300	450
中壤土(深 5 cm) middle clay soil(5 cm depth)	3. 1	3. 1	25. 1	27. 4	26. 1	27. 5	28. 4	27. 5	25. 1	26. 6	22. 1
砖红壤(深 5 cm) laterite(5 cm depth)	15. 9	36. 8	41. 7	41. 5	43. 2	43. 7	43. 3	42. 4	44. 0	39. 0	35. 3
中壤土(深 10 cm) middle clay soil(10 cm depth)	3. 1	3. 1	3. 1	3. 1	3. 1	3. 1	20. 9	20. 5	22. 9	21. 5	14. 6
砖红壤(深 10 cm) laterite(10 cm depth)	15. 9	15. 9	15. 9	21. 5	27. 5	39. 7	37. 4	40. 3	41. 5	37. 9	35. 4

3 结论与讨论

在室内试验条件下, 通过测定砖红壤在不同滴速下不同时间不同深度处的土壤含水量, 以及用中壤土进行对比试验, 对砖红壤滴灌水分入渗特性可得到如下结论:

(1)虽然砖红壤的细颗粒含量比中壤土高, 但水分入渗速度快, 因而应采用较大滴速进行滴灌。(2)在滴灌时, 土壤中的水分主要受重力作用和毛细作用, 使水分产生水平和垂直运动; 滴灌停止后, 土壤中的水分主要受热运动(蒸发)和土颗粒的结合力作用, 使土壤中的水分逐渐均匀化。(3)试验结果表明, 在 5、10、15 和 20 mL/min 4 种滴速中, 15~20 mL/min 的滴速较为适宜, 既可满足充分供水, 又可减少渗漏损失。由于本试验在室内进行, 没有受到外界环境条

件(日照、气温、湿度、降雨、风速等)和生物生长的影响, 因此, 还需在室外现场条件下, 针对不同的作物进一步研究砖红壤水分入渗规律。

参考文献:

[ 1 ] 刘树基, 何宜庚, 朱世清, 等. 广东土壤[ M ] . 广州: 广东科技出版社, 1981: 105— 128.

[ 2 ] 朱德兰, 汪志农, 王得祥, 等. 不同土壤中滴灌水分分布与设计参数的确定[ J ] . 西北农业大学学报, 2000, 28 (2): 45— 49.

[ 3 ] 朱德兰, 李昭军, 王 健, 等. 滴灌条件下土壤水分分布特性研究[ J ] . 水土保持研究, 2000, 7(1): 81— 84.

[ 4 ] 潘英华, 康绍忠. 交替隔沟灌溉水分入渗特性[ J ] . 灌溉排水, 2000, 19(1): 1— 4.

[ 5 ] 杨邦杰, 隋建. 土壤水热运动模型及其应用[ M ] . 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 9— 18.

Study on Water Infiltration Properties in Laterite Under the Condition of Drop Irrigation

LUO Xi-wen, LI Jiu-hao , YU Long  
(College of Polytechnig South China Agric. Univ., Guangzhou 510642 China)

**Abstract:** Water infiltration properties in soil is one of the key factors that should be considered in water-saving irrigation. Laterite is one type of main soils in South China and the water infiltration properties in laterite has been rarely studied before. Water infiltration properties under four dropping speeds in laterite were investigated in the laboratory. The soil moisture content in different locations and different depths was measured by using a drying method and tensiometer. The relationship between the soil moisture content and dropping speed was investigated. Experiment results showed that the water in laterite was acted on by gravity and capillary action in the dropping phase and acted on by thermal-motion (evaporation) and granule adsorption force of the soil afterwards. It was also shown that the water infiltration speed in laterite was fast and the recommended dropping speed proposed was 15~20 mL/min.

**Key words:** drop irrigation; dropping speed; laterite