

不同土壤中滴灌水分分布与
设计参数的确定

S275.6

朱德兰¹, 汪志农², 王得祥¹, 朱首军¹, 俞发军³

(1 西北农林科技大学环境学院, 陕西杨陵 712100)

(2 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西杨陵 712100)

(3 青海省海东水电处水保站, 青海海东 810600)

[摘要] 在不同滴头流量和灌水量条件下对2种不同质地土壤中的滴灌水分分布进行试验研究, 通过对土壤湿润峰运移的测定, 分析最大横向、纵向湿润直径与滴头流量、灌水量的关系模型, 从而确定滴灌设计的滴头间距、流量、灌水历时等参数。结果发现: 果园滴灌中, 粉质粘土滴水流量以5 L/h为宜, 灌水历时6~8 h, 滴头间距为90 cm左右; 重粉质壤土滴水流量以3 L/h为宜, 灌水历时7~9 h, 滴头间距为70 cm左右。

[关键词] 滴灌; 湿润直径; 湿润深度; 设计参数

[中图分类号] S275.3

[文献标识码] A

土壤

滴灌条件下土壤水分分布是极其重要的, 因为在滴灌条件下, 根系吸收的水分局限于被滴头所湿润的范围, 滴灌的原理是尽量将水补充到根区, 这就必须了解湿润土体的大小, 从而选择适宜的滴头流量、灌水量、滴头间距等参数^[1]。尽管用数学模型^[2]方法分析滴灌条件下的水流动有许多优点, 但求解困难, 而且土壤扩散系数和渗透系数很难准确测定, 所以在实际应用中并不适用。从植物吸收土壤水分的情况看, 土壤含水量低于田间持水量的60%时, 很难被植物吸收利用^[1,3,4], 必须补充水分, 否则植物将凋萎死亡, 为了给滴灌系统规划、设计与施工提供简单适用的经验公式, 进行了本项试验, 现报告如下。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验土壤初始平均含水量控制在田间持水量(60%~70%), 作为灌水下限。用容量为30 L左右的桶供水, 保证桶中的水位不变, 用输液管调整流量进行滴灌。土壤的理化特性测定结果见表1, 2。

1.2 方 法

以不同流量(3.0, 5.0, 7.5, 8, 10, 15 L/h)、不同灌水量(15, 30, 45, 60 L)进行组合, 在2种质地的土壤中进行野外试验, 在滴头附近开挖观测坑, 观测坑长2 m, 宽1 m, 深1.5 m, 紧贴开挖面垂直插入无色透明玻璃板, 间隔一定时间绘湿润线, 并测量表面湿润直径。

[收稿日期] 1999-09-14

[基金项目] 国家重点攻关项目“黄土高原南部残垣沟壑区高产型粮果林研究(淳化)”子专题(96-004-05-07)

[作者简介] 朱德兰(1969—), 女, 讲师, 硕士

表 1 供试土壤理化性质测定表

%

取土地点	土壤种类	田间持水量	土壤颗粒组成		
			粘粒	粉粒	砂粒
淳化	粉质粘土	24.0	57.34	52.81	9.82
杨陵	重粉质壤土	19.8	23.17	59.62	17.21

表 2 不同土层深度时土壤容重、初始含水量测定表

土 类	容重/(g·cm ⁻³)						初始含水量/(g·kg ⁻¹)					
	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	平均	20 cm	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	平均
粉质粘土	1.36	1.42	1.37	1.39	1.40	1.39	153.0	177.0	172.0	164.0	163.0	165.8
重粉质壤土	1.40	1.44	1.46	1.45	1.45	1.44	109.5	134.5	123.5	119.5	118.5	121.1

2 结果与分析

2.1 土壤湿润体的形状与大小

对粉质粘土和重粉质壤土 2 种土壤,在不同灌水量、不同滴头流量、灌水后不同间隔时间时的湿润体进行测量,共测得 32 种湿润体。因为常用的滴头流量为 3~9 L/h,本文仅绘出滴头流量为 5 L/h,灌水量为 15 L 时的湿润体(图 1)。

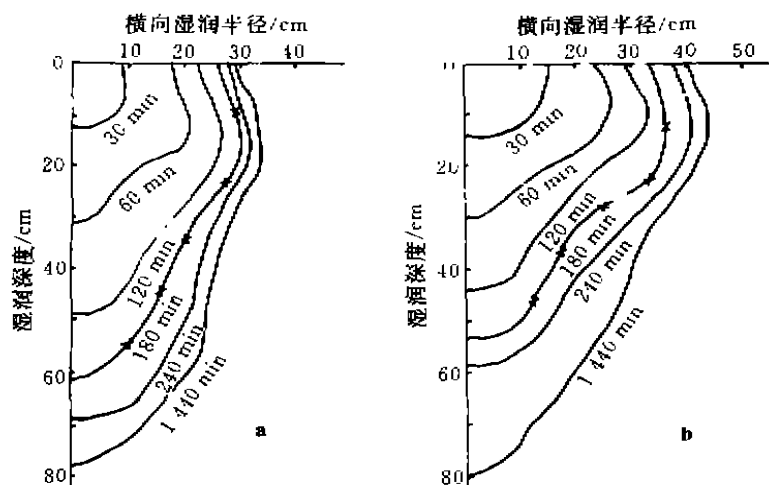


图 1 滴头流量为 5 L/h,灌水量为 15 L 时湿润体随时间的变化

— * — 为停灌时的湿润体

a. 重粉质壤土; b. 粉质粘土

图 1 表明,滴灌土壤的湿润体近似抛物体,只是在抛物体上部距表层约 20 cm 深度范围收缩约 4~8 cm,即表层扩散距离比最大横向扩散距离小 4~8 cm。粉质粘土湿润体的最大直径在距地表约 15 cm 处,重粉质壤土湿润体的最大直径在 25 cm 左右深处。说明粘粒含量越大,透水性越差的土壤,湿润体最大直径越靠近地表。湿润体的大小无疑与滴头流量、滴灌历时、土壤质地及灌水后的时间等有关。通过观测发现,同一土质滴头流量的大小对土壤湿润体直径(横向尺寸)的影响比对湿润体深度(纵向尺寸)的影响小;土质对湿

润体横向尺寸影响较大,粉质粘土比重粉质壤土横向尺寸约大20 cm,说明粘粒含量越高,横向扩散距离越大。灌溉结束后,土壤湿润峰仍不断向外运移,土壤湿润体不断膨胀,横向扩散远远小于纵向扩散,这一过程在粉质粘土中比在重粉质壤土中持续的时间长,且灌水量越大,持续时间越长。

2.2 水分横向扩散的经验公式

在工程设计中,为了确定滴头间距,需要知道水分在土壤中扩散的最大直径。影响水分横向扩散的主要因素是土壤质地、滴头流量、灌水量。现将湿润体稳定后,横向扩散的最大直径、流量、灌水量列入表3中。

表3 不同滴灌流量和灌水量时水分在2种土壤中横向扩散的最大直径 cm

流量/ (L·h ⁻¹)	粉质粘土				流量/ (L·h ⁻¹)	重粉质壤土			
	15 L	30 L	45 L	60 L		15 L	30 L	45 L	60 L
3.0	81	86	88	88	5.0	68	73	74	80
5.0	92	92	95	101	8.0	76	82	90	92
7.5	102	103	106	110	10.0	84	90	96	103
10.0	108	110	112	118	15.0	90	98	100	109

由表3可以确定土壤湿润直径与滴头流量、灌水量的函数关系式,其最佳回归模型为:

$$D = (a + bq)Q^c$$

式中, D 为湿润体最大直径(cm); q 为滴头流量(L/h); Q 为灌水量(L); a, b, c 为回归系数。

回归结果如下:

$$\text{粉质粘土 } D = (47.226 + 0.583q)Q^{0.196} \quad (r_1 = 1.000, r_2 = 0.968) \quad (1)$$

$$\text{重粉质壤土 } D = (33.812 + 0.777q)Q^{0.214} \quad (r_1 = 1.000, r_2 = 0.978) \quad (2)$$

式中, r_1, r_2 分别为相关系数和修正相关系数。公式适用条件为流量1.0~20 L/h;灌水量10~100 L,即滴灌时不能产生地面径流。

2.3 水分纵向运动的经验公式

滴灌的原则是将水充分补充到根区,因此湿润带的纵向最大深度不宜超过根系活动层,否则会发生深层渗漏。纵向扩散除了与土质有关外,还与滴头流量、灌水量有关。两种土质、不同滴头流量、灌水量时纵向最大深度的测定结果列于表4。

表4 不同滴头流量和灌水量时水分在2种土壤中的纵向扩散最大深度 cm

流量/ (L·h ⁻¹)	粉质粘土				流量/ (L·h ⁻¹)	重粉质壤土			
	15 L	30 L	45 L	60 L		15 L	30 L	45 L	60 L
3.0	80	83	84	88	5.0	77	82	64	88
5.0	88	92	97	103	8.0	102	104	107	106
7.5	103	105	107	113	10	119	118	124	126
10	112	113	121	126	15	139	142	146	148

由表4可以确定表示土壤湿润深度与滴头流量、灌水量的函数关系式,经回归后结果为:

$$\text{粉质粘土 } H = (36.941 + 0.696q)Q^{0.252} \quad (r_1 = 0.999, r_2 = 0.970) \quad (3)$$

$$\text{重粉质壤土 } H = (25.886 + 0.175q)Q^{0.396} \quad (r_1 = 0.999, r_2 = 0.978) \quad (4)$$

式中, H 为湿润最大深度(cm);其余同公式(1)、(2)。

2.4 灌水量、滴头流量、滴头间距的确定

通过上述水分横向、纵向扩散公式的建立,可以为不同作物滴灌选择适宜的灌水参数,下面以成龄果树为例确定灌水参数。

成龄果树的主要根系层深度通常在 100 cm 以内,在一般情况下,取果树的根系层深度不大于 100 cm。在滴灌设计中取为 80~100 cm,则湿润深度 $H=80\sim100$ cm,滴头的最大间距应使灌水后湿润带相互衔接,则滴头最大间距等于湿润直径 D 。对粉质粘土由公式(1)、(3)计算出 H 在 80~100 cm 时的 Q, q, D ,灌水历时 $t=Q/q$ 。计算结果为滴头流量以 5 L/h 为宜,灌水历时 6~8 h,不宜超过 8 h,滴头间距 90 cm 左右。同理,对于重粉质壤土,滴头流量以 3 L/h 为宜,灌水历时 7~9 h,不宜超过 9 h,滴头间距 70 cm 左右。

3 小 结

1)通过对滴灌土壤湿润体的观测,得出土壤中水分横向扩散与纵向扩散的经验公式为 $D(H)=(a+bq)\times Q^c$ 。上述关系在 2 种土壤中均具有很高的相关系数,该模型的建立可为滴灌设计参数的确定提供依据。在果园滴灌中,对于粉质粘土,滴水流量以 5 L/h 为宜,灌水历时 6~8 h,滴头间距为 90 cm 左右;对于重粉质壤土,滴水流量以 3 L/h 为宜,灌水历时 7~9 h,滴头间距为 70 cm 左右。

2)通过对滴灌条件下土壤表面湿润面积的测定,表明滴灌表面湿润面积并不象以往认识的很小,在试验的 2 种耕作土壤中均较大,粘粒含量越大,表面湿润面越大,为了进一步提高水分利用率,应采取措施,减小滴灌表面蒸发损失。

3)为了对各种土质的滴灌设计提供生产指导,需进一步对多种土质进行研究,形成可直接查用的图表。

4)土壤初始含水量不同,经验公式中的系数可能有变化,需作进一步研究。

[参考文献]

- [1] 戈德保 D, 戈内特 B, 里蒙 D. 滴灌原理与应用(以)[M]. 西世良, 余康临译. 北京: 中国农业机械出版社, 1984.
- [2] 雷志栋, 杨诗秀. 土壤水动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1983.
- [3] 艾爱华. 现代果树新技术汇编[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
- [4] Mitchell P D, Chalmers D J. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yield[J]. Amer Soc Hort Sci J, 1982, 107: 853~856.
- [5] 凯勒 J, 喀麦利 D. 滴灌设计(美)[M]. 罗远培译. 北京: 水利出版社, 1980.
- [6] 何塞 R 科尔多瓦, 拉斐尔 L 布拉斯. 灌溉系统的随机控制(美)[M]. 谢安周, 赵宝璋译. 北京: 农业出版社, 1985.

The principles of water distribution and design parameters of drip irrigation in different soils

ZHU De-lan¹, WANG Zhi-nong², WANG De-xiang¹, ZHU Shou-Jun¹, YU Fa-jun³

(1 College of Environmental Science, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(3 Soil and Water Conservation Station, Haidong, Qinghai 810700, China)

Abstract: Drip irrigation was carried out under the conditions of various flow and irrigation quantity in two kinds of soil. By measuring the shift of soil moist peak and the relation among drip irrigation flow, irrigation quantity and maximum moist diameter in the vertical and horizontal direction were established, which can be expressed as $D(H) = (a + bq)Q^c$. The design parameters of drip irrigation, such as interval distance of dripper, flow and irrigation period were also determined in this paper. They were 90 cm, 5 L/h and 6—8 h respectively in dust clay and were 70 cm, 3 L/h and 7—9 h in heavy dust loam in orchard irrigation.

Key words: drip irrigation; moist diameter; moist depth; design parameter

· 简 讯 ·

西北农业大学学报 1998 年被引频次位居全国高校学报第 26 位

根据中国科技信息研究所 1998 年中国科技期刊引证报告(扩刊版)公布的结果,在本年度统计的 2 648 种中国科技期刊被引频次排序表中,西北农业大学学报位居第 319 位,被引频次为 239 次;在全国 423 种高校学报中排在第 26 位,在陕西省高校学报中位居西安交通大学学报和第四军医大学学报之后,排名第 3;在全国农业高校学报中排名第 5,1~4 名依次为:《南京农业大学学报》、《中国农业大学学报》、《华中农业大学学报》和《浙江农业大学学报》(表 1)。

表 1 1998 年全国高校学报被引频次前 30 名

在全国 中名次	序号	期刊名称	被引 频次	在全国 中名次	序号	期刊名称	被引 频次
101	1	北京医科大学学报	490	229	16	武汉大学学报	302
109	2	华中理工大学学报	477	230	17	厦门大学学报	300
116	3	地球科学	450	241	18	第三军医大学学报	287
143	4	南京大学学报	410	250	19	第四军医大学学报	277
154	5	南京农业大学学报	392	256	20	浙江农业大学学报	272
169	6	第二军医大学学报	362	267	21	湖南医科大学学报	266
171	7	中国药科大学学报	360	273	22	北京中医药大学学报	264
192	8	上海医科大学学报	336	293	23	南京林业大学学报	248
200	9	中国农业大学学报	327	293	24	上海交通大学学报	248
203	10	白求恩医科大学学报	326	298	25	中山大学学报	245
207	11	华中农业大学学报	325	319	26	西北农业大学学报	239
212	12	清华大学学报	320	321	27	大连理工大学学报	237
216	13	北京林业大学学报	317	339	28	江苏农学院学报	226
223	14	西安交通大学学报	307	341	29	福建林学院学报	225
227	15	东北林业大学学报	303	347	30	中国医科大学学报	221

(申云霞 供稿)