

# 不同灌溉定额下土壤水分时空入渗规律研究

赵宝峰, 贺军奇

(长安大学环境科学与工程学院, 陕西西安 710069)

**摘要:** 土壤在不同的灌溉水量下水分运移规律对于制定合适的灌溉定额有着重要作用。为了研究半干旱区土壤水分时空变化规律, 针对三种不同的灌溉定额, 采用 TRIME-TDR 土壤水分测试仪对渭北平原的泾惠渠灌区土壤水分进行不同时刻的测定, 通过对同一时刻不同灌溉量对土壤水分的影响以及同一灌溉量对土壤水分随时间变化的影响研究, 得出了灌区土壤水分下渗的基本规律以及灌区的最佳灌溉定额为  $2.68 \sim 4.02 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

**关键词:** TRIME-TDR 技术; 土壤水分; 泾惠渠灌区

中图分类号: S275 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2009)05-0053-03

## Study on Time-domain Infiltration Regulation of Soil Moisture Content under Different Irrigation Quotas

ZHAO Bao-feng HE Jun-qi

(Environ Science and Engineering College of Chang'an University, Xi'an, Shanxi 710069)

**Abstract:** Soil moisture content movement regulation is very important for establishing proper irrigation quota. In order to study the regulation of time-domain variation of soil moisture in the semi-arid areas the testing of soil moisture content on different time in Jinghuiqu irrigation area was conducted introduced TRIME-TDR Soil Moisture Testing Equipment for three different irrigation quotas. The basic moisture content infiltration regulation and the best irrigation quota ( $2.68 \sim 4.02 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ) were worked out through the study on moisture content variation caused by the same irrigation volume as time went by and moisture content caused by different irrigation volume at the same time.

**Key words:** TRIME-TDR technology; soil water; Jinghuiqu irrigation area

泾惠渠灌区位于陕西省关中平原中部, 是一个大(II)型灌区, 同时也是陕西省粮食、蔬菜、奶蛋的重要生产基地。因为灌区处于半干旱地区的渭北平原, 水资源非常短缺, 因此制定科学合理的灌溉制度不仅能够有效提高水资源利用率, 而且对缓解本地区水资源紧张的状况起着重要的作用<sup>[1-3]</sup>。对不同灌溉定额条件下的土壤含水率变化情况进行研究, 可以为合理利用土壤水分、保证植物正常生长以及为制定科学的灌溉制度提供理论依据。本文在简单介绍 TRIME-TDR 基本原理的基础上, 对泾惠渠灌区不同灌溉定额下土壤水分运移规律进行了初步研究, 为提高泾惠渠灌区水利效率提供了理论依据。

### 1 TRIME-TDR 基本原理

TRIME 基于 TDR (Time domain reflectometry

with Intelligent Microelements) 时域反射技术。用以直接测量土壤或其他介质的介电常数, 介电常数又与土壤水分含量的多少有密切关系, 土壤含水量即可通过模拟电压输出被读数系统计算并显示出来<sup>[4,5]</sup>。

电磁波在介质中传播的速度与介质的介电常数的平方根成反比, 可用下式:

$$C = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r \cdot m_r}} \quad (1)$$

式中:  $C$  为电磁波在介质中的传播速度;  $C_0$  为光速;  $m_r$  为介质的磁导率, 对无磁介质,  $m_r = 1$ ;  $\epsilon_r$  为介质的介电常数, 其中:

$$C = \frac{2L}{t} \quad (2)$$

式中:  $L$  为探针长度;  $t$  为传输时间, 包括沿探针的传播时间和沿探针反射回来的时间。对土壤来说式(1)可写为:

$$\epsilon_r = \left( \frac{C_0 t}{2L} \right)^2 \quad (3)$$

在  $20^\circ\text{C}$  时, 水的介电常数为 81, 空气的介电常数为 1, 干土壤的介电常数大约为 5。由于这种较大的介电

收稿日期: 2009-05-20

基金项目: 教育部、国家外专局高等学校学科创新引智计划项目 (B08039)

第一作者简介: 赵宝峰(1981-), 男, 陕西咸阳人, 博士研究生, 从事“三水”转化及水资源调控研究, E-mail: sunman1220@163.com。

常数差值, 湿土壤的介电常数就主要依赖于土壤的水分含量。

1980年  $Topp$  等给出了一个经验公式:

$$\epsilon_r = 3.03 - 9.3q_v + 146q_v^2 - 76.7q_v^3 \quad (4)$$

式中:  $q_v$  为土壤的体积含水量。

根据式(3)与(4), 就可以通过测定沿探针传播脉冲的时间来确定含水土壤的介电常数, 进而确定土壤的含水量。

## 2 研究方法

### 2.1 研究目的

通过利用 TDR 技术测定土壤中的含水量, 进而研究不同灌溉定额下土壤中水分的时空变化规律, 为提高灌区水利用效率提供理论依据。

### 2.2 试验条件

在泾惠渠灌区中游地区下属试验站内选取未耕种的土地作为研究区, 将研究区分为四个次级分区, 每个分区长为 6 m、宽度为 1.2 m, 并作编号 I、II、III、IV。在每个分区内分别埋设长度为 2.00 m, 内径 42 mm 的 PE 探管(埋设深度为 1.8 m, 地表面上留有 0.2 m 以防灌溉水进入探管)。分区 I 内埋设 3 根探管, 作为灌溉定额为 0 的对比分区, 分区 II、III、IV 内分别埋设 3 根探管, 间隔为 1.5 m, 灌溉定额分别为 1.34、2.68、4.02  $m^3 \cdot hm^{-2}$ 。测定时在土壤深度 0~1 m 段每隔 0.1 m 测定一次, 1.0~1.8 m 段每隔 0.2 m 测定一次。

## 3 试验数据采集与分析

### 3.1 土壤水分随时间变化规律

由图中可以看出本研究区内的土壤在 10~70 cm 段的含水率在 10% 左右, 没有很大的变化, 在 80 cm 以下随着深度的增加, 含水率也呈现较大的增加。在 1.34  $m^3 \cdot hm^{-2}$  的灌溉定额的 IV 区 50 cm 深度以上的含水率有了明显的提高, 而且从图 4 中可以看出灌溉后 2 h 10 cm 深度的含水率达到 21%, 随着时间的推移, 含水率迅速下降, 这是由于试验过程中气温较高, 加之没有植被覆盖而导致土壤蒸发量带走大量的水分, 70 cm 以下基本上没有变化, 水分没有运移到 70 cm 深度以下。2.68 和 4.02  $m^3 \cdot hm^{-2}$  灌溉定额的 II 区和 III 区的含水率在 11.34 cm 深度以上都有着明显的升高, 说明 2.68~4.02  $m^3 \cdot hm^{-2}$  的灌溉定额可以满足地面至 11.34 cm 深度的灌溉要求。

### 3.2 土壤水分在同一时刻随灌溉定额变化规律

由图 5 中可以看出灌溉 2 h 后 IV 区土壤含水率在 60 cm 以上曲线有着明显的变化, 但是这部分土壤的含水率不及 II 区和 III 区, 这是由于灌溉入渗的水分只能下渗到此区域, II 区和 III 区的含水率从灌溉后就有着较大的改变, 但是从各图中可以看出 4.02  $m^3 \cdot hm^{-2}$  的灌溉水量相比 2.68  $m^3 \cdot hm^{-2}$  的灌溉水量没有明显的优势, 对土壤含水率的影响主要在 90 cm 以上, 原因主要是

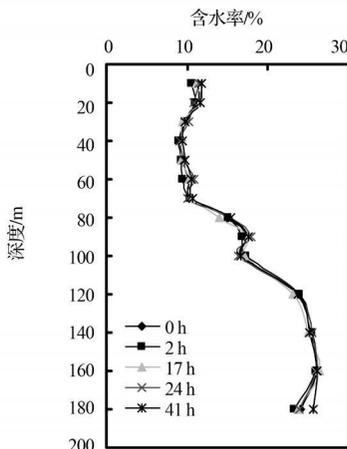


图1 分区 I 土壤水分运移过程

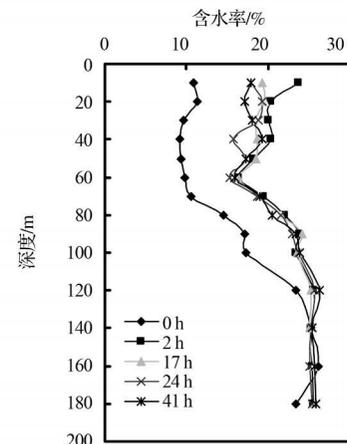


图2 分区 II 土壤水分运移过程

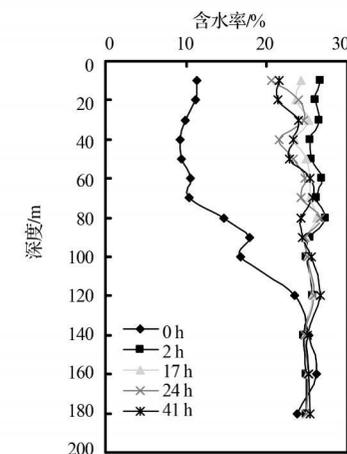


图3 分区 III 土壤水分运移过程

过多的水分都在土壤表面蒸发, 随着灌溉水量的增大, 土壤 120 cm 以下的含水率都没有显著的变化。研究区土壤含水量的垂直分布规律呈现明显的分层特征: 表层的土壤含水率较低(0~30 cm), 因为在半干旱地区蒸发较为强烈, 所以表层土壤随着灌溉时间的延长, 散失水分速度最快; 中层土壤含水率逐渐升高(30~120 cm), 并且曲线波动剧烈; 下层土壤含水率低, 受到的影

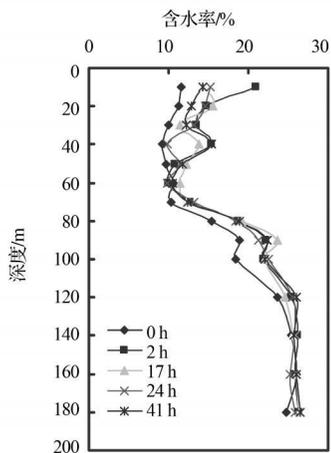


图4 分区IV土壤水分运移过程

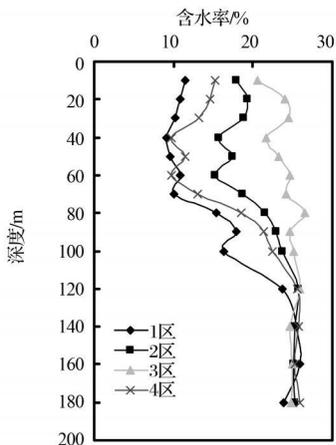


图7 灌溉后24 h 各区土壤含水率

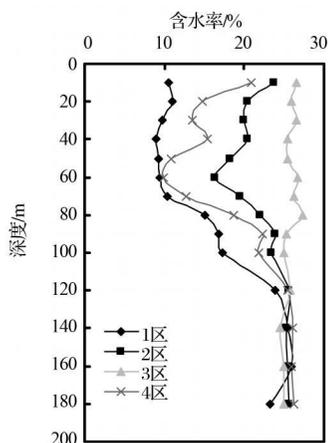


图5 灌溉后2 h 各区土壤含水率

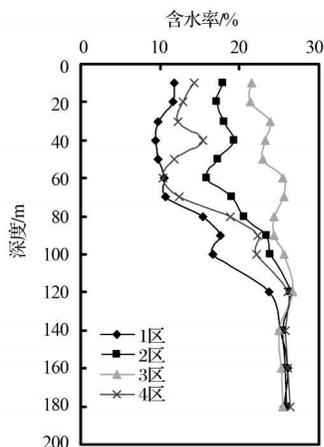


图8 灌溉后41 h 各区土壤含水率

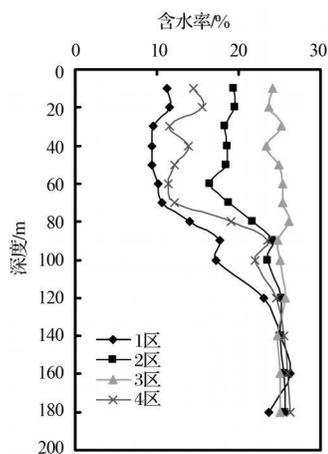


图6 灌溉后17 h 各区土壤含水率

27、24 和 41h 四个时刻的平均含水量减去灌溉前土壤含水量, 就可以得到每个分区内土壤中含水量的增加量, 在理论上求得的含水量增量应该等于在每个分区内的灌溉水量, 各区含水量增量见表 1。

表 1 不同时刻各分区含水量计算

分区	灌溉过程中各时刻土壤含水量 / m <sup>3</sup>					平均含水量 / m <sup>3</sup>	含水量增量 / m <sup>3</sup>
	0 h	2 h	17 h	24 h	41 h		
I	2.30	2.27	2.28	2.30	2.34	2.30	0.00
II	2.28	2.96	2.90	2.84	2.87	2.89	0.62
III	2.29	3.32	3.24	3.17	3.19	3.23	0.94
IV	2.33	2.65	2.60	2.55	2.60	2.60	0.27

由表 1 中可以看出由于分区 I 作为对比分区灌溉定额为 0, 所以土壤的含水量增量也为 0, 分区 II、III 和 IV 的灌溉量分别为 0.6、0.9 和 0.3 m<sup>3</sup>, 经过测定各分区土壤的含水量增量分别为 0.62、0.94 和 0.27 m<sup>3</sup>, 相对误差分别为 3.33%、4.44% 和 10.00%, 土壤含水量测定结果与实际灌溉水量较为一致。

### 4 结论

经过对数据的分析, 基本上与理论值相符合, 说明 TRIME-TDR 土壤水分测试仪在农业水土保持和灌溉研究中的数据收集精度方面令人满意。对于灌区内土壤, 2.68~4.02 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup> 的灌溉定额可以满足绝大部分

响非常小(120 cm 以下), 因此试验站内土壤含水量的垂直分布大致可以划分为以下 3 层: 土壤水分低值层(0~30 cm)、土壤水分活跃层(30~120 cm)和土壤水分相对稳定层(120 cm 以下)<sup>6-7</sup>。

### 3.3 灌溉水量校核

在校核过程中, 用不同深度测定的含水率作为这个深度附近土壤含水率, 然后算出这个含水率所代表的土壤体积, 进而可以算出分区内的含水量, 再将 2.

# 大庆地区盐渍化土壤状况及盐生植物分类与评价

任翠梅, 王殿奎, 王明泽, 郭丽, 师臣

(黑龙江省农业科学院大庆分院, 黑龙江大庆 163316)

**摘要:** 在分析大庆市的自然和经济状况的基础上, 针对性地对大庆地区盐碱土成因及现实状况进行了分析, 并对大庆地区的盐生植物进行了实地调查。提出对于大庆地区盐碱化土壤的治理改造和开发利用, 应该改变传统思想, 着眼于盐碱环境, 充分挖掘盐生动植物潜力, 发展盐碱农业, 变不利因素为有利条件的新思想, 促进大庆盐碱地区农业和生态持续健康发展。

**关键词:** 大庆地区; 盐碱化土壤; 盐生植物

中图分类号: S155 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2009)05-0056-05

## The Current Status of the Salt Alkaloid Soil and Classification and Evaluation of the Halophytes in Daqing Area

REN Cui-mei, WANG Dian-kui, WANG Ming-ze, GUO Li, SHI Chen

(Daqing Sub-academy of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316)

**Abstract:** On the basis of the nature and economic development situation in Daqing, this article analyzed Daqing area soda sodium soils origin and the realistic condition. It carried out the field survey to Daqing area's halophytes and put forward integrated management planning for development and utilization of saline soils that should change the traditional thought that focuses in the salt alkaloid environment, developed salt alkaloid agriculture, turned negative factors to positive factors, changed unfavorable conditions to favorable ones so as to promote the sustainable and high efficiency development of Daqing salt alkaloid area agriculture and the ecology.

**Key words:** Daqing area; salt alkaloid soil; halophytes

大庆地区位于松嫩平原中部, 黑龙江省西南部。地理位置为东经  $123^{\circ}35' \sim 125^{\circ}45'$ , 北纬  $44^{\circ}40' \sim 46^{\circ}00'$ , 包括大庆、肇州、肇源、林甸和杜尔伯特蒙古族自治县, 土地总面积  $2.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地势平坦, 由北向南逐渐

变低。高处多为平缓漫岗, 低处是沼泽、湖泊, 处于它们之间的低平地是广阔的农耕区和放牧区, 在其间“高中低、洼中高”地方分布有许多盐碱地。

大庆地区盐碱化总面积  $429\ 955 \text{ hm}^2$ , 其中大庆盐碱化面积  $148\ 687 \text{ hm}^2$ , 肇州盐碱化面积  $48\ 113 \text{ hm}^2$ , 肇源盐碱化面积  $87\ 690 \text{ hm}^2$ , 林甸盐碱化面积  $46\ 833 \text{ hm}^2$ , 杜蒙盐碱化面积  $98\ 592 \text{ hm}^2$  [1]。

由于大庆地区历史上是低洼湖区沉积而成, 土壤

收稿日期: 2009-06-30

第一作者简介: 任翠梅(1972-), 女, 黑龙江省青冈县人, 硕士, 实习研究员, 主要从事资源环境评价及抗逆植物资源开发利用研究。E-mail: rencuimei2003@163.com.

作物对水分的需求, 另外, 此次试验是在无地面植被的条件进行的, 对于不同植被、不同地形等其他条件灌溉定额对土壤水分的影响未作深入研究, 这些也将是以后研究工作的重点。

### 参考文献:

- [1] 李佩成. 黄土源灌区三水转化机理及调控研究[M]. 陕西: 陕西科学技术出版社, 1999.
- [2] 李佩成. 论自流灌区的节水与养水[J]. 灌溉排水, 2000, 19(1): 12-15.
- [3] 郭占荣, 刘华台, 荆恩春. 西北内陆盆地潜水与土壤水转化关系研

究[J]. 水文, 2002, 22(2): 1-5.

- [4] Dasberg S, Dalton F D. Time-domain reflectometry field measurements of soil water content and electrical conductivity[J]. J. Soil Science Soc. Am, 1985, 49: 293-297.
- [5] Rhoades J D, Schilfgaard J V. An electrical conductivity probe for determining soil salinity[J]. J. Soil Science Soc. Am, 1976, 40: 647-651.
- [6] 史绣华, 张称意. 沙柳林沙地水分动态研究[J]. 内蒙古林业学院学报, 1997, 19(1): 16-21.
- [7] 格日乐, 张力, 刘军, 等. 库布齐沙漠人工梭梭林土壤水分动态规律的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 173-177.