

## 果园 0~100 cm 根系层 TDR-LEVEL 值的分布特征研究

李清翠, 张振华, 刘继龙, 谢恒星

(鲁东大学 地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

**摘 要:**利用德国产 TRIME-T3 测量系统测定土壤电导率的相关值及土壤含水率。通过对果园土壤电导率相关值的研究,得到了 TDR-LEVEL 在垂直方向上的分布特征,即在 0~100 cm 范围内 TDR-LEVEL 受外界影响比较明显,分布规律性差;100~180 cm 范围内土壤电导率相关值呈现出先降低后增加的分布趋势。随时间的变化,土壤电导率相关值呈现出先降低后增加的动态规律,与相对应的土壤含水量的变化趋势相反,并在 TDR-LEVEL 垂直方向上分布特征的基础上建立了 0~30 cm 内各层与 0~100 cm 层的经验关系模型。

**关键词:**果园;土壤电导率;土壤含水量

**中图分类号:**S152.7;S66-33

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)05-0106-03

## Study on Distribution Characteristic of TDR-LEVEL of 0~100 cm Layer in Orchard

LI Qing-cui, ZHANG Zhen-hua, LIU Ji-long, XIE Heng-xing

(Geography and Resources Management Department of Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

**Abstract:** Measure soil electric conductivity correlation and soil moisture content by the TRIME-T3 measurement system made in Germany. Distribution characteristic of TDR-LEVEL in the vertical direction through the study of orchard soil electric correlation. The result shows that there is a obvious influence by out side in the 0~100 cm layer, distribution regularity is bad. In the layer of 100~180 cm, distribution trend of soil electric conductivity correlation is descend first and then ascend. With the change of time, the dynamic regularity showed by soil electric conductivity of descend first and then ascend is opposite to the changeable trend of the corresponding soil moisture content. At the basis of distribution characteristic of vertical direction of TDR-LEVEL, experiential relation model is built between 0~30 cm layer and 0~100 cm layer.

**Key words:** orchard; soil electric conductivity; soil moisture content

随着精细农业研究的发展,土壤电导率的测量问题已逐渐引起人们的关注。从介电物理学的角度看,土壤电导率的测量实质上属于介电损耗测量理论与方法的研究范畴。然而,土壤物理学的研究结果表明土壤中的盐分、水分、有机质含量,土壤质地结构和孔隙率对土壤电导率都有不同程度地影响,土壤电导率本身包含了反映土壤品质与物理性质的丰富信息<sup>[1]</sup>。目前在描述土壤盐分状况时,常用的指标是全盐量和土壤浸提液电导率<sup>[2]</sup>。而且在含水量一定的条件下,土壤体电导和土壤的溶液电导存在线性关系,但在含水量变化较大的情况下,土壤体电导率与含水量密切相关<sup>[3]</sup>。由于土壤的全盐含量和土壤的电导率之间有较强的相关性,因此可以通过分析土壤电导率的变化规律获得土壤盐分的变化规律。土壤含盐量是土壤的一个物理参数,它对于植物生长、土壤盐分动态分析、土壤盐渍化程度确定以及盐渍土改良都具有重要的意义<sup>[4~6]</sup>。同时目前对蒸发条件下土壤水盐动态规律已开展了较多的研究<sup>[7~10]</sup>,但对作物根系主要分布层土壤盐分运动规律的研究较少。因此本文根据不同时期

果园土壤电导率相关值(简称 TDR-LEVEL),分析了土壤电导率的垂直分布特征,及根系层土壤电导率的变化规律,探索了表层与根系层土壤电导率的转换关系。以期对深层土壤盐分的监测和动态变化提供参考作用。

### 1 材料与方法

实验地点设在烟台市农科院果园内,其土壤为棕壤黏土。在生长期选择 5 株长势良好具有代表性的果树,在其下方各埋一根 2 m 长的探管。测量时间为 2005 年 4 月 11 日至 11 月 24 日。土壤电导率采用德国产 TRIME-T3 测量系统测定电导率的相关值(简称 TDR-LEVEL),每隔 10 cm 测定一次,测定深度为 10~180 cm。由 TRIME-T3 测量系统测定原理可知,TRIME-T3 在测定土壤含水率(VOL)的同时显示出与土壤电导率有关的值(简称 TDR-LEVEL),经过方程拟合此值可计算出土壤含盐总量。含水量同样采用德国产 TRIME-T3 测量系统测定,测定前采用烘干法对其进行标定,测定数值为土壤体积含水率(%),测量精度为

收稿日期:2006-08-28

基金项目:烟台师范学院重点基金项目(043201);人才引进基金(000444)资助

作者简介:李清翠(1982-),在读研究生,主要从事区城水土资源高效利用研究。

通讯作者:张振华(1971-),男,河北藁城人,博士,教授。

2%(含水量介于 0~40%)。在研究过程中,对土壤水分采取土壤含水量的形式来表征,某一土层的土壤含水量可以用下列公式计算:

$$W = r \times h \tag{1}$$

式中:W——某一土层的水分贮量(cm);r——为土壤体积含水量(%);h——为土层的厚度(cm)。

2 结果与分析

2.1 土壤电导率相关值的空间垂直分布特征

根据在农科院的实测结果,选择 5 次具有代表性的试验数据,绘制了土壤电导率相关值在垂直剖面上的分布情况(图 1)。由图 1 可知,0~100 cm 范围内随着深度增加,土壤

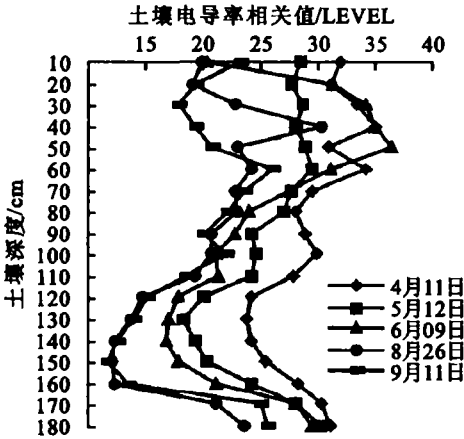


图 1 土壤电导率相关值随深度分布特征

2.2 0~100 cm 土层 TDR-LEVEL 的动态规律

由上述分析可知,0~100 cm 深度范围内与土壤盐分相关的土壤电导率相关值受外界的影响比较明显,而且 0~100 cm 深度土层是果树根系的主要分布层,因此本文主要对本层土壤电导率相关值进行预测和变化规律的研究。由 0~100 cm 土层 TDR-LEVEL 和含水量随时间的动态变化规律(图 2)可知,随时间的变化土壤电导率相关值呈现出先降低后增加的变化趋势,与含水量大致呈现出相反的变化趋势,两者之间的直线拟合方程为: $y = -0.8041x + 45.487$  ( $R^2 = 0.7632$ )。根据 TDR-LEVEL 的动态规律大致可分为 3 个阶段:(1)4 月 11 日~6 月 29 日,TDR-LEVEL 的缓慢降低阶段;(2)6 月 29 日~9 月 11 日,TDR-LEVEL 低值平稳波动阶段;(3)9 月 11 日~11 月 24 日,TDR-LEVEL 迅速增加至平稳阶段。6 月 29 日~9 月 11 日土壤电导率相关值偏低的原因,一方面可能是由于该时期内降雨较多,使土壤含水量偏高造成的;另一方面可能是由该段时间内土壤温度、容重和含盐量的变化造成的。

2.3 0~100 cm 土层 TDR-LEVEL 的预测模型

为更加简便和迅速揭示试验期间,0~100 cm 土层土壤电导率相关值随时间的变化规律,结合试验数据,对表层 TDR-LEVEL 与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行深入分析,建立了表层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的预测模型(见表 1)。根据此模型,可以更加方便、快捷的对不同时间 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行预测。

电导率相关值的变化并不呈现一定的规律性,0~60 cm 范围内随深度增加土壤电导率相关值的变化更频繁,而且变化幅度较大。110~180 cm 范围内土壤电导率相关值随深度的增加呈现一定的规律性,即随深度增加土壤电导率相关值呈现出先降低然后增加的变化趋势。0~100 cm 范围内土壤电导率相关值的变化幅度较大,说明施肥、灌溉、降水和蒸发蒸腾及果树根系分布状况对该深度范围内土壤电导率相关值的影响较明显;110~180 cm 范围内土壤电导率相关值随深度的增加呈现一定的规律性,说明外界变化对该层的影响较小,该层的变化主要与其本身固有的性质有关。

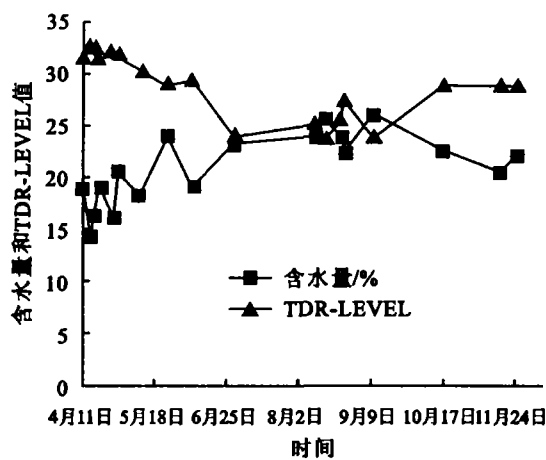


图 2 0~100 cm 土层 TDR-LEVEL 和含水量动态规律

表 1 表层与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的转换关系

深度	预测模型	拟合类型	显著性检验 ( $R^2$ )
0~10 cm	$y = 0.3593x + 14.684$	直线	0.1146
0~20 cm	$y = 0.5425x + 9.8944$	直线	0.2670
0~30 cm	$y = 0.5697x + 2.4905$	直线	0.5697
0~50 cm	$y = 0.9158x + 0.0629$	直线	0.8297

在外界条件基本相同的条件下,由于土壤本身特性的差异,使得土壤 TDR-LEVEL 存在空间变异性时,可以认为土壤 TDR-LEVEL 属于随机变量类型,利用数理统计方法研究土壤 TDR-LEVEL 的变化规律是可行的。回归分析是统计分析在实际问题中应用最广泛的内容之一,因此可利用回归分析建立和分析土壤 TDR-LEVEL 在垂直层次之间的关系。根据 TRIME 系统测定的 10~180 cm 范围的试验数据,建立了 0~30 cm 内各层与 0~100 cm 层的经验关系模型,结果见表 1。从表 1 来看,0~10 cm 和 0~20 cm 与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 之间的直线拟合效果不是很理想。0~30 cm 土层的拟合效果明显增强,较深土层 0~50 cm 与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的拟合效果最明显,显著性检验  $R^2$  值最大。这一方面说明表层 TDR-LEVEL 由于外界条件的影响较大,表层与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的经验关系显著性较差。另一方面说明可以利用较深土层即 0~30 cm 或 0~50 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行模拟预测,其显著水平较高。

## 2.4 TDR-LEVEL 预测模型的显著性检验

为了检验上述 0~30 cm 层和 0~50 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的预测精度,本文利用确定的经验关系对 2005 年 10 月 15 日和 11 月 16 日果园(5 个

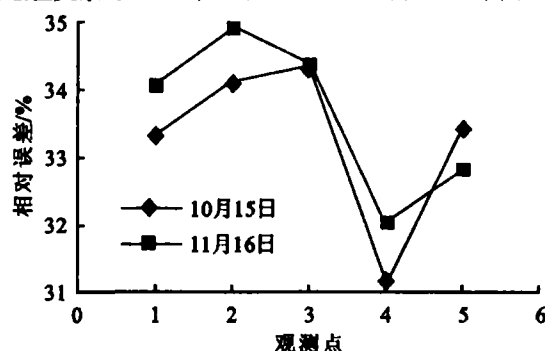


图3 利用 0~30 cm 土层预测的相对误差

根据图 3 预测值相对误差的分布可知,利用 0~30 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行预测时,0~30 cm 层的预测效果很差,10 月 15 日预测值的相对误差介于 31.11%~34.37%之间;11 月 16 日预测值的相对误差介于 32.01%~34.93%之间。由图 4 可知,利用 0~50 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行预测时,0~50 cm 层的预测效果明显提高,10 月 15 日预测值的相对误差介于 8.12%~8.20%之间;11 月 16 日预测值的相对误差介于 8.14%~8.22%之间。0~30 cm 层的预测效果很差,说明 0~30 cm 层受外界降雨、灌溉、施肥及土壤温度和容重等因素的影响比较明显;0~50 cm 层的预测效果明显提高,说明该层受外界条件的影响大大降低,可以进行根层 TDR-LEVEL 的预测。通过分析 10 月 15 日和 11 月 16 日 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 预测结果的相对误差,得知 0~50 cm 土层能够很好的满足 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的预测,因而 0~50 cm 土层是本地区进行根层 TDR-LEVEL 预测的最佳深度,预测模型为  $y=0.9158x+0.0629$  ( $R^2=0.8297$ )。

## 3 结论

通过对果园土壤电导率相关值的研究,得到了 TDR-LEVEL 在垂直方向上的分布特征,即在 0~100 cm 范围内 TDR-LEVEL 受外界影响比较明显,分布规律性差;100~180 cm 范围内土壤电导率相关值呈现出先降低后增加的分布趋势。随着时间的变化,土壤电导率相关值呈现出先降低后增加的动态规律,与相对应的土壤含水量的变化趋势相反,两者之间的直线拟合关系为  $y=-0.8041x+45.487$  ( $R^2=0.7632$ ),表明土壤含水量的变化对 TDR-LEVEL 有较大的负影响。通过 0~30 cm 内各层与 0~100 cm 层的经验关系模型的建立发现,0~10 cm 和 0~20 cm 与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 之间的直线拟合效果不是很理想。0~30 cm 土层的拟合效果明显增强,较深土层 0~50 cm 与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的拟合效果最明显,显著性检验  $R^2$  值最

测定管)的 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行预测,通过比较 0~30 cm 和 0~50 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 预测的相对误差,来确定合理的预测深度。

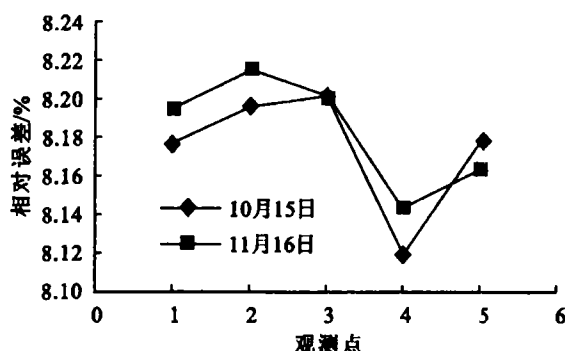


图4 利用 0~50 cm 土层预测的相对误差

大。这一方面说明表层 TDR-LEVEL 由于外界条件的影响较大,表层与 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 的经验关系显著性较差。另一方面说明可以利用较深土层即 0~30 cm 或 0~50 cm 层 TDR-LEVEL 对 0~100 cm 层 TDR-LEVEL 进行模拟预测,其显著水平较高。

## 参考文献:

- [1] 孙宇瑞.一种土壤电导率测量方法的数学建模与实验研究[J].农业工程学报,2001,17(2):20-23.
- [2] 刘广明,杨劲松,等.影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J].土壤学报,2005,42(2):247-252.
- [3] 马文敏,康金虎. TDR 在土壤盐分测试中的实验研究[J].中国农村水利水电,2004,(6):10-12.
- [4] 毛创钊,田魁祥,松本聪,等.盐渍土盐分指标及其与化学组成的关系[J].土壤,1997,(6):326-330.
- [5] Mehdi S M, Hassan G, Shah A H, et al. A new transplanting approach to enhance salt tolerance of tree saplings[J]. Pedosphere, 2004, 14(1): 77-84.
- [6] 陈阳,王贺,张福锁,等.盐渍生境下野生琵琶柴盐分分布及泌盐特点[J].土壤学报,2004,41(5):774-779.
- [7] 尤文瑞,孟繁华,肖振华.蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态[A].见:俞仁培.土壤水盐动态和盐碱化防治[M].北京:科学出版社,1987.1-14.
- [8] 孟繁华,尤文瑞,王福利.蒸发条件下非饱和黏土水盐动态的研究[A].见:俞仁培,尤文瑞.土壤盐化、碱化的监测与防治[M].北京:科学出版社,1993.74-82.
- [9] 欧阳丽,孟繁华,肖振华,等.蒸发条件下有黏土夹层粉砂壤土水盐动态[A].见:俞仁培,尤文瑞.土壤盐化、碱化的监测与防治[M].北京:科学出版社,1993.161-73.
- [10] 刘福汉,王遵亲.潜水蒸发条件下不同质地剖面的土壤水盐运动[J].土壤学报,1993,30(2):173-181.