

文章编号: 1671-7244(2015)02-0146-03

TRIME-T3 管式 TDR 土壤水分测定系统在宁夏泾源地区的标定研究

康洁¹, 张维江^{1,2,3*}, 李娟^{1,2,3}

(1.宁夏大学 土木与水利工程学院,宁夏 银川 750021; 2.宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心,宁夏 银川 750021; 3.旱区现代农业水资源高效利用工程研究中心,宁夏 银川 750021)

摘要 通过对比 TDR(时域反射仪)法与烘干称重法测定土壤含水率,针对 TDR 在宁夏泾源县的土壤水分测定进行了标定及适用性研究.结果表明,TRIME-T3 TDR 不适用于精确的表层土壤含水率的测定;在 TDR 标定过程中采用分段标定的方法能够取得相关性更好的标定方程.

关键词 土壤含水率;TDR 标定;泾源县

中图分类号 S151.9 文献标志码 A

土壤含水率作为土壤的一个重要物理参数,是水循环与水资源评价、水资源优化配置、土壤承载能力、植物生长、林分结构等科学研究中不可缺少的基本资料^[1-3].目前,土壤含水率的测定方法主要有烘干法、中子仪法、C 射线透射法、电磁波法、电阻法、电容法、光电法等,这些方法在我国都有不同程度的应用.然而,随着人们对试验结果和试验精度要求的不断提高,在许多试验研究中需定点、原位、精确、连续地监测土壤水分动态.

TDR(时域反射仪)土壤水分测量系统由于具有方便、精确、不扰动土壤等优点,因此,被广泛应用于现代农田土壤水分的监测.Topp 最早发展 TDR 法,认为当温度在 10~36 ℃,实际土壤体积含水率在 0%~35%变化时,可满足一定程度的试验需求.随着 TDR 的不断发展及应用,发现 TDR 的测量精度受质地、容重以及温度等物理因素的影响^[4].因此,在使用 TDR 测量特定土壤的体积含水率之前,预先标定其与实际土壤体积含水率的关系是很有必要的^[5].通过标定,一方面可以确定在特定的土壤质地下其适用的土壤体积含水率范围,另一方面还可确定其实际的测量精度,即避免用通用标定曲线的误差估计其实际的误差.

1 材料及方法

1.1 试验地点及试验方法

试验地点选择在泾源县六盘山镇海子生态移民迁出区,该区地处泾河水系颀河流域,流域总面积 5.68 km²,流域属于半湿润区,水资源主要来源于大气降水,流域内植被破坏严重,水土流失严重,水资源匮乏,局部地区水资源枯竭.该区域以黄土梁昂地貌为主,土壤属于黑垆土,植被类型属森林草原向干旱草原过渡类型,天然植被主要为低矮稀疏的草被,现有人工种植的乔、灌木,人工草地以紫花苜蓿为主,且分布分散,面积较少.在试验中选择不同的人工种植模式,在山体的阴坡和阳坡分别设立试验点进行数据采集、分析以及 TDR 标定曲线的计算,共选择 6 个试验点.

实验仪器采用德国 IMKO 公司制造的 TRIME-T3 TDR 剖面土壤水分测量系统.为提高设备观测的精确度,采用以下安装方法:①预先由土钻取土;②将撞击头、套管和钢保护管安装为一体放入预先钻出的孔内,用尼龙锤向下砸入土中(使用支撑设备),砸入一定深度,用配套土钻取出钢保护管内的土壤,继续向下砸入土中直至达到需要的深度,之后卸下撞击头及钢保护管;③将橡皮

收稿日期 2015-01-04

基金项目:宁夏科技惠民计划项目“六盘山海子生态移民迁出区生态恢复与重建技术集成示范”

作者简介:康洁(1988—),女,硕士研究生,主要从事水资源调控技术与理论研究(电子信箱)kj07108030@163.com.

*通信联系人:张维江(1963—),男,教授,博士生导师,主要从事水文水资源研究(电子信箱)nxdxzjw@163.com.

塞的黑色垫圈向下塞入套管,使其沿管壁滑入管底,用旋转接头固定橡皮塞。

1.2 数据采集及处理

在各试验点内选择具有代表性的地点,挖一个深90 cm、宽50 cm的剖面,自下而上每隔10 cm分层,用环刀取样,测定土壤容重,每层3个重复,取平均值。利用TDR测定土壤体积含水率,同时将土钻取土称重烘干后测定的质量含水率折算为体积含水率,对两者进行对比分析。

利用土钻取土和TDR对各试验点0~90 cm土层的土壤含水率进行同步观测。将TDR探管埋深90 cm,每隔10 cm测定一次土壤的体积含水率,同一深度每测完一次后将探头旋转90°再进行测量,重复3次,取平均值。同时,在每个不同测试点的测量管周围50 cm范围内选2个点,每隔10 cm用土钻取土(各层深度与TDR测量深度相同),用烘干称重法测定土壤质量含水率,并取其平均值。

将土壤质量含水率折算成体积含水率的公式:

$$\theta_v = \theta_m \cdot \gamma_c / \rho_w$$

式中: θ_v 为体积含水率(%); θ_m 为质量含水率(%); γ_c 为土壤干密度(g/cm^3); ρ_w 为液态水密度(水的密度为 $1 g/cm^3$)。

1.2.1 点聚图筛选 将不同试验点的TDR测定值与烘干称重法所得折算值直接作为独立的样本资料进行回归分析。对点聚图进行分析可以得知:大部分点都集中在一条直线周围,只有极个别数据点偏离较大。测量原理的差异将对方程的精度产生一定的影响,在回归分析前将这些偏离较大的数据进行剔除,这种人为的参与既不违背统计的原则,又弥补了TDR测量土壤水分的不足,提高了回归方程的精度^[6]。

1.2.2 误差计算 土壤含水率的测定方法中烘干称重法所得测定值最接近于真实值,但由于其测定过程工作量较大,且会造成土壤扰动,所以不适用于长期定点监测土壤水分的动态变化。本文以烘干称重法所得折算值为基准值对TDR法测定的土壤体积含水率进行校核,采用相对偏差来表述两种方法测定结果间差异的大小。计算TDR测定值与烘干称重法所得折算值之间偏离程度的百分率的关系式: $[(TDR \text{ 测定值} - \text{烘干称重法折算值}) / \text{烘干称重法折算值}] \times 100\%$ 。

2 结果分析

将数据分别按区分土层深度(0~30 cm,30~

60 cm,60~90 cm)与不区分土层深度(0~90 cm)两种方法进行标定,将TDR测定值与烘干称重法折算值作散点图,进行拟合,可得到如图1~4所示结果。分析数据可知:由烘干称重法折算的体积含水率与TDR法测定的体积含水率之间的相对偏差为1%~35%,0~30 cm表层土壤的体积含水率平均相对偏差为20.25%,30~60 cm深度土壤的体积含水率平均相对偏差为6.70%,60~90 cm深度土壤的体积含水率平均相对偏差为6.83%。其中,表层土壤的体积含水率平均相对偏差较大。区分土层深度标定时,TDR测定值与烘干称重法折算值之间有良好的相关性,而不区分土层深度标定时,其相关系数偏低。

3 结语

3.1 结论

(1)TRIME-T3 TDR剖面土壤水分测定系统在测量表层土壤含水率时误差偏大,而在测定深层土壤时其精度较高,所以它不适用于精确的表层土壤含水率的测定。在精确测定表层土壤含水率时应选用专用的表层土壤测量探头或者采用烘干法测定。

(2)区分不同土层深度标定时,TDR测定值与烘干称重法折算值之间有较高的相关性,标定方程精度较高,可以用简单的线性函数进行校正。

3.2 讨论

(1)试验中表层土壤含水率的测定误差较大,通过分析TDR可能的误差来源,结合试验实际操作过程,认为这与土壤和探管之间存在空隙有关,即在埋设探管时预先由土钻取土,这可能导致表层土壤与探管之间存在空隙。而1 mm的空隙在土壤体积含水率为25%时造成的误差可达 $\pm 5\%$,在更高的体积含水率下误差可能更高。所以,在埋设探管的过程中,应该使用专用工具严格按照操作说明进行安装,并进行灌浆处理,待土壤性状稳定后再进行试验。

(2)在TDR标定时,选择区分不同土层深度比不区分土层深度得到的标定方程精度更高,这是由于用TDR测定的表层土壤含水率的误差较大,在不区分土层深度标定时对标定方程的影响较大,而区分土层深度进行标定时,表层土的测定值对其他不同深度土层的标定没有影响,可得到相对高的标定精度,从而提高了观测数据的可靠性。

参考文献:

- [1] 张维江,张鹏程,李娟,等.黄土高原土壤水资源评价及生态恢复研究[J].人民黄河,2012,34(10):100-102.

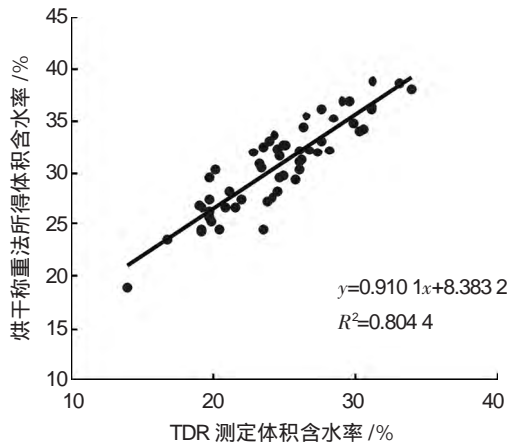


图1 0~30 cm 土壤体积含水率标定直线

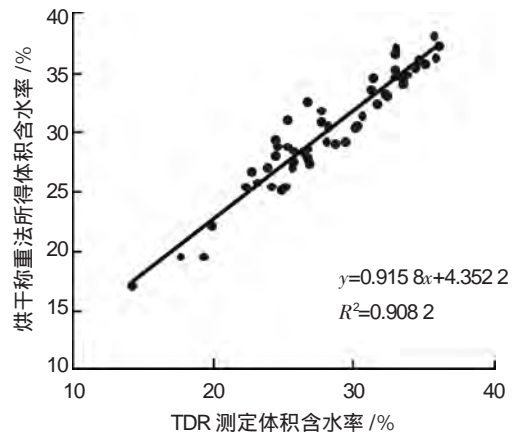


图2 30~60 cm 土壤体积含水率标定直线

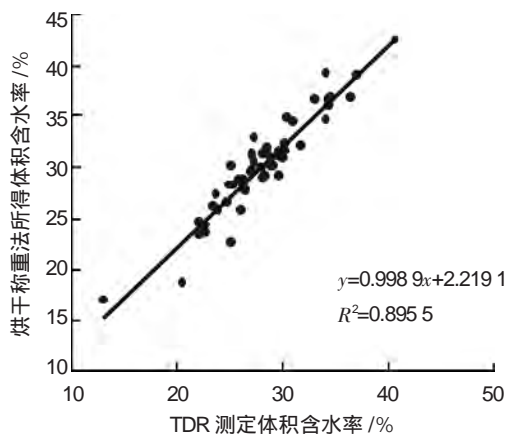


图3 60~90 cm 土壤体积含水率标定直线

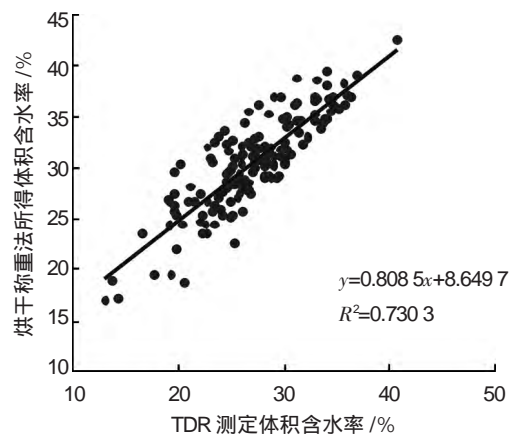


图4 0~90 cm 土壤体积含水率标定直线

- [2] 母彩霞,张维江.青铜峡灌区冬季储水灌溉越冬期土壤水分变化[J].人民黄河,2014,36(4):86-88.
- [3] 赵庆恩,张维江,李娟,等.好水川流域作物种植结构优化研究[J].人民黄河,2012,34(9):70-72.
- [4] 李道西,彭世彰,丁加丽,等.TDR在测量农田土壤水分中的室内标定[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):249-252.
- [5] 周凌云,陈志雄.TDR法测定土壤含水量的标定研究[J].土壤学报,2003,40(1):59-64.
- [6] 李笑吟,毕华兴,刁锐民,等.TRIME-TDR土壤水分测定系统的原理及其在黄土高原土壤水分监测中的应用[J].中国水土保持科学,2005,3(1):112-115.

The calibration of TRIME-T3 tubular TDR for measurement of soil water content in Jingyuan Region

KANG Jie¹, ZHANG Weijiang^{1,2,3*}, LI Juan^{1,2,3}

(1.School of Civil and Water Conservancy Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2.Engineering Technique Research Center for Water Saving Irrigation and Water Resources in Ningxia, Yinchuan 750021, China; 3.The Center of Engineering Research on Modern Agricultural Water Resources and Efficient Utilization in Arid Region, Yinchuan 750021, China)

Abstract: By comparing measurement of soil moisture with drying weighing method and TDR (Time Domain Reflect meter), calibrated TDR was applied to measure soil moisture in Jingyuan County, Ningxia. The test result shows that TRIME-T3 TDR is not applicable for precise determination of surface soil moisture and subsection calibration method can obtain better correlation equation.

Key words: soil moisture; TDR calibration; Jingyuan county

(责任编辑、校对 李琼)