

文章编号: 1006-4354 (2012) 01-0023-04

FDR 型监测仪与人工测定土壤水分对比分析

杨婷婷, 王春娟

(凤翔县气象局, 陕西凤翔 721400)

摘 要: 利用 2010 年 7 月上旬—2011 年 6 月下旬每旬 FDR 型土壤水分监测仪与人工烘干称重法测定的土壤水分观测资料进行对比分析, 结果表明: 两种方法观测值变化趋势基本一致, 年相对误差为 0.10%; 误差春季最大, 平均为 0.19%; 夏季最小, 平均为 0.02%。浅层土壤水分变化较大, 误差也较大, 相对误差为 0.01%~0.62%; 中层变化较平稳, 相对误差为 0.12%; 深层 60~100 cm 土壤水分受外界影响轻微, 变化最平稳, 误差最小。两种方法观测值具有很高的相关性 ($P<0.001$), 因此, 可用烘干称重法的观测值为基准, 对自动站进行相关分析和回归校正。

关键词: 土壤水分; FDR 型土壤水分监测仪; 人工烘干称重法

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

土壤水分是土壤的主要物理参数, 它对于植物的生长发育、存活、净生产力等具有极其重要的意义。土壤水分状况是气候、植被、地形及土壤因素的综合反映, 对于降雨产流、蒸散具有重要影响。因此, 快速、准确地进行土壤水分状况测定与分析, 掌握土壤水分变化规律, 对土壤墒

情监测预测、农业生产实时服务及其它相关的理论研究具有十分重要的意义。

土壤水分测定有多种方法, 如烘干称重法、中子仪法、TDR 和 FDR 法、张力法、电阻块法、干湿计法等。目前, 气象台站主要使用烘干称重法测定土壤质量含水量。为了提高观测质量和农

收稿日期: 2011-09-02

作者简介: 杨婷婷 (1986—), 女, 陕西宝鸡人, 学士, 助理工程师, 主要从事气象观测与服务。

降雹地点至关重要, 因此模式中初始场位置的选择非常重要。

参考文献:

[1] Steiner J T. A tree-dimensional model of cumulus clod development [J]. J Atmos Sci, 1973, 30, 414-435.

[2] Tripoli G J and Cotton W R. The CSU three-dimensional cloud-mesoscale model—1982. Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments [J]. J Rech Atmos, 1982, 16: 185-219.

[3] Cotton W R and Stephens M A. The CSU tree-dimensional clod-menoscale model—1982. Part II: an ice-phase parameterization [J]. J Rech Atmos, 1982, 16: 295-320.

[4] 孔凡铀, 黄美元, 徐华英. 对流云中冰相过程的三

维数值模拟 I: 模式建立及冷云参数化 [J]. 大气科学, 1990, 14 (4): 441-453.

[5] 孔凡铀, 黄美元, 徐华英. 对流云中冰相过程的三维数值模拟 II: 繁生过程作用 [J]. 大气科学, 1991, 15 (06): 78-88.

[6] 洪延超. 冰雹形成机制和催化防雹机制研究 [J]. 气象学报, 1999, 57 (1): 30-44.

[7] 郭学良, 黄美元, 洪延超, 等. 三维冰雹分档强对流云数值模式研究II: 冰雹粒子的分布特征 [J]. 大气科学, 2001, 25 (6): 856-863.

[8] 肖辉, 吴玉霞, 胡朝霞, 等. 旬邑地区冰雹云的早期识别及数值模拟 [J]. 高原气象, 2002, 21 (2): 159-166.

[9] 李金辉, 牛卫, 张科翔, 等. 一次提前防雹试验及效果分析 [J]. 陕西气象, 1998 (3): 9-12.

[10] 中国气象局科技教育司. 高炮人工防雹增雨作业业务规范 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 24-34.

业气象现代化水平,陕西省气象局于2008年8月在凤翔县气象站布设了一套FDR型土壤水分监测仪(GSTar-I型),开展土壤水分连续自动监测业务。经过近2a的检测、调试和初步标定,于2010年7月8日起正式开始对比观测。对一年来的观测结果对比分析,查找差异原因及其规律,以提高自动观测站的可靠性和实用性,为农业气象自动站稳定可靠运行并早日推广使用提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

对比分析实验在凤翔县气象局观测场外长期固定的周年土壤湿度测定地段上进行。地段为非灌溉自然状态的白地,草株高度小于20 cm,降水是地段土壤水分的唯一来源,土壤水分状况能代表当地的一般状况。人工观测采用烘干称重法,严格按照《农业气象观测规范》^[1]中的有关规定执行。自动观测采用FDR(频射反射仪)技术,通过测量土壤的介电常数得到土壤的体积含水量。通过仪器串口将数据发送给室内的微机终端,进而完成基本的资料采集、传输、查询和图表显示等^[2]。

所用资料取自2010年7月上旬—2011年6月下旬每旬逢8日的同步观测资料,遇有 ≥ 10 mm以上的降水日顺延观测。2010年8月18日受连阴雨天气影响,人工停止观测,本日自动站观测资料不作对比分析。对比观测层次8个:0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm、40~50 cm、50~60 cm、60~80 cm、80~100 cm。以12月和2月(2011-01-08—01-28因土壤冻结停止人工观测,期间的自动观测资料不作对比)、3—5月、6—8月、9—11月各层次平均值分别表示冬、春、夏、秋四季。

1.2 分析方法

用烘干称重法直接测定的土壤质量含水量,为了便于与FDR自动站测定的土壤容积含水量(W_G)进行比较,将人工观测质量含水量(W_r)转换为容积含水量(W_R),二者的换算关系为

$$W_R = W_r \cdot \rho, \quad (1)$$

其中 ρ 为土壤容重(单位为 g/cm^3)。

对两种方法测定的容积含水量进行对比分

析,以烘干称重法为基准,求二者的相对误差(E),对FDR法的可靠性作出评价。

$$E = \frac{|W_G - W_R|}{W_R} \times 100\%, \quad (2)$$

式中, W_G 、 W_R 分别为FDR自动站和人工烘干称重法观测的土壤容积含水量(单位为 g/cm^3)。

对两种方法进行相关分析,建立自动站与人工观测土壤含水量的一元线性回归方程。

2 结果与分析

2.1 数据对比分析

2.1.1 观测值 将对比实验期内人工和自动站观测的平均土壤含水量按照观测时间先后顺序点绘成图,形成两条明显的变化曲线(见图1)。由图1可以看出,一年内,两种方法测定的土壤含水量基本上是同步波动,变化趋势基本一致,说明两种观测方法对土壤水分的感应基本相同。最大值均出现在2010年9月8日,自动站观测值为 $34.44 \text{ g}/\text{cm}^3$,人工观测值为 $30.75 \text{ g}/\text{cm}^3$,相对误差为0.12%。最小值出现在2011年6月18日,自动站观测值为 $15.60 \text{ g}/\text{cm}^3$,人工观测值为 $17.63 \text{ g}/\text{cm}^3$,相对误差也为0.12%。在2010年12月18日前, $W_G > W_R$;在2011年2月8日以后, $W_G < W_R$ 。从整体看,无论是哪种方法测定,2010年下半年土壤含水量均大于2011年上半年土壤含水量,而且2010年下半年各时期土壤含水量变化幅度较大,2011年上半年各时期土壤含水量变化较平缓,这与本地土壤水分周年变化趋势^[3]基本一致。

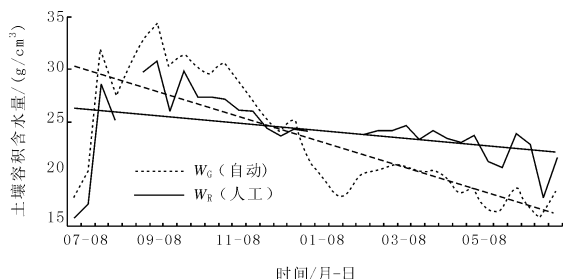


图1 人工与自动站观测土壤容积含水量变化曲线(直线为趋势线)

2.1.2 观测值的季节变化 由于观测地段常年不灌溉,自然降水是土壤水分的唯一来源,所以

土壤含水量受季节降水量的影响较大, 季节性特征比较明显。表 1 是两种方法测定的不同层次季节变化的相对误差 E 。冬春干冷, 降水稀少, 冬季在 $0.02\% \sim 0.56\%$ 之间变化, 平均值为 0.10% , 与年平均误差一致。

FDR 传感器的设计可能没有考虑土壤冻结因素的影响, 在冬季温度降低, 土壤冻结出现冻土时, 受地温影响较大的浅层自动站观测数据明显偏小, 如图 1 所示, 2011 年 1 月 8 日到 2011 年 1 月 28 日, 自动站观测 $0 \sim 20$ cm 土壤容积含水量为 $4.5 \sim 8.7$ g/cm³, 低于该层的凋萎湿度, 达到重旱。实际上, 这段时间, 气温持续偏低, 雨雪充沛且分布均匀, 月降水量 7.7 mm, 比历史同期降水量 6.3 mm 偏多 8.8%。月内冻土深度平均 >10 cm, 最深为 22 cm, 这样优越的水分条件, 目测判定是不会出现土壤干旱现象的, 与自动站观测出入较大。

春季土壤水分变化最大, 相对误差也最大, 平均为 0.19% , 说明两种测定方法在春季的差别较大, 这可能与早春土壤夜冻昼消, 耕层土壤处返浆期, 自动站传感器不能很好地监测固态水分的变化情况有关, 具体原因有待进一步研究。

夏季气温高, 阵性天气多, 雨热同季, 土壤水分变化大, 但两种方法测定值的相对误差最小, 平均为 0.02% , 说明夏季两种方法对土壤水分的感应最吻合。

秋季雨水充沛, 气温下降, 两种测定方法的相对误差在 $0.01\% \sim 0.17\%$ 之间, 平均为 0.09% , 比夏季有所增加, 但并未出现显著性变化。

整体看, 两种测定方法在夏秋季误差较小, 拟合度较高, 冬春季误差较大, 是产生全年误差的主要原因。

另外, 由于两种方法的观测原理不同, 导致二者在较大降水后观测值差异较大。如 2011 年 5 月中旬观测后, 20—22 日、26—29 日共降水 48.3 mm, 30 日人工观测 $0 \sim 30$ cm 土壤容积含水量平均为 24.3 g/cm³, 比 18 日观测值增大 25.9%, 而同日自动站观测 $0 \sim 30$ cm 土壤容积含水量平均为 15.7 g/cm³, 比 18 日观测值增大

61.9% , 自动站测值比人工观测值偏小 35.4% 。产生原因是降水过程中及降水结束后, 随水分下渗, 加上田间蒸发消耗, 浅层土壤水分迅速减少, 自动站是连续不间断的观测, 在时间和土壤空间上都能敏感地反映这一变化, 而人工观测受测定时间和取土点所限, 对这一变化的反应相对比较迟钝, 无法积极反应土壤水分的瞬时变化。虽然二者差别较大, 但增减趋势基本一致。

表 1 自动站与人工观测土壤容积含水量的相对误差 E %					
层次/cm	冬季	春季	夏季	秋季	年
0~10	0.56	0.62	0.20	0.01	0.35
10~20	0.33	0.48	0.16	0.03	0.25
20~30	0.02	0.17	0.01	0.15	0.09
30~40	0.05	0.06	0.10	0.16	0.09
40~50	0.08	0.03	0.15	0.17	0.11
50~60	0.02	0.06	0.12	0.10	0.08
60~80	0.05	0.11	0.05	0.02	0.06
80~100	0.05	0.03	0.12	0.08	0.07
平均	0.10	0.19	0.02	0.09	0.10

2.1.3 不同层次 由地表至下, 分别取 $0 \sim 30$ cm 代表浅层, $30 \sim 60$ cm 代表中层, $60 \sim 100$ cm 代表深层分析不同层次两种方法观测值的变化趋势 (图 2)。图 2 显示, 表层土壤水分的变化趋势与年变化趋势较一致, 土壤水分变化剧烈, 两种方法观测值平均相对误差为 0.25% 。2010 年 10 月 18 日以后人工观测站显著大于自动站, 相对误差为 $0.29\% \sim 0.51\%$, 是一年内误差最大的, 这与浅层中土壤水分受降水、低温、作物根系分布、土壤通透性能等因素的综合影响有关。中层土壤水分受外界因素影响较轻, 变化较平稳, 两种方法观测值相对误差 $0.10\% \sim 0.32\%$, 平均为 0.12% , 误差最大值出现在夏末秋初淋雨多发时期。深层土壤水分受外界影响轻微, 变化最平稳, 两种方法观测值误差最小, 相对误差平均为 0.07% 。

2.2 相关分析

目前, 气象台站普遍采用烘干称重法测定土

壤水分, 可以作为其他土壤水分测量方法的校正标准。因此用烘干称重法观测的土壤含水量作为基准值, 与自动站的观测值分层次进行相关分析和回归校正, 分析结果见表 2。

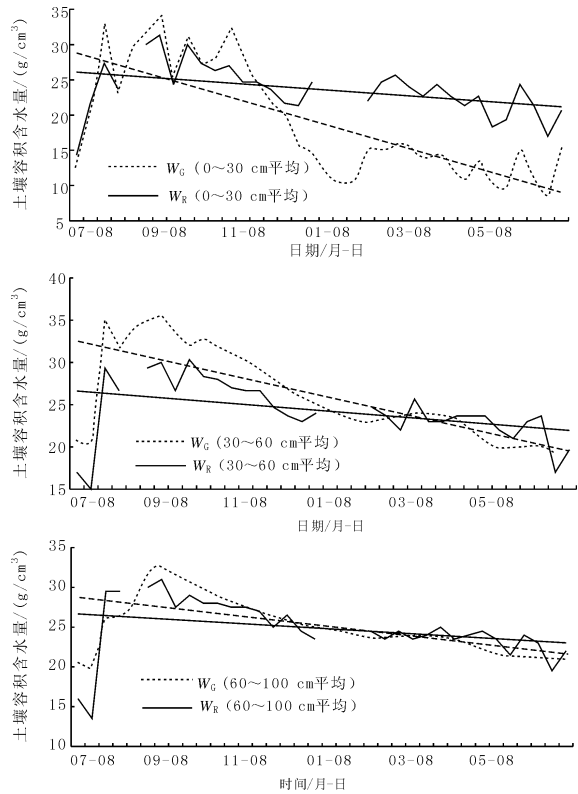


图 2 不同层次人工与自动站观测土壤容积含水量变化曲线 (直线为趋势线)

表 2 两种方法观测值回归分析

层次/cm	<i>r</i>	回归校正方程	<i>R</i> ²
0~30	0.813 1	$W_G=0.375\ 6\ W_R+16.336\ 6$	0.931 1
30~60	0.859 0	$W_G=0.594\ 0\ W_R+8.815\ 8$	0.853 9
60~100	0.831 6	$W_G=0.874\ 9\ W_R+12.837\ 6$	0.825 4
0~100	0.856 2	$W_G=0.517\ 5\ W_R+12.062\ 3$	0.891 5

表中 W_R 为烘干法测定的土壤容积含水量, W_G 为自动站校正值, r 为相关系数, R^2 为拟合优度。

各层次中, FDR 与烘干法之间的相关系数均 >0.8 , 自由度 $f=n-1=31$, 经检验, $\alpha<0.001$, 达到极显著相关水平。 R^2 均 >0.8 , 说明校正以

文章编号: 1006-4354 (2012) 01-0027-03

后 FDR 土壤水分值与传统的烘干称重法观测的值相符, 进一步说明自动站系统运行可靠。

3 结论与讨论

传统的人工烘干称重法被普遍认为是测定土壤水分较准确的方法之一, 此方法原理比较直观, 方法简单, 缺点是观测时间较长, 劳动强度大, 人为影响因素较多, 对土壤的破坏性较大。尤其是取土地点不固定, 对土壤水分不能进行原位测定, 观测数据的空间差异较大, 给准确监测土壤水分工作带来一定不便。FDR 能同时进行多个土壤剖面的水分测定, 准确迅速地获得土壤水分的连续曲线, 灵敏地反映各层次土壤水分的变化。

3.1 两种方法观测值基本同步波动, 变化趋势也基本一致。年相对误差为 0.10%; 误差以春季最大, 平均为 0.19%; 夏季最小, 平均为 0.02%。

3.2 浅层 0~30 cm 中土壤水分受降水、低温、作物根系分布、土壤通透性能等因素的综合影响, 土壤水分变化比较剧烈, 两种方法观测值误差也较大, 相对误差为 0.01%~0.62%; 中层 30~60 cm 土壤水分受外界因素影响较轻, 变化较平稳, 两种方法观测值平均相对误差 0.12%, 误差最大值出现在夏末秋初淋雨多发时期; 深层 60~100 cm 土壤水分受外界影响轻微, 变化最平稳, 两种方法观测值误差最小, 相对误差平均为 0.07%。

参考文献:

[1] 国家气象局. 农业气象观测规范 [M]. 北京: 气象出版社, 1993: 76-97.

[2] 河南省气象科学研究所. GStar-I 型土壤水分监测仪安装使用说明书 [M]. 郑州: 中国电子集团公司第 27 研究所, 2008: 2-7.

[3] 王春娟, 张义芳, 李建军. 宝鸡地区农田土壤水分周年变化特征及冬小麦干旱指标 [J]. 陕西气象, 2010 (1): 22-25.

[4] 高娟, 李亚飞. CAW600-SH 土壤水分自动站运行中的问题与对策 [C] //陕西省气象局. 陕西省首届 (2009) 综合气象观测技术与经验交流会论文集. 西安, 2009: 153-154.

[5] 董亚龙. 人工站与自动站测墒差异及原因分析 [J]. 陕西气象, 2010 (4): 34-36.