

宁夏自动土壤水分观测站标定的全过程分析

陈海波^{1,2}, 肖艳红², 张德卫², 蔡敏², 刘静¹

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏气象局, 宁夏银川 750002)

摘要 分析宁夏自动土壤水分观测站标定的全过程, 阐明自动土壤水分站标定的全道工序, 对关系标定成功与否的取土前对站址整改、土壤基本参数测定、人工取土对比观测和业务化检验审核这几个关键阶段需要注意的问题进行分析, 提出对策措施。这对于今后的自动土壤水分站建设标定工作有一定的指导意义。

关键词 宁夏; 自动土壤水分观测; 标定; 全过程; 分析

中图分类号 S152.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)29-11661-03

Analysis on Whole Process of Calibration for Automatic Soil Moisture Observation Station in Ningxia

CHEN Hai-bo et al (Key Laboratory of Meteorology Disaster Preventing and Reducing of Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract The whole process of calibration for the automatic soil moisture observation station in Ningxia was analyzed. The whole procedure of automatic soil moisture observation calibration was elaborated. The problems in several key stages of rectified and reformed environment of site station before calibrated, determination of basic parameters of soil, artificial contrast soil observation and operational verification were analyzed. Several countermeasures were put forward, which has a certain guidance reference for calibration of automatic soil moisture observation.

Key words Ningxia; Automatic soil moisture observation; Calibration; The whole process; Analysis

土壤水分状况是水分在土壤中的移动、各层中数量的变化以及土壤和其他自然体(大气、生物、岩石等)间水分交换现象的总称^[1]。土壤湿度对作物生物量积累有着直接的影响^[2]。作物对土壤水分耗费存在明显的时空差异^[3]。黄土高原气候暖干化加剧, 土壤湿度和气候生产力呈下降趋势^[4-6]。自动土壤水分观测仪是一种利用频域反射法原理来测定土壤体积分水量的自动化测量仪器, 可以方便、快速地在同一地点进行不同层次土壤水分的观测, 获取具有代表性、准确性和可比较性的土壤水分连续观测资料, 可减轻人工观测劳动量, 提高观测数据的时空密度, 为干旱监测、农业气象预报和服务提供高质量的土壤水分监测资料。不同于一般的气象探测仪器, 自动土壤水分观测站仪器在安装后需进行标定才能投入业务化运行。标定是自动土壤水分观测站建设工作中的关键, 直接影响仪器的精度。标定结果的好坏决定水分站是否能够进行业务应用。因此, 标定是水分站建设工作中的关键。

2011年, 在宁夏建成24个自动土壤水分观测站, 其中有22个站安装在固定地段, 2个站安装在作物地段。2012年开始, 对24套土壤水分观测站进行为期近1年的标校工作, 经过艰苦的工作, 最终大部分站点得以投入业务化运行。笔者通过对该次标定全过程进行分析, 阐明标定工作应注意的几个关键问题, 对今后的建设标定工作具有一定的指导意义。

1 标定要求

1.1 评估方法及标准

1.1.1 评估要求。 标定工作要经过田间标定和厂家标定2个阶段。人工取土对比观测称为田间标定。田间标定以仪器观测的10 cm 土层体积含水量变化为判断标准, 在小于10%、10%~15%、15%~20%、20%~25%、25%~30%、

30%~35%和大于35%等7个不同土壤水分体积含量区间进行相应的人工对比观测。原则上, 每个土壤体积含水量等级样本数不少于4个, 总样本数不少于30个, 建立各层相应的对比曲线, 分别计算不同层次的标定参数, 确定传感器标定参数方程, 完成对传感器的田间标定。

在完成田间标定工作后, 需达到业务化检验标准, 方能投入业务使用。业务化检验标准的评价指标: 人工观测土壤体积含水量值与器测土壤体积含水量之差的多次平均值的绝对误差 $\leq 5\%$ 。当设备田间标定结束后, 再连续人工对比观测1个月(不少于6次, 遇0~10 cm 土壤冻结顺延)用于业务检验。

若仪器未通过检验, 分析查找原因, 排除仪器故障原因后, 对建立的标定方程参数进行完善, 补充对比观测1个月后再次进行检验; 若仍达不到检验标准, 则必须对仪器进行更换。对比观测时间不少于6个月, 田间标定与检验应在1年内完成。

1.1.2 评估标准。

(1) 土壤常数测定。主要审查申请台站业务运行材料中土壤水文、物理特性测定值是否完备、合理。

(2) 厂家标定。审查申请台站业务运行材料中, 厂家标定报告内容是否规范、符合要求。

(3) 业务化检验。

$$\text{单层平均绝对误差: } \sigma_j = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - a_i|}{N}$$

$$\text{总平均绝对误差: } \bar{\sigma} = \frac{\sum_{j=1}^M \sigma_j}{M}$$

式中, x_i 为仪器观测值; a_i 为人工观测值; N 为对比观测次数, 有效样本次数不能少于6次, 样本分布时间不小于1个月; M 为观测层数; $\bar{\sigma}$ 为人工对比观测土壤体积含水量多次绝对误差的平均值。

业务化检验标准:总平均绝对误差($\bar{\sigma}$) $\leq 5\%$ 。总平均误差符合业务化检验标准,考虑到资料在业务中应用效果,单层平均绝对误差应控制在6%以内。

1.2 标定过程 自动土壤水分观测站标定在仪器安装稳定3个月后开始。宁夏自动土壤水分观测站是2011年11月底前完成设备安装的,经过3个月的稳定期,自2012年4月土壤化冻后开始进行标定。经过土壤水分常数测定、人工取土对比观测、厂家标定、业务化检验程序合格后投入业务运行。

1.2.1 土壤水文常数测定。2012年6月前指导各水分站站点点逐一进行土壤水文常数(土壤容重、田间持水量)测定,并且完成凋萎湿度的测定,将数据收集、整理,最后汇总所有站点资料,发至设备生产厂家。

1.2.2 人工取土对比观测(2012年4~9月)。在自动土壤水分观测站安装完毕3个月后,传感器安装地段的土层恢复稳定,开始进行人工取土对比观测。2012年4月1日~8月18日进行标定阶段对比观测,每旬逢3、逢8进行土壤水分人工取土对比观测。各个台站共进行30~36次人工对比观测取土,提供给厂家可以进行标定的有效对比观测数据均不少于30次。

1.2.3 业务化检验(2012年10~11月)。将8月18日前观测数据和标定方程提供给厂家,经过厂家审核、修改、认定,在8月28日按照厂家的审核结果对仪器运行参数进行修改。在8月28日~9月28日,台站进行评估阶段对比观测,各站观测6~8组人工对比样本。

宁夏共24个自动土壤水分观测站,经厂家标定后,认为宁夏24个站标定效果较好,24个站体积含水量误差全部达到5%以内的要求。将厂家标定方程系数输入程序。

各台站于8月28日进入业务验收对比观测阶段,继续进行1个月的人工取土对比校验观测工作。各台站人工取土观测结束后,将数据进行整理、分析,提交评估检验报告,申请中国气象局验收。

2 标定全过程分析

2.1 取土前对站址整改需注意的问题 由于仪器要对安装场地内的土壤水分进行测量,对场地环境要求较高,仪器均安装在当地具有代表性的地块内。做好场地的日常维护,保持良好的观测环境是精确测量土壤水分的关键。

有些地区表层土壤尤其是黏土发生严重干旱时会出现龟裂现象,若发生龟裂,则应及时处理,否则传感器与土壤之间会出现较大空隙,仪器观测数据将会严重偏低,甚至达到零值。龟裂的处理方法为:需将传感器周围20 cm内土壤挖开至未开裂的深度,然后在附近选取松散的潮湿土壤进行回填,并将回填土压实,确保土壤与传感器套管紧密接触。传感器及其周围土壤严禁使用任何诸如杂草、沙石等物质覆盖,否则将会影响传感器周围土壤的水分蒸发或降水渗透,造成仪器观测数据无代表性。

有些台站担心仪器遭受破坏,对传感器采取一定措施进行保护,如对传感器进行遮盖或用土掩埋,但这些措施会严重影响传感器测量,如传感器被石板遮盖,当有降水时,周边

农田水分含量较大,但传感器感应部分含水量无较大变化。

据实地查看,发现部分站点周围遍布取土留下的钻孔没有被填埋,土壤水分从孔中蒸发,造成钻孔周围土壤湿度降低,下次取土还在钻孔周围,导致对比观测的土壤湿度偏小,给准确校验带来困难。

自动土壤水分观测站对场地环境的要求较高,不允许有垃圾和杂物,杂草也需要被清理干净。有些站点围栏内环境尚好,围栏外废弃物较多,有些站点杂草丛生,很难保证土壤水分数据的准确性,且围栏内外观测环境的不一致会造成一定的校验误差。

传感器周围土壤中的石块、铁块等异物都会影响数据监测。有些台站某些层次的数据较异常。通过开挖传感器周边土壤,发现传感器周边土壤质地不均匀,含有石块等异物。这些会严重影响数据观测,造成观测结果偏小,石块紧贴传感器安装套管。还有一些台站的传感器周边异物系人为原因设置。该站将防雷角铁插在传感器旁边,严重影响传感器的测量频率。如果台站发现某些层次数据异常,那么在排除传感器自身故障后,可对传感器土层开挖检查是否有异物,但这种方法要谨慎操作,一旦开挖就需重新安装传感器。若土壤板结或开裂,管壁与土壤不紧贴,则须按要求做好维护工作,同时该段时间的数据不作为设备标定数据。

2.2 土壤基本参数测定 《自动土壤水分观测规范(试行)》规定,在选定观测地段后,应按《农业气象观测规范》^[7]要求,在观测地段附近分层测定土壤容重、田间持水量和凋萎湿度等土壤水文、物理常数,并在土壤水分自动站值班日志中填写。

土壤水文参数中土壤容重和最大田间持水量与设备输出的相对湿度有关。凋萎湿度与有效含水量、水分总储量换算有关。它是设备投入业务运行及业务服务急需的重要参数。若测量不准确,则会影响资料的准确性。通过多次对台站人员培训,制发测定操作教学光盘,使得台站人员熟悉各项操作,顺利完成测定工作。

2.3 人工取土对比观测 按照规范要求,对8个层次按7个不同土壤水分体积含水量区间进行相应的人工取土对比观测。每个土壤体积含水量等级样本数不少于4个,总样本数不少于30个。同时,人工对比取土观测跨越干湿两季,使得获得的样本分布均匀,能够代表当地土壤水分含量范围,并且验证仪器在干湿两季过渡期的适应性。取土钻孔的位置应分布在传感器埋设位置四周半径2~10 m之间的范围内。完成取土观测后,取土孔要立即分层回填,不得在回填孔中再次取土进行对比观测。取土时,记录每个钻孔取不同深度土样时的详细时间。

在人工标定过程中,技术要求上按照观测规范的各项要求执行。对于部分特殊地区,可以采取“人工造墒”的方式缩短获取样本的时间,但是要注意频次,且造墒过程要使得人工取土的4个重复湿度均匀。对于“干湿季”,主要是对比期间能够获取降水量较多和较少的样本(即获取土壤较湿和较干的样本),以验证仪器在干湿两季过渡期的适应性。根据

本地降水特点,选择对比时间。在土壤湿度变化不大时,应减少取土频次,以减少对取样区域的破坏;在降水过程前后,可适当增加取土频次,以尽量采集各个体积含水量区间的对比观测样本数。

对于人工对比观测数据的4个重复偏差较大的问题,可能由于观测员取土方法不当或各重复的取土地点有问题,这样的样本不能纳入设备标定数据,必须取消该次观测数据,重新测定。

对比观测时间一般不少于6个月。若通过人工造墒等方法获取规范规定样本数(干湿区间和样本数均满足),可适当减少对比观测时间,但不能少于3个月。

在田间标定过程中,在传感器埋设位置四周半径2~10 m范围内,建立标定方程期间的对比观测人工取土,选择距离自动土壤水分观测站相对较远的点进行人工取土(切记取土后及时回填),保留距离传感器埋设位置较近的区域用于业务化检验。

2.4 关于业务化检验审核 《自动土壤水分观测规范(试行)》规定,人工观测土壤体积含水量与器测土壤体积含水量之差的多次平均值的绝对误差 $\leq 5\%$ 。同时,规定田间标定与检验应在1年内完成。8层(以1 m安装深度为例)自动土壤水分观测数据与人工对比观测数据的绝对误差的平均值 $\leq 5\%$ 。业务化检验过程中要求,人工观测土壤体积含水量与器测值每层绝对误差均需 $\leq 6\%$ 。仪器安装开始运行月份后的第1个月为起始月,1年内完成田间标定与检验(冬季有冻土地区按冻土时长延长相应月数)。

在评估验收前,必须有厂家出具的标定报告(写明标定日期)。对于审核后未通过业务化检验的站点,应及时通知厂家进行实地整改或重新标定,并出具整改报告(或新的标

(上接第11604页)

株和侵染条件对转化效率的影响,结果发现农杆菌菌株EHA105小麦绵阳19和洛阳8716幼胚愈伤组织侵染的最佳条件均为OD600 0.8 侵染30 min,农杆菌菌株LBA4404绵阳19和洛阳8716幼胚愈伤组织侵染的最佳条件分别为OD600 1.0 侵染30 min和OD600 0.8 侵染60 min^[7]。高世武等在前人的研究基础上,对影响EHA105感受态细胞转化效率的因素进行了系统的研究,明确了采用冻融法将外源DNA导入农杆菌EHA105时的几个影响因素的参数^[8]。王永勤等采用3个根癌农杆菌菌株(AGL-1、EHA105和LBA4404)对普通小麦的幼胚及幼胚愈伤组织进行了遗传转化,结果表明侵染前对外植体进行高渗处理较明显地提高了抗性愈伤获得率^[2]。

4 小结与展望

不同的农杆菌菌株对小麦的侵染能力不同,相同的菌株对不同的小麦品种的侵染能力也不同。尽管目前某些研究结果不尽一致,但这些结果并不是在严格一致的试验条件和相同的标准下得到的,因此有必要进一步进行系统的研究、

再提交业务化验收申请。厂家标定后至少连续1个月的人工对比观测数据,正常情况下以逢3、逢8观测的4个重复为准。

3 运行情况及评估结果

宁夏自动土壤水分观测站验收结果表明,平罗等21个站通过8个层次体积含水量误差 $< 5\%$ 的评估要求,单层误差均 $< 6\%$,完全达到业务化运行要求,占所建站点比例87.5%;泾源站通过5个层次体积含水量误差 $< 5\%$ 的评估要求,单层误差均 $< 6\%$,达到业务化运行要求,占所建站点比例4.2%;麻黄山站10 cm误差过大,将进行仪器安装整改,其余7个层次符合要求,进行场地整改后再进行人工取土对比观测;冯记沟站各层误差较大,系因该测点下层为沙地,人工取土测值偏小,波动幅度大,需进行站址迁移。

4 结语

自动土壤水分观测站的标定工作是一个复杂的过程。技术要求高,需经历相当长的时间,完成各个环节的繁重任务。每个环节的工作都需严格按照规范认真做好,才会使下一步的工作得以顺利进行,保证最终通过业务化验收。

参考文献

- [1] 中国气象局. 自动土壤水分观测规范(试行)[S]. 北京:气象出版社, 2011.
- [2] 赵鸿,王润元,王鹤龄,等. 半干旱雨养区苗期土壤温湿度增加对马铃薯生物量积累的影响[J]. 干旱气象, 2013, 31(2): 290-297.
- [3] 史晓霞. 黄土高原半干旱区主要作物生育期土壤水分变化[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 461-465.
- [4] 龚建福,王毅荣,张存杰. 黄土高原土壤干旱及其敏感阶段特征[J]. 中国农业气象, 2005, 26(2): 67-72.
- [5] 王毅荣. 中国黄土高原地区干旱特征[J]. 干旱区地理, 2008, 31(1): 38-43.
- [6] 王毅荣,王润元,邓振镛. 黄土高原气候生产力演变特征[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 70-75.
- [7] 中国气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京:气象出版社, 1993.

比较,找出对小麦转化最为有效的菌株。目前小麦转基因研究中仍存在许多问题与困难,但随着基因工程的不断发展、小麦遗传转化技术和转化体系的日渐完善,将会建起一套完整的清晰的小麦遗传转化体系,并产生更多高产、优质、高抗的小麦品种,为社会和人类带来福利。

参考文献

- [1] 肖兴国,张爱民,聂秀玲. 转基因小麦的研究进展与展望[J]. 农业生物技术学报, 2000(2): 111-116.
- [2] 王永勤,肖兴国,张爱民. 农杆菌介导的小麦遗传转化几个影响因素的研究[J]. 遗传学报, 2002(3): 260-265, 286.
- [3] 武丽敏,郑有良,魏育明,等. 小麦转基因研究进展[J]. 四川农业大学学报, 2003(2): 176-181.
- [4] 李东栋,石玮,邓秀新,等. 不同根癌农杆菌菌株对柑橘愈伤组织遗传转化效率的影响[J]. 华中农业大学学报, 2002(4): 379-381.
- [5] 赵慧茹,谷运红,焦滨,等. 农杆菌介导小麦遗传转化的影响因素[J]. 安徽农业科学, 2008(23): 9885-9887.
- [6] 张彬,赵明,贾栋,等. 小麦基因型对根癌农杆菌菌株敏感性研究[J]. 山西农业大学学报:自然科学版, 2006(2): 135-137.
- [7] 刘香利,陈明利,赵惠贤,等. 小麦农杆菌转化体系的优化及HMW-GS 1Bx14基因转化[J]. 中国农业大学学报, 2011(6): 25-31.
- [8] 高世武,郭晋隆,阙友雄,等. 影响根癌农杆菌EHA105感受态细胞转化效率因素的研究[J]. 热带生物学报, 2012(1): 22-27, 31.