

SM P201 型土壤水分传感器性能测试

李云开¹, 杨培岭¹, 刘洪禄²

(11 中国农业大学; 21 北京市水利科学研究所)

摘 要: 通过对 SM P201 型土壤水分传感器在 3 种土壤质地(砂土、壤土、粘土)在不同土壤水分含量下对应的传感器输出的测试, 分析比较研究其对应的拟合曲线, 进行率定, 并同时研究了传感器对酸性土、盐碱土的测试情况。实验结果表明 SM P201 土壤水分传感器在各种性能上都能满足农业上对于测定土壤水分的精度要求, 具有较好的应用前景。

关键词: 土壤水分传感器; 性能测试

中图分类号: S15217; TP21219

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0220050204

快速、准确地测定农田土壤水分, 对于探明作物生长发育期内土壤水分的盈亏, 以便适时作出灌溉、施肥决策或排水措施等具有重要意义。目前, 农田土壤水分的直接测定主要用烘干法, 即土钻法(SA), 间接测定可用石膏电阻块、张力计(负压计)和中子仪等。土钻法一直被认为是最经典和最精确的方法, 但土钻法一般只能测定土壤质量含水率, 还必须先已知土壤容重才能求得体积含水量或土体贮水量, 且由于土样不能原位复原, 较难用于定点监测土壤水分动态变化。石膏电阻块法虽能定点测定, 但测定结果常常受土壤类型、盐分浓度及环境温度等因素的影响。张力计只能测定土壤的基质势, 只有已知土壤水分特征曲线才能估算土壤含水率。中子仪法(NP)虽能长期定位监测土壤水分动态变化, 但中子探头的“热中子云球”的半径随土壤含水率大小而改变, 尤其表层含水率不易准确测定, 其应用受到一定限制。用 TDR(时域反射仪)方法测量土壤含水率, 能满足快速测定、实时性的要求, 也提高了土壤水分的测定精度(可以达到 0.15%), 但 TDR 原理的水分测量仪价位高, 其普及的难度太大, 难于大量运用于农村的土壤墒情实时监测与节水自动控制系统中^[1]。

研制一种物美价廉的土壤水分测试仪成为当务之急, 北京市水利局自动化所承担了北京市“九五”节水攻关项目中的“土壤水分快速测试仪的研制与开发”, 现已成功地研制出 SM P201 型土壤水分传感器, 实现土壤水分的在线观测, 本研究主要对其性能进行测试和结果分析。

1 材料与方法

实验在中国农业大学东区喷灌实验室进行, 以土壤自然风干脱湿过程进行率定。随机抽取 3 个探头(标号为 1、2、3 号)进行测试, 探针长度为 6 cm, 供试土样为 3 种典型质地土壤: 砂土、壤土、粘土, 同时对酸性土、盐碱土也进行了测试。试验每种土壤取 3 个重复, 系列土壤含水率值通过在土壤自然风干过程中获得, 土体用定容重分层装入。当土水势降到约 15 bar 以下时, 停止测量。传感器读数用数字电压表, 求出土壤体积含水率与仪器读数的函数关系^[2, 3]。

2 结果与讨论

2.1 单个传感器特性分析

单个探头的稳定是传感器适用的前提, 因而先对单个探头在单一土壤类型不同土壤水分条件下的特性进行相关性分析:

从图 1~3 可以看出, 单个探头、探针在单一土壤中的相关系数都相当高(R^2 都在 0.196 以上), 达到极显著相关水平, 单个传感器相关性很好。整个试验从 7 月 24 日开始进行, 当时平均气温都在 35 以上, 于 10 月 27 日结束, 平均气温在 20 以下, 整个试验延续 96 d, 测量的时间有清晨、中午、晚上, 温度变化范围较大, 从中可以看出传感器在植物生长温度范围对温度的敏感性较低, 传感器的稳定性很好。

从总体来看: 砂土、壤土、粘土相关系数非常接近, 说明传感器读数的离散性对土壤质地的敏感度低。砂土与壤土、粘土拟合曲线的开口方向不一样, 但壤土、粘土开口方向一致, 而绝大多数土壤都介于壤土与粘土之间, 因而可将壤土与粘土作为普通土

收稿日期: 2001209203 修订日期: 2001212211

基金项目: 北京市科委“九五”重大科技攻关项目(952360100)资助;

作者简介: 李云开, 硕士研究生, 北京市海淀区清华东路 17 号中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。

壤的代表, 现将壤土与粘土作为整体考虑。从图 1~3 可以看出, 相关系数在 0.197 以上, 达到极显著相

关, 说明对于一般土壤(壤土、粘土)传感器输出对土壤质地不敏感。单个传感器具有很好的性能。

表 1 供试土样的机械组成

Table 1 The composition of experiment soils

土壤质地	取土地点	取土深度 δcm	各级颗粒含量δ%					
			粒径δmm					
			2~ 1	1~ 0.125	0.125~ 0.11	0.11~ 0.105	0.105~ 0.1002	< 0.1002
砂土	北京郊区百各庄	0~ 20	6189	47169	22140	9145	7125	6132
壤土	中国农业大学西区	45~ 100	0128	0148	2155	30198	42177	22194
粘土	中国农业大学西区	100~ 140	0	0143	1136	13179	38189	45153

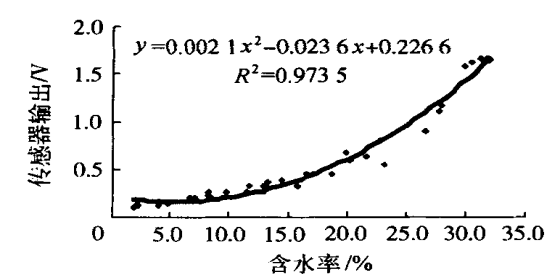


图 1 1 号探头在砂土中的传感器输出

Fig 1 The output of probe No. 1 in sand soil

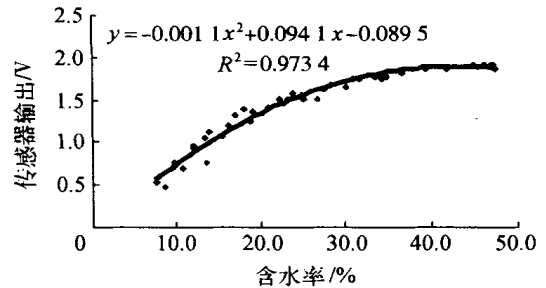


图 2 1 号探头在壤土中的传感器输出

Fig 2 The output of probe No. 1 in loam

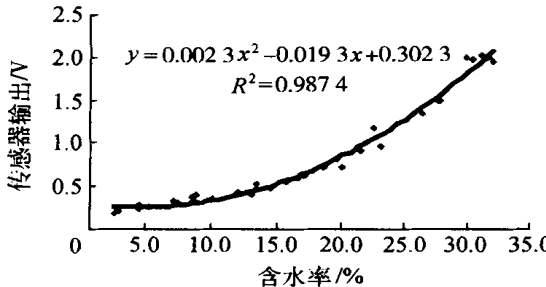


图 3 1 号探头在粘土中的传感器输出

Fig 3 The output of probe No. 1 in clay

2.1.2 传感器个体差异分析

应该考虑传感器的个体差异, 因个体差异显著对于传感器率定和生产使用都极为不利。

探头在砂土中的传感器输出结果及图 4 表明被抽取的 3 个传感器相关系数(R^2)都在 0.190 以上, 说

明此传感器的一致性相当好, 个体差异极小, 有利于批量生产、整体率定、成批率定, 可大大降低生产成本, 益于推广普及使用。

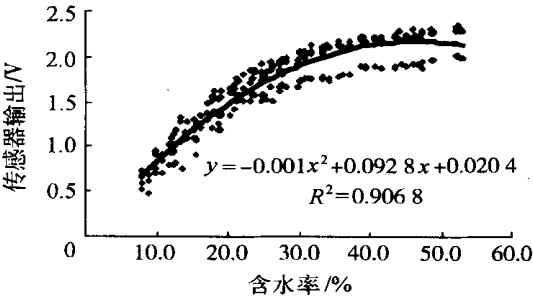


图 4 3 个探头在壤土与粘土中的传感器输出

Fig 4 The output of three probes in loam and clay

2.3 传感器对于酸性土的适用性

在我国, 酸性土的分布极广, 但对于酸性土土壤水分观测一直是一个问题, 传感器也应能测量酸性土的土壤水分。

图 5、图 6 所示, 单对于酸性土来说, 相关系数(R^2)都在 0.192。对于酸性土与普通土壤的整体相关系数在 0.172, 但已达到极显著相关, 因而 SM P201 对于酸性土土壤水分的测量是完全满足精度要求的, 但为了追求更高精度, 建议最好对于酸性土地区在试验区单独进行率定。

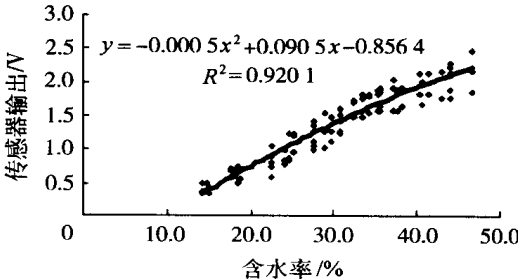


图 5 3 个探头在酸性土中的传感器输出

Fig 5 The output of three probes in acid soil

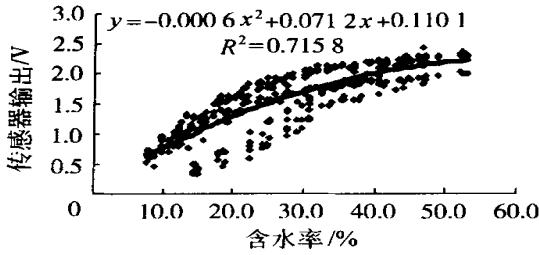


图 6 3 个探头在酸性土、壤土与粘土中的传感器输出

Fig 6 The output of three probes in acid soil, loam and clay

214 传感器对于盐碱土的适用性

盐碱土中土壤含盐, 盐分对电介质的传导率影响较大, 因而用传感器测量土壤水分一直是一个难点。从图 7、图 8 可以看出, 相关系数 (R^2) 都在 0.181 以上, 达到极显著相关。因而 SM P201 型传感器测量盐碱土土壤水分是完全满足精度要求的。

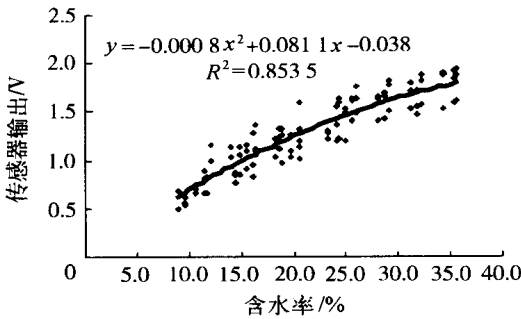


图 7 3 个探头在盐碱土中的传感器输出

Fig 7 The output of three probes in calibrate

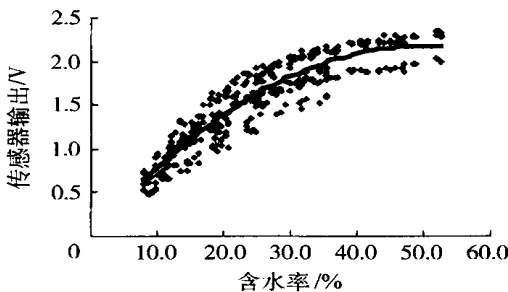


图 8 3 个探头在盐碱土、壤土与粘土中的传感器输出

Fig 8 The output of three probes in calibrate, loam and clay

3 结 论

实验结果表明 SM P201 型传感器的优越性主要表现在以下几个方面:

1) 实验中用数据采集系统使传感器与计算机相连, 实现对数据的在线处理。同时用数据库进行随时存储, 对于迅速、连续观测土壤水分动态是一个新的突破。

2) 传感器测量线性度高, 对于普通土壤在 14% ~ 50% (体积含水率) 相关系数达到 0.198 以上。其它类型土壤相关系数也都在 0.192 以上。

3) 传感器的稳定性高, 一般在 10 s 以内就能稳定, 然后波状下降, 总的下降量 30 min 以内达 0.18%, 能满足实际应用要求。

4) 仪器读数的离散度对土壤质地不敏感, 这对于传感器的适用性是很有利的。

5) 测量范围广, 涵盖砂土、壤土、粘土及酸性土和盐碱土, 只有盐碱土的测量精度稍低, 但已达到实际应用的精度要求, 其它的几种类型的土壤都有很高的精度。

本传感器还处于发展的初级阶段, 在使用过程中还需注意以下几个方面的问题:

1) 建议在酸性土、盐碱土地区使用过程中使用者单独率定或成批率定给出一条曲线。

2) 测量砂土时温度高于 40 °C 时引起所有土壤测值的迅速变化, 建议在温度变化范围不大 (40 °C 以下) 时进行迅速观测。

3) 土壤含盐量对传感器读数的离散性有一定影响, 因此在测量盐碱土土壤含水率时应该根据地点不同进行实地土壤率定。

4) 在使用时, 对于普通土壤 (壤土、粘土) 测量范围最好在 14% ~ 50%, 对于砂土测量范围最好在 5% ~ 23%, 盐碱土测量范围最好在 20% ~ 35%, 酸性土地区最好在 25% ~ 45% 之间。

[参 考 文 献]

[1] 李保国, 龚元石, 左 强等. 土壤农田水的动态模拟及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000
[2] 华 孟, 王 坚. 土壤物理学[M]. 北京: 农业大学出版社, 1993
[3] 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 田间土壤水分运动参数的标定[J]. 水利学报, 1986, (12): 1~ 10

Performance Test of SM P-01 Soil Moisture Probe

Li Yunkai¹, Yang Peiling¹, Liu Honglu²

(1. College of Hydranlic & Civil Eng ineerig, China A gricultural University, B eijing 100083, China;

2 B eijing Hydraulic Research Institute, B eijing 100044, China)

Abstract Study on the output of the SM P201 Soil Moisture Probe in three typical soil texture (sand soil, loam, clay) and variant soil moisture was conducted Its calibration was carried out by analyzing and comparing the fitting curve of correspondence and test on the properties in acid soil and saline2alkali soil Experimental results show that the properties of SM P201 soil moisture probe used in agriculture can meet demands of the precision requirement

Key words: soil moisture probe; performance test

《农业工程学报》编委会部分编委(扩大)会议在杨凌召开

借 2002 农业与生物系统工程科技、教育发展
战略论坛在杨凌召开之机,《农业工程学报》由编
委会主任汪懋华院士主持,于 6 月 25 日晚上召开
了部分编委(扩大)会议。到会的有罗锡文教授、杨
邦杰教授、傅泽田教授、赵匀教授、赵杰文教授等
5 位编委会副主任以及张乃迁教授、杨秀生教授、
张瑞红教授等海外编委和其他编委共 30 人,其他
代表 10 多人。

首先由编委会常务副主任兼主编杨邦杰讲
话,他感谢本届编委对学报工作的大力支持,使学
报的办刊质量连年上升,同时表示有编委和广大
农业工程科技工作者的支持,编辑部有决心把学
报办得更好。然后重点介绍了一些新的办刊思路,
如关于聘请栏目首席专家编委,打造精品栏目;注
重论文的选题与撰写,特别强调了要提高论文中
英文摘要、引言、结论(结语)、参考文献等的写作、
审查与编辑质量。还通报了下一届编委会换届时
将广泛吸收农业工程界在学术上卓有成就而又热
心学报工作的中青年专家进入编委会,同时尽可
能兼顾编委所在学科和单位分布的平衡。学报主
办单位中国农业工程学会常务副理事长、学报编
委、中国农业工程研究设计院院长朱明研究员讲

话,他充分肯定了学报所取得的成绩,并表示院里
将尽力为学报创造良好的办刊条件,相信有了大
家的支持,学报将会办得更好。学报副主编王应宽
汇报了编辑部 2002 年上半年的出刊工作和下半
年的工作计划,着重强调了 2002 年第 5 期英文辑
征稿、审稿、编辑、交流、交换等工作,同时,还公布
了学报新的网址和新的通讯地址、联系电话,通报
了学报近期的几项主要工作,包括尽力解决学报
被 EI 的收录与检索中出现的问题、筹办英文期刊
的问题等。最后,大家对办刊提出了许多好的意见
和建议:如充分发挥编委的作用;学报的审稿专家
不宜太集中,不要局限于在京的编委、专家,应充
分调动京外编委、专家的积极性;同时,依靠海外
的编委、专家提高英文摘要质量,帮助加强学报与
EI 等国际知名文献检索系统的联系,学报的海外
发行与交流等问题。会议原则同意由中国农业工
程学会和海外华人农业、生物与食品工程师学会
共同主办一本英文期刊。两学会分别指定《农业工
程学报》副主编王应宽和明尼苏达大学生物系统
与农业工程系教授阮榕生博士(R. Roger Ruan)
为联系人,进一步研究具体事宜。

(本刊辑)