

## 土壤含水率和盐分对土壤电导率的影响

孙宇瑞

(中国农业大学精细农业研究中心)

**摘要** 基于电流-电压四端法的“polar-dipole array”形式,以壤土作为研究对象,对土壤含水率和土壤盐分与土壤电导率之间的相互关系进行了试验研究。结果表明,在土壤盐分和含水率2个相关因素中,土壤盐分对土壤电导率的影响较土壤含水率要大得多。

**关键词** 土壤电导率; 土壤含水率; 土壤盐分; 测量

**分类号** S 153.2

## Experimental Survey for the Effects of Soil Water Content and Soil Salinity on Soil Electrical Conductivity

Sun Yurui

(Research Center of Precision Agriculture, CAU)

**Abstract** By using one type of four-electrode sensors, called “polar-dipole array”, the relationship among soil water content, soil salinity and soil electrical conductivity was investigated. The test results showed that in most cases soil salinity can be assessed directly from the measurement of soil electrical conductivity even though soil electrical conductivity is a variable determined by a combination of soil water content, soil salinity and soil texture, soil compaction and so on.

**Key words** soil electrical conductivity; soil water content; soil salinity; measurement

近年来土壤学的研究表明,土壤电导率这一参数本身包含了反映土壤品质和物理性质的丰富信息<sup>[1]</sup>。例如,土壤中盐分、水分及有机质含量,土壤压实度、质地结构和孔隙率等都不同程度地影响着土壤电导率的改变。在以上诸因素中,文献[2]认为土壤盐分和含水率对电导率的影响明显大于其他各因素。借助于测量土壤电导率评价农作物的生长环境,是当前发达国家精细农作研究的热点之一。笔者应用“电流-电压四端法”的“polar-dipole array”测量组态,对土壤盐分、含水率与土壤电导率间的相互影响分别做了单因素和双因素的试验研究。

### 1 测量原理

测量电路见图1。 $I$ 为一恒流源,作为测量电路的激励信号源; $\Delta V_{MN}$ 为 $M$ 与 $N$ 两点间的电位差。4根土壤探针分为2组分别与 $I$ 和 $\Delta V_{MN}$ 连接, $J, K$ 分别为激励电流 $I$ 的流入与流出口; $M, N$ 分别为测量电路的输出电位端口; $a$ 为电流端 $J$ 和 $K$ 距离之中点至电压端 $M$ 和 $N$ 距离之中点的跨距; $b$ 为 $J$ 和 $K$ 间的距离; $c$ 为 $M$ 和 $N$ 间的距离。这种特殊的测量探针分布结

收稿日期: 2000-02-29

孙宇瑞,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)63信箱,100083

构,称为“polar-dipole array”。从物理学可知,如果被测导体的横截面积与长度确定,则导体的电导率很容易求得;然而,土壤是一个半开的、无限大的测量对象,对于大地电导率的测量问题来说,它恰恰是一个横截面积与长度都不确定的复杂测量对象。现有研究结果已经证明<sup>[3]</sup>,当土壤探针按“polar-dipole array”分布时,土壤电导率 $\sigma$ 可以通过

$$\sigma = \frac{1}{2\pi k} \frac{I}{\Delta V_{MN}} \quad (1)$$

计算确定。式中: $\sigma$ 为土壤电导率, $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ;系数 $k = \{ [a + (c/2) - (b/2)]^{-1} - [a - (c/2) - (b/2)]^{-1} + [a + (c/2) + (b/2)]^{-1} + [a - (c/2) + (b/2)]^{-1} \}^{-1}$ ,其单位为 $\text{cm}$ 。

对于式(1)的物理解释是,电流 $I$ 除以电位差 $\Delta V_{MN}$ 表示土壤的电导, $2\pi k$ 可视为“单位长度”。

## 2 实验结果分析

实验采用SCT-10土壤电导仪,美国MARTEK INSTRUMENT公司商业化产品。测量原理为电流-电压四端法的“polar dipole”组态。这种仪器除了测量土壤电导率之外还可测量土壤温度,并根据测得的土壤温度对土壤电导率测量结果进行精确修正。仪器的精度自检通过测量该公司提供的标准浓度的KCl溶液完成。表1给出了SCT-10土壤电导仪的主要指标。

表1 SCT-10土壤电导仪性能

被测参数	测量范围	测量精度
温度/	0~100	$\pm 0.10$
电导率/	0~1	$\pm 0.010$
( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	0~10	$\pm 0.05$
	0~100	$\pm 0.5$

试验用土为壤土,成分为粘土22%,淤泥32%,沙子46%。为了检验土壤含水率对电导率的影响,在土壤含水率为7%~36%的变化范围内配置了6种土样,土样含水率的检验标定采用烘干法。

土壤含水率对电导率的影响。土壤含水率 $\eta$ 对电导率 $\sigma$ 的影响见图2。可以看出,含水率在15%~30%之间变化时电导率的改变最为显著,且两者间近似为线性关系;当含水率

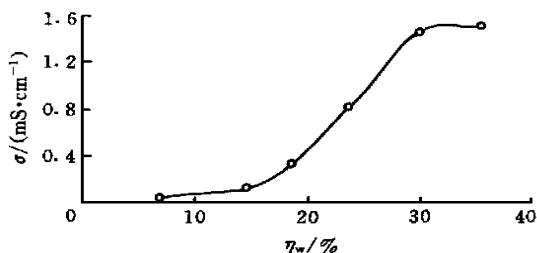


图2 土壤含水率 $\eta$ 对电导率 $\sigma$ 的影响

超过30%以后,土壤电导率的变化趋势明显减缓,这大概也是文献[3]中建议土壤盐分的测量最好在大雨过后或长期未降雨的条件下进行的主要原因。

土壤盐分对电导率的影响。实验前先将土样分放在4个土槽中,每个土槽内的土壤含水率严格保持一致。4个土槽中盐的质量分数 $w$ (盐)是不同的,均为预先测定。考虑到实验过程中要不断改变每个土槽中的土壤含水率,保持土壤中的盐分不变是不可能的,故选择盐的质量分

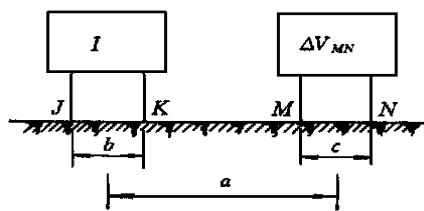


图1 “polar dipole”组态示意图

数  $w$  (盐) 作为自变量。由图 2 可知, 当含水率在 15%~30% 之间时, 对电导率的影响最为显著, 故选择含水率分别为 15%, 20%, 25%, 30% 时, 测定  $w$  (盐) 对电导率的影响, 结果见图 3。

可以看出,  $w$  (盐) 对土壤电导率的影响比土壤含水率对电导率的影响显著的多。由于实际上低含盐农田土壤电导率一般小于  $1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 按美国农业部标准规定当土壤电导率大于  $4 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  时即为高含盐土壤, 所以从实验结果看, 在忽略含水率影响的情况下通过测量土壤电导率估计土壤盐分的做法应当是能够接受的。

### 3 结 论

对于农业土壤中最常见的壤土, 当土壤含水率在 15%~30% 之间变化时, 土壤电导率的变化最为显著且近似呈线性关系; 当土壤含水率超过 30% 以后, 它的影响明显减小, 这是因为土壤含水率已接近饱和限度的缘故。作为影响土壤电导率的 2 个最主要因素, 相比之下土壤盐分的影响远大于土壤含水率的影响, 因此, 在忽略土壤含水率影响因素的前提下通过测量土壤电导率来估计土壤盐分的做法是有明确指导意义的。

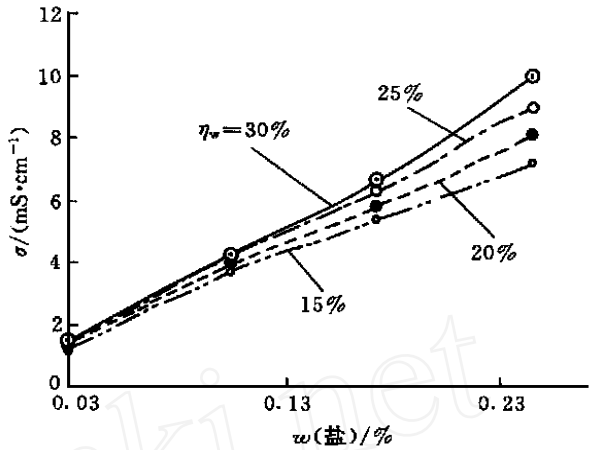


图 3 土壤含水率  $\eta_w$  不同时  $w$  (盐) 对  $\sigma$  的影响

### 参 考 文 献

- 1 Rhoades J D, Shouse P J, Alves N A, et al Determining soil salinity from soil electrical conductivity using different models and estimates Soil Sci Soc Am J, 1990, 54, 46~ 54
- 2 Rhoades J D, Chanduvi F, Lesch S Soil salinity assessment FAO Irrigation and Drainage Papers 1999, 57, 3~ 7
- 3 Telford W M, Geldart L P, Sheriff R E, et al Applied Geophysics Cambridge: Cambridge University Press, 1974 632~ 640