

土壤直流电导率与含水量和容重的关系

毛久庚* 李成保

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

以砖红壤、赤红壤、红壤、黄棕壤、滨海盐土、内陆盐土和苏打盐土为供试土样,采用四极直流法测定不同含水量或不同容重下的土壤电导率。结果表明,直流电导率随土壤类型及其含水量或容重而异。在供试土样中,只有黄棕壤和苏打盐土的直流电导率与水分和容重有较好的正比关系。对于可变电荷土壤、滨海盐土和内陆盐土,仅在一定的含水量或容重区间内,才呈现正相关。

1976年Rhoades等^[1]导得土壤电导率的宏观模式:

$$X_a = TX_w\theta + X_s$$

式中 X_a 为土壤表现电导率; T 是土壤传递系数,包括土壤弯曲率和电导池的几何形状这样两个因素; X_w 是土壤溶液的电导率; θ 是土壤含水量; X_s 为 X_w 等于0时的土壤电导率,即为表面电导,它是由粘粒表面上吸附性离子引起的。由于土壤弯曲率与容重有关,所以上式已从理论上预示了土壤电导率与含水量及容重之间的关系。Bohn等^[2]于1982年对土壤电导模式作了进一步的理论推导,导得土壤表现电导率 X_a 与土壤水分张力的平方(φ^2)成反相关。然而迄今为止,对土壤电导模式的实验验证并不多,对于Rhoades电导模式在不同土壤中的适用性尚待继续研究阐明。

在土壤电导的实际测量中,特别是在野外原位测量时,除了盐渍土的含盐量和土壤的施肥措施会明显影响电导外,对作物生长有重要意义的某些物理因素(如温度、含水量、容重)对电导的影响研究不多。这就使得在不同土壤物理条件下测得的电导数据难以正确地定量比较和运用。因此,研究土壤电导率与含水量和容重之间的关系,不论在理论上还是在实际应用上,均有重要意义。

由于土壤中离子的浓差迁移以及作物对养分的吸取均是单方向进行的,因此土壤直流电导更能反映离子迁移及作物吸取养分时所遇到的阻力,能更好地表征土壤的肥力状况,所以我们采用四极法测量土壤的直流电导。工作中选用3种可变电荷土壤和3种盐土、1个黄棕壤作供试土样,研究了在不同土壤含水量和不同容重下,土壤直流电导率的变化规律,以检验Rhoades土壤电导模式的适用性。

一、材料和方法

(一)供试土样

供试土样为砖红壤(广东徐闻)、赤红壤(广东石牌)、红壤(江西进贤)、黄棕壤(江苏南

* 现在南京市农业局工作。

京)、滨海盐土(山东胜利)、内陆盐土(新疆克拉玛依)、苏打盐土(黑龙江大庆)。

土样风干后磨碎,过1mm孔径的筛,装瓶备用。砖红壤、赤红壤和红壤的粘粒含量分别为48、18和27%。滨海盐土、内陆盐土和苏打盐土的可溶盐含量分别为1.9、1.1和0.53%。

(二)试验方法

1. 试验条件 当研究土壤含水量与直流电导率的关系时,要使其它影响因素保持不变。对一定的供试土样来说,只要将容重固定,就可观测土壤电导率随含水量的变化。称取一定重量的风干土,先加入少许去离子水拌匀渗和后,均匀装填于四极电导池内,使成一定的体积,待温度恒定后测量其直流电导。在保持土壤体积不变的条件下,逐渐增大土壤含水量直至水饱和,在不同含水量下测量电导值。

当研究土壤容重与直流电导率的关系时,为了便于改变土壤容重,选用潮润含水量。使每个供试土样的含水量保持不变,改变土壤的松紧度,使容重由小变大,依次测量土壤的直流电导值。

2. 测量装置 整个测量装置由恒流源、四极电导池和毫伏计组成。

恒流源系由场效应管、电位器、电阻器以及波段开关等元器件组装而成的。用9伏层积电池作电源。通过波段开关换挡可以大幅度地改变场效应管偏置电阻的阻值,因而可使场效应管供给的电流范围很宽,可从数微安变到数毫安。这样就可适应不同导电介质的直流电导测量,既可测量南方的可变电荷土壤,也可测量滨海和内陆的盐碱土。

为适应不同的测量要求,我们研制了大、小两种四极电导池。池壁是有机玻璃,上有塑料盖。内、外电极均封结于池壁内。外电极选用惰性的玻璃碳,内电极是紫铜棒。

我们将ECM—1型电化学复用仪作毫伏计用,因为它的输入阻抗高,并有多位半的液晶显示器,使读数快速正确,给测量带来方便。

二、结果和讨论

(一)土壤含水量对直流电导率的影响

在容重不变时,于不同含水量下测得的直流电导率,统一校正到25℃之值^[3],并对土壤含水量作图,即得不同土壤的直流电导率随含水量的变化曲线(图1)。由图线看出,对于可变电荷土壤,当容重为1.10—1.2g/cm³时,含水量由5%增加到17%左右,直流电导率未见明显增大。继续增加含水量至饱和,红壤和赤红壤的电导率与含水量成正比;而砖红壤的电导率急剧增加,当含水量约由

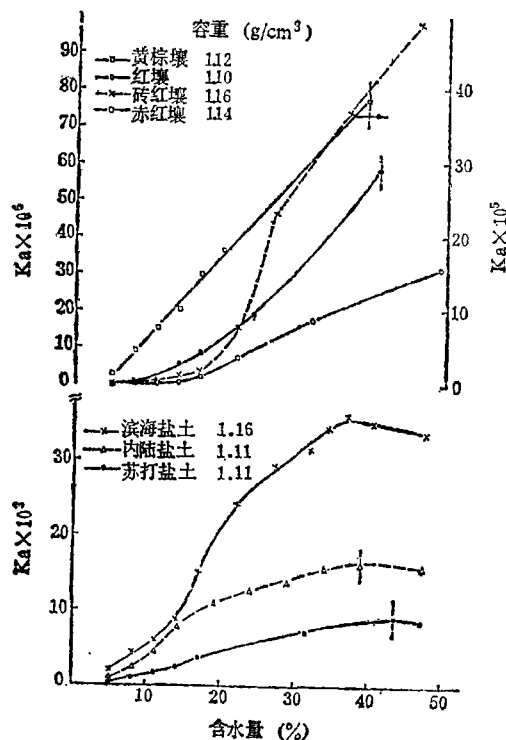


图1 不同土壤的直流电导率(25℃)随含水量的变化(垂直虚线表示饱和含水量;电导率单位为 Ω/cm)

27%往上升时,电导率的变化趋势与红壤相近。对于黄棕壤,在测定含水量范围(5—40%)内,直流电导率与含水量间具有很好的线性关系。

从3个盐土的变化曲线看出,含水量在5—15%之间,滨海盐土和内陆盐土的电导率以相同的斜率增加;含水量大于15%时,滨海盐土的电导率急剧增加,内陆盐土则缓慢递增。苏打盐土在测定含水量范围(5—44%)内,电导率与含水量基本上呈现线性相关。当三种盐土的含水量过饱和时,由于稀释效应的出现以及容重的变化,电导率呈现下降趋势。

综观图1,从含水量5%到水饱和之间,黄棕壤的电导率—含水量曲线符合Rhoades电导模式;含盐量较少(0.53%)的苏打盐土基本上也符合模式。这可能说明,对于非盐化或轻度盐化的固定电荷土壤来说,模式基本上是适用的。滨海盐土和内陆盐土可能由于不同种类的可溶盐含量(分别为1.9和1.1%)的增加,致使电导率在不同含水量范围内呈现不同的变化规律。对于可变电荷土壤来说,红壤和赤红壤当含水量在17%—饱和范围内,模式可以说明电导率的变化规律。砖红壤的电导率变化,则需要在更高的含水量(27%—饱和)下才与模式相符。

表1 不同土壤在含水17%及水饱和时的直流电导率(Ω/cm)*

土 壤	X_{a1}	X_{a2}	X_{a2}/X_{a1}	θ_2/θ_1
砖 红 壤	3.38×10^{-6}	97.3×10^{-6}	28.8	2.7
赤 红 壤	2.31×10^{-6}	31.6×10^{-6}	13.6	2.9
红 壤	8.89×10^{-6}	58.3×10^{-6}	6.6	2.4
黄 棕 壤	1.54×10^{-4}	3.86×10^{-4}	2.6	2.3
滨海盐土	1.50×10^{-2}	3.60×10^{-2}	2.4	2.2
内陆盐土	9.70×10^{-3}	16.2×10^{-3}	1.7	2.3
苏打盐土	3.67×10^{-3}	9.14×10^{-3}	2.5	2.6

* X_{a1} 和 X_{a2} 分别表示含水17%(θ_1)与水饱和(θ_2)时的直流电导率。容重同图1。

这可能与砖红壤的粘粒含量高(49%)有关。可以设想,用土壤水分张力代替土壤含水量的电导模式^[2]能更好地描述砖红壤电导率的变化。

各种土壤在保持容重不变的条件下,含水17%及水饱和时的直流电导率列于表1。很显然,就黄棕壤和盐土来说,电导增加倍数与含水量相当;对于可变电荷土壤,即使含水量增加1.5—2倍,而电导率的增加却高达6—28倍,其中砖红壤最明显。由此可见,当容重不变时,由于含水量的变化(17%—水饱和)

所引起的电导率的变化顺序为:可变电荷土壤>黄棕壤>盐土。

(二)土壤容重对直流电导率的影响

在固定含水量、不同容重下测得的直流电导率校正到25℃^[3],对容重作图,可得土壤直流电导率—容重曲线。测试结果表明,黄棕壤和3种盐土在测定容重范围(0.65—1.5g/cm³)内,电导率与容重基本上成正比关系。

对于砖红壤和赤红壤,当容重小于0.8g/cm³时,电导率几乎不随容重而变;当容重超过

表2 不同土壤的容重及其对应直流电导率的始终值*

土 壤	容 重(g/cm ³)			电 导 率 (Ω/cm)		
	始值	终值	终值/始值	始值	终值	终值/始值
砖 红 壤	0.80	1.15	1.44	2.23×10^{-6}	16.0×10^{-6}	7.2
赤 红 壤	0.80	1.28	1.6	1.80×10^{-6}	10.5×10^{-6}	5.8
红 壤	0.70	1.43	2.0	3.20×10^{-6}	38.2×10^{-6}	11.9
黄 棕 壤	0.70	1.50	2.1	3.80×10^{-5}	36.7×10^{-5}	9.7
滨海盐土	0.80	1.40	1.8	1.28×10^{-3}	14.0×10^{-3}	10.9
内陆盐土	0.80	1.50	1.9	1.65×10^{-3}	12.8×10^{-3}	7.8
苏打盐土	0.70	1.50	2.1	0.45×10^{-3}	6.10×10^{-3}	13.6

* 固定含水量

此值时,电导率随容重而增大。不过砖红壤的递增速率明显大于赤红壤。看来这主要是由于砖红壤的粘粒含量高于赤红壤所致。因为随着容重的增大,粘粒含量越高,土壤弯曲率的增加就越明显。红壤容重约在 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 以下时,电导率与容重间具有正比关系,与电导模式相符;但当容重大于 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 时,电导的递增率变大。这可能由于土壤弯曲率的增大加剧所致。

由表2的数据看出,七种供试土壤在固定的潮润含水量下,当容重由始值($0.7\text{—}0.8\text{g}/\text{cm}^3$)增至终值($1.2\text{—}1.5\text{g}/\text{cm}^3$),即约增大0.5—1倍时,对应的直流电导率要增加6—12倍。由此可见,由于容重的改变所引起的直流电导率的变化是十分可观的。

参 考 文 献

- [1] Rhoades, J. D. et al., Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 651-655, 1976.
- [2] Bohn, H. L. et al., Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1143-1146, 1982.
- [3] 李成保, 毛久庚, 温度对土壤电导影响的初步研究, 土壤通报, 20: 62—65, 1989.

(上接236页)施肥的精确度,在免耕土壤上采集供试土样的适宜深度应以0—10cm为宜。

表 5 不同耕作方式下土壤氮矿化势(No)与稻麦产量的相关性

土壤深度 cm	水 稻		小 麦	
	免 耕	常规耕作	免 耕	常规耕作
0—5	0.807**	0.736**	0.807**	0.736**
5—10	0.613*	0.726**	0.613*	0.726**
10—15	0.189	0.613**	0.189	0.613*
$r_{0.01} = 0.708$		$r_{0.05} = 0.570$		

参 考 文 献

- [1] Nobuo ohyama, Present problems on rice culture and paddy soil fertility in Japan, Proc. of Ist. Intern. Sym. On paddy soil fertility port II p643—658, Chiangmai, Thailand, 1988.
- [2] 黄东迈、高家骅、朱培立, 水稻对有机、无机肥料氮和土壤氮的吸收利用探讨。土壤学报, 第20卷, 第1期, 1983.
- [3] M.L. Blevius and W.W. Frye, Soil fertility and fertilizer use in minimum tillage systems. From soil test crop 1984.--
- [4] 徐菁、姜玲若, 免耕稻田土层中磷的活动。江苏农业科学, 第1期, 1984.
- [5] Singh, B. and Ram, P., Indian Soc. Soil Sci., 10, 1976.
- [6] 徐菁、姜玲若, 免耕田供钾能力。江苏农业科学, 第12期, 1984.