

我国不同盐渍地区盐分含量与电导率的关系

蔡阿兴 陈章英 蒋正琦 宋荣华

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

关键词 盐渍地区; 盐分含量; 电导率

我国盐渍土面积大、分布广而且类型多。我们为了盐渍土的分类、改良利用, 要求能够迅速准确地得到盐分含量的信息。经典的方法是野外采样, 在化验室分析, 一般采用重量法测定盐分重量, 后来发展到容量法^[1], 即土壤经浸提后分别测定离子的含量, 然后累加在一起便是其含盐量, 此法具有精确、明了直观的优点, 但存在既不方便又不经济的问题。

早在 1915 年美国科学家 F.Wenner 提出了测量地阻的装置, 1971 年美国科学家 J.Rhoades 等证明了四电极法在土壤盐分研究中的适用性^[2], 他们在野外直接测定土壤电导率, 近年又用电磁感应仪测定电导率。正因为如此, 美国在划分土壤盐土与非盐土类型的标准为电导率值 4dS/m 。用仪器测定电导率具有快速、准确的特点。我国近十年来, 已经应用盐分传感器定位测定土壤电导率, 也用交流或直流四电极法测量土壤电导率^[3-6], 用电导率值来表示盐分状况已经逐渐为人们所接受。

尽管我国使用电导率来反应土壤或地下水盐分状况的方法逐渐普及, 但过去很多人已习惯用比较直观的土壤含盐百分数或每升水的含盐量表示盐分的多寡。因此, 我们根据野外的观测和室内的分析测定, 初步研究了土壤含盐量(g/kg)、水的矿化度(g/L)与电导率的关系, 以及不同盐渍地区不同盐分组成对其的影响。

1 试验方法与仪器

试验分两部分: (1) 根据我国盐渍土的盐分组成类型不同的地区, 采集大量土样, 然后用一定土水比例(一般用 1:5), 在化验室内分析土壤浸出液的盐分组成含量, 再把各个离子含量累加起来即为该土样的含盐量, 同时用电导仪测定其电导率。先后对滨海盐渍土区($\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 为主盐分类型)、河南半干旱盐渍区(其盐分组成初步分成 4 种类型)和新疆干旱盐渍区($\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ 为主)的土壤进行分析, 然后用数理统计方法, 对在一定含盐量范围内的不同类型地区的盐渍土土壤电导率 $y(\text{dS/m})$ 与土壤含盐量 $x(\text{g/kg})$ 进行回归分析。(2) 依据大量野外观测和室内分析结果, 人为的配制各种类型的水样, 如滨海地区 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型盐土区, 配制 $0.1 - 2\text{g/L}$ 水样; 新疆干旱盐渍土区的 $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ 型配制 $0.1 - 2\text{g/L}$ 系列水样; 半干旱盐渍区的盐分组成成为 $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 2:1$ 型和 $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} : \text{HCO}_3^- = 1:1:1$ 型, 配制含盐量 $0.1 - 2\text{g/L}$ 系列水溶液, 分别测定其电导率。然后用数理统计方法, 对土壤电导率(y)与盐溶液浓度(x)进行回归分析, 得出其回归方程。

实验室分析盐分组成含量应用土壤农业化学常规分析法。测定电导率值采用中国科学院南京土壤研究所工厂生产的 SY-2 型电导仪或上海分析仪器厂生产的 DDS11A 型电导仪。

测出的电导率($E_{c25^{\circ}\text{C}}$) = 电导度(St) $\times$ 温度校正系数(f_x) $\times$ 电极常数 K , 因为电极常数仪器上已自动补偿, 故可省略, 只要温度校正即可。

2 结果与讨论

2.1 滨海盐渍土区

滨海盐渍土的形成主要受海水的影响, 因此土壤及地下水盐分离子组成中, $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 占 90% 以上。土壤含盐量在 1—12 g/kg 范围内时, 土壤含盐量与电导率值的回归方程为: $y = 0.0182 + 0.390x$, 式中: y —电导率值(dS/m), x —土壤含盐量(重量法, g/kg), 两者在土壤含盐量低时, 相关系数达到极显著水平($r = 0.998^{***}$, $n = 12$)。用电导率值计算所得的土壤含盐量与重量法实测土壤含盐量之间相对误差一般在 5% 以下, 极个别在 10% 左右(表 1)。

表 1 重量法测定值和由电导率计算的土壤盐度的比较

采样地点	电导率(25℃) (dS/m)	全盐 (g/kg)	全盐 (计算, g/kg)	绝对误差 (g/kg)	相对误差 (%)	土壤盐分类型
江	0.335	0.90	0.81	0.09	10.00	$\text{Cl}^- - \text{Na}^+$
	0.527	0.13	1.30	0.02	1.58	
	1.059	2.58	2.67	-0.09	3.49	
	1.354	3.44	3.42	0.02	0.58	
苏	1.760	4.44	4.47	-0.03	0.68	
	2.055	5.43	5.22	0.21	3.87	
滨	2.703	6.60	6.89	-0.29	4.39	
	3.067	7.56	7.82	-0.26	3.44	
海	3.209	8.65	8.18	0.47	5.43	
	3.842	9.64	9.81	-0.17	1.76	
	4.111	10.49	10.54	-0.01	0.10	
	4.479	11.54	11.44	0.10	0.87	

从室内配制的 0.1—2.0 g/L 的 NaCl 水溶液中, 盐分含量与电导率值之间的回归方程为: $y = 0.045 + 2.166x$ (式中: y 为电导率值, x 为溶液盐分含量, 下同), r 为 0.984^{***} ($n = 20$)。从回归方程可见, 水溶液的矿化率(g/L)大体为电导率值的 4.4×10^{-1} 。

2.2 半干旱盐渍区(河南)

半干旱盐渍区的盐分组成较复杂, 但从表 2 可见, 实测的土壤含盐量与电导率值之间在一定范围内仍有很好的相关性。土壤盐分含量在 0.4—1.2 g/kg 范围内, 盐分组成以 $\text{CO}_3^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ 或 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ 为主的土壤, 土壤含盐量(x)与电导率值(y)的回归方程为: $y = 0.002 + 0.291x$ ($r = 0.973^{**}$, $n = 16$)。重量法测定的与由电导率计算所得的含盐量之间的相对误差一般在 10% 以下。当然, 电导率受离子浓度、离子组成、离子迁移率、溶液温度和电导池常数的影响^①。所以电导法测得的土壤或地下水含盐量可以达到速测和定位观测土壤水盐动态的要求, 但某一经验公式只适于条件相似的地区。

室内配制水样的离子组成为 $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} : \text{HCO}_3^- = 1:1:1$, 盐度范围为 0.1—2 g/L, 测得的电导率值与含盐量(g/L)之间的关系密切, 回归方程为: $y = 0.045 + 2.166x$ ($r = 0.984^{***}$),

①董汉章等:用电导法测定土壤和地下水含盐量,盐渍土研究资料汇编,1978。

$n=16$)。此外, 我们又配制离子组成为 $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-}=2:1$ 的水溶液, 盐分含量范围 $0.1-2.0\text{g/L}$, 水溶液的盐度与所测电导率值之间的回归方程为 $y=0.203+1.881x(r=0.996^{***}, n=16)$ 。这里可以看出, 水溶液盐度大体为电导率值的 $4.2 \times 10^{-1}-4.4 \times 10^{-1}$ 。

表 2 由电导率计算的土壤含盐量与实测土壤含盐量(重量法)比较

采样地点	电导率(25℃) (dS/m)	全盐 (重量法, g/kg)	全盐 (计算, g/kg)	绝对误差 (g/kg)	相对误差 (%)	土壤盐分类型
河 南 封 丘	0.330	1.00	1.07	-0.07	7.00	$\text{HCO}_3^--\text{Na}^+$ 或 $\text{CO}_3^{2-}, \text{HCO}_3^-$ — Na^+
	0.279	0.93	0.95	0.02	2.15	
	0.234	0.73	0.74	-0.01	1.37	
	0.195	0.68	0.61	0.07	10.29	
	0.142	0.50	0.48	0.02	4.00	
	0.124	0.45	0.42	0.03	6.67	
	0.131	0.44	0.44	0.00	0.00	
	0.203	0.69	0.69	0.00	0.00	
	0.223	0.68	0.76	-0.08	11.77	
	0.310	1.04	1.06	-0.02	1.90	
	0.169	0.56	0.57	-0.01	1.79	
	0.134	0.45	0.45	0.00	0.00	
	0.148	0.54	0.50	0.04	7.41	
	0.292	1.09	1.50	0.09	8.26	
	0.292	1.11	1.00	0.11	0.90	
	0.335	1.10	1.11	-0.04	3.64	

2.3 干旱盐渍区(新疆)

新疆南部土壤, 盐分含量在 $1.0-25\text{g/kg}$ 之间, 电导率与土壤含盐量之间回归方程为: $y=0.101+0.234x(r=0.999^{***}, n=14)$ 。由电导率计算的土壤含盐量与重量法测定值之间的相对误差大多数都小于 5%, 极个别的达 18.8%(表 3)。我们配制的 $\text{Na}^+-\text{SO}_4^{2-}$ 溶液在 $0.1-2\text{g/L}$ 范围内, 所测电导率值与水溶液的矿化度之间的回归方程为: $y=1.90+1.594x(r=0.95^{***}, n=14)$ 。

表 3 由电导率计算的土壤含盐量与实测土壤含盐量(重量法)比较

采样地点	电导率(25℃) (dS/m)	全盐 (重量法 g/kg)	全盐 (计算, g/kg)	绝对误差 (g/kg)	相对误差 (%)	土壤盐分类型
新 疆 南 部	0.329	1.01	0.97	0.04	3.96	$\text{SO}_4^{2-}-\text{Na}^+$
	0.362	1.13	1.15	-0.02	1.77	
	0.388	1.37	1.23	0.14	10.22	
	0.446	1.50	1.47	0.03	2.00	
	0.550	1.79	1.92	-0.13	6.77	
	0.626	2.07	2.24	-0.17	7.59	
	0.675	2.26	2.38	-0.12	5.04	
	0.871	2.67	3.29	-0.62	18.84	
	1.351	5.62	5.34	0.28	5.24	
	2.50	10.90	10.25	0.65	6.34	
	4.34	19.00	18.12	0.88	4.86	
	5.15	21.70	21.58	0.12	0.56	
	5.91	24.40	24.82	-0.42	1.69	
	6.13	25.20	25.76	-0.56	2.71	

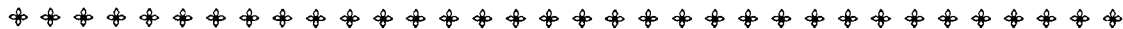
3 小 结

1.我国不同地带盐渍区,由于其发生、形成原因不同,盐分组成迥异。盐度在一定范围内,电导率值与盐分总量之间密切相关,其相关系数都在 0.95 以上。它们间有一定的转换系数,因而在某一地区工作可以通过测量电导率值即可得到土壤和水样的盐度。

2. 不同盐渍地区, 电导率值与土壤及水样的盐度之间的转换系数是不同的。滨海地区土壤溶液离子 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型, 土壤含盐量在 $1 - 12 \text{ g/kg}$, 水样在 $0.1 - 2 \text{ g/L}$ 范围内测得的电导率值分别乘以 2.52 和 0.44 即约为土壤和水样的盐度(g/kg 和 g/L); 半干旱内陆盐渍区盐分组成复杂, 土壤和水样盐度分别在 $0.4 - 1.2 \text{ g/kg}$ 和 $0.1 - 2 \text{ g/L}$ 内时, 其测得的电导率值分别乘以 3.43 和 0.42—0.44, 即约为土壤和水样的盐度(g/kg 和 g/L); 干旱盐渍区如新疆, 盐渍土以 $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ 为主, 土壤含盐量在 $1 - 25 \text{ g/kg}$ 和水样在 $0.1 - 2 \text{ g/L}$ 范围内, 其测得的电导率值分别乘以 3.84 和 0.57 即约为土壤和水样的盐度(单位 g/kg 和 g/L).

参考文献

- [1] 中国土壤学会农业化学专业委员会编, 土壤农业化学常规分析法, 科学出版社, 1983.
- [2] 尤文瑞, 测定土壤含盐量的四电极法, 土壤学进展, 1982, 10(5): 47—55.
- [3] 于天仁, 电导的直流四电极法测定, 仪器分析通讯, 1984, (3): 7—13.
- [4] 孙慧珍, 土壤电化学性质的研究Ⅷ, 土壤电导的直流四电极法原位测定, 土壤学报, 1983, 20(1): 69—78.
- [5] 肖振华, 用四电极法测定土壤含盐量的试验研究, 土壤, 1985, 17(3): 153—157.
- [6] 杨劲松, 四电极法在土壤调查中应用, 土壤, 1988, 20(2): 106—110.



《可变电荷土壤的电化学》一书出版

于天仁、季国亮、丁昌璞等著的《可变电荷土壤的电化学》一书已由科学出版社出版。土壤化学中的理论主要来自对温带地区的恒电荷土壤的研究,而对热带、亚热带地区的可变电荷土壤(红壤),则了解甚少。本书根据中国科学院南京土壤研究所有关人员 30 余年的研究成果,系统地阐述了可变电荷土壤的电化学性质,着重于带电粒子(胶粒、离子、质子、电子)之间的相互作用及其化学表现。既带负电荷又带大量正电荷的可变电荷土壤,它吸附阳离子也吸附阴离子,吸附中有静电力还涉及专性作用力。这些相互作用还对离子在电场或力场下的迁移发生影响。可变电荷土壤与质子之间的作用(酸化)和与电子之间的作用(氧化还原)也有不同于恒电荷土壤的许多特点。可变电荷土壤的这些性质在土壤管理和发展农林牧生产上有重要意义。本书可以补充主要考察恒电荷土壤的土壤化学理论,使读者对于综合两类土壤的特点的较全面的土壤化学有所了解。

据悉, 本书的英文版将于 1996 年底由纽约的 Oxford University Press 以《Chemistry of Variable Charge Soils》的书名出版。