

一种电导率指标测可溶性盐分含量新方法*

罗毅^{1,2} 胡顺军^{1†} 王兴繁^{1,2} 田长彦¹ 尹传华¹

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

A NEW METHOD TO DETERMINE SOIL SOLUBLE SALT USING
ELECTRICAL CONDUCTIVITY INDEXLuo Yi^{1,2} Hu Shunjun^{1†} Wang Xingfan^{1,2} Tian Changyan¹ Yin Chuanhua¹

(1 State Key Laboratory of Desert and Oasis in Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

(2 Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

关键词 土壤盐分; 土壤浸提液电导率; 溶解度

中图分类号 S151.9 文献标识码 A

土壤可溶性盐的定量研究是确定土壤盐渍化程度和改良土壤的关键步骤之一^[1-2]。在土壤农化分析土壤可溶性盐中,常用全盐量和1:5水土质量比浸提液的电导率指标来描述土壤可溶性盐含量的状况。在测定土壤可溶性盐的过程中,在室内是让土壤中的可溶性盐充分溶解后测定浸提液的电导率,而在一定的土壤含水量的条件下,尤其在干旱区,在室内测定的土壤可溶性盐的含量与野外测得的结果有差别。用土壤浸提液的浓度来描述土壤可溶性盐含量,该参数具有很强的可比性^[3-4]。

国外习惯用饱和泥浆的浸提液的电导率描述土壤盐渍化程度,但是制备饱和泥浆的经验性很强,人为因素影响较大,因此普及条件还不成熟。国际刊物中许多文献直接用电导率表示土壤的可溶性盐的含量,并进行土壤盐渍化分级^[5-8]。

我国学者比较习惯采用土壤可溶性盐的全盐量来描述土壤的盐渍化程度。但是电导法需要换算成土壤可溶性盐的含量,换算过程会有误差,可溶性盐的种类和温度等因素对结果影响大,因此不同地区不同土壤可溶性盐含量与电导率间关系和

温度矫正关系都需要重新标定,至今土壤溶液电导率指标不统一^[9-11]。在影响土壤溶液的电导率的诸多因素中,有文献指出土壤溶液的离子组成和浓度对电导率的影响是主要的^[12]。电导法测定土壤可溶性盐含量方法简便准确,测定的基本原理是浸提液中电解质的导电作用。国内外常用的还是浸提法,水土质量比法,但常用的还是5:1的水土质量比法^[13]。

本研究是以塔里木灌区典型土壤作为供试土样,以桶装纯净水作为土壤浸提液。桶装纯净水中可溶性盐含量低、廉价,符合饮用水水质标准,能够满足测定精度,在各地具有较好的普适性,便于在野外定量分析土壤可溶性盐分含量。通过对土壤浸提液浓度与对应的电导率间的定量关系分析,计算出塔里木灌区土壤可溶性盐的溶解性及合理的称量土样质量的范围。用三次样条函数较好地拟合了土壤浸提液-电导率间的定量关系,提出浓度电导率新指标 E_{Cc},旨在为土壤原位盐分计的标定提供新方法。可以很好地应用在棉田土壤水盐循环与均衡规律及调控模式的研究中,探讨了用电导率

* 国家科技支撑计划课题(2009BAX54B02)、农业部公益性科研专项课题(200903001-4)、中国科学院“西部之光”联合学者项目(LHXZ200801)资助

† 通讯作者,胡顺军(1968—),男,汉族,陕西勉县人,副研究员,主要从事干旱区生态水文、节水灌溉等方面的研究。E-mail: xjhushun@yahoo.com.cn

作者简介: 罗毅(1986—),男,汉族,湖北随州人,硕士研究生,主要从事水文与水资源研究。E-mail: luoyi210@mails.gucas.ac.cn

收稿日期:2011-12-31;收到修改稿日期:2012-06-30

指标测算土壤可溶性盐分含量的新方法。本研究为了解土壤盐分动态,为盐碱土改良利用提供科学依据。此方法与土壤可溶性盐、全盐量测定的标准方法相比,具有足够的精度,明显提高试验效率,简便易行。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验于 2011 年 10 月至 11 月在新疆阿克苏农田生态系统国家野外科学观测研究站进行。试验区(40°37'N,80°51'E)位于塔里木河三大源流(阿克苏河、叶尔羌河、和田河)交汇处附近的平原荒漠

绿洲区内,海拔高度为 1 028 m。该区地处欧亚大陆腹地,属于典型极端干旱气候区,干旱指数为 17.4,降雨稀少,年均降雨量 45.7 mm,蒸发强烈,年蒸发量为 2 110 mm。光能资源丰富,年太阳辐射总量为 $6 \times 10^9 \text{ J m}^{-2}$,年无霜期为 207 d,气候干燥,多风,多年平均大风天气达 11.7 d。日照长,温差大,夏季炎热,冬季干冷。多年平均气温 10.7℃,极端最高气温 41.0℃,极端最低气温 -29.1℃。沙尘暴天气达数十天。农业属于典型的纯灌溉性质,作物以棉花为主,还有水稻、小麦、玉米、密植红枣等。土壤属于典型的硫酸盐盐化潮土,农田中土壤盐碱化严重,严重影响着农作物的正常生长,土壤质地为中壤,土壤化学性质如表 1。

表 1 塔里木灌区土壤化学性质

Cl^- (g kg^{-1})	Na^+ (g kg^{-1})	K^+ (g kg^{-1})	SO_4^{2-} (g kg^{-1})	HCO_3^- (g kg^{-1})	Ca^{2+} (g kg^{-1})	Mg^{2+} (g kg^{-1})	全盐量 (g kg^{-1})	钠吸附比
13.21	9.97	0.21	12.87	0.22	3.13	0.55	40.16	9.67

1.2 研究方法

2011 年 10 月 10 日在新疆阿克苏农田生态系统国家野外科学观测研究站的棉田内随机采取地表积盐的土壤,风干,过 1 mm 筛。用精度为 0.01 g 的电子天平称量 0、0.1、0.3、0.5、0.7、1、2、3、5、7、9、11、13、15、17、20、25、30、35、40、50 g 土样于洁净的三角瓶中,各取 100 ml 桶装纯净水分别加入 21 个试验土样中。搅拌 5 min,静放密封至土壤溶液澄清,重复搅拌三次,用 DDB-303A 型便携式电导率仪测定其澄清浸提液的电导率,电极常数为 7.51。用激光温度计测定溶液表面的温度。土壤浸提液分别过滤于 21 个洁净并且烘干了的小烧杯中,用烘干残渣法测定土壤可溶性盐分含量,精度为 0.000 1。提出用三次样条函数拟合土壤浸提液的浓度与电导率间的关系,分别进行了用桶装纯净水代替蒸馏水的精度分析、测定可溶性盐分含量土样质量上、下限、土壤可溶性盐分溶解性的研究。本方法用灵活的土水质量比和土样质量法,提出浓度电导率新指标,即土壤浸提液的浓度所对应的电导率。用电导率法和烘干残渣法标定浸提液浓度与电导率间的定量关系,土壤浸提液的体积固定为 100 ml,用质量法可计算出土壤水溶性盐总量。 $\omega = C \times V \div m$,式中, ω 为质量含量(g g^{-1}), C 为土壤浸提液浓度(g L^{-1}), V 为浸提液体积(L), m 为土样质量(g)。

2 结果分析

2.1 土壤浸提液浓度与电导率间的关系

用电导率指标法与传统烘干残渣法相结合标定土壤浸提液浓度与电导率间的关系。

$$C = 0.000 3 EC^3 - 0.005 4 EC^2 + 1.562 EC$$

$$(R^2 = 0.999 1, n = 21) \quad (1)$$

式中, C 为土壤浸提液浓度(g L^{-1}), EC 为土壤浸提液电导率(dS m^{-1})。

由图 1 可以看出,土壤浸提液浓度随着土壤浸提液电导率的增大呈现非线性增加的趋势。在土样质量从 0 增加至 20.26 g,即土壤浸提液浓度从 0 增加至 88.9 g L^{-1} 时,土壤浸提液浓度与电导率成抛物线关系,而土壤浸提液浓度大于 88.9 g L^{-1} 至 161.1 g L^{-1} 时,土壤浸提液浓度与电导率间的关系用直线或者抛物线拟合并不合理。至今并没有统一的浸提液浓度与电导率间的关系,用三次样条函数可以准确拟合二者间的关系。本研究结果可包含前人的试验结果并进行了有益的改进^[14]。

2.2 用桶装纯净水代替蒸馏水精度分析

图 2 为纯净水中的盐分质量所带来的试验误差。由图 2 可算出,要使绝对误差小于 0.5%,供试土样的质量应大于 5.72 g。因此为了保证试验的精度,供试土样的质量必须大于 5.72 g。由图 2 可以

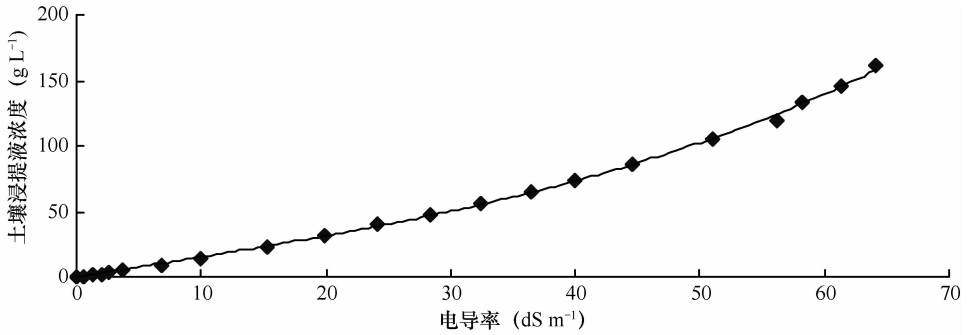


图 1 土壤浸提液的浓度与电导率的关系

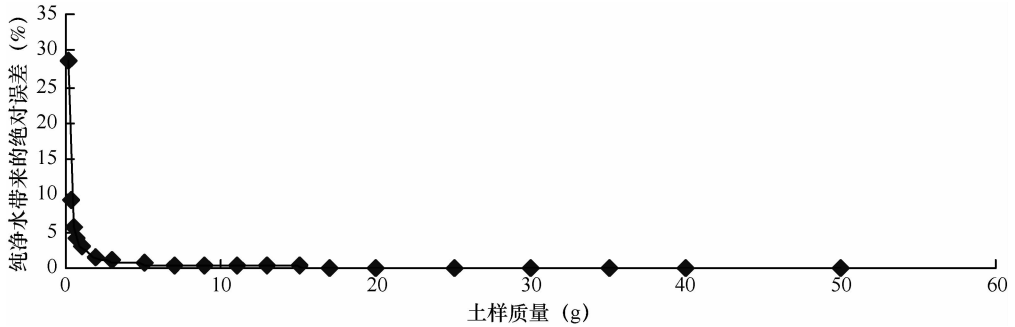


图 2 土样质量与纯净水中的盐分所占土样质量的比例间的关系

看出,随着供试土样质量的增加,纯净水中的盐分对试验误差的影响有减小的趋势,当供试土样在 0 ~ 5.72 g 的范围时,随着供试土样质量的增加,纯净水中的盐分对试验结果的影响减小明显。

$$y = 0.0286x^{-1} \quad (2)$$

式中, y 为桶装纯净水给试验带来的绝对误差(%), x 为供试土样质量(g)。

2.3 测定可溶性盐分含量的土样质量范围下限

图 3 为供试土样质量与土壤含盐量测定结果间的关系。可知,通过直线拟合的方法,求得在 100 ml 纯净水作为浸提液并且保证试验精度的前提下,供试土样的最大质量为 20.26 g。当 100 ml 桶装纯净

水中加入的土样质量超过 20.26 g 时,测得的土壤可溶性盐分含量线性偏低。由图 2 可知,因为为了保证试验的精度,供试土样的质量必须大于 5.72 g,土壤质量为 0 ~ 3 g 的 8 个数据不包含进去的原因:土样的质量过小,不能够准确代表测试样品,桶装纯净水带来的试验误差达到 0.572 0% ~ 28.60%,不能够满足试验精度要求。拟合实测点得到:

$$y = 438.68 \quad (5 < x < 20) \quad (3)$$

$$y = -3.9059x + 517.71 \quad (20 \leq x \leq 50, R^2 = 0.9985) \quad (4)$$

式中, x 为供试土样质量(g), y 为土壤含盐量($g\ kg^{-1}$)。

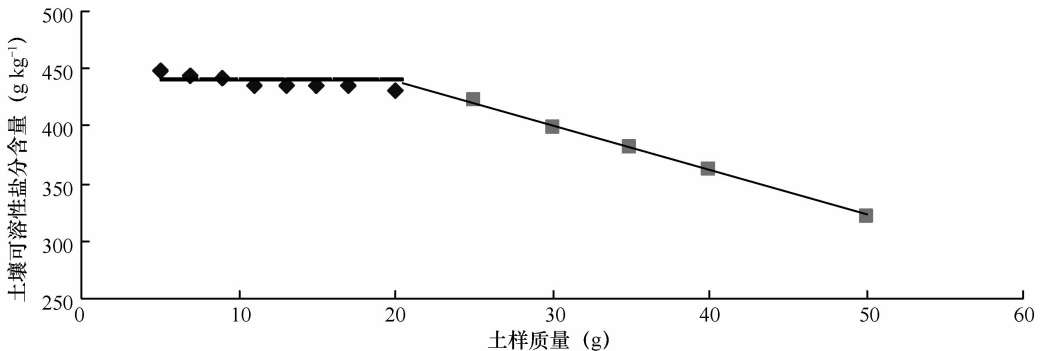


图 3 土样质量与土壤含盐量测定结果间的关系

2.4 土壤可溶性盐分的确定

图4为供试土样质量与100 ml纯净水中所溶解的可溶性盐的质量间的关系。由图4可知,100 ml纯净水作为浸提液,溶解的可溶性盐的质量随着供试土样质量的增加而增加。当供试土样质量为20.26 g时,

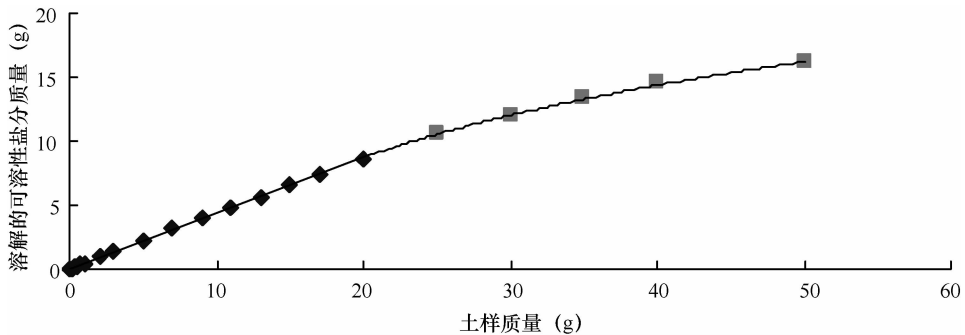


图4 土样质量与100 ml纯净水中溶解可溶性盐质量间的关系

3 结论与讨论

1) 本文提出了测定土壤可溶性盐分含量的新方法。土壤农化分析中用定水土质量比法并不能保证土壤中可溶性盐分完全溶解,测算的结果可能会与实际情况不符,不利于室内盐分分析与野外原位盐分监测指标的统一。本论文中提出用土壤浸提液浓度电导率指标法,灵活的水土比法和土样质量法测算塔里木灌区土壤可溶性盐分含量,概念清楚,试验精度高且简便易操作。此方法可用于室内盐分分析和精确标定原位盐分仪,便于定量研究电导率。土壤含水率和可溶性盐分含量间的关系^[15],与标准法相比具有足够的精度。在式 $\omega = C \times V \div m$ 中, ω 为质量含量 (g g^{-1}), C 为土壤浸提液浓度 (g L^{-1}), V 为浸提液体积 (L), m 为土样质量 (g)。此法测定土壤含盐量的前提条件是要保证供试土样中的可溶性盐分要充分溶解,试验土样的质量要有足够的代表性。

2) 土壤浸提液浓度随着土壤浸提液电导率的增大呈现非线性增加的趋势。用电导率指标法与传统烘干残渣法相结合标定土壤浸提液浓度与电导率间的关系。用三次样条函数可以较好地拟合高浸提液浓度与电导率间的定量关系。

3) 通过对桶装纯净水代替蒸馏水的精度分析可知,桶装纯净水代替蒸馏水可行。在塔里木灌区测定土壤可溶性盐分为保证试验精度,供试土样的质量必须大于5.72 g,土壤浸提液的浓度不应该大

100 ml 桶装纯净水溶解的可溶性盐的质量为8.99 g,供试土样质量继续增加时,土样中开始有部分可溶性盐达到溶解度。因此,在测算塔里木灌区土壤可溶性盐分含量的试验中为保证土壤可溶性盐分完全溶解,土壤浸提液的浓度不应大于 89.9 g L^{-1} 。

于 89.9 g L^{-1} ,当供试土样的质量大于20.26 g时,测得的土壤可溶性盐分含量线性偏低。

参 考 文 献

- [1] Marshal T J, Holmes J W. Soil physics. London: Cambridge University Press, 1979
- [2] Mehdi S M, Hassan G, Shah A H, et al. A new transplanting approach to enhance salt tolerance of tree saplings. *Pedosphere*, 2004, 14(1): 77—84
- [3] Rhoades J D, Shouse P J, Alves N A. Determining soil salinity from soil electrical conductivity using different models and estimates. *Soil Sci Soc Am J*, 1990, 54: 46—54
- [4] 南京农业大学. 土壤农化分析. 第2版. 北京: 农业出版社, 1980: 117—137
- [5] Tam N F Y, Wong Y S. Variations of soil nutrient and organic matter content in a subtropical mangrove ecosystem. *Water, Air and Soil Pollution*, 1998, 103: 245—261
- [6] Ramsis B S, Clause J O, Robert W F. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. *Hydrogeology Journal*, 1999, 7: 46—64
- [7] Hopkins D G, Richardson J L. Detecting a salinity plumb in an unconfined sandy aquifer and assessing secondary soil salinization using electromagnetic induction techniques, North Dakota, USA. *Hydrogeology Journal*, 1999, 7: 380—392
- [8] Heydari N, Gupta A D, Loof R. Salinity and sodicity influences on infiltration during surge flow irrigation. *Irrig Sci*, 2001, 20: 165—173
- [9] 张瑜斌, 邓爱英, 庄铁诚, 等. 潮间带土壤盐度与电导率的关系. *生态环境*, 2003, 12(2): 164—165
- [10] Liu G M, Yang J S, Yao R J. Electrical conductivity in soil extracts: Chemical factors and their intensity. *Pedosphere*, 2006, 16(1): 100—107

- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999:86
- [12] Rhoades J D, Chanduvi F, Lesch S. Soil salinity assessment. *FAO Irrigation and Drainage Papers*, 1999, 57: 3—7
- [13] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983:195
- [14] 刘广明, 杨劲松, 姚荣江. 影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究. *土壤学报*, 2005, 42(2): 247—252
- [15] 刘广明, 杨劲松. 土壤含盐量与土壤电导率及水分含量关系的试验研究. *土壤通报*, 2001, 32: 85—87