

吉林省大安市苏打碱土含盐量与电导率的关系

李 彬^{1,2}, 王志春¹, 迟春明^{1,2}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 分别测定了吉林省大安市苏打碱土含盐量与电导率以及地下水含盐量与电导率, 分析了含盐量与电导率的关系。结果表明, 土壤含盐量与电导率、地下水含盐量与电导率之间具有良好的线性相关性, 土壤浸出液电导率(y)与土壤含盐量(x)之间的回归方程为: $y=0.201+0.092x$ ($r=0.991, n=50, p<0.0001$); 地下水电导率(y)与含盐量(x)之间的回归方程为: $y=-0.393+1.523x$ ($r=0.997, n=18, p<0.0001$)。利用方程计算的土壤含盐量与实测值之间符合较好, 相对误差大多在 7% 以下; 根据电导率计算的地下水含盐量与实际测量值之间的相对误差一般在 5% 以下。说明在数据统计分析基础上建立的这两个经验公式适用性较好, 可以用于该区苏打碱土土壤及地下水电导率与含盐量之间的换算。

关键词: 苏打碱土; 含盐量; 电导率; 大安市

中图分类号: S151.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)04-0168-04

土壤中的水溶性盐是强电解质, 其水溶液具有导电作用, 其导电能力的强弱可用电导率表示。在一定的浓度范围内, 溶液的含盐量与电导率呈正相关, 含盐量越高, 溶液的渗透压越大, 电导率也越大。因此, 土壤浸出液的电导率的数值能反映土壤含盐量的高低, 特别是土壤溶液中几种盐类间的比值比较固定时, 用电导率值测定总盐分浓度的高低是相当准确的^[1]。与土壤含盐量的测定相比, 电导率的测定可靠、经济、快速, 而且土壤电导率也是国际上通用的评价土壤盐渍度的指标之一, 因此使用电导率表征土壤盐分含量多寡也更利于盐渍土研究的国际交流与合作。目前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^[2], 国内学者对于各类盐渍土电导率和含盐量之间的关系也有较多的研究报导^[3~7]。但通观这些研究多是针对盐化土壤(盐土), 对于碱土特别是苏打碱土电导率和含盐量之间的关系研究报道却不多见。针对此种状况, 本文根据野外观测和实验室分析测定, 对吉林省大安市苏打碱土的土壤含盐量(g/kg)与电导率之间的关系进行了初步研究, 并对地下水含盐量(g/L)与电导率之间的关系进行了分析, 以期为本区苏打盐渍土的相关研究提供必要的支持与借鉴。

1 材料与方法

1.1 样品与测试分析

1.1.1 土壤样品 供试土壤样品取自中国科学院

东北地理与农业生态研究所大安碱地生态试验站。该站位于松嫩平原腹地的吉林省大安市境内, 属于中重度苏打盐渍土的典型代表区域。试验中所测试土样为苏打碱土类型。在站区范围内共取得土样 50 份, 带回实验室进行分析。其指标主要包括土壤含盐量、电导率、pH、碱化度以及离子含量等。测定时的土/水比均为 1:5。

1.1.2 地下水 为观测试验区地下水位变化对土壤盐渍化的影响, 2002 年在大安碱地生态试验站站区范围内共打地下水位观测井 18 处, 并于 2003 年 8 月对各观测井地下水水质进行了取样化验分析。本文即采用这一分析数据。指标主要包括地下水电导率、含盐量以及离子含量等。

1.1.3 数据测定方法

(1) 土壤含盐量与水溶性离子 土壤含盐量以阴阳离子总量计算, 即首先测定可溶性阳离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+})和阴离子(CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-})的质量分数, 土壤含盐量(g/kg)即为上述 8 个离子质量分数之和。其中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 离子使用 EDTA 滴定法测定, Na^{+} 和 K^{+} 离子使用火焰光度法测定; CO_3^{2-} 和 HCO_3^{-} 离子使用中和滴定法, Cl^{-} 离子使用硝酸银滴定法, SO_4^{2-} 离子采用比浊法测定。测定时的温度为 25℃。

(2) 土壤 pH 用土/水比为 1:5 的土壤悬浊液, 以电位法测定。

(3) 电导率 电导率使用 DDSJ-308 型电导

收稿日期: 2005-09-13
基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-SW-19-5-01); 东北地理所领域前沿项目(KZCX3-SW-NA-06)
作者简介: 李 彬(1980-), 男, 江苏邳州人, 博士研究生, 研究方向为土壤盐碱化。E-mail: njlibin@yahoo.com.cn。
通讯作者: 王志春, 研究员。

仪测定。测出的电导率 $EC_{25} = \text{电导度}(S_t) \times \text{温度校正系数}(f_t) \times \text{电极常数}(K)$, 由于电导仪的电极常数已在仪器上补偿, 故只要乘以温度校正系数即可。

(4) 土壤碱化度(ESP) ESP 一般用交换性钠离子占阳离子交换量的百分数表示。因此, 为计算 ESP 而对土壤阳离子交换量和交换性钠含量进行了测定。阳离子交换量采用乙酸钠法测定; 交换性钠采用火焰光度法测定。

(5) 地下水水质 主要测定了地下水含盐量(g/L), 主要离子成分(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-})(g/L), 电导率(mS/cm)。测定方法与前述相同。测定时的温度为 25℃。以上数据的具体测试分析方法详见参考文献[1]。

1.2 数据处理与分析

收集实验室分析测试的 50 份土壤含盐量(g/kg)与电导率数据, 以及 18 份地下水含盐量(g/L)与电导率数据, 利用数理统计方法^[8], 对土壤(地下水)电导率(y)与含盐量(x)进行回归分析, 得出其回归方程。比较利用该方程计算的含盐量与实测含盐量的差异, 判断方程的适用性。

2 结果与分析

2.1 土壤与地下水的基本化学性状

2.1.1 测试土样基本化学特征 吉林省大安市苏打盐渍土盐分组成较为复杂, 但总体上是以苏打(Na_2CO_3)和小苏打(NaHCO_3)为主。 Na^{+} 离子是土壤中的主要阳离子, 阴离子中则以 HCO_3^{-} 和 CO_3^{2-} 离子占优势。50 份土样的测试分析结果表明, Na^{+} 离子占土壤阳离子总量的比例多在 80% 以上, 最高可达 93%; HCO_3^{-} 占土壤阴离子总量的比例在 70%~80% 之间。 $\text{N1}(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^{-})$ 和 $\text{N2}(\text{Cl}^{-} + \text{SO}_4^{2-})$ 的比值一般均大于 10, 最高可达 23, 应属极重度苏打盐渍土。土壤盐分的这种基本组成状况, 造成该类型土壤碱化特征明显, 土壤性质极为恶化。20~80 cm 土壤 pH 多在 10.3 以上, 土壤碱化度 ESP 在 20%~30% 以上(图 1, A、B、C、D 为剖面标号, 下同)。按现行国际盐渍土划分标准($\text{ESP} > 15$, $\text{pH} > 8.5$)^[9], 该类型土壤为碱土类型。

土壤含盐量的大小可以反映盐渍化的程度。测试土样的含盐量及其变化特征如图 2 所示。在整个土壤剖面上, 含盐量基本上呈现倒“S”形曲线变化的特征, 即表层土壤含盐量较低, 随着深度的增加含盐量逐渐增大, 在 40~80 cm 土层含盐量达到最大

值, 其后含盐量则随深度的增加而逐渐降低, 至 160 cm 以下, 含盐量又轻微上升。其中 40~80 cm 是较为明显的一个土壤盐分积累层, 该层土壤含盐量在 6.0~10.0 g/kg 之间, 明显较其它土层高。

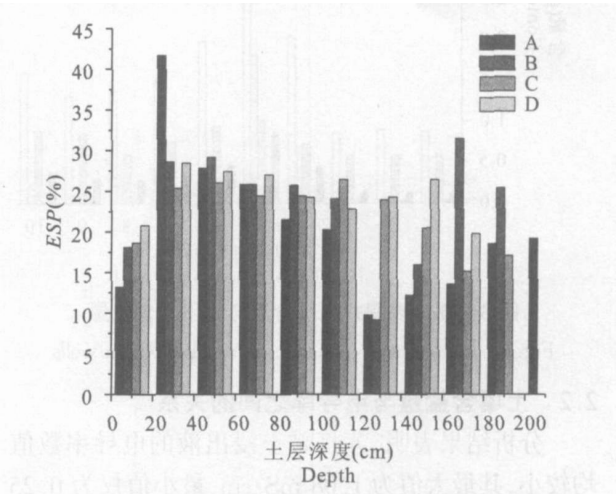


图 1 土壤碱化度及其垂直分布特征

Fig.1 Soil ESP and its vertical distribution

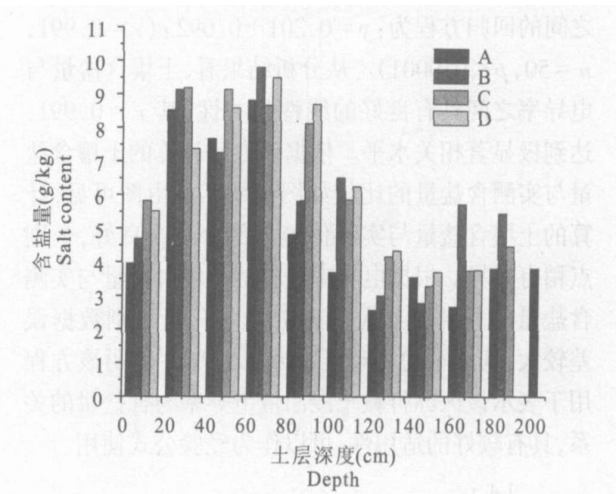


图 2 土壤含盐量及其垂直分布特征

Fig.2 Soil salt content and its vertical distribution

2.1.2 地下水含盐量与离子组成 地下水离子组成中, 仍主要以 Na^{+} 和 HCO_3^{-} 离子为主, Na^{+} 离子占阳离子总量的百分数平均为 73.22%, 最高可达 94.60%; HCO_3^{-} 占阴离子总量的百分数平均为 72.31%, 最高可达 93.20%。但地下水中几乎不含 CO_3^{2-} 离子, 而 Cl^{-} 含量相对较高, Cl^{-} 占阴离子总量的百分数平均为 27.28%, 最高可达 64.18%。 Ca^{2+} 、 K^{+} 和 SO_4^{2-} 离子含量均较少。地下水类型为氯化物—重碳酸钠型水^[10], 呈碱性反应。部分观测井离子含量与含盐量如图 3 所示。由图可见, 地下水含盐量基本在 0.8~2.0 g/L 之间, 个别观测井含盐量数值较大

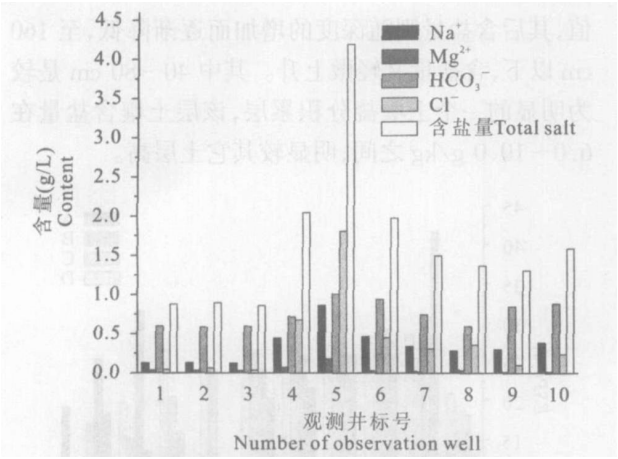


图 3 部分观测井离子含量与地下水含盐量

Fig.3 Ion and salt content of same observation wells

2.2 土壤含盐量与电导率之间的关系

分析结果表明,苏打碱土浸出液的电导率数值均较小,其最大值为 1.08 mS/cm,最小值仅为 0.25 mS/cm,其平均值是 0.68 mS/cm。电导率与土壤含盐量的关系如图 4 所示。电导率(y)和含盐量(x)之间的回归方程为: $y=0.201+0.092x$ ($r=0.991$, $n=50$, $p<0.0001$)。从分析结果看,土壤含盐量与电导率之间具有良好的线性相关性,其 $r=0.991$,达到极显著相关水平。依据该方程计算的土壤含盐量与实测含盐量的比较如图 5 所示。由图可见,计算的土壤含盐量与实测值绝大部分吻合良好,个别点稍有差异。根据电导率计算的土壤含盐量与实测含盐量的相对误差大多在 7% 以下,极个别数据误差较大,其总平均相对误差为 7.13%。表明该方程用于表示该区苏打碱土浸出液电导率与含盐量的关系,具有较好的适用性,可以作为经验公式使用。

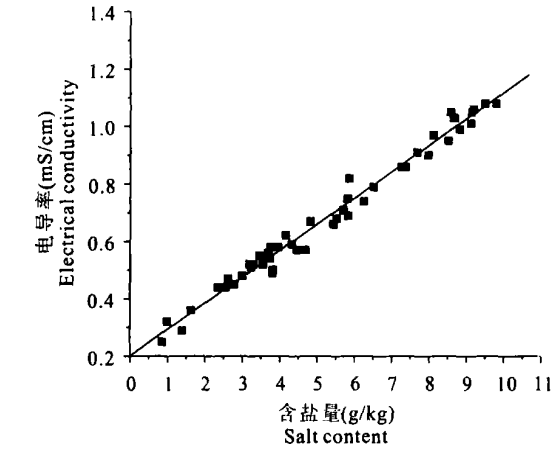


图 4 土壤含盐量与电导率的关系

Fig.4 Relationship between soil salt content and EC

2.3 地下水含盐量与电导率的关系

地下水电导率与含盐量之间具有良好的线性相

关关系(图 6),其 $r=0.997$,达极显著相关。地下水电导率(y)与含盐量(g/L)(x)之间的回归方程为: $y=-0.393+1.523x$ ($r=0.997$, $n=18$, $p<0.0001$)。利用这一方程计算的地下水含盐量值与实测值见表 1。由表 1 可看到根据电导率计算出的地下水含盐量与实际测量值之间的相对误差一般在 5% 以下,其最大误差是 8.76%,总平均相对误差为 4.25%,该方程适用性较好。

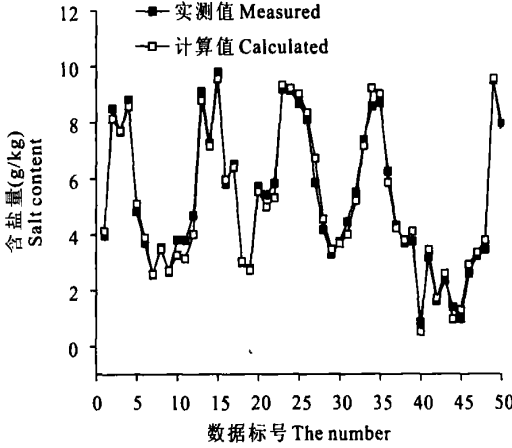


图 5 土壤含盐量实测值与计算值的比较

Fig.5 Calculated and measured salt content values of sodic soil

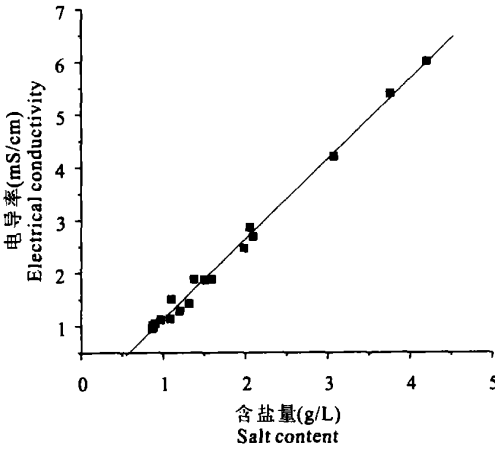


图 6 地下水含盐量与电导率之间的关系

Fig.6 Relationship between salt content and conductivity in groundwater

3 结论与讨论

1) 吉林省大安市苏打碱土含盐量与电导率具有良好的线性相关性,二者相关系数为 0.991,达到极显著相关水平。土壤浸出液电导率(y)与含盐量(x)之间的回归方程为: $y=0.201+0.092x$ ($r=0.991$, $n=50$, $p<0.0001$)。利用该方程计算的土壤含盐量与实测值之间符合较好,相对误差大多在 7% 以下,极个别数据误差较大,其总平均相对误差

为 7.13%。表明该方程可用于表示大安市苏打碱土电导率与含盐量的关系,具有较好的适用性。

表 1 地下水含盐量计算值与实测值的比较
Table 1 The comparison of calculated and measured values of salt content in groundwater

电导率 EC (mS/cm)	含盐量 (实测,g/L) Salt (measured)	含盐量 (计算,g/L) Salt (calculated)	绝对误差 (g/L) Error	相 对 误差 (%) Relative error
0.98	0.88	0.90	0.02	2.27
1.05	0.9	0.95	0.05	5.56
0.95	0.86	0.88	0.02	2.33
2.88	2.05	2.14	0.09	4.39
6.02	4.2	4.21	0.01	0.24
2.48	1.98	1.89	-0.09	4.55
1.88	1.5	1.49	-0.01	0.67
1.89	1.37	1.49	0.12	8.76
1.43	1.31	1.20	-0.11	8.39
1.89	1.59	1.50	-0.09	5.66
4.22	3.07	3.03	-0.04	1.30
5.41	3.75	3.81	0.06	1.60
1.29	1.19	1.11	-0.08	6.72
2.7	2.09	2.03	-0.06	2.87
1.15	1.08	1.01	-0.07	6.48
1.13	0.97	1.00	0.03	3.09
1.02	0.87	0.92	0.05	5.75
1.52	1.18	1.25	0.07	5.93

2) 地下水电导率与含盐量(g/L)之间的相关系数为 0.997,达极显著相关。电导率(y)与含盐量(x)之间的回归方程为: $y=-0.393+1.523x$ ($r=0.997, n=18, p<0.0001$)。根据电导率计算出的地下水含盐量与实际测量值之间的相对误差一般在 5%以下,其最大误差是 8.76%,总平均相对误差为 4.25%。表明该方程可以很好表征该区地下水含盐

量与电导率之间的关系,利用电导率来表示地下水的含盐量具有相当好的效果。

3) 本文得出的苏打碱土电导率和含盐量的直线方程与其它类型盐渍土有所差异,其原因可能是含盐量的测定方法及土壤类型不同所致。苏打碱土盐分组成复杂,除 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 外,尚含有少量的氯化物和硫酸盐,受碱化影响土壤颗粒高度分散,且土壤含盐量普遍偏低,因此要获得该类型土壤含盐量与电导率之间更为准确的结果,尚需进一步深入研究。本文得出的相关直线方程,希望能为本区苏打盐渍土电导率和含盐量之间的关系换算提供一些支持与借鉴。

参 考 文 献:

[1] 鲍士旦·土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000. 152—200.
[2] 蔡阿兴,陈章英,蒋正琦,等·我国不同盐渍地区盐分含量与电导率的关系[J].土壤,1997,(1):54—57.
[3] 孙宇瑞·土壤含水率和盐分对土壤电导率的影响[J].中国农业大学学报,2000,5(4):39—41.
[4] 张瑜斌,邓爱英,庄铁诚,等·潮间带土壤盐度与电导率的关系[J].生态环境,2003,12(2):164—165.
[5] 谢森祥·关于统一盐碱土化学分析方法和鉴定指标的几点建议[J].土壤肥料,1989,(2):24—46.
[6] 武得礼,王厦仙·电导法测定全盐量应用条件的探讨[J].土壤肥料,1997,(4):37—40.
[7] 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[J].土壤通报,2001,32:85—87.
[8] 余建英,何旭宏·数据统计分析与 SPSS 应用[M].北京:人民邮电出版社,2003.67—245.
[9] 李小刚,曹靖,李凤民·盐化及钠质化对土壤物理性质的影响[J].土壤通报,2004,35(1):64—72.
[10] 吉林省土壤肥料总站·吉林土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.204—210.

The relationship between salt content and electric conductivity of soda solonetz in Da'an City

LI Bin^{1,2}, WANG Zhi-chun¹, CHI Chun-ming^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the measurement of salt content and electrical conductivity in soda solonetz soil as well as in groundwater in Da'an City, Jilin Province, the relationship between the salt content and electric conductivity was determined. The results show: 1) Both the EC of soil extract and groundwater were linearly related to their respective salt contents. 2) The regression equation between the electrical conductivity (y) and the soil salt content(g/kg) (x) was $y=0.201+0.092x$ ($r=0.991, n=50, p<0.0001$). 3) The regression equation between the electrical conductivity (y) and the salt content(g/L) (x) of groundwater was $y=-0.393+1.523x$ ($r=0.997, n=18, p<0.0001$). 4) The soil salt content calculated based on the electrical conductivity agreed well with the measured values, and the relative error was less than 7% mostly. 5) The relative error of the salt content calculated based on the electrical conductivity to the actual salt content of ground water was less than 5% generally. It was concluded that the regression equations based on statistical analysis could be used to estimate the electrical conductivity and salt content of soda solonetz.

Keywords: soda solonetz; salt content; electrical conductivity; Da'an City
(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>