

吉林省大安市苏打碱土盐化与碱化的关系

李 彬^{1,2}, 王志春^{1*}, 梁正伟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: 选择了 76 份苏打碱化土壤样品, 对其各盐化与碱化指标进行了测定, 分析了苏打碱化土壤盐化和碱化的关系。结果表明, 土壤的碱化层和高含盐层出现在土壤中同一层次, 因此该土壤盐化与碱化过程有密切联系。土壤含盐量与各碱化参数(ESP、SAR、总碱度、RSC 和 pH)均为正相关。土壤碱化度随含盐量的升高而增大, 高盐分浓度对土壤碱化度的抑制作用, 至少要在其浓度达到 8.0 g/kg 以上时才会出现。土壤中 Na^+ 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子同各碱化参数之间均是极显著相关, 同时 Cl^- 离子与除 pH 外的各碱化参数极显著相关, 这是该类型土壤兼有盐化和碱化特征的反映。统计分析表明, 各盐分离子中 Na^+ 和 CO_3^{2-} 离子对 ESP 的影响作用更大。

关键词: 苏打碱土; 盐化; 碱化; 大安市

中图分类号: S156.4; S151.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7601(2007)02-0151-05

苏打盐碱化土壤的盐分组成以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主, 由于土壤在盐化的同时进行碱化过程, 因此该类型土壤兼具盐化和碱化特征。碱化是吉林省大安市盐碱土的重要特征, 无论是盐化草甸土、碱化草甸土、盐化沼泽土, 还是盐土和碱土, 都具有较强的碱性^[1]。该区苏打盐碱土的研究, 20 世纪 50~60 年代主要为苏打盐渍化过程和成因研究; 70~80 年代以后主要为盐碱化土壤的治理和次生盐渍化防治研究; 90 年代, 则主要为生态地球化学观点在理论上进行系统总结和研究^[2]。研究苏打碱化土壤盐化与碱化的关系, 对于充分认识该区苏打盐碱土的形成与特征具有重要意义。由于盐化和碱化是本区盐渍土普遍同时存在的过程, 因此对二者关系的研究也是该区盐碱土改良与利用以及区域生态环境建设的理论基础。鉴于此, 本研究以典型苏打碱土为研究对象, 选取不同盐化与碱化指标, 分析了该类型土壤盐化与碱化的关系, 以期为本区苏打盐渍土的科学研究和改良利用提供支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

大安市位于吉林省西部, 属于半湿润向半干旱气候过渡地带, 年均降水量为 413.7 mm ; 年平均蒸发量 1756.9 mm , 是降水量的 4 倍多。研究区位于大安碱地生态试验站, 该站位于大安市红岗子乡境内, 霍林河与洮儿河的下流河间地区, 地势低平, 具

有半封闭型的地貌特征, 属于径流滞缓地区。站区占地面积约 100 hm^2 , 地面坡降 $1/5000 \sim 1/8000$, 排水不畅。试验区地下水埋藏较浅, 2003 年 6 月至 2005 年 6 月的监测数据表明, 地下水平均埋深为 2.10 m 左右, 小于土壤返盐的临界深度。因此试验区具备土壤积盐返盐的自然条件, 土壤盐碱化基本属于中重度的苏打碱化土壤。地表植被退化严重, 基本类型为耐盐碱性较强的碱蓬、碱茅与虎尾草群落, 羊草群落呈孤岛状分布于其中盐碱化较轻的地块, 在低洼季节性积水区生长芦苇等湿生植被。本文测试土样取自试验站中的苏打碱土类型。2002~2005 年, 先后取得土壤样品 76 份, 对各土样的基本理化性质进行了测试分析。

1.2 测试项目

测试项目主要包括: (1) 阳离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+)和阴离子(CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-})的含量; (2) 土壤含盐量、电导率和 pH; (3) 交换性阳离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+)和阳离子交换量(CEC); (4) 根据以上数据结果, 分别计算土壤各碱化参数(ESP、ESR、SAR、RSC 和总碱度)。以上各数据的测定均采用常规的土壤农化测试分析方法^[3,4]。

1.3 数据分析

数据分析主要采用常规的图表法和数理统计方法^[5], 得出苏打碱土盐化与碱化参数之间的统计方程。采用的统计分析软件包主要为 SPSS 11.5。

收稿日期: 2006-07-11

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-SW-19-5-01); 中国科学院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治理。E-mail: njlibin@yahoo.com.cn.

通讯作者: 王志春, 研究员, 电话: 0431-5542240.

2 结果与分析

2.1 土壤碱化层与高含盐层的分布

碱化层是鉴别土壤是否发生碱化的主要诊断层,其主要的诊断指标为碱化度(ESP)和 pH。国际上一般将碱化层的 $ESP>15\%$, $pH>8.5$ 的土壤称为碱土^[6]。测试结果表明,整个土壤剖面中 ESP 和 pH 数值均很高,其中 ESP 为 $15\%\sim35\%$,土壤 pH 为 $10.0\sim10.4$,因此供试土样全剖面均呈强碱性。其中 $20\sim80\text{ cm}$ 土层 $ESP>25\%$, $pH>10.3$,是明显的土壤碱化层;其它土层相应 ESP 和 pH 指标均小于该土层。

含盐量是土壤盐积层的主要诊断指标。测试结果表明,土壤剖面中含盐量大小介于 $2.0\sim10.0\text{ g/kg}$ 之间,数值较小。其中 $20\sim80\text{ cm}$ 土层的含盐量在 $8.0\sim10.0\text{ g/kg}$ 之间,明显较其它土层含量高,是土壤盐分的一个积累层。因此, $20\sim80\text{ cm}$ 土层既是土壤的碱化层,又是土壤的高含盐分布层。碱化层和高含盐层出现在土壤中的同一层次,表明苏打碱土盐化与碱化过程有密切联系。

2.2 土壤含盐量与 ESP 和 SAR 的关系

土壤含盐量与 ESP 的关系如图 1 所示。一般认为在盐效应的影响下,土壤溶液中较高的盐浓度抑制碱性钠的水解,从而使土壤碱化程度降低^[7]。但本文研究结果显示,土壤 ESP 随含盐量的增加而变大,即 ESP 与含盐量呈正相关($r=0.769$);土壤含盐量在 5.0 g/kg 以前,土壤即开始强烈碱化, pH 在 10.0 以上, $ESP>15\%$;随着含盐量的不断上升,土壤 ESP 趋于平稳。统计分析表明, $ESP(y)$ 与土壤含盐量(x)的线性回归方程为: $y=10.896+1.866x$ ($r=0.796, n=45, p<0.0001$),该方程具有极显著统计意义。 $ESP(y)$ 与含盐量(x)之间的非线性回归方程为: $y=30.831\times(1-e^{-0.232x})$ ($R^2=0.640, n=45$)。

造成本区苏打碱土 ESP 随含盐量的增大而升高的原因,可大致归结为以下两个方面:(1) 与盐化土壤相比,苏打碱化土壤含盐量总体较低,表层含盐量一般在 5.0 g/kg 以下。因此从盐效应看,供试土样土壤溶液中盐分浓度低,是促进而非抑制碱性钠水解,从而提高土壤碱化度。这表明该类土壤的 ESP 在低盐分浓度条件下是随含盐量的升高而增大的,但随着土壤盐分浓度的持续增加,ESP 上升幅度逐渐变小,最后趋于稳定。由图 1 可见,土壤高盐分浓度对 ESP 的抑制作用,至少要在盐分浓度达到 8.0 g/kg 以上时才会出现。(2) 试验区所在地的

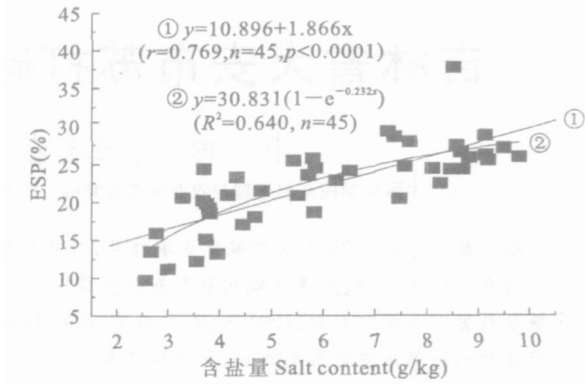


图 1 土壤含盐量与 ESP 的关系

Fig.1 Relationship between salt content and soil ESP

苏打盐碱土,是在现代气候条件下,由低矿化度地下水蒸发富集而形成的。在地下水蒸发浓缩时,浓度每增加 1 倍,地下水的 SAR 即增加 1.4 倍,引起土壤胶体中交换性钠离子比例迅速增大,提高了碱化度。另外,由于 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 的存在,造成土壤碱化后不可逆性增强; HCO_3^- 离子引起 pH 显著升高,使土壤中的大部分 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子以碳酸盐的形态沉淀下来,从而大大提高了 Na^+ 离子的交换能力。而被 Na^+ 离子交换出来的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子,由于 pH 高和 CO_3^{2-} 离子的作用也很容易在土壤中沉淀,因此,即使苏打和小苏打含量很低,也可以使土壤胶体中大量钙镁离子交换出来,使土壤具有很高的碱化度。

土壤含盐量与 SAR 的关系如图 2 所示。SAR 随土壤含盐量的增大而升高,即二者是正相关,相关系数 $r=0.794$,为极显著相关。这是因为供试土样盐分组成中以 Na_2CO_3 和 $NaHCO_3$ 为主, Na^+ 离子是土壤溶液中主要的阳离子。统计分析表明, Na^+ 占土壤可溶性阳离子总量的百分数在 $70\%\sim90\%$ 以上,占土壤含盐量的百分比在 $15\%\sim40\%$ 之间。同时土壤中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子含量均很小,一般介于 $0.1\sim0.2\text{ g/kg}$ 之间。因此含盐量的增大势必引起土壤溶液中 Na^+ 含量的增高,使 SAR 值随之上升。统计分析表明, $SAR(y)$ 与含盐量(x)的线性回归方程为: $y=2.780+0.953x$ ($r=0.794, n=76, p<0.0001$),该方程具有极显著统计意义。 $SAR(y)$ 与含盐量(x)的非线性回归方程为: $y=-3.954+5.673\times(1-e^{-1.695x})+11.207\times(1-e^{-0.177x})$ ($R^2=0.704, n=76$)。

2.3 土壤含盐量与总碱度、RSC 和 pH 的关系

统计分析表明,苏打碱土含盐量与总碱度和残

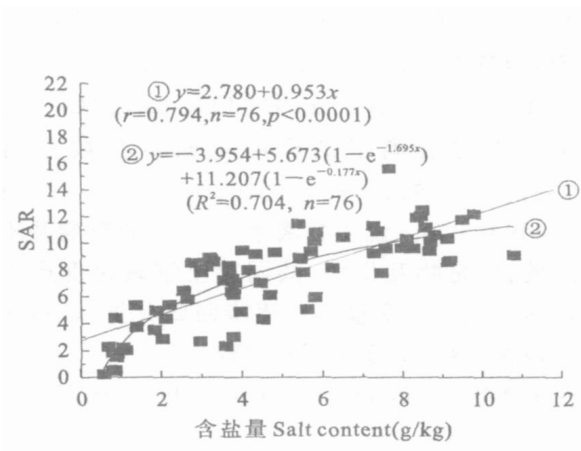


图 2 土壤含盐量与 SAR 的关系

Fig.2 Relationship between soil salt content and SAR

余碳酸钠均具有良好的线性相关性(图 3), 相关系数分别为 $r_1=0.992$ 和 $r_2=0.984$, 均为极显著相关。这是因为总碱度和残余碳酸钠均是土壤溶液中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子含量大小的反映, 即 $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 离子含量决定二者的数值大小。统计分析表明, $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 含量占土壤溶液中阴离子总量的百分比高达 $80\% \sim 97\%$, 占土壤含盐量的百分比在 $40\% \sim 73\%$, 因此 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 是土壤中的主要阴离子, 其含量决定了土壤含盐量的大小。该区苏打碱土的这种盐分组成状况, 决定了总碱度和残余碳酸钠均与含盐量具有良好的相关性。总碱度(y_1)和 RSC(y_2)与含盐量(x)之间的线性回归方程分别为: $y_1 = -0.124 + 0.242x$ ($r = 0.992, n = 76, p < 0.0001$), $y_2 = -1.698 + 2.230x$ ($r = 0.984, n = 76, p < 0.0001$), 两方程均具有极显著的统计意义($p < 0.0001$)。

土壤含盐量与 pH 的关系如图 4 所示。由图 4 可见, 在测试范围内, pH 随含盐量的增大而变大, 即二者正相关($r=0.689$)。pH(y)与含盐量(x)之间的线性回归方程为: $y=9.046+0.15x$ ($r=0.689, n=76, p<0.0001$); pH(y)与含盐量(x)之间的非线性回归方程为: $y=10.244-2.442 \cdot (0.598)^x$ ($R^2=0.664, n=76$)。如前所述, 供试土样盐分组成以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主, 其含量决定了土壤含盐量的大小。而 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 在水中发生碱性水解, 使土壤呈强碱性反应, 是造成土壤 pH 偏高的主要原因, 因此 pH 与含盐量表现出较强的相关性。

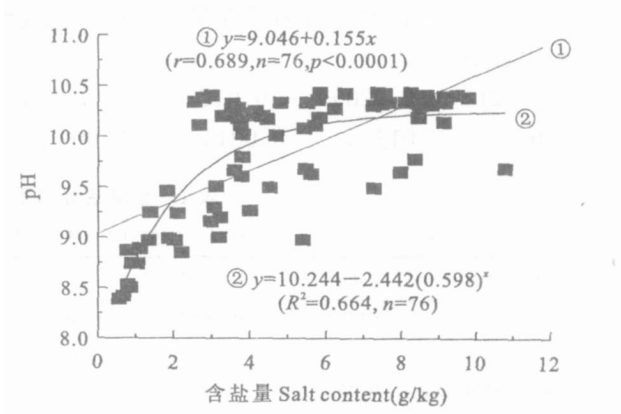


图 4 土壤含盐量与 pH 的关系

Fig.4 Relationship between pH and salt content

2.4 盐分离子对土壤碱化的影响

盐分离子对土壤碱化过程具有较大影响。土壤中有 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaSiO_3 和 Na_2BO_3 等碱性盐存在时, 土壤 pH 一般大于 8.5, 且大多数均在 10 左右^[8], Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的溶解度下降, Na^+ 占绝对优势, 土壤易于吸附钠而碱化, 造成土壤具有很高的碱化度。

土壤 ESP 总体上均随各离子含量的增加而变大, ESP 与各离子含量之间均是极显著的正相关关系。统计分析表明, ESP(y)与 $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ (x) 具有较好的线性关系, 二者之间的线性回归方程为: $y = 6.132 + 0.269x$ ($r = 0.811, n = 45, p < 0.0001$); ESP(y)随 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ (x) 含量的增加而升高, 二者之间的线性回归方程为: $y = 15.048 + 0.818x$ ($r = 0.429, n = 45, p = 0.004$); $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 离子含量对 ESP 的影响是, ESP 随 $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 的增加而逐渐升高, 最后稳定在某一数值水平, 即随着 $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$ 的持续升高, ESP 趋

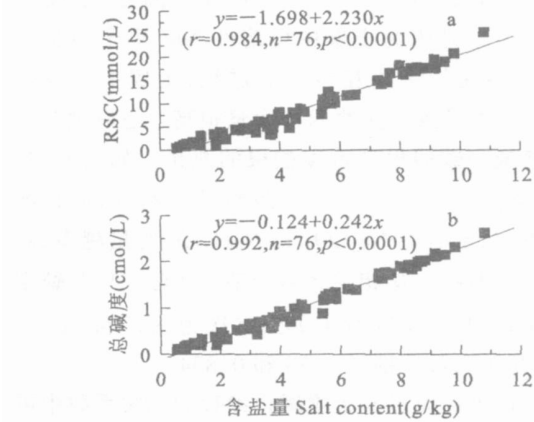


图 3 土壤含盐量与总碱度和残余碳酸钠的关系

Fig.3 Relationship between salt content and total alkalinity, RSC

向于不再发生变化;ESP(y)与($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)(x)之间的线性回归方程为: $y = 13.539 + 0.135x$ ($r = 0.638, n = 45, p < 0.0001$);ESP 随($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)离子含量增加而升高,最后趋于一个稳定的值,即随着($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)离子含量的持续变大,ESP 变化幅度很小;ESP(y)与($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)(x)之间的线性回归方程为: $y = 9.290 + 1.660x$ ($r = 0.702, n = 45, p < 0.0001$)。以上各回归方程的相伴概率 p 值均是 $p < 0.0001$, 因此各方程均具有极显著的统计意义。

土壤的碱化特征是土壤中各化学成分综合作用的结果,其影响因素是多种多样的。以土壤 ESP 为因变量(y)、各离子含量为自变量(x)进行多元线性回归分析,得到 ESP 与各离子含量之间的多元线性回归方程是:

$$y = 1.216 + 0.020x_1 - 0.017x_2 + 0.020x_3 + 0.046x_4 - 0.012x_5 - 0.001x_6 + 0.002x_7 +$$

$0.110x_8$ ($R^2 = 0.760, n = 45, p < 0.0001$)
式中, y 为 ESP, x_1 为 Ca^{2+} , x_2 为 Mg^{2+} , x_3 为 Na^+ , x_4 为 K^+ , x_5 为 CO_3^{2-} , x_6 为 HCO_3^- , x_7 为 Cl^- , x_8 为 SO_4^{2-} 。上述各离子的标准化回归系数分别为 0.132, -0.155, 1.365, 0.076, -0.513, -0.182, 0.024 和 0.070。说明各离子对 ESP 的影响并不是孤立的,而是相互作用,共同对土壤碱化度产生影响。对上述 8 个变量再作逐步回归分析,以消除多重共线性,得到的逐步回归方程为:

$$y = 4.008 + 0.020x_1 - 0.014x_2$$
 ($R^2 = 0.721, n = 45, p < 0.0001$)

式中, y 为 ESP, x_1 为 Na^+ , x_2 为 CO_3^{2-} 。其标准化回归系数分别为 1.354 和 -0.603;回归系数检验统计量 t 值分别为 7.032 和 -3.132, p 值分别为 0.000 和 0.003。因此,该模型有意义,说明各离子中以 Na^+ 和 CO_3^{2-} 离子对 ESP 的影响最重要,且 Na^+ 对 ESP 的影响要大于 CO_3^{2-} 离子。

表 1 土壤盐分离子与各碱化参数之间的相关分析
Table 1 Correlations between soil ions and alkalization parameter

碱化参数	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
ESP ¹⁾	0.524**	0.354*	0.809**	0.218	0.620**	0.623**	0.701**	0.416**
SAR	0.096	0.448**	0.869**	-0.073	0.712**	0.632**	0.582**	0.092
总碱度 Total alkalinity	0.371**	0.657**	0.78**	0.263*	0.834**	0.995**	0.347**	-0.019
pH	0.390**	0.675**	0.801**	-0.134	0.812**	0.679**	0.193	-0.215
RSC	0.301**	0.599**	0.752**	0.311**	0.801**	0.996**	0.344**	0.006

注: ** 表示在 0.01 水平时显著相关; * 表示在 0.05 水平时显著相关。样本数 $n = 76$; 1) 统计样本数为 45。
Note: ** 0.01 significant level; * 0.05 significant level. Sample number $n = 76$; 1) Statistical sample number is 45.

对各盐分离子与土壤碱化参数进行统计分析,得到各离子与碱化参数的相关系数矩阵(表 1)。由表 1 可见,土壤盐分离子同各碱化参数之间具有较为紧密的联系,其中 Na^+ 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子同各碱化参数之间均是极显著相关。土壤中的碱性反应是由于土壤中有弱酸强碱的水解性盐类存在,其中主要的是碳酸根和重碳酸根的碱金属盐类(Na 、 K)和碱土金属的盐类(Ca 、 Mg)存在,因而土壤 pH 与 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 均是正相关关系。由于 CaCO_3 和 MgCO_3 的溶解度很小,在正常 CO_2 分压下,它们在土壤溶液中的浓度很低,因此含 CaCO_3 和 MgCO_3 的土壤其 pH 不可能很高,最大在 8.5 左右;而 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 等是水溶性盐类,可以出现在土壤溶液中,可以使土壤总碱度很高,因此从密切性来说, Na^+ 、 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 离子与 pH 较之 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子更为密切,其与 pH 的相关系数为极显著正相关。

SAR 是土壤溶液中 Na^+ 离子浓度同 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的平均浓度的平方根的比值,因而 SAR 与 Na^+ 离子是一种正相关关系,其相关系数为 0.869,为极显著相关。ESP 与土壤中各个离子均为显著相关,但相关系数以 Na^+ 离子为最大(0.809),这是因为土壤中可溶性 Na^+ 离子与交换性 Na^+ 存在一个相互转化的过程,土壤中可溶性 Na^+ 过多也导致交换性 Na^+ 含量很高。总碱度是指土壤溶液中碳酸根和重碳酸根的总量。如前所述,由于 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的溶解度很高,因而在测试范围内,土壤中 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 含量越多,总碱度也应愈高。从相关系数上看, HCO_3^- 与总碱度最为密切,相关系数为 0.995;其次为 Na^+ 和 CO_3^{2-} 离子,相关系数分别为 0.78 和 0.834。

从以上各离子与土壤碱化参数的相关系数中可以看出, Na^+ 、 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 同 ESP、SAR、pH、总碱度和 RSC 等都是极显著相关,而 Cl^- 离子同除

pH 外的各参数也均为极显著相关,这是本区苏打盐渍土兼有盐化和碱化特征的反映。

3 结 论

1) 供试土样 20~80 cm 土层既是土壤的碱化层,又是土壤的高含盐分布层。碱化层和高含盐层出现在土壤中的同一层次,表明苏打碱土盐化与碱化过程有密切联系。该区盐碱土盐分组成中以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主,因此造成土壤具有不同程度的盐化和碱化特征。

2) 土壤 ESP 和 SAR 均随含盐量的增大而升高,这与一般的结论不一致。这表明对于本区苏打碱土而言,ESP 在低盐分浓度条件下是随含盐量的升高而增大的,高盐分浓度对土壤碱化度的抑制作用,至少要在其浓度达到 8.0 g/kg 以上时才会出现。

3) 含盐量与总碱度和残余碳酸钠具有良好的线性相关性,相关系数分别为 $r_1=0.992$ 和 $r_2=0.984$,均为极显著相关。含盐量与 pH 也是正相关,相关系数为 0.689。造成含盐量与三者均显著相关的原因是土壤中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 是主要的阴离子,其含量决定了土壤含盐量的大小。

4) 盐分离子对土壤碱化过程产生影响。 Na^+ 、 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子同各碱化参数之间均是极显著相关,同时 Cl^- 离子与除 pH 外的各参数也均为极显著相关,这是本区苏打盐渍土兼有盐化和碱化特征的反映。各盐分离子对土壤碱化度共同产生影响,其中 Na^+ 和 CO_3^{2-} 离子对 ESP 的影响作用更大。

参 考 文 献:

[1] 刘兴土. 松嫩平原退化土地整治与农业发展[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 60—135.
[2] 宋长春, 何 岩, 邓 伟. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 2—96.
[3] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 152—200.
[4] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996. 24—43.
[5] 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—220.
[6] 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): 65—76.
[7] 吉林省土壤肥料总站. 吉林省土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 195—211.
[8] 李学垣. 土壤化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 245—278.

Relationship between salinization and alkalization of sodic soil in Da'an City

LI Bin^{1,2}, WANG Zhi-chun¹, LIANG Zheng-wei¹, CHI Chun-ming^{1,2}

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

Abstract: Salinization and alkalization parameters of sodic soil were measured. Relationship between salinization and alkalization was analyzed. Results show that the natric horizon and salic horizon locates at the same soil layer, which indicates that the relation of salinization to alkalization is close. Correlations between soil salt content and alkalization parameters including exchange sodium percentage (ESP), sodium adsorption ratio (SAR), total alkalinity, residual sodium carbonate (RSC) and pH are all significant. Values of soil ESP become high as soil salt content increases. Soil salt content under 8.0 g/kg accelerates hydrolytic reaction of exchangeable sodium rather than restrains it. Inhibiting effect of soil salt content on exchangeable sodium percentage is apparent when soil salt content exceeds 8.0 g/kg. Correlations between ions including Na^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- and alkalization parameters are very significant. Correlation between Cl^- and alkalization parameters except pH is also very significant. This reflects the salinization and alkalization characteristic in sodic soil simultaneously. Na^+ and CO_3^{2-} ion has a stronger influence on soil ESP than other soil soluble ions.

Keywords: sodic soil; salinization; alkalization; Da'an City