

苏打碱化土壤碱化参数的干湿季节动态变化^①

李彬¹, 王志春², 武恒³

(1 滁州学院国土信息工程系, 安徽滁州 239000; 2 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012;

3 西北农林科技大学理学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 选取吉林省西部典型苏打碱化土壤, 分别于干季6月、湿季8月和干季10月进行取样分析, 测定计算土壤剖面各碱化参数(pH、SAR、SSP、SDR、总碱度、RSC和ESP), 分析在气候干湿季节变化过程中各碱化参数的动态变化特征。研究表明, 随着气候“干季-湿季-干季”的变化过程中, 苏打碱化土壤各碱化参数也呈现较规律变化, 其总体特征是各碱化参数在由干季向湿季(6月—8月)表现为升高趋势; 而在湿季向干季(8月—10月)则表现为降低趋势。从变化幅度看, 以表层土壤(0~20cm)变化更为显著。干季强烈蒸发作用导致地表积盐、湿季地下水埋藏浅以及苏打碱化土壤通透性能差是造成湿季各碱化参数增大的主要原因。

关键词: 苏打碱化土壤; 碱化参数; 干湿季

中图分类号: S156.4; S151.9+1

松嫩平原是世界三大苏打盐碱化土壤集中分布区域之一, 其中约有62.44%分布在吉林省西部地区, 而典型苏打碱化土壤则又主要分布在吉林省白城市^[1-3]。该类型土壤盐分组成以NaHCO₃为主, 碱化特征明显。受半湿润、半干旱气候影响, 干季由于降水稀少, 土壤易因强烈蒸发作用而积盐; 湿季则因降水集中, 地表排水不畅, 致使地下水位上升超出临界水位而积盐^[4-5]。本文选取苏打碱化土壤, 测定各碱化参数, 对其干湿季节变化规律进行分析, 以期为该类型土壤改良和利用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 供试土样

土壤样品取自于吉林省西部白城市的大安碱地生态试验站。该站位于嫩江古河道冲积平原的大型闭流洼地之中, 地势低平, 排水不畅, 属于径流滞缓地区。站区土壤类型为典型中、重度苏打碱化土壤。为研究该类型土壤各碱化参数的干湿季节动态, 在该站定位4个典型碱化土壤地块, 每一地块长50m、宽40m, 分别于2005年6月(干季)、8月(湿季)和10月(干季), 在各地块分别选取典型土壤剖面, 取样测试分析。取样深度为180cm, 取样间隔为20cm。取样方法: 利用土壤取样器(取土钻), 在每一定位地块随机选取

4~5个取样点, 按20cm间隔分层进行取样, 然后取各土层混合样作为该地块最终供试土样。

1.2 测定项目

测试项目: ①可溶性阴阳离子含量。其中Ca²⁺和Mg²⁺采用EDTA滴定法测定, Na⁺和K⁺采用火焰光度法测定^[6]; CO₃²⁻和HCO₃⁻采用中和滴定法测定, Cl⁻采用硝酸银滴定法测定, SO₄²⁻采用比浊法测定。②土壤pH采用电位法测定。③土壤交换性阳离子(Ca、Mg、Na、K)和阳离子交换量(CEC)。其中交换性Ca和Mg采用原子吸收分光光度法测定, 交换性Na和K采用火焰光度法测定, 阳离子交换量采用乙酸钠法测定。上述数据测定时的土水比均为1:5。在以上测试数据基础上, 分别对土壤钠吸附比(SAR)、钠化率(SSP)、总碱度和残余碳酸钠(RSC)、碱化度(ESP)等参数进行计算。

2 结果与分析

2.1 试验区气候季节变化特征

试验区地处半湿润、半干旱气候区, 降水稀少而蒸发强烈, 多年平均降水量413.7mm, 年均蒸发量1756.9mm; 全年多大风天气, 年均风速4.1m/s, 最大风速31.0m/s, 大风多出现在春季和秋季^[7]。从气候季节变化特征看, 据大安碱地生态试验站气象观测数据,

①基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-SW-19-5-01)资助。

作者简介: 李彬(1980—), 男, 江苏邳州人, 博士, 副教授, 主要从事农业资源与环境等方面的研究。E-mail: libchn@163.com

2005 年春季（3—5 月）、夏季（6—8 月）和秋季（9—11 月）试验站所在地月平均气温分别为 10.45℃、25.80℃ 和 11.30℃。春季、夏季和秋季总降水量分别为 13.10、473.85 和 10.3 mm，呈现明显干湿季节变化；而同期总蒸发量则分别为 654.6、671.5 和 410.4 mm，因而春季和秋季蒸发尤为强烈。

2.2 土壤 pH 的干湿季节变化

苏打碱化土壤由于交换性 Na^+ 、 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 等离子的水解作用，致使土壤溶液pH普遍偏高，碱性较强，一般在 10.0 左右。随着气候的干湿交替，土壤剖面各土层pH大小也发生有规律的变化（图 1）。其基本变化规律为：①土壤 140 cm深度以上各土层pH基本呈“高-低-低”趋势变化，即 6 月土壤pH最大，8 月和 10 月 pH持续降低，但降低程度均较小，其中湿季时的 8 月与干季 6 月相比降低幅度在 0.03%~1.59%，10 月与 8 月相比降低幅度在 0.30%~1.84%；②140 cm~180 cm 的深层土壤pH基本呈“高-低-高”变化趋势，即 6 月土壤pH最大，10 月次之，8 月最小。

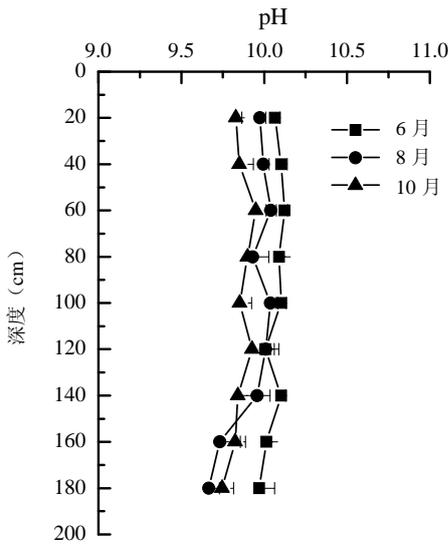


图 1 土壤剖面 pH 的干湿季节变化

Fig.1 Variations of soil pH during dry and wet seasons

2.3 土壤钠吸附比（SAR）的干湿季节变化

钠吸附比（SAR）是指示土壤溶液中Na含量的重要参数，它是 Na^+ 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的相对数量，是评价土壤碱化程度的重要指标^[8]。苏打碱化土壤由于可溶性 Na^+ 含量较高，因而SAR值也较大，一般在 4~8 之间。土壤SAR干湿季节变化特征如图 2 所示。除个别土层外，土壤全剖面SAR变化特征基本一致，均表现为“低-高-低”的变化趋势，即湿季时SAR值最高，由干季向湿季SAR升高，而由湿季向干季SAR则降低。

从变化幅度看，表层土壤（0~20cm）变化较为显著，其中 8 月与 6 月相比该土层SAR升高 31.21%，而 10 月与 8 月相比则降低 37.71%。

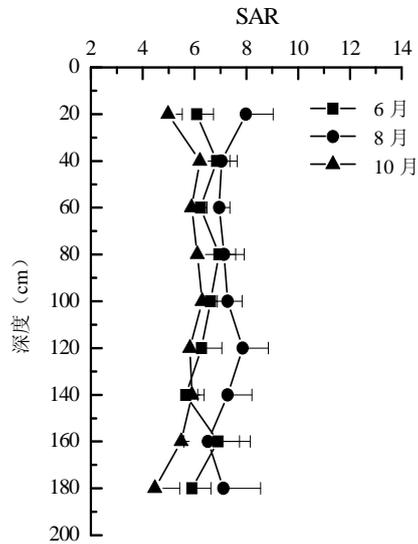


图 2 土壤剖面 SAR 的干湿季节变化

Fig.2 Variations of soil SAR during dry and wet seasons

湿季土壤SAR升高，主要是由于土壤溶液中 Na^+ 含量增加所致。测定结果表明，0~20 cm表层土壤 6 月 Na^+ 含量为 2.22 g/kg，8 月份则为 2.87 g/kg，8 月份与 6 月份相比，其含量增加了 29.01%。其他土层 Na^+ 含量 8 月与 6 月相比，增加幅度一般介于 1.69%~55.52% 之间，其平均值为 17.37%，即均有较大程度的增加。由于 Na^+ 含量的增加，造成SAR在湿季升高。而造成湿季土壤 Na^+ 含量增加的原因，主要和干季土壤强烈蒸发积盐有关。如上所述，试验区春季和秋季降水稀少而蒸发强烈，土壤极易因蒸发而积盐，使表层土壤盐分离子含量增高甚至结晶析出而在表土层形成龟裂状盐碱结壳；随着夏季降水增多，土壤含水量增大，表层积聚的盐分逐渐溶解，致使土壤溶液中 Na^+ 含量增高。另一方面，由于试验区地势低平，排水不畅，湿季地下水位升高。2005 年 6 月、7 月和 8 月试验区地下水平均埋深分别为 2.34、1.28 和 0.61 m，因此土壤表层 Na^+ 含量在湿季升高，也和地下水埋藏浅而产生毛细管蒸发积盐有关。

2.4 土壤钠化率（SSP）和 SDR 的干湿季节变化

钠化率（SSP）是土壤溶液中 Na^+ 浓度占阳离子总浓度的百分比，SDR是 Na^+ 与 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ 含量的比值。由于 Na^+ 是苏打碱化土壤的主要阳离子，因而SSP和SDR值均较大，其中SSP一般在 60% 以上，SDR在 2~4 之间。二者干湿季节变化特征分别如图 3 和图 4 所

示。由图 3 可见，8 月土壤剖面各土层 SSP 与 6 月相比，基本呈“升高-降低-升高-降低”变化趋势，其中升高的土层为 0~80 cm 和 100~140 cm，降低的土层为 140~180 cm。0~20 cm 表层土壤 10 月 SSP 与 8 月相比呈降低趋势，其后 SSP 升高，基本呈折线变化。从变化幅度看，以 0~20 cm 表层和 40~100 cm 土层变化幅度较大，例如 0~20 cm 表层 8 月 SSP 与 6 月相比升高 7.97%，而 10 月与 8 月相比则降低 115.11%，降低幅度显著。由图 4 可见，土壤 SDR 的干湿季节变化特征与 SSP 变化基本一致，其中 0~80 cm 土壤 SDR 均呈升高趋势，且表层土壤（0~20 cm）SDR 增加幅度较大，为 34.56%。

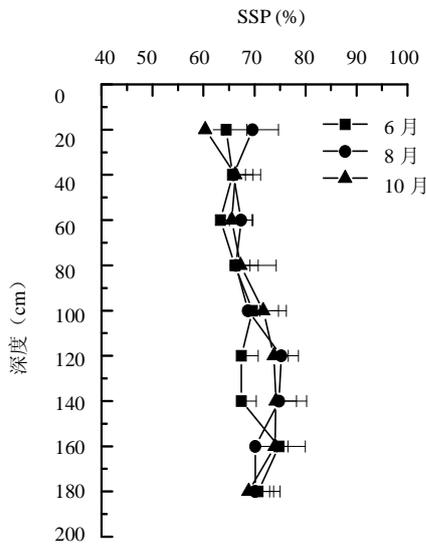


图 3 土壤剖面 SSP 的干湿季节变化

Fig. 3 Variations of soil SSP during dry and wet seasons

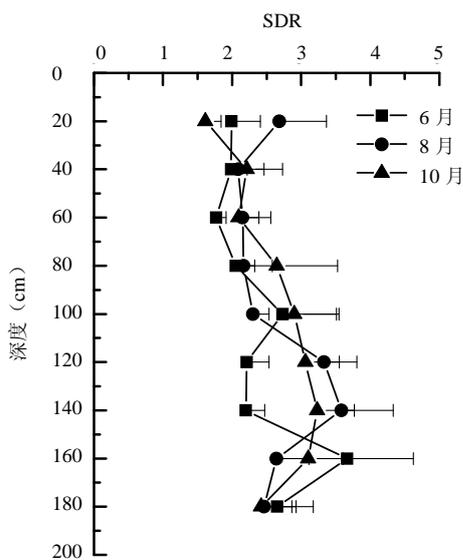


图 4 土壤剖面 SDR 的干湿季节变化

Fig. 4 Variations of soil SDR during dry and wet seasons

总

相应

大于干季（6 月和 10 月），其原因是由于干季强烈蒸发和湿季地下水上升而使 Na⁺ 含量在湿季升高所致。

2.5 总碱度和残余碳酸钠 (RSC) 的干湿季节变化

总碱度是土壤溶液中 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 含量之和，在一定程度上反映土壤的碱性程度。而残余碳酸钠 (RSC) 则是总碱度减去 Ca²⁺、Mg²⁺ 含量之和的余数。由于苏打碱化土壤阴离子以 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 为主，因而总碱度数值较大，其中 100 cm 深度以上各土层均在 20 mmol/L 以上。总碱度干湿季节变化如图 5 所示。8 月土壤剖面各土层总碱度与 6 月相比，基本呈“升高-降低-升高-降低-升高”的变化特征，其中升高土层为 0~40 cm、80~100 cm 和 140~180 cm，降低土层为 40~80 cm 和 100~140 cm；10 月各土层总碱度与 8 月相比，则均呈较大幅度降低趋势，其平均降低幅度为 34.55%。

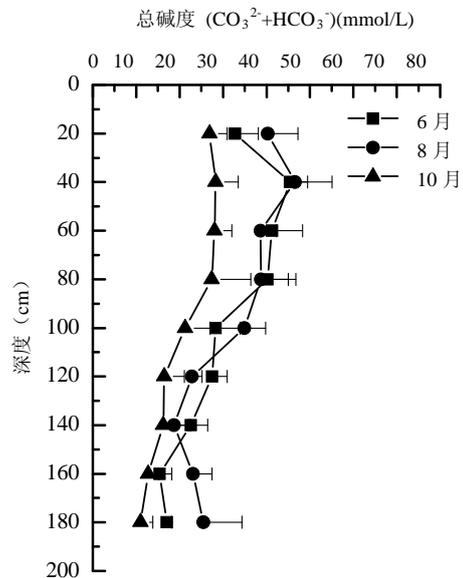


图 5 土壤剖面总碱度的干湿季节变化

Fig. 5 Variations of soil (CO₃²⁻+HCO₃⁻) during dry and wet seasons

残余碳酸钠 (RSC) 常用来表示从重碳酸盐水中沉淀出碳酸钙的趋向和碳酸钠的危害程度^[9]。各土层 RSC 干湿季节变化如图 6 所示，其变化特征与总碱度基本一致。造成表层土壤总碱度或 RSC 在湿季升高的原因，是由于干季表层因蒸发盐离子积累较多，湿季 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 重新溶解进入土壤溶液所致。另外，由于湿季地下水埋深浅 (<1.0 m)，而浅层地下水总碱度较大，其平均值在 14.0 mmol/L 以上^[10]，因而深层土壤总碱度和 RSC 的升高，也和地下水中的 HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 有关。

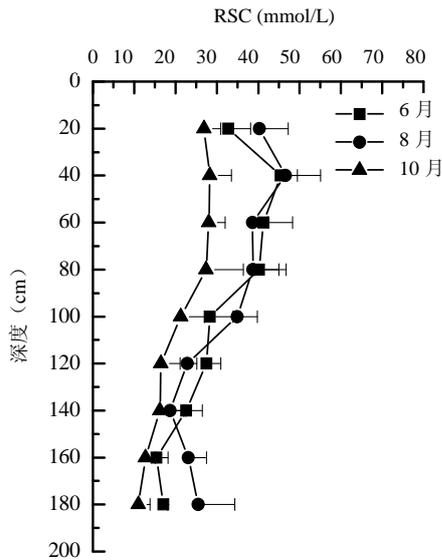


图 6 土壤剖面 RSC 的干湿季节变化

Fig. 6 Variations of soil RSC during dry and wet seasons

2.6 碱化度 (ESP) 的干湿季节变化

供试土样碱化度 (ESP) 较高, 基本在 20%~30% 之间, 属于强碱化土壤。随着气候由干季到湿季再到干季的变化, 土壤 ESP 也发生一定规律性变化 (图 7)。除 0~20 cm 和 20~40 cm 土层外, 其他各土层 ESP 均是 6 月 > 8 月 > 10 月, 即 ESP 呈逐渐降低趋势, 8 月与 6 月相比降低幅度平均为 12.98%。0~20 cm 表层 8 月 ESP 与 6 月相比增加 2.47%, 10 月与 8 月相比则降低 6.95%; 20~40 cm 土层 8 月与 6 月相比降低 21.67%, 而 10 月与 8 月相比则升高 9.29%。

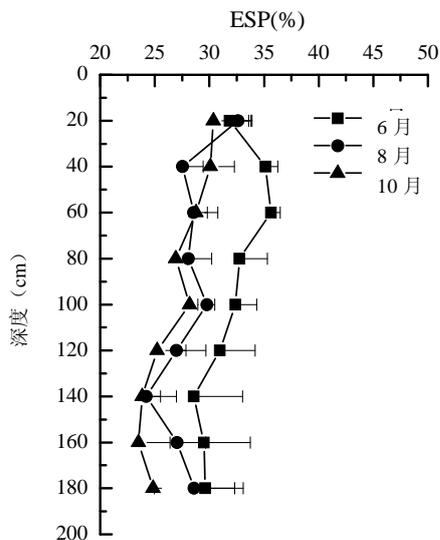


图 7 土壤 ESP 的干湿季节变化

Fig. 7 Variations of soil ESP during dry and wet seasons

表层土壤 ESP 升高, 表明湿季土壤交换性 Na^+ 含量升高或阳离子交换量 (CEC) 降低。测试结果表明, 0~20 cm 表层土壤交换性 Na^+ 含量在 6 月、8 月分别为 14.66、17.23 cmol/kg, 8 月与 6 月相比含量增加 17.58%; 而同期该土层 CEC 分别为 45.68、52.93 cmol/kg, 8 月与 6 月相比 CEC 增加 15.89%。由于 CEC 增加幅度小于交换性 Na^+ , 因而表现为土壤 ESP 增大。造成表层土壤湿季交换性 Na^+ 含量升高, 是由于该层土壤可溶性 Na^+ 含量在 8 月升高, 导致土壤吸附的交换性 Na^+ 升高。

3 结论

在试验区气候“干季-湿季-干季”的变化过程中, 苏打碱化土壤各碱化参数也呈现较规律变化, 其总体特征是土壤 pH、SAR、SSP、SDR、总碱度、RSC 和 ESP 在由干季向湿季 (6 月—8 月) 表现为升高趋势; 而在湿季向干季 (8 月—10 月) 则表现为降低趋势。从变化幅度看, 以表层土壤 (0~20 cm) 变化更为显著。

上述土壤各碱化参数干湿季变化特征的形成, 是试验区所在地的气候、地下水以及苏打碱化土壤自身理化性状等诸多因素综合作用的结果。测定结果表明, 供试土样黏粒 (<0.002 mm) 含量一般均在 40% 以上, 体积质量一般大于 1.50 g/cm^3 , 土壤饱和导水率一般小于 1.0 mm/d, 因此该类土壤质地黏重, 通透性能极差。同时由于碱化层交换性 Na^+ 含量高, 更恶化了土壤理化性质。随着湿季降水增多, 遇水后土壤胶体迅速分散, 堵塞土壤孔隙通道, 导致其渗透性能进一步降低, 特别是碱化层几乎成为隔水层, 阻碍土壤水分垂直交换, 使得表层土壤盐分离子难以向下运移。因此, 湿季降水对表层盐分离子淋洗作用相当微弱。相反由于地下水位升高, 地下水中的盐分离子极易通过毛管蒸发作用积聚于地表, 使盐分离子含量升高, 进而引起各碱化参数在湿季升高。

参考文献:

- [1] 刘兴土. 松嫩平原退化土地整治与农业发展. 北京: 科学出版社, 2001: 60-130
- [2] 吴乐知, 李取生. 松嫩平原西部盐渍荒漠化机理研究. 水土保持学报. 2003, 17(4): 79-81
- [3] 何艳芬, 张柏. 松嫩平原土地盐碱化动态研究. 水土保持学报, 2004, 18(3): 146-153
- [4] 张巍, 冯玉杰. 松嫩平原盐碱土理化性质与生态恢复. 土壤学报, 2009, 46(1): 169-172
- [5] 冯玉杰, 张巍, 陈桥. 松嫩平原盐碱化草原土壤理化特性及微

- 生物结构分析. 土壤, 2007, 39(2): 301-305
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 152-200
- [7] 邓伟, 裘善文, 梁正伟. 中国大安碱地生态试验站区域生态环境背景. 北京: 科学出版社, 2006: 1-5
- [8] 李彬, 王志春. 大安市碱化草原地下水体的碱化参数与特征. 水科学进展, 2007, 18(5): 689-694
- [9] 陈效民, 白冰, 蔡成君. 黄河三角洲海水灌溉对土壤性质的影响研究. 水土保持学报, 2004, 18(1): 19-21
- [10] 李彬, 王志春. 吉林省西部苏打碱土区地下水的地球化学特征. 水土保持学报, 2006, 20(4): 148-151

Variations of Alkalinization Parameters of Soda Solonetz During Dry and Wet Season

LI Bin¹, WANG Zhi-chun², WU Heng³

(1 Department of Geo-Informatics, Chuzhou College, Chuzhou, Anhui 239000, China; 2 Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China; 3 College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A typical soda solonetz area in the west of Jilin Province was selected as the test region. Primary parameters of soda solonetz, including pH, sodium adsorption ratio (SAR), exchangeable sodium percentage (ESP), total alkalinity, etc., were determined to study the characteristics of temporal variability during dry and wet seasons. Soils were sampled in June (dry season), August (wet season) and October (dry season) in 2005. The depth of soil profile was 180 cm with a sampling interval was 20 cm. The results showed that primary parameters of soda solonetz in the profiles increased from June to August and decreased from August to October, especially in the topsoils (0~20 cm), which were attributed to the combined actions of the strong evaporation in arid climate, the shallow water table and the weak soil permeability.

Key words: Soda solonetz, Parameters of alkalinization, Dry and wet season