

# 不同利用方式的苏打盐渍土剖面盐分组成及分布特征\*

赵兰坡 冯 君 王 宇

(吉林农业大学资源与环境学院, 吉林省生态恢复与生态系统管理省部共建国家重点实验室培育基地, 长春 130118)

**摘 要** 通过野外调查、采样和室内分析, 研究了松嫩平原不同利用方式的苏打盐渍土剖面形态特征及可溶盐含量与组成在土壤剖面中的变化。结果表明, 土壤的利用方式不同, 土壤剖面腐殖质层厚度、耕层和腐殖质层的有机质含量等有明显差异。在围栏草原、旱田、新水田及老水田 4 个剖面中, 土壤可溶盐总量、pH 与 ESP 均是在剖面中部最高, 上部和下部较低; 可溶盐组成均以  $K^+Na^+$  和  $HCO_3^-$ 、 $CO_3^{2-}$  为主。表明草原围栏、旱田及水田利用均有抑制苏打盐分表聚的作用。放牧草原剖面的可溶盐含量自下向上逐渐增多, 盐分表聚非常显著。开垦 20 余年的水田剖面中, 表层土壤的可溶盐总量、pH 和 ESP 值分别降至 0.21%、7.56 和 9.1%, 表明苏打盐碱地种稻较草原和旱田利用更有利于土壤脱盐脱碱。

**关键词** 苏打盐渍土; 草原利用; 旱田利用; 盐碱土种稻; 土壤可溶盐含量和组成  
**中图分类号** S156.4 **文献标识码** A

苏打盐渍土是松嫩平原的主要土壤类型之一。气候干旱, 蒸发强烈, 地势低洼, 成土母质含盐量及地下水位较高是土壤发生盐渍化的主要原因<sup>[1]</sup>。苏打盐渍土的自然植被属草甸草原, 传统的土地利用方式主要为草原和旱田利用。近些年来, 随着人口的增加, 土地的承载力日益加大, 草原过度放牧及乱垦乱挖现象严重, 加之环境变化, 草原退化及荒漠化进程呈加剧趋势。同时, 随着苏打盐碱地种稻经验的积累和技术进步, 将退化的盐碱地草原开发为水田的面积有逐年增加的趋势<sup>[2-3]</sup>。

关于土地利用方式对土壤性质的影响, 国内外曾开展过大量研究。一般认为, 土地利用主要通过影响土壤有机质含量和土壤结构稳定性, 进而影响土壤的功能和性质<sup>[4]</sup>。与农田利用相比, 草地利用不仅可提高土壤有机碳、氮的含量, 而且可增加土壤稳定性团聚体的含量, 并可降低土壤容重和孔隙度, 改善物理性质<sup>[5-8]</sup>。关于土地利用对盐渍土盐分分布及土壤性质的研究并不多见。姚荣江等<sup>[9]</sup>曾基于聚类分析研究了黄河三角洲地区的土壤盐渍剖面特征及其空间分布, 表明盐分剖面类型的空间分布可以反映植被类型和土地利用方式的差异。陈恩凤等<sup>[10]</sup>早期在对松嫩平原苏打盐碱土改良利用研究中发现, 将苏打盐碱地由草原开发成水田种稻 3 年, 即可在一定程度上降低表层土壤的盐分和碱化度, 种稻超过 30 年以上的老水田, 可建立起较为稳定的 0~25 cm 淡化耕层<sup>[1]</sup>。尽管如此, 目前有关苏打盐碱土区几种典型的土地利用方式下, 土壤盐分剖面分布特征及土壤理化特性的演变方向的资料尚十分欠缺。为此, 选择草原(放牧草原和围栏草原)、旱田和水田(开垦 3 年的新水田和开垦 20 年的老水田) 3 种有代表性利用方式的苏打盐渍土为供试土壤, 重点研究了 3 种利用方式对土壤剖面形态特征、盐分组成及剖面分布等的影响, 目的是为松嫩平原盐渍土资源的合理开发和高效利用提供理论依据。

\* 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-06)和吉林省科技厅 2009 年农业重点项目资助

作者简介: 赵兰坡(1955-), 男, 吉林公主岭市人, 教授, 农学博士, 主要从事盐渍土改良和黑土培肥研究  
收稿日期: 2009-12-05; 收到修改稿日期: 2010-04-23

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

研究区域位于松嫩平原南部的吉林省前郭县套浩太乡碱巴拉村,总面积约为 900 hm<sup>2</sup>。气候上属温带半湿润气候向半干旱气候过渡区。年降水量为 370~500 mm,年蒸发量 1 200~1 400 mm,年蒸降比为 2.4~3.8,年平均气温为 4~5℃,全年≥10℃积温为 3 000~3 200℃。春季(4~5月)降水极少,平均 40~50 mm,气温上升快,多大风,蒸发量大,是全年水盐运动的积盐期;夏季(6~8月)降水量大,平均为 300 mm,是土壤脱盐期;秋季(9~10月)降水减少,蒸发稍强,也属弱的地表积盐期;冬季(11月~翌年 3月)土壤冻结,深度可达 160~180 m,水盐运动处于基本停滞状态,但翌年春季土壤解冻时,冻层滞水会促进表土积盐。在地形地貌上,松嫩平原为长白山、大兴安岭和小兴安岭环绕形成的低平原,海拔高度 140~180 m,相对高度 5~10 m。本区地下水丰富,地下水位 1~3 m,矿化度 0.5~3.0 g L<sup>-1</sup>,属碳酸盐性弱矿化水,成土母质为河湖相沉积物<sup>[11]</sup>。研究区域在 1980 年以前,没有耕地,自然植被为以羊草为优势种群草甸草原。1981 年起,为扩充耕地面积,将部分草原上的“狗肉地”(盐碱化程度较轻的草甸土)开发为旱田,主要种植向日葵、糜子、谷子及荞麦等特色作物;1985 年开始将部分草原开垦为水田,利用地下水种稻,目前水田面积已发展至近 130 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 供试土壤

供试土壤为上述区域内的围栏草原(围栏 20 年以上,禁牧,每年秋季采草)、放牧草原(无围栏,常年超载放牧,退化严重,植被覆盖度很低)、旱田(主要种植向日葵、玉米、糜子、大豆等旱田作物,采样时为向日葵田,前茬也为向日葵)、新水田(开垦 3 年)、老水田(开垦 20 年以上)共 5 个剖面的 29 个分层土样。5 个剖面的最远距离约为 1 500 m(新水田与老水田的距离),最近距离约为 200 m(围栏草原与放牧草原两剖面的距离),各剖面的成土母质、原始地下水位及地势相对高度等环境条件基本一致。5 个剖面均具有各自的典型性和代表性。采样时间为 2006 年 5 月 15 日,是土壤春季水盐运动的积盐期,盐分剖面分布具有特征性。此外,此时水田泡田整地尚未开始,草原植被刚刚萌发,旱田刚刚出苗,是土壤的最佳采样时期。在现场进行剖面描述的基础上,采集分层样品,土壤经室内风干、研磨处理后供分析用。

### 1.3 测定方法

土壤 pH 采用电位法(土水比为 1:2.5)。土壤可溶盐总量采用电导法。可溶盐组成测定中,水浸液的制备采用 1:5 的土水比,振荡 3 min 后,用高速离心机以 10 000 r min<sup>-1</sup> 的转速离心 5 min,上清液经过滤后用于测定离子组成;其中, K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 用火焰光度法, Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 用 EDTA 络合滴定法, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 用电位滴定法, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 用差减法, Cl<sup>-</sup> 用硝酸银滴定法。土壤阳离子交换量及交换性钠离子含量采用醋酸铵法,碱化度通过土壤阳离子交换量及交换性钠离子含量计算而得<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤剖面的形态特征

表 1 不同利用方式下土壤的剖面形态特征

Table 1 Morphological characteristics of meadow soil under different land use patterns

利用方式 Utilization	层次 <sup>1)</sup> Layer	深度 Depth (cm)	Munsell 颜色 Munsell color	结构 <sup>2)</sup> Structure	硬度 Hardness (kg cm <sup>-2</sup> )	石灰 反应 Liming effect	结持性 <sup>3)</sup> Soil Consis- tence	根系 <sup>4)</sup> Roots	质地 <sup>5)</sup> Texture (ISSS)
围栏草原 Fenced grassland	A <sub>1</sub>	0~15	10YR2/1	g	24	++	vfr	m	SCL
	A <sub>2</sub>	15~33	10YR3/1	g	26	++	fr	p	SCL
	AB	33~48	7.5YR5/2	c	26	+++	fi	f	SCL
	B <sub>1</sub>	48~76	7.5YR4/3	p <sub>2</sub>	25	+++	fi	n	CL
	B <sub>2</sub>	76~100	7.5YR6/2	p <sub>2</sub>	23	+++	fi	n	SCL
	C	>100	7.5YR7/1	p <sub>2</sub>	20	+++	fi	n	CL
放牧草原 Grazing grassland	A <sub>1</sub>	0~13	7.5YR3/1	l	19	++	vfr	p	SCL
	A <sub>2</sub>	13~25	7.5YR2/3	g	20	++	fr	f	SCL
	AB	25~39	7.5YR3/2	c	17	+++	fi	t	SCL
	B <sub>1</sub>	39~65	7.5YR5/2	p <sub>2</sub>	18	+++	fi	n	SCL
	B <sub>2</sub>	65~100	7.5YR5/4	p <sub>2</sub>	18	+++	fi	n	SCL
	C	>100	7.5YR5/4	p <sub>2</sub>	16	+++	fi	n	SCL
旱田 Upland field (向日葵 (Sunflower))	Ap	0~20	7.5YR4/2	g	24	+++	fr	m	SCL
	AB	20~50	7.5YR5/2	c	22	+++	fi	f	SCL
	B <sub>1</sub>	50~80	7.5YR6/2	p <sub>2</sub>	22	++	fi	n	SCL
	B <sub>2</sub>	80~110	7.5YR5/4	p <sub>2</sub>	21	+++	fi	n	SCL
	C	>110	7.5YR6/4	p <sub>2</sub>	17	+++	fi	n	SCL
3年 新水田 3-year-old paddy field	Ap	0~18	7.5YR4/1	g	13	++	vfr	m	SCL
	P	18~30	7.5YR5/1	p <sub>1</sub>	16	+++	fr	f	LiC
	AB	30~50	7.5YR6/1	p <sub>1</sub>	20	+++	fi	n	SCL
	B <sub>1</sub>	50~80	7.5YR6/2	p <sub>1</sub>	13	+++	fi	n	L
	B <sub>2</sub>	80~95	7.5YR5/3	p <sub>2</sub>	15	+++	fi	n	L
20年以上 老水田 20-year-old paddy field	C	>95	7.5YR6/4	p <sub>2</sub>	15	+++	fi	n	CL
	Ap	0~17	7.5YR2/1	g	18	++	vfr	m	SCL
	P	17~27	7.5YR3/1	p <sub>1</sub>	19	++	fr	p	SCL
	AB	27~45	7.5YR5/2	p <sub>1</sub>	20	+++	fi	f	SCL
	B <sub>1</sub>	45~78	7.5YR6/3	p <sub>1</sub>	19	+++	fi	n	LiC
	B <sub>2</sub>	78~100	7.5YR6/4	p <sub>2</sub>	18	+++	fi	n	LiC
	C	>100	7.5YR6/4	p <sub>2</sub>	18	+++	fi	n	CL

1) B层以下有 SiO<sub>2</sub> 粉末, 铁锰结核、锈斑 SiO<sub>2</sub> powder, iron-manganese concretions and rusty stains exist below B layer.  
 2) g, 粒状 Granule; c, 柱状 Column; l, 片状 Lamella; p<sub>1</sub>, 棱柱状 Prism; p<sub>2</sub>, 棱块状 Prismatic block. 3) vfr, 疏松 Very friable; fr, 松 Friable; fi, 硬 Firm. 4) p, 较多 Plenty; m, 多 Many; f, 少 Few; t, 极少 Tiny; n, 无 Nil; 5) SCL, 砂质黏壤土 Sandy clay loam; CL, 黏壤土 Clayey loam; LiC, 壤质黏土 Light loam; L, 壤土 Loam

土壤剖面的形态特征是土壤发生过程的产物, 是土壤属性的外在表现。土地の利用方式不同, 对土壤的人工干扰程度不同, 会直接影响土壤发育方向及熟化程度, 进而会在土壤剖面形态及土壤理化性质上有不同的反映<sup>[13]</sup>。表1为5个土壤剖面形态特征描述资料。可以看出, 5个剖面在形态上的

共同特点是：(1) 各剖面均有不同程度的盐化或碱化特征，层次间均呈逐渐或模糊过渡；(2) 由于地下水位普遍较高，剖面下部湿度普遍较大，均有潜育化特征；(3) 碳酸盐含量较高，剖面通体均有不同程度的石灰反应；(4) 剖面下部多为柱状、棱柱状或棱块状结构。

5个剖面在形态上的不同点主要表现在腐殖质层厚度和耕层颜色、根系量及土壤结构上。在两个草原土壤剖面中，围栏草原腐殖质层(A层)的厚度、颜色暗度及植物根系量、土壤结构性等均明显大于或优于放牧草原；在两个水田剖面中，开垦20年以上的老水田耕层(Ap层)颜色暗度及水稻根系量、土壤结构性等均明显大于或优于开垦3年的新水田；旱田土壤剖面的耕层也以团粒和粒状为主，根系量多，但土壤颜色暗度较围栏草原和老水田表层稍浅(7.5YR4/2)。土壤有机质含量的室内分析结果为：围栏草原A<sub>1</sub>层(16.86 g kg<sup>-1</sup>) > 20年老水田Ap层(16.19 g kg<sup>-1</sup>) > 旱田Ap层(14.60 g kg<sup>-1</sup>) > 放牧草原A<sub>1</sub>层(11.24 g kg<sup>-1</sup>) > 3年新水田Ap层(11.00 g kg<sup>-1</sup>)。

## 2.2 土壤可溶盐总量及组成的剖面分布特征

图 1 为不同利用方式土壤剖面的可溶盐总量分布曲线。可以看出，围栏草原、旱田及新、老水田 4 个剖面的可溶盐总量的分布曲线均呈“>”型，即在剖面中部可溶盐总量最高，变幅为 0.21%~0.48% (其中，围栏草原、旱田及新水田 3 个剖面的可溶盐最高含量均为 0.48%，而老水田剖面仅为 0.21%)，剖面上部和下部相对较低，变幅分别为 0.06%~0.33%和 0.10%~0.29%。相比之下，放牧草原土壤剖面的可溶盐分布是自下至上逐渐增多，从 C 层的 0.27% 上升至 A<sub>1</sub> 层的 0.71%，A<sub>1</sub> 层的可溶盐总量远远高于其他剖面相同层次。此外，新、老水田剖面 C 层的可溶盐总量分别仅为 0.11% 和 0.10%，较其他剖面的 C 层低一倍多。

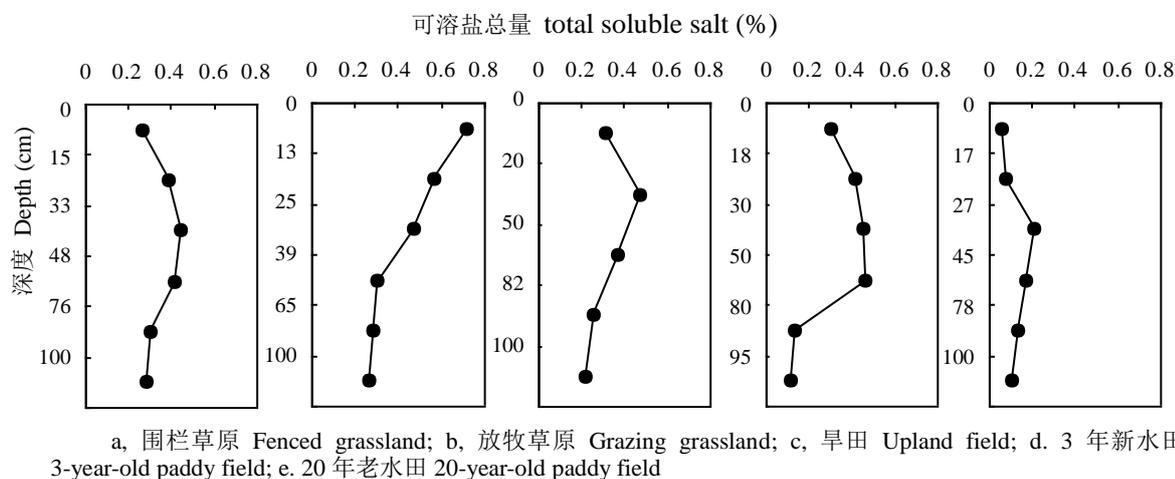
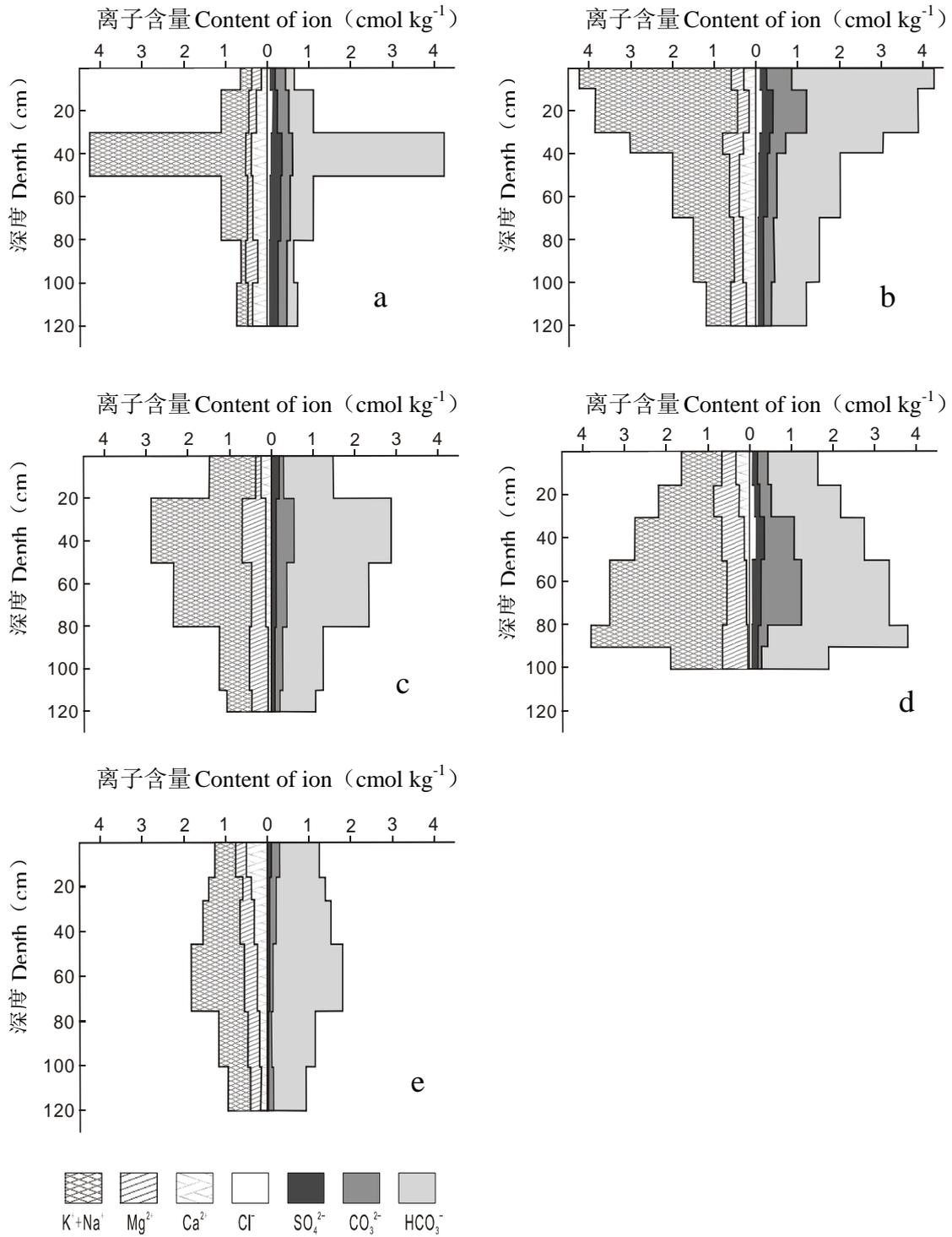


图 1 土壤剖面中可溶盐总量的变化

Fig. 1 Contents of total salt in profiles under different land use patterns

图 2 a~图 2e 为 5 个剖面的土壤可溶盐组成的分布图。可以看出，可溶盐组成均以 K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup> (主要为 Na<sup>+</sup>) 及 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 为主，特别是重碳酸钠含量占绝对数量，其他离子含量比例相对较少，剖面上下通体变化不大。5 个剖面中，围栏草原 (图 2a)、旱田 (图 2c) 及新水田 (图 2d)、老水田 (图 2e) 4 个剖面的可溶盐组成分布图均呈上下小、中间大的“橄榄型”型，剖面中部 K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>



a, 围栏草原 Fenced grassland; b, 放牧草原 Grazing grassland; c, 旱田 Upland field; d, 3 年新水田 3-year-old paddy field; e, 20 年老水田 20-year-old paddy field

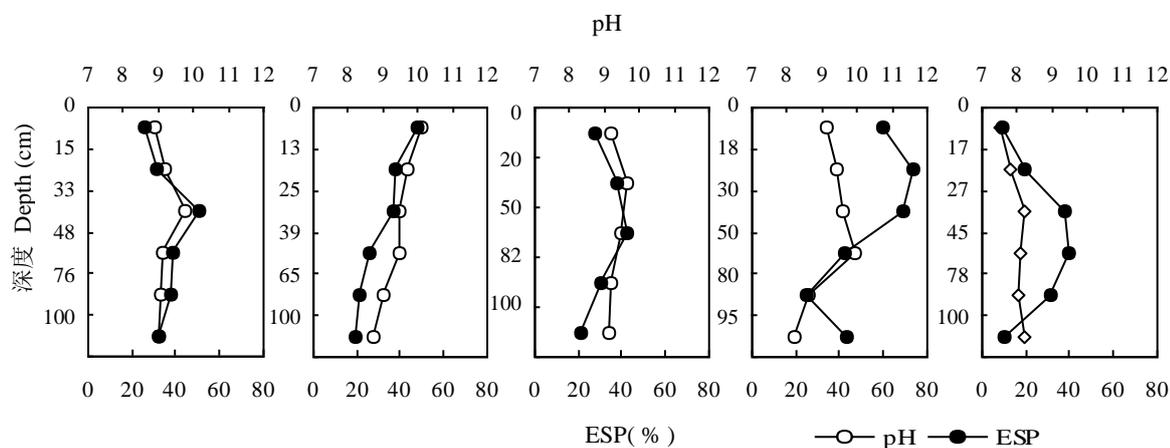
图 2 不同利用方式下土壤剖面的盐分分布

Fig.2 Salt distribution in soil profiles under different land use patterns

和  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  (主要为  $\text{Na}^+$ ) 含量较高, 上部和下部均相对较低, 说明这几种利用方式均有抑制苏打盐分表聚的作用。而放牧草原 (图 2b) 的盐分组成分布图呈“丁”型, 即  $\text{A}_1$  层中  $\text{K}^+$ + $\text{Na}^+$  及  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  的含量最高, 向下逐渐减少, C 层含量最低, 盐分表聚现象显著。

### 2.3 土壤 pH 和碱化度的剖面变化

图 3 是 5 个剖面土壤 pH 和碱化度 (ESP) 的变化曲线。可以看出, 放牧草原土壤剖面的 pH 和 ESP 由下向上逐渐增高, 分别自 C 层的 8.72 和 19.2% 上升至  $\text{A}_1$  层的 10.10 和 48.5%。而围栏草原、旱田、新水田及老水田 4 个剖面的土壤 pH 和 ESP 曲线则大多呈“>”型, 即剖面中部的 pH 和 ESP 相对较高, 上下相对较低。除放牧草原剖面外, pH 和 ESP 最高值均出现在开垦 3 年的新水田剖面中, 分别为 9.92 和 73.5%, 而老水田剖面耕层 ( $\text{A}_p$ ) 的 pH 和 ESP 分别降低至 7.56 和 9.1%, 为 5 个剖面的最低值。总之, 5 个剖面土壤的 pH 和 ESP 的变化趋势与前述的可溶盐总量 (图 1) 的剖面变化规律基本一致。



a. 围栏草原 Fenced grassland; b. 放牧草原 Grazing grassland; c. 旱田 Upland field; d. 3 年新水田 3-year-old paddy field; e. 20 年老水田 20-year-old paddy field

图 3 土壤剖面的 pH 和碱化度

Fig. 3 pH and ESP in soil profiles under different land use patterns

相关分析表明, 土壤可溶盐总量分别与 pH 和 ESP 之间、ESP 与 pH 之间存在着极显著的相关关系, 相关数分别达 0.930\*\*、0.571\*\* 及 0.520\*\*。说明苏打盐渍土的 pH 和 ESP 是受可溶盐总量制约的, 土壤中可溶盐总量越高, 其 pH 和 ESP 值也越高, 致使苏打盐渍土发生盐化的同时也发生碱化。

## 3 讨论

土地利用方式不同, 对土壤的干扰强度各异, 必然会导致土壤性质向着不同方向演变。姚荣江等<sup>[9]</sup>对黄河三角洲地区的土壤盐渍剖面特征及其空间分布的研究表明, 种植棉花和玉米的土壤盐分剖面多为底聚型和平均型, 而基本处于未利用状态的光板地为表聚型。本研究中, 严重退化放牧草原土壤的盐渍剖面为表聚型, 与前述的黄河三角洲地区未利用的光板地土壤盐分剖面特征相同, 而其余剖面均为橄榄型 (相当于黄淮海平原的“中聚型”盐分剖面<sup>[14]</sup>)。在松嫩平原, 草原植被的人为

破坏是造成土壤盐分表聚的主要原因之一；而耕地利用过程中的农业措施和地表水分蒸发、蒸腾的综合作用是橄榄型盐剖面形成的主要驱动因素。研究表明，植被覆盖度对土壤有机质累积、结构性的优劣及盐分表聚等具有显著的作用。植被覆盖度高，可改善表层土壤的结构性，提高土壤水分入渗能力，减少地表水分蒸发，降低地下水位，抑制盐分表聚<sup>[15-17]</sup>。因此，从维持腐殖质层厚度及其有机质含量、优越的土壤结构性以及防止盐分表聚的作用来看，围栏条件下的草原利用应是松嫩平原苏打盐渍土的最佳利用方式。但在过度放牧条件下，因植被覆盖度过低，表层土壤风蚀严重，腐殖质层变薄，有机质含量下降，结构性变差，会导致盐分大量表聚<sup>[18-19]</sup>。

松嫩平原的盐碱地旱田，最初均在盐渍化程度较轻的草甸土上开垦的，盐碱、内涝及肥力低下是旱田利用中存在的主要问题。本研究中的供试旱田土壤，主要种植向日葵等耐盐碱作物，一般很少施用有机肥料，主要靠一定量的化肥维持作物产量，其腐殖质层有机质含量为  $14.60 \text{ g kg}^{-1}$ ，属中等肥力土壤。从土壤可溶盐的含量和组成、土壤 pH 和 EPS 的变化来看，旱田利用有一定的抑制盐分表聚的作用。生产实践中也发现，一些经常施用有机肥料、管理水平较好的地块，发生盐分表聚的现象相对较轻。

关于盐碱地种稻，一些学者担心种稻会提升地下水位，从而加剧土壤盐渍化进程，最终会导致土壤废耕。因此，国外盐碱地改良的一般经验，首先就是采取各种措施降低地下水位，使之控制在临界深度以下，之后再冲洗土壤盐分至适当含量，继而发展旱作。但这一做法对排水不良的松嫩平原来说，是不能引用的<sup>[10, 20]</sup>。我国的科研和生产实践证明，种稻是苏打盐碱地改良利用的最有效途径之一，也是促进农民增收、农业增效的及改善生态环境最佳途径<sup>[1, 20-23]</sup>。本研究中的开垦 20 年以上的老水田和开垦 3 年新水田均是在严重退化的废弃草原上开发的，当初的有机质含量均在  $10 \text{ g kg}^{-1}$  以下，经过 20 年水稻种植，其 Ap 层的有机质含量提升了约 0.6 个百分点，达到与围栏草原 A<sub>1</sub> 层相近的水平；而开垦 3 年的新水田，其有机质含量也已步入提升的起步阶段。再从可溶盐的含量和组成来看，开垦 3 年新水田耕层 (Ap) 的可溶盐含量、ESP 及 pH 仍相对较高，分别为 0.32 %、60% 及 9.05。但  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  和  $\text{HCO}_3^-$  已明显开始下移，呈现出由上向下逐步增加的趋势。而开垦 20 年以上的老水田中，剖面中部的盐分已较开发前的草原和旱田土壤大幅减少，耕层 (Ap) 土壤的可溶盐总量、ESP 和 pH 已分别降至 0.21 %、9.1% 及 7.56，均为 5 个剖面中的最低值；而且，耕层的盐分组成中，二价碱土金属离子 ( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ) 已取代一价碱金属离子 ( $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ )，占优势地位。说明在种稻过程中，潜水层中的水在重力作用下产生的下渗水流可压制盐分上移，同时可把表层的盐分向下淋洗，从而降低表层盐分含量。同时，在水稻栽培过程中，进入耕层的根系分泌物、根茬及其分解产物，对中和土壤碱度、改善理化性质等也具有良好作用。此外，如果在水稻插秧前实施泡田洗盐及增施有机肥等措施，会进一步加速耕层的脱盐熟化进程，从而会逐步形成“淡化表层”。随种稻年限的增加，“淡化表层”肥力会逐年提高，水稻的产量也随之相应提高，最终可形成高产稳产水田。这就是苏打盐碱土种稻改良的机理。吉林省前郭灌区大面积盐碱地高产水田的形成就是最好的例证。

## 4 结 论

1) 土壤的利用方式不同，土壤剖面中腐殖质层厚度、耕层颜色、根系量及土壤结构性有很大差

异。围栏草原腐殖质层的厚度、颜色暗度及根系量、结构性等均明显大于或优于放牧草原；老水田耕层颜色暗度及根系量、土壤结构性等均明显大于或优于新水田；旱田剖面耕层以团粒和粒状为主，根系量多，但土壤颜色暗度较围栏草原和老水田表层稍浅。5个剖面表层土壤有机质含量大小顺序为：围栏草原>老水田>旱田>放牧草原>新水田。

2) 土壤的利用方式不同，土壤剖面的可溶盐总量与组成的分布特征也有明显差异。围栏草原、旱田、新水田及老水田四个剖面的可溶盐总量均为剖面中部最高，上部和下部相对较低；可溶盐组成分布图均呈上下小、中间大“橄榄型”。放牧草原土壤剖面可溶盐的分布是自下向上逐渐增多，表层盐分表聚非常显著。五个剖面可溶盐组成均以  $K^+ + Na^+$ （主要为  $Na^+$ ）及  $HCO_3^-$  和  $CO_3^{2-}$  为主。

3) 土壤的利用方式不同，土壤剖面的 pH 和 ESP 的变化也有明显差异。5 个剖面的土壤 pH 和 ESP 的变化与可溶盐含量和组成变化规律基本一致。围栏草原、旱田、新水田及老水田 4 个剖面的土壤 pH 和 ESP 均为剖面中部最高，上部和下部相对较低。放牧草原土壤剖面的 pH 和 ESP 由下向上逐渐增高。各种利用方式中，老水田的表层土壤的 pH 和 ESP 值已分别降至 7.56 和 9.1%，证明盐碱地种稻较草原和旱田利用更有利于土壤脱盐脱碱。

## 参 考 文 献

- [1] 赵兰坡, 尚庆昌, 李春林. 松辽平原苏打盐碱土改良利用研究现状及问题. 吉林农业大学学报, 2000, 22(专辑): 79-83. Zhao L P, Shang Q C, Li C L. The problem and situation of improvement and application of saline-sodic soil in Songliao Plain(In Chinese). Journal of Jilin Agricultural University 2000, 22 (Suppl.): 79-83
- [2] 王春裕. 中国东北盐渍土. 北京: 科学出版社, 2004: 13-34. Wang C Y. The salt-affected soil in Northeast China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2004. 13-34
- [3] 李建东, 贾广和, 盛连喜. 吉林省生态环境建设的理论与实践. 长春: 吉林科学技术出版社, 2005: 177-185. Li J D, Jia G H, Sheng L X. The theory and practice of ecology environment construction in Jilin Province (In Chinese). Changchun: Jilin Science and Technology Press, 2005:177-185
- [4] Saggat S, Yeates G W, Shepherd T G. Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. Soil & Tillage Research, 2001, 58: 55-68
- [5] Chan K Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in verticals under pasture and cropping. Soil Science Society American Journal, 1997, 61:1 376-1 382
- [6] Changey K, Swift R S. Stability of soil aggregates in relation organic constituents and soil water content. Journal Soil Science, 1990, 41:73-83
- [7] Henry N, Dimas V S, Resck M A. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. Geoderma, 2002, 107:151-164
- [8] Leifeld J, Kogel-Knabner I. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use. Geoderma, 2005, 124: 143-135
- [9] 姚荣江, 杨劲松, 姜龙, 等. 基于聚类分析的土壤盐渍剖面特征及其空间分布研究. 土壤学报, 2008, 45 (1): 56-65. Yao R J, Yang J S, Jiang L, et al. Profile characteristics and spatial distribution of soil salinity based on hierarchical cluster analysis (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(1): 56-65

- [10] 陈恩凤, 王汝庸, 胡思敏. 吉林省前郭旗灌区苏打盐渍土的改良. 土壤学报, 1962, 10(2): 201-215. Chen E F, Wang R Y, Hu S M. The amendment of saline-sodic soil in Qianguo irrigation district, Jilin (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1962, 10(2): 201-215
- [11] 吉林省土壤肥料总站. 吉林土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998: 198-211. Soil Fertilizer Central Station of Jilin Province, Jilin soil (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1998: 198-211
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. Lu R K. Analytical methods of soil and agricultural chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999
- [13] 陈恩凤. 土壤肥力物质基础及调控. 北京: 科学出版社, 1990: 122-124. Chen E F. The foundation, regulation and control of soil fertility matter (In Chinese). Beijing: Science Press, 1990: 122-124
- [14] 自由路, 李保国. 黄淮海平原土壤盐渍化状况的数值分类. 土壤通报, 2001, 32(Z1): 8-13. Bai Y L, Li B G. Quantitative classification of soil salinization in the Huang-Huai-Hai Plain (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2001, 32(Z1): 8-13
- [15] Clarke C J, George R J, Bell R W, et al. Dryland salinity in south-western Australia: Its origins, remedies, and future research directions. Australia Journal Soil Research, 2002, 40 (1): 93-113
- [16] Richard G B, Nico E M, Swaminathan T, et al. Species differences in transpiration on saline discharge site. Agriculture Water Management, 2001, 50(1): 65-81
- [17] 张为政. 草地土壤次生盐渍化—松嫩平原次生盐碱斑成因的研究. 土壤学报, 1993, 30(2): 78-91. Zhang W Z. Grassland soil secondary salinization-research on the foundation of secondary saline-alkaline patches (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1993, 30(2): 78-91
- [18] 赵兰坡, 王宇, 郗瑞卿, 等. 苏打盐碱土草原退化防治技术研究. 吉林农业大学学报, 1999, 21(3): 64-67. Zhao L P, Wang Y, Qie R Q, et al. Study on the technology of prevention and control of grassland degeneration in soda soil (In Chinese). Journal of Jilin Agricultural University 1999, 21(3): 64-67
- [19] 黄文娟, 于海多, 赵兰坡. 松嫩羊草草原植被与土壤的耦合关系. 草地学报, 2006, 14(1): 62-66. Huang W J, Yu H D, Zhao L P. A study on coupling relationship of soil and vegetation of *leymus chinensis* grassland in the Songnen Plain. Acta Agrestia Sinica 2006, 14(1): 62-66
- [20] 王儒楠, 王春裕, 陈恩凤. 吉林省前郭旗灌区苏打盐土的盐分动态. 土壤通报, 1962(2): 5-23. Wang R Y, Wang C Y, Chen E F. The salt dynamic of saline-sodic soil in Qianguo irrigation district, Jilin (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1962(2): 5-23
- [21] 裘善文等. 松嫩平原盐碱化涝洼地综合治理与农业开发// 裘善文, 孙西石. 松嫩平原盐碱地与风沙地农业综合发展研究. 北京: 科学出版社, 1997: 54-60. Qiu S E, et al. Comprehensive treatment and agriculture exploitation of salinization water logging field (In Chinese)// Qiu S W, Sun Y S. Research on comprehensive development of saline and alkaline land, wind and sandy land in Songnen Plain. Beijing: Science Press, 1997: 54-60
- [22] 李秀军, 李取生, 王志春, 等. 松嫩平原西部盐碱地特点及合理利用研究. 农业现代化研究, 2002, 23(5): 361-364. Li X J, Li Q S, Wang Z C, et al. A research on characteristics and rational exploitation of soda saline land in the western Songnen Plain (In Chinese). Research of Agricultural Modernization, 2002, 23(5): 361-364
- [23] 俞仁培, 陈德明. 我国盐碱土资源及其开发利用. 土壤通报, 1999, 30 (4): 158-159. Yu R P, Chen D M. The resource and development and utilization of saline and alkaline soil in China (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1999, 30 (4): 158-159

## Composition and Distribution of Soil Salts in Profiles of Saline-Sodic Soil under Different Land Use Patterns

Zhao Lanpo Feng Jun Wang Yu

*(College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University Cultivating Base, National Key Laboratory for Jilin  
Province Ecological Restoration and Ecosystem Management, Changchun 130118, China)*

**Abstract** Through field investigation, sampling and laboratory analysis, morphological characteristics of the profiles of saline-sodic soils under different land use patterns in the Songnen Plain and variations of content and composition of the soluble salts therein were studied. Results show that under different land use patterns, the soil profiles differed sharply in thickness of humus horizon and organic matter content in the plow layer and the humus horizon. In the four profiles under fenced grassland, upland field, 3-year-old paddy field and 20-year-old paddy field, separately, total content of soil soluble salts, pH and ESP were all higher in the middle layers than in the upper and lower layers. The soluble salts were mostly composed of  $K^+Na^+$ ,  $HCO_3^-$  and  $CO_3^{2-}$ , which indicate that all the four land use patterns tend to inhibit surface accumulation of sodic salt in the top layer. In grazing grassland, the total content of soil soluble salts increased with the decreasing soil depth in the profiles, showing a significant phenomenon of salt surface accumulation. In the profile under 20-year-old paddy field, the soluble salt content, pH and ESP decreased to 0.21%, 7.56 and 9.1% respectively, which suggests that in alkali-saline land growing paddy rice is more contributive to soil desalinization and solodization than managing the land as grassland and upland field.

**Key words** Saline-Sodic Soil; Grassland; Upland field; Planting paddy in alkali- saline land; Content and composition of soil soluble salt