

# 黑龙江省苏打碱土 pH 和 EC 与盐分组成的关系

匡恩俊<sup>1</sup>, 中本和夫<sup>2</sup>, 刘 峰<sup>3</sup>, 迟凤琴<sup>1</sup>, 矫 江<sup>3</sup>, 张久明<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 日本国际农林水产研究中心, 筑波 305-8686, 日本; 3. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**通过对比苏打碱土上无植被“碱斑”和临近有植被的“草地”土壤水分、离子变化规律,研究了碱土各种离子及其与土壤 pH、EC 的关系。结果表明:即使在极端干旱的气象条件下,地下水对地表水补给能力仍然很强,地下水参与土壤盐分运动的现象明显。碱斑土壤 pH 高于草地;在高水分条件下,pH 的峰值出现位置在地表下 30 cm,土壤干旱过程,pH 峰值位置上移至 10~20 cm 亚表层内。不同时期 EC 随土层的加深逐渐降低,且 EC 的峰值出现在亚表层 0~20 cm。碱斑 EC 值高于草地;土壤 pH 和 EC 均与  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  离子浓度呈显著正相关,而与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  相关性不显著。

**关键词:**苏打碱土;地下水位;离子组成

中图分类号:S151.9

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)05-0037-05

松嫩平原西部是我国苏打碱土分布面积最大的地区<sup>[1]</sup>。苏打碱土是指土壤中碳酸氢钠在离子组成中占主导地位,主要特征是土壤 pH 高达 9~10 或更高<sup>[2]</sup>,土壤 EC 为 0.4~0.9 mS·cm<sup>-1</sup>,不适于作物生长发育。此外,由于土壤中钠的分散作用,导致土壤结构性差、通透性不良,土壤怕旱怕涝,有“干时硬邦邦,湿时大酱缸”之说,土地生产力低。罗金明<sup>[3-4]</sup>探讨了苏打盐渍土微域尺度的土壤结构、冻融期土壤表层积盐的机理以及水分和地下水之间的转化规律,提出在现代盐渍化过程中,以坡面系统为研究单元并考虑坡面径流,才能认识到盐渍化地区土壤水-地下水之间转化的实质。李取生<sup>[5]</sup>提出了微咸水改良苏打盐碱土的技术思路,试验表明,25 cm 以上的土壤根层已基本达到改良标准。王宇<sup>[6-7]</sup>提出苏打盐碱土的结构性和持水特性,添加硫酸铝后,土壤理化性状发生了改变,容重降低、渗透性能增强,阳离子交换量呈显著递增。李毅<sup>[8]</sup>等研究了新疆有限深土体中再分布的土壤水盐运移试验,预测再分布达到平衡时的水分运动特征。

该试验试图通过对比研究苏打碱土上无植被“碱斑”和临近有植被的“草地”土壤水分、离子变化规律等,明确碱土各种离子及其与土壤 pH、EC

的关系,为改良碱土提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 地点

试验地点在距哈尔滨市 53 km 处(N46.04°, E125.58°)的肇东市烟花厂内自然草地,土壤类型为碳酸盐碱土,表层黑土厚 20 cm。碱斑和草地呈复区分布(见图 1),自然植被为羊草群落。



图 1 调查地点植被和景观

### 1.2 方法

2009 年 6 月 23 日~10 月 30 日,采取定期、定点的调查方法。在选定的有植被的“草地”(羊草植被)和无植被的“碱斑”上分层采样取土。取样层次为 5~10 cm、10~20 cm、20~40 cm、40~60 cm。测定项目为土壤水、土壤离子组成( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )、电导率(EC)和 pH。pH 采用玻璃电极法测定;EC 用日本产电导仪测定; $\text{SO}_4^{2-}$  用硫酸钡比浊法; $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  用火焰光度法; $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  用双指示剂中和

收稿日期:2011-03-04

第一作者简介:匡恩俊(1982-),女,黑龙江省海林市人,硕士,研究实习员,从事土壤改良研究。E-mail: kuangen-jun2002@163.com。

滴定法; $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 用 EDTA 络合滴定法; $\text{Cl}^-$ 用硝酸银滴定法。在附近的防火井(井深 25.7 m)内放置一台水位自动记录仪(S/N02262),观测地下水位变化动态。

### 1.3 气候特点

2009 年 5 月肇东市降水偏少,呈明显干旱态势,6 月份降雨高达 162.9 mm,低温多雨,一些低洼地块出现涝害,作物生育期比常年拖后 4~5 d。7 月降雨 104.5 mm,略多于常年,但温度偏低,作物生育期严重延迟。7 月下旬到 9 月末,降雨 110 mm,不足常年的 1/3,旱情严重,导致旱田作物受害减产。

## 2 结果与分析

### 2.1 地下水位

由图 2 可知,地下水位深度受大气降水影响明显,每当降雨过后地下水位都会有不同程度的回升过程。8 月初水位深度在 1 m 左右,之后由于缺少降雨补充,水位开始逐渐下降,直到 9 月初水位稳定在 2.0~2.3 m。B. A. 科夫达认为,地下水埋深在 10 m 以下,尽管气候干旱,土壤也不会发生盐碱化;地下水滞留、埋深为 1~3 m,则易遭受强烈蒸发,导致盐碱化过程加剧<sup>[9]</sup>。由图 3 可知,调查地点的地下水位随大气降水变化而发生明显变化,最低水位稳定在地表下 2 m 左右,

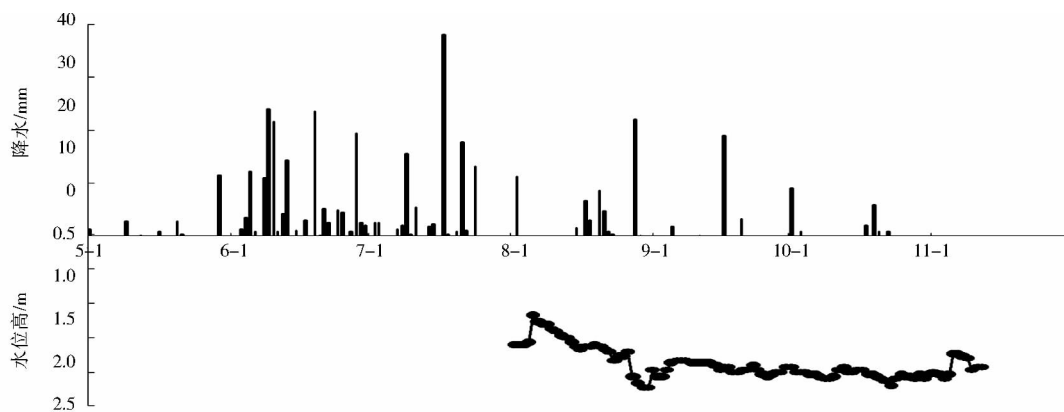


图2 水位高度与降雨量的比较

说明地下水参与土壤水分的毛细管运动,对土壤盐分动态产生明显影响。

### 2.2 土壤水分

土壤含水量变化受大气降水影响明显,据肇东气象资料可知,6~9 月月降雨量分别为 162.9、

104.5、58.6 和 23.8 mm,呈逐渐下降的趋势。土壤含水量也同样呈降低趋势(见图 3)。比较碱斑和草地的土壤含水量,由于草地上有羊草植被覆盖,降雨时可吸收大量的水分,不易径流,土体内含水量明显高于碱斑。

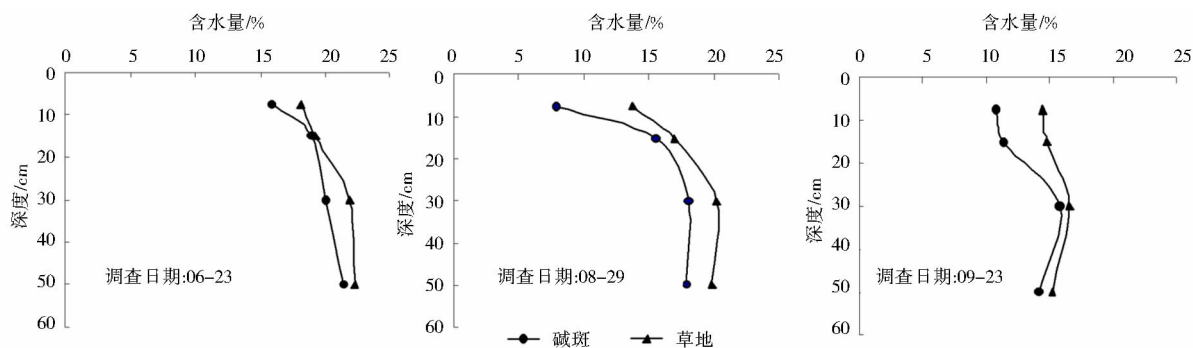


图3 土壤含水量的时空变化

### 2.3 土壤化学性质变化

**2.3.1 土壤 pH 变化** 土壤 pH 超过 8.5,植物的生长就要受到限制,只有耐盐碱的植物才可以生长。调查土壤无论是无植被的“碱斑”还是有植

被的“草地”,土壤 pH 均在 8.7~10.0,超过一般农作物正常生长的范围,比较碱斑和草地的 pH,碱斑各土层 pH 高于草地(见图 4)。比较不同时期 pH 随深度变化结果看出,土壤 pH 随土层深

度加深而呈现由低变高再变低的过程。结合土壤水分变化可以看出,由于 6 月 23 日土壤含水量高,土壤在高水分条件下产生了向下的水流,土壤中盐分随水向下移动,导致 pH 的峰值出现位置

在地表下 30 cm(见图 4a);在土壤水分损失过程中,随着土壤水分减少,土壤主要水流方向发生逆转,盐分随水流上升,从而导致 pH 峰值位置上移至 10~20 cm 亚表层内(见图 4b、c)。

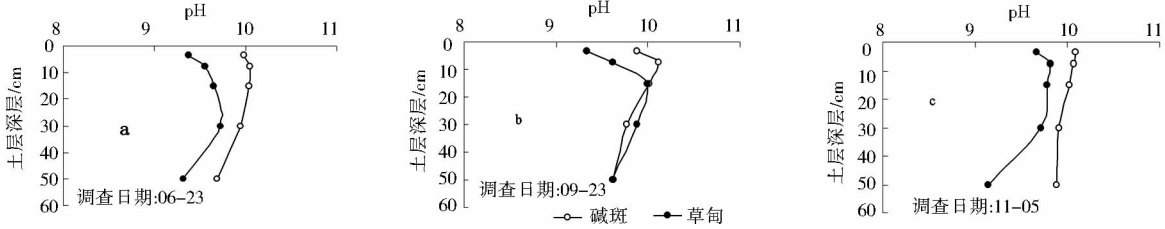


图 4 不同时期土壤 pH 变化

2.3.2 土壤电导率 土壤电导率(EC)常被作为反映土壤盐分含量高低的指标。一般认为土壤电导率超过  $0.2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,植物生长就受到不良影响。由图 5 可知,碱斑土壤各层次电导率在  $0.5 \sim$

$0.9 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,草地土壤在  $0.3 \sim 0.6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。总体看,草地土壤电导率低于碱斑,并且在高土壤水分条件下表现明显;相反,在 8、9 月份干旱条件下,碱斑和草地土壤 EC 比较相近(见图 5b、5c)。

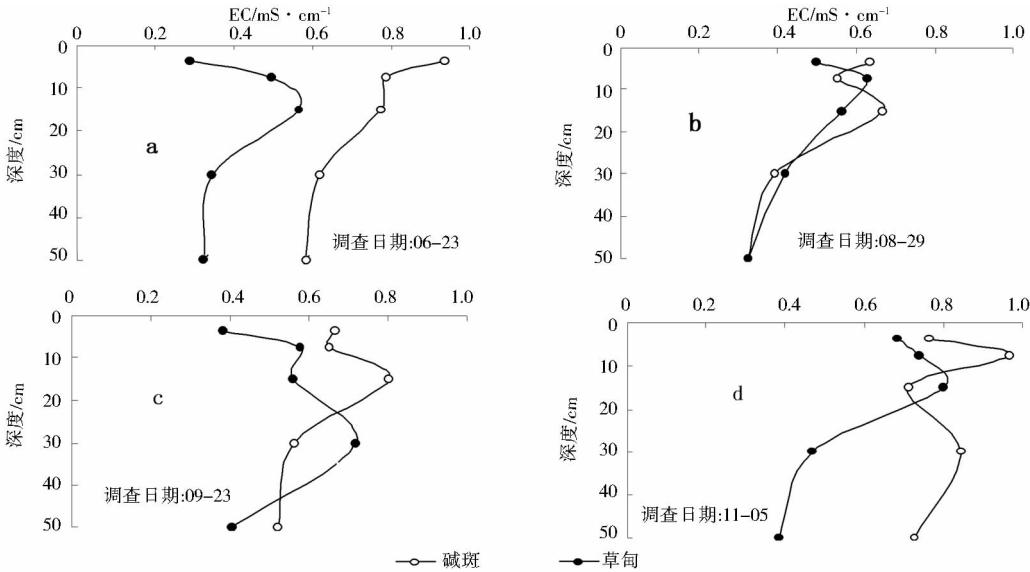


图 5 不同时期土壤 EC 变化

2.4 各大离子与土壤 pH 和 EC 的相关性分析

与土壤中  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  呈显著正相关,而与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的相关性不显著(见表 1)。

2.4.1 与土壤 pH 的相关性

表 1 pH 与各大离子的相关性分析

相关系数	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	pH
$\text{CO}_3^{2-}$	1.00								
$\text{HCO}_3^-$	-0.05	1.00							
$\text{Cl}^-$	0.09	-0.13	1.00						
$\text{Ca}^{2+}$	0.06	0.48**	-0.08	1.00					
$\text{Mg}^{2+}$	0.03	0.1500	0.21	-0.0300	1.00				
$\text{K}^+$	0.63**	0.1600	-0.12	0.58**	0.0400	1.00			
$\text{Na}^+$	0.80**	0.0600	0.05	0.2500	0.1300	0.83**	1.00		
$\text{SO}_4^{2-}$	0.39**	0.0800	-0.01	0.1200	0.2600	0.41**	0.62**	1.00	
pH	0.77**	0.0000	0.17	-0.1000	0.1200	0.44**	0.70**	0.45**	1.00

注: \* 为  $P < 0.05$ , \*\* 为  $P < 0.01$ 。下同。

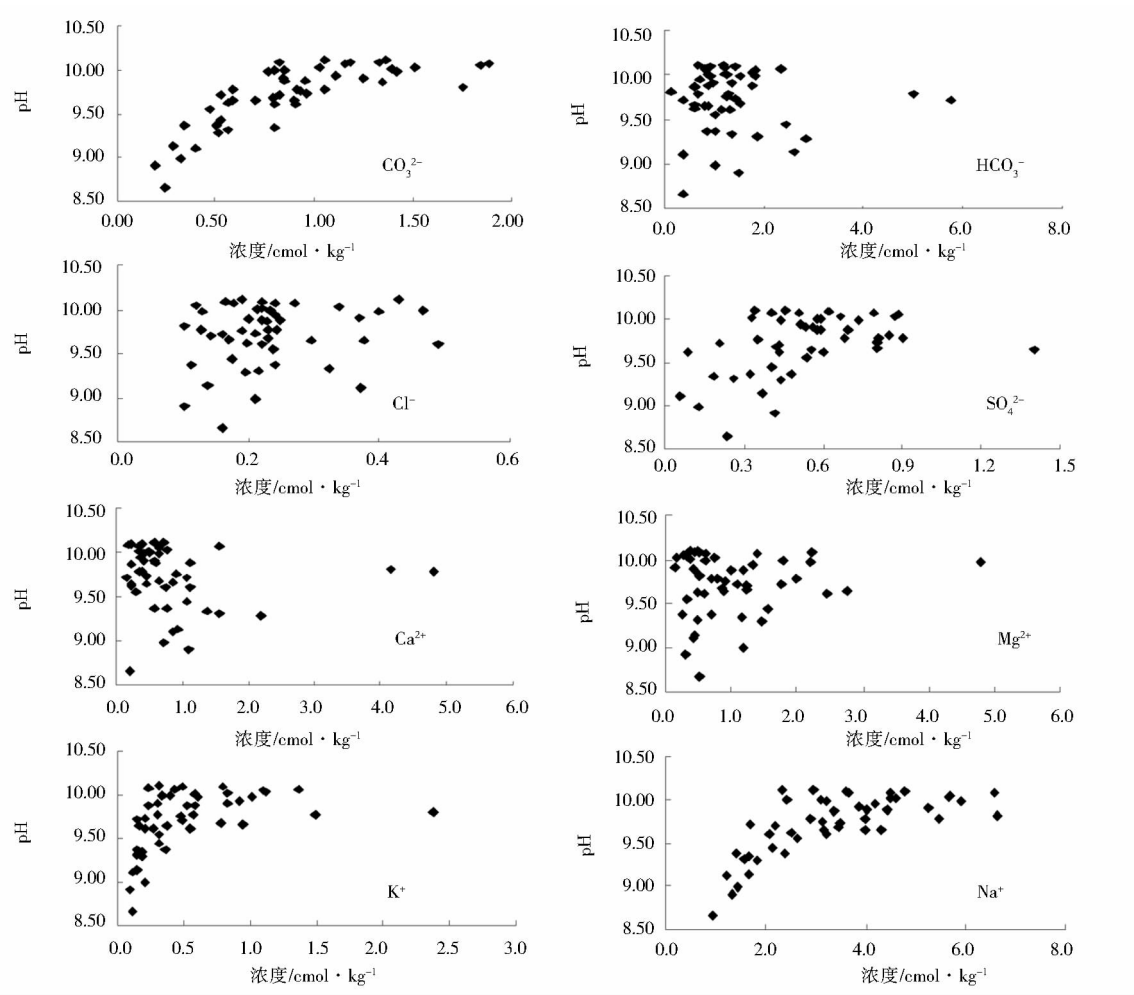


图 6 pH 与各大离子的关系

2.4.2 与土壤 EC 的相关性 由图 7 可知,EC 而与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  相关性不显著。与  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  呈显著正相关(见表 2),

表 2 EC 与各大离子的相关性分析

相关系数	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}$	EC
$\text{CO}_3^{2-}$	1.00								
$\text{HCO}_3^-$	-0.05	1.0							
$\text{Cl}^-$	0.09	-0.13	1.00						
$\text{Ca}^{2+}$	0.06	0.48**	-0.08	1.00					
$\text{Mg}^{2+}$	0.03	0.15	0.21	-0.03	1.00				
$\text{K}^+$	0.63**	0.16	-0.12	0.58**	0.04	1.00			
$\text{Na}^+$	0.80**	0.06	0.05	0.25	0.13	0.83**	1.00		
$\text{SO}_4^{2-}$	0.39**	0.08	-0.01	0.12	0.26	0.41**	0.62**	1.00	
EC	0.80**	0.09	0.05	0.09	0.20	0.66**	0.93**	0.61**	1.00

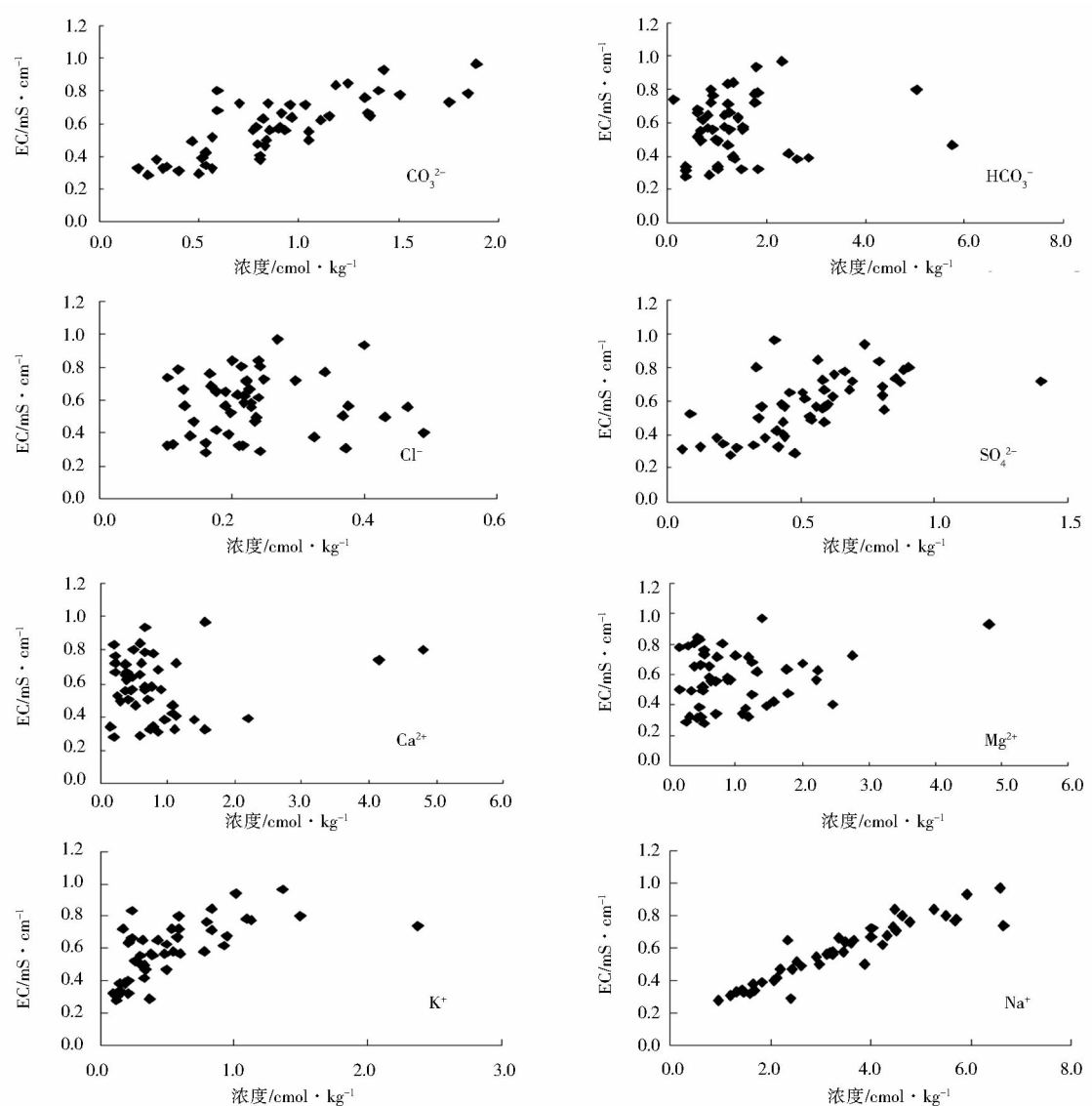


图 7 EC 与各大离子的关系

### 3 结论与讨论

2009 年 8~9 月份,黑龙江省发生了历史上罕见的夏秋旱灾,植物生长发育受阻。即使在这样极端干旱的气象条件下,地下水位深度仍稳定在 2.0~2.3 m,说明地下水对地表水补给能力强,地下水参与土壤盐分运动的现象明显。

比较“碱斑”和“草地”不同土层的土壤 pH,碱斑高于草地;土壤 pH 随深度的变化规律是由低变高再变低的过程;在高水分条件下,土壤盐分随水向下移动,导致 pH 峰值出现在地表下 30 cm,土壤干旱过程,随着土壤水分减少,土壤主要水流方向发生逆转,盐分随水流上升,pH 峰值位置上移至 10~20 cm 亚表层内。不同时期 EC 随土层的加深逐渐降低,且 EC 的峰值出现在

亚表层 0~20 cm。比较碱斑和草地的 EC,大体趋势为碱斑的 EC 值高于草地。

土壤 pH 和 EC 均与  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  离子浓度呈显著正相关,而与  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  相关性不显著。因此在改良技术研究上,一是要注重研究开发将土壤中  $\text{CO}_3^{2-}$  转化为  $\text{HCO}_3^-$  的技术,二是研究建立稳定的土壤大孔隙,变上升水流为下降水流的技术。

#### 参考文献:

- [1] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] 龚洪柱. 盐碱地造林学[M]. 北京:中国林业出版社,1988.
- [3] 罗金明,杨帆,邓伟,等. 苏打盐渍土的微域特征及土壤表层积盐机理探讨[J]. 水土保持学报,2008,22(2):88-92.

(下转第 54 页)

- nology, Ames, I. A. 1991.
- [4] Westwood J H, Weller S C. Cellular mechanisms influence differential glyphosate sensitivity in field bindweed (*Convolvulus arvensis*) [J]. Weed Science, 1997, 45(1): 2-11.
- [5] 韩庆莉, 沈嘉祥. 杂草抗药性的形成、作用机理研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 556-561.
- [6] 王满意, 寇俊杰, 鞠国栋, 等. 磺酰脲类除草剂抗性简易测定方法初探[J]. 杂草科学, 2009(2): 36-38.
- [7] Primiani M M, Cotter J C, Saari L L. Resistance of *Kochia* (*Kochia scoparia*) to Sulfonylurea and Imidazolinone Herbicides [J]. Weed Technol, 1990, 4: 169-172.
- [8] Heap I M, Knight R. The occurrence of herbicide cross resistance in a population of annual ryegrass, *Lolium rigidum*, resistant to diclofop-methyl [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1986, 37(2): 149-156.
- [9] Powles S B, Lorraine-Colwill D F, Dellow J J, et al. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia [J]. Weed Science, 1998, 46: 604-607.
- [10] 马晓渊. 抗药性杂草种群的发展及其治理对策[J]. 杂草科学, 1994, 4(1): 1-4.
- [11] 孙丙耀. 农田杂草抗药性及抗性作物的选育[J]. 世界农业, 1998(8): 18-21.
- [12] 马晓渊. 农田杂草抗药性的发生为害、原因与治理[J]. 杂草科学, 2002, 4(1): 5-9.

## Causes of Herbicide Resistance Weed and Its Management Strategies

ZHANG Wu

(Heihe Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe, Heilongjiang 164300)

**Abstract:** The causes of using the single kind or the same herbicide or applying the herbicides with the same target for a long time or many times result in herbicide resistance weed were analyzed, as well as the characteristic of herbicide and weed itself could affect the herbicide resistance were pointed out. Then the management strategy for controlling weed herbicide resistance was put forward: putting prevention first combining with multiple methods to delay and control weed herbicide resistance.

**Key words:** herbicide; weed herbicide resistance; selection pressure

(上接第 41 页)

- [4] 罗金明, 邓伟, 张晓平, 等. 盐渍土系统土壤水-地下水转化规律研究[J]. 生态环境, 2007, 16(6): 1742-1747.
- [5] 李取生, 王志春, 李秀军. 苏打盐渍土壤微咸水淋洗改良技术研究[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 342-348.
- [6] 王宇, 韩兴, 赵兰坡. 硫酸铝对苏打盐碱土的改良作用研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 50-54.
- [7] 王宇, 韩兴, 赵兰坡. 苏打盐碱土结构性与持水特性的改良研究[J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(5): 545-548.
- [8] 李毅, 邵明安, 王文焰. 有限深土体中再分布的土壤水盐运移试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 2(3): 40-43.

## Relationship of pH, EC and Composition of Salt of Sodic Soil in Heilongjiang Province

KUANG En-jun<sup>1</sup>, Kazuo Nakamoto<sup>2</sup>, LIU Feng<sup>3</sup>, CI Feng-qin<sup>1</sup>, JIAO Jiang<sup>3</sup>, ZHANG Jiu-ming<sup>1</sup>

(1. Soil Fertilizer and Environment Resource Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, / Key Lab of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Japan International Research Center for Agriculture Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:** Comparing the change regularity of soil moisture and ions on no vegetation base spot and vegetation near a grass of sodic soil, the relation of soil pH, EC and the ions were conducted. The result showed that the supply capacity of groundwater to surface water was still strong, the phenomenon of groundwater participating soil salt movement was obvious, even under the extremely draught condition. The pH of base pot was higher than that of grass. In high water condition, peak of pH was in subsurface 30 cm, and when soil drought, peak of pH was in the subsurface between 10~20 cm. EC of different period gradually reduced with soil depth, and the peak of EC was in the subsurface between 0~20 cm. EC value of base pot was higher than that of grass. The pH and EC of soil were significant positive correlation with  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  concentration, and had no significant correlation with  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  concentration.

**Key words:** sodic soil; groundwater; ion composition