

东北松嫩平原盐渍土的盐分累积

程伯容 王汝慵 馬庆騷 罗旋

(中国科学院林业土壤研究所)

松嫩平原是我国东北平原的一部分,东北西三面分别为东满山地、小兴安岭和大兴安岭所围绕,南抵松辽分水岭,并与辽河平原相连接。该平原面积辽阔,南北宽达500余公里,东西长及300公里,气候温和,土壤肥沃,适合发展农业,一向为我国主要产粮地区。但在本区中部及西部分布有大面积盐渍化土壤,限制了农业的发展。

松嫩平原在地质构造上属于东北凹陷的一部分,凹陷的基底由海西褶皱带的岩层所组成,在这岩层上部广泛地复盖了第四纪的湖相堆积。在松嫩平原的周围,是冲积和洪积作用形成的山麓洪积台地,一般海拔高度在200—250米间,由于流水的侵蚀作用,切割得比较破碎。在松嫩平原的中部为松花江和嫩江堆积形成的冲积平原,一般海拔高度在130—220米范围,可分为低岗地和低平地两类,相对高差达10—30米。低岗地上主要为碳酸盐草甸黑钙土;低平地上有草甸土、沼泽土和盐渍土等组成复区,并有許多小的湖泊(当地群众称泡子)分布。

本区气候属温带季风型气候。年平均温度在2.7—4.7℃,最暖月平均温度在23—24℃,最冷月平均温度在-16℃—-22℃。年平均降水量在400—600毫米,自东向西逐渐减少,在白城子附近年平均降水量仅350毫米左右。蒸发量一般比降水量大1—2倍。

植被为草甸草原,以羊草群落、貝加尔羽茅和兔毛蒿群落为主,在低地盐渍土上并有碱蓬、剪刀股、星星草等耐盐植物。

在1957—1959年期间,我們曾在这个地区进行盐渍土的调查研究工作,尤其在1958年和哈尔滨勘测设计院等单位合作为松花江流域规划进行土壤调查时期,累积了一些地下水和土壤盐分资料,现在将这方面的资料整理出来,以便对本区盐渍土评价和改良提供参考。

一、地下水中盐分的累积

松嫩平原的盐渍土属草甸盐渍土类型,密切受到当地地下水(主要指表层潜水,下同)的影响。地下水的性质又随当时气候、地形、地下水径流情况和埋藏深度等条件的不同而有区别。

平原周围山地的地下水,由于气候比较湿润,径流迅速,地下水矿化度低,多在0.15—0.2克/升,属钙质重碳酸盐水,只有个别的地区为钠质重碳酸盐水。

山麓洪积台地或冲积平原的低岗地,上层为黄土状粘土,下层为砂及砾石。一般地下水埋藏较深,多距地表3—4—10米,地下水矿化度也低,都小于0.4—0.5克/升,主要为钙质重碳酸盐水,个别地区有钠质重碳酸盐水或钙质氯化物硫酸盐水。

冲积平原的低平地区,由河流及湖泊沉积物构成,气候比较干旱,地势坡降小,径流迟

緩,一般地下水埋藏較淺,都距地表 1—3 米間,地下水矿化度在 0.2—1—2 克/升,以鈉質重碳酸盐为主,也有其他盐分。其中不同地区也有区别:在嫩江沿岸泛滥地,地下水埋藏深度一般在 0.5—1.0—2.0 米,排泄較暢,矿化度不高,多在 0.2—0.5 克/升,以鈣質重碳酸盐为主,有时也含有少量苏打。在封閉湖盆的盐渍土地区,由于土壤質地粘重,地表水和地下水排泄不暢,水分耗失主要依靠蒸发,于是矿化度較高,一般在 0.4—2 克/升,个别高的可达 4 克/升,主要为鈉質重碳酸盐水。

湖泊是水分和盐分集中的地区,湖水蒸发強烈,矿化度大大超过地下水,据孢子水的分析結果,矿化度最大的可达 8—10 克/升,一般在 1—5 克/升。各地区孢子水的矿化度也不同,与河水不相通連的湖泊,都是不同程度的矿化水,只有在嫩江沿岸的河迹湖,泛滥时河水和湖水可以通連,这种湖水属淡水。

由此可见,松嫩平原地区地下水极大部分是淡水,属鈣質重碳酸盐水类型。中央冲积平原中,尤其是封閉的湖盆地区,地下水矿化度較高,属弱度矿化水,为鈉質重碳酸盐水类型。

平原中以盐渍土地下水的矿化度最高,其各离子的含量随矿化度增加而变化,并有一定的变化趋势(如图 1)。地下水中 HCO_3^- 离子的含量一般为 0.35—1.35 克/升,最高达 1.8 克/升,其变化随地下水矿化度增加而增高,成正相关关系。 CO_3^{2-} 离子一般为 0.05—0.13

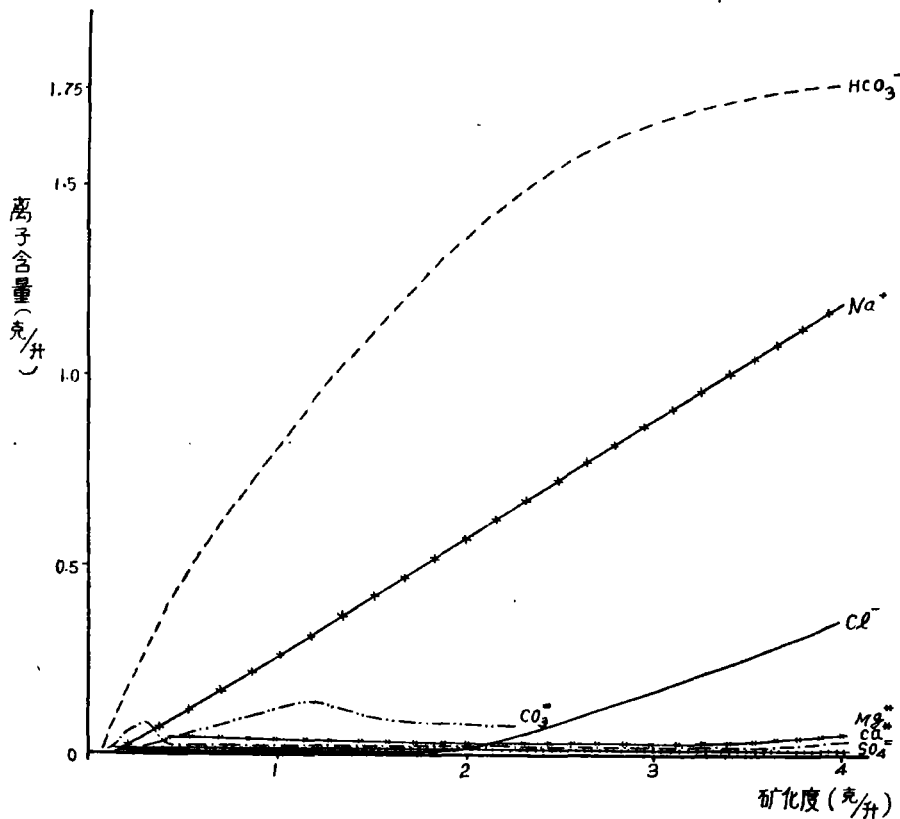


图 1 地下水矿化度与离子含量关系
(东北冲积平原区)

克/升,地下水矿化度在 1 克/升以内时, CO_3^{2-} 离子含量随矿化度增加而逐渐增高;当矿化度在 1.0—1.5 克/升时, CO_3^{2-} 离子达 0.13 克/升左右,达其最高峰。此后,随矿化度增加又有减少的趋势。 Cl^- 离子约为 0.01—0.03—0.3 克/升,一般在矿化度 2 克/升以内时, Cl^- 离子含量变化不大,经常在 0.01—0.03 克/升之间。当地下水矿化度大于 2 克/升时, Cl^- 离子随矿化度增加而有显著上升,矿化度达 4 克/升时, Cl^- 离子最高可达 0.35 克/升。 SO_4^{2-} 离子一般为 0.005—0.03 克/升,在阴离子中始终是含量最低的离子,而且变化很小,不出现随地下水矿化度增加而增高的现象。

Na^+ 离子一般为 0.1—1.2 克/升,并随矿化度增加而直线上升,与 HCO_3^- 离子有一致的趋势,说明主要和 HCO_3^- 离子结合,形成当地最主要的钠质重碳酸盐水。 Mg^{++} 离子一般为 0.02—0.07 克/升,最高达 0.12 克/升,其变化幅度很小,随地下水矿化度变化的现象也不明显。 Ca^{++} 离子很少,一般为 0.01—0.03 克/升,最高可达 0.1 克/升。当矿化度 0.3 克/升左右时,出现最高点,地下水开始为钙盐所饱和;过后矿化度进一步增加, Ca^{++} 离子含量显著下降。

湖水中盐分的累积趋势,可以说明矿化度最高的地表水情况。如图 2,湖水中 HCO_3^- 离子约为 0.25—2.2 克/升,当矿化度小于 2 克/升时,上升幅度较大,矿化度大于 2 克/升时,上升幅度比较平缓。湖水中 Cl^- 离子含量约为 0.1—2.3 克/升,有随矿化度的增加而逐渐上升的趋势,当矿化度小于 4 克/升时, Cl^- 离子含量较 HCO_3^- 离子为低,大于 4 克/升时,与 HCO_3^- 离子有同样上升的趋势,或稍有超过。 SO_4^{2-} 离子含量一般较低,只有在矿化度大于 5 克/升时,才稍有增加,可接近 0.5 克/升,但仍然是阴离子中含量最低的离子。 Na^+ 离子含量约为 0.2—2.8 克/升,有随矿化度增加而逐渐上升的趋势,当矿化度小于 4 克/升时,与 HCO_3^- 离子有同样上升的趋势;在大于 4 克/升时,上升趋势更显著,并超过其他离子。 Ca^{++} 离子和 Mg^{++} 离子含量都低,一般在 0.2 克/升以下,并不随矿化度增加而增高。

由上可见,松嫩平原盐渍土地下水各阴离子中, HCO_3^- 离子占显著优势, Cl^- 离子含量很低, SO_4^{2-} 离子更低;在阳离子中, Na^+ 离子占显著优势,而 Ca^{++} 和 Mg^{++} 离子都很少。在湖水中各离子含量有类似的情况,所不同的是:在矿化度进一步增加时, Cl^- 离子含量有超过 HCO_3^- 离子含量的趋势。

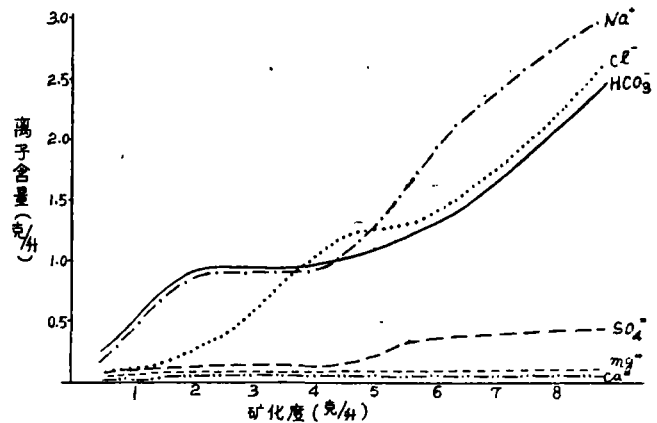


图 2 湖水矿化度与离子含量关系

二、土壤中盐分的累积

松嫩平原中的盐渍土多呈斑状分布,盐渍土剖面中易溶性盐分和难溶性盐分的分布

有一定的次序,一般是表层 20—40 厘米内易溶性盐分累积较多,而难溶性的碳酸鈣多分布在 40—100 厘米的底土内。最高含盐层的盐分含量约为 0.5—2.0% (只在极个别情况下,可发现 7%),与底土含盐量 0.2—0.4% 比较,约大 2.5—10 倍。盐结皮的盐分组成也以苏打为主,其他盐分含量都少。在个别岗间低洼地或干涸了的湖底,也会出现以 Cl^- 或 SO_4^- 离子为主的盐渍土。盐渍土各离子组成,随土壤含盐总量不同而有差异。如图 3,在阴离子中, CO_3^- 离子为最主要的离子,每百克土壤中有 1.2—26 毫克当量,随土壤含盐总量增高而上升。 HCO_3^- 离子每百克土壤为 0.4—17 毫克当量,也大致随含盐量增加而上升。但当土壤含盐量在 1.2% 以内时, HCO_3^- 离子高于 CO_3^- 离子,而在土壤含盐量大于 1.2% 时, HCO_3^- 离子又稍低于 CO_3^- 离子。 Cl^- 离子含量较低,每百克土壤中约有 0.04—0.8 毫克当量,变化幅度很小,并无随土壤含盐量增加而增高的趋势。只在个别情况下, Cl^- 离子含量可达 3.24 毫克当量(土壤含盐量为 0.6%)。 SO_4^- 离子含量和 Cl^- 离子一样,也很低。每百克土壤中只有 0.4—1.4 毫克当量,也没有随土壤含盐量增加而增高的趋势。只有个别土壤的盐结皮中, SO_4^- 离子含量可达 50—85 毫克当量(土壤结皮,全盐量为 4—7%)。

土壤中的 Na^+ 离子一般每百克土壤为 1.8—45 毫克当量,随土壤含盐量的增加有显著的增高,大致与 HCO_3^- 及 CO_3^- 离子有一致的增长趋势。在个别的盐结皮中, Na^+ 离子可达 100 毫克当量(土壤全盐量为 7%)。 Mg^{++} 离子每百克土壤约 0.02—0.6 毫克当量,没有随土壤含盐量增加而增长的趋势。 Ca^{++} 离子约 0.1—0.8 毫克当量,其变化趋势和 Mg^{++} 离子相类似。

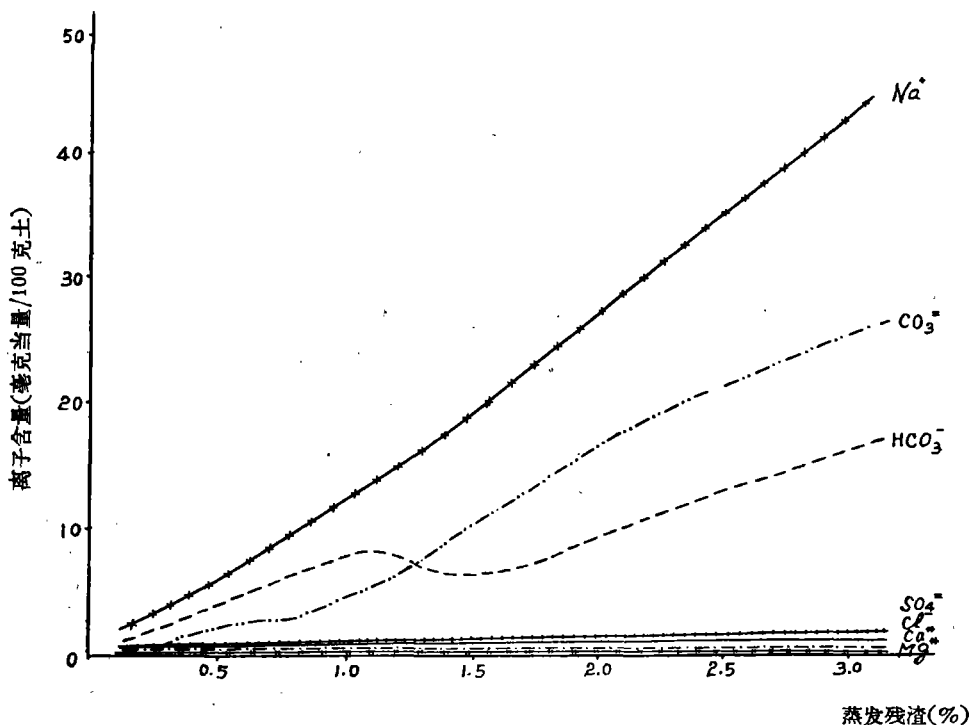


图 3 盐渍土盐分含量与离子关系

土壤中的盐分含量和组成与地下水有密切的关系(表 1)。当地下水埋藏在距地表

1—2 米的情况下,地下水矿化度愈高,土壤盐分含量也愈高。在松嫩平原地区,如地下水矿化度大于 0.6—1 克/升而埋藏较浅,盐分就可借毛管水上升地表,促使土壤发生盐渍化,但由于各地蒸发强度和土壤质地等不同,虽然地下水矿化度相近似,土壤盐分也可相差几倍。

松嫩平原中的盐渍土区,无论是地下水或土壤,盐分中的主要离子都为 Na^+ 及 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} ;说明在盐分组成中 NaHCO_3 及 Na_2CO_3 占显著优势,苏打占全盐 50—80%。土壤中 Cl^- 离子含量一般都较低,没有随土壤含盐量增加而增高的趋势。而在地下水中的 Cl^- 离子含量则因矿化度而有变化,当低矿化度时, Cl^- 离子含量最低,矿化度大于 2.0 克/升时,则有显著上升,并常超过 SO_4^{2-} 离子含量。无论在地下水或土壤中, SO_4^{2-} 离子含量都很低。虽然在土壤中, SO_4^{2-} 离子随土壤含盐量的增加有微弱的上升,但累积量仍然很低。

表 1 不同土壤和地下水中的盐分累积情况

土壤类型	盐渍化程度		盐分组成	
	地下水矿化度 (克/升)	土壤含盐量 (公斤/1 立方土柱)	地下水	土壤
草甸土	0.40—0.70	1.1—1.6	$\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} \approx \text{Ca}^{++}$	$\text{HCO}_3^- \approx \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ \approx \text{Ca}^{++} \approx \text{Mg}^{++}$
盐化草甸土	0.65—2.00	1.3—5.0	$\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$	$\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} \approx \text{Mg}^{++}$
盐土	1.00—2.00—4.00	7.0—11.0	$\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-} > \text{Cl}^- \leq \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++}$	$\text{HCO}_3^- \leq \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} \approx \text{Mg}^{++}$

由上述各点,可见该区地下水和土壤关系十分密切,土壤盐渍化主要由矿化地下水引起,按土壤和地下水的关系和所含主要盐分来划分,该区盐渍土主要属苏打草甸盐渍土,而硫酸盐苏打草甸盐渍土和氯化物苏打草甸盐渍土分布面积很小。

关于苏打盐分的来源,是一个值得研究的问题。一般认为盐分来源和岩石风化有关,当地山上岩石风化的结果产生盐类,经过水的搬运,集聚在低洼地区,在干旱的气候条件下经过强烈的蒸发作用,可形成矿化地下水和盐渍化土壤。但是,根据目前的资料,松嫩平原中深层地下水所携带来的盐分可能是苏打盐分累积的重要泉源。

根据分析结果,在松嫩平原下面的岩层,往往含有多量以苏打为主的易溶性盐分,在深层地下水中,无论是流出地面的泉水,或埋藏在深处(几百米以下)的地下水,也往往含有以苏打为主的易溶性盐分。据该地区白垩纪页岩岩心分析结果,发现该岩石中可溶性盐总量可达 0.4% 左右,苏打含量约 0.3%。深层地下水中可溶性盐总量达 0.7—0.8 克/升,也以苏打为主,和坑水的情况相一致(表 2)。这些含有易溶性盐分的深层地下水,可

表 2 深层地下水和坑水分析结果

类型	pH	离子含量 (克/升)						盐分总量 (克/升)
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	
深层地下水	7.45	0.447	0.133	0.022	0.099	0.028	0.099	0.828
深层地下水	8.00	0.508	0.018	0.010	0.072	0.010	0.117	0.735
坑水	8.12	1.168	0.012	0.005	0.007	0.017	0.377	1.757
坑水	7.60	0.889	0.005	0.013	0.017	0.038	0.356	1.453

以沿着岩石裂隙流出地表,直接給土壤带来多量盐分;也能影响潛水,間接給土壤带来盐分。

結 論

1. 东北松嫩平原盐漬地下水矿化度約 0.4—1—2 克/升,其中 HCO_3^- 离子为 0.35—1.35 克/升, Na^+ 离子为 0.1—1.2 克/升,主要属弱度矿化的鈉質重碳酸盐水。

2. 松嫩平原中盐漬土多属苏打草甸盐土,呈斑状分布,溶性盐分多积累在表层(20—40 厘米),碳酸鈣多分布在 40—100 厘米的底土。

3. 盐漬土的盐分累积情况与地下水状况很一致,盐分中也以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主。每百克土壤中有 CO_3^{2-} 离子 1.2—26 毫克当量, HCO_3^- 离子 0.4—17 毫克当量, Na^+ 离子 1.8—45 毫克当量。

4. 深层地下水含有多量易溶性盐分,并以苏打盐分为主,是当地盐漬土盐分的重要泉源。

参 考 文 献

- [1] B. A. 柯夫达(席承藩等譯): 盐漬土的发生及演变(上册)。科学出版社, 1957 年。
 [2] 宋达泉等: 东北及内蒙东部土壤区划。土壤通报, 1954, 4 月。
 [3] 程伯容: 松嫩平原盐漬土概况及其改良問題。黑龙江流域綜合考察学术报告第二集, 科学出版社, 1959 年。

SALT ACCUMULATION IN THE SOILS OF SUNG-NUN PLAIN, NORTHEASTERN CHINA

P. Y. CHENG, L. Y. WANG, C. L. MA AND S. LOU

(ABSTRACT)

Large areas of saline soils, mainly belonging to the soda saline meadow type, are distributed in scattered spots in Sung-nun plain of Northeastern China. The soluble salts, predominantly sodium bicarbonate, are accumulated at the surface 20 to 40 cm. of the soil profile. A lime accumulation layer has been found at the depth of 40—100 cm.

The ground waters in this soil region contain total soluble salts from 0.4 to 1—2 gm/l, with 0.35—1.35 of HCO_3^- and 0.1—1.2 of Na^+ gm/l—a composition closely resembling to that of soil salts. Further examination of the salinity of ground waters in great depth, up to 100 meter or more below the surface, found that they contain soluble salts of a similar composition but with much high concentrations. Analytical data from the underlain bedrock of Jurassic shales of the said plain also revealed that they contain total soluble salts about 0.4% with $\frac{3}{4}$ of which as sodium bicarbonate. The present paper comes to the conclusion that the salinity of the soils of Sung-nun plain is induced by the ground waters which, in turn, inherited their sodium bicarbonate from underlain bedrock.