

松嫩平原盐碱土的形成与地质、地貌及水文地质关系

熊 紹 澧

(黑龙江省地质局水文地质工程大队)

松嫩平原为一广大肥沃的冲积平原，是黑龙江省的主要耕作区，但因土壤盐碱化，大部分土地都不能利用，成为我国北部的一个荒源。

盐碱化土壤主要分布于本省的林甸、安达、泰康(杜尔伯特)、明水、肇源等县的全部或部分地区。这些地区的年降雨量一般为300—500余毫米，年平均蒸发度则在1,300—1,500毫米。

本文主要从地质、水文地质的观点来探索本区盐碱土的形成，所以不得不对一些地质、地貌及水文地质加以简单的描述。

一、盐碱化土壤分布地区的地质、地貌及水文地质概况

(一)地质情况

松嫩平原在地质构造上属中生代的拗陷地带。自中生代以后一直以负向的地质构造运动为主。在负向运动的影响下堆积千米以上的白垩纪陆相地层和厚度

超过一百米的第四纪沉积层。松嫩平原的四周则为具有上升性质的、大兴安岭和张广才岭。上升地带多为中生代的中、酸性喷出岩和海西期的花岗岩组成(图1)。

白垩纪地层在平原地区出露极少，主要为第四纪的松散沉积层。现按地层时代将第四纪地层分别概述如下(由老到新)：

1. 下更新统(Q_1)：主要为洪积或冲积洪积作用形成的黄土状亚粘土、白粘土、砂和砂砾石，厚度不等，一般为5—50米；分布于大、小兴安岭的山麓地带，并构成山前冲积洪积倾斜平原的一部分。

2. 中更新统(Q_2)：主要为冲积洪积作用的产物。表层为厚约10—40米块状结构的黄土状亚粘土，其下则为厚10—40米的砂和砂砾石。见于小兴安岭山麓地带，并与下更新统地层共同构成山前冲积洪积倾斜平原。

3. 上更新统(Q_3)：为河流冲积及湖泊沉积层。冲

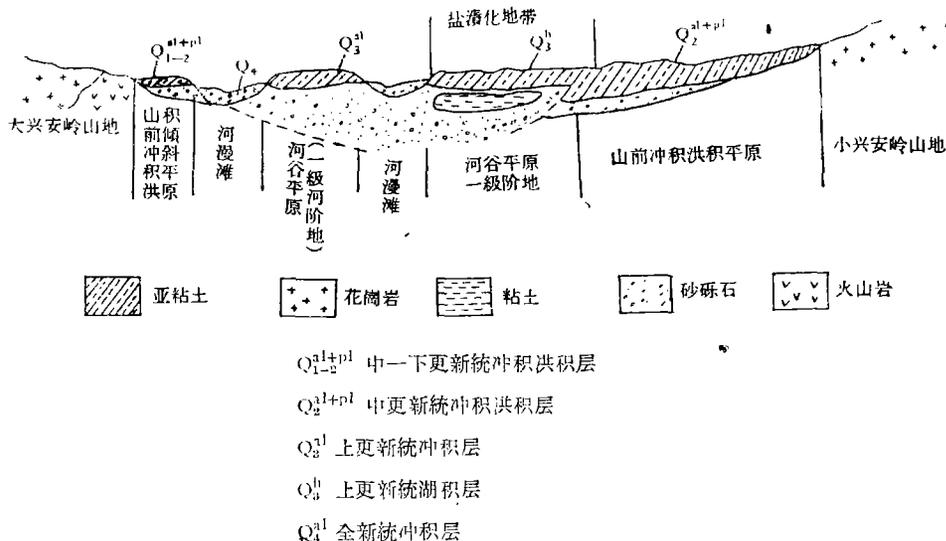


图1 松嫩平原盐碱土分布与地质、地貌关系示意剖面图

积层的表层为厚約 2—6 米的黄土状亚粘土,局部有薄层的亚砂土,其下为砂砾石。湖泊沉积层均为黑色或灰黑色的游泥质亚粘土和粘土,厚 2—30 米。本系地层分布于平原中部,并組成广大的河谷冲积平原;亦为本区盐碱土发育的地带。

4. 全新統(Q₄): 河流近代冲积层。表层为厚 1—3 米的粘性土,其下为砂砾石。

整个松嫩平原在新地質构造运动上为承繼較老构造的下降区。但因构造作用发育不均衡而显差异性。从哈尔滨、綏化、明水、訥河、联綫以东的地带为相对上升区,即东部隆起带;龙江、甘南、嫩江联綫以西为相对的綏慢沉降区,即西部綏慢沉降带;住两带之間的齐齐哈尔、安达、肇源等地则为相对的下陷强烈地带,即中央拗陷带。富裕尔河及双阳河从上升地带流入本区时河道消失形成內陆河(图 2)。

(二) 地貌概况

松嫩平原地形平坦,四周高于中部 10—60 米,略向平原中心傾斜。整个平原可分为两个大的地貌单元:山前冲积洪积傾斜平原和河谷冲积平原。

山前冲积洪积平原: 位于大、小兴安岭山前地带。河谷切割强烈,显波状起伏。降水不易停集,常被沟谷排浅;地下水也易被沟谷排浅,因而成为平原中部的地下水补給区。

河谷冲积平原: 几无沟谷切割,地形甚为平坦。除小丘、洼地外几乎无别的微地貌类型,因而呈现单調的平原地貌景观。

小丘: 一种是土丘,另一种则为风成砂丘。砂丘一般高出周围平地 4—10 余米;土丘則高出周围平地 0.5—1 米,极少超过 2 米者。

洼地: 按其成因可分为: 风蝕洼地、湖泊沼泽洼地、槽状(丘)洼地(古河道)和內陆河下游封閉洼地。

(1) 风蝕洼地——位于砂丘与砂丘之間。大小为几十到一百余平方米,雨季集水,旱季干涸。

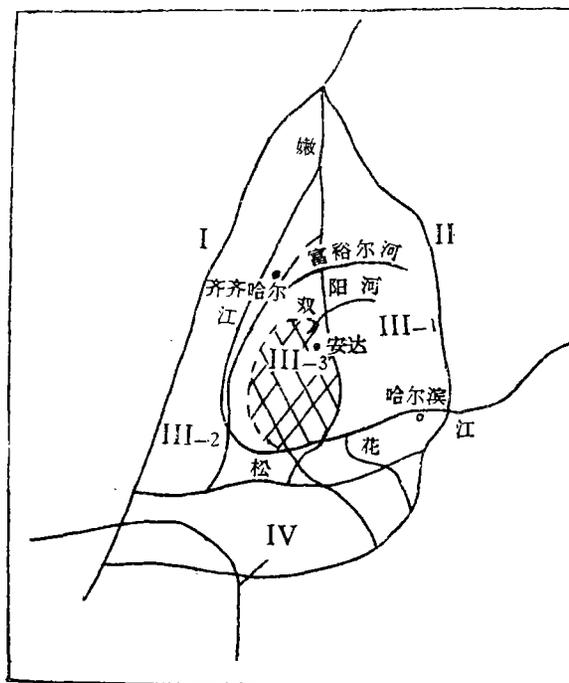
(2) 湖泊及沼泽洼地——一般为 100—300 平方米,大者可达数平方公里,常年集水;其水一般都为矿化度較高的碱水。

(3) 槽状洼地(古河道)——长条状,形若当今的河道。

(4) 內陆河下游洼地——位于双阳河及富裕尔河的下游河流消失处。

(三) 水文地質概况

松嫩平原地区浅层地下水貯藏于第四紀的松散沉积层中。貯藏于平原东部的下更新統冲积洪积层中的地下,地下水埋藏深度为 5—10 米或更大,并为矿化度低于 0.5 克/升的重碳酸鈣型水。在平原西部地下水



- I 大兴安岭隆起带; II 小兴安岭及张广才岭隆起带;
- III 松嫩平原凹陷带:
 - III-1 东部隆起带, III-2 西部綏慢沉降带, III-3 中央拗陷带;
- IV 松辽分水岭隆起带。

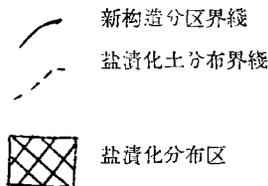


图 2 松嫩平原盐渍土的分布与新地質构造关系图 (根据 1959 年第 8 期“水文地質工程地質”作者編新地質构造分区图略加修改)

貯藏于下更新統的冲积洪积层中,地下水埋藏深度 5—10 米,为矿化度低于 0.5 克/升的重碳酸鈣型水。平原中部的地下水主要貯藏于上更新統和全新統的冲积层,地下水埋藏深度一般为 1—2 米,甚至更小,地下水矿化度一般为大于 1 克/升的重碳酸鈉或鈣型水,以重碳酸鈉型者为主,有的地区地下水矿化度可达 3 克/升。

二、盐碱土的特征

(一) 盐碱土的分布特征

盐碱土的分布及其发育程度与本区的地質、地貌及水文地質情况相适应,这对了解盐碱土的形成及发展将提供极宝贵的资料。

1. 盐碱土分布区的地质特征: 盐碱土主要分布于松嫩平原的中部河谷平原上, 即为新地质构造运动的中央拗陷带内。由于新地质构造运动的影响, 堆积了超过 100 米厚的上新统沉积层。上部为粘性土, 厚约 1—6 米, 下部为数十或一百余米厚的砂及砂砾石。在平原的低洼部分(洼地), 堆积了近代的湖相或沼泽相的淤积质亚粘土和亚砂土类沉积。这些粘性土一般都具有较高的毛细管性能和较低的渗透性。经野外试验注水试验证明渗透系数为 0.5—1.8 米/昼夜。

2. 盐碱土分布区的地貌特征: 就总的方面说, 所有的盐碱土均分布于平原中部的河谷冲积平原地带; 但是盐碱土也并非遍及整个平原的所有部位, 而只是在一些低洼地带和局部的高小丘上才有分布。

小丘: 粘性土组成, 高出四周平地约 0.5—1 米, 面积甚小, 由数平方米至二、三十平方米。按小丘外形可以分为两类: 一种外形若礼帽, 一种外形浑圆若馒头。礼帽状小丘, 顶部有一小凹部, 凹部雨季存水, 雨后全被蒸发; 丘四周为一凹地所环绕, 雨季存水, 雨后被蒸发干涸。盐碱土主要发育在丘顶边缘的高起部分, 以丘顶部的边缘为重, 愈往顶中心的低洼部分盐碱化程度渐轻, 以至消失。馒头形土丘的四周亦被洼地环绕, 雨季有水, 雨后被蒸发干涸。盐碱化程度以丘顶为重, 愈往丘边缘程度减轻直到消失。

洼地: 与土丘一样, 常为本区盐碱土的集聚地。按洼地的成因可分为四种。

(1) 风蚀洼地: 形若卵圆或马蹄状。凡卵圆形者, 四周均为砂丘环绕, 为无出口的封闭型。形若马蹄者为开扩形的出口。就其活动性, 又可分为两种, 即活动的及稳定的。活动的洼地其底部尚未达到潜水面, 在风蚀作用下尚可继续下切。此洼地由于风蚀作用尚未停息, 盐分聚集机会不多, 盐碱化程度轻微。稳定的洼地其底部已达潜水面, 风蚀作用已不再起作用, 利于盐分的集聚, 盐碱化程度较重。在各个洼地中其盐碱化程度也是不一样的, 一般在洼地中心较重, 愈向四周程度愈轻。

(2) 湖泊及沼泽洼地: 洼地与湖泊(水泡子)和沼泽伴生, 常环绕湖泊和沼泽地分布; 环绕湖泊分布者, 常构成湖阶地。大多数湖泊长年不干, 受地下水和降雨补给, 湖水为高矿化度的重碳酸钠型水。如安达附近兴隆泡, 矿化度为 6.9 克/升, 其中 HCO_3 接近 2 克/升, CO_3 也是 1 克/升多, Cl 为 1.5 克/升, SO_4 仅 1—0.2 克/升, 在阳离子的组成中低为 2 克/升多, Ca 及 Mg 均在 0.01—0.02 克/升间。盐碱化的程度一般也是愈往洼地中心愈重, 愈向洼地的四周(远离洼地中心)愈轻, 但在接近湖泊或沼泽水体所占据的洼地中心

时也有变轻现象。

(3) 槽状(古河道)洼地: 松嫩平原的南部(安达以南)分布着一些长条形的, 并与松花、嫩江及其支流连通或接近的洼地, 极似古河故道。洼地宽 200—500 米, 低于其两侧地面 1—2 米不等。除两季有细小水流外, 其余季节干涸。盐渍土在洼地中较为发育。

(4) 内陆河下游洼地: 富裕尔河及双阳河为松嫩平原中北部的两条内陆河, 在其下游发育着广大的封闭型洼地, 洼地中发育着沼泽化及盐渍化, 一般程度较重。

3. 盐碱土分布区的水文地质特征: 在松嫩平原盐渍化土分布地区的水文地质条件与非盐渍化地带的水文地质条件有所差别, 这些差别表现在地下水的埋藏深度、矿化度、水化学成分、地下水径流及循环条件等方面, 现分述如下:

(1) 地下水径流及循环条件: 在盐渍化现象较明显的松嫩平原中部, 地形平坦, 切割极微; 含水层由细砂组成, 地下水流动困难, 交错不易, 排洩亦难; 地下水排洩的主要路径为蒸发。例如双阳河和富裕尔河下游的洼地, 地下水受地表水(河水)补给, 地下水无其他路径排洩, 只有依靠蒸发作用予以排除。

(2) 地下水化学成分及矿化度: 凡盐渍化现象明显的地区地下水化学类型均为重碳酸钠型水, 很少为重碳酸钙型水, 个别地区也有重碳酸氯化钠型水及重碳酸硫酸钠型水, 矿化度一般超过 1 克/升或接近 1 克/升, 地下水大都具有咸味。非盐渍化地区的地下水一般均为重碳酸钙型水(表 1)。

(3) 地下水埋藏深度: 凡盐碱土分布的地区, 地下水埋藏深度一般都在 1—2 米, 雨季季节其埋藏深度则小于 1 米。无论是雨季或旱季, 这样的地下水埋藏深度都小于粘性土的毛细管上升高度, 即已超过地下水的临界埋藏深度, 因而极易蒸发。而非盐碱土分布地区的地下水埋藏深度均在 3—5 米或 5—10 米, 甚至超过 10 米。

(二) 盐碱土的特征

1. 在松嫩平原上发育着的盐碱土, 按化学性质多为苏打盐土, 按分布特点多为斑点状的或岛状的。

2. 凡盐渍化明显的地方植物稀少, 甚至地面光秃, 并具灰白色或黄褐色的盐斑。

3. 凡盐渍化了的土壤表面均有一层 3—10 厘米厚的黑色或灰白色的疏松盐碱土或坚硬的盐结皮, 其下则为塑性较高的坚硬盐碱化了的土层, 一般为黑褐色; 愈往深处土层愈是柔软, 其盐碱化程度愈轻。

4. 盐碱化土层一般厚 30—100 厘米, 上部盐渍化程度较重, 下部较轻。程度最重的上层厚 3—10 厘米,

表1 盐渍化地区的地下水化学成分及地下水化学类型

取样地点	阴离子含量 (毫克/升)			阳离子含量 (毫克/升)			矿化度* (克/升)	水化学类型
	HCO ₃	Cl	SO ₄	Na	Ca	Mg		
大同鎮东北10公里(浅层水)	930	143	218	97	37	—	0.96	HCO ₃ -Na
大同鎮东5公里(浅层水)	881	183	173	273	97	71.9	1.141	HCO ₃ -Na
常家围子(深层水)	461.7	47.5	—	66.5	48.5	34	0.417	HCO ₃ -Na
太康县(深层水)	327	70	19	29	110	23	0.414	HCO ₃ -Ca
太康县北琴泡边(浅层水)	766	106	75	195	95	53	0.82	HCO ₃ -Na
喇嘛甸子鎮(深层水)	527	57	134	220.5	29	22	0.629	HCO ₃ -Na
林甸县小围子(浅层水)	750	206.9	60	85	106	131	0.898	HCO ₃ -Mg

* 矿化度以阴、阳离子含量总和减去 1/2 HCO₃。

具有白色的结晶盐粒,下部为坚硬的盐渍化土层,愈往下渐变为未盐渍化的土壤。

5.盐碱土除在垂直剖面上具有盐碱化程度的分异性外,在水平方向上也具有明显的分异性。

(1) 礼帽状小丘上的盐碱土:一般以礼帽状小丘顶部的突起边缘为最重,愈往帽顶的低洼部分渐渐变轻,直到其最低的部分则完全消失。

(2) 发育于卵圆状小丘上的盐碱土:一般以丘顶部最重,逐渐往边缘程度变轻直到消失。

(3) 发育于洼地中的盐碱土:愈往洼地的集水部分盐碱化程度愈重,当接近集水部分时反而消失;愈往洼地边缘愈轻,直到消失。

三、盐碱土的分类

我們对于本区的盐渍土多偏重于地面调查,很少进行实验室的研究,因而难以根据盐渍土的化学成分进行分类,只能从其分布的特点作分类。然而这种分类在某些程度上也正反映了盐渍土的分布特点,同时也反映了在形成过程及形成因素的不同特点。现分为如下各类:

1. 丘型盐碱土:按小丘的形状可分两种:

礼帽状丘型盐碱土:重盐碱土发育于丘顶的边缘突起部分,愈往中心程度愈轻,直到消失。以林甸以北和以东的双阳河两岸最为明显,且盐碱化程度较重。

卵圆状丘型盐碱土:重盐碱土发育于丘顶,愈是远离丘顶愈轻,直到消失。此型多发育在林甸以南及安达以北的地区。

2. 风蚀洼地型盐碱土:盐碱土分布于风成砂丘间的风蚀洼地中。重盐碱土发育于洼地的中央部分,愈往洼地边缘程度愈轻,以至完全消失。以大同鎮以东的他拉哈、多耐站、九扇門等地最为明显。

3. 湖滨及沼泽洼地型盐碱土:盐碱土发育于洼地

中,以洼地中心最重,但接近沼泽或湖泊水体时由重而轻,直至完全消失;远离洼地中心也由重而轻直至消失。主要见于安达以南及其以西的地区。

4. 槽状(古河道)洼地型盐碱土:盐碱土主要分布于古河道洼地中。以古河道的下游盐渍化程度最重,上游愈轻;在横过洼地的横剖面上,由于资料缺少难以确述,但按地貌及水文地质特点看可能洼地的中心重,边缘轻。此型主要见于安达以南的地区。

5. 内陆河下游封闭洼地型盐碱土:盐碱土普遍都较发育,尤以接近河流水体消失的洼地部分最为严重。此型主要见于安达和林甸以西的富裕尔河及双阳河下游的封闭型洼地中。

四、盐碱土的形成原因

松嫩平原地区盐碱土的分布与地质、地貌及水文地质等具有密切的符合性,这种符合性并非偶然现象,而正反映了盐碱土的形成与它们的互相关系和它们在盐碱土的形成过程中所起的作用。笔者试图通过盐碱土的分布特点来探讨它的发生和发展。下面就将地质、地貌及水文地质因素在盐碱土形成过程中的作用分别加以讨论。

地质构造作用,尤其是新地质构造作用是本区盐碱土形成的最基本的作用。它直接控制了地貌的发展和形态、地下水的埋藏深度、含水层机械组成、地下水径流及循环条件和地表水体的分布等。如富裕尔河及双阳河的消失即是此作用的结果。虽然如此,但它仍是盐碱土形成的间接原因,它并未直接参与盐碱土的形成过程,而只是通过受它直接控制的地貌、水文地质及地表水体来实现的。

盐碱土分布地区广泛的发育着一层具有高度毛管性能的粘性土,它的毛细管帮助了埋藏较浅的地下水上升而蒸发,帮助了地下水中盐分向地表累积,它是促

近盐分向上迁移的直接因素。

松嫩平原地形的起伏直接控制了地下水中盐分迁移至地表的可能性(如在地形较高的部位,地下水埋藏较深时,地下水中盐分的堆积条件不良,形成盐碱土的可能较小;在低洼的部位,地下水埋藏较浅,并易形成地表积水,易于导致盐碱土的形成);同时,也控制了地表水的停积和其中盐分的聚积。

地下水的埋藏深度及水化学特征是本区盐碱土形成的直接原因。地下水埋藏较浅,往往小于地下水中盐分向地表聚积的临界埋藏深度;地下水可直接受蒸发作用的影响,只需在较为适宜的地貌条件下就可使地下水中盐分向地表累积。所以地下水埋藏深度的特点,对本区盐分的积累提供了优越的条件。地下水的化学成分,决定了盐碱土的化学类型。本区地下水都为矿化度在1克/升左右的低矿化水(少数在1—3克/升),对于盐碱土的形成来说,并非是极为有利的。但因地下水贮藏于更新统湖泊粘土层以上的细斑砂层中,地下水的径流及循环迟滞,易于使地下水中的盐分在蒸发浓缩作用的影响下进行累积,形成盐渍土。由此可见本区盐碱土的形成过程较为缓慢,在它形成的第一阶段为含有盐分的轻度盐化土壤,再经过比较长的时期才渐渐变为盐碱土,所以这里的盐碱土的形成可能是经过了较长的时期渐渐形成的。

不容置疑,本区的气候及水文因素在盐碱土的形成过程中仍具相当重要作用,但限于本文的内容和篇幅不再赘述。上述仅是本区盐渍化土壤形成的有关条件及它们在盐渍化形成过程中的作用。下面再谈谈盐分的迁移和累积的方式。

盐分的迁移在各个部位上各不相同,往往受微地貌的控制。

1. 丘型盐碱土:盐碱土分布于丘顶,由于外形不同,其分布情形也不同,盐分的迁移过程也各异。

(1) 礼帽状丘型盐碱土:地下水埋藏深度1—2米,丘顶及丘周围的洼部雨季存水,旱季干涸。丘顶及丘周围洼部中的地表积水,在蒸发作用的影响下其盐分向丘顶边缘的突起部分移动和累积。位于地表集水层以下的地下水,在地表水的掩盖下不易蒸发,盐分缺乏累积条件;而在丘顶边缘突起部分以下的地下水易于蒸发,其中盐分以垂直移动为主,多向丘顶边缘的突起部分移动。所以盐碱化程度在丘顶边缘重,愈向中心愈轻,直至完全消失(图3)。

(2) 卵圆状丘型盐碱土:土丘周围的洼部雨季存水,其下地下水埋藏深度1米余。土壤中盐分为地表

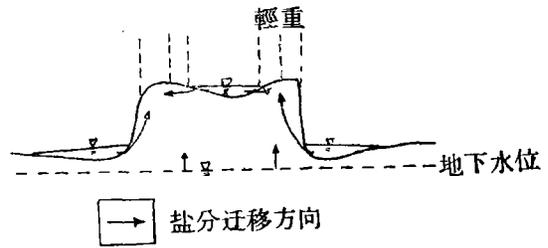


图3 礼帽状丘型盐碱土的形成示意图

水及地下水供给。地表水中的盐分在蒸发作用的影响下丘顶作横向迁移,并进行累积;在地表水集聚部分以下的地下水不易受蒸发,位于丘顶以下的地下水则易于接受蒸发,在其影响下其中盐分向丘顶作垂直运动,并向丘顶集聚。因而,在丘顶形成了较重的盐碱土,向丘顶四周洼部减轻直到完全消失(图4)。

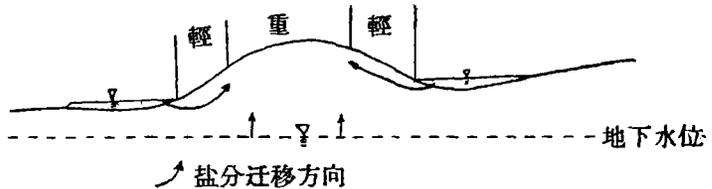


图4 卵圆状丘型盐碱土的形成示意图

2. 风蚀洼地型盐碱土:土壤中盐分主要为地下水供给。洼地中部地下水埋藏深度较浅(0—0.5米左右),愈向边缘地下水埋藏深度愈深,因而中部的地下水亦较边缘部分易于接受蒸发。地下水在蒸发作用的影响下其中盐分作垂直运动并于洼地中累积,以洼地中部累积最多,边缘较少。边缘地带的盐分在降雨流向洼地中心的过程中又进行一次清洗,使边缘部分盐分稀释,而中心部分浓度增大(图5)。

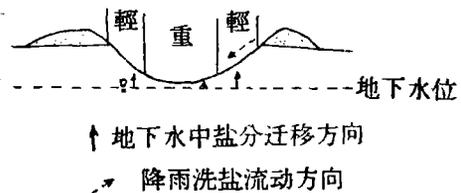


图5 风蚀洼地型盐碱土的形成示意图

3. 湖滨及沼泽洼地型盐碱土:土壤中盐分主要为地下水及地表水供给。地表水在蒸发作用的影响下,其中盐分作侧向移动,但侧向移动只能在离湖、沼泽水体不远的范围内进行,远离湖、沼泽水体渐次消失;地下水中盐分仍以垂直移动为主,因而在洼地周围的近水(地表水)部分盐碱土较重,远离地表积水体时程度则渐次减轻(图6)。

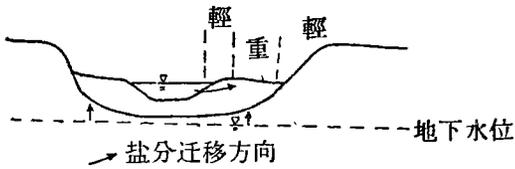


图6 湖沼及沼泽洼地型盐碱土形成示意图

4. 槽状(古河道)洼地型盐碱土: 洼地略向中心倾斜, 在横剖面上若呈槽形。土壤中盐分主要为地下水供给, 次为地表水, 然洼地的下游部分地下水与地表水起着同等主要的作用。地下水中盐分的累积主要借助土壤的毛细管作用进行垂直移动。按洼地的外形估计其在横剖面上以中心重, 边缘轻; 在纵剖面上则上游轻, 下游重(图7, 8)。



图7 古河道洼地型盐碱土形成示意图

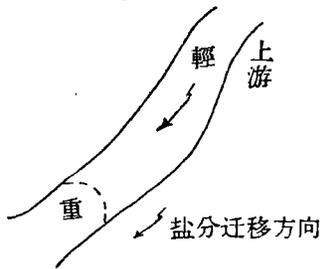


图8 古河道洼地型盐碱土形成示意图

5. 内陆河下游封闭型洼地: 土壤中盐分为地下水及地表水供给。洼地面积较大, 地形复杂, 常有卵圆状小丘及洼地。盐分的堆积及迁移亦相应复杂。小丘上的盐分累积及移动型式具有与卵圆状小丘上的盐分累

积特点; 洼地中的盐分累积及移动方式则与湖泊及沼泽洼地者相同。

五、結 語

1. 松嫩平原的盐碱土, 并非某一因素的结果, 而是众多因素的反映。这些因素在盐碱土的发生和发展过程中是互相制约、互为条件的, 所以在研究本区盐碱土的形成及其改良时, 必须组成专门的综合性队伍(包括土壤、农业、地质、水文地质、水利等), 从多方面收集资料进行综合分析, 方能得出更为确切的结论。

2. 地下水在盐渍化土壤的形成过程中, 以湖相粘土层以上的浅层地下水所起的作用最大, 从表层和深层(湖相粘土层以上及以下)的地下水水化学特点即可看到此点(表1)。

3. 理解盐碱土的形成时地质因素是基本的、主要的, 在制定改良措施时, 则应从改变地貌及水文地质条件入手, 即平整洼地和降低地下水位。

4. 为更有效的改良盐碱化土地, 必须根据不同地区的土壤地质、地貌及水文地质条件, 测定既能充分满足植物生长所需的水分, 又能保证不至形成土壤盐渍化的地下水埋藏深度(即地下水的临界埋藏深度)。

5. 为更有效的降低地下水位, 必须根据不同地区的不同地质及水文地质特点, 实际测定地下水的影响半径, 以便设计具有高效率的排水系统。

6. 从总的方面看来, 本区地下水仍处于矿化的第一阶段, 即低矿化阶段, 这似乎不利于盐碱土的形成。但从它的发生和发展过程中看, 则是在比较适宜的地质、地貌及水文地质等条件下经过比较长的时期渐渐形成起来的。在影响盐碱化形成的那些自然因素没有破坏以前, 即使在低矿化地下水分布的地区也可能发生土壤盐碱化。于是, 可以预测: 在不改善导致土壤盐碱化的那些自然条件以及在不合理的利用情况下, 盐渍化作用将继续发展, 已有的盐碱土将变得更为严重。