

山西大同盆地的盐渍土及其 苏打累积和碱化问题

席承藩 · 趙 真

(中国科学院土壤研究所) (山西省水利科学研究所)

大同盆地位于山西省北部,地带性土壤为淡栗钙土。这种土壤与内蒙古的集宁和呼和浩特等地的淡栗钙土相类似,属于同一发生类型;唯只见于大同盆地北部。至于盆地南部地区如浑源一带的土壤,就很少具有淡栗钙土特征;而和雁门关以南的土壤性状差不多。从这些土壤特性来看,大同盆地正好位于干草原向南部干旱灌丛草原过渡的地带。

大同盆地本身并不广阔,平原连同四周的低山、高阶地一并计算,也只有6,700平方公里。但土壤盐化类型却很多。平原中有大面积的盐化土壤,也有碱化土壤;还有成片的苏打累积地段。因盐渍土的类型较多,性态各异,当然改良利用途径及措施,也不一致。应根据土壤演化规律,制定大同盆地盐渍土的改良利用方向。

这篇材料,是根据中国科学院土壤队与水利电力部土壤调查总队于1956年的调查资料撰写而成。系张同亮、李荣春等百余位参加野外调查及室内分析同志的集体劳动成果;在资料整理过程中,朱宗暮同志参加了资料计算及编图工作,均应表示感谢。

一、大同盆地的盐渍特征及盐渍类型

(一) 大同盆地盐分累积的一般规律

大同盆地盐分累积过程,基本上仍属于地下水型的盐分累积区。盆地中举凡地下水深于3米的地方,均无明显的盐分累积现象。盐分累积与地貌条件也有着明显的关系。在山麓坡地及高阶地(二级以上的阶地),地表和地下径流条件均良好,地下水埋藏深度大于5米,盐分充分受到淋洗,土壤中可溶盐含量极低,以重碳酸盐为主。在盆地北部,大同市以南,御河两岸的二级阶地上,河流下切深度一般在5米以下,目前地下水埋藏深度2.5—3米,基本上处于脱盐阶段,阶地上主要为淡栗钙土分布,但在局部封闭洼地中常有碱化土壤及苏打累积的斑块出现。而在盆地南缘,由于受到断层影响,形成一明显的山前断裂潜水露出带,地下水埋藏极浅(旱季时1—1.5米,雨季时潜水常出露地表),此处分布着大面积的盐化草甸潜育湿土。由于受到丰富的淡水补给,而且具有一定的出流条件,因此盐分的聚积不多。平原中低平地区,径流滞缓,地下水通过强烈的蒸发浓缩,盐分强烈累积。由于盐分聚积过程中分异不甚明显,多形成混合盐类,而很少单一的硫酸盐或氯化物盐土出现,但在盐分组成中,已可看出重碳酸钠占优势地位;并在第一、二级阶地交接地段发现成片的碳酸钠(苏打)累积地区。

(二) 地下水中的盐分累积

大同盆地四周的山麓坡地、高阶地以及山前断裂潜水露出带, 径流条件良好, 矿化度极低, 为 0.2—0.5 克/升, 均属重碳酸盐型淡水。在河谷平原部分, 桑干河以北、御河以西地区, 地下径流从西北流向东南, 总的径流状况还较好, 矿化度由 0.5—1 克/升到 1.5—2 克/升, 地下水盐分组成也由硫酸盐-重碳酸盐钠质水过渡到重碳酸盐氯化物硫酸盐镁钠质水。而在口泉河与御河之间的一些局部封闭洼地, 则为重碳酸硫酸盐氯化物镁钠质水, 矿化度 1—3 克/升或 3—5 克/升。

在桑干河以南, 可以看到两个明显的地下水高矿化中心。一个在山阴县的南盐池、西李庄之间, 矿化度高达 10—15 克/升, 为硫酸盐氯化物镁钠质水。产生这种情况的原因可能是: 在朔县一带地下水向东流去, 到山阴城一带时, 地下水转向西流。因而在南盐池、西李庄之间地下水呈闭流状态, 形成了一个闭流的高矿化中心。另一个高矿化中心在黄水河入桑干河处的应县城官道铺、栗家坊、吴庄一带, 矿化度 5—10 克/升, 仍为硫酸盐氯化物镁钠质水。这个地区地下水本来是向黄水河或一直向北排洩的, 近年来。由于桑干河灌区的退水经常流入黄水河, 致使河水位抬高; 而浑河灌区改建后, 特别是镇子梁水库建成后, 灌溉用水量猛增, 使浑河灌区地下水位普遍上升, 阻塞了南面地下水的出路。这样, 就使这一地区地下水因受到顶托而无法排洩。因此, 这个地区的强烈盐化主要是属于灌溉次生盐化类型。例如寇寨、黄围等村过去盐化并不严重, 而近年来次生盐化的发展极为惊人, 如果灌区排水条件不能迅速改善, 本区次生盐化还将继续扩大和加重。

在浑河以西, 沿边耀山的西北麓, 因受桑干河断层影响, 亦形成山前洼地, 但边耀山汇水面积不大, 因而山前洼地没有大量的淡水补给。且径流滞缓, 地下水矿化度 3—5 克/升, 为氯化物硫酸重碳酸盐钠质水, 且有大量苏打累积, 苏打含量达 5—10 毫克当量/升。

(三) 土壤中的盐分累积

大同盆地土壤中的盐分累积与地下水中盐分累积情况基本一致, 在桑干河以北、御河以西, 盐分与地面坡向相一致, 由西北向东南迁移, 最后由桑干河排洩。在斜坡的上部, 主要累积重碳酸钠盐, 1 米土体平均含盐量为 0.05—0.15%。而在斜坡下部、直到桑干河边, 逐步过渡为氯化物硫酸重碳酸钠盐和重碳酸氯化物硫酸钠盐。但因水盐仍有一定排洩条件, 因此总的盐渍度不高, 含盐量 0.1—0.4%。大部分属盐化干草原草甸土及部分盐化草甸淡栗钙土。这个地区最重要的盐渍特点是在局部封闭洼地中, 广泛出现明显的土壤碱化现象, 以及形成苏打盐土。因此这一地区土壤盐渍度虽不高, 但盐碱危害却很强。

在桑干河以南地区, 黄水河沿线所处地势较低, 是本区水盐主要的排洩去路。但因河床太浅, 不能满足排水、排盐的要求, 因此在黄水河两岸, 盐化现象十分严重。而土壤盐化现象与地下水情况也相一致, 在旧山阴城以西, 盐分从朔县一带向东迁移, 至旧山阴城西南停滞而形成聚盐中心。土壤中盐分地球化学分异现象十分明显, 自西向东盐分为由重碳酸盐过渡到硫酸重碳酸盐, 再到氯化物硫酸盐, 最后至硫酸氯化物盐类。此处土壤含盐量可高达 1% 左右, 是盆地盐渍最重的地区。在桑干河灌溉发展后, 由于没有改善本区的地下径流排洩出路, 因此闭流区地下水位猛烈上升, 土壤盐渍程度亦日愈加重。

在旧山阴城以西, 沿黄水河两岸, 土壤盐化比较严重, 说明黄水河已不能起排盐作用, 土壤含盐量在 0.15—0.4%, 属于氯化物硫酸重碳酸钠质盐类。至应县城附近, 因受浑河

灌区高地下水位的顶托,使盐分停滞而形成氯化物硫酸钙钠质盐类。但因受淤灌影响,以致地下水虽已强烈盐化而土壤表层含盐并不很高;且土壤中钙含量较丰,大部分仍属较好之耕地。但因排水不良,盐分仍停留在地下水和底土中,一旦淤灌停止,盐分很快就重新上升到地表。近几年来,镇子梁水库建成后,浑河灌区灌溉水含泥砂量大大减低,原来的洪水淤灌变成清水灌溉后,次生盐化现象在灌区内已迅速加重。从这一点也可以看出:决不能把淤灌当作改良盐渍土壤的根本措施。实际上,盐渍土壤经过淤灌虽能暂时减轻盐化危害,但却隐藏着极其严重的次生盐化威胁。

(四) 大同盆地土壤盐渍类型

大同盆地的盐碱土按其发生类型来看,主要有草甸盐土、盐化干草原草甸土、盐化草甸淡栗钙土、盐化草甸潜育湿土及碱化土等。其盐分组成的划分,主要以离子含量的百分数为划分依据。凡占阴离子或阳离子 50% 以上的离子,均考虑作为主要离子;而含量在 20% 以上的离子则作为次要离子。各离子排列顺序是主要离子在后,次要离子在前,而小于 20% 的离子不在命名中表示出来。但苏打盐土主要是根据土壤中苏打含量(碳酸钠中碳酸根的含量)另作考虑,当其含量在 0.1 毫克当量/100 克土(或 3 毫克/100 克土)以上,土壤 pH 值达 9 以上时即称为苏打盐土。如果这时土壤中主要的阴离子是重碳酸根,则在命名上不另表示;如主要离子为硫酸根,则称为硫酸盐苏打盐土。当重碳酸根含量很高,而碳酸根只微量出现的土壤,而且 pH 值也很低时,我们设想重碳酸根可能与钙相结合,以重碳酸钙方式出现,则不划分为苏打盐渍类型。关于此问题,下节将作重点讨论。据此将盆地中的盐渍土划分为:苏打盐渍土、硫酸盐苏打盐渍土、重碳酸钠质盐渍土、氯化物重碳酸钠质盐渍土、硫酸重碳酸钙钠质盐渍土、重碳酸硫酸钠质盐渍土、氯化物硫酸盐钠质盐渍土、硫酸盐氯化物钠质盐渍土等等。

在盐渍度方面,我们主要依据盐分对作物危害程度来进行划分。凡土壤中易溶性盐开始产生明显的累积和分异现象时,且作物因受盐分危害,缺苗在 10% 左右的,即划为轻度盐化土壤;作物缺苗在 10—30% 的称为中度盐化;缺苗 30—50% 的为强度盐化;缺苗 50% 以上或根本不能种植的则为极强度盐化。根据不同盐分危害度,就野外观察资料,再将实验室的土壤含盐量分析结果进行统计归纳为表 1。从表 1 中可以看出盐分组成不同时,其危害程度也不一样。因此同一盐渍度,因盐分组成不同,其盐分含量亦有差异,兹将各类型的盐渍土及分布面积的百分数列于表 1。

从表 1 中可以看出:整个盆地内重碳酸盐的累积占着显著优势地位,而硫酸盐与氯化物的累积较少,其分布也多只限于洼地或径流极滞缓的地区。除苏打盐化及碱化土壤将于下节详述外,现将主要盐化土壤的类型分述如下:

1. 硫酸盐氯化物草甸盐土及氯化物硫酸盐草甸盐土

草甸盐土主要分布在旧山阴城以西桑干河与黄水河之间的闭流低地内,地表有明显盐霜或盐结皮,但却不具明显的蓬松盐土或潮湿盐土的性态。绝大部分是荒地,生长盐蓬(*Suaeda salsa* Pall.)、蒿属(*Artemisia* sp.)等盐生植被,局部开垦的地方也只能种植胡麻、稗子、莠麦等耐盐性较强的作物,而且生长也不良好,缺苗甚多。在西部新进町、辛兴铺之间尚见重碳酸硫酸钙钠质盐土分布,向东至辛兴铺、薛圪圪之间,则为氯化物硫酸钙钠或镁钠质盐土分布地段,而至西李庄、西盐池、山阴城一带则为硫酸盐氯化物钠质盐土。土

表 1 大同盆地各种鹽漬土类型的鹽分含量及分布面积(%)統計

盐渍土类型	土壤盐分組成	盐 分 危 害 程 度							
		輕 度		中 度		強 度		極 強 度	
		含盐量 (%)	面积 (%)	含盐量 (%)	面积 (%)	含盐量 (%)	面积 (%)	含盐量 (%)	面积 (%)
盐化干草原 草甸土 (包 括盐化草甸 淡栗鈣土)	HCO ₃ -Na	0.04—0.1	5.44	0.05—0.15	9.38				
	HCO ₃ -CaNa	0.05—0.2	5.08						
	ClHCO ₃ -Na	0.05—0.15	4.10			0.06—0.2	3.43		
	SO ₄ ClHCO ₃ -Na					0.15—0.4	6.52		
	ClSO ₄ HCO ₃ -CaNa	0.05—0.1	4.24						
	SO ₄ HCO ₃ -CaNa	0.05—0.2	6.05						
	ClSO ₄ -CaNa			0.1—0.4	5.47				
	HCO ₃ SO ₄ -Na			0.1—0.4	2.50				
	ClHCO ₃ SO ₄ -Na			0.2—0.4	2.66		1.65		
	ClHCO ₃ SO ₄ -CaNa	0.05—0.1	1.84						
面积小計(%)	58.36		26.75		20.01		11.60		
盐化草甸潛 育濕土	HCO ₃ -Na	0.05—0.15	2.05	0.1—0.3	2.17				
	HCO ₃ -CaNa	0.05—0.1	1.02						
	ClHCO ₃ -Na	0.05—0.1	4.14						
	ClHCO ₃ -MgNa	0.05—0.1	2.99						
	HCO ₃ SO ₄ -CaNa			0.1—0.2	1.35				
	HCO ₃ ClSO ₄ -MgNa			0.05—0.3	2.4				
面积小計(%)	16.12		10.20		5.92				
草甸盐土	HCO ₃ SO ₄ -NaCa							0.3—1.3	1.25
	ClSO ₄ MgNa							0.3—1.0	1.10
	SO ₄ Cl-Na							0.1—0.5	1.76
面积小計(%)	4.11								4.11
苏打草甸盐 土及苏打盐 化干草原草 甸土	HCO ₃ -Na			0.05—0.2	2.56	0.1—0.2	1.04		
	ClHCO ₃ -Na			0.05—0.1	2.38	0.05—0.2	1.37	0.1—0.4	0.94
	SO ₄ HCO ₃ -Na					0.05—0.3	2.42	0.2—0.5	0.73
	ClSO ₄ HCO ₃ -Na					0.05—0.3	0.4	0.2—0.5	1.20
	HCO ₃ ClSO ₄ -Na							0.3—0.4	0.17
面积小計(%)	13.2				4.94		5.23		3.04
苏打草甸潛 育濕土	HCO ₃ SO ₄ -MgNa			0.05—0.15	1.70				
面积小計(%)	1.30				1.70				
碱化土	HCO ₃ -Na							0.05—0.2	3.45
	HCO ₃ -MgNa							0.05—0.1	0.45
	ClHCO ₃ -Na							0.05—0.2	1.20
	ClHCO ₃ -Na							0.1—0.4	1.50
面积小計(%)	6.6								6.6
合 計 %	100%		36.95		32.56		16.83		13.75

壤质地全剖面以砂壤、轻壤土为主，盐分多集中在表层 10 厘米处，含盐量可高达 2% 以上，而心土及底土则多在 0.2—0.5% 左右。地下水埋藏深度均在 1.5—2.0 米，地下水含盐情况与土壤有相同趋势。

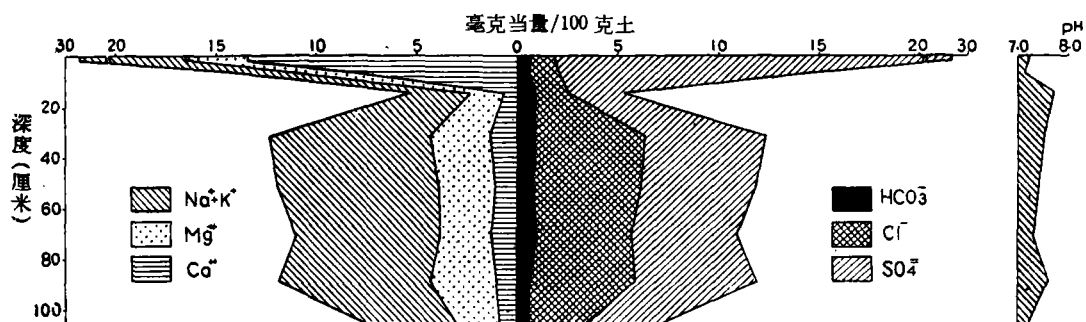


图 1 氯化物硫酸盐钙钠质盐土 (⊗ Am 71)

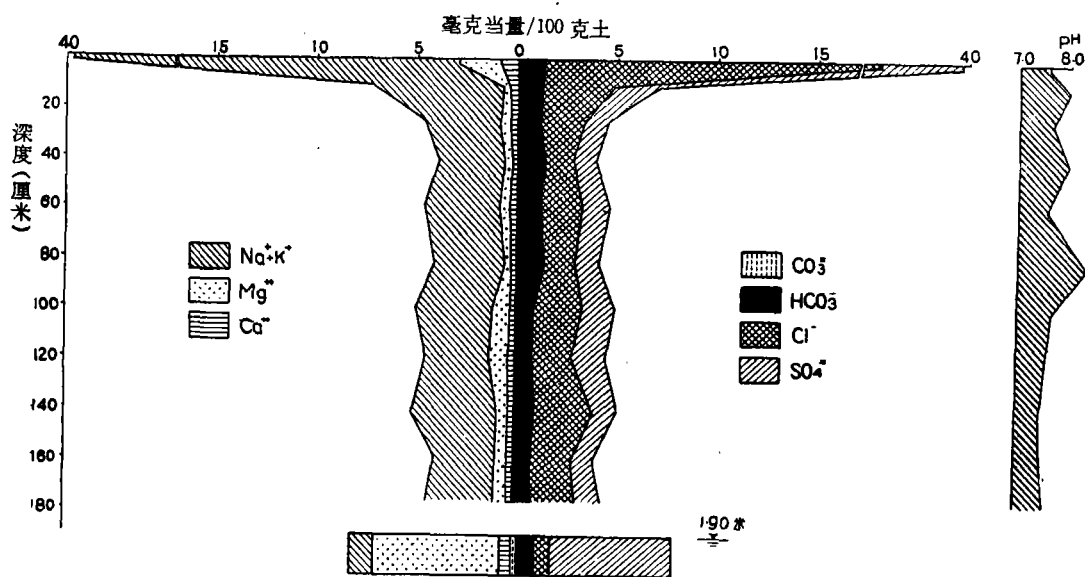


图 2 硫酸盐氯化物钠质盐土 (⊗ Am 59)

2. 重碳酸盐型盐化干草原草甸土

重碳酸盐型盐化干草原草甸土通常分布于有一定径流条件的缓斜平原。在平原内具有缓斜坡度的平地上部地段，多分布轻度盐化重碳酸盐干草原草甸土，含盐量约在 0.05—0.2% 之间。只要耕作细致，适时灌溉，一般作物均能生长，且减产不多；但若耕作粗放，则可能缺苗达 10% 左右。沿斜坡向下，盐分组成逐渐转变为氯化物重碳酸盐和硫酸盐氯化物重碳酸盐。含盐量也逐渐有所增加，可达 0.4% 左右。此时作物生长受显著抑制，且夹有成片不能耕种的盐荒地。

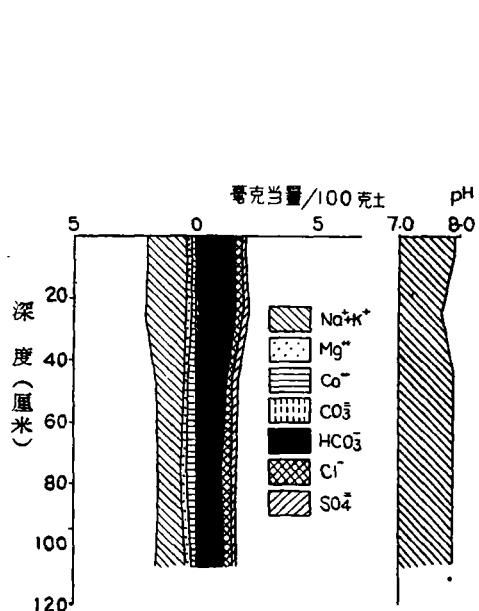


图3 中度盐化重碳酸钠干草原草甸土 (⊗ Al 30)

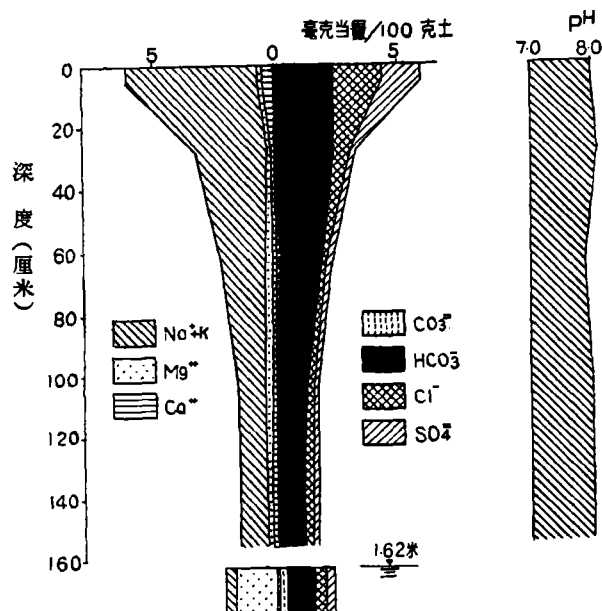


图4 强度盐化硫酸盐氯化物重碳酸钠质干草原草甸土 (⊗ Am 56)

3. 氯化物硫酸盐及氯化物重碳酸硫酸盐钠质中度盐化淤灌干草原草甸土

在桑干河与浑河之间,由于相对地势较低,排水不良,经淤灌后土壤中硫酸盐含量增加,形成氯化物硫酸盐或氯化物重碳酸硫酸盐钠质盐渍土。由此说明,淤灌虽能使土壤表层暂时脱盐,但长期的无排水淤灌,总的趋势仍然是导致盐分的积累,盐化威胁十分严重。

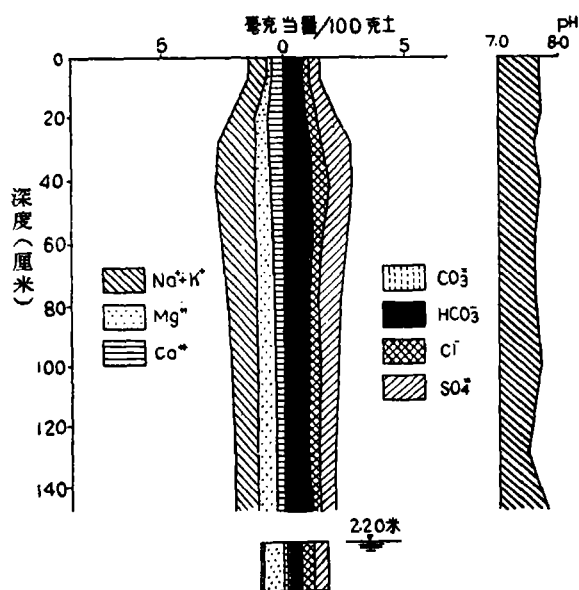


图5 轻度盐化重碳酸钠干草原草甸土 (⊗ Ab 90)

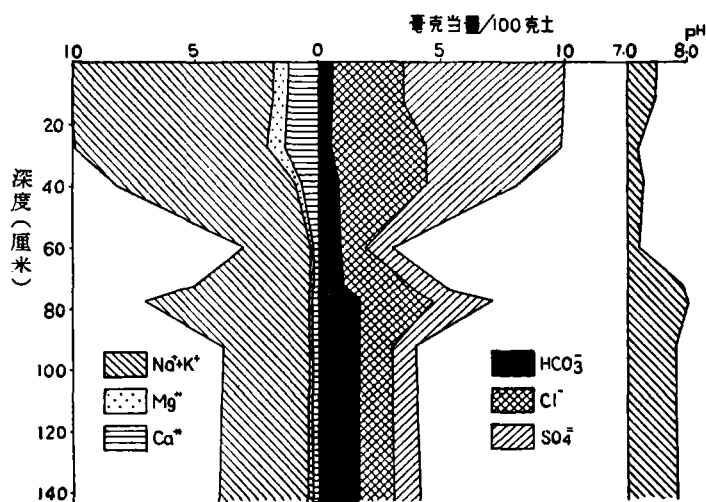


图6 中度盐化淤灌氯化物硫酸盐干草原草甸土 (⊗ Ab 33)

4. 盐化草甸潜育湿土

盐化草甸潜育湿土多分布于山前断裂潜水露出带,在旱季时(6—7月)地下水埋藏深度约1—1.5米,而在春季溶冻期间部分地方地表有季节性积水,可持续1—2个月左右。这个地区一方面因受山地淡水的大量补给;另一方面,土壤质地较粗,主要是砾质砂壤土;同时它所处的地形虽属山前洼地,但在绝对高度方面比广大河谷平原仍较高,因此具有一定的径流条件。这样一来,虽然地下水接近地表,但地下水和土壤中聚盐强度不大,地下水矿化度不高,多在0.2—1克/升之间,属重碳酸盐或硫酸重碳酸盐钠质水。

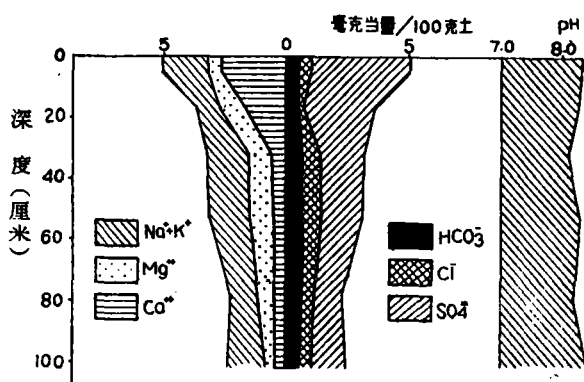


图7 中度盐化硫酸盐草甸潜育湿土 (⊗ Ac 16)

表2 重碳酸钠质中度盐化草甸潜育湿土(应县北河种)

采集深度 (厘米)	pH	烘干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100克土)				阳离子(毫克当量/100克土)		
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
0—5	8.0	0.27	0.12	2.60	0.85	0.65	0.17	0.10	3.95
5—12	7.8	0.17	0.06	2.48	0.37	0.09	0.13	0.04	2.83
12—22	7.9	0.13	0.00	2.03	0.35	0.65	0.12	0.00	2.91
22—32	7.5	0.14	0.00	1.14	0.16	0.08	0.22	0.10	1.06
32—63	7.7	0.11	0.00	0.63	0.67	0.09	0.40	0.17	0.82
83—103	7.4	0.08	0.00	0.74	0.32	0.10	0.63	0.37	0.16
地下水(130)	8.0	0.05	0.02	0.45	0.12	0.15	—	—	—

由于土壤中经常为水所饱和, 潜育过程十分明显, 剖面中有灰蓝色锈斑及黑色腐泥, 在封闭的槽状洼地中尤为明显。

这种土壤在春季溶冻期返盐最强, 地表形成大片的白色盐霜, 这可能是由于此时底层土壤冻层尚未完全溶化, 表层土壤水分与地下水的联系暂时仍被隔断, 盐分不能从剖面中向地下水转移, 更不能随地下水向河谷排洩。而此时气温逐渐升高, 蒸发加强, 因而形成表层土壤强烈积盐。

此种土壤, 盐分以重碳酸钠盐或钙钠盐为主 (见表 2), 当聚盐较强时, 特别是在局部有积水的地方, 多为重碳酸氯化物硫酸钙钠或镁钠质盐。

盐化草甸潜育湿土目前主要由于过于潮湿而不宜耕垦, 而盐分的危害并不严重。因此, 只要排水, 立即就能大量增产。这在山阴县马营庄、应县下马峪等处, 均已取得显著成效。但由于土壤中重碳酸盐含量很高, 在排水过程中, 重碳酸盐是否会转化为苏打也是值得重视的问题。

二、大同盆地苏打的形成与累积

(一) 大同盆地苏打累积的情况

大同盆地盐渍土中发现有苏打累积的面积很大, 根据土壤图量计结果, 共有 565,000 亩。这种成片大面积苏打累积地区, 不仅出现于淡质地下水地段; 也出现于矿质地下水地段; 还出现于高矿化地下水地段。

从 418 个水样分析结果来看, 大同盆地的地下水、河水及泉水中有 389 个水样含有苏打, 占 90% 以上。

从分布的地形关系来看, 苏打累积区出现在山前洼地, 河谷平原的局部洼地; 也出现于河成第一级阶地, 及第一级与第二级阶地的交接地段; 同样也出现在第二级高阶地的相对低洼的地势。

值得注意的是苏打累积地段, 有时在土壤底土层中会发现有粘质坚韧的灰白色粘土层埋藏。此种灰白色粘土与一般粘土性状不同, 其成因系属于第三纪末期至第四纪初叶浅湖相静水沉积物, 即地质学家所称的泥河湾层。这是北方地区有名的黄土以前的沉积地层。

从土壤盐渍度与盐分组成来看, 不同盐渍度的盐化土壤, 从轻度盐化到重度盐化, 都可发现有苏打累积。如表 3 所见, 含盐量可高达 2.14%, 2.06%, 8.13%; 而土壤中的含苏打量亦可高达 6.61 毫克当量/100 克土, 最高达 37.42 毫克当量/100 克土。

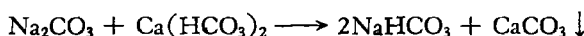
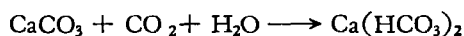
从盐分在剖面中的分布状况来看, 以表层积盐态盐化类型为主。即积盐态盐化类型, 可見到苏打。不过从表 3 中亦可看出, 在底层盐分含量较高, 或中层盐分含量较高的土壤中, 亦可見到有苏打累积。此种盐渍状态, 可称为脱盐态 (或季节性脱盐态) 及碱化态土壤中的苏打累积。土壤中有苏打累积时, pH 值均较高, 有时可高达 10 以上。对以上这些苏打累积的复杂现象, 应该把地下水中与土壤中的苏打成分联系起来。

本文讨论大同盆地的苏打形成与累积着重于研究盐渍土中 Na_2CO_3 成分的变化。没有完全以 Na_2CO_3 与 NaHCO_3 的总和, 即不以总碱度的方式来表示。苏联土壤文献中, 非常重视总碱度概念。因为 HCO_3^- 与 CO_3^{2-} 可随时转化。研究 CO_3^{2-} 的变化, 当然联系到 HCO_3^-

表 3 大同盆地苏打盐渍土的苏打分布情况

苏打累积地区	占苏打盐渍土面积的	小地形	土壤盐分含量范围		苏打含量		土壤 pH 值	地下水矿化度 (克/升)	地下水苏打含量 (毫克当量/升)	地下水埋 (米)
			(%)	累积情况	毫克当量/100克土	累积情况				
大同市南郊大盐房	16.8%	二级洼地上洼地	0.05—0.1 0.05—0.08	心土累积 底土累积	0.12—0.24 —	表土累积	8.1—8.7 7.8—8.3	0.5—1 3—5	1.0 7.3	2.00 1.50
怀仁县南	18.3%	一级阶地向二级阶地过渡的边缘	0.13—0.16 0.07—0.1		0.36 0.18	表土累积 表土累积	7.5—8.8 7.2—8.2	0.73 0.66	1.1 0.5	1.49 1.55
怀仁县郭家庄柴庄	14.4%	同上	0.5—1.2 0.05—0.3		0.12—1.23 0.12—0.27	表土累积 底土累积	9.8—10.3 8.9—10.1	10.6 3.9	6.3 8.2	1.15 1.77
应县浑河灌区哑咀庄东	1.2%	一级阶地	0.36—0.78	表土累积	0.06	表土累积	8.6—10	12.9	1.3	2.01
山阴县安营子西	5.2%	一级阶地	0.5—8.13 0.4—0.8	表土累积 表土累积	0.8—37.42 0.12—1.05	表土累积 表土累积	7.5—9.9 7.6—9.7	1.7 1.5	4.2 3.3	1.40 1.60
山阴县黄花梁村东	6.8%	二级阶地洼地	0.3—1.59 0.1—0.15	表土累积 表土累积	0.3—6.61 0.3—0.54	表土累积 表土累积	8.7—10.24 7.4—8.2	0.65 0.7	1.8 0.7	1.40 1.65
山阴县新岱岳	9.8%	二级阶地下的洼地	0.07—0.48 0.09—0.25	表土累积 表土累积	0.06—1.50 0.12	表土累积 表土累积	8.3—10.2 7.7—9.7	0.55 0.69	0.1 0.75	1.3 1.65
山阴县刘家岭、合盛堡	7.9%	同上	0.34—0.48 0.27—2.06 0.5—2.14		0.14—0.51 0.3—1.9 0.27—2.63	表土累积	8.9—10.0 8.3—10.0 8.6—9.6	0.5—1.0	3.0	1.5—2.0
山阴县后所、帐头铺	12.2%	山前洼地	0.2—1.53 0.08—0.2	底土累积	0.6 —		8.3—9.4 8.5—9.5	0.2—0.5	—	1.5—2.0
朔县南磨石	7.4%	同上	0.2—0.8	表土累积	0.06—1.31		7.7—9.6	0.39	1.6	1.60
应县临水河	100%	同上	0.1—0.35		0.09—0.12		8.5—10.1	1.2	1.2	1.48

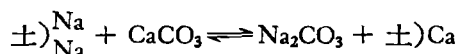
的变化。不过,我們在研究黃河流域几大河谷平原土壤时,发现这样一些事实: 尽管很多盐漬土中含有較高量的 HCO_3^- 化合物,而且也看出是鈉离子占优势,但土壤的盐漬特征,不論是土壤 pH 值、盐分累积情况及盐分危害作物的幅度,都和一般的盐漬情况(氯化物、硫酸盐盐漬类型)有相近似之处。在这种情况下,也沒有发现有明显数量的 CO_3^{2-} (苏打)形成累积。大同盆地也是如此,很多属重碳酸盐盐漬类型的土壤,和其他地区的重碳酸盐情况頗相类似。究其原因: 可能与黃河流域各平原盐漬土含有較高量的碳酸鈣 (CaCO_3) 有关。 CaCO_3 的含量可高达 10%—13%。在这种情况下,鈉离子虽已占优势,而且重碳酸根也很高,不过土壤 pH 值仍保持在 7.5—8.0 間,也不显苏打危害情况。因为高量的 CaCO_3 , 部分經游离后形成 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 与 NaHCO_3 成分在土壤中发生同离子反应,阻碍 NaHCO_3 轉化为 Na_2CO_3 的速度。



根据这样的理由,我們在討論苏打的形成与累积时,也考虑了重碳酸鈉在土壤中的累积与轉化,即 NaHCO_3 随时有轉变为 Na_2CO_3 的可能性。但沒有把二者加起来,以总碱度的方式来表示。假如这样作,会把少量的碳酸鈉成分与大量的重碳酸鈉成分混在一起后,看不出苏打变化的規律性了。因此,我們认为土壤中的 Na_2CO_3 与 NaHCO_3 二者有一定的联系,而仍有分別。在本文中所着重討論的苏打累积,主要以 Na_2CO_3 成分在土壤及地下水中的变化情况为主。

(二) 大同盆地苏打形成的原因

盐漬土中苏打的形成与累积,及其为害情况,早已引起研究者的重視。如 Na_2CO_3 可溶解土壤中的有机質;形成“黑碱土”、“馬尿碱土”,可使土粒分散,土壤性質变坏。更重要的是土壤中含有少量的 Na_2CO_3 , 即可严重为害作物生长。苏打成分在土壤中累积后,在野外鉴别起来,也較容易,以酚酞試之立現紅色。但是对土壤中的苏打形成的原因,长时期来都沒有十分滿意的結論。早期的土壤学家 (Mondesir 1888, Гедройц 1912, Kelley^[1] 1923, De'sigmond 1932) 都主张化学交換說:

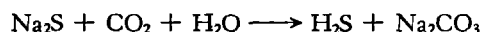
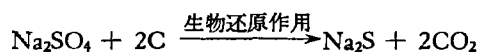


也有主张中性鈉盐与 CaCO_3 作用的 (Hilgard),



但以大同盆地盐漬土来看,似不能引用上述两种說法。事实上苏打先在地下水中累积,然后再在土壤中累积。土壤的发生序列也是先是苏打盐漬阶段,再达碱化阶段(代換鈉阶段)。因此,代換說并不符合实际情况。至于中性盐交換之說,更不明确。大同盆地有較大面积氯化物盐漬区,土壤中亦含高量 CaCO_3 , 而未見苏打形成。

至于談到著名的生物还原說^[1,4]



这种反应只有在多水的嫌气沼泽中,而且土壤中有机質含量也很高时,才可发生。但

大同盆地很多苏打累积区,并不具有这样条件。我们认为大同盆地苏打累积的原因,基本上仍属于地下水型为主的累积方式。苏打起源于地下水含有苏打,经蒸发累积后,使土壤中有苏打的累积。

上面已经谈到,大同盆地地下水中普遍含有苏打。从表 3 及图 8 可以看出苏打累积于较淡质的地下水中。从地下水矿化度与离子含量曲线关系来看,3—5 克/升的地下水中,苏打含量最高。重碳酸盐类也与苏打成相关曲线,同时均达高峰。在 5 克/升以后,两种盐类均急剧下降,而保持较不变的常数值。

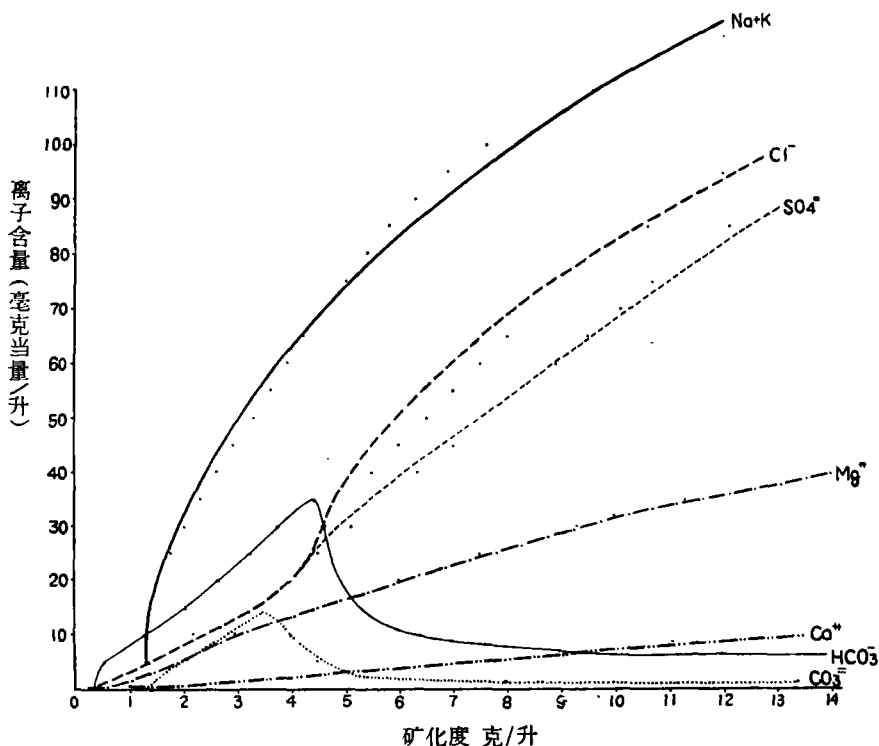
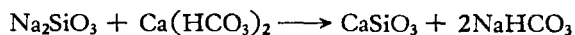
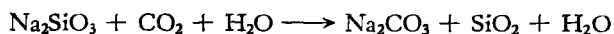


图 8 大同盆地地下水矿化度与离子含量关系曲线

产生这种情况的原因,可以首先引用柯夫达的苏打的淡水形成说作解释,他根据大量地下水的分析结果,绘制离子关系曲线,发现淡水中有硅酸钠的累积。而当浓度增高后,硅酸急剧减少而苏打累积。



矿化度最小属硅酸盐水,且具弱碱性反应。大同盆地也符合这种情况,从离子关系曲线及土壤与地下水的关系来看,很多含苏打的地下水,集中在 1 克/升以下淡水中测点很密集。

但具体到大同盆地苏打出现的情况,也有不能全用淡水形成说概括之处。大同盆地土壤及地下水中苏打成分如此广泛的出现,不仅限于淡水中而已。淡水中如此,较高矿化的水中亦可见到。地下水中普遍含有苏打,土壤中苏打累积地区也很广阔。我们初步认

为:既存有与淡水說相符之处,也有相异之处。得找出更符合的原因来加以說明。

从野外工作开始即已注意到围绕大同盆地四周有較大面积火成岩及变质岩的存在,如片麻岩、玄武岩、橄欖岩等,含盐基成分均較高,根据我們采集片麻岩的分析結果,列如表 4。

表 4 山西大同盆地片麻岩的全量分析結果(%)

吸湿水	烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
0.12	1.20	71.90	12.90	1.99	0.12	0.076	0.12	0.068	0.1	0.65	3.39	7.06

保学明 分析

从表 4 分析結果可以明显看出, Na₂O+K₂O 高达 10.45%; 仅 Na₂O 一項已达 7.06%, 这样高鈉質含量的矿物可能属鈉长石类(albite)。在风化与溶蝕过程中,大量的 Na 質成分以 NaAlSi₃O₈ 存在均风化为 Na₂SiO₃ 方式移动。这时在淡質的地下水中,含有較通常情况下为高量的 Na₂SiO₃, 即地下水中一开始即含有高量的硅酸鈉。在地下水徐緩流动及矿

表 5 地下水矿化度与苏打含量的关系

地下水矿化度(克/升)	苏打含量(毫克当量/升)
0.66	0.5
0.73	1.1
0.39	1.6
0.65	1.8
1.50	3.3
1.70	4.2
2.60	7.3
3.90	8.2

化度逐漸增高的过程中, 特別通过含有丰富碳酸鈣的黄土土层时, 更有很大的可能形成較高量的苏打。因此在地下水初期运行与濃縮过程中, 如在 3—5 克/升的地下水中, 苏打含量即以直綫上升, 累积甚多。这种情况, 可以看作是地下水在由淡趋浓的过程中, 苏打含量亦相应累积。

从表 5 中数字可以看出, 小于 1 克/升矿化度的地下水中, 有較高量的苏打含量出現, 如 1.6, 1.8 毫克当量/升, 这和附近

火山岩高硅酸鈉直接供应有关。这些基岩中的硅酸鈉盐直接流入多孔性、富含碳酸盐的土层时, 迅速轉化形成 Na₂CO₃。

大同盆地土壤, 地下水中高苏打含量形成的另一原因, 可能与其下灰白色粘土层有联系。当比較土壤盐漬图与成土母質图时, 发现只要苏打累积地区, 其附近均可見此种灰白色粘土层埋藏。因此, 可以設想此种色泽灰白, 又很坚韧的粘土是早期的地質形成物。上述大同盆地含鈉量較高的基岩, 作为形成苏打的条件的話, 絕不是近代开始的, 而在較早期即已有形成, 而累积于此种粘質湖相形成的地层中, 并經承压水作用, 将其底土层中早期形成的苏打向表土层移动。据了解内蒙古后套的苏打形成, 亦有类似情况, 即与底层含盐沉积层有着直接关联。

我們认为这两个原因, 可以看作是大同盆地土壤及地下水中苏打形成与累积的直接原因。

从图 8 地下水矿化度与离子含量关系曲綫, 可以明显看出当矿化度大于 5 克/升后, 地下水中 HCO₃⁻ 与 CO₃⁻ 均急剧下降, 而保持一定常数值。从大量不同矿化度地下水含苏打的情况, 可以归納如表 6 的变化序列。

从统计资料可以看出：1 克/升以下，各不同地区的地下水中含量比较一致，而且测点很多。在 2 克/升以上，逐渐发现有些地下水中苏打含量略有增高，而所增加的幅度并不很大。但有些地下水苏打含量上升却很明显，地下水矿化度达 3—5 克/升时，苏打累积最高。值得说明的情况是：当地下水浓度达于 5 克/升以上时，苏打含量又急剧下降。这种差异情况的发生，与苏打的转化有直接关系。我们认为大同盆地的苏打形成，有两种情况：一为纯属淡水中所含有的硅酸钠，在地下水浓缩的过程转化为苏打，即完全符合于柯夫达的淡水形成类型。这样的结果，不显苏打浓缩的情况，其含量比较稳定。另一种是直接受到基岩或沉积物中所含的硅酸钠影响，能比较大量地转化为苏打成分，地下水初步浓缩过程中，得到相应的累积，苏打浓度较大。

表 6 不同矿化度时地下水中苏打含量的变化

地下水矿化度 (克/升)	CO ₃ ²⁻ (毫克当量/升)变化范围	
	1	2
0.1—0.5	0.1—1	0.1—1
0.5—1	0.1—2	0.1—2
1—2	0.1—5	0.5—1.5
2—3	3.5—10	0.5—2.5
3—5	4—14	0.1—2.5
5—18	—	0.1—4

这两种苏打含量的差异，正说明其成因的差异。但这种浓缩与累积，不能无限地浓缩下去。一旦地下水矿化度增高到一定程度后，首先地下水离子关系发生演化。由图 8 的离子关系曲线可以看出，当矿化度高达 5 克/升时，可以明显地看出 CO₃²⁻ 与 HCO₃⁻ 均先后急剧下降，而在以后的浓度中保持常数。与此同时也看出 Cl⁻ 超过 SO₄²⁻ 急剧上升。我们认为这种现象是相互关联的。当 Cl⁻ 的含量较 SO₄²⁻ 的含量相对增高后，原来与 SO₄²⁻ 结合的难溶性钙盐、镁盐，转化为氯的钙镁盐类，增高了这些化合物的溶解度。导致地下水中 HCO₃⁻ 与 CO₃²⁻ 离子与 Ca、Mg 结合而自溶液中淀积，使 Na₂CO₃ 与 NaHCO₃ 由溶液中析出。这种沉淀过程是 CO₃²⁻ 与 HCO₃⁻ 急剧下降的主因。

另一个原因也有发生的可能，即当地下水浓度较淡时，土壤积盐情况较轻。一旦地下水浓度加大后，随毛细管上升的盐类累积于地表的也较多。Na₂CO₃ 等成分积累地表后，在雨季时盐分受到淋洗而发生季节性脱盐。在脱盐时各不同盐分组分被淋洗渗入地下水中的数量不会一致，其中以氯化物淋入最快最多，硫酸盐次之，而以碳酸钠成分亲水性较强，与土粒结合较紧，下渗最少。这样长时期碳酸钠成分上升多，而下渗少的结果，地表苏打量增高，即固态量增高；在高矿化度水中碳酸钠相应减少。

在这样沉淀与迁移相结合的情况下，打破了原来的浓缩过程，而在高浓度的地下水发现苏打与小苏打成分的减少，并保持一定的常数值，说明这种变化过程尚保持一定的化学平衡关系。

综合上面所述的情况，大同盆地盐渍土中苏打成分的累积，仍属地下水型的累积方式。苏打起源于四周火山岩中普遍含有硅酸钠盐。在淡水的条件下转化为苏打成分。这种苏打的形成，亦可能与早期第三纪末期浅湖相沉积物有关联，致使地下水中普遍含有苏打。在干草原气候条件下运转过程中，使土壤中大量出现苏打成分。苏打盐化面积达 565,000 亩，占大同盆地盐渍土面积 3,810,000 亩的 15% 弱。

(三) 大同盆地的苏打盐渍类型

苏打盐土及苏打盐化土：苏打盐土的地表常有一层马尿色盐结皮，并有白色盐霜，加

酚酞显深紅色,絕大部分是荒地,生长矮小紅色盐吸 (*sueada ussinsis*)。

苏打盐土中通常在表层有強烈的盐分累积,且有大量苏打,在底土中則很少含有苏打成分。但剖面中往往于不同深度(50—100 厘米)出現灰白色紧实粘土层,厚度約 10—40 厘米,属第三紀末、第四紀初湖积物。此种情况多分布于阶地以下,向河谷平原的过渡地带,苏打盐土的盐分組成仍以重碳酸盐为主;而在河谷平原強烈聚盐地带,则为硫酸盐或氯化物硫酸盐苏打草甸盐土。

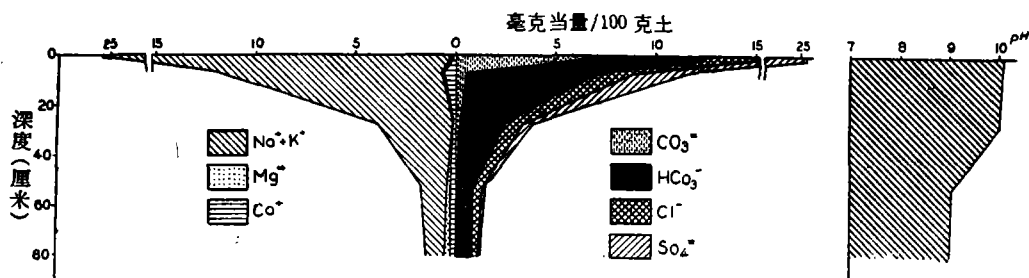


图 9 苏打草甸盐土 (⊗ Al 13)

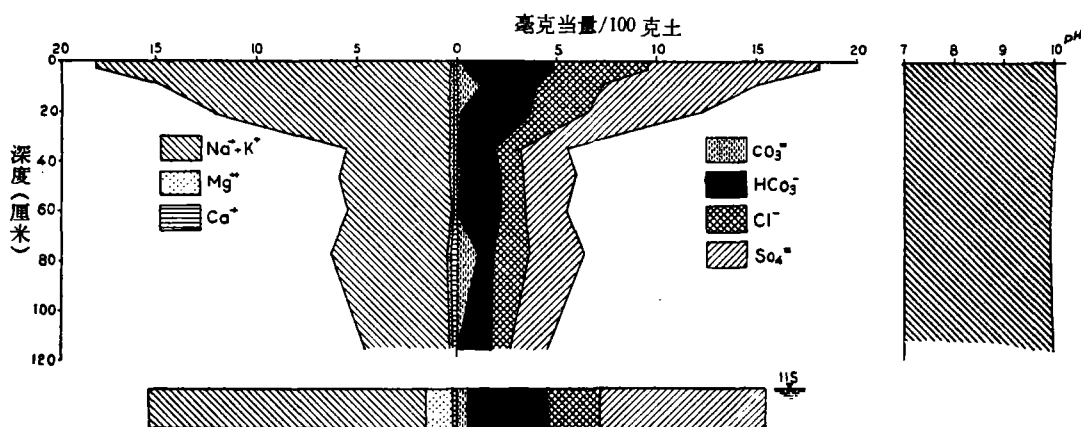


图 10 氯化物硫酸盐苏打草甸盐土 (⊗ Am 34)

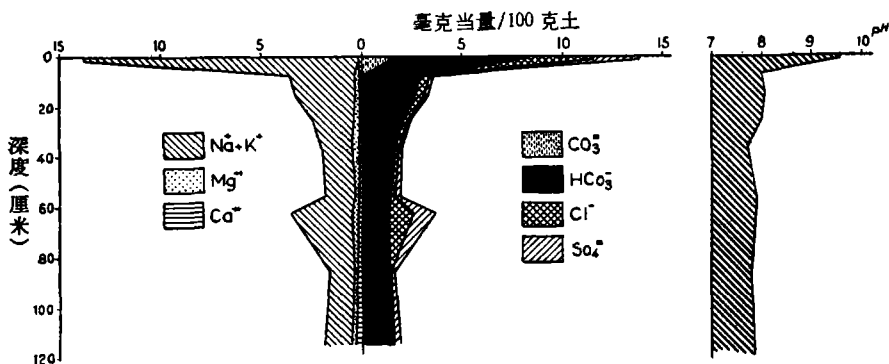


图 11 強度盐化苏打草甸潜育湿土 (⊙ Ak 34)

苏打盐化干草原草甸土与苏打盐土的区别,主要在剖面中盐分累积较少;而且只在极表层出现苏打,苏打含量也比苏打盐土为低,目前大部分仍可耕种,但作物生长已明显地受到强烈抑制,产量很低。苏打盐化干草原草甸土多分布于阶地向河谷平原的过渡地带,可溶盐也以重碳酸盐为主。

在朔县南部盐化草甸潜育湿土中也有苏打出现,但只在最表层见有苏打,而且 pH 亦较高(表 7)。

表 7 苏打盐化干草原草甸土

深度 (厘米)	pH	烘干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100克土)				阳离子(毫克当量/100克土)		
			CO_3^{--}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{K}^{++} + \text{Na}^{+}$
0—2	10.20	0.48	1.50	3.74	0.64	0.59	0.12	0.38	5.97
2—4	9.95	0.19	0.06	2.38	0.34	0.11	0.12	0.56	2.21
4—12	9.55	0.08	0.00	1.41	0.25	0.15	0.18	0.57	1.06
12—50	8.30	0.07	—	—	—	—	—	—	—
地下水(130)	8.50	0.06	0.01	0.62	0.06	0.43	—	—	—

1956 年 7 月吕春园采自山阴县阳庄 S 22°E 500 米

三、大同盆地的土壤碱化及其类型

大同盆地的土壤碱化情况,田间不易立即察出。因土壤大部均耕种已久。碱化地段所发生的缺苗、断垄现象,野外观察时和盐分危害并没有多大差别。至于其他碱化特征尚不够明显,既没有明显的柱状结构;也没有明显的粘糊状及气孔,致使野外工作期间,均列入“强盐化”或“盐土”类型。等到分析结果出来后,发现这种严重为害作物生长的“盐化”特征,含盐量并不高。如剖面 Ag 50 (图 13) 表层含盐量仅 0.14%,其他类似情况很多,含盐量均在 0.1—0.2% 间。这样的含盐量不足以为害作物生长到缺苗、断垄,甚至成片荒废。

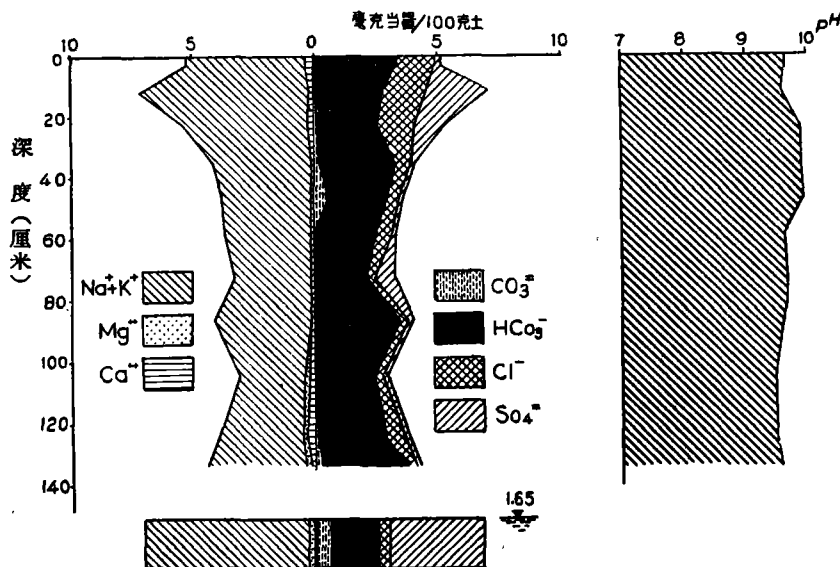


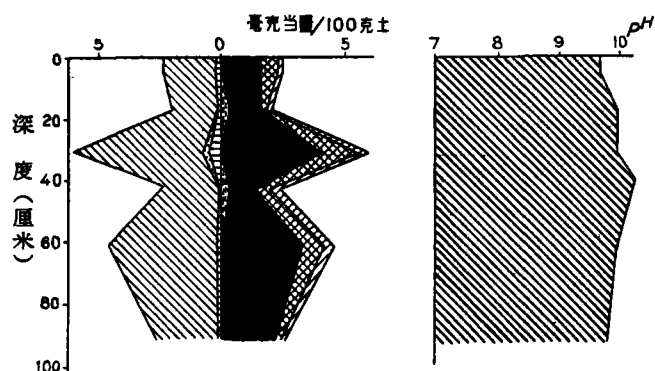
图 12 碱化土 (⊗ Ai 19)

碱化土多分布于桑干河以北及桑干河阶地上的低洼地区。有作碱化斑块夹杂于淡栗钙土中组成复域。有些碱化斑块已扩大到相联成片,作较大面积存在。由土壤图计算,此种碱化斑块及碱化土地段已达 244,000 亩,占总盐渍土面积的 6.4%。

此种土壤在剖面中含盐量均不很高,已有明显的脱盐趋势。pH 值均在 9 以上。土壤质地均较砂质,以砂壤土及轻壤土为主。呈高度分散状态,地表坚实板结,透水性很差。此

种土壤只有表层 10 厘米左右有明显的脱盐现象(图 13)。心土较紧实,其盐分组成以重碳酸钠为主,在心土或底土有少量苏打出现,从图 12 的分析结果可以看出苏打成分比较明显。

在桑干河以南的草甸土及淤灌地区,均仍可见碱化土斑块。在其剖面的一定深处,亦可发现苏打含量,如图 13 及表 8。



阴阳离子图例同前图

图 13 强度盐化干草原草甸土中的碱斑 (⊗ Ag 50)

表 8 淤灌盐化干草原草甸土中的碱斑

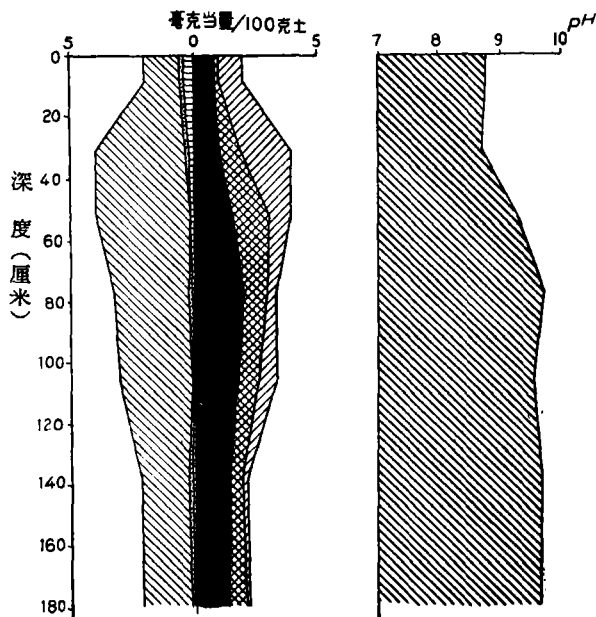
深度 (厘米)	CaCO ₃ (%)	pH	蒸干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100 克土)				阳离子(毫克当量/100 克土)		
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ +Na ⁺
0—10	7.36	9.22	0.073	—	—	—	—	—	—	—
10—18	9.60	9.45	0.13	0.00	1.73	0.37	0.13	0.24	0.10	1.89
18—25	9.21	9.40	0.17	0.00	1.46	0.61	0.41	0.16	0.02	2.30
25—30	10.11	9.35	0.29	0.00	1.46	0.92	1.79	0.25	0.11	3.81
30—50	8.22	9.15	0.20	0.00	1.72	1.13	0.70	0.16	0.06	3.33
50—62	8.05	8.68	0.19	0.00	1.23	1.33	0.70	0.20	0.27	2.79
62—70	8.22	8.66	0.081	0.00	0.90	0.52	0.11	0.43	0.43	0.67
地下水(150)	—	8.40	0.11	0.11	0.60	0.45	0.70	0.12	0.76	0.98

1956 年 7 月楊冠有采自应县大穗稔 Am 39

大同盆地羣众长期以来均采取淤灌改良盐碱土,如桑干河北岸曹四庄、韓家坊一带。关于淤灌的利弊问题,我们还想论及。由于淤灌结果,使表层土壤经常发生淤积;将原来的碱土化表层埋藏在一定深度以下,如图 14 及表 9 所列可以明显看出:(1)表层土壤 pH 值较底层显著降低;(2)心土及底土层中仍具有碱化特征。

这种剖面结构从某种意义上来看属于脱碱化类型。而这种特殊的脱碱化是新成土物质的复盖所致。因此,可称为淤灌脱碱化类型。

最后还有一种盐渍土值得一提,其土壤盐分含量较高,接近盐土特征。而其性状又颇似碱化土壤特征。表现在 pH 值很高,接近 10,在其离子组成中,镁离子含量特别高,如表 10 所列,镁离子含量在 10.64 毫克当量/100 克土。这种盐渍类型,镁离子在阳离子组成中



阴阳离子图例同前图

图 14 淤灌脱盐化干草原草甸土 (⊗ Ai 15)

表 9 淤灌脱碱化土壤

深度 (厘米)	pH	CaCO ₃ (%)	蒸干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100 克土)				阳离子(毫克当量/100 克土)		
				CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺
山阴县元营村 S 55°E 南万家庄 N 70°W (Ac 70)										
0—5	8.45		0.05	—	—	—	—	—	—	—
5—10	8.42		0.06	—	—	—	—	—	—	—
10—20	8.35		0.07	—	—	—	—	—	—	—
20—30	8.20		0.08	0.00	1.19	0.22	0.07	0.69	0.21	1.39
30—40	9.01		0.08	0.00	1.43	0.26	0.12	0.18	0.10	1.53
40—55	9.60		0.16	0.00	2.31	0.23	0.47	0.18	0.09	2.74
55—70	9.80		0.21	0.00	2.77	0.23	0.12	0.17	0.00	2.95
70—93	9.80		0.15	0.15	2.29	0.16	0.11	0.11	0.10	2.50
93—115	9.81		0.24	0.03	1.39	0.14	0.08	0.16	0.08	1.40

1956年7月张绍娟采集

应县小清水河村 S 60°E 肖寨 S 65°W (Ai 26)

0—3	9.26	5.06	0.13	0.00	1.82	0.51	0.12	0.12	0.14	2.19
3—13	9.26	5.96	0.07	—	—	—	—	—	—	—
13—24	9.18	—	0.10	0.00	1.44	0.60	0.11	0.19	0.19	1.77
24—34	9.36	6.68	0.17	0.00	2.12	0.15	0.16	0.20	0.25	1.98
34—55	9.75	5.89	0.25	0.00	3.76	0.83	0.50	0.45	0.15	4.49
55—71	9.90	6.68	0.33	0.18	3.34	0.68	0.14	0.12	0.07	4.15
71—105	9.82	6.95	0.16	0.27	0.69	0.51	1.02	0.15	0.00	2.34

1956年7月张秉刚采集

表 10

深度 (厘米)	pH	蒸干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100克土)				阳离子(毫克当量/100克土)		
			CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
0—2	9.41	1.53	0.60	1.81	4.65	15.44	0.16	10.64	11.7
2—8	9.30	0.33	0.00	0.80	1.73	3.24	0.42	2.40	1.95
8—17	8.25	0.17	0.00	0.69	0.84	1.33	0.51	1.21	1.14

1956年7月范如华采自山阴县安元庄 N 11°W 1,300米

已占重要位置,可能属于镁碱化类型。关于镁的危害问题,其他地区亦同样有这种怀疑,但尚缺少必要的证明。

四、大同盆地盐渍土的演化序列

从上面的讨论,大同盆地盐碱土类型计有:

- (1) 以氯化物硫酸盐或硫酸盐氯化物为主的盐渍类型;
- (2) 以重碳酸盐为主的盐渍类型;
- (3) 有明显苏打累积的盐渍类型;
- (4) 有碱土化的盐渍类型。

这几种盐渍土的相互转化,既是土壤发生问题,也直接联系土壤改良方向及措施。这是土壤形成理论与土壤改良密切结合的问题。

前面已经谈过,原属非盐渍类型,一旦地下水流动滞缓,水位增高,蒸发浓缩,矿化度增高后即可出现不同程度的盐化土壤。这一点和其他地区并没有多大的差别。所不同者,是地下水中普遍含有苏打成分。在地下水移动浓缩的过程中,在一定浓度以下(5克/升),地下水中苏打成分也相应浓缩累积。因此,在大同盆地中,氯化物硫酸盐及硫酸盐氯化物盐渍类型,多见于下湿地区的四周,及平原中地下水对成土过程活跃的阶段。大同盆地平原范围较狭小,尚未发现这几种溶性盐类分异明显的情况。虽然,在个别地段也出现硫酸盐为主的盐分累积情况(图7);但尚难断定这两种盐类有多大分异。以混合盐类为主的盐分累积情况,可看作是盐渍土发展的初期阶段,可称为混合盐类盐渍阶段。

在盐分累积过程中逐渐可出现以重碳酸钠为主的盐渍类型(图5)。即混合盐类盐渍类型中,见到有明显数量的重碳酸盐累积。这种重碳酸盐类,从平衡阴阳离子关系,我们初步认为属于两种情况:即以 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 与 NaHCO_3 两种化合物形式共同存在。这时在土壤中亦可发现少量苏打的累积。

土壤中有明显数量累积的苏打盐渍土,其中 CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 均已显著增高,但土壤全盐含量仍很高(图9),可高达1.59%;仍以混合盐类为主。但从离子关系来分析,其中 Cl^- 与 SO_4^{2-} 均已相对减少;而 CO_3^{2-} 与 HCO_3^- 相应增高。其盐类组成虽仍属混合盐类,而其中苏打与重碳酸组分已有增加,从这种演化趋势,可以看出是盐类组分的逐渐分异。关于这种情况发生的原因,我们仍愿以 CO_3^{2-} (苏打) 亲水性较强来解释:苏打成分一旦在土壤中累积后,其季节性下淋速度(回到地下水中的数量)远较 Cl^- 与 SO_4^{2-} 为缓慢,这样上升积累趋势明显,是土壤表层淋溶缓慢的结果,使苏打成分逐渐在表土中累积起来。在某种意义

上也是一种盐分分异方式,这样就进入盐分累积的第二阶段,可称为苏打累积阶段。

从分析土壤图与盐分组成结果也可看出第一与第二盐渍阶段有很多过渡情况,比如略较高起地段的苏打累积区,地下水中并不含有高量苏打。在略低洼处,地下水中含有较高苏打,而土壤仍作混合盐渍,含有少量苏打,更可证明其演化的逐渐过渡。即低洼地区属盐分累积初期阶段;而略高地段属苏打盐渍阶段。

苏打盐化及苏打盐土形成后,一旦条件改变,比如盆地北部的淡栗钙土区,地盘高起,河流下切较深(4—5米),地下水位显著下降。盐分下渗率大大增加,土壤脱盐情况明显。如剖面 Ai 19(图 12)即此例证,土体中盐分储量已因脱盐而迅速下降;但正因上面所述苏打成分的亲水特性,其脱去的速率远较其他离子更为缓慢,致使 Na_2CO_3 成分转化;碳酸盐分解后,钠离子进入土壤代换复合体中,发生碱化特征,而进入第三阶段,由苏打盐化转为碱化阶段。

从很多分析结果都可看出,这些碱化土壤中在土层的一定深度里,仍含有一定数量的苏打成分,我们认为就是变化的迹象,即一部分表层苏打转化进入代换性复合体中,一部分仍残存于一定深度的土层中。另外,在一些盐分累积地段,同样可以看到盐化草甸土中,一旦土壤脱盐后,在苏打成分转化的过程中,见到向碱化土发展的例子。

从这些现象推断,目前大同盆地存在着两种盐渍类型:一种为草甸潜育湿土转化而来的盐渍土,即单纯地下水位增高,而导致土壤盐化,或因淤灌及发展灌区导致地下水涌阻而形成的次生盐化类型。一般说来,土壤中不含明显苏打成分,有必要采取排水措施,降低地下水位,但仍须重视含苏打质的地下水在排盐过程中的演化情况。

另一种情况是土壤及地下水中有明显苏打累积的苏打盐土及苏打盐化土壤,就值得提高警惕,在没有其他有效措施前,单纯采取排水措施,很有可能由于土壤脱盐而导致土壤碱化。这是考虑大同盆地盐渍土改良措施时,不能不注意的问题。

正因为有这种可能性的存在,使我们对拟定大同盆地改良措施,不能不作慎重的考虑。如只强调排水而忽视与其他措施相结合,非但不能达到盐渍土改良的目的,甚至可将部分土壤性质更行变劣,增加了改良上的困难。这是在分析研究大同盆地土壤发生特征后,拟提出的问题。至于已有明显碱化象征的土壤,更非单纯排水可能奏效。

五、大同盆地盐渍土改良的途径

大同盆地是晋北的主要农业地区,大同地区农业生产的增进,对晋北社会主义建设将发生很大的影响。而大同盆地中盐渍土面积十分广阔,占平原总面积的 56%(表 11)。从这个计算数字已可看出大同盆地盐渍土改良任务的巨大。

大同盆地的平原及山丘土壤,就农业生产来说,最突出的是干旱;但解决干旱问题的同时,就遇到土壤盐化或加重土壤盐化的情况。山区植物早就遭到破坏,被复度甚低,一旦进入雨季,

大量泥沙随水下移,流入平原中,淤塞河道,改变局部地势,形成很多下湿地,抬高了附近地区的地下水位。盐化土壤面积逐渐有所发展。河道淤塞、下湿地的发展以及不合理

表 11 大同盆地平原部分土壤资源统计

非盐化平原土壤面积	41.4%
盐渍土面积	56.4%
沙丘面积	2.2%
合 計	100%

灌溉,使盆地中盐渍土面积达如此高的数字。当然这里也牵涉到山区问题。本文拟只谈平原中盐渍土的改良方向与措施。

我们认为大同盆地盐渍土的根本改良,有待因地制宜地拟定一套完整的规划,在统一规划下,有计划有步骤地分期完成。至于一些尚未肯定的改良措施,应及早进行试验,逐步推广。在目前情况下,应采取治标与治本相结合的方针:先总结群众行之有效的措施,立即采用,而把这些治标措施,更有机地与治本措施结合起来。即在群众经验与现已行之有效的措施的基础上,逐年发展到根本措施的实施。本文由于篇幅所限,只作重点讨论。

(一) 以淤灌为主的群众改良盐土经验

淤灌是晋北群众喜用的土壤改良措施,此法沿用已久,即将山洪引入农田,淤灌改良土壤;尤其喜欢深淤、饱淤。群众认为泥沙量愈大愈好;淤得愈厚愈好。根据应县北马庄的访问结果,从1914年起,已淤积厚达60—100厘米,这样免去了盐化危害,保证全苗。但在一般情况下,淤灌后有效期甚短,通常只有当年有效,至多二年,第三年即因严重返盐不能种植。只有年年淤灌才可奏效。

淤灌后的土壤,可将原来重盐化及碱化土壤表层淤淀一层新沉积物后,从事耕种。从上述资料也可看出:碱化层埋藏后,形成特殊类型的脱碱化土壤。

因此,淤灌起着压盐、改良土质、扩大耕地面积、满足作物需水量、防止洪水成灾等效果;但淤灌只能看作是治标措施,不能看作是根本改良的措施(表12)。淤灌有以下几个后果值得重视。

表12 淤灌盐碱化干草原草甸土

深度 (厘米)	pH	CaCO ₃ (%)	蒸干残渣 (%)	阴离子(毫克当量/100克土)				阳离子(毫克当量/100克土)		
				CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ +K ⁺
0—15	8.40	9.51	0.45	0.00	0.72	0.71	4.83	2.08	0.68	3.50
15—31	8.35	9.64	0.44	0.00	0.83	1.13	5.14	1.01	0.48	5.61
31—37	9.00	9.68	0.50	0.00	1.79	2.48	3.08	0.85	0.09	6.41
37—40	9.37	9.55	0.42	0.00	1.28	1.83	2.71	0.29	0.19	5.34
40—56	9.76	8.11	0.31	0.00	1.08	1.55	2.18	0.65	0.13	4.03
56—74	9.20	8.99	0.33	0.00	1.41	1.26	2.22	0.22	0.12	4.55
74—95	9.62	—	0.28	0.00	1.64	0.99	1.55	0.25	0.13	3.80
95—101	9.89	6.57	0.16	0.00	1.61	0.65	0.86	0.17	0.12	2.83
101—116	9.80	7.98	0.20	0.00	0.85	0.47	0.95	0.19	0.08	2.00
116—129	9.75	5.51	0.19	0.00	1.58	0.60	0.60	0.22	0.10	2.46
129—159	9.80	7.74	0.17	0.00	2.37	0.38	0.16	0.11	0.08	2.72
地下水(164)	8.0	—	0.30	0.42	1.70	1.05	1.47	0.12	0.57	3.95

1956年7月伍振武、刘作钦采自应县西柳罐 S 65°E 1,700米(Am 33)

用水量过大,抬高了地下水位,下渗及侧渗结果,使附近地区遭到盐化。淤灌后局部地面抬高,相应地使邻近地区盐化加重。因此在淤灌压盐的同时,实际上是赶盐。即将盐分赶向四周略较低洼的地区。而且淤灌对渠道建筑物不利,泥沙淤淀,影响渠道建筑物。

总之,淤灌在一定的时期、一定地形下,仍可采用。如可在山麓坡地区,局部排水条件较好,地下水较深,其淤灌效果比较良好。其次,土壤质地砂质,内排水良好的地区亦仍

可采用。

在群众改良盐渍土的经验中,除淤灌外,耕作保墒,采取多耕多耙,雨后灌水后多耕多锄,也是防止盐分聚积的有效措施。此外,尚有垫砂、垫客土、刮盐皮等法,也起到一定的保苗效果。

(二) 大同盆地的排水改良盐渍土问题

排除高矿化地下水是改良盐渍土的根本有效措施。从大同盆地来看,高矿化地下水地段与土壤重盐渍地段相吻合。有些盐分累积是有必要采取排水措施。

关于临界深度问题,从图 15 矿化度与埋藏深度的关系曲线来看,初步看出临界深度在 3 米左右。

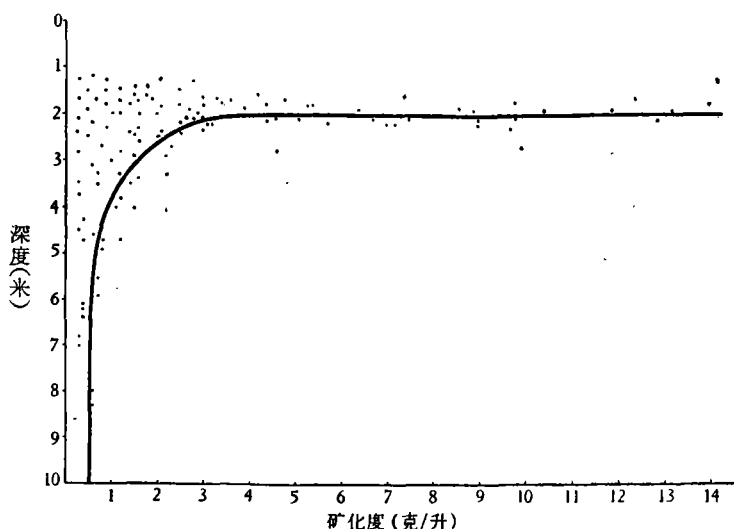


图 15 大同盆地地下水埋藏深度与矿化度关系曲线

但从本区盐渍土的演化情况来看,大同盆地不宜普遍排水。有些地区,一旦采用全面排水生效后,在土壤脱盐明显时期,很有可能使一部分土壤由脱盐而发生碱化,更加降低了土壤肥力,增加了土壤改良的困难。因此大同盆地的土壤改良问题,不应全面设施排水沟网,而是因地制宜分区治理:

1. 应排水的地段

(1) 沿山坡麓,地下水露出带,即潜育湿土地段,应垂直坡向挖筑截水排水沟,再顺坡向挖排水沟,作丁字形排列,可以将沿山坡而下的洪水、侧渗水,沿截水沟导入平原中下游地段。这种水分均为淡水,仍可用为灌溉。并可使注入洼地中的水量减少,有利于潜育湿土的改良利用。

(2) 下湿地及下湿地边缘的盐渍地区,应普设排水沟。下湿地所分布的土壤多为潜育湿土及不同盐化的土壤。由于地下水位较高,均有不同程度的返盐情况,而且下湿地尚影响附近地区遭到盐化。这些地区应该选最低洼地段普遍开挖排水沟道。在设计排水沟道时,尚可考虑应用以前的废旧渠道,加深或疏浚,可以少占农地而起排水降低地下水位的作用。

2. 暫不宜排水的地段

(1) 御河阶地区,河道下切已較深,起一定的排水作用,只有在阶地上局部洼地有积水現象,应另行設法排除积水。

(2) 苏打盐化土壤地段,目前地下水位虽較高,但在未經詳細試点前,暫時不宜設計排水系統。即使采用排水系統,也必需与其他措施結合起来。

(三) 苏打盐漬土及碱化土的改良方向

苏打盐漬土及碱化土的改良,羣众所采用的淤灌法,对利用此种土壤起了一定积极作用;但尚未达到根本改良。初步考虑到这些土壤可以采用以下几种措施。

1. 生物排水——沿渠道、河道一带广植树木,特别是較低洼一些的阶地上及沿坡麓一带,可以有规划地广植树木,加大叶面蒸发,减少田間滲漏,降低地下水位。此种方法在一般盐化及下湿地段,都可采用,而且在苏打盐漬及碱化地段也可試用。此种措施据調查在抗战以前,羣众曾广泛应用,也很有效,只因被敌人砍伐,破坏較大,应即有计划的回复发展。

2. 种植苜蓿等深根作物——有一些盐化輕微的地段,可以多采取种植苜蓿,减少地面盐分累积,可逐步采用苜蓿—作物輪栽的措施。

3. 有计划的淤灌及合理灌溉——淤灌及大水漫灌的压盐法,有一定成效,也存在一些問題。应该經過試驗及规划,有计划的进行灌溉及淤灌,作到既不提高地下水位,又可滿足作物所需的水量。尚可有一定程度的脱盐。

4. 綜合农业耕作措施——其中包括耐盐碱強的作物品种选育,作物耐盐碱性质的培育,当地已习用的耐盐作物,如莠麦、胡麻、稗子、向日葵等,以及适时耕作、施肥等,应結合其他措施一并采用。

5. 化学改良的試用——苏打盐漬土,特别是碱化地段,化学改良仍可积极推行。初步认为有以下几种途径:

黑矾的应用应引起重視——大同盆地羣众有施用黑矾改良此种土壤的良好經驗。用量很少,每亩只施数斤,而改良效果明显。黑矾改良碱土的效果,初步认为起結構剂的作用,有促进有机成分与土粒結合的效果。原因虽尚不够了解,但效果明显,值得重視。

土壤中鈣离子利用的促进——大同盆地中富含鈣离子,碳酸鈣含量亦丰富,如何設法利用土壤中鈣离子,促进鈣离子形成鈣吸收性复合体,是今后可采取的途径,如上述黑矾可能有此項效果。此外,苜蓿种植也有类似效果。尚可进一步試驗其他措施,促进鈣离子活跃的各项措施。

石膏的施用——在經濟条件允許的情况下,仍可施用石膏。惟因施用量过大,非目前情况下可以广泛采用。

参 考 文 献

- [1] W. P. Kelley: Alkali soils, thier formation, Properties and Reclamation. pp. 67, 1951.
- [2] De'sigmond: The Principal of soil science. 1932.
- [3] Hilgard: soils.
- [4] И. Н. Антипов-каратаев: Мелиорация солонцов в СССР. 1953.
- [5] В. А. Ковда: Очерки природы и почв Китая. 1960.

- [6] B. A. Ковда (席承藩等译): 盐渍土的发生及演变(上册)。1957, 科学出版社。
- [7] 北京师范大学地理系土壤科研小组: 大同东南郊千村碱滩附近盐渍土问题。北京师范大学学报, 1959 年 6 期。

FORMATION, SODA ACCUMULATION AND ALKALIZATION OF SALINE SOILS IN TATUNG BASIN

C. F. HSI AND C. CHAO

(Soil Institute, Academia Sinica) (Institute of Irrigation, Shansi Province)

Tatung basin is situated in the Northern part of Shansi province. The genetic soil type is light chestnut earth formed under the dry steppe condition. The alkalized soils are scattered among the light chestnut earths on the higher river terraces, while on the depressed low terraces and in the flood plain large areas of saline soils are formed under the high water table and mineralized ground water conditions. In the joint position of these two terraces the soda-saline soils are distributed.

From the analytical data of ground water, soils and rocks, the soda is originated from the transformation of sodium silicates in weakly mineralized ground water as proposed by Professor Kovda. Moreover the analytical data also show that there are large quantities content of sodium compounds in the igneous rocks in the surrounding mountainous regions. This might be another origin furnishing large amount of soda to both ground water and soils.

Genetic process of soda-saline soils and alkali soils is proposed as follows. In the first stage salinization of soils is accompanied with the accumulation of mixed salts of chloride, sulfate and bicarbonate, later on, with the migration and accumulation of soda in the soil profiles, and then the soda-saline soils are formed. When the local drainage condition is improved, desalinization causes the dissociation of soda and the transformation of sodium ions in the colloidal complexes, the alkalized soils are formed. Hence, only the improvement of drainage condition will induce the accumulation of soda in the soils and with the formation of alkalized soils.

In this paper the traditional methods used by the regional farmers for the management of saline soils are mentioned, and the direction for the amelioration of these saline soils is also discussed.