

内蒙古黄、辽河灌区土壤盐分 积累的几个問題

吳杰民

(内蒙古水利电力厅設計院)

内蒙古黄河灌区(又称河套灌区,下同)和辽河(西辽河)灌区同为自治区的重要产粮基地。黄河灌区西接阿拉善荒漠,东、南、北三面受高山、台地围绕,地形闭塞,受季候风的影响很微弱,年降水量仅100—250毫米(阿拉善荒漠边缘尚不足百毫米),年蒸发量超过降水量8—15倍,为典型的荒漠草原型大陆性气候。辽河灌区略偏自治区的东南一隅,为东北平原松辽盆地的一部分,处大兴安岭南部的东麓,纬度略高,气候比较冷湿,地形不若黄河灌区闭塞,且于松辽分水岭南与辽东湾相接,受季风的影响较明显,年降水量300—500毫米,蒸发量为降水量的3—6倍,具有明显的草原生物气候特征。

据历史記載,黄河灌区发展灌溉始于秦、汉,但大规模的垦殖灌溉当在清代中叶以后,辽河灌区昔日为内蒙古著名的牧业基地(科尔沁草原的一部分)之一,垦殖、灌溉不过三、四十年,两灌区目前均受不同程度盐渍化的为害,尤以黄河灌区为严重,根据历年来的調查資料总结其各自的盐分积累规律,使今后的土壤改良利用有所依恃,但限于水平,某些迹象和結論定有謬誤之处,請大家指正。

一、灌溉对土壤次生盐渍化和影响問題

灌溉对土壤中固有的盐分起着人为的消长调节作用,合理的灌溉不仅满足作物需水要求,且能消除土壤表层多余的盐分,建立地下水淡化层,确保作物正常生长,防止或抑制次生盐渍化的发生和加剧。但是不合理的灌溉制度和管理却常常是招致土壤次生盐渍化的重要原因。据粗略估計,黄河灌区仪和、复兴等三大干渠作物生育期间的輸水损失达4亿立方米,折合为加入土壤及地下水中的总盐量约为12万吨,由于灌溉抬高地下水位而使地下水年蒸发量达到1,600—2,000立方米/公顷,其加入的总盐量相当于土壤表层增加可溶盐0.13—0.15%,而每年大量灌溉水的直接加入使黄河灌区表层土壤盐分平均增高0.06—0.07%,辽河灌区增高0.04%左右,土壤中每年积累的盐分虽然在降水和人为压盐的情况下有一定脱弃,但是在灌区无良好的排水条件下,土壤盐分总的均衡依然趋向于增加,此种現象不容忽視。因此,要根据土壤次生盐渍化必須从改善灌溉制度,加強灌溉管理和适当地建立排水系統着手。

二、土壤次生盐渍化的发展現状及規律問題

近年的調查資料表明,内蒙古黄、辽河灌区土壤次生盐渍化是十分严重的,灌溉年限比較短暫的黄河前套民生灌区、公山壕灌区,目前正经历着次生盐渍化的初级阶段——即沿干渠两侧强烈盐渍化,耕地内季节性盐斑地的形成,灌溉地段地下水位猛烈抬高,水质強烈矿化。两灌区发展灌溉只6—7年(公山壕灌区更短),但已发生盐渍化的面积占总耕地面积的61.6%,沿民生渠、民族团结渠以及公山壕的两侧更是一片白霜,发展灌溉的头1—2年内,次生盐渍化面积的扩展极为迅速,据中国科学院土壤及水土保持研究所内蒙古工作組1960年在公山壕灌区五个生产队的典型

調查，少量鹽斑鹽漬土面積發展灌溉後的第一年（1958年）較灌溉前（1957年）增長30—40%，個別地段猛增1—2倍，多量鹽斑鹽漬土（鹽斑地面積占耕地面積30—50%）面積增長15—25%；灌溉後的第二年（1959年）少量鹽斑鹽漬土面積較第一年又增長10—25%，多量鹽斑鹽漬土面積增長25—45%，兩年來次生鹽漬化面積擴展的平均速度達到25—35%，民生灌區7年來次生鹽漬化面積的擴展速度平均為5—7%。

新灌區灌溉地段地下水位亦因大水漫灌而猛烈抬高，據民族團結渠將軍窯子觀測站的資料，每年水位的抬高速度為30—35厘米，灌溉地段地下水矿化度為3—5—10克/升。

可以認為：黃河后套及三湖河灌區由於灌溉歷史的久遠，土壤次生鹽漬化已基本上過渡到更高的發展階段——即沿干渠兩側鹽土帶的淡化以及耕地內永久性鹽斑地和整片撩荒地鹽土的形成（圖1）。目前耕地內鹽斑鹽漬土面積已占總耕地面積的85%，其中有90%為中量鹽斑鹽漬土

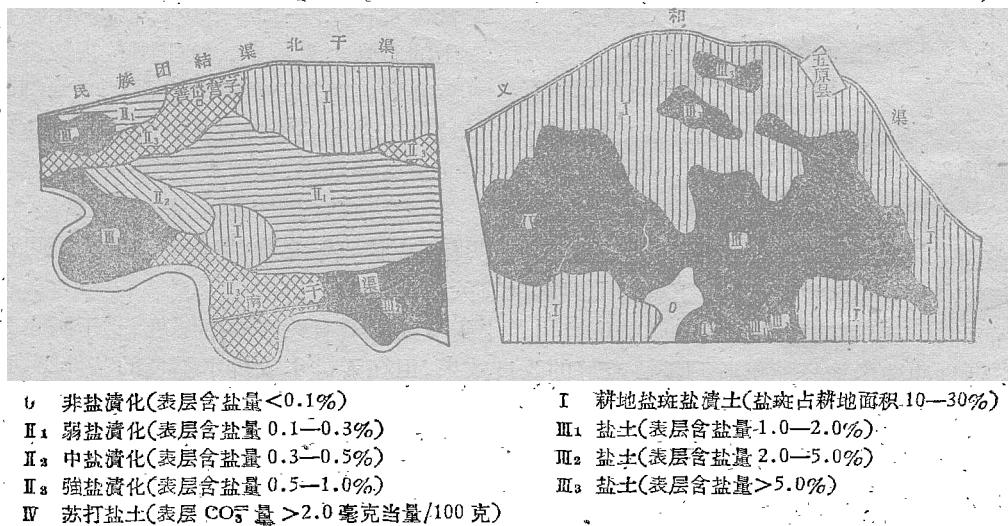


圖1 內蒙古黃河後套（右圖）及前套莎拉齊灌區（左圖）土壤次生鹽漬化發展現狀

（鹽斑地占總耕地面積10—30%），與耕地插花分布因長期撩荒而演成鹽土的總面積約占鹽土總面積的50—60%，特別在灌區的邊緣以及地形低平地區（如烏加河兩岸、烏梁素海邊緣等地），受灌溉地段長期排鹽的影響，加之地下水濃縮蒸發的結果，出現了大片的鹽荒地。此階段地下水位由於灌溉與蒸發排洩之間建立了一定的均衡關係，故水位抬高速度相對緩慢，據觀測及訪問資料，每年水位抬高約為15—20厘米，地下水矿化度均較低，平均為1—2克/升。

遼河灌區由於所處自然條件有利於土壤脫鹽，水文地質條件亦較良好，故土壤次生鹽漬化相對較輕，鹽斑鹽漬土約占總耕地面積30—40%，其中70—90%為少量鹽斑鹽漬土（鹽斑占總耕地面積低於10%），但可溶鹽中富含對作物毒害甚烈的蘇打（Na₂CO₃，下同）。

三、土壤可溶鹽化學組成的地理規律問題

不同生物氣候及水文地質條件下可溶鹽的化學分異規律不僅具有土壤鹽漬過程中的發生學意義，且由於鹽類的不同化學組成有其不同水利-農業改良特徵，因此在土壤改良學上亦有其重要意義。

處於荒漠草原氣候條件下的黃河灌區溶解度較高的氯鹽和硫酸鹽在可溶鹽化學組成中占優勢地位（圖2），前者常占陰離子總量的50—70%，後者約占30—40%。徑流汇集，排洩不暢的低洼地區，Cl⁻含量可占陰離子總量的80—90%，除氯化鈉外，尚有占總鹽量20—25%的氯化鎂，因

此这里集中分布着大面积整片的潮湿盐土，盐类具有极强的吸湿性能，例如黄河后套灌区乌加河右岸，乌梁素海边缘包括三湖河灌区的西部均是。在地形稍高的部位，硫酸盐在盐分组成中渐占优势，分布着氯化物-硫酸盐蓬松盐土，受周围灌溉地长期排盐影响的撩荒地则分布有硫酸盐-氯化物次生草甸盐土。所以黄河灌区土壤可溶盐化学组成在总的分选规律下，还同时受着因小地形及人为活动的差异的影响。

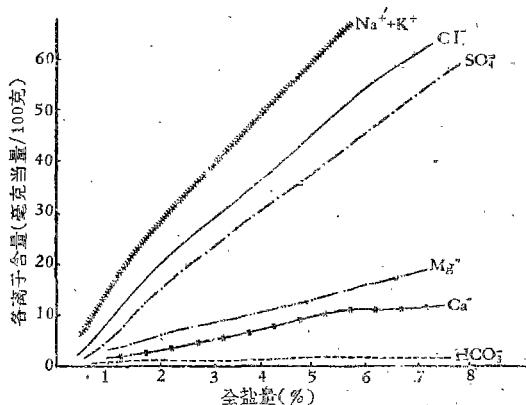


图2 内蒙古黄河灌区硫酸盐-氯化物盐土可溶盐离子积累曲线图

大量的积累是荒漠、半荒漠地区土壤盐渍特征的明显标志，显然与荒漠、半荒漠地区土壤可溶盐中富含易溶盐类（主要是氯盐）提高了石膏的溶解度有关。

黄河灌区土壤可溶盐的化学组成特征表明了由于盐类均具有较高的溶解度，易于随水分而移动，所以通过冲洗的途径能够收到较快较好的改良效果，但在无排水或排水不良的条件下，这种改良效果是暂时的，不能达到稳定的脱盐，至于土壤溶液中现有的由碳酸钙及石膏解离后所产生钙离子的数量，是否足以有效地阻止土壤在冲洗脱盐过程中的碱化现象，有待今后继续观察研究。

辽河灌区由于蒸发浓缩作用的相对减弱，使土壤及地下水的可溶盐化学组成中以重碳酸盐和碳酸盐类为主（图3），离子组成中的总碱度（ $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ ）约占阴离子总量的60—85%，具有极为明显的苏打盐渍化特征。由于碳酸钠的普遍存在，土壤胶体中代换性钠已占相当比例，部分化验资料说明，即使在含盐量很少的耕地中，土壤胶体中代换性钠已占盐基代换总量的10—15%，局部沼泽地区苏打盐土的代换性钠更占盐基代换总量的60—80%。在脱盐条件良好的地段，土壤已有明显的碱化特征，土壤的物理性质大为恶化，表层的渗透系数平均只有0.002—0.003米/昼夜。

因此，辽河灌区的土壤改良不仅需要水利改良措施，而且同时需要农业生物学改良措施，例如种稻洗盐，多施绿肥等有机肥料，甚至进行必要的化学处理等。由于土壤中石膏含量较少（低于0.5%），因此，在冲洗脱盐过程中阻止土壤碱化的作用也相对减弱。

四、土壤中苏打的积累途径问题

内蒙古黄河灌区苏打盐土的分布面积很少，约占总盐渍土面积的6—8%，集中分布在湖、沼

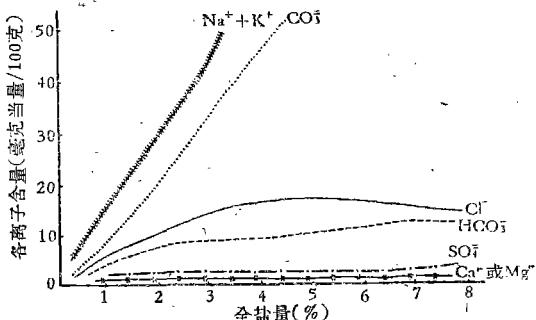


图3 内蒙古西辽河灌区苏打盐土可溶盐离子积累曲线图

边缘，粘质低地以及盐土地区的微高地形。在含苏打的老湖相母质埋藏较浅且受阴山脉东段玄武岩中碱金属铝硅酸盐类水解淋滤所形成苏打潜水补给影响较大的大黑河灌区，苏打盐土的分布较广泛，约占总盐渍土面积的13—15%。本地区苏打积累的原因以前我们曾经有过浅见^[1]，认为处荒漠、半荒漠条件下的黄河灌区苏打的积累主要借助于土壤中固有的盐类之间的相互化合而产生，尽管还缺乏实验室的根据，但估计是有其可能的。

目前的资料完全有根据地认为内蒙古辽河灌区是一个明显的苏打累积区，据前人的研究资料，本区似乎处在东北平原中（包括松嫩平原的全部和辽河平原的北部）苏打累积带的最南缘。辽河灌区苏打盐土约占总盐渍土面积的60—70%，位于其北的内蒙古松辽运河灌区更占总盐渍土面积的80%，苏打的积累途径除前述与盐分依生物气候条件的不同而产生的化学分异规律有关外，还有其他的原因可供研究。

苏联柯夫达通訊院士在数次考察了东北黑龙江流域的土壤以及盐分积累现状后，指出东北松嫩平原中苏打的形成有其特殊的地球化学因素，由于平原周围大、小兴安岭及长白山脉巨大的花岗岩、玄武岩建造以及近期火山活动的岩浆喷发，其中长石类的钠质铝硅酸盐在长久的风化溶滤作用下，使山前溶滤带的潜水硅酸盐化，这类重碳酸盐—硅酸盐水大量汇集于河流阶地，由于水解和碳酸盐化的结果，形成碱金属的重碳酸盐和碳酸盐，并使潜水和土壤发生强烈的苏打盐渍化^[2]。内蒙古辽河灌区具有与此相似的景观与土壤地球化学过程，灌区东西两侧分别为长白山脉及大兴安岭的延长部分，北依松辽分水岭，东面郑家屯附近更有近期火山喷发遗留的玄武、辉长岩类的石质孤丘（如吐尔吉山、玻璃山等，前者喷发年代不详，后者系第四纪上更新世时喷发的）；因此产生上述苏打积累的地球化学过程是可能的，据化验资料，在本区的苏打型潜水中，游离硅酸的含量在9—30毫克/升，可惜未曾有从山前到河流阶地的土壤—地球化学断面的分析资料作进一步的研究分析。

苏打在辽河灌区普遍积累的另一重要原因是与局部地区（主要在通辽市以西的开鲁准迭拗陷构造区域内）埋藏于千余米以下的侏罗、白垩纪油页岩层中油田水的污染作用有关，近年来据松辽石油大队在本区的深孔勘探及化验资料说明，由于深层油田水在嫌气条件下的脱硫作用，在二氧化碳的参与下，进一步演化为苏打水并借助于垂直交替作用而影响表层潜水水质，并使局部地区地下水亦强烈苏打化。下面所作的可能有深层储油构造地区的特斯格营子—三棵树—西小城子地下水水质断面图（图4），清楚地反映了该地区潜水中化学亲合指数 (Cl^-/SO_4^{2-}) ，游离 CO_3^{2-} 含量矿化度之间的密切依存关系，化学亲合指数愈高，则硫酸盐类愈少，脱硫作用愈强，潜水中苏打含量

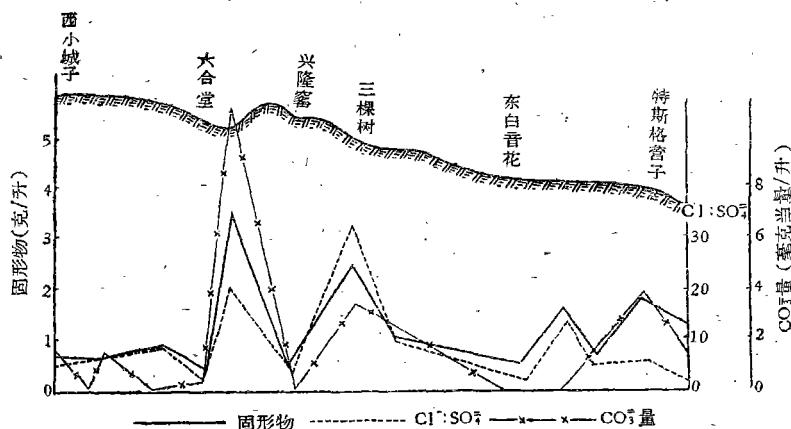


图4 在潜水矿化度 CO_3^{2-} 含量化学亲合指数的含油构造地帶剖面圖

愈多，矿化度亦愈高，該地区土壤中苏打也必然相应地积累愈多。

因此，从另一个角度分析，毒害作物生长并使土壤物理性質严重恶化的苏打由于有如此雄厚的物质来源，要根本杜絕其产生似乎是困难的，目前也只有用治标的办法在已經产生苏打的地区用前面已提到过的方法来改良，彻底消除苏打产生的途径将是本区今后很重要的科学研究課題。

五、利用种稻洗盐的改良作用問題

和全国各地的經驗一样，内蒙古黄、辽河灌区利用种稻洗盐无论对含苏打或不含苏打的盐土均有較良好的改良效果。黄河后套灌区五原土壤改良試驗站的資料說明，在硫酸盐-氯化物盐土上种稻1—2年后，可使土壤表层盐分由6—8%降为0.2—0.4%，潛水矿化度由25—28克/升降至至5—8克/升，三湖河灌区中滩农場在苏打-氯化物盐土上种稻一年后，土壤表层游离 CO_3^2- 由2.2毫克当量/100克土減为0.1毫克当量/100克土；且由于随灌溉水流入的水生植物遺体以及施入的綠肥、有机肥料等在嫌气条件下不能完全分解而产生的有机酸，有助于土壤中过高碱度的消除，因此利用种稻洗盐不仅具有水利土壤改良效果，且同时具农业生物学上的改良效果。

五原站的資料又說明：只要注意稻区的排水和耕作管理，土壤脫盐至一定程度改种旱作前，同时注意耕作措施，则土壤表层含盐量仍可低于抑制作物生长的极限含量，地下水含盐量亦稳定在种稻淡化后的低矿化值水平(見下表)，为水旱輪作制的过渡創造了良好的条件。

种稻后土壤及地下水盐分变化情况

取土时间	土体深度 (米)	土壤含盐量 (%)	地下水矿化度 (克/升)	說 明
1959年6月8日	1.0	1.93	17.64	种稻前
9月1日	1.0	0.14	2.03	撤水后，地下水系9月12日測
9月28日	1.0	0.16	—	水稻收割后
11月9日	1.0	0.29	4.88	定期取土
1960年4月15日	1.0	0.16	—	改种旱作，播前取土
5月	1.0	0.20	3.94	种旱作后定期取土，地下水系6月12日測

上述資料均說明：利用种稻洗盐是我国劳动人民在和土壤盐漬化作长期斗争中創造出来的一項极为宝贵的经验；亦是盐漬土改良利用中一条多、快、好、省的捷径。正因为利用种稻洗盐的功效卓著，因此，黄河后套灌区1959年水稻的栽培面积較1957年猛增9倍，約占糧食作物总播种面积的20%，辽河灌区水稻播种面积近年亦有显著的增长。

尽管利用种稻洗盐有如此的优越性，但是下列几个問題还是值得今后进一步的研究和重視：

(1) 种稻对龟裂盐土和碱化土壤的效果如何？目前似乎还没有比較系統的資料足以論証：黄河后套灌区有关部门过去曾在五原以及五分子桥附近的龟裂碱化盐土上試种水稻，但最后均以失败而告終，由于小地形低洼，排水困难，加之土壤表层透水性极劣，稻地积水长期不渲洩，以致水中盐分与苏打的浓度日益增高，稻秧不得成活。近年来宁夏回族自治区银川灌区对“白堦地”(即碱化龟裂盐土)进行了以栽培水稻为中心的水利，农业、生物改良措施的試驗，获得較好的效果，值得我区有关部门参考。今后在試驗过程中还应着重注意碱化土壤在种稻过程中土壤酸碱度、土壤物理性状、土壤透水性以及土壤胶体中代換性鈉的消长状况，特別应注意种稻前后耕种、施肥、換水、排水等技术措施的配合。

(2) 稻区的总体规划和水稻区的排水問題：从目前黄、辽河灌区水稻栽培的发展現状来看，对上述两个問題的考虑显然是不足的。在稻区的总体布置方面首先應該在灌区的规划方案中，根

据土壤盐渍状况、地形、供水条件及国家計劃指标明确地圈定发展水稻的重点地区，例如供水条件许可时，在盐渍土分布較为集中的烏加河两侧，烏梁素海边缘，三湖河灌区西部（西山嘴、公庙子附近），大黑河灌区什拉烏素河两岸，阿拉善祈巴音套尔蓋灌区西部以及辽河灌区南部哲南灌区以及下游巴彥他拉灌区等地均宜大面积发展水稻。另一方面在发展水稻时，则应考虑稻区的排盐对周围旱作区次生盐渍化的影响，在水、旱作物的交界处应設置深度較大的截水沟。

目前多数的稻作区并无完善的排水系統，以致稻田土壤中多余的盐分未能彻底排除，为长远計，必須在不影响水稻喜水的生理要求条件下，設置浅而密的排水系統，河北省天津市附近，河南省新乡市附近的引黄灌区，宁夏回族自治区灵武农場等地均有較好的經驗可供参考。

(3) 种稻后对土壤肥力以及微生物学特征的影响問題：根据国内有关的研究报告，土壤在长期栽培水稻后，耕层内細菌、放綫菌和真菌的数量均有所增长，其中有利于土壤肥力提高的自生固氮菌、硝化細菌、氨化細菌数量亦有所增长，土壤中可溶性磷、鉀量也有显著提高。对水稻采取“落干”措施后，有利于有机质的矿化和土壤中氧化-还原平衡关系的建立，从而进一步促进土壤肥力的提高^[3,4]。当然在北方地区特別在荒漠、半荒漠地区由于气候和土壤性质与南方迥异，水稻土壤的漬水作用强度亦逊于南方水稻土壤，因此，水稻土壤肥力的复化状况亦未尽一致，目前亦无相应的研究資料，值得今后深入試驗研究。

参 考 文 献

- [1] 吳杰民：内蒙古黄河灌区土壤可溶盐中苏打的积累及改良利用問題。土壤，1960年第8期，9—13頁。
- [2] 柯夫达：中国之土壤与自然条件概論。217—219頁，科学出版社，1961年。
- [3] 沈梓培等：水稻土晒干措施的增产效果及其与土壤性质的关系。土壤学报，1959，7(3—4):124—134。
- [4] 曹正邦等：水稻土的微生物学特性(1)华东华中主要类型水稻土中微生物数量及其活动性的研究。土壤学报，1959，7(3—4): 218—226。