

土壤碱化及其防治*

俞仁培

(中国科学院南京土壤研究所)

在我国的低产土壤中,约有三亿亩左右的盐渍土。包括盐土、碱土以及不同程度的盐化和碱化土壤。群众统称其为盐碱土。其实,碱土与盐土是两个不同的土类,它们有各自不同的形成过程,不同的理化特性和改良途径。

早在三十年代,熊毅教授在其“中国碱土问题”(1936)的论著中^[1],就将碱土作为一个土类,并曾研究内蒙五原县和河北省张北地区的碱化土壤。五十年代以后,陈恩凤、宋达泉教授等也曾进行碱化土壤的调查研究和改良^[2-5]。以后,不少产业部门和科研单位先后进行了碱化土壤的改良试验,积累了不少资料。近年来,随着农业生产的发展,在扩大灌溉面积和改良盐渍土时,土壤次生碱化逐渐有所发展,对农业生产的为害已日益显露。所以,迫切需要进一步探讨土壤碱化的发生及其防治。

一、碱化土壤的形成条件及其形成过程

土壤碱化过程既与盐化过程有质的差别,又有密切的相互联系。碱化土壤与盐化土壤常相伴存在。盐化是指土壤表层和土体中累积可溶盐类;碱化则指土壤胶体吸附钠离子,恶化土壤的理化性质。无论是盐化或是碱化都需要有一个可溶盐(主要是钠盐)的累积过程,和一些相同的自然条件。但碱化土壤的性质及其形成条件仍有特殊之处,现简述于后。

(一)碱化土壤的形成条件

我国碱土与碱化土壤多分布于长江以北的暖温带及温带的半湿润、半干旱、干旱以及荒漠地区。总的气候特点是年蒸发量大于年平均降雨量的1—10倍。其中大部分地区或多或少地受东亚太平洋季风气候影响。一年之内雨量分配很不均匀,占年降雨量60—80%的雨水多集中降落于夏季6—8三个月。这个时期,土壤以淋溶过程为主,盐分明显下移。其他季节,降水较少,土壤以积盐过程为主。即使在雨季,雨量也只集中在少数几个雨日之内。因此,土壤脱盐和积盐频繁交替进行,从而促进土壤的碱化。

地形地貌的变化使地表、地下径流和土壤水分运动更为复杂。碱化土壤分布的地方,从大的地貌构造类型来说,碱化土壤分布于高原、平原及盆地,从中小地形来说,则多分布于河谷、阶地、缓坡、岗地和洼地。总之,碱化土壤一般分布在古河谷阶地或湖盆四周,高低起伏的微地貌高起处。例如,黄淮海平原的瓦碱,多位于洼地边缘的二坡地上(图1),水分活动较为频繁。下雨时坡上的雨水一部分下渗,一部分沿二坡地向洼地汇聚,雨后,洼地的积水除直接蒸发外,一部分向二坡地侧渗蒸发。因此,二坡地的水盐运行十分活跃,土壤容易发生碱化。

土壤碱化作用深受质地的影响。碱化土壤多形成于轻、砂壤质土,只有少数发育于重壤和

*本文承熊毅教授、王遵亲同志审阅修改,特此致谢。

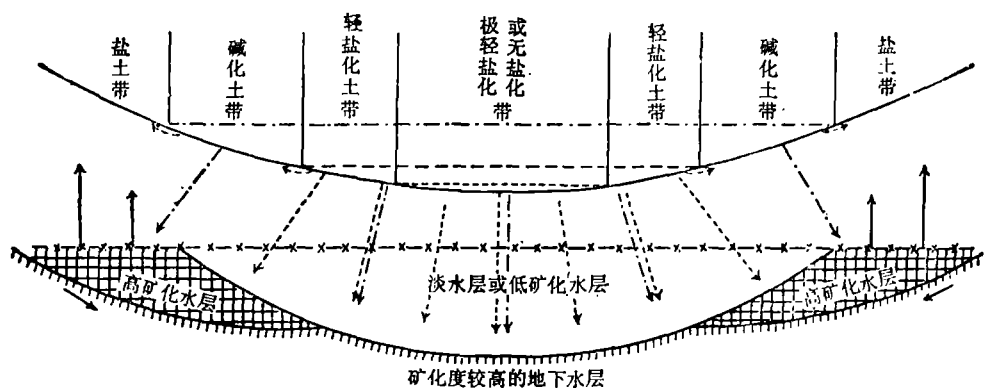


图 1 碱化土壤分布示意图〔2〕

粘土。质地影响土壤的水盐运动，轻质土壤的透水性和毛管性能都比较好，水分上下运行通畅，增加了盐分在土体内运行的机会，促进土壤碱化。室内的土柱模拟试验取得同样的结果。用砂壤质和粘质的土柱分别置于浓度 1 克/升的氯化钠或硫酸钠溶液中，通过土柱蒸发，使盐溶液向上运行，然后用蒸馏水向下淋洗，在蒸发和淋溶反复四次后，砂壤土土柱明显地碱化而粘质土则仅下部有轻度碱化现象(图 2)。当然，自然界中土体内盐分的淋溶和累积不止四次，在盐分长期的上下反复运动中，粘质土也能形成碱化土壤。

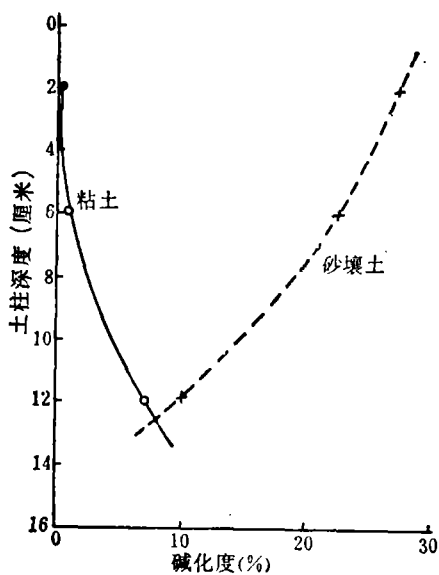


图 2 土壤质地对碱化的影响(土柱模拟试验)

地下水埋藏深度与碱化土壤的形成也有密切的关系。除草原碱土的地下水埋深 5~6 米，地下水已不再参与现代的成土过程外。草甸碱土的地下水位一般在 3 米左右，甚至更浅，地下水的参与土壤的现代形成过程，使土体内积累一定数量的盐分。更主要的是，这些地区的地下水普遍含有重碳酸钠，个别甚至出现碳酸钠，这对于碱化土壤的形成，有着极其重要的影响。

(二) 碱化土壤的形成过程

关于碱土的形成存在着种种理论。早在本世纪初期，К.К.Гедроиц 就指出碱土是由钠质盐土脱盐形成的。五十年代И.Н. Антипов-Каратаев 提出只有当中性盐中钠盐占全盐 90% 以上时，脱盐才会有产生碱化的可能。К.Д.Глинка 在 1926 年提出土壤碱化发生于土壤长期积盐和脱盐的交替过程中的理论。后来，Е.Н. Иванова 证明碱性盐中的钠比中性盐中的钠更易于进入土壤吸收复合体。1953 年И.Н. Антипов-Каратаев 提出自然界中碱化过程主要发生在弱矿化地下水条件下的草甸成土过程。В.А. Ковда 发现地下水在矿化初期硅酸盐-碳酸盐阶段，往往含有较多的碱金属重碳酸盐、碳酸盐，在这样弱矿化地下水情况下，形成碱土的可能性很大。В.Р. Вильямс 则提出生物过程形成碱土的学说。他认为在干草原条件下，草原植物的凋落物和残体分解时所形成的有机钠化合物和碳酸钠，可使土壤碱化。

我国碱化土壤的形成是多途径的^[6-9],不但因地而异,即使同一地区,也有几种可能性。其中最主要的是低矿化碱性地下水的影响,土壤积盐的同时发生碱化过程。无论是松辽平原,还是内蒙大、小黑河流域或山西大同,阳高盆地以及黄淮海平原,几乎整个地区或相当多的地下水中,普遍含有重碳酸钠(表1),当地下水水位高于临界深度,而地下水藉土壤的毛细管作用上升的过程中,与土壤胶体复合体表面吸附的阳离子发生盐基交换而使土壤碱化。我们室内的土柱模拟试验也证实了这一过程。试验用黄淮海平原耕种的轻质和粘质潮土,并用当地低矿化的碱性地下水浸润和蒸发,土壤很快就发生碱化。

我国碱化土壤形成的第二个途径是土壤在长期脱盐和积盐的频繁交替过程中,土壤胶体吸附钠离子而发生碱化。这一现象同样为我们的土柱模拟试验所证实,供试土样为黄淮海地区耕种潮土,水样为我们在室内配制的1克/升的NaCl和Na₂SO₄溶液,在等体积的溶液通过土柱蒸发而在表面积盐的过程中,土壤胶体吸附了钠离子,但量相对较少,以后经过盐溶液在土体中几次上下频繁移动,盐类与土壤胶体表面接触的机会增多,较多的钠离子可进入土壤吸收性复合体而使土壤产生强烈的碱化。在我们的试验中盐类上下运动只有四次,代换性钠就从蒸发一次的0.36毫克当量/100克土增加到2.1—2.5毫克当量/100克土,碱化度从10%左右增加到40—60%。土柱试验当然不能代表田间情况,却可看出变化的趋势。我国碱化土壤的分布地区,雨量分配不均,土壤中水盐上下运动频繁,因而形成碱化土壤。特别是轻质土壤的渗水速度和毛管水上升速度都比较快,更易促进土壤碱化。

表1 碱化土壤分布地区的水质分析结果

| 采样地点和土壤类型 | 水的类型 | pH | 矿化度 (克/升) | 离子组成 (毫克当量/100克土) | | | | | | | 残余碳酸钠 RSC (毫克当量/ 100克土) |
|---------------------------|------|------|--------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | | CO ₃ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ + Na ⁺ | |
| 内蒙呼伦贝尔地区 二道沟牧场 草原碱土 | 湖水 | 9.10 | 0.93 | 2.75 | 19.49 | 6.14 | 4.00 | 0.26 | 0.26 | 31.86 | 21.72 |
| | 土井水 | 8.60 | 0.67 | 0.97 | 15.75 | 2.37 | 3.31 | 3.27 | 3.86 | 15.27 | 9.59 |
| | 土井水 | 8.80 | 0.90 | 3.41 | 17.26 | 6.22 | 4.14 | 1.24 | 5.08 | 24.71 | 14.35 |
| 东北松辽平原 草甸碱土与 碱化盐土 | 地下水 | 8.49 | 1.64 | 0.31 | 18.68 | 0.42 | 0.57 | 0.37 | 3.14 | 16.97 | 15.98 |
| | 地下水 | 8.48 | 1.22 | 0.89 | 13.60 | 0.21 | 0.33 | 0.41 | 2.24 | 12.58 | 12.04 |
| | 地下水 | 8.59 | 17.25 | 3.33 | 44.73 | 30.32 | 138.72 | 1.22 | 5.30 | 240.63 | 41.59 |
| 黄淮海平原 瓦碱 | 地下水 | 8.17 | 1.14 | 0 | 14.36 | 5.37 | 1.33 | 3.35 | 5.45 | 12.26 | 5.56 |
| | 井水 | 8.49 | 0.89 | 0 | 9.18 | 2.91 | 3.03 | 1.92 | 4.69 | 8.51 | 2.57 |
| | 井水 | 8.69 | 1.16 | 0.62 | 9.33 | 3.62 | 6.02 | 0.57 | 1.10 | 17.92 | 8.28 |
| 宁夏银川平原 龟裂土 | 地下水 | 8.15 | 1.72 | 0.78 | 15.84 | 10.41 | 4.79 | 1.82 | 3.81 | 26.19 | 10.99 |
| | 地下水 | 8.80 | 1.58 | 1.07 | 9.77 | 9.49 | 4.10 | 1.76 | 1.79 | 20.88 | 7.29 |
| 新疆准噶尔盆地 龟裂土 | 自流井水 | 8.43 | 0.31 | 0 | 0.22 | 0.67 | 1.22 | 0.27 | 0.03 | 3.81 | 1.92 |
| | 自流井水 | 8.55 | 0.38 | 0 | 2.34 | 1.41 | 1.35 | 0.21 | 0.05 | 4.85 | 2.08 |

此外,某些地质环境对局部地区碱化土壤的形成也有重要的影响。松嫩平原四周山地的花岗岩,山西大同盆地附近山地的片麻岩,都可通过硅铝酸盐的风化,提供钠的来源。内蒙大、小黑河流域第四纪马蓝黄土也含有一定数量的碳酸钠,因而使这些地区的地下水都含有碳酸钠、重碳酸钠,并形成大面积的碱化土壤。

至于碱化土壤形成的生物因素,当然也不可忽视,虽然生物起源的碱化土壤,面积较小,分布也比较局限。有人认为草原碱土的形成是生物因素的作用。草原植被如红砂靠它强大的根系在吸收营养元素的同时,吸收相当数量的钠离子,而当植株矿化后,这些钠离子随即累积土壤

表层,促进土壤碱化。新疆塔里木盆地的胡杨,含有大量碱性盐类,影响土壤碱化。

近年来,由于扩大灌溉面积或开垦盐渍土而未重视碱土的形成规律,未采取必要的预防措施,致使土壤发生次生碱化。就黄淮海平原来说,土壤发生次生碱化有二种情况:

第一种是在改良利用盐土和盐化土时,进行灌溉而未配合排水和其他农业措施,灌溉既未能充分淋洗土壤中的盐分,反而促进盐分在土体内上下移动,加剧土壤胶体表面的交换性钙离子与土壤溶液中的钠离子进行交换,而发生碱化。

黄淮海平原土壤中的溶性盐分以中性钠盐为主,当盐分向表土累积时,部分钠离子将被土壤胶体吸附。由于盐分的浓度较大,吸收性钠离子未能水解而显露其碱性。如果在无排水条件下进行灌溉,盐分在土壤剖面中反复地上下移动,既增加钠的交换量,也给予钠水解的机会而产生高的碱度,影响土壤的理化性质。河南封丘盛水源大队原是次生盐渍土分布地区,土壤的盐分以氯化物和硫酸盐为主,瓦碱以及瓦碱化土壤只占总耕地的28%。自1965年开始进行井灌井排以后,由于没有把咸水排出地外和配合农业培肥等措施,以致碱化面积逐渐增加,地面出现板结,色灰白,出现“拍苗”和抑制幼苗正常生长的现象。据1973年5月的调查,碱化土壤的面积比1965年增加了14.2%。

第二种情况是灌溉用低矿化的碱性水。黄淮海平原中有许多地区地下水的矿化度不高(多不超过1—2克/升),但却含有显著量的碳酸钠,用这种碱性低矿化地下水灌溉几年后,土壤会逐渐碱化。模拟土柱试验证明,用碱性低矿化水灌溉,土壤会迅速地累积苏打。灌溉水中的碳酸钠含量愈高,或灌溉时间愈长,土壤中积累的苏打愈多。随着土壤中苏打含量的增加,土壤碱化度愈增加,并提高土壤的pH,恶化土壤的物理性质,抑制作物出苗和生长。实施井灌的地区应重视这个问题。

二、碱化土壤的分布、类型和特性

(一)碱化土壤的分布

据粗略估计,我国碱化土壤面积约占盐渍土总面积的1/5,分布得相当广泛,几乎每个盐渍区都有它的存在。从最北的内蒙古呼伦贝尔高原一直到淮河北的黄淮海平原,往西直至新疆的准噶尔盆地,甚至海拔4千余公尺以上的西藏高原都有碱化土壤。面积较大而分布相对集中的是东北的松嫩平原、黄淮海平原、内蒙大、小黑河流域、山西大同一阳高盆地以及新疆的焉耆盆地和准噶尔盆地。碱化土壤都是以斑块状零星分布于其他土壤之中,特别是与其他各种盐渍土相伴而存在。

(二)碱化土壤的类型

我国的碱土大都以斑块状广泛分布于半干旱—干旱地带。碱土下分四个亚类^[10, 11]:即草甸碱土、草原碱土、龟裂碱土和镁质碱土。不同程度碱化的土壤,隶属于各其它土类之下,成为各该土类的亚类或土属,如分布较广的碱化草甸土、碱化栗钙土、碱化棕钙土、碱化盐土(大部分是苏打盐土)。

土壤碱化程度的划分,各国标准不一。东欧国家把柱状层钠碱化度(ESP)大于20%作为碱土划分的标准;美国规定碱土的钠碱化度大于15%、pH大于8.5、电导率小于4微姆欧/厘米。过去我们用20%碱化度作为碱土的划分指标,通过实际的调查研究,发现这个指标似乎过低,如按此划分,则需用化学改良的碱土面积必然过大。实际上,其中有不少土壤的碱化程度不严重,在有一定的灌排条件下,采用适当的农业措施即可耕种。这种土壤最好划为碱化土壤。碱土应限于含有大量交换性钠,土壤物理性质恶劣,只有经过特殊的化学改良才能利用的土壤。

根据我们的初步研究,黄淮海平原土壤的碱化程度,可按残余碳酸钠、钠碱化度和pH划

分为四级(表2)。分级原则与国外不尽相同,突出残余碳酸钠的影响,把盐分含量降到次要位置。用这个方法划分瓦碱是符合实际的,并通过盆栽试验得到验证。

表2 黄淮海平原碱化土壤分级指标

| 级 别 | 分 级 指 标 | | |
|-------------|-----------------------|----------------|---------|
| | 残余碳酸钠 (毫克当量/100克土) | 钠 碱 化 度 (%) | pH |
| 弱 碱 化 土 壤 | 0.06—0.17 | 4—13 | 8.8—9.1 |
| 中 度 碱 化 土 壤 | 0.17—0.25 | 13—22 | 9.1—9.3 |
| 强 度 碱 化 土 壤 | 0.25—0.40 | 22—40 | 9.3—9.6 |
| 瓦 碱 | >0.40 | >40 | >9.6 |

注:土层厚度为40厘米

草甸构造(或称柱状)碱土、草原碱土以及龟裂碱土的划分标准,有待进一步研究确定。

(三)碱化土壤的特性

各种碱土的分布地区不同,地表景观与剖面特征也有明显差异。分布在黄淮海平原的瓦碱,实际上是一种结皮草甸碱土,常与其他类型的盐渍土插花分布。瓦碱的地表通常为光板或撩荒地,偶尔生长稀疏的剪刀股(*Polygonum sibiricum*)、罗布麻(*Apocynum Venetum*)、骆驼蓬(*Kochia scoparia*)、小芦苇(*Phragmites communis*)等耐盐碱植物。瓦碱的表层是1—2厘米厚的坚实土结壳,结壳表面有灰白色的二氧化硅粉末,微凹处覆盖一层红棕色的胶膜。结壳背面多蜂窝状气孔。结壳下紧接着为各种不同质地的河流沉积物所组成的层状土层。表层质地一般以轻砂壤质为主,有机质积累少,瓦碱的地下水埋藏深度一般在2米左右。

草甸构造碱土主要分布在东北广大的松辽平原,位于碱化盐土区的微高地上。草甸构造碱土上一般长有耐盐碱的草甸草原植物如羊草(*Aneurolepidium chinense*)、星星草(*Puccinellia tenuiflora*)、碱蒿(*Artemisia anethifolia*),复盖度为40—60%。草甸构造碱土具有明显的发生层次,地面为灰白色,而表层富含有机质,厚度由几厘米到十几厘米不等,小片状或鳞片状结构,有时为粒状。表层下为碱化层,具有明显的柱状结构,碱化层呈灰棕色或暗灰色,坚实,柱头有白色二氧化硅粉末,碱化层下为盐分淀积层,块状或核状结构,结构面上有白色假菌丝体,往下为母质层,草甸构造碱土的地下水水位在2—3米。

草原构造碱土主要分布在内蒙古自治区蒙古高原的干草原地区古湖河二级阶地或者缓岗的上部,草原构造碱土的地下水埋藏深度一般都大于5—6米。目前地表生长着繁茂的植被。如羊草、芨芨草(*Achnatherum splendens*)、具加尔羽茅(*Stipa baicalensis*)、星星草。植被的高度可达70—80厘米,覆盖度大于70%。土壤表层为暗栗色的有机质层,具有明显的团粒—粒状结构,表层以下为碱化层,呈大柱状或棱柱状结构,柱头表面有很多白色二氧化硅的粉末。整个碱化层有大量的死植物根和舌状的腐殖质淋溶纹斑。碱化层下为盐分聚积层,有许多白色的硫酸盐斑点,往下是母质层。

龟裂碱土分布在新疆准噶尔盆地和宁夏自治区银川平原。常见于古湖洼地、洪积扇与老阶地的交接洼地。龟裂碱土上常有1—2米高的小型固定砂丘,砂丘上生长芨芨草、白茨(*Cnenediaceae Nitrraria schobert*)、砂蒿(*Compostae artemisia sq*)、盐爪爪(*Kalidium gracile*)。龟裂土上一般不长高等植物,地面光秃,有时可见到蓝藻(*Microcolpus vaguata Vor vaucheri*)的丝状体。干旱时蓝藻成为斑状黑色干脆的薄皮。龟裂碱土表层为具有龟裂纹的结壳,结壳背面有蓝黑色藻类丝状体,结壳的四边向上,中央略凹,结壳背面具有红色的粘粒,结壳下为短柱状结构的碱化层,其下为棱块状结构的土层,整个剖面非常坚硬。

碱化盐土是表土含有大量碱性可溶性盐而又具有某些碱土特性的盐土，广泛分布于各盐渍土区。面积较大而连片分布在松辽平原、内蒙大、小黑河流域。它常与草甸碱土插花分布，所处地形部位略低于草甸碱土。地下水的埋藏深度小于2米。水质都为碱性低矿化重碳酸钠水质，并含有一定数量的碳酸钠。植被有碱蓬、碱蒿、海蓬子(*Salicornia herbacea*)、盐爪爪(*Kalidium gracile*)、盐吸(*Suaeda ussuriensis*)、骆驼蓬等，旱季地表出现白色盐霜，具有明显的酚酞反应。

碱土的可溶盐含量都不高，尤其是表层，含盐量不超过0.5%。这是碱土化学性质的第一个特点。黄淮海地区的瓦碱含盐量最低，1米土层平均含盐量不超过0.1%，最大含盐层小于0.2%。

表3 各类碱土的可溶盐分析结果

| 土壤及地点 | 采样深度 (厘米) | pH | 全盐 (%) | 离子组成 (毫克当量/100克土) | | | | | | |
|--------------------|--------------|------|-----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| | | | | CO ₃ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ⁻ | Cl ⁻ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | K ⁺ + Na ⁺ |
| 瓦碱 (河南封丘县) | 0—1 | 9.5 | 0.09 | 0.47 | 0.81 | 0.06 | 0.21 | 0.07 | 0.03 | 1.45 |
| | 1—10 | 9.9 | 0.11 | 0.80 | 0.79 | 0.03 | 0.29 | 0.07 | 0.03 | 1.81 |
| | 10—30 | 9.7 | 0.12 | 0.56 | 0.68 | 0.17 | 0.57 | 0.06 | 0 | 1.92 |
| | 30—37 | 9.4 | 0.08 | 0.38 | 0.74 | 0.01 | 0.27 | 0.03 | 0.01 | 1.36 |
| | 37—49 | 9.3 | 0.06 | 0.19 | 0.58 | 0.05 | 0.20 | 0.04 | 0.02 | 0.96 |
| | 49—80 | 9.1 | 0.05 | 0.03 | 0.52 | 0.01 | 0.25 | 0.08 | 0.06 | 0.67 |
| | 90—100 | 9.3 | 0.05 | 0 | 0.54 | 痕迹 | 0.17 | 0.08 | 0.06 | 0.57 |
| 草甸构造碱土 (黑龙江安达县) | 0—3 | 8.9 | 0.25 | 0 | 2.10 | 0.55 | 0.20 | 0.12 | 0.11 | 2.62 |
| | 3—10 | 9.3 | 0.37 | 0 | 3.53 | 0.57 | 0.16 | 0.29 | 0.26 | 3.71 |
| | 10—15 | 9.5 | 0.76 | 0 | 4.67 | 0.34 | 0.30 | 0.48 | 0.51 | 4.32 |
| | 15—25 | 9.8 | 1.04 | 1.08 | 7.01 | 0.55 | 0.20 | 0.57 | 0.35 | 7.92 |
| | 25—35 | 10.2 | 1.03 | 3.42 | 7.37 | 0.53 | 0.17 | 0.09 | 0.05 | 11.35 |
| | 35—45 | 10.2 | 0.64 | 1.49 | 5.82 | 0.46 | 0.11 | 0.31 | 0.09 | 7.48 |
| | 45—65 | 10.1 | 0.63 | 1.38 | 6.24 | 0.40 | 0.13 | 0.32 | 0.05 | 7.78 |
| 65—85 | 9.7 | 0.58 | 1.93 | 5.15 | 0.44 | 0.15 | 0.25 | 0.07 | 7.35 | |
| 草原碱土 (内蒙呼盟海拉尔市) | 0—10 | 7.3 | 0.13 | 0 | 0.17 | 3.33 | 0.42 | 0.10 | 0.32 | 3.50 |
| | 10—19 | 8.2 | 0.12 | 0 | 0.51 | 1.20 | 0.32 | 0.18 | 0.04 | 1.81 |
| | 19—32 | 9.5 | 0.40 | 0.64 | 1.74 | 3.55 | 1.07 | 0.72 | 0.30 | 5.98 |
| | 32—54 | 10.0 | 0.51 | 1.45 | 2.05 | 3.76 | 1.47 | 0.53 | 0.05 | 8.15 |
| | 54—75 | 9.9 | 0.41 | 1.70 | 1.76 | 2.61 | 0.98 | 0.24 | 0.13 | 6.86 |
| 75—100 | 10.0 | 0.36 | 1.59 | 1.83 | 2.12 | 0.75 | 0.12 | 0.34 | 5.83 | |
| 龟裂碱土 (宁夏平罗县) | 0—1 | 9.9 | 0.21 | 1.67 | 1.16 | 1.16 | 0.31 | 0.05 | 0 | 4.25 |
| | 1—4 | 10.0 | 0.48 | 3.37 | 1.33 | 2.77 | 1.98 | 0.07 | 痕迹 | 9.38 |
| | 4—24 | 10.1 | 0.15 | 2.07 | 1.26 | 0.28 | 痕迹 | 0.07 | 痕迹 | 3.54 |
| | 24—45 | 10.0 | 0.14 | 1.69 | 1.24 | 0.33 | 0.01 | 0.04 | 痕迹 | 3.23 |
| | 45—63 | 10.0 | 0.14 | 1.75 | 0.99 | 0.13 | 0.01 | 0.03 | 痕迹 | 2.85 |
| 63—93 | 9.8 | 0.14 | 1.08 | 1.49 | 0.08 | 0.03 | 0.04 | 痕迹 | 2.63 | |
| 碱化盐土 (黑龙江安达县) | 0—1 | 未 | 1.97 | 31.34 | 8.88 | 0.54 | 0.85 | 0.20 | 0.02 | 31.39 |
| | 1—7 | | 1.20 | 13.59 | 5.02 | 0.46 | 0.42 | 0.21 | 0.03 | 19.27 |
| | 7—15 | | 0.83 | 4.67 | 6.39 | 0.36 | 0.31 | 0.25 | 0.10 | 11.38 |
| | 15—25 | | 0.74 | 4.01 | 5.84 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.03 | 10.06 |
| | 25—35 | 测 | 0.62 | 2.98 | 5.05 | 0.26 | 0.26 | 0.07 | 0.06 | 8.42 |
| | 35—50 | | 0.61 | 2.54 | 5.16 | 0.21 | 0.13 | 0.09 | 0.09 | 8.86 |
| | 50—64 | | 0.54 | 2.18 | 4.55 | 0.11 | 0.19 | 0.09 | 0.06 | 7.88 |
| 64—90 | 0.42 | 2.47 | 3.23 | 0.10 | 0.15 | 0.09 | 0.13 | 5.73 | | |

东北松辽平原的草甸构造碱土1米土层的平均含盐量在0.1—0.8%之间,并随着分布地形部位不同而发生变化。通常结皮草甸碱土含盐量最高为0.7%左右;浅位柱状草甸碱土在0.6%以上;中位柱状及深位柱状草甸碱土的含盐量为0.1—0.2%。草原碱土的1米土层平均含盐量在0.3—0.7%之间。荒漠、半荒漠地区的龟裂碱土1米土层中盐分含量的变幅很大,少的只有0.2%左右,但是不少龟裂碱土心底土的含盐量都很高,超过1%。碱化盐土的可溶盐含量比较高,而且盐分集中表层,常常超过1%(表3)。

碱化土壤所含的溶性盐分普遍含有 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- ,并与钠离子结合形成碳酸钠、重碳酸钠。在碱化土壤的总含盐量中这两种碱性盐类占很大的比例,一般超过50%。草甸碱土和碱化盐土中,可高达总盐量的70—90%。盐分组成中 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子含量很低,二者总和不超过阳离子总量的10%。

应该指出,我国碱化土壤常含有碳酸钙,含量从百分之几到百分之二十到三十。这是改良碱化土壤的一个有利条件。几乎在所有的碱土中硫酸钙的含量都不高,一般小于0.1%。

我国碱化土壤的化学性质的第二特点,是具有强碱性,pH在8.5以上,多数在9—10之间。pH值与离子组成中的 CO_3^{2-} 离子、总碱度、残余碳酸钠之间呈现明显的正相关性。

中国碱化土壤的特点之三,是具有高的碱化度。无论是草原构造碱土还是草甸构造碱土的碱化层,碱化度都在90%以上,最高达98%,龟裂碱土为60%左右,瓦碱最低为40%左右,碱化盐土是60—70%以上,各种碱土代换性钠的绝对含量以草原构造碱土的柱状层为最高,达18毫克当量/100克土,瓦碱最少只有1—2毫克当量/100克土。

碱化土壤的物理性质很坏,容重一般为1.4—1.5克/厘米³,甚至可达1.7克/厘米³,总孔隙率仅30—40%,最低只有10%。土壤的导水性能很差。既不透水,而毛管水上升也困难。以黄淮海平原的瓦碱为例,它的渗水速度及毛管水上升速度,远远落后于当地相同质地的浅色草甸土。水柱同样下降5厘米,浅色草甸土需2小时半,瓦碱则需72小时。毛管水同样上升10厘米,浅色草甸土只要3小时,瓦碱要240小时。碱化土壤土粒高度分散,分散系数为40—50%以上,碱化层可达60—70%。

三、碱化土壤的改良利用

我国的碱化土壤,都具有深厚的土层,处于相对平坦的地形,有利于机械耕作,是农牧业生产的一项潜在资源。

碱化土壤的改良和盐土一样,要因时因地制宜,综合治理。根据当地的自然条件,土壤组合的特点,当时当地的社会经济状况来安排碱化土壤的改良利用措施。

分布在我国内蒙、北疆草原地区的碱土与碱化土壤,由于气候干旱,发展农牧业必须有灌溉条件,加之地广人稀,劳动力紧张,又是少数民族集居地区,习惯于牧业为主。因此,碱土与碱化土壤应以发展牧业为主,适当发展种植农业。松辽平原碱土和碱化盐渍土区,地形平坦,排水不畅,土壤含盐量相对较高,改良困难。这里也是地多人少,劳动力不足的地区,其中有些地方可以牧为主,农牧结合,发展多种经营。有些地方可以农牧并重。如果水资源允许可以种稻。黄淮海平原的瓦碱,面积比较零星,质地比较轻,碱化程度弱,改良较为容易,应以种植农业为主,适当发展林牧业。

改良利用碱化土壤,既要考虑农、林、牧合理配制,也要考虑具体措施,务求做到经济、高效。改良碱化土壤的措施很多,每一种措施都有它特定的作用与适用范围,化学改良措施与水利工程措施的作用,着重于改良,需要一定的技术水平和投资。农业生物措施着重于利用,在利用中改造,投资小需时长。种植水稻则是边改良边利用碱化土壤的好方法,有充足水源的地

方值得推广，但一定要注意排水问题。

碱土的改良不但要克服它不良的物理化学特性，而且要重视农业生物措施来培养地力，改善它的肥力状况，保证充分供应作物所需要的磷、钙等营养元素。

具体的改良措施决定于土壤碱化程度，对于轻度和部分中度碱化土，只需在有排灌措施的基础上，采用深耕结合施用有机肥料，或者种植绿肥来改良利用。强度碱化土与碱土则需增加化学改良剂，如磷石膏、石膏、亚硫酸钙、黑矾等来改良它。有充足水源地方可采用种植水稻的方法来改良。

除了改良已有的碱化土壤外，更要重视预防土壤发生次生碱化。针对可能产生次生碱化的原因采取必要的措施。为了避免碱性低矿化水灌溉引起次生碱化，一方面可采用河北省现有的经验，在既有深层碱性低矿化水又有浅层矿化水的地区，将二者混合灌溉。这样既弥补了它们单独灌溉的缺点，又解决了水源不足的问题。另一方面可在碱性低矿化水中加入石膏等改良剂改良水质。

在盐渍土改良过程中预防次生碱化的方法，主要应该是使灌溉、排水工程配套，保证排水系统发挥正常的排水作用，使土壤盐分充分淋洗排除，尽可能避免让其在土体内上下反复移动；同时要重视增施有机肥料或种植翻压绿肥以及其他合理的用地养地农业措施，对强度碱化的盐渍土还应配合施用改良剂。只要掌握上述原则，碱化土壤是不难改良的。

参 考 文 献

- [1] 熊毅：中国碱土问题。改良碱地月刊，1(5)：23—32，1936。
- [2] 王遵亲、刘有昌、黎立群、董兆鹏：山东聊城盐渍土的形成条件及其分布规律。土壤学报，11(4)：343—360，1963。
- [3] 田兆顺、董汉章：华北平原瓦碱的特性和形成。土壤学报，13(1)：24—38，1965。
- [4] 陈恩凤等：吉林省郭前旗灌区的碱化草甸盐土。土壤学报，5(1)：66—77，1957。
- [5] 李昌华、何万云：松嫩平原盐渍土主要类型、性质及其形成过程。土壤学报，11(2)：196—209，1963。
- [6] 俞仁培：内蒙古大、小黑河流域苏打盐土的形成及其特性。土壤学报，12(2)：172—182，1964。
- [7] 俞仁培、杨道平、蔡阿兴、石万普：瓦碱的形成与改良。土壤学报，19(1)：34—42，1982。
- [8] 席承藩、赵真：山西大同盆地的盐渍土及其苏打累积和碱化问题。土壤学报，10(3)：235—257，1962。
- [9] 熊毅、席承藩等：华北平原土壤，212—244页，科学出版社，1965。
- [10] 中国科学院南京土壤研究所主编：中国土壤，628—636页，科学出版社，1978。
- [11] 中国科学院林业土壤研究所：中国东北土壤，239—250页，科学出版社，1980。

《土壤学进展》1985年征订启事

本刊主要介绍土壤学各领域和各分支学科国内外的研究进展情况，近年来国外的重要研究成果和今后发展趋势，以及国外重要科技信息，新理论，新技术，新方法等。可供农业科技人员，农业部门领导人员和农业院校师生等参考。

本刊为双月刊，每期定价0.45元。邮刊代号28—22，需要订阅1985年本刊者，请于11月份向当地邮局(所)订阅，可以破季订阅。

《土壤学进展》编辑部