



中华人民共和国农牧渔业部

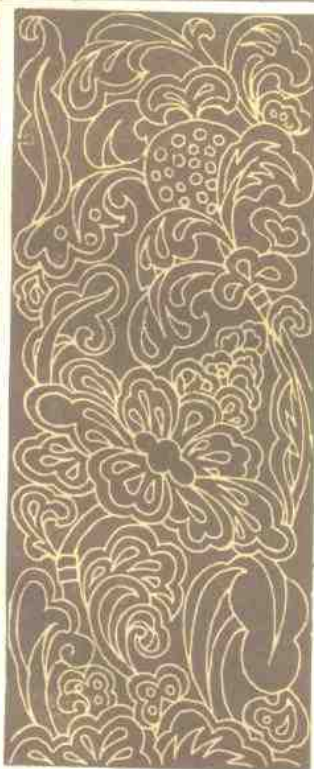


农业生产技术基本知识 盐碱土改良

诊断·管理·改良

石元春编著

重印改正本



农业出版社



中华人民共和国农牧渔业部主编

农业生产技术基本知识

盐 碱 土 改 良

诊断·管理·改良

石元春 编著



农 业 出 版 社

中华人民共和国农牧渔业部主编
农业生产技术基本知识

盐 碱 土 改 良
诊断·管理·改良

石元春 编著

* * *

责任编辑 姚长璋 孙 林

农业出版社出版 (北京朝内大街 136 号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787 × 1092 毫米 32 开本 5 印张 100 千字
1986 年 7 月第 1 版 1986 年 7 月北京第 1 次印刷
印数 1—2, 200 册

统一书号 16144·3109 定价 0.80 元

《农业生产技术基本知识》编审委员会

主任委员 刘锡庚

副主任委员 邢毅 臧成耀 常紫钟

委员 (依姓氏笔划为序)

王天铎	王金陵	王树信	方中达	方原	冯玉麟
冯秀藻	庄巧生	庄晚芳	关联芳	许运天	李连捷
吴友三	陈仁	陈陆圻	陈华癸	郑丕留	郑丕尧
张子明	季道藩	周可涌	姚鸿震	赵善欢	袁平书
高一陵	陶鼎来	奚元龄	黄耀祥	曹正之	彭克诚
韩湘玲	栗宗满	管致和	戴松恩		

出 版 说 明

近年来，我国广大农村干部、社员，为了加快发展农业生产，建设起发达、富庶的农村，逐步地实现农业现代化，学习农业科学技术知识的热情空前高涨，广大农村出现了爱科学、学科学、用科学的新气象。为了适应广大读者学习上的迫切需要，这一套《农业生产技术基本知识》，经过重新增补修订，体现了知识更新，反映了农业科技发展的新水平，现在以其崭新的风貌和读者见面了。

《农业生产技术基本知识》原是在五十年代组织编写的。自初版问世以来，经三次增补修订，由最初的二十三分册发展为三十三分册，再版四次，深受农村干部和群众欢迎，对发展农业生产起到一定的积极作用。这次重新修订编写，为便于读者按专业阅读，在原来三十三分册的基础上发展为一百多分册，力求每个学科既突出重点，又有系统性。丛书内容注重理论联系实际，以阐明科学知识为主，兼顾技术上的应用；文字力求通俗易懂，深入浅出，是一套适于广大农村干部和群众自学的农业科普读物。

为使这套涉及农林牧副渔多学科的丛书保证质量，我们邀请了有关方面的专家、学者组成了本书的编审委员会。值此丛书重新出版之际，谨向本书编著者及各位编审委员致以

衷心的感谢。

农业科技人员的勤恳工作和广大农业生产者的创造性劳动，推动着我国的农业科学技术蓬勃发展，科技成果层出不穷，由于我们掌握的资料有限，未能充分地反映到这套丛书中来，不足之处，热诚希望读者提出宝贵意见，以便今后在修订中逐步补充完善。

前 言

1961年初冬的一个上午，河北某县的一个土壤肥料工作站接待了一位中年的生产队长。这位生产队长向土壤肥料站的技术人员叙说着他们村里发生的一件事：前两三年邻村种稻，他们村也引了大股的河水浇地。今年春天，有的地里泛起一层“白霜”，原来挺好的麦苗死了，不死的也不长。雨天里地面上的这些“白霜”见不到了，可是入秋以后又显了出来。今年种的麦子干脆就一片一片地不出苗，这是咋回事？是不是俺村的土壤生病了？

其实，在那几年里，华北大平原上何止这个村出现这种现象，许多的村、县和省都出现这种现象。据当时的粗略统计，仅河北、河南和山东三省的平原地区，就有近两千万亩的土地出现类似情况。

这是怎么回事呢？土壤学家把这种现象叫“土壤次生盐渍化”。

既然这叫土壤次生盐渍化，那么是不是还有“原生”盐渍化呢？对了！是有原生盐渍化。也就是说，在自然界，有一类土壤本来就含有过多的盐类，叫盐渍土，俗名叫“盐碱土”。如果原来不是盐渍土，后来由于某种人为的原因使它发展成为盐渍土，这就叫土壤的次生盐渍化。

盐渍土在我国北方分布很广泛，气候越干旱，盐渍土越多。西北的新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古、山西和陕西，东北的辽宁、吉林、黑龙江以及华北大平原等 17 个省、市都有盐渍土分布，估计约有 3 亿多亩。

盐渍土在世界各大洲的八十多个国家中也有分布。据联合国教科文组织和粮农组织的资料，全世界有盐渍土约 150 亿亩，以大洋洲分布最多。

土壤次生盐渍化也是个相当普遍的现象。五十年代在新疆开垦荒地时，头两年丰收，三四年后减产，最后土壤次生盐渍化而不得不弃荒。有的生产建设兵团的农场就是这样被迫放弃大片土地和房屋而离开的。内蒙古河套一带在过去的一段时间里，开垦和灌溉而积年年增加，而粮食产量却不见增加，问题就出在土壤次生盐渍化上。

在印度河流域，本世纪四十年代每年因土壤次生盐渍化弃耕土地 25 万—30 万亩，到六十年代初，增至 60 万亩。1960 年印度因土壤盐渍化造成的损失达 12.3 亿卢比，相当于农业总产值的四分之一。尼罗河修建阿斯旺等水坝后，土壤次生盐渍化的威胁大增。曾经是世界粮仓的 幼发拉底—底格里斯河流域，也因土壤次生盐渍化而粮食不足以自给了。

土壤学家们常说，土壤盐渍化是个世界性问题，是人类遇到的一个最古老的环境问题。

盐渍土是我国北方的一种重要的土地资源。对它的开发、利用、改良和预防次生盐渍化是这个地区当前和今后农业生产发展中的一个十分重要的问题。在我国的耕地中，每 16 亩就有 1 亩是盐碱土。在盐渍土地区，由于土壤盐渍化而低产，

如果得到改良，产量可以成倍增长，蕴藏很大的生产潜力。此外，在今后可能开垦的荒地中，大多是盐碱土。所以，党和政府十分重视盐碱土的利用和改良工作，并列入国家的重要科学研究项目。中国科学院、中国农业科学院、中国水利科学院等科研部门均设有专门的盐碱土改良研究机构。

这本小册子主要是介绍一些盐碱土的基本知识以及如何诊断、如何改良和管理等问题。

目 录

前言

第一节 盐碱土的基本知识	1
一、盐碱土中的盐和碱以及盐碱土的类型	1
二、盐分的来源和运动的一般特性	7
三、盐分迁移和积聚的影响因素	14
四、盐碱是怎样危害植物生长的	19
第二节 盐碱土的诊断技术	22
一、盐碱土的性状诊断	22
二、盐碱土产生的环境诊断	39
三、盐碱土的成因诊断和作物耐盐力诊断	58
第三节 盐碱土的管理和改良	76
一、管理和改良的一般原则和概念	77
二、农业管理技术	82
三、水盐管理技术	101
四、不良理化性状的改良	136

第一节 盐碱土的基本知识

对作物和植物生长来说，盐碱土是一种含有障碍因子的土壤。本节介绍关于这种土壤的一些基本知识。

如果说盐碱土是一种因含易溶盐过多或强碱性而“生了病”^①的土壤（通常称障碍性土壤或低产土壤），那么，本节也可说是“病理”介绍吧！要讲的内容有：

盐碱土中的盐和碱以及盐碱土的类型；

盐分的来源和运动的一般特性；

盐分迁移和积聚的影响因素；

盐碱是怎样危害作物生长的。

一、盐碱土中的盐和碱以及盐碱土的类型

（一）土壤中的易溶性盐类 土壤是由固体、液体和气体三类物质组成的一个统一体。土壤的固体颗粒本身就是由多种矿物质盐类组成的，土粒间的孔隙里包含的水分中也溶有多种盐类。所以，几乎所有的土壤里，都或多或少地含有

^① “生病”的说法在科学上是不严格的，但是这种譬喻很形象和贴切，在这本小册子中权且用之。

盐类，而盐碱土则是指含有过多的易溶性盐类或交换性钠离子，以至危害作物正常生长或只能生长些耐盐植物的那些土壤。

土壤中的各种盐类具有各自不同的化学和物理性质，就它们的溶解于水中的能力来说，可以分为：

极难溶于水的盐类，如 SiO_2 （石英）等；

难溶于水的盐类，如铁、铝、锰的氢氧化物；

较难溶于水的盐类，如石灰（ CaCO_3 ）、石膏（ CaSO_4 ）等；

易溶于水的盐类，如食盐（ NaCl ）、泻盐（ MgSO_4 ）、芒硝（ Na_2SO_4 ）、苏打（ Na_2CO_3 ）、小苏打（ NaHCO_3 ）等。

在土壤中，以易溶盐类最活跃；它们可以从土壤中被淋洗出去，也可以在土壤里大量积聚。各种易溶盐类在土壤中的移动能力和特点是很不相同的，主要决定于它们各自不同的溶解能力——溶解度。溶解度是指一定温度条件下，单位容积水中溶解某盐类的重量，单位是克/100克。具体参见表1。

一般说来，盐类的溶解度越大，其活动和迁移的能力也越大。

各种盐类都是由阴阳两种离子组成的。在土壤的溶液中，盐类常常是以离子状态存在，主要的阴离子有 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- ，主要的阳离子有 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Na^+ 、 K^+ ，就是人们常说的盐碱土的八大离子。

另外还有一个离子，就是硼（B），超过一定含量，对作物的危害很大。

表 1 土壤中主要盐类在不同温度下的溶解度
(克/100克溶液)

溶解度 盐类 \ 温度 (°C)	0	10	20	30	40	50
Na_2CO_3 ①	6.5	10.9	17.9	28.4	32.4	32.1
NaHCO_3	6.5	7.5	8.7	10.0	11.3	12.7
Na_2SO_4 ②	4.3	8.3	16.1	29.0	32.6	31.8
NaCl	26.3	26.3	26.4	26.5	26.7	26.9
MgSO_4	18.0	22.0	25.2	28.0	30.8	33.4
MgCl_2	38.8	39.8	41.0	48.6	51.8	54.5
CaCl_2 ③	37.3	39.4	42.7	50.7	53.4	56.0

① 30℃以下含有10个结晶水，30℃以上无水。

② 30℃以下含有10个结晶水，30℃以上为斜方晶体。

③ 30℃以下含有6个结晶水，30℃以上为4个结晶水。

各盐类除溶解度不同外，其他的物理和化学性质也不相同。如 NaCl 、 Na_2SO_4 、 CaCl_2 、 MgCl_2 等属中性盐类，对土壤性质和作物危害能力相对较小。而 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 属碱性盐类，对土壤性质和作物生长的危害较大。另外，土壤中的一些极细的颗粒，直径小于 0.001 毫米时（常称粘粒）即有胶体性质，带负电荷，可以吸附土壤溶液中的阳离子—— Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Na^+ 、 K^+ 。吸附在土壤胶体上的阳离子可以与土壤溶液中的阳离子相置换，达到动态平衡。所以，把土壤胶体上的这些离子叫交换性离子。土壤中的交换性离子以 Ca^{++} 和 Na^+ 为多，有时还有 H^+ 。

（二）盐碱土中的盐和碱 上一段谈的是土壤中的各种易溶性盐类。易溶性盐类在土壤中积聚的过程叫盐化过程。这一段则着重谈谈土壤中的另一过程——碱化过程。

一般的土壤，以至含易溶盐很多的土壤，它们的粘粒上的交换性离子以 Ca^{++} 为主，两价的钙镁离子几乎占交换性阳离子总量的 100%。交换性钙离子对土粒可以起胶结作用，土壤表现出较好的结构状况和透水性能。如果土壤溶液中 Na^+ 增加并与 Ca^{++} 达到一定比例，它就会把土壤粘粒上吸附的交换性 Ca^{++} 置换出来，使交换性 Na^+ 在土壤粘粒上吸附并占有一定比例。随着交换性 Na^+ 在土壤中出现和达到一定比例，土壤就会发生一系列的化学和物理的变化。一是使土壤溶液中出现 Na_2CO_3 ，表现出很强的碱性，pH 值可达 9 以上。二是交换性 Na^+ 使土粒高度分散，湿时泥泞，干时坚硬，透水性很差。特别是在降水和灌溉的下行水流的影响下，上层的粘粒和腐殖质被淋到下层，形成一个粘重、色暗、湿时膨胀、干时坚硬、有大的垂直裂隙、呈棱柱状结构的强碱性的碱化层。此种过程土壤学上叫碱化过程。和盐化过程相比，它使土壤表现出一系列不良的物理和化学性状。

由此可知，盐碱土的盐化过程和碱化过程在发生上、性质上和土壤性状上都是不同的，应当区别开来。但是，二者间又有着一定的联系。一是碱化过程中交换性 Na^+ 能够置换交换性 Ca^{++} 而被粘粒所吸附的一个重要前提是土壤溶液中出现大量 Na^+ ，这是和土壤盐化分不开的。特别是在盐土脱盐后，土壤溶液中钠钙比值增大而引起 Na^+ 置换粘粒上的交换性 Ca^{++} ，使土壤发生碱化过程。另外，从化学的碱性角度来看，苏打盐类的土壤和交换性 Na^+ 形成的碱化土壤均属碱性土壤。在自然界中，还有许多又有盐化又有碱化的过渡类型的土壤。所以在发生上二者也是有着密切联系的。所以

在盐碱土的定义中指出：盐碱土是含过多易溶性盐类或交换性钠离子，以至危害作物正常生长的土壤。

(三) 盐碱土的类型 盐碱土的类型很多，划分的办法也不相同。有的是按盐碱土发生和分布在什么样的生物—气候条件来划分，如苏联把盐土分为草原盐土、非草原盐土和草甸盐土；碱土分草原碱土、荒漠草原碱土、荒漠碱土和草甸碱土。有的按其地面形态划分，如蓬松盐土、结壳盐土、潮湿盐土。我国华北农民分为白碱（面碱）、黑碱（锅巴碱）、油腻碱、瓦碱（牛皮碱）、马尿碱等。有的按对作物的危害程度以轻度、中度、重度来划分盐土和碱土。

但是，勿论用什么方法划分，化学性质还是基础。上面说的形态、生物、气候条件等划分方法也都是和盐碱土中各种盐类的组成和数量有关的。

按化学性质来划分盐碱土，也有不同的方法。比较常用的是划分为三大类：

盐土和盐化土壤；

苏打土和苏打化土壤；

碱土和碱化土壤。

所谓盐土、苏打土和碱土是指含盐量高或碱性强，一般作物和植物不能生长。盐化、苏打化和碱化是指含盐量或碱性较轻，一般作物和植物可以生长但受到不同程度抑制的土壤。也就是说，盐土和盐化土壤只是量上和程度上的差别，化学性质上是一样的。碱土和碱化土、苏打土和苏打化土也是此意。下面介绍这三大类土壤的进一步划分的方法。

1. 盐土和盐化土壤 盐土和盐化土壤是由 NaCl 、

Na_2SO_4 、 CaCl_2 、 MgCl_2 等中性盐类组成，碱性不强，pH 值一般不超过 8.5，没有碱土那样的强碱性和不良物理性状。

盐土和盐化土壤的进一步划分是按主要盐类组成与次要盐类组成的比例关系。一般以 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比值划分氯化物和硫酸盐类的土壤。具体指标如下：

$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} > 4$ 为氯化物类型；

$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 4—1 为硫酸盐-氯化物类型①；

$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 1—0.5 为氯化物-硫酸盐类型②；

$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} < 0.5$ 为硫酸盐类型。

以硫酸盐为主的盐土的地表常有松软的硫酸钠结晶，呈白色。故有称之为“面碱”、“白碱”、“扑腾碱”（华北农民常将盐和碱混同，科学上应严格分开）的。苏联叫蓬松盐土。

以氯化物为主的盐土的地表常有一层厚薄不一的灰色的盐壳。故华北农民称之为“黑碱”、“锅巴碱”。苏联叫“结壳盐土”。

以硫酸盐或氯化物为主的盐土或盐化土最常见，分布最广。此外还有一种以 CaCl_2 和 MgCl_2 为主的盐土。因这两种盐类具有很强的吸湿性，即可以在空气或土壤中吸着较多的水分，故称潮湿盐土。华北农民叫“黑油碱”、“油腻碱”或“万年湿”。

此外还有以硝酸盐为主的硝酸盐盐土、镁盐土等，但分布面积不大。

盐土和盐化土的划分指标根据各地气候及土壤条件的不

① 凡以两个离子命名者，排在后面的是主离子。

表2 我国不同地区盐化土和盐土的分级指标
(单位: 含盐量%)

	非盐化土	轻盐化土	中盐化土	重盐化土	盐土
黄淮海平原	<0.1	0.1—0.2	0.2—0.4	0.4—0.6	>0.6
银川平原	<0.1	0.1—0.3	0.3—0.6	0.6—1.0	>1.0
准噶尔盆地	<0.3	0.3—1.0	1.0—2.0	2.0—3.0	>3.0

同而不同, 可参阅表2。

2. 碱土和碱化土壤 碱土的划分是以碱化过程发育的程度, 同时考虑次要的成土过程。一般划分为典型碱土、腐殖质碱土 (也有叫草原碱土)、潜育碱土 (或称草甸碱土) 和龟裂碱土 (白僵土)。

碱化程度的划分除形态标志外, 主要以交换性 Na^+ 的百分数指标:

碱化程度:	轻碱化土	中碱化土	重碱化土	碱土
交换性 $\text{Na}^+\%$:	<5	5—10	10—15	>15

3. 苏打盐土和苏打化土壤 苏打盐土和苏打化土壤是以含碳酸钠和重碳酸钠的碱性盐类为其特征的土壤。所以, 是一种碱化的盐土。也有叫非构造草甸碱土 (即没有碱土棱柱状构造的B层)。

二、盐分的来源和运动的一般特性

(一) 盐碱土中的盐分是从哪里来的 从根本上说, 地球上的所有的易溶性盐类, 包括海洋在内, 都是来源于地球