

Typical Saline-Alkali Land
Ecological Restoration in Northern China

中国北方典型盐碱地 生态修复

孙兆军/编著



科学出版社

Typical Saline-Alkali Land
Ecological Restoration in Northern China

中国北方典型盐碱地 生态修复

孙兆军/编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对我国北方典型盐碱地植被重建困难、生态恢复缓慢等瓶颈问题,以生态恢复学原理为指导,以土壤改良利用为突破口,从土壤资源、植物资源和水资源等多角度介绍了盐碱地低成本治理、林草配比优化、耐盐植物选育、节水灌溉和精准施肥等盐碱地生态恢复关键技术,同时重点总结我国北方地区盐碱地改良的新经验、新成果。

本书可供相关行业从业者和地方的管理部门使用,也可供农业、林业、水资源、生态学、机械工业等领域的科研与教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国北方典型盐碱地生态修复 / 孙兆军编著. —北京: 科学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-03-053948-9

I. ①中… II. ①孙… III. ①盐碱地-生物土壤改良-研究-中国 IV. ①S156.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 168349 号

责任编辑: 李晓娟 / 责任校对: 彭 涛

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市春园印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 8 月第一次印刷 印张: 23 1/4

字数: 600 000

定价: 188.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

“十二五”林业公益性行业科研重大专项
——西北盐碱地生态恢复关键技术与示范（201504402）

“十二五”宁夏重点研发任务
——风光互补节水灌溉设备研制与盐碱地改良技术示范

“十一五”林业公益性行业科研专项
——河套灌区宜林荒地植被快速恢复关键技术研究（200804012）

联合资助

《中国北方典型盐碱地生态修复》撰写委员会

主 笔 孙兆军

副主笔 王 芳 何 俊 范秀华 许 兴 洪家宜
史振亚 张建秋 李 茜 万书勤 王淑娟
杨建国 冯 固 徐万里

成 员 (按姓氏汉语拼音排序)

鲍怀宁	班乃荣	边荣荣	毕江涛	陈卫民
董 良	樊丽琴	付志祥	苟宇波	韩 磊
黄菊莹	何宝国	何高明	胡 莽	焦炳忠
金晓明	李慧琴	李 明	李 华	李 彦
李金红	刘吉利	刘 娟	吕 雯	罗成科
马 飞	马 锐	马 欣	秦 萍	齐拓野
任秋实	沈吉祥	王 旭	王 正	王 静
王 力	魏永新	杨 军	姚冬梅	姚 源
肖国举	肖辉杰	张峰举	张俊华	张 欢
张培华	周晓楠	邹 璐	宋沙沙	

序

土壤盐碱化是一个世界性的环境问题。由于土壤盐渍化，使大量的土壤资源荒芜，并导致生态环境恶化，这不仅直接影响着农业生产，也成了各国生态恢复与可持续发展的障碍。对于我国来说，由于所处地理位置不同，加上气候条件各异，使得盐碱地的分布和类型也有很大差别，尤其是在我国北方广大降雨偏少地区，受强烈蒸发的影响，盐碱地不仅类型多、面积大、分布广，而且治理难度大。因此，我国土壤盐渍化地区的各级政府的低产田改造的工程，都将盐渍土的改良作为重要内容。

长期以来，我国科技工作者在盐碱地生态修复方面的研究取得了长足进展，不仅凝练出了不同类型盐碱地工程化治理的方案，而且形成了若干生态恢复技术模式，对于推进我国北方盐碱地生态恢复起到了重要支撑作用。

《中国北方典型盐碱地生态修复》一书结合我国北方生态建设的现状和需求，广泛凝聚了众多专家学者关于盐碱地生态修复方面的智慧和心血，在盐碱地生态修复关键技术研究、配套机械研发、不同区域盐碱地工程化改良等方面，进行了长期的研究积累，建立起了不同类型盐碱地生态修复的技术体系，对于当前和今后我国北方生态建设和环境治理都具有重要参考价值。

中国科学院院士
中国林业科学研究院 研究员

唐守正

前 言

盐碱土是地球上广泛分布的一种非地带性土壤类型，是一种重要的土地资源，全世界盐碱地面积约为 143.25 亿亩，主要分布在欧亚大陆、非洲、美洲西部等世界各大洲干旱地区。中国盐碱地面积约为 5 亿多亩，从太平洋沿岸的东海之滨到西北边陲的塔里木、准噶尔盆地，从海南岛的文昌到最北的内蒙古呼伦贝尔高原，从海拔 152 m 的艾丁湖畔到海拔 4500 m 的西藏羌塘高原均有分布，并且类型多样，其中盐土 2.1 亿亩，碱土 0.5 亿亩，各类盐化、碱化土壤为 2.7 亿亩。据估计，中国尚有 2.6 亿亩左右潜在盐渍化土壤，主要分布在北方地区，这类土壤若开发利用不当，极易发生次生盐渍化，将严重威胁生态环境安全。

当前，中国缓解和有效遏制土地盐碱化问题面临的形势十分严峻，盐碱地的改良与综合治理关系到国家后备耕地资源、区域粮食安全与经济发展等一系列重大问题的解决。然而，传统盐碱地治理改造的思想已经远远不能满足目前的改良需求。根据恢复生态学原理，透过全新视角，通过生态修复合理开发利用盐碱地资源，因地制宜发展盐碱地农业，努力拓展盐碱地开发利用途径，积极推进盐碱地资源的生态利用与产业化开发，对促进土壤盐碱化地区可持续发展具有重大意义。鉴于盐碱地生态修复的现实性、重要性和紧迫性，在综合集成了“十二五”林业公益性行业科研重大专项《西北盐碱地生态恢复关键技术与示范（201504402）》、“十二五”宁夏重点研发任务《风光互补节水灌溉设备研制与盐碱地改良技术示范》、“十一五”林业公益性行业科研专项《河套灌区宜林荒地植被快速恢复关键技术研究（200804012）》等研究成果的基础上，我们组织编写了《中国北方典型盐碱地生态修复》一书，力求为国家盐碱地可持续利用提供理论与技术支撑。

本书以半漠境内陆盐土区、青新极端干旱漠境盐土区、东北松嫩平原盐碱土区、滨海盐土区和海河平原盐渍土区盐碱地为研究对象，综合国内外研究进展，全面阐述了各区盐碱地类型、特征与成因，深入探讨了北方典型盐碱地改良及其生态修复目标和方法，分析总结了盐碱地生态修复与治理的关键技术、配套机械设备研发，提出了生态脆弱区不同类型盐碱地生态修复技术模式，为国家全面推进“三北”地区盐碱地生态修复提供技术支持，以为促进人与自然和谐统一，保障经济社会可持续发展尽绵薄之力。

本书是众多专家学者集体智慧的结晶。前言部分由孙兆军负责撰写；第 1 章由王芳、史振亚等负责编写；第 2 章由孙兆军、王淑娟、冯固、王芳等负责编写；第 3 章由何俊、孙兆军等负责编写；第 4 章由孙兆军、许兴、杨建国等负责编写；第 5 章由王芳、金晓明、李茜等负责编写；第 6 章由李茜、孙兆军、王芳等负责编写；第 7 章由王芳、徐万里、孙兆军等负责编写；第 8 章由孙兆军、王芳等负责编写；第 9 章由张建秋、范秀华等负责编写；第 10 章由张建秋、洪家宜等负责编写；第 11 章由万书勤、孙兆军等负责编

写；整体统稿由孙兆军、王芳完成。本书编写过程中得到了中国科学院，清华大学，国家林业局科学技术司、三北防护林建设局、中国林业科学研究院，北京林业大学，中国科学院地理科学与资源研究所，宁夏回族自治区林业厅、科技厅、宁夏大学等有关部门及众多不同领域专家的大力支持，以及徐旭常院士、唐守正院士、孟平研究员、赵秀海教授、康跃虎研究员、戈敢研究员、罗代勋研究员、许兆祯教授、蒋全熊教授等专家的悉心指导，谨以此向他们表示诚挚的谢意！

由于编著者研究领域和学识有限，书中还有诸多不足之处，恳请读者朋友们不吝赐教，我们将在今后工作中不断改进。

编者于宁夏大学
2017年8月

目 录

第1章 总论	1
1.1 盐碱地成因及其危害	1
1.2 盐碱地资源与分布	5
1.3 盐碱地研究内容与进展	12
1.4 盐碱地生态修复原理	17
1.5 盐碱地生态修复途径	20
1.6 盐碱地生态修复研究工作进展	26
第2章 盐碱地生态修复关键技术研究	33
2.1 盐碱地生态修复植物筛选研究	33
2.2 盐碱地水肥盐联合调控关键技术研究	40
2.3 盐碱地改良剂研制与快速培肥技术研究	102
2.4 盐碱地乔灌草区域格局配置研究	118
第3章 盐碱地改良及生态修复机械装备开发	134
3.1 土地整理装备开发	134
3.2 改良剂施用装备开发	171
3.3 盐碱地种植机械开发	195
3.4 盐碱地改良辅助设备开发	207
第4章 宁夏盐碱地改良与生态修复	220
4.1 宁夏盐碱地基本概况	220
4.2 宁夏河套灌区盐碱地改良与生态修复	226
4.3 宁夏旱区盐碱地改良与生态修复	234
第5章 内蒙古盐碱地改良与生态修复	238
5.1 内蒙古盐碱地基本概况	238
5.2 内蒙古河套灌区盐碱地改良与生态修复	241
5.3 内蒙古碱化土壤改良与生态修复	246
5.4 内蒙古旱区盐碱地改良与生态修复	254
第6章 甘肃盐碱地改良与生态修复	258
6.1 甘肃盐碱地基本概况	258
6.2 甘肃沿黄灌区盐碱地改良与生态修复	263
6.3 甘肃碱化土壤改良与生态修复	264
6.4 甘肃旱区盐碱地改良与生态修复	268

第7章 新疆盐碱地改良与生态修复	290
7.1 新疆盐碱地基本概况	290
7.2 新疆盐碱地改良与生态修复	298
第8章 青海盐碱地改良与生态修复	313
8.1 青海盐碱地基本概况	313
8.2 青海盐碱地改良与生态修复	317
第9章 东北松嫩平原盐碱地改良与生态修复	322
9.1 东北松嫩平原盐碱地基本概况	322
9.2 东北松嫩平原盐碱地改良与生态修复	326
第10章 海河平原盐碱地改良与生态修复	337
10.1 海河平原盐碱地基本概况	337
10.2 海河平原盐碱地改良与生态修复	342
第11章 滨海平原盐碱地改良与生态修复	347
11.1 滨海平原盐碱地基本概况	347
11.2 滨海盐碱地改良与生态修复	349
参考文献	353

第 1 章 | 总 论

1.1 盐碱地成因及其危害

1.1.1 盐碱土的概念

盐土和盐化土都含有一定的危害作物生长的水溶性盐分。碱土和碱化土虽含水溶性盐分不多,但土壤胶体含有较多的代换性钠,具有强碱性反应。这两类土壤的性质虽有很大的不同,但在发生形成上有密切联系,且常交错分布,在改良利用上有相似的地方,所以统称为盐碱土(王遵亲等,1993)。

可溶性盐分在土壤中积累而达到对植物有害的程度(含盐量达 $3\sim 6\text{g/kg}$ 时,大多数栽培植物的生长会受到影响)的过程称为土地盐渍化。在形成盐渍土的诸多成土过程中,土壤盐渍化过程起着主导或显著作用。各种发生盐化和碱化过程的土壤统称为盐渍土,包括盐土、碱土和各种盐化土、碱化土(佟才等,2004)。

1.1.2 盐碱地成因

盐碱地是由于自然因素和人类对土地的不合理使用所致。其形成与气候、地形、地貌、土壤质地、灌溉方式、植被破坏度、土壤耕作方式等有关,主要是由于土壤溶液中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子浓度达到对土壤性状和植物生长发育产生不良影响时,土壤变成盐碱地。

造成土壤中 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子浓度升高的原因是海水入侵、离子含量高的岩石或矿质分解、成土运动、施肥灌溉、动植物分解物等。通常情况下,土壤地下水与表层土壤水维持一定的动态平衡,地下水位恒定,表层土壤中的离子含量相对稳定。气候干旱时,土壤蒸发量增大,土壤水分含量下降,引起地下水沿土壤毛细管上移,土壤中的盐分也随着水分同时移动。水分蒸发以后,盐分则在土壤表层积累,盐离子达到一定高的浓度时,就发生土壤盐碱化。所以,绝大部分盐碱土分布在干旱、半干旱地区(侯倩倩等,2011)。

盐碱地是各种盐土和碱土以及不同程度盐化和碱化土壤的总称。当土壤表层含盐量超过 0.6% 时即属盐土;表层含盐量一般不超过 0.5% ,土壤溶液中含有一定量的苏打,土

壤胶体的交换性钠占交换性阳离子总量 20% 以上, pH 一般为 9 或更高的土壤称为碱土。

20 世纪以来, 人们对土地的不合理使用加剧了土壤盐碱化。土地盐碱化的主要原因有洪涝灾害侵害、不合理的农田灌溉、土壤耕作方式不当、水文尤其是地下水位、植被及地质结构与气候特征等因素 (Sreenivas et al., 1995)。

1.1.2.1 洪涝灾害侵害农田

当发生洪涝时, 水分较长时间覆盖在土壤表面, 土壤毛细管被水分填充, 使地下水与表层水连通, 地下水位提高。洪水退去, 表层水蒸发时, 地下水中的盐分会在土壤表层过量积累, 引起土壤盐碱化。

1.1.2.2 不合理的农田灌溉

在干旱地区, 为了提高农业产量, 灌溉是通常的农事活动。如果灌溉方式和用水量适当, 则不会对土壤地下水位产生影响, 只是补足土壤含水量。但是, 大部分地区一般采用大水漫灌。这样如同发生洪涝, 极易引发土壤盐碱化。如果灌溉用水中盐分离子含量过高, 长期使用这样的水, 也会使盐分离子在土壤中过量积累, 从而发生土壤碱化。

1.1.2.3 植被破坏

植被破坏尤其是砍伐森林, 会打破土壤与地下水位之间的平衡。森林蒸腾量大, 可以使地下水位保持在一定深度。当树木被伐掉, 种植农作物或土壤裸露时, 一方面水分蒸腾量降低, 地下水位上升; 另一方面降水进入土壤的比例加大, 也会抬升地下水位, 从而导致土壤盐碱化。由于生态环境恶化和人为开发不当, 土地盐碱化呈局部治理、整体恶化、面积增加的趋势, 尤其是已经成为影响区域经济发展和生态恢复的重要因素。

1.1.2.4 土壤耕作方式不当所致

受传统农业的影响, 连年的翻耕切断了作物的根系, 也因此切断了水分和空气在土壤中上下运行的通道。翻耕把地表仅有的植被翻入地下, 使地表完全处于裸露状态, 春季大风使土壤内的水分大量蒸发, 而水中的盐分却留在土壤内潜水层, 此时植物的排水量微乎其微, 水分只能由土体表面蒸发, 盐分随水分向上走而积于地表, 久而久之, 造成土壤的次生盐渍化。在施用化肥后, 有效成分被作物吸收后, 剩余的部分会残留在土壤中, 随土壤水分蒸发沿毛细管上升, 最终集聚在土壤表层, 如硫酸铵、氯化铵等。这些肥料中可利用的成分被吸收后剩下的硫酸根、氯根等在土壤中产生硫酸盐、氯化物, 使土壤内盐离子浓度增加, 从而加重土壤盐碱化程度。

1.1.3 盐碱地类型

世界各国不同区域盐渍土形成的自然条件、成土过程及类型特性不尽相同, 分类原则和标准也未有统一。但从世界主要国家常用的盐渍土分类系统来看, 将盐渍土分为盐土和

碱土两个土类是基本一致的(祝寿泉和王遵亲, 1989)。我国目前有各种盐渍土资源面积约 $3.47 \times 10^7 \text{ hm}^2$ (俞仁培和陈德明, 1999), 分为盐土和碱土两大类。

盐土是盐碱土中面积最大的一类, 主要是指土壤表层含可溶性盐分超过 $0.6\% \sim 2\%$ 的一类土壤。氯化物为主的盐土毒性较大, 含盐量的下限为 0.6% ; 硫酸盐为主的盐土毒性较小, 含盐量的下限为 2% ; 氯化物—硫酸盐或硫酸盐—氯化物组成的混合盐土毒性居中, 含盐量下限为 1% (王遵亲等, 1993)。含盐量小于这个指标的, 就不列入盐土范围, 而列为某种土壤盐化类型, 如盐化棕钙土、盐化草甸土等。

碱土是盐碱土中面积很小的一种类型, 碱土中吸收性复合土体中代换性钠的含量占代换总量的 20% 以上。小于这个指标只将它列入某种土壤的碱化类型, 如碱化盐土、碱化栗钙土。土壤的碱化程度越高, 土壤的理化性状愈差, 湿时膨胀、分散、泥泞, 干时收缩、板结、坚硬, 通气透水性非常差。这些特征形成主要是由于 Na^+ 具有高度分散作用, 它与土壤中的其他盐类发生代换作用, 形成碱性很强的碳酸钠。碱土对植物的危害作用很大程度就是碳酸钠的毒害作用。而大多数土壤在盐化的同时, 其碱化的程度也很高, 两者在形成过程中有着密不可分的联系。碱土又可分为: 草甸碱土、草原碱土、龟裂碱土和镁质碱土等(祝寿泉和王遵亲, 1989)。

1.1.4 土壤盐碱化的诊断

在一定区域或一些特定地块判断是否发生土壤盐碱化以及盐碱化的程度有许多方法。最直接的方法是采集土壤样品进行盐分含量测定, 缺点是要多点取样, 费时费力。通常情况下把地下水位或埋深作为衡量土壤次生盐渍化发生的主要指标。一般而言, 地下水埋深小于 1m 为重度盐渍化区, 埋深在 $1 \sim 2\text{m}$ 为中度盐渍化区, 埋深 $2 \sim 3\text{m}$ 为轻度盐渍化可能发生的区域, 再结合土壤状况划分潜在盐渍化区域。也可通过观察盐渍土地表观来鉴别盐分种类。

氯化物: ①盐卤 (MgCl_2 、 CaCl_2): 地表潮湿, 呈暗褐色, 有油泽感(巧克力色泽), 群众称“黑油碱”、“卤碱”、“万年湿”, 用舌尖尝有苦味。②食盐 (NaCl): 地表有一层厚薄不一的盐结皮或盐壳, 人踩上去有破碎的响声, 群众称“盐碱”。用舌尖尝有咸味。在重度盐化地和滨海盐土地表有盐霜及食盐结晶。

硫酸盐: ①芒硝 (Na_2SO_4): 地表呈白色, 土壤呈蓬松粉末状, 人踩上去有松软陷入感, 群众称“水碱”、“白不咸”、“毛拉碱”。用舌尖尝有一种清凉感。② NaCl 与 Na_2SO_4 混合的氯化物——硫酸盐的结壳蓬松盐渍土, 群众称“扑腾碱”, 人踩上去发出“扑扑”的声音, 用舌尖尝有咸、凉感觉。

碳酸盐: ①苏打 (Na_2CO_3): 苏打盐渍土地表呈浅黄色盐霜、盐壳, 有的盐壳有浅黄褐色的渍印, 用舌尖尝之味涩、咸, 稍苦。雨后地面水呈黄色, 似马尿, 群众称“马尿碱”。②小苏打 (NaHCO_3): 地表发白、无盐霜, 但地表有一层盐分板结的壳, 干时有裂缝, 极少有植被。群众称“瓦碱”、“缸碱”、“牛皮碱”; 有一种地表呈有规律的龟裂纹理、裂隙 2cm 、结壳十分坚硬的龟裂碱土, 宁夏称“白僵土”, 东北称“碱巴拉”。

1.1.5 盐碱化对植物的危害

土地盐渍化是土地荒漠化的主要类型，不仅破坏土地资源，给农牧业生产造成巨大损失，而且对区域生态环境和当地居民的生活构成严重威胁，表现出对经济、环境和社会三方面的危害。从今后发展看，随着土地灌溉面积的逐年扩大，温室效应引起的全球气候变化所造成的旱象增加，海平面上升，都直接或间接地加剧了积盐过程，受潜在盐碱化的威胁，土地盐碱化还将继续扩展，由此带来一系列的环境问题、农牧业持续发展问题和贫困问题，给人类社会造成很大影响。据估计，全球受盐渍化影响的国家和地区有 100 多个，盐渍化土壤面积约占陆地总面积的 30% 左右，随着水资源匮乏及土地荒漠化的日益严重，至 2050 年将有过半的耕地盐渍化。我国的盐渍土比例和程度明显高于世界平均水平，目前已有近 1/3 灌区的土壤存在盐渍化问题，而且在盐渍化土地中，中重度盐渍化土地所占比例较高。因此，在盐碱地生态修复过程中，首先必须搞清楚盐碱地对植物的影响，才能准确把握盐碱地生态修复的关键，进而提高盐碱地生态修复效果。具体来说，盐碱地对植物生长的影响有以下几方面：

1.1.5.1 引发生理干旱

由于盐碱土中积盐过多，土壤溶液的渗透压远高于正常值，导致植物根系吸收养分、水分非常困难，甚至会出现水分从根细胞外渗的情况，破坏植物体内正常的水分代谢，造成生理干旱、叶片萎蔫、生长停止甚至全株死亡。一般情况下，土壤表层含盐量超过 0.6% 时，大多数植物已不能正常生长；土壤中可溶性含盐量超过 1.0% 时，只有一些特殊耐盐植物才能生长。

1.1.5.2 危害植物体组织

在土壤 pH 居高的情况下， OH^- 对植物体产生直接毒害作用。植物体内积聚的过多盐分使蛋白质合成受到严重阻碍，从而导致含氮的中间代谢产物积累，造成植物体组织的细胞中毒。另外，盐碱的腐蚀作用也能使植物组织直接受到破坏。

1.1.5.3 滞缓营养吸收

过多的盐分使土壤物理性状恶化、肥力降低，植物体需要的营养元素摄入减慢，利用转化率也减弱。而 Na^+ 的竞争，使植物体对钾、磷和其他营养元素（主要是微量元素）的吸收减少，磷的转移受抑，严重影响植物体的营养状况。

1.1.5.4 影响气孔开闭

在高浓度盐分作用下，叶片气孔保卫细胞内的淀粉形成受阻，气孔不能关闭，植物容易因水分过度蒸腾而干枯死亡。

因此，盐碱化土地的治理和利用已经成为我国目前亟待解决的问题。尤其是进入

21 世纪以来，人类面临的人口增加、资源枯竭、可耕地减少、土地沙漠化和盐碱化严重等重大问题，特别是在发展中国家，人口问题、土地资源问题尤为突出，其中土地沙漠化、水土流失和盐碱化呈现逐步加重的趋势。迫使人们不断开发新的土地资源，以确保耕地安全、粮食安全和生态安全（王学峰，2005）。虽然，多年来国内外在盐碱地改良技术方面已经取得了许多成功的经验，但由于各地土壤、地下水、气候和生态环境等主要影响因素不同，改良效果差距很大。因此，盐碱地的改良是一个长期的系统过程，盐碱地改良利用的核心是改善作物生长的土壤环境。开展我国北方典型盐碱地植被恢复技术研究，是北方不同类型盐碱地治理技术和森林生态系统重建的重要组成部分，是继防沙治沙恢复生态植被的又一生态重建重大研究课题。

1.2 盐碱地资源与分布

1.2.1 世界盐碱地资源与分布

盐碱土是地球上广泛分布的一种非地带性土壤类型，是一种重要的土地资源。全世界盐碱地面积约为 9.55 亿 hm^2 ，分布在世界各大洲干旱地区，主要集中在欧亚大陆、非洲、美洲西部（赵可夫等，2013）。在各地区的分布见表 1-1。由于所处地理位置不同，气候条件各异，盐碱地在不同国家和地区的分布也有很大差别。世界分布前十名的国家见表 1-2。

表 1-1 盐碱土在全球各大地区的分布

地区	面积/万 hm^2	比率/%
北美洲	1 575.5	1.65
墨西哥和中美洲	196.5	0.21
南美洲	12 916.3	13.53
非洲	8 053.8	8.43
南亚	8 760.8	9.17
北亚和中亚	21 168.6	22.17
东南亚	1 998.3	2.09
大洋洲及周边地区	35 733.0	37.42
欧洲	5 080.4	5.32
合计	95 483.2	100

表 1-2 世界上盐碱土分布最多的国家和地区

国家	面积/万 hm ²	占世界面积比例/%
澳大利亚	35 724. 0	37
原苏联	17 072. 0	18
中国	9 913. 3	10
印度尼西亚	1 321. 3	1. 4
巴基斯坦	1 045. 6	1. 1
印度	700. 0	0. 7
伊朗	672. 6	0. 68
沙特阿拉伯	600. 2	0. 6
蒙古	407. 0	0. 4
马来西亚	304. 0	0. 3
合计	67 760. 0	70. 18

1. 2. 2 中国盐碱地资源与分布

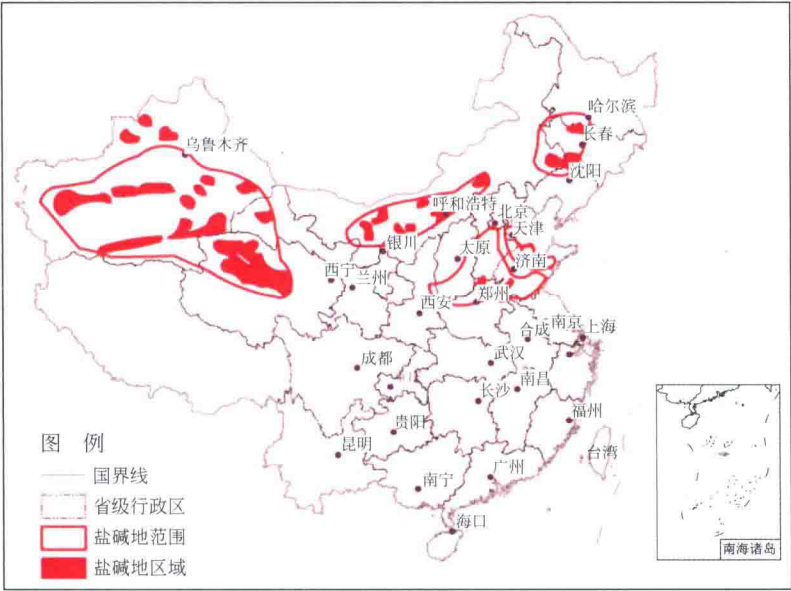
我国的盐渍土可以粗分为盐化土和碱化土两大系，其中盐土可分为滨海盐渍土、草甸盐土、潮盐土、沼泽盐土、典型盐土、洪积盐土、残积盐土、碱化盐土等；碱土则可分为草甸碱土、草原碱土、龟裂碱土和镁质碱土。各类土壤的特性及其分布规律都有不同（赵可夫等，2013）。

根据农业部组织的第二次全国普查资料统计（1979 ~ 1985 年），我国盐渍土的面积 5.2 亿亩^①（不包括滨海滩涂），其中盐土 2.4 亿亩，碱土 1299.91 万亩，各类盐化碱化土壤 2.7 亿亩。在 5.2 亿亩盐渍土中已开垦种植的为 8652.58 万亩。根据王遵亲等（2000）编绘的《中国盐渍土资源分布图》量算，我国尚有 2.6 亿亩左右潜在盐渍化土壤，这类土壤如果灌溉不当，有可能发生次生盐渍化。根据目前公开的数据统计，全国的盐碱化土地面积大约在 14.8 亿亩，占世界盐碱土面积的 10% 左右，与我国 18 亿亩的耕地红线面积相近。据第五次全国荒漠化和沙化监测结果显示，我国的盐渍化土地面积为 17.19 万 km²，而这里的盐渍化土地主要是盐碱地。

我国盐碱土主要分布在东北、华北、华东、西北四大区域，即“三北”地区和华东及东南沿海地区（图 1-1）。“三北”地区又是我国受盐碱化危害最严重的地区，盐碱地分布面积大，范围广，土地利用率和产出低，不仅造成大量土地退化甚至荒芜，严重影响区域农牧业生产，而且使当地生态环境恶化，造成严重的生态问题和社会问题。要改善本地区农牧业生产条件和生态环境，解决贫困人口脱贫问题，就必须在“三北”地区开展大规模、系统性的盐碱地治理工作，从根本上解决盐碱危害，促进本地区社会、生态和经济协

① 1 亩 ≈ 666.7 m²。

调发展。本书主要针对目前各地所开展的盐碱化土地治理模式进行详细介绍和评价，为今后我国“三北”地区盐碱地治理工作提供技术依据。



1.2.2.1 西北地区盐碱地分布

西北盐碱地分布区域可以划分为半漠境内陆盐土区和青新极端干旱漠境盐土区。其中半漠境内陆盐土区包括甘肃河西走廊和宁夏与内蒙古的河套灌区，青新极端干旱漠境盐土区包括青海盐碱土区、新疆伊犁河谷与南疆（表 1-3）。其中盐渍土面积有近亿亩，且呈连片分布，主要表现为土壤积盐量高，盐分组成复杂，大部分为氯化物—硫酸盐或硫酸盐—氯化物。河西走廊的盐土，有大量的石膏和碳酸镁累积，而宁夏碱化土壤则有大面积的龟裂碱化土。西北黄河灌区是我国土壤盐渍化发育的典型地区。独特的地理位置和多变的气候条件，造成这一地区冬季严寒少雪，夏季高温干热，昼夜温差大。加之蒸发量大，降雨较少，地下水的运动属于垂直入渗蒸发型，灌溉水中含盐量约为 0.5g/L，这些因素决定了河套灌区盐碱化程度较严重。内蒙古河套灌区轻度盐化土壤（含盐量 2~4g/kg）占耕地面积 24%，中、重度盐碱化土地占耕地面积 31%。碱化土壤主要包括碱化盐土、苏打碱化盐土、碱化草甸土、盐化碱化草甸土、碱化沼泽土等类型（表 1-4）。

表 1-3 西北各省盐碱土面积及比例

省 (自治区)	总面积/ $\times 10^6 \text{ hm}^2$	耕地面积/ $\times 10^6 \text{ hm}^2$	盐渍土面积/ $\times 10^6 \text{ hm}^2$	占总面积比例/%	占耕地面积比例/%
新疆	166.49	4.06	11	6.61	270.94
甘肃	45.37	5.41	1.04	2.29	19.22