

世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施

张建锋, 张旭东, 周金星, 刘国华, 李冬雪
(中国林业科学研究院林业所, 国家林业局林木培育实验室, 北京 100091)

摘 要: 目前, 全球盐碱地面积已达9.5亿hm²。土壤盐碱化已成为重要的环境问题之一。究其原因主要是不适当灌溉, 植被破坏和海水内侵。在人口不断增长, 耕地逐渐减少的情况下, 改良利用盐碱地具有重要意义。采取的基本方法包括工程措施、耕作措施和综合措施。植树造林是改良盐碱地的生物措施之一, 不但可以改善环境, 抑制土壤盐碱化, 而且可以直接利用盐碱地生产林木果品, 提高盐碱地的生产能力和经济效益。

关键词: 盐碱地; 改良; 造林技术

中图分类号: S156.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2005)06-0028-03

World Resources of Saline Soil and Main Amelioration Measures

ZHANG Jian-feng, ZHANG Xu-dong, ZHOU Jin-xing, LIU Guo-hua, LI Dong-xue
(Silvicultural Laboratory of Chinese State Forestry Administration,
Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Saline land area has reached 950 million hm² on the earth. Thus soil salinization becomes one of the serious environmental issues. The occurrence of salinization are mainly due to unsuited irrigation, plant community damage and seawater intrusion. At present world population is growing, while arable land is decreasing. To cope with the situation, amelioration and utilization of salt-affected soil is vital and significant. There are various ways such as engineering measures, farming measures and comprehensive measures to reclaim and exploit this land. Planting trees is an important biological measure to utilize saline soil, which can not only improve environment, also increase soil productivity with producing wood and non-wood forest products.

Key words: saline soil; amelioration; forestation techniques

人类进入21世纪, 科学技术的发展达到了一个新的阶段, 极大地推动了社会经济的进步。另一方面, 人类面临的问题仍然十分突出, 如气候变化、土地沙漠化、盐碱化、环境污染等^[1, 2]。在发展中国家, 由于人口日益增长, 耕地面积不断减少, 大量森林、草地、湿地等被开垦为耕地, 进行集约经营, 破坏了原有植被和土壤结构, 导致土地盐碱化^[3~5]。在2002年9月约翰内斯堡召开的第二次国际可持续发展会议指出, 继第一次国际可持续发展会议(1992年里约热内卢)10年之后, 全球面临的人口-环境-资源问题更加严重, 其中土地沙漠化、水土流失和盐碱化呈现逐步加重的趋势。据估计, 全球盐碱地每年以 $1 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^6$ hm²的速度在增长^[6]。

解决这一问题的根本途径在于恢复植被, 改善土壤结构^[7]。其中盐碱地造林绿化是重要的措施之一, 它不仅可以改善环境, 调节小气候, 而且可以直接利用盐碱地生产林木产品, 增加供给, 减轻耕地压力, 还可以增加就业, 吸收剩余劳动力, 提高农民经济收入^[8, 12]。

为此, 了解盐碱地的资源现状, 探讨盐碱土的成因和特征, 对于加速盐碱地改良利用, 缓解土地压力是十分必要的。

1 盐碱地资源

1.1 世界盐碱地资源现状

盐碱地(土)是盐化土、碱化土和盐碱土的总称。在土壤分类学上, 不同的国家和国际组织对盐碱土的划分采用不同的分类系统。现在, 通常用土壤溶液电导率和可交换性钠吸收比率作为划分土壤盐碱化程度的标准。一般公认的量化指标见表1。

表1 盐碱土分类的量化指标

土类	盐化土	碱化土	盐碱土	非盐碱土
可交换性Na比率	< 15	> 15	> 15	< 15
土壤溶液电导率	> 4	< 4	> 4	< 4
pH	< 8.5	> 8.5	> 8.5	< 8.5

人类在农业生产过程中, 对盐碱土的性状很早就有了认识和记载。世界上见诸文字最早的是伊拉克^[10]。公元前2400年就对盐碱土有了分类与形状描述记录。

在中国, 相传公元前2200年大禹治水时, 采用沟渠排灌网对盐碱地进行了改良, 并在随后的农书“禹贡”中对盐碱土(鹵土)进行了分类与专门描述。这些都说明, 土壤盐碱化是

* 收稿日期: 2005-01-05
基金项目: 国家十五攻关项目(2002BA516A13); 国家自然科学基金项目(50239080-1-3)资助
作者简介: 张建锋(1966-), 男, 山东东阿县人, 副研究员, 博士, 主要从事森林培育与生态学的研究, 已发表文章50余篇。

与人类活动相伴而生的, 并且随着人类文明的发展与进步而在不断加重与扩大。

当前, 全球盐碱地面积已达 9.5 亿 hm^2 ^[11], 分布在从寒带、温带至热带的各个地区, 从美洲、欧洲、亚洲到澳洲, 遍及各个大陆及亚大陆地区。在各地区的具体分布见表 2^[11]。

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分布也有很大差别。世界分布前十名的国家和地区见表 3^[1, 6, 11]。

1.2 中国盐碱地资源和分布

中国地域广大, 气候多样, 盐碱土的分布几乎遍布全国。但各地差异显著, 不但面积有别, 而且盐分组成与成因也颇为不同。一般分为 5 个区:

(1) 西北内陆盐碱区。包括新疆大部分地区, 青海的柴达木盆地, 甘肃的河西走廊和内蒙古西部。该区属大陆性气候, 年降雨量 100~300 mm, 地下水位 3~10 m, 部分地区 1~2 m, 地下水矿化度 3~5 g/l, 最高达 10 g/l; 主要盐分是 Cl^- 、 SO_4^{2-} , 盐分含量 1%~4%, 表层土壤可高达 20%。

表2 盐碱土在全球各大地区的分布

地区	面积/ 10^3hm^2	比率%
北美洲	15755	1.65
墨西哥和中美洲	1965	0.21
南美洲	129163	13.53
非洲	80538	8.43
南亚	87608	9.17
北亚和中亚	211686	22.17
东南亚	19983	2.09
澳洲及周边地区	357330	37.42
欧洲	50804	5.32
合计	954832	

表3 世界上盐碱土分布最多的国家和地区

国家和地区	面积/ 10^3hm^2
澳大利亚	357240
前苏联	170720
中国	36658
印度尼西亚	13213
巴基斯坦	10456
印度	7000
伊朗	6726
沙特阿拉伯	6002
蒙古	4070
马来西亚	3040

(2) 黄河中游半干旱盐碱区。包括青海、甘肃东部、宁夏内蒙的河套地区以及陕西、山西的河谷平原。该区地形复杂, 干旱, 多风, 年降雨量 150~400 mm, 排水条件差。盐碱土在黄河冲积平原和黄土高原呈带状分布。

(3) 黄淮海平原干旱半干旱洼地盐碱区。包括黄河下游, 海河平原, 黄淮平原, 地跨京津冀鲁豫以及皖北、苏北平原。该区降雨量由北向南从 400 mm 递增到 800 mm, 约有 70% 的年降水集中在 6~9 月份。地下水位 1~3 m, 地下水矿化度 2~5 g/l, 最高达 10 g/l; 主要盐分是 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 。

(4) 东北半湿润半干旱低洼盐碱区。包括松嫩平原, 辽西盆地, 三江平原和呼伦贝尔地区。该区年降雨量 500~700 mm, 地下水位 2 m, 矿化度 2~5 g/l, 最高达 10 g/l; 盐分含量通常低于 0.3%, 主要盐分是 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 。

(5) 沿海半湿润盐碱区。包括华东、华南及江北沿海地区, 该区主要属季风性气候, 年降雨量由北向南从 600 mm 递增到 1000 mm, 地下水位 0.5~2.5 m, 地下水矿化度大于 10 g/l, 最

高达 50 g/l, 盐分含量一般在 0.4% 以上, 主要盐分是 Cl^- 。

2 土壤盐碱化成因

2.1 土壤中的盐分来源

土壤中的盐分包括不同的离子, 如 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等。通常情况下, 它们在土壤溶液中作为营养成分。当这些离子的浓度达到足以对土壤性状和植物生长产生不良影响时, 就成为盐分。主要来源有:

(1) 海洋, 如风暴潮、海雾、海水入侵等。(2) 土壤母质, 如离子含量高的岩石、火山灰和矿质分解等。(3) 成土运动, 如自然条件下离子变化。(4) 过量施肥, 肥料中的一些离子残留在土壤中。(5) 动植物分解物, 一部分无机离子如不能全部被植物吸收利用, 则进入土壤。

2.2 土壤盐碱化成因

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, 土壤中的水分含量下降, 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运动。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^[3]。所以, 绝大部分盐碱土分布在干旱、半干旱地区^[11]。

当发生洪涝时, 水分较长时间覆盖在土壤上面, 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。

不受人为影响, 自然发生的土壤盐碱化称为原生盐碱化。由于人类活动引发的土壤盐碱化称为次生盐碱化。

发生次生盐碱化的主要原因一为灌溉不当, 二为植被破坏, 三为海水入侵。

在干旱地区, 为了提高农业产量, 灌溉是通常的耕作活动^[12]。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, 只是补足土壤饱和含水量。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。

如果灌溉用水中盐离子含量过高, 长期使用这样的水, 也会使盐离子在土壤中过量积累, 发生土壤盐碱化^[9]。

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^[13]。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^[14]。

在沿海地区, 气候干旱时, 大量开采地下水, 使地下水位下降, 地下水呈漏斗形分布, 打破了淡水层与咸(海)水层之间的界线, 海(咸)水进入淡水区, 再提水灌溉时, 过量的盐离子进入农田, 引起土壤盐碱化。

3 盐碱地改良利用的基本措施

3.1 工程措施

前面已经讨论了盐碱土的成因以及它的性质与特点。了解这些问题, 就可以采取针对性措施, 因地制宜, 进行盐碱地改良利用。根据盐碱土的成因、特点、利用目的等, 相应地采取工程措施、耕作措施和综合措施。

工程措施包括整平土地, 建立完善的排灌系统, 深翻改土, 换土, 淋洗, 淤积等。

干旱半干旱地区发生土地盐碱化的主要原因在于地表

蒸发量过大。整平土地可以降低水分蒸发量,同时有利于在一定范围内保持地下水位一致。土地平整过程中还能够翻动土壤,切断土壤毛细管,减少盐分上升。

建立完善的排灌系统,使旱能灌,涝能排,并且灌水量适当,排水及时,是盐碱地农业利用中最基本的要求。排灌系统包括井、沟、渠配套。在生产实践中,盐碱区劳动人民总结出“上农下鱼,沟灌沟排”的盐碱地利用模式,即在农田中每一定面积挖一水沟,挖出的土筑成台田,种植作物,沟中养鱼。干旱时用沟渠引水灌溉;降雨时表层土壤中的盐分可以随水进入沟中;洪涝时利用沟网进行排水。

我国科技人员在内陆盐碱区进行盐碱地改良利用研究时,提出了井灌井排的生产模式,即在一定面积的农田中打一深井,干旱时用井水灌溉,下雨时盐分随水分一起下渗到井中。这种排灌系统需要的井较多,井还要达到一定深度。所以,生产成本较高。最好是井、沟、渠配套。

深翻改土是把盐碱土就地挖沟深翻,表层含盐量高的熟土垫在沟底,挖出的深层土放在地表。该办法可以有效地降低土壤盐分,但用工量大,维持的时间有限,适用于小面积集约经营的土地。

换土是把盐碱土运走,换上一层好土,或者运走一部分盐碱土,把好土与留下的盐碱土混合。这样也能有效地降低土壤含盐量,但需要的好土量大,来源和运输都成问题,因而生产成本较高,只适用于特殊的土地利用。

淋洗、淤积是水利措施,在水源丰富的盐碱地区常用。一般是在土壤表层盐分含量高时,用淡水漫灌,使盐分随水分下渗到土壤深层。如果使用的淡水中含有大量泥沙,如黄河水,则淋洗同时成为淤积:一层富含丰富营养的新土覆盖在原来土壤表面。在黄河下游地区以前常用此法改良盐碱地。近几年,春季黄河下游常缺水或断流,无水可用,此法也失之效用。

上述工程措施都不能从根本上降低土壤盐分。所以,改良利用盐碱地还要结合采用其它措施。

3.2 耕作措施

针对盐碱土的特点,在农业生产中采取一切必要措施,降低土壤盐分含量(短时间的或持续的)是盐碱地改良利用的要务。为了达到这一目标,实行有效的耕作措施是其中之一。它包括深耕细耙、增施绿肥和发展节水农业。

深耕细耙可以防止土壤板结,改善土壤团粒结构,增强透水透气性,改良土壤性状,保水保肥,降低盐分危害。

增施绿肥可以增加土壤有机质含量,改善土壤结构和根际微环境,有利于土壤微生物的活动,从而提高土壤肥力,抑制盐分积累^[14]。

发展节水农业是干旱半干旱地区农业生产的惟一出路。主要措施是种植耐旱作物,采用滴灌、喷灌、管灌等新型灌溉方式,这样不仅解决水源不足的问题,还能防止土壤盐渍化,

参考文献

- [1] 张建锋. 中国盐碱地造林绿化的理论与实践[A]. 刘小京, 刘孟雨. 盐生植物利用与区域农业可持续发展[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 221- 225.
- [2] 张建锋, 等. 植物耐盐机理与耐盐植物选育研究进展[J]. 世界林业研究, 2003, (2): 16- 22.
- [3] Doran, John C, Turnbull J W. Australian Trees and Shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics[M]. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1997.
- [4] Mainguet M. Aridity drought and human development[M]. Berlin, Heidelberg: Springer-verlag, 1999.
- [5] 张建锋, 等. 盐碱地改良利用与造林技术[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 124- 129.
- [6] Kovda V A. Loss of productive land due to salinization[J]. Ambio, 1983, X II(2): 91- 93.

促进作物生长,提高产量和质量。

除此之外,有些地方还尝试在盐碱地上种植耐盐作物、蔬菜等,如辽宁营口、山东东营等在盐碱地上种植水稻,以水压盐,田中养鱼,放鸭,效果很好^[8]。有的地方在试验用微咸水灌溉。这种情况下,作物品种要细心选择,微咸水的盐分组成和含量应该弄清,更重要的是灌水量要严格掌握。

3.3 综合措施

土壤盐碱化涉及到多方面的因素,因而盐碱地改良也应采取综合措施,在一定区域内对盐碱地进行统筹规划,综合治理,实现农林水协调发展。

作物生长在自然环境中,对气候和土壤有很强的依赖性。要在盐碱地上发展农业生产,更需要改善自然环境。前面介绍的工程措施和耕作措施对改良土壤有一定的作用。但作为综合措施之一的植树造林除了能够降低地下水位,抑制盐分上升外,还能调节小气候,减缓旱涝危害^[12]。

已经知道,土壤盐碱化与地下水位有关。树木在抑制地下水位上升方面有无可替代的作用:(1)能够减少对地下水的补充。绝大多数情况下,地下水的补充源于降雨。当有树木存在时,土壤中由于降雨增加的水分有相当一部分被树木利用或蒸腾,一部分滞留在枯枝落叶层中;而在其它植被或裸地上,降水则大部分补充为地下水。据测算,树木对降水的截留量是作物或草地的10(100)倍^[4]。(2)能够增加水的消耗。树木枝叶繁茂,根系深广,蒸腾量大。

一般情况下,树木根系可直达地下水,通过大量蒸腾,降低地下水位。作物的根系浅,生长季节短,很少消耗地下水(人工提水灌溉除外)。

建立合理的林带结构,还能降低风速,减少地表蒸发,增加水平降水,提高空气湿度,在一定程度上改善有利于作物生长的小气候^[7]。

林带营建应结合沟渠路建设,协调进行。一般沿与当地主风向垂直的道路营造主林带,沿沟渠营造副林带。这样,在建立完善的排灌系统的同时,也营建起完善的农田防护林网^[9]。

在有些地方,针对盐分特点,向田间施加一些可以抵消盐分作用的化学物质如石膏等,进行化学改良,其原理是离子间的作用,如 Ca^{2+} 的增加可以减小可交换性 Na^+ 的比率。这要求详细测定土壤盐分组成和含量,以此计算出所需的化学物质量,严格实施^[14]。盐碱地改良利用是一项涉及多学科,长期复杂的研究课题。经过多年攻关,在该项研究中已取得很大进展。其中盐碱地造林技术达到了国际先进水平,在树种选择、栽植技术、林分管理等方面有了理论上的突破;在生产实践中,大面积的防护林、水土保持林、水源涵养林在沿海和内陆盐碱地区营建起来,发挥了很好的作用。总结盐碱地改良利用的经验,对于在新的社会经济条件下,加大力度,推动该项研究的进步具有重要意义。

比例尺输出图形,方便用户使用。
根据各功能模块,开发了基于ArcGIS 的吐鲁番地区地

下水资源管理系统,为更好的科学决策提供了依据。系统主
体界面如下:

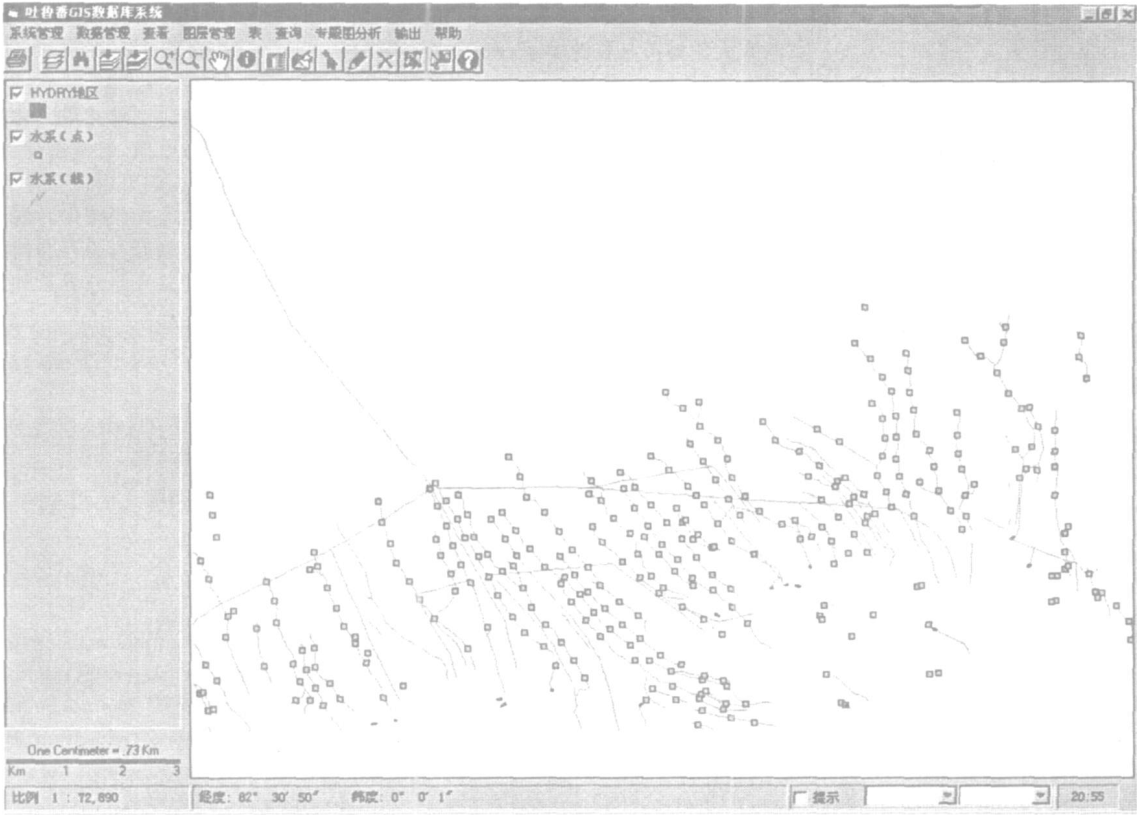


图1 基于ArcGIS 的吐鲁番地区地下水资源管理系统主界面

7 结 语

水资源科学管理具有高度专业化和高度复杂化的特性,引入GIS 到水资源管理,一方面,通过地下水系统管理,管理决策人员可快速掌握不同开采方案条件下区地下水位变化趋势,并根据其不同变化趋势快速作出相应决策,使本区内

地下水资源的管理达到系统化、科学化的高度水平,避免以往人为主观管理的不合理性和不科学性。另一方面,通过对各种资料数据图件的计算机信息化,构成区域上的专业信息资源,使管理决策人员高效、快速地掌握、输入、调出本区域内的水文、地下水动态资料等,将会大大节省工作时间,提高工作效率。

参考文献:

[1] 刘光 地理信息系统二次开发教程组件篇[M] 北京:清华大学出版社,2003
[2] 薛伟 MapObjects 地理信息系统程序设计[M] 北京:国防工业出版社,2004
[3] 王育红 利用vb 和MapObjects 开发GIS 应用系统[J] 桂林工学院学报,2002,22(1): 82- 84
[4] 宋克福 组件式地理信息系统研究和开发[J] 图形图像学报,1998,4(8): 649- 652

(上接第30 页)

[7] Marcar N, Ismail S, Hossain A. Trees, shrubs and grasses for saltlands [M] Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1999
[8] Pinsley R T, Swift M J. Amelioration of soil by trees- A review of current concepts and practices [M] London : Marlborough House, 1986
[9] 张建锋,等 流苏和香椿种子在盐胁迫下的发芽研究[J] 北京林业大学学报,2003,25(4): 88- 90
[10] Zhang Jianfeng, Xing Shangjun, Zhang Xudong Principles and practice of forestation in saline soil in China [J] Chinese Forestry Science And Technology, 2004, 3(2): 62- 70
[11] Malcolm E, Sumner R N. Sodic soils- distribution, properties, management, and environmental consequences [M] New York : Oxford University Press, 1998
[12] 郝金标,邢尚军,张建锋,等 几种重盐碱地土壤改良利用模式的比较[J] 东北林业大学学报,2003,31(6): 99- 101
[13] 张建锋,邢尚军,郝金标 黄河三角洲重盐碱地白刺造林技术的研究[J] 水土保持学报,2004,18(6): 144- 147
[14] 张建锋,等 盐碱地改良利用研究进展[J] 山东林业科技,1997, (3): 25- 28