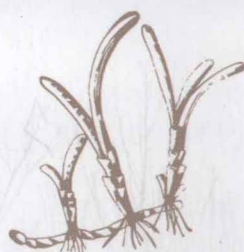
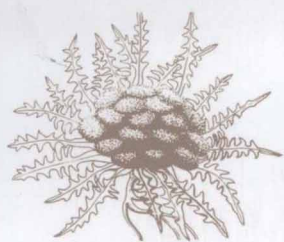


中国盐生植物

(第二版)

赵可夫 李法曾 张福锁 主编



科学出版社

中国盐生植物

(第二版)

赵可夫 李法曾 张福锁 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是在1999年出版的《中国盐生植物》基础上,根据近十年国际上有关盐生植物生理学和分子遗传工程的最近研究进展,以及山东师范大学生命科学院盐生植物工程技术研究中心和中国农业大学资源与环境学院的中国科学院“百人计划”(20007007)研究项目对全国包括新疆盐生植物再次调查编写而成。全书共分二篇:第一篇包括导论、盐生植物的主要基础生理、不同类型盐生植物的耐盐机理、大力提高传统作物耐盐性和开展盐地农业研究、中国盐生植物的经济潜势,第二篇包括中国盐生植物的资源共587种,242属和71科。

本书是一本全面介绍中国盐生植物种类的专著。适合从事植物学、植物生理学、生态学、植物学、土壤学、农学及育种学和分子遗传工程研究者,可作为教学工作者、研究生和大学生的参考和教科书。

图书在版编目(CIP)数据

中国盐生植物/赵可夫,李法曾,张福锁主编. —2版. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-035910-0

I. ①中… II. ①赵…②李…③张… III. ①盐土植物-研究-中国
IV. ①Q949.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第257574号

责任编辑:韩学哲 贺窑青/责任校对:林青梅
责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1999年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年1月第 二 版 印张:31

2013年1月第二次印刷 字数:720 000

定价:120.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

近年来,盐生植物越来越引起植物学家和农学家们的重视,主要是由于世界人口的快速增长(预计2050年世界人口将增长到93亿)。为了满足世界增长人口的各种需要,世界各国的工业、交通、电业、房产以及各种公共事业得到了飞速发展。随之向自然界排出的大量废气(CO_2 、 SO_2 、 NH_3 和 Cl_2 等)、废水(含有多种有毒物质)和废物(废电池、电器和多种工业废渣等),导致气候恶化,飓风、暴雨、大旱、大涝、高温和严寒时有发生,从而造成农业生产损失巨大,人民生活受到严重影响。温室效应可能导致南北极冰山融化,海平面升高,大面积良田盐渍化,从而使耕地面积大量减少。众所周知,传统作物全是不耐盐的,无法在盐渍化土地上生长。到大面积良田盐渍化时,世界人类的衣、食、住、行问题将如何解决?所以,当前世界各国人士都在大声疾呼,一定要减排 CO_2 和“三废”,并制定出各自的减排指标。同时,国内外植物学家、农学家强烈呼吁大力发展植物耐盐性的研究,充分利用盐生植物的经济潜势,逐步取代不耐盐的传统作物,以适应将来地球气候的变化。

中国盐生植物的研究,开始于20世纪50年代。由中国科学院植物生理研究所罗宗洛所长带领一部分科学家从事盐生植物生理的研究工作。遗憾的是仅研究数年即告终止。山东大学植物生态学家周光裕教授曾研究过盐生植物的植被分布问题。还有一些植物分类学家和植物地理学家在研究植物植被、植物地理和植物生态学的同时,也涉及一些盐生植物的问题,为盐生植物研究提供了有价值的资料。中国比较系统和有计划并成立专门机构研究中国盐生植物是从20世纪80年代开始的,山东师范大学生物学系率先组织部分研究人员有计划系统地开展盐生植物的研究工作,并成立了植物研究机构——山东逆境植物研究所以及后来的山东省盐生植物工程技术研究中心,主要研究中国盐生植物生理、盐生植物的开发利用等,并于1994年组织部分研究人员重点调查中国盐生植物物种及其分布。在这期间完成了一些研究项目,在国内外发表了一些文章,出版了几本盐生植物专著,并于1999年编写了由科学出版社出版的中国第一本《中国盐生植物》专著(赵可夫和李法曾,1999)。首次报道了中国盐生物种共有423种,分属199属和66科,为中国植物学和农学研究人员提供了一本比较重要的参考文献。

随着时代的发展和对盐生植物的重视以及国内不断报道有新的盐生植物物种被发现,山东大学盐生植物工程技术研究中心再次组织人员于1998~2001年前往广东、福建、海南、新疆和青海进行盐生植物物种的调查,又发现了一批新的盐生植物(赵可夫等,2002)。时隔不久,中国农业大学资源与环境学院张福锁院长在中国科学院“百人计划20007007”项目的资助下,组织部分研究人员对新疆全境进行了全面详细的调查,也发现了一批新的盐生植物(郗金标等,2006)。本书包括以上发现的这些新品种加上《中国盐生植物》第一版中记录的共有555种盐生植物,隶属228属71科,较《中国盐生植物》第一版中记录的盐生植物多132种、29属和5科。同时,近几年有关

盐生植物的基本生理和耐盐机理又有一些新的研究进展，《中国盐生植物》第一版第一部分的内容已经难以反映近代的研究成果，所以决定将三次调查的盐生植物物种合并起来，并将盐生植物最新研究成果补充进去，出版《中国盐生植物》（第二版）。

在编写过程中，山东师范大学研究生高奔、刘金萍、李欣、张晓东等协助文稿输入及校对工作。向上述同志表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中疏漏及不妥之处敬请读者批评指正！

赵可夫

2010年10月20日

目 录

前言

第一章 导论	1
第一节 盐生植物的生境——盐渍化土壤	1
第二节 盐生植物的概念和多样性	11
第三节 中国盐生植物的分布	17
第四节 盐胁迫与植物的耐盐性	21
第五节 盐生植物与非盐生植物	23
第二章 盐生植物的主要基础生理	41
第一节 盐生植物的生长、渗透调节、离子区域化和相容溶质	41
第二节 Na^+ 在盐生植物中的功能、 Na^+ 的摄取和积累	48
第三节 K^+ 在盐生植物中的功能及 K^+ 的摄取和积累	54
第四节 Cl^- 在盐生植物中的功能及 Cl^- 的摄取和积累	59
第五节 盐生植物液泡保留 Na^+ 和 Cl^- 的机理	61
第六节 Na^+ 和 Cl^- 运输的热力学	63
第七节 盐生植物耐盐性生理	64
第八节 耐盐性的分子和遗传决定因素	66
小结	67
第三章 不同类型盐生植物的耐盐机理	70
第一节 稀盐盐生植物的耐盐机理	70
第二节 泌盐盐生植物的泌盐机理	83
第三节 拒盐盐生植物的拒盐机理	99
第四章 大力提高传统作物耐盐性和开展盐地农业研究	112
第一节 提高传统作物耐盐性的意义	112
第二节 植物耐盐性的复杂性	114
第三节 提高植物耐盐性的历史回顾	117
第四节 大力发展滨海地区的海水灌溉农业	124
第五节 发展内陆盐地农业	128
小结	132

第五章 中国盐生植物的经济潜势	134
第一节 盐生植物资源.....	134
第二节 盐生植物资源的用途.....	137
第三节 盐生植物资源在保护和改善环境中的一些作用.....	158
第四节 盐生植物资源的合理利用及保护.....	168
第六章 中国盐生植物资源各论	177
主要参考文献	453
植物拉丁名索引	467
植物中文名索引	478

第一章 导 论

盐生植物是生长在盐渍化土壤上的一类天然植物，它与盐渍化土壤具有十分密切的联系。盐生植物学是植物学科中的一个分支，它与植物学、植物形态学、植物生态学、植物生理学及植物生物化学等密切相关。为更好地了解中国盐生植物的生长、发育以及与外界环境之间相互关系，我们首先了解一些与中国盐生植物有关的学科内容，特别是有关盐渍化土壤方面的内容。

第一节 盐生植物的生境——盐渍化土壤

一、盐渍土壤的概念

盐渍土系是一系列受土体中盐碱成分作用的，包括各种盐土和碱土以及其他不同程度盐化和碱化的各种类型土壤的统称，也有称其为盐碱土的。在形成盐渍土的诸种成土过程中，土壤盐渍化（或盐碱化）在过程中起着主导或显著的作用。各种类型盐渍土的共同特性就是土体中含有显量的盐碱成分，具有不良的物理化学性质，致使大多数植物的生长受到不同程度的抑制，甚至不能生长成活。当土壤表层或亚表层中（一般厚度为20~30cm）水溶性盐类累积超过0.1%或0.2%（即100g风干土中含0.1g水溶性盐类，或在富含石膏情况下含0.2g水溶性盐类），或土壤碱化层的碱化度范畴超过5%，就属盐渍土范畴（王遵亲等，1993）。关于盐渍土的概念，在盐渍土中水溶性盐类积累的数量方面，不同国家所采用的标准是不一样的。例如，美国 USDA 盐度实验室规定土壤中钙和有机提取物的电导性为4ds/m（40mmol/L NaCl=0.23%）或更多为盐渍土，相当于中国规定的2.3倍。

二、中国盐渍土的分布及面积

世界上目前除南极洲尚待调查研究外，其余五大洲及其大多数主要岛屿的滨海地区和干旱、半干旱地带（涉及100多个国家和地区），都有各种类型的盐渍土分布。据联合国教科文组织（UNESCO）和联合国粮食及农业组织（FAO）不完全统计，全世界盐渍土面积为9.5438亿hm²。

在中国，北自辽东半岛，南至广西、广东、海南岛和台湾西海岸、南海诸群岛的滨海地带及大致沿淮河—颍河—秦岭—西倾山—积石山—巴颜喀拉山—唐古拉山—喜马拉雅山一线以北广袤的半干旱、干旱和沙漠境地带，凡地势相对低平而地面和地下径流汇集，出流滞缓的地区，几乎都分布有各种类型的盐渍土，其分布情况可参见王遵亲等（1996）编制的“中国土壤盐渍分区图”（《中国土壤图集》，1996年，地图出版社）及

“中国盐渍土地资源分布图”（《国家自然地图集》）。

按土壤盐渍地球化学特征，中国分 8 个土壤盐渍区。根据王遵亲等（1993）的研究，将中国各种类型的盐渍土作为一项重要的土地资源，其总面积为 14.87 亿亩^①（约合 9913 万 hm^2 ），其中现代（活性）盐渍化土壤约 5.54 亿亩，残余盐渍化土壤（包括残余盐土和绝大部分含显量水溶性盐类的漠境土壤，如石膏盐盘棕漠土、石膏棕漠土、盐化灰漠土、盐化寒漠土等）约 6.73 亿亩，潜在盐渍化土壤（包括一旦发展灌溉，由于采取的水利措施不当，导致地下水位上升，而有可能发生次生盐化和次生碱化的各种土壤及一些心底土中存在积盐层的土壤，如底层盐化淡栗钙土、淡灰钙土、棕钙土等）为 2.6 亿亩左右（王遵亲等，1993）。

三、中国盐渍土的特点

根据我国盐渍土壤学家王遵亲等（1993）的研究结果，认为我国土壤盐渍化受太平洋季风气候和欧亚大陆性气候的交汇影响以及复杂的地质、地形因素的影响极为明显、深刻，因而具有以下特点。

（一）明显的季节性

太平洋季风气候的特点是大气降水在时间和空间上分配不均匀。春季（3~5 月）干旱少雨，蒸发强烈，导致土壤持续积盐；夏季（6~8 月）高温多雨，致使土壤以脱盐为主；秋季（9~11 月）雨水减少，蒸发增强，土壤复又转向积盐；冬季（12 月至翌年 2 月）寒冷少雪，伴随土壤冻融，发生土壤隐蔽积盐，且随纬度的升高而更趋明显。

（二）强烈的表聚性

在土壤春、秋季积盐期间，土壤现代积盐过程的特点是土体中的盐分强烈地向地表聚积，在半湿润、半干旱地区特别显著，即使在低矿化（1~2g/L）甚至淡质（< 0.1g/L）地下水和土体中含有少量盐分（0.1%乃至 0.01%以下）的条件，只要地下水位高于其临界深度，且地面微域地形高低不平，也会因强烈的地面蒸发而导致表聚性强烈的土壤盐渍化。我国土壤盐渍化的表聚性，随气候的干燥度（或蒸降比）由东和东南部半湿润、半干旱地区向西和西北部的干旱、漠境地区逐渐增大而增强。

（三）类型的繁多性

我国地域广阔，影响土壤盐渍化的地球化学特征和盐渍土形成过程的生物气候、地

^① 1 亩 $\approx$ 0.0667 hm^2 ，后同。

质、地形、水文和水文地质等自然条件极为复杂,从湿润的热带到半干旱、干旱的寒温带至高寒漠境地带,由海湾低地和滨海低平原到内陆盆地和青藏高原,都有各种盐渍土分布,因而形成了我国盐渍土系列土壤类型繁多的特点。盐渍土作为发展综合性农业的主要土地资源,按其发生发展的历程和属性差异,有现代盐渍化系列、残余盐渍化系列和潜在盐渍土壤系列之分,在每一类盐渍化土壤系列中,又有盐化土和碱化土系列之别。在各生物气候带,凡地势相对低平(负地形),地面和地下径流汇集而出流滞缓,致使地下水位过高的地段和地下水位虽低,但土体遭受高矿化地面径流浸渍的地势高亢地段,多分布现代盐渍化土壤系列。残余盐渍化土壤系列主要分布在干旱和漠境生物气候的山前倾斜平原,古老河(湖)成阶地、起伏土丘和土质低山等高亢的地形上。潜在盐渍化土壤系列是指为了提高现有耕地的单位面积生物产量和为了发展综合性农业产业而开垦利用荒地资源,因发展灌溉采取的水利措施不当,致使原来的表层不显盐渍化的而可能发生次生盐渍化的各种类型的土壤,可见在各生物气候带的不同地形上都广泛分布有潜在盐渍化土壤系列的土壤。

(四) 积盐和脱盐的反复性

在我国受地下水和地面渍涝积水影响而发生的土壤现代化盐渍化,具有明显的季节性积盐和脱盐频繁交替的反复性,这个特点在年际上也有反映。在雨水过多发生大涝年份的翌春3~5月积盐季节,土壤盐渍化有所发展和加重,在雨水连年偏少的干旱年份,土壤盐渍化往往有减轻的趋势。土壤盐渍化的反复性是由于土壤水盐和地下水位季节性与年际动态变化所致,在半湿润、半干旱地区和在盐渍土壤利用过程中表现得尤为突出。在改良利用盐渍土过程中,当地下水位长期高于其临界深度情况下,土壤中的水盐移动多以频繁的季节性上下垂直运动为主,盐分主要在土体中作季节性的上下重新分配,从土体中排走的盐分为数不多,且其移动速度甚为缓慢,即使采取有力的措施调控地下水位长期低于其临界深度而使土壤处于稳定脱盐的情况下,土壤盐分虽然被淋洗到深层土壤中,但其运动仍以垂直分配为主,排走的盐分依然为数不多,一旦采取的水利措施失当,导致地下水位重新上升而持续高于其临界深度,则土壤将会再度发生盐渍化,对此绝对不能掉以轻心,必要时还要采取一定的有效措施,否则土壤的盐渍化还会加重(王遵亲等,1993)。

四、中国盐渍土壤盐渍化的形成因素

我国土壤和环境是一个统一的整体,盐渍化土壤是在一定的环境条件下形成和发育的,在众多环境因素中,又以气候、地形、地质和水文地质及生物因素的影响最为显著。现已初步查明,气候干旱、地面蒸发强烈及地势相对低平,导致地表和地下径流滞缓或汇集,地下水位接近地表是产生土壤现代积盐过程的主要原因。另外,人类经济活动也会从正反两方面对土壤盐渍化产生巨大的影响,人类可以通过采用各种措施,改变环境条件,从而影响土壤盐渍化的发展方向。研究上述各种因素影响下土壤盐渍化发生

和演变的规律，认识土壤盐渍化过程和上述各种因素的相互关系，是防止土壤盐渍化的基本环节。我国地域辽阔，自然条件复杂，只有查明不同条件下土壤盐渍化的原因，才能对症下药，达到有效地防治土壤盐渍化的目的。

（一）气候因素

我国盐渍土分布的地域十分广泛，从南到北都有盐渍土的分布，但大面积的盐渍土都分布在北方干旱、半干旱地带和沿海地区。研究表明，盐渍土的这种分布规律主要是和气候地带性特点相适应的。在气候要素中，又以降水和地面蒸发强度与土壤盐渍化的关系最为密切。降水量和蒸发量的比值反映了一个地区的干湿状况，同时它也反映了该地区的土壤水分状况及土壤积盐状况（表 1-1）。我国南方地区，潮湿多雨，蒸发量与降水量的比值小于 1，土壤水盐以下行运动为主，通过降水淋洗，母质和土壤中的水溶性盐分绝大部分都可以随水流入海洋，除滨海地带外，由于湿润地区不具备盐渍土形成的气候条件，因此作物一般不会受到土壤盐碱化的危害。即使长江以南的沿海一带，由于受海水的浸渍，目前还分布着一定面积的滨海盐渍土，这些地区具有适宜于土壤脱盐的气候条件，年平均降水量多在 1000mm 以上，从这些地区水盐动态的总趋势来判断，仍然是在不断地向土壤脱盐和地下水淡化方向发展。我国长江以北处于半湿润、半干旱气候区的黄淮海平原和东北松辽平原，蒸发量和降水量的比值均大于 1，土壤水的毛管上升运动超过了重力下行水流运动，在蒸降比较高的情况下，土壤及地下水中的可渗盐随上升水流蒸发、浓缩、积累于地表，在一般情况下，气候越干旱，蒸发越强烈，土壤积盐也越多。

表 1-1 不同蒸降比条件下草甸盐土的积盐状况

地区	蒸降比	一般地下矿 化度/(g/L)	表层积盐厚 度/cm	表层积盐量 /%	底层含盐量 /%	盐结皮或盐 壳厚度/cm	盐渍状况
黄淮海平原	2~4	1~2	1~3	1~3	0.1~0.2	0.1~0.2	斑块
汾渭河谷平原	3~5	1~2~5	3~10	1~3~10	0.1~0.3	0.1~0.5	斑块
宁夏、内蒙古河套平原	8~14	5~10~25	5~20~	1~10~30	0.3~2.0	1~2	连片
青海、新疆盆地	6~15	5~10~30	10~50	10~30~60	0.6~4.0	5~15	连片

资料来源：王遵亲等，1993。柴达木和塔里木盆地蒸降比可高至 20~300，积盐厚度可达 80~200cm。

在我国高纬度干旱、半干旱地带，由于受季风气候的影响，在夏秋两季，降水相对较集中，在地面和地下径流出流不畅的盆地和平原地带，常会出现洪涝为患导致的地下水位过高发生的土壤盐渍化。在漠境地区，风常常可以吹蚀地表土壤，被吸附在土粒上的盐分则随风飘扬，被带到没有发生盐渍化或盐渍化很轻的地方。在滨海地区，当海水涨潮的时候，如果有风自海外吹向陆地，则会有大量的浪花被风吹向海岸，使近岸地带发生盐渍化。

（二）地形及地貌

地形及地貌也是影响土壤盐渍化的形成条件之一。地形高低起伏和物质组成的不

同,直接影响地面、地下径流的运动,同时也影响土体中盐分的运动。岩石风化所形成的盐类,以水作为载体,在沿地形的坡向流动过程中,其移动变化基本上遵从化学作用的规律,按溶解度的大小,从山麓到平原直至滨海低地或闭流盆地的水盐汇集终端,呈有规则的分布,溶解度小的钙、镁碳酸盐类首先沉积,溶解度大的氯化物和硝酸盐类,可以移动较远的距离(图 1-1)。地表和地下水的矿化度也随之逐渐增高,土壤盐渍化也从高到低,从上游到下游呈现出相应的变化,从而形成不同的盐渍地球化学分异带。特别是在闭流盆地中,这种分异更为明显。从大、中地形来看,土壤盐分的积累是从高处向低处逐渐加重的。各种负建造地形,常常是水盐汇集区。但是,在一个大区域范围内,由于内外营力作用而引起的地表形态的差异,常造成水热情况不同,并导致水盐的重新分配。

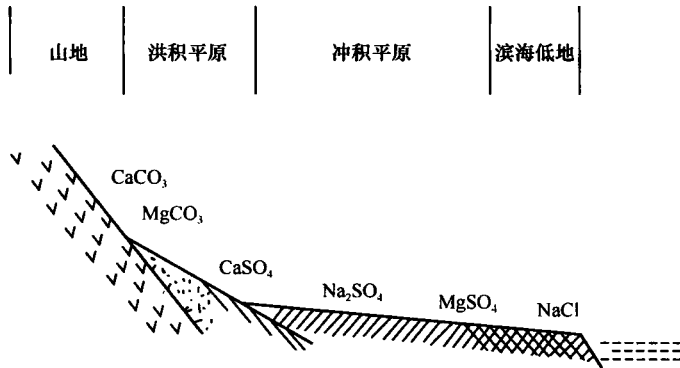


图 1-1 由山麓到滨海低地的盐类沉积示意图(王遵亲等, 1993)

(三) 成土母质

土壤盐渍化的发生,除受气候、地形等因素的影响外,母质的沉积类型及其沉积特性与盐渍化的形成也有密切的关系。

第四纪沉积物在地质史中是最新的沉积物。我国平原地区,第四纪沉积物覆盖面积十分广阔,在黄河、长江冲积平原上,在西藏、新疆、东北冰川曾影响过的地区,均为第四纪堆积层。在北方干旱、半干旱地区,第四纪沉积物的类型及岩性与盐渍土的形成关系密切,大部分盐渍土都是在第四纪沉积物母质的基础发育起来的。大多数第四纪沉积物没有经过硬结成岩作用,多为松散的堆积物,它具有较强的移动性和不连续性。第四纪沉积物包括河湖相沉积物、海相沉积物、洪积物、风积物等。第四纪沉积母质含盐多属次级循环来源,因沉积母质的分布及沉积特性不同,其盐渍程度也有差别。河湖沉积物是平原及河谷地区分布最为广泛的一种沉积物类型,它是在河流、湖泊环境相互沉积作用下形成的。我国华北、东北和西北等干旱及半干旱地区的冲积平原都是在河流携带物补给作用下形成的。

黄淮海平原的河湖相沉积母质,主要来自黄河及其支流所带来的黄土性物质和山地岩石风化产物,黄河历次泛滥改道对地貌的形成及沉积物的性质均有较大的影响,平原地貌岗、坡、洼相间,沉积物砂、黏重叠分布。目前冲积扇以下的交接洼地及泛滥平原

中,一系列湖沼洼地,均已逐渐被现代河流冲击物填平。

(四) 水文及水文地质条件

水是溶剂,又是盐的载体。盐溶于水,并随水而移动。由此可见,水文及水文地质条件与土壤盐渍化有密切的关系。特别是地表径流、地下径流的运动规律和水化特性,对土壤盐渍化的发生、分布具有更为重要的作用。

地表径流影响土壤盐渍化有两种主要的方式,一是通过河水泛滥或引水灌流淹没地面,进入土体,致使河水中的水溶性盐分残留于土壤中;二是通过河水渗漏补给地下水,抬高河道两侧的地下水位,增补地下水盐量,增加地下水的矿化度。

(五) 生物积盐作用

在土壤形成的生物小循环中,植物具有十分重要的作用,在土壤盐碱化过程中,植物对盐分在土壤中累积的作用也是不容忽视的,特别是干旱地带的一些深根性盐生植物,多具有特殊的抗盐生理特性,对于盐渍生态环境有非常强的适应能力。盐生植物体内一般都含有较高的盐分可以反映一个地区的含盐状况。例如,新疆北部的玛拉斯地区,盐穗木的植株含盐量为 26.7%,而更干旱的南疆阿克苏地区,其植株含盐量高达 57.8%。在植物机体死亡后,常残留大量的盐分于土壤中,因而在我国各盐渍区广泛存在着生物积盐过程。海蓬子、盐节木、盐爪爪等肉质盐生植物类型,一般含有占风干重 40%~50% 的灰分,而在灰分物质中,主要是氯化钠和硫酸钠。猪毛菜凋落的枝叶特别富含氯化物,蒿属的灰分含量比较低,为 4%~8%,但它仍含有较多的 Na^+ 。总体来看,在草原土壤形成过程中,生物积盐作用较为显著,漠境地区的气候虽然更为干旱,但植被极为稀疏,覆盖通常不到 5%,故通过生物作用所积累的盐分仍然是很有限的,远不如其他因素的影响。

(六) 人为经济活动的影响

土壤不仅是自然体,也是人类劳动的产物,土壤一旦被人们开发利用后,人的活动将对土壤的形成过程产生巨大的影响,可改变成土条件和土壤基本特性,从而导致土壤形成过程向新的方向发展。近半个世纪以来,由于现代灌溉业的迅速发展,干旱土地灌溉面积不断扩大,因灌溉不当而引起土壤次生盐渍化的问题已成为当今农业发展的主要障碍之一。我国北方的许多新、老灌溉区,如内蒙古河套灌区,宁夏银川灌区,山西汾河流域的灌区,陕西的泾惠、渭惠及洛惠等灌区都有灌溉不当而抬高地下水位,导致土壤次生盐渍化发生的现象,其原因主要是无节制灌水导致灌水量太大而引起的土壤盐渍化。

人为经济活动恶化水文和水文地质条件的另一个原因,是大量引用矿化水和碱性水灌溉。

另外,无排水种稻也是促使水文及水文地质条件恶化的行为。因此,在没有排水条

件或排水条件不畅的情况下种稻往往难以获得改土增产的预期效果。因为，在盐碱地区的种稻过程中需采用大量水长期淹灌的灌水方式，而大量的渗漏水必然引起土壤、地下水盐动态发生巨大变化，导致土壤次生盐渍化（王遵亲等，1993）。

五、中国盐渍土地资源的概况及其分布

中国盐渍土地资源相当丰富，种类也相当多。盐渍土包括盐土和碱土两个土类，以及从属于其他土类而具有不同程度盐碱化的土壤系列。当土壤含盐量 $>0.1\%$ ，或土壤 $pH>8.0$ ，钠碱化度（ESP） $>5\%$ 时，就属于盐渍土的范畴。土壤盐碱化不仅是指表层土层出现的盐碱化，而且包括存在于心底土层中的盐碱化。

中国盐渍土可分为三大类（图 1-2）。

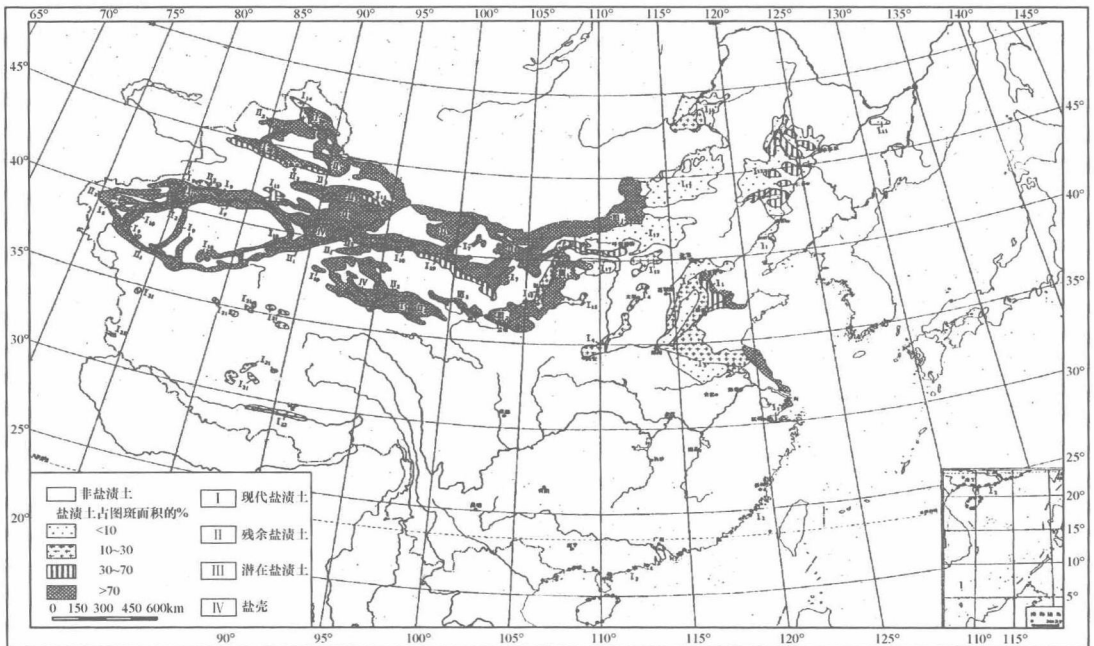


图 1-2 中国盐渍土地资源分布图（王遵亲等，1993）

I 现代盐渍土：I₁ 半湿润氯化物滨海盐渍土；I₂ 湿润硫酸盐酸性滨海盐渍土；I₃ 半湿润-半干旱斑状氯化物-硫酸盐或硫酸盐-氯化物盐渍土瓦碱土；I₄ 半干旱斑状氯化物-硫酸盐盐渍土；I₅ 漠境-草原氯化物-硫酸盐盐渍土；I₆ 漠境-草原氯化物-硫酸盐或硫酸盐-氯化物、苏打碱化盐渍土；I₇ 漠境氯化物-硫酸盐或硫酸盐龟裂碱化盐渍土；I₈ 漠境硫酸盐盐渍土；I₉ 漠境龟裂碱化、苏打-氯化物-硫酸盐或硫酸盐-氯化物盐渍土；I₁₀ 漠境硫酸盐-氯化物或氯化物-硫酸盐结壳盐渍土；I₁₁ 半湿润斑状苏打草甸沼泽盐渍土；I₁₂ 半湿润-半干旱斑状苏打草甸碱化盐渍土；I₁₃ 草原斑状苏打草甸碱化盐渍土；I₁₄ 漠境草原苏打碱化草甸盐渍土；I₁₅ 漠境苏打-氯化物-硫酸盐草甸盐渍土；I₁₆ 草原斑状碱化、苏打草甸盐渍土；I₁₇ 草原斑状碱化土；I₁₈ 漠境-草原龟裂碱化、氯化物-硫酸盐盐渍土；I₁₉ 漠境镁质碱化、氯化物-硫酸盐盐渍土；I₂₀ 漠境龟裂碱化、氯化物-硫酸盐盐渍土；I₂₁ 寒漠苏打草甸-沼泽盐渍土；I₂₂ 漠境-草原硫酸盐盐渍土。II 残余盐渍土：II₁ 漠境石膏-盐磐残余盐渍土；II₂ 漠境石膏残余盐渍土；II₃ 漠境硝酸盐、硫酸盐-氯化物残余盐渍土。III 潜在盐渍土：III₁ 漠境-草原碱化土和底层盐化潜在盐渍土；III₂ 漠境-草原底层盐化潜在盐渍土；IV 盐壳

六、中国盐渍土盐渍分区及其地球化学特征

(一) 盐渍分区的客观依据

我国盐渍土地资源的分布范围相当广阔,几乎占我国土地面积的 1/3。除了长江口以南的滨海盐渍土外,其分布地区的干燥度均大于 1,总的趋势是年平均蒸发量与降水量的比值越大,土壤积盐越强,积盐层也越深厚。从东到西,随着生物气候带由半湿润、半干旱、干旱到漠境水热条件的变化,各种盐渍土分布的广度和积盐强度逐渐增长,空间分布上从斑块状到片状,以致其连成大片。但土壤碱化的发育及其程度则由东到西逐渐减弱,即由以草甸碱化土为主过渡到以草原碱化土为主,形成以龟裂碱化土为主的具有地带性特征的分布趋势。

我国幅员辽阔,盐渍环境异常复杂,由于受距海洋远近的影响,同时又受到区域地质构造的影响,特别是自第三纪后,喜马拉雅山运动使青藏高原不断隆起。在这期间,受其影响的区域形成了区域地质构造的差异性,在生物气候带的控制下,使我国盐渍土的分布组合类型和土壤盐渍地球化学特征都具有明显的区域性。

从宏观上说,我国可以分为四大盐渍类型:现代盐渍土类型、残余盐渍土类型、碱化类型和潜在盐渍类型。

虽然,盐渍土被认为是隐域性的土壤,但在生物气候带的影响下,仍然具有地带性的烙印,显示出一定的地带性、区域性地球化学特征,因而成为盐渍分区的客观依据。

(二) 我国盐渍土盐境分区

我国广泛地进行了自然资源综合考查和土壤调查研究,经过众多科学家的努力,于 1978 年发表了《中国盐渍土改良和利用分区》,1979 年正式公开出版。它将中国土壤盐渍区分为 8 个区(图 1-3) 21 个片。8 个土壤盐渍分区见表 1-2 所示。

(三) 盐渍土分区的特征

8 个分区的范围、气候特点、成土类型、积盐特征和类型等见表 1-2。

表 1-2 中国盐渍分区概况表

区名	范围	气候特征						水文、水文地质特点	主要成土类型	积盐特征、盐渍类型及其和方向	
		无霜期/d	≥10℃/℃	年降水量/mm	年蒸发量/mm	干燥度	蒸降比				
滨海湿润-半湿润海水浸渍区	中国大 陆沿海一带,北起辽东半岛经渤海湾、黄海、东海、台湾海峡、南海、海南岛等 滨海	北部 165~225 中部 240 南部 240~365	3200~4100 4500~8000 8000~9500	400~700 800~2000 1200~2000	800~1800	1.0~1.5 0.75~1.0 0.5~1.0	<1~2.5	中部及南部时有台风袭击,偶有海啸袭击,造成局部海侵	地处河流的下游,河流坡降很小,出口与海洋相通,常受海潮顶托。水质有规律地呈带状分布,越靠近海矿化度越高	海水浸渍草甸型 盐渍过程先于成土过程,是在盐渍淤泥的基础上逐渐成陆发育而成 盐渍类型主要以 NaCl 为主。在北部有些苏打成分,而南部有酸性硫酸盐 可因地制宜发展农、林、牧、渔、盐、水产养殖等 要克服水资源短缺,防海潮入侵	
东北半湿润-半干旱草原-草甸盐渍区	三江平原、松嫩平原和辽河平原	120~180	2000~3400	400~800	1600~1800	1.0~1.5	2~3	寒冷,冻结期长	除黑龙江、松花江、辽河等外,还有许多无尾河,滞水成为泡子。地下水和泡子水多含有苏打成分	草原-草甸型盐渍土主要来源于草甸沼泽土、暗色草甸土、暗色草甸土、草甸黑钙土以及黑土发展而成	冻融过程中对盐分积累有重大影响。苏打主要来自火成岩风化产物及深层地下水 土壤和地下水的苏打含量占 50% ~ 80%,以苏打累积为主,并发育为草甸碱土 不宜盲目开垦草原扩大耕地
黄淮海半湿润-半干旱耕作-草甸盐渍区	冀、鲁、豫、苏、皖的黄河、淮河和广大的冲积平原	170~200	3400~4500	500~700	1800~2000	1.0~1.5	3~3.5	常受旱、涝危害	主要为黄河、淮河、海河三大水系。黄河对两岸有很大威胁	耕作-草甸型盐渍土的基上发生、发展	在低矿化水条件下积盐,具有季节性积盐和脱盐,盐分在土壤中表聚性很强,以 SO ₄ ²⁻ -Cl ⁻ 或 Cl ⁻ -SO ₄ ²⁻ 盐为主,也发生碱化,其中以瓦碱土为代表,多和盐化土呈复域分布

续表

区名	范围	气候特征						灾害性 天气	水文、水文 地质特点	主要成 土类型	积盐特征、 盐渍类型 及其和方向
		无霜期 /d	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ /°C	年降水 量/mm	年蒸发 量/mm	干燥度	蒸降比				
内蒙古高原旱半荒漠境草原盐渍区	内蒙古东部高原的呼伦贝尔草原,狼山以北直抵中国—蒙古边界	140~160	2000~3000	200~350	2000	1.25~1.5	5~10	常遭寒冷暴风雪的侵袭,对畜牧业危害较大	海拉尔河和伊敏河等外流河外,尚有短促的内流水系,滞为湖泊,并发育为咸水湖、盐湖	干草原—荒漠草原型。盐渍土与栗钙土呈复域分布	在干草原条件下发育的碱土具有明显的剖面发育。在河迹和湖周发育为苏打草甸盐土,还有大面积的底层潜在盐渍土
黄河中上游旱半荒漠境盐渍区	陕西、甘肃、青海、内蒙古的一部分和宁夏大部分地区,分宁夏银川平原和内蒙古河套平原以及黄土高原和鄂尔多斯高原	140~180	2500~3500	150~500	1800~2400		3~10	受干旱威胁,又常遭暴雨而发生水土流失	黄河流经本区,在鄂尔多斯高原内有一些盐池与碱池	干草原—森林草原型。黄绵土、黑垆土有些盐渍化	黄土高原中有底层碳酸盐和硫酸盐潜在盐渍化。在黄河河套冲积平原有龟裂碱土、苏打盐渍土以及 Cl^- - SO_4^{2-} 盐或 SO_4^{2-} - Cl^- 物盐渍土等
甘、蒙、新疆干旱荒漠境盐渍区	甘肃河西走廊、内蒙古阿拉善以西和新疆北部(准噶尔盆地)		2500~3500	100~200 个别<100	2000以上		10~20	受干旱、风沙威胁	除新疆额尔齐斯河外流外,其余均为内流区。盐池、盐湖、咸水湖在河流尾间发育	荒漠—荒漠草原型	残余积盐大面积发生。土壤盐化、石膏化以及龟裂碱化在河西走廊的扇缘有镁质碱化土壤发育
青、新极端干旱—荒漠境盐渍区	吐鲁番盆地、塔里木盆地、疏勒河下游和柴达木盆地		4000~2000	15~80	2000~3000		20~40	受干旱、风沙的威胁	完全封闭性的内流盆地。盐湖盐池、咸水湖大量分布	荒漠型	土壤盐渍化普遍存在,各种盐渍类型都有发生。残余积盐过程和现代积盐过程大面积分布。土壤盐化、石膏化、盐壳化都很广泛,硼、锂、钾盐都很丰富
西藏高寒荒漠境盐渍区	西藏高原			<100~300			10~20	受高原恶劣天气变化的影响	羌塘高原闭塞流区,短促小河尾间发育的小湖有成咸水湖,也有些含有一定量的苏打	寒漠型	冻融过程对盐分富集有重要影响,盐渍土主要分布在湖周缘和河谷低地,盐渍类型以硫酸盐占优势,也有苏打累积