

# 宁夏盐碱地现状及改良措施综述

李茜 孙兆军\*, 秦萍 (宁夏大学新技术应用研究开发中心, 宁夏银川750021)

**摘要** 对宁夏盐碱地改良利用的研究成果进行述评, 采取的方法包括工程措施, 物理、化学、生物等综合措施, 主要内容有: 排水洗盐、平整土地、投入改良剂、耐盐植物研究等。在此基础上, 讨论了该区今后盐碱地改良研究工作的重点领域和需要研究解决的主要问题。

**关键词** 盐碱地; 改良; 宁夏

中图分类号 S156 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)33-10808-03

## Summary of Ningxia Saline Status and Improved Measures

LI Qian et al (Development Center of New technique Application and Research, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract** On the basis of review of saline improved results in Ningxia, the general measures including engineering, physics, chemistry, biology and others were taken, and the main contents were: washing salt, drainage of land, inputs improver, salt-tolerant plant studies. On this basis, the future saline area improvement in the priority areas and main issues needed to be studied and resolved were discussed.

**Key words** Saline; Improvement; Ningxia

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。盐碱地中含有钾、钠、钙、镁的氯化物、硫酸盐、重碳酸盐等盐碱成分, 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<sup>[1]</sup>。

土壤盐碱化问题是目前全球最严重的环境问题之一, 在人口不断增长, 耕地逐渐减少的情况下, 改良利用盐碱地对于我国尤其是内陆干旱农业灌区农村经济持续健康发展、国土治理、生态环境保护等具有重要意义。

宁夏回族自治区位于西北地区东部、黄河中上游, 地处中温带半干旱、干旱区, 降水稀少(平均年降水量292 mm), 蒸发强烈(水面蒸发量1 296 mm), 当地水资源总量为1 117 亿 m<sup>3</sup>, 仅占全国水资源总量的0.104%。近年来, 引黄灌区的土壤盐渍化问题受到了宁夏自治区的高度关注, 土壤盐碱化已成为影响宁夏农业生产的重要问题之一, 银川北部地区盐碱地已占总耕地面积的49%以上, 急需改造治理。

长期以来, 国内外对盐碱地的改良开展了广泛而深入的研究, 虽然取得了一定成绩, 但存在一些难以克服的困难, 如工程费用昂贵、治标不治本、养分随水分流失、淡水资源缺乏等。笔者就此探讨宁夏盐碱地的改良措施。

## 1 盐碱地形成原因及危害

土壤中的 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 等, 通常情况下为土壤溶液中的营养成分, 当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。盐碱地危害主要表现在自然和人为两个方面。

### 1.1 自然因素

封闭的地形, 有灌无排的水文条件, 盐化物质的来源丰富, 地下水的蒸发是盐碱地形成的主要自然因素。

#### 1.1.1 气候与地形条件。

宁夏回族自治区属内陆大陆性气候, 气候干燥、气温日差大、光照充足、太阳辐射强、境内高低悬殊, 高山、平川、沙漠和戈壁等兼而有之, 地下水位高的地带土壤盐分随毛管水上升到地面后, 强烈的蒸发使盐分聚

集, 土壤逐渐形成盐土。

#### 1.1.2 土壤质地条件。

土壤孔隙度的大小由土壤质地决定, 土壤质地状况影响盐分的积累。宁夏土壤多为粉砂质, 结构松散, 透水性极强, 毛管孔隙直径大小适中, 地下水借毛管上升速度快、上升高度大, 地下水临界深度大, 土壤易产生盐渍化。

地下水临界深度决定土壤积盐快慢; 土壤质地的毛管水上升高度和速度影响地下水临界深度; 土壤质地层次和耕层土壤结构影响地下水临界深度。随地下水位的变化, 地下水位高土壤毛管水上升愈多, 带到地表的盐分愈多, 水分蒸发后盐分表聚, 地下水矿化度愈高, 积盐程度就愈严重。宁夏地区尤其银川平原, 地下水滞留, 蒸发作用使地下水含盐量增大, 矿化度较高, 地下水位较浅, 造成土壤盐渍化, 可溶盐类随水运行至地表, 为土壤盐渍化提供了大量的盐类物质<sup>[2]</sup>。

## 1.2 人为因素

由于人类活动而引发的土壤盐碱化称为次生盐碱化。人为活动是盐渍化发生的外部因素, 人口增加, 对自然资源需求增大, 导致土地不合理开垦和不合理的灌溉等, 从而形成土壤盐渍化。主要表现在以下几个方面:

#### 1.2.1 灌溉方式。

宁夏发生次生盐碱化的一个主要原因是灌溉不当。为了提高农业产量, 灌溉是普遍的耕作活动<sup>[3]</sup>。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。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, 盐离子达到一定的浓度时, 就发生土壤盐碱化<sup>[4]</sup>。所以, 绝大部分盐碱地分布在干旱、半干旱地区<sup>[5]</sup>。当发生洪涝或大水漫灌时, 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。宁夏绝大部分地区采用引黄河大水漫灌, 这样如同发生洪涝, 极易引发土壤盐碱化<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.2 植被破坏。

人类活动破坏了原有植被, 不合理的农业生产耕作方式、单一的种植品种都是导致土地盐碱化的原

基金项目 宁夏自然科学基金项目(NZ0701); 国家农业综合开发科技项目[(农发)-2007-4号]。

作者简介 李茜(1981-), 女, 陕西汉中, 硕士研究生, 研究方向: 盐碱地改良。\* 通讯作者, 教授, E-mail: nxzsj168@sohu.com。

收稿日期 2007-08-28

因。原有植被经过多年的积累,残根、茎叶腐烂后产生的酸性物质,中和掉部分地表的盐分,植被根系扎到土壤深层吸收水分的同时也作为地表水分和空气上下运行的通道。人类介入后,过载放牧、随意开垦草原、种植农作物、疯狂掠夺盐碱地薄弱的植被,致使地表长期积水,枯水后变成盐碱地。

**1.2.3 土壤耕作方式。**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。翻地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蒸发,此时植物所排水量微乎其微,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。因为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,加重土壤盐碱化程度。

**1.3 盐碱地的危害** 盐碱地大面积的分布,影响着生态环境的平衡发展,制约着经济的快速发展,对植被而言,植物从土壤中吸收水分,主要是靠细胞的渗透压,盐碱化土壤溶液中易溶盐增加,浓度和渗透压增加,细胞很难吸收到水分,会引起叶片变厚,气孔孔径减小,营养失调和各种缺素症等症状。从生态方面看,土地的盐碱化,减少了地表植被,增大了蒸发量,造成局部地区湿度下降,干旱发生,形成干热风的危害,制约生态平衡的正常发展。

## 2 盐碱地改良措施

**2.1 工程措施** 利用盐碱地,必须经过工程改良措施,使土壤盐分含量下降到植物能够生存的限度,根据宁夏盐碱地的特性,确定以下工程措施:

**2.1.1 水利排水措施。**建立完善的排灌系统,使旱能灌、涝能排、灌水量适当、排水及时,是盐碱地农业利用中最基本的要求。降低地下水位是盐碱地改良的主要方法,建立排水沟体系,是降低地下水位的根本,依据地下水的深浅确定排水沟的临界水位深度。挖排水沟,将地下水位降低到地下水临界深度以下,干旱时用沟渠引水灌溉,降雨时表层土壤中的盐分随水进入沟中,洪涝时利用水沟进行排水。在低洼、排水不畅、地下水位浅、矿化度高、土壤含盐量重、受盐涝双重威胁的盐碱地,采用深沟排水,地下水位过浅、土质粘重的封闭重盐碱地,修建沟渠条田,以相对降低地下水位。

**2.1.2 改变耕作方式。**人们逐渐认识到,要彻底根治盐碱并不实际,因此迫切需要寻求一种巩固防治效果的方法来调控土体中水盐的平衡,魏由庆<sup>[7]</sup>通过黄淮海平原水盐均衡的分析,指出盐害并不能根治,而应对其进行调控,并强调利用肥料来调控土壤水盐;许慰睽等<sup>[8]</sup>提出免耕覆盖法,即将现代土壤耕作制与覆盖措施相结合来治理盐渍地,类似于在加拿大草原区推出的残茬覆盖农作制(Trash-cover-farming)<sup>[9]</sup>,免耕覆盖法使作物的根茬及部分秸秆留在地表使原生植被所形成的黑土层(有机质层)不至被破坏,可以减少土壤内水分蒸发。同时,根茬、秸秆覆盖在土壤表面对减小风速起到相当的作用。作物根系腐烂后,留下的孔隙是水分和空气在

土壤中上下运动的通道,可以进一步改变土壤的“三相比”,从而使土壤变得疏松,并逐渐熟化。利用免耕播种机在原茬地上直接进行播种作业,播后根茬秸秆覆盖地表对防止风蚀和保持土壤墒情起到了重要作用。作物根茬、秸秆腐烂后,可以提高土壤的有机质含量,从而提高土壤肥力,长期应用会使土壤变得疏松、肥沃,减少化肥的施用量。

**2.1.3 水洗盐分。**淋洗、淤积是水利措施,在宁夏黄河河套水源丰富的盐碱地区常用。一般是用淡水漫灌,使盐分随水分下渗到土壤深层从而降低表层土壤盐分含量,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,即一层富含丰富营养的新土覆盖在原来土壤表面。宁夏河套地区以前主要用此法改良盐碱地。洗盐则一般选择水源丰富、地下水位低、蒸发量小、温度较高的季节,因为当地下水位低,灌水洗盐时表层盐分向下淋溶得深,蒸发量小,在灌水后不至强烈返盐,温度高则盐分易于溶解。

水利措施虽被认为是治理盐碱地行之有效的方法,但由于建立水利措施投资非常昂贵,且用于维护的费用也很高,因此在旱地农业中不经济,而且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他措施<sup>[10]</sup>。

**2.2 生物措施** 在治理盐碱地的各项技术措施中,生物措施被普遍认为是最有效的改良途径。据赵可夫等初步调查,中国现有盐生维管植物423种,分属66科,199属<sup>[11]</sup>。耐盐植物能够改良盐碱地的功能主要表现在植物能增加地表覆盖,减缓地表径流,调节小气候,减少水分蒸发,抑制盐分上升,防止返盐;同时,植物的蒸腾作用可降低地下水位,防止盐分向地表积累;植物根系生长可改善土壤物理性状,根系分泌的有机酸及植物残体经微生物分解产生的有机酸还能中和土壤碱性。植物的根、茎、叶返回土壤后又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<sup>[12]</sup>。

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。耐盐树种的盐碱地防护林建设、植树造林,能增加蒸腾,降低地下水位,在盐碱地建立防护林网,不但能减少风沙灾害,重要的是通过树木的蒸腾作用,降低地下水位。土壤盐碱化与地下水位有关,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;而在其他植被或裸地上,降水则大部分补充为地下水。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。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,有利于改善作物生长的小气候<sup>[13]</sup>。

**2.3 农艺及物理措施** 宁夏土地盐碱化的一个主要原因在于地表蒸发量过大。平整土地是盐碱地改良中的重要措施,可以减少地表径流,提高伏雨淋盐或灌水洗盐效果,同时,能防止洼地受淹,高处返盐,也是根治盐斑的有效措施。平整土地可以防止土壤板结、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、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。

在平地的基础上,于四周修筑埝埂,作用是灌溉水均匀布满地面,提高洗盐效果,埝埂要夯实,严防跑水。刘虎俊等在河西走廊将深耕、客土等农艺措施与淡水洗盐相结合,应用地表覆盖、免耕和沟植技术形成了盐渍化土地的工程治理系统,取得了良好的效果<sup>[14]</sup>。王久志在中度盐碱地上使用沥青乳剂覆盖地面,发现它能抑制水分蒸发,提高地温,改善土壤结构,降低土壤含盐量,提高出苗率及产量<sup>[15]</sup>。毛学森提出水泥硬壳覆盖能减少农田土壤无效蒸发,调节土壤盐分在土体中的分布,促进春播作物苗全苗壮,提高作物产量和水分利用效率<sup>[16]</sup>。

**2.4 化学措施** 我国学者在土壤物理、化学改良剂方面作了不少的研究,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、氯化钙、工业废酸、工业废弃物磷石膏、粉煤灰等进行化学改良,其原理是离子间的作用,如 $\text{Ca}^{2+}$ 的增加可以减小可交换性 $\text{Na}^+$ 的比率。

化学改良剂有两方面作用,一是改善土壤结构,加速洗盐排碱过程;二是改变可溶性盐基成分,增加盐基代换容量,调节土壤pH值和碱化度。

用脱硫物改良盐碱地的方案,是近几年才提出的,它将工业废物的再利用和农业土壤改良相结合,具有深远的现实意义。国外对它的研究主要集中在酸性土壤方面<sup>[17-20]</sup>,国内的研究尚处于起步阶段,主要是针对东北及内蒙一带碱性土壤,以达到作物增产目的<sup>[21-22]</sup>。

目前宁夏大学利用自主研制开发的新型盐碱地改良剂和燃煤烟气脱硫废弃物与一定的农艺措施相结合对宁夏北部盐碱地进行改良,探讨改良土壤的效果及其对作物生长发育的影响,为建立以燃煤烟气脱硫废弃物为主,改良盐碱地的综合技术体系提供理论依据。燃煤烟气脱硫废弃物主要成分是 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,经过洗涤和滤水处理的脱硫物含有10%~20%的游离水,颗粒细小松散、均匀,纯度为90%~95%,含碱量低,有害杂质少<sup>[23]</sup>。脱硫物的施入降低了代换性钠含量,脱硫物中的 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 置换了土壤中的代换性钠,使土壤盐分降低,以及土壤耕作破坏了土壤结构,使土壤中下层盐分不能上升,改善了土壤的化学状况,从而为作物的正常生长提供了较好的土壤环境。

### 3 结论与讨论

盐碱地改良是一个较为复杂的综合治理系统工程,包括水利工程措施、农业技术措施、生物措施、化学改良等综合治理方法,这是改良治理盐碱地的主要方向。从盐碱地的整治力度、排盐效果和推广使用范围来看,在多种盐碱地改良技术方法中,工程排水洗盐是一项重要的水利技术措施,只有健全排水设施,其他措施才能充分发挥作用。但是,从水利改良技术的运用和长远发展来看,这种改良技术所遵循的只是延续了上千年没有改变的原理和方法,即盐随水来,盐随水去;盐随水来,水散盐留的水盐运行基本规律,并利用这种规律由耕地土壤表层向下实施,大水压盐、洗盐、地下排水的方法,将下渗的土壤盐分通过地下排水的方法排水洗盐。这些传统的灌排工程技术客观上存在以下问题:洗盐排水消耗过多水资源,灌溉用水量高,不利于节水;灌溉排水工程量,排水工程投入较高而且灌排工程施工繁琐;众多排水沟

渠和大量工程土石方占用农田;灌排工程维修养护工作量和难度大。基于以上因素,随着我国盐碱地改良技术的发展和新材料新方法新技术在治盐碱技术领域的研究应用,在新的条件下对土壤盐碱的工程性排水在技术理论创新、灌排技术方法等方面提出了更新和更高的要求,需以新的灌排方式和技术理论创新,着眼探索盐碱地改良新方法和新技术。笔者致力于在节水灌溉条件下,对土壤水盐运行规律和基本特征、不同基面与土壤水盐定向迁移关系、牵引力及盐分运积效应、地表排盐技术方法、适用材料技术特性实验等关键技术研究方面有所突破,为新技术应用研究打下基础。全新的水利土壤改良模式,也是今后我国干旱农业灌区盐碱地治理技术理论研究与探讨的发展方向。

在盐碱地改良利用过程中,采取的改良措施经历了由单一到综合的过程,在综合治理的同时,又强调突出重点。今后对于盐碱地改良利用的研究,还应在长期监测的基础上,以发展的观点,因地、因时对水利、化学、生物等措施不断加以调整和完善,同时还应加强区域水盐信息与次生盐渍化、潜在盐渍化预测、预报的研究,并着重加强生物技术 in 提高植物抗盐方面的研究<sup>[24]</sup>。

### 参考文献

- [1] 龚洪柱. 盐碱地造林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988.
- [2] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [3] 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.
- [4] DORAN JOHN C, TURNBULL W. Australian tree and shrub species for land rehabilitation and farm planting in the tropics[M]. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1997.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 魏由庆. 从黄淮海平原水盐均衡谈土壤盐渍化的现状和将来[J]. 土壤学进展, 1995, 23(2): 18-24.
- [8] 许慰睽, 陆炳章. 应用免耕覆盖法改良新垦盐荒地的效果[J]. 土壤, 1990, 2(1): 17-19.
- [9] 王小琳. 加拿大草原地区的残茬覆盖管理[J]. 土壤肥料, 1996(2): 34-37.
- [10] 牛东玲, 王启基. 盐碱地治理研究进展[J]. 土壤通报, 2002, 33(6): 449-455.
- [11] 赵可夫, 冯立田. 中国盐生植物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [12] 张建锋, 乔勇进, 焦明, 等. 盐碱地改良利用研究进展[J]. 山东林业科技, 1997(3): 25-28.
- [13] MARCAR N, ISMAIL S, HOSSAIN A. Trees, shrub and grasses for salt lands[M]. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1999.
- [14] 刘虎俊, 王继和, 杨自辉, 等. 干旱区盐渍化土地工程治理技术研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(4): 329-333.
- [15] 王春娜, 宫伟光. 盐碱地改良的研究进展[J]. 防护林科技, 2004, 62(5): 38-41.
- [16] 毛学森. 硬覆盖对盐渍土水盐运动及作物生长发育影响的研究[J]. 土壤通报, 1998, 29(6): 264-266.
- [17] CLARK, RALPH B. Growth of forages legume and grasses in acidic soils amended with flue gas desulfurization products[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2003, 34(1/2): 157-180.
- [18] WENDELL R. High calcium flue gas desulfurization products reduce aluminum toxicity in an Appalachian soil[J]. Journal of Environment Quality, 1996, 27(6): 1401-1410.
- [19] STOUT W. Use of flue gas desulfurization (FGD) by product gypsum on alfalfa[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1996, 27(9/10): 2419-2432.
- [20] CREWS J. Lining acid forest soil with flue gas desulfurization by product: growth of north red oak and leachate water quality[J]. Environmental Pollution, 1998, 103(1): 55-61.

( 上接第10810 页)

- [21] 李焕珍, 徐玉佩, 杨伟奇. 脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究 [J]. 生态学杂志, 1999, 18(1) :25 - 29 .
- [22] 陈欢, 王淑娟, 陈昌和, 等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用

效果 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4) :38 - 42 .

- [23] 张方, 马彦涛, 胡将军. 国内外火电厂烟气脱硫石膏的特点利用及处置 [J]. 粉煤灰综合利用, 2003(4) :50 - 51 .
- [24] 张建锋. 中国盐碱地造林绿化的理论与实践 [M]. 2002 .