

新疆盐碱地分布特点和成因及改良利用技术研究进展

邵华伟^{1,2}, 孙九胜^{1,2}, 胡伟^{1,2}, 王新勇^{1,2}, 罗广华^{1,2}

(1. 新疆农业科学院 绿洲养分与水土资源高效利用重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业科学院 土壤肥料与农业节水研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要:土壤盐渍化严重限制和阻碍了新疆农业可持续发展,为合理改良开发利用盐碱土提供理论依据和实践指导,结合国内外相关文献及新疆现状,应用 End Note 软件对文献数据进行整理分析。结果表明:新疆盐碱地成因有自然因素和人为因素,通过论述水利工程、农业工程和化学及生物改良等技术措施的发展现状,展望了新疆盐碱土改良利用的研究发展方向。新疆盐碱地治理改良是一个综合系统工程,水利工程和农业措施虽然在生产实践广泛应用,但单一的治理改良方式不能彻底解决土壤盐碱化,因此,对于改良盐碱土应坚持“水利先行,综合治理”的原则。

关键词:新疆;盐碱土;改良利用;进展

中图分类号:S156;S287

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)11-0160-05

盐碱土是不同程度盐化或碱化土壤的总称,也称盐渍土。当土壤含盐量超过 0.6% 以上时称为盐土;当土壤表层的含盐量低于 0.5%,并且含有一定量的苏打,其胶体的交换性钠占交换阳离子总量的 20% 以上,且 $\text{pH} \geq 9$ 的土壤被称为碱土^[1]。全球盐碱地面积已达 $9.5 \times 10^8 \text{ hm}^2$,且每年以 100 万~150 万 hm^2 的速度增长^[2]。预计到 2050 年,将会有超过 50% 的耕地盐碱化^[3]。土壤盐渍化不仅给农业生产造成严重影响,而且是当今世界旱地农业面临的四大生态环境问题,处于内陆干旱区的新疆盐碱土面积占全国盐碱土总面积的 22.01%,盐渍化耕地面积占新疆耕地总面积的 30.12%,土地盐渍化已严重限制和阻碍了干旱区农业开发及可持续发展。

面对水资源和土地资源紧张等问题,改良利用盐碱地对于我国尤其是新疆内陆干旱农业地区的农村经济发展和生态环境保护等具有重要的现实意义。随着科技的进步发展,越来越多的盐碱土得到有效的利用,具有可开发利用的盐碱土是一种土地资源,改良利用盐碱土不仅可以扩大耕

地面积,而且还可以增加绿化面积,改善生态环境。生物排盐和遥感通讯工程日渐兴起^[4-5],盐碱土治理开发水平得到了提高。该研究通过对新疆盐碱地分布特点、成因、改良利用技术研究进展进行了综述,旨在为合理改良开发利用盐碱土提供理论依据和实践指导。

1 新疆盐碱土分布特点

新疆地处欧亚大陆腹地,降雨量稀少,蒸发强烈,是我国最为干旱,土壤盐碱化分布面积最广,盐碱化类型最多,土壤积盐最重的地区^[6]。因此被称为世界盐碱土的博物馆。

据 2001 年统计,新疆盐碱土的面积为 $2\,181.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占全国盐碱土总面积($9\,913 \times 10^4 \text{ hm}^2$)的 22.01%;在新疆地区 $407 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的耕地中,受不同程度盐渍化危害的耕地面积达 $122.88 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总耕地面积的 30.12%,占低产田面积的 63.20%,其中受到中度、重度盐渍化威胁的低产田占总耕地的 22.06%;在 $1\,031 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的宜农荒地中,受盐碱限制的面积达 $515.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总面积的 49.93%^[7]。

新疆除伊犁河谷、阿勒泰地区和塔城部分地区土壤含盐较少外,其它地区都有不同程度的盐渍化,它们都具有盐渍化和荒漠化并存、积盐和表聚性较强烈以及土壤盐成分复杂等特点^[8]。由表 1 可知,新疆各地、州(市)盐碱地面积分布^[9],新疆大部分地区土壤盐渍化程度高于北疆。

收稿日期:2014-05-15

基金项目:新疆维吾尔自治区科技支疆计划资助项目(2012 91143)

第一作者简介:邵华伟(1978-),男,河南省上蔡县人,学士,工程师,从事农业资源环境研究。E-mail: shaohual66@163.com。

通讯作者:孙九胜(1969-),男,副研究员,从事土壤肥料研究。E-mail: sunjiusheng2010@sina.cn。

表 1 新疆各地州盐碱地面积分布情况
Table 1 Distribution of farmland salinization soil in Xinjing

地区(市/州) Regions		耕地面积/ 万 hm ² Arable land	盐渍化面积/ 万 hm ² Salinization area	盐碱地所占耕地面积/% Accounts for saline-alkali land
北疆 Northern Xinjiang	乌鲁木齐市	7.50	0.03	0.40
	石河子市	2.02	0.14	6.93
	克拉玛依市	5.45	2.39	43.85
	阿勒泰地区	5.70	9.02	158.25
	塔城地区	79.18	19.55	24.69
	博尔塔拉蒙古自治州	19.26	4.57	23.73
	昌吉回族自治州	71.20	4.95	6.95
	伊犁哈萨克自治州	65.18	5.32	8.16
	吐鲁番地区	8.68	1.36	15.67
	哈密地区	10.79	2.16	20.02
南疆 Southern Xinjiang	克孜勒苏柯尔克孜自治州	7.63	1.68	22.02
	喀什地区	72.40	35.27	48.72
	阿克苏地区	76.36	33.04	43.27
	和田地区	24.62	7.90	32.09
	巴音郭楞蒙古自治州	38.77	21.3	54.94
全疆共计		514.74	162.02	31.48

2 新疆盐碱地成因分析

盐碱土形成的根本原因是:在自然条件下,可溶性盐类在土壤中发生水平方向和竖直方向的重分布,导致盐分在土壤表层慢慢积累,直至超过正常水平值。影响新疆土壤积盐的因素是多方面的,既与土壤母质本身所含的盐分有关,同时又与外界自然地理及生态环境有着极大的关系,概括起来主要是自然和人为两方面因素。

2.1 自然因素

2.1.1 气候与地形 气候与地形条件是形成盐碱土的重要因素之一,蒸发量大于降水量,土壤盐分就会随着土壤水分的上升积聚在土壤表层,而地形主要是通过地表水和地下水的运动间接影响盐分的移动和积累。

新疆是远离海洋的封闭内陆盆地,四面环山,中部被天山山脉横贯,将新疆划分为南北气候差异较大的区域。气候干旱,降水稀少,北疆平原区年平均蒸发量可达 700~1 200 mm,是年降水量的 3~6 倍;南疆的年平均蒸发量为 1 000~2 000 mm,是年降水量的 7~20 倍^[10]。干旱少雨气候及内陆地形使土壤盐分积聚在土壤表层,由

于降水量小,使聚积在土壤表层的盐分难以淋溶,导致土壤盐分浓度逐年升高。

2.1.2 土壤母质 成土母质所含盐分是盐碱地形成的主要因素,新疆各县市灌区四周都有山区,山区岩石和成土母质含有可溶性盐分,随洪水或经常性地面水不断地侵蚀带到盆地或低洼地带。据新疆南疆沙井子灌区的钻孔资料,地表 0.6 m 内土壤易溶盐分平均为 2 g·kg⁻¹,2~4 m 平均含盐量为 3 g·kg⁻¹,4~10 m 土层含盐量为 2.5 g·kg⁻¹,10~15 m 土层仍可达到 1.5 g·kg⁻¹^[11]。这些盐分随农业灌溉用水被源源不断地带到盆地,由于地形封闭,盐分无外泄条件,致使土壤盐分逐年增高。

2.1.3 水文地质 新疆大部分河流为内流河,多由山区流向盆地,山区盐分随地表水和地下水被灌到田地,成为土壤盐碱化盐分的补给者。地下水位高和地下水矿化度大也是形成盐碱土的重要因素。如新疆阿瓦提县三角洲平原下部及其边缘地段,由于地下水埋深小于 2 m,矿化度在 2 g·L⁻¹ 以上,甚至高达 5 g·L⁻¹,水化学类型为 SO₄²⁻·Cl⁻·Ca²⁺·Mg²⁺ 型水或为 Cl⁻·SO₄²⁻·Na⁺ 型水,土壤的

积盐过程明显增强,盐渍化程度增高^[12]。

2.1.4 植被 有些盐生植物或深根性植物,能从土壤和地下水中吸收水分的同时将溶解在水中的盐分吸收并累积于植株中。当植物死亡后,随着植物体的分解,体内盐分也会回到土壤中并逐渐积累于地表,产生积盐^[13]。也有许多植物能在其体内合成生物碱,并将其分泌在植物周围产生盐分的富集,如胡杨和兰藻等。

2.2 人为因素

2.2.1 水利方面 (1)不合理的灌溉。灌溉定额大于田间需水量的大水漫灌、串灌等,产生大量田间渗漏,致使地下水位上升,并超过临界深度,促使土壤次生盐渍化。一般旱作灌区灌水定额为 $7\,500\sim 9\,000\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,会产生 $5\%\sim 20\%$ 的渗漏量,较差的灌区灌水定额 $1\,200\sim 1\,350\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,会产生 $30\%\sim 50\%$ 的渗漏量^[14]。如农八师147团灌区开发建设前地下水埋深为 $6\sim 10\text{ m}$,开发建设8a后,地下水埋深上升至 $1\sim 3\text{ m}$ ^[9]。(2)不完善的灌溉体系。重灌轻排达不到适宜的灌排比要求,排水系统不配套,排水沟淤积,阻塞严重,还有部分排水渠坍塌严重,渠道防渗率低,造成地下水位上升。如果灌区的排水系统不合理,排水沟道失修淤积堵塞,甚至有灌无排,致使地下水位抬高,都会加剧灌区土壤盐渍化的形成^[15]。对新疆农二师的盐碱地成因调查发现,灌溉渠道防渗率为 26.6% ,其中农渠防渗率仅为 3.56% ,并且长期引用咸水进行灌溉^[16]。

2.2.2 农业方面 近几年,随着灌溉面积的扩大及大规模节水滴灌的实施,新疆土壤盐渍化又出现了新的问题和趋势。由于滴灌条件下淋溶作用微弱,难以利用灌溉水有效地淋洗盐分,盐分仅在土层中转移而无法消除,导致膜下滴灌在整个土体内的积盐速率大于常规地面灌溉^[17]。孙肇君等^[18]以不同土壤质地、不同滴灌年限的新疆滴灌棉田为研究对象,发现在膜间地表和 60 cm 土层以下积累强烈,滴灌年限越长,棉田中的盐分积累就越多。王家平等^[19]在石河子大学试验场从生育期、纵向、横向、土壤质地4个角度对膜下滴灌盐分的运移进行了分析,比对发现随着生育期的推后,各土层含盐量都有不同程度的加大;垂直方向盐分的积累在 $0\sim 60\text{ cm}$ 土层逐渐增加。因此通过膜下滴灌淋洗盐分是不够的,还应建立完善灌水、排水系统,使之相配合,综合运用各项抑盐措施。

另外种植结构单一、不合理的培肥也是造成次生盐渍化的原因。新疆地区特别是南疆种植作物单一,除了粮食作物外,大部分为棉花,而养地作物苜蓿、绿肥几乎见不到,使耕地用养失调。加之有机肥使用量减少,化肥使用量增加^[20]。

综上所述,新疆土壤盐渍化的形成主要有地质、地貌、气候、土壤质地和灌溉方式不合理等原因,表层土壤盐渍化是一种自然现象,人为不合理的灌溉促使其进一步恶化^[21]。

3 新疆盐碱地改良利用技术

20世纪90年代至21世纪,随着人们对生态环境认识的提高,盐碱地改良进入到与生态环境治理相结合的阶段,即从整个流域出发,将盐碱地改良与生态环境治理综合进行,全面规划^[8]。目前,人们利用节水灌溉和物理化学等一系列措施综合治理改良新疆盐碱地。

3.1 水利工程改良措施

在改良盐碱土的各项措施中,水利工程改良是一项最有效的、根本性的关键措施和前提,只有健全水利设施,完善灌溉排水系统,其它措施才能充分发挥作用。

根据灌区的不同情况,利用和完善渠系工程、喷滴灌工程和井灌工程进行盐碱地改良,水平排水主要为明沟、暗管形式,垂直排水主要为竖井排水。王克全等^[22]在新疆重度盐碱地采用不同填埋深度暗管排盐试验,得出暗管填埋深度 80 cm 、间距 5 m 处理,土层平均脱盐率高达 42% 。29团场从1987年起采用荷兰暗管排水设备,已将超过 $5\,000\text{万 hm}^2$ 明渠改为暗管排水,近几年实践证明暗管排水,排水量多、降深大、土壤脱盐效果好、管理费用低、增产显著;相对明渠可增大 12% 的种植面积,值得推广^[23]。

3.2 农业改良措施

农业改良措施主要有增加土壤有机质、培育较厚的熟化层(如上沙改土、深松土壤破除板结层等)、实施科学的种植耕作制度、避盐栽培和种植水稻等方法。这些措施在已形成的盐碱地或尚未形成盐碱化的耕地上,都有很大作用。农业措施能够对水利措施所取得的成果进行巩固和进一步的提升,如平整土地、精耕细作和培肥地力等措施都能明显改善和改良盐碱地^[15]。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,抑制盐分积累^[24]。可通过增大田菁、怪麻和毛苕子等豆科绿肥种植

面积,利用当年种植当年压翻做绿肥的有效模式,来提高土壤有机质含量、培肥地力。

3.3 化学改良措施

化学改良措施主要是在盐渍化土壤中施加石膏、磷酸、矿渣和有机无机酸等改良剂,降低土壤中的盐碱含量^[25]。国内利用磷肥厂副产品磷石膏、柠檬酸厂的柠檬酸渣,生产沼气后的沼渣、沼液等改良碱土都有显著作用^[26-27]。施用石膏等化学改良剂增加可溶性钙(Ca^{2+}),通过离子代换作用将土壤中的钠(Na^{+})代换出来,结合灌溉使之淋洗,达到改良盐碱土的目的,化学改良措施一般用于重度盐碱土改良^[28]。常用的化学改良剂有三类:一是钙剂,如石膏、过磷酸钙等;二是钙活化剂,如粗硫酸、黑矾、黄铁矿等含酸、含硫物质;三是其它改良剂,如腐殖酸,土壤结构改良剂、炉渣、工矿副产品等。

3.4 生物改良措施

生物改良措施主要有种植牧草,培育和种植耐盐作物,植树造林挡风蔽荫,改善田间小气候,利用生物吸水蒸腾,降低地下水位,增加地表覆盖度,减少蒸发,改善土壤结构调节地温,提高土壤肥力,从而降低盐碱地的危害,重盐碱区通过种植吸盐作物来减少土壤中盐分的含量。

盐生植物能够吸收土壤中的大量盐分,并在植物体内累计,如耐盐植物盐角草干物质中氯化钠含量高达 50%^[29]。罗廷彬等^[30]在新疆传统灌溉管理下,当土壤原始盐分 2.0%时,在壤质土壤上种植耐盐小麦 1~2 a 的 0~40 cm 土层盐分可降到 0.8%;种植 7 a 后,0~100 cm 土层盐分降到 0.2%左右,且在以后种植条件下,土壤盐分趋于平衡状态,变化很小。新疆拥有全国 60%的盐生植物,盐生植物 305 种 11 变种 4 亚种^[31],一些新疆特色的盐生植物,如甘草、罗布麻、肉苁蓉等已具有规模化种植,开发前景广阔,将是盐碱土脱盐、产生高经济价值的新星农作物。通过生物措施改良盐碱地,将推动盐碱地资源的开发和利用,盐渍化低产田改良,是治理和开发盐碱地资源的有效途径和措施。

4 展望

新疆盐碱地改良是一个综合治理系统工程,水利工程和农业措施虽然在生产实践广泛应用,但生物改良和农业措施改良都不能彻底解决土壤盐碱化,所以对于改良盐碱土应坚持“水利先行,综合治理”的原则。

目前新疆还存在重灌轻排、盲目开荒和长期膜下滴灌积盐等问题,所以开展水盐运移机理的研究仍是新疆盐渍化土壤改良理论研究的核心。发展盐碱农业,加强耐盐作物品种的选育,应用生物转基因技术和分子技术选育耐盐、耐沙、耐瘠、耐旱品种,走盐碱农业资源化道路是新疆盐碱土壤发展新方向。对于盐碱地治理改造和开发利用盐碱环境,应充分挖掘盐生植物潜力,变不利因素为有利条件,筛选和培育有食用价值或经济价值的天然盐生植物使之产业化。利用咸水、咸水与淡水混灌、轮灌技术,建立和完善主要农作物的咸水、微咸水灌溉对土壤质量和作物生长的作用与影响监测体系。随着新材料、新技术在盐碱改良技术领域上的研究应用,必将推动和提高新疆盐碱地治理和改良的步伐,推动传统农业的土地资源向盐碱土扩展。

参考文献:

- [1] 王春娜,宫伟光. 盐碱地改良的研究进展[J]. 防护林科技, 2004(5):38-41.
- [2] Malcom E, Sumner R N. Sodic soils-distribution, properties, management and environmental consequences [M]. New York: Oxford University Press, 1998.
- [3] Vinocour B, Altman A. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: Achievements and limitations[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2005, 16(2): 123-132.
- [4] 蒋鹏文,周宏飞,邵春琴,等. 生物排盐改良利用盐渍土的研究展望[J]. 人民黄河, 2013, 35(3): 71-75.
- [5] 买买提·阿扎提,艾力克木·卡德尔,吐尔逊·哈斯木. 土壤盐渍化及其治理措施研究综述[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(5): 29-33.
- [6] 张丙乾. 新疆土壤盐碱化及其防治[J]. 干旱区研究, 1993(10): 55-61.
- [7] 罗廷彬,任巍,谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 46-47.
- [8] 胡明芳,田长彦,赵振勇,等. 新疆盐碱地成因及改良措施研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(10): 111-117.
- [9] 加孜拉·阿山,王修贵,姚宛艳. 新疆土壤盐碱化治理技术初步研究[J]. 节水灌溉, 2011(11): 50-52.
- [10] 魏云杰,许模. 新疆土壤盐渍化成因及其防治对策研究[J]. 地球与环境, 2005, 33(S): 593-597.
- [11] 田长彦,周宏飞,刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000(2): 177-181.
- [12] 郭琳,郭健,张兵. 新疆阿瓦提县盐碱地治理理论与措施分析研究[J]. 地下水, 2012, 34(6): 36-38.
- [13] 江华. 新疆盐渍土成因分析及盐渍土路基病害处理[J]. 路基工程, 2008(4): 215-217.

- [14] 王丰. 盐碱地的成因初步分析[J]. 黑龙江水利科技, 2012, 40(11): 230-231.
- [15] 张德龙. 新疆地区盐碱地的成因及治理措施[J]. 黑龙江水利科技, 2012, 40(8): 193-194.
- [16] 张辉. 新疆农二师盐碱地形成原因与治理措施[J]. 甘肃水利水电技术, 2010, 46(2): 42-44.
- [17] 刘洪亮, 褚贵新, 赵风梅, 等. 新疆棉区长期膜下滴灌棉田土壤盐分时空变化与次生盐渍化趋势分析[J]. 中国土壤与肥料, 2010(4): 12-17.
- [18] 孙肇君, 张伟, 李鲁华, 等. 新疆膜下滴灌棉田盐分运移规律研究[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(1): 133-137.
- [19] 王家平, 吕新, 孙学, 等. 膜下滴灌农田盐分运移情况调查与分析[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(4): 682-686.
- [20] 乔玲, 张芳, 邹德华. 新疆灌区盐碱地成因分析及治理措施[J]. 中国农村水利水电, 2008(8): 89-90.
- [21] 魏云杰, 许模. 新疆土壤盐渍化成因及其防治对策研究[J]. 地球与环境, 2005, 33(S): 593-597.
- [22] 王克全, 马军勇, 周建伟, 等. 暗管排水技术在新疆重度盐碱地的脱盐试验[J]. 干旱区研究, 2013, 30(增刊): 117-120.
- [23] 郭德发, 王庆. 新疆灌区防治土壤次生盐渍化的主要措施[J]. 西北水资源与水工程, 1996(3): 58-63.
- [24] Mainguet M. Aridity drought and human development[M]. Berlin, Heidelberg: Springer-verlag, 1999.
- [25] 张俊伟. 盐碱地的改良利用及发展方向[J]. 农业科技与信息, 2011(4): 63-64.
- [26] 王永清. 碱化土壤上磷石膏的施用效果[J]. 土壤通报, 1999, 30(2): 51-52.
- [27] 蔡阿兴, 蒋其鳌, 常运诚, 等. 沼气肥改良碱土及其增产效果研究[J]. 土壤通报, 1999, 30(1): 4-6.
- [28] 王利民, 陈金林, 梁珍海, 等. 盐碱土改良利用技术研究进展[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(1): 143-148.
- [29] Larcher W. Physiological Plant Ecology[M]. 3rd ed. Heidelberg, New York: Springer, 1995: 177.
- [30] 罗廷彬, 李彦, 任崑, 等. 新疆盐碱地种植耐盐小麦土壤盐分的变化[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(8): 107-113.
- [31] 郝金标, 田长彦, 阎平, 等. 新疆盐生植物区系初探[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 7-10.

Research Progress on Distribution Characteristics, Causes and Improved Utilization Technology of Saline-alkali Land in Xinjiang

SHAO Hua-wei^{1,2}, SUN Jiu-sheng^{1,2}, HU Wei^{1,2}, WANG Xin-yong^{1,2}, LUO Guang-hua^{1,2}

(1. Key Laboratory of Oasis of Nutrient and Soil Water Resource, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091; 2. Research Institute of Soil, Fertilizer and Agricultural Water Conservation, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091)

Abstract: Soil salinization severely restricted and hindered the sustainable development of agriculture in Xinjiang, in order to provide theoretical basis and practical guidance for reasonable development and utilization of saline alkali soil improvement. Through the consult of the related literature at home and abroad and combined with the present situation of Xinjiang, data were analyzed with End Note software. It showed that there were natural factors and human factors caused saline-alkali land in Xinjiang, the development situation of water conservancy engineering, agricultural engineering, chemical and biological improvement measures were discussed, the research and development direction of saline soil improvement was prospected. The results showed that control and improvement of saline alkali soil in Xinjiang was a comprehensive system engineering, although water conservancy and agricultural measures widely used in the production practice, a single governance improvement ways could not solve the soil salinity completely, therefore it should be adhere to the principle of "water first, comprehensive treatment" for improving saline soil.

Key words: Xinjiang; saline soil; improvement; research progress