

# 盐碱地可持续利用及改良技术研究进展

王娜<sup>1,2,3,4</sup>, 罗玉虎<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>3</sup>自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 1370199046@qq.com

收稿日期: 2021年5月9日; 录用日期: 2021年6月10日; 发布日期: 2021年6月17日

## 摘要

土壤盐渍化问题是困扰耕地质量安全的土壤问题之一, 在耕地面积不断减少、人口数量不断增长的压力下, 盐碱地的开发利用与改良是保障粮食安全, 促进农业可持续发展重要途径之一。本文系统地阐述了盐渍化土壤形成的原因; 分别从物理、化学、生物方面阐述了盐碱地改良的研究成果; 对盐碱地可持续利用进行综述。此外, 展望了盐碱地改良的发展趋势, 为盐渍化资源的开发、利用与改良等提供理论参考。

## 关键词

盐渍化, 成因, 改良, 可持续利用

# Research Progress on Sustainable Utilization and Improvement Technology of Saline Alkali Land

Na Wang<sup>1,2,3,4</sup>, Yuhu Luo<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 1370199046@qq.com

Received: May 9<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jun. 10<sup>th</sup>, 2021; published: Jun. 17<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Soil salinization is one of the soil problems that perplexes the quality and safety of cultivated land. Under the pressure of decreasing cultivated land area and increasing population, the development, utilization and improvement of saline alkali land is one of the important ways to ensure food security and promote agricultural sustainable development. In this paper, the reasons for the formation of salinized soil are systematically expounded; the research results of saline alkali soil improvement are elaborated from the physical, chemical and biological aspects; the sustainable utilization of saline alkali land is summarized. In addition, the development trend of saline alkali land improvement is prospected, which provides theoretical reference for the development, utilization and improvement of salinization resources.

## Keywords

Salinization, Cause of Formation, Improvement, Sustainable Utilization

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

我国耕地数量少, 质量低, 因此, 加强土地综合整治, 合理开发不可利用土地为耕地资源, 提高土地开发利用率成为补充耕地、提高粮食产量、保障粮食安全的有效途径之一。目前, 盐渍化土壤在世界范围内分布广泛, 土壤盐碱化成为世界性的难题之一。全世界的盐渍化土壤约为 9.5 亿  $\text{hm}^2$  [1], 我国盐碱地面积约占全国耕地面积的 20% [2], 据统计, 我国盐碱地的总面积占到了 3600 万  $\text{hm}^2$ , 具有利用价值的盐碱荒地及盐碱障碍耕地面积约为 1236 万  $\text{hm}^2$  [3]。改造治理和合理利用这些盐碱地资源, 促进盐碱地的农业高效、可持续利用是解决日益增加的人口与耕地逐年减少矛盾的重要突破口, 对改善生态环境、推动社会经济的可持续发展具有重要的意义。

1950 年以来, 我国在改造盐碱地方面投入了大量的人力、财力以及物力, 包括对盐碱地的考察、勘测、垦殖、改良及利用等的实践工作, 在土壤盐碱化发生过程、机理、防治等方面均有了新的发展和突破。目前对盐碱地的改良主要有修建排水网、种植耐盐碱的作物、培肥以及添加化学改良剂等[4]。然而, 截止目前, 土壤盐渍化仍然是限制我国农林业发展的障碍因子之一, 且治理难度大, 成本高, 据统计截止 2008 年, 我国有约 80% 的盐渍化土壤尚未开发利用[5]。因此, 如何高效地开发利用盐渍化土壤应当引起我们足够的重视。

## 2. 土壤盐渍化形成的原因

盐渍土是盐土和碱土以及各种盐化、碱化土壤的总称。盐土是指土壤中可溶性盐含量达到对作物生长有显著危害的土类, 盐分含量指标因不同盐分组成而异。碱土是指土壤中含有危害植物生长和改变土壤性质的多量交换性钠。

土壤的盐渍化分为原生盐渍化和次生盐渍化, 其中不受人为影响, 在自然状态下形成的土壤盐渍化称为原生盐渍化; 由人类生产及生活过程中干扰形成的土壤盐渍化称为次生盐渍化。土壤盐渍化不仅限制了

农业生产发展,也制约着生态环境改良绿化。通常情况下,地下水与土壤表层水处于一种动态平衡状态,两者之间的基本离子都处于相对稳定的状态。但是在干旱条件下,这种稳定状态就会被打破,随着土壤蒸发量的增加,下部土壤水分沿着土壤毛细管不断上移,在此过程中,土壤中的盐分离子也会随着土壤水分的运动方向而向上移动,在水分到达土壤表层后蒸发损失,而盐分则积聚在土壤表层,当该过程反复进行时,表层的盐分离子达到一定的浓度时,就会造成土壤的盐渍化。因此,在干旱及半干旱的地区,土壤盐渍化现象比较普遍。

### 3. 盐碱地改良措施

#### 3.1. 物理改良措施

盐碱地的物理改良是通过改变土壤的物理结构来调控土壤水盐运动,从而抑制土壤的蒸发、提高水分入渗的效果。常见的物理措施包括土地平整、深耕、起垄、松土、抬高地形等方法。随着新材料新技术的研究,利用沸石、覆盖地膜等措施改良盐碱地也广泛被应用。

沸石是一种碱或碱土金属离子的含水铝硅酸盐,是架状结构微结晶质矿物,结构中充满了不同大小孔径的空腔和孔道,具有较大的开放性和很大的内表面积。在沸石晶穴和孔道中除有可交换的碱和碱土金属阳离子和中性水分子外,还具有良好的交换选择性,吸附分离性等。早在1997年左莎[6]研究了沸石对盐碱地玉米、高粱的增产效果及机理,结果表明沸石能吸附盐碱土中 $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 等离子,降低土壤的pH值和碱化度,改善土壤的理化性能,并提高交换量,使土壤向有利于作物生长的方向发展,为改良碱化土壤和增加产量提供了新的途径;宓永宁等[7]的研究结果同样也表明沸石可吸附碱化土中的 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 等离子,降低土壤PH值和碱化度,提高离子交换量,改善土壤理化性能。

地膜覆盖实际上是为了保水保墒,减少水分蒸发,从而阻止盐分在土壤表层和植物根系的积累,防止土壤返盐的一种措施[8]。在淡水资源匮乏,排水设施不完善的情况下,采用地面覆膜是减少土壤盐分积聚最重要的手段。赵名彦等[9]在覆盖对滨海盐碱土水盐运动及对刺槐生长影响的研究中表明,覆盖可以有效的保持刺槐林下地表和根系层土壤水分,减少盐分积累,并缓解水盐运动剧烈变化;地膜覆盖在根系层的保持水分和防止盐分积累的作用较明显;李芙蓉[10]的研究结果显示秸秆覆盖措施能显著抑制盐分向土壤表层聚积,降低土壤有害盐离子含量,对增进土壤脱盐和控制土壤返盐有良好效果;梁建财等[11]研究了秸秆覆盖对盐渍土壤水盐状况及向日葵产量的影响,玉米秸秆覆盖盐碱耕地种植向日葵以覆盖量 $0.6\sim 0.9\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 为宜,秸秆覆盖保水,抑制返盐及增产效果明显,是值得推广的一项盐碱地高效利用技术。

#### 3.2. 化学改良措施

盐碱地的化学改良就是利用酸碱中和的原理改变盐碱地理化性质,一方面是改善土壤的结构,加速土壤中盐分的流失;另一方面是改变可溶性盐基的成分,增加盐基代换容量,调节土壤的酸碱度。

李旭霖等[12]利用磷石膏改良黄河入海口附近滨海重盐碱地,研究表明磷石膏对盐碱棉田的脱盐效果比较好,能够有效增加土壤微生物量及土壤呼吸,达到改善盐碱土的化学性质的目的;孙昌禹等[13]研究了磷石膏对滨海盐碱土的改良,通过室内土柱试验发现 $0.45\%\sim 0.6\%$ 磷石膏处理后,土壤的渗透性、pH值、全盐等特性都得到明显改善。除此之外,粉煤灰在盐碱地的改良中也发挥了重要的作用,张志众等[14]研究了粉煤灰在改良盐碱地土壤中的机理,结果显示使用粉煤灰可降低土壤容重,提高土壤孔隙体积,减少土壤中的碱性物质含量,加快土壤排盐速度及改善土壤的化学性质,且当土灰比为3:1时施加粉煤灰后效果最为理想。

中国盐碱地资源较为丰富,研究学者们也在不断探索新的、成本较低、获取容易的土壤改良剂,王

文杰等[15]以聚马来酸酐(HPMA)和聚丙烯酸(PAA)两种高分子聚合物配合木焦油、木醋液等为降、阻盐碱剂,对重度盐碱地进行改良,结果显示,聚马来酸酐(HPMA)在阻盐剂阻隔下,使盐碱地 pH 与盐分明显下降,杨树生长速率较高,改良效果显著。

### 3.3. 生物改良措施

有研究发现,通过生物措施改良、开发和利用盐碱地是盐碱地再利用的有效途径之一。生物改良后的盐碱地脱盐持久、稳定,并且对水土保持也起到了关键性的作用。在 1930 年前后,美国、日本等国外学者就开始了植物耐盐性的相关研究[16]。而我国在这方面较为超前,早期在耐盐植物的筛选和培育就有了相关研究。据有关资料记载,我国现已筛选的耐盐植物约 421 种,约占世界耐盐植物总数的 27% [17]。

研究表明,多年生的灌木或者小乔木对于干旱和盐碱土的耐受力是非常强的[18],例如怪柳就是其中的一种,他不仅耐盐能力较强,而且也是一种泌盐植物,它可以把土壤中的盐分积累在体内,随着收获,将盐分转移。有研究表明,种植 2 年怪柳后土壤中的盐分含量有所降低,并且土壤中有机物的含量将会有所增加[19]。因此,怪柳已被当做盐碱地土壤改良和生态绿化不可或缺的树种之一。还有一些学者研究了黄花补血草、碱蓬、盐角草等对盐碱地土壤的改良技术与栽培技术,这些研究在盐碱地土壤生物改良方面做出了重大贡献。

近年来,利用微生物改良盐碱地土壤也受到了广大学者的青睐。盐碱地土壤的高含量盐分破坏了土壤微生物适宜的生存环境,盐碱地土壤微生物碳氮等含量及微生物数量在一定程度上会低于普通农用地土壤。有研究显示,菌根真菌通过增加作物根的数量及活力从而促进植物根对土壤 N、P、K 及 Ca 的吸收,减少植物中 Na 的吸收,促进盐碱地中植物的生长,从而达到盐碱地植被恢复的效果[20]。Wang 等研究表明[21],丛植菌根真菌能够促进怪柳、芦苇等的植株优势地位的建立,表明其在盐碱土植物中具有重要的作用。除此之外,一些细菌对盐碱土也有一定的改良作用,张静等在利用硫氧化细菌改良盐碱土一文中指出氧化硫硫杆菌和排硫杆菌对降低土壤 pH 值有明显作用,使土壤 pH 值由 7.5 降低到 7.2,对改良碱土有一定的作用[22]。刘彩霞,黄为一[23]从滨海盐碱土中分离筛选到分解秸秆,产胞外聚合物的耐盐碱细菌,通过土柱和盆栽试验研究其与有机物料相互作用对盐碱土团聚体形成以及植物生长的影响,结果表明,盐碱土中接种既分解秸秆又产胞外聚合物的耐盐碱细菌(菌株 M6),配施未腐熟秸秆,直接在盐碱土中腐熟分解,团聚体形成效果最好,大团聚体含量增加 60% 以上,更有利于盐碱土大团聚体的形成。微生物肥料在盐碱土改良中也有极大的促进作用。张绪美等[24]利用微生物肥研究了其对次生盐渍化土壤缓解作用及对番茄生长的影响,研究表明,施用微生物肥后土壤微生物量明显提升,细菌、放线菌比对照增加了 64.8%、40.28%,土壤含盐量显著降低。

## 4. 盐碱地可持续利用研究

土地资源可持续利用旨在合理的开发、使用、保护和治理,协调人口、资源、环境的关系[25]。盐碱地的农业可持续利用是指对盐碱地资源进行开发、使用、保护和治理,提高其农业可利用价值,促进粮食安全生产,协调人地关系。

通常情况下盐碱地生态环境脆弱,气候、地质、地貌等水文条件不良。不适当的资源开发利用都可能造成严重的后果。因此,在盐碱地的可持续利用过程中要遵守保护与开发利用并重原则、因地制宜,分区利用,综合利用原则、适应盐碱环境,追求人与自然和谐统一,实现资源可持续利用等原则。在盐碱地开发过程中要坚持保护与开发并重,不能开发的要以保护和恢复生态为主;根据当地的实际情况,结合当地地形、地貌、水文特征因地制宜,实现资源的综合利用;在盐碱地的开发利用中要以人与环境和谐统一为目标,充分发挥耐盐植物的作用,发展盐碱农业,努力实现生态、经济和社会效益的统一。



在盐碱地农业可持续利用管理模式上要分析现有的管理政策制度, 通过走访调研农户、政府访谈等方式获得相关信息资料, 构建政府、企业、集体与农户之间的相互利益关系, 构建互利共赢、协调发展的盐碱地农业管理模式体系。

## 5. 展望

我国盐碱地资源丰富, 合理开发、利用盐碱地资源是缓解日益增长的人口与土地资源紧缺的重要途径。在未来盐碱地的治理过程中, 应改变传统的思想观念, 把治理改造转向人与自然的和谐统一, 因地制宜开发和利用盐碱地, 力争促进中国盐碱地生态、经济和社会效益相统一。在盐碱地土壤的改良过程中要不断探索新的改良模式, 结合遥感技术和图像处理技术, 对盐渍化的发生发展进行实时监测, 构建盐碱地可持续利用的相关技术与管理体系, 加快盐碱地资源的开发, 促使盐碱地利用综合效益稳步提高。

## 参考文献

- [1] Tan, J.I. and Tanji, K.K. (1990) Nature and Extent of Agricultural Salinity. In: Tanji, K.K., Ed., *Agricultural Salinity Assessment and Management*, American Society of Civil Engineers, New York, 1-17. <https://doi.org/10.1061/9780784411698.ch01>
- [2] 逢焕成, 李玉义, 于天一, 等. 不同盐胁迫条件下微生物菌剂对土壤盐分及苜蓿生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1403-1408.
- [3] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845.
- [4] 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.
- [5] 丁海荣, 洪立洲. 盐生植物碱蓬及其研究进展[J]. 江西农业学报, 2008, 20(8): 35-37.
- [6] 左莎, 左建, 孔庆瑞. 沸石对盐碱地玉米, 高粱的增产效果及机理的研究[J]. 北方水稻, 1997(3): 24-26.
- [7] 宓永宁, 左建. 沸石对盐碱地玉米增产效果的研究[J]. 盐碱地利用, 1995(1): 26-28.
- [8] 赵耕毛, 刘兆普, 陈铭达, 等. 不同降雨强度下滨海盐渍土水盐运动规律模拟实验研究[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(2): 51-54.
- [9] 赵名彦, 丁国栋, 郑洪彬, 等. 覆盖对滨海盐碱土水盐运动及对刺槐生长影响的研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(4): 751-755.
- [10] 李芙蓉. 滨海滩涂盐渍土覆盖阻盐控盐和土壤质量提升技术模式研究[D]: [硕士学位论文]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2013.
- [11] 梁建财, 史海滨, 杨树青, 等. 秸秆覆盖对盐渍土壤水盐状况及向日葵产量的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(5): 1202-1206.
- [12] 李旭霖, 刘庆花, 柳新伟, 等. 不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 219-224.
- [13] 孙昌禹, 薛志忠, 王文成, 等. 磷石膏对滨海盐碱土的改良效果研究[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(2): 23-24.
- [14] 张志众, 李云凯, 孙秀君. 粉煤灰在改良盐碱地土壤中的机理研究[J]. 唐山学院学报, 2014, 27(6): 27-30.
- [15] 王文杰, 贺海升, 祖元刚, 等. 施加改良剂对重度盐碱地盐碱动态及杨树生长的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2272-2278.
- [16] 李瑞云, 鲁纯养, 凌礼章. 植物耐盐性研究现状与展望[J]. 盐碱地利用, 1989(1): 38-41.
- [17] 赵可夫. 中国盐生植物[M]. 北京: 科技出版社, 1999.
- [18] Busch, D.E., Ingraham, N.L. and Smith, S.D. (1993) Effects of Fire on Water and Salinity Relations of Riparian Woody Taxa. *Oecologia*, **94**, 186-194. <https://doi.org/10.1007/BF00341316>
- [19] 雷金银, 班乃荣, 张永宏, 等. 柽柳对盐碱土养分与盐分的影响及其区化特征[J]. 水土保持通报, 2011, 31(2): 73-76.
- [20] Zhang, Y.F., Wang, P., Yang, Y.F., Bi, Q., Tian, S.Y. and Shi, X.W. (2011) Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improve Reestablishment of *Leymus chinensis* in Bare Saline-Alkaline Soil: Implication on Vegetation Restoration of Extremely Degraded Land. *Journal of Arid Environments*, **75**, 773-778. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.04.008>
- [21] Wang, F.Y., Liu, R.J., Lin, X.G. and Zhou, J.M. (2004) Arbuscular Mycorrhizal Status of Wild Plants in Saline-Alkaline Soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza*, **14**, 133-137. <https://doi.org/10.1007/s00572-003-0248-3>

- [22] 张静, 王清, 李晓茹, 等. 利用硫氧化细菌改良盐碱土[J]. 吉林大学学报(地), 2009, 39(1): 147-151.
- [23] 刘彩霞, 黄为一. 耐盐碱细菌与有机物料对盐碱土团聚体形成的影响[J]. 土壤, 2010, 42(1): 113-118.
- [24] 张绪美, 曹亚茹, 沈文忠, 等. 微生物肥对设施土壤次生盐渍化和番茄生产的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(5): 119-126.
- [25] 刘富刚. 基于土地伦理的土地可持续利用[J]. 中国国土资源经济, 2009(7): 22-26.