

我国盐碱地修复与可持续发展建议

月相智, 郑 敏, 钟石柱, 冉浩然, 邓富升

(中国电建集团重庆工程有限公司, 重庆 400060)

摘 要 土壤盐碱化是全球性生态问题, 严重影响农业和耕地的高质量发展。我国盐碱地分布范围广且呈增加趋势, 对我国粮食生产和生态安全构成重大挑战。虽然我国已开展了不少关于盐碱地修复的研究, 但是在治理过程中仍存在治理成本高、资金缺乏、治理机制不完善等问题, 所以在未来盐碱地治理过程中需要进一步完善盐碱地治理技术, 树立生态化治理理念, 实现盐碱地生态修复的可持续发展。本文在总结盐碱地形成原因、危害及常见治理措施的基础上分析了我国盐碱地治理过程中存在的问题, 并在此基础上提出了针对性的治理策略与可持续发展建议, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 盐碱地; 修复; 可持续发展

中图分类号: S156

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.034

0 引言

土壤盐渍化是土壤中可溶性盐离子不断向土壤表层聚集, 使土壤理化性质发生改变, 导致土壤基本性质和质量不断下降, 最终形成盐碱地的过程^[1]。盐碱地是盐土、碱土、碱化土壤和盐化土壤的总称^[2]。我国盐碱地分布广泛, 面积约9 913万公顷, 主要分布在黄河中上游、东北、华北、西北和沿海地区, 其中可利用盐碱地面积约3 600万公顷, 具有农业利用前景的盐碱地面积约670万公顷^[3]。盐渍土作为一种中低产类型的土壤, 其生产水平与土壤质量有着密切关系, 也是保障我国耕地安全和粮食生产安全、守住国家耕地红线的重要土地资源。同时, 现有盐渍土受到自然、地形、气候和人为不合理开发等因素影响, 土壤生产力水平进一步降低^[4]。此外, 盐渍土作为我国重要的低产土壤, 有机质含量偏低, 整体含量低于欧洲同类型土壤^[5]。所以, 提高盐渍土生产力水平与质量对提升全国耕地质量具有重大的意义, 可有效增加国家耕地资源, 拓展农牧业发展空间^[6]。

近年来, 随着我国城市化发展不断加快, 城市用地不断增加, 致使农业用地面积不断减少^[7]。盐碱地作为我国土地资源的重要部分, 进行科学合理的治理对提高耕地产力和粮食产量具有重要意义。因此, 盐碱地的治理、修复和利用成为当今的研究热点之一。同时盐碱地治理还存在难度大、成本高、技术复杂且需要多方人员共同参与的特点。基于以上背景, 本文在探究盐碱地形成过程、治理方式和研究现状的基础上, 对盐碱地的治理方式展开科学合理的分析, 指出当前我国盐碱地治理过程中的不足之处, 旨在为我国

盐碱地的改良修复和资源化利用提供理论参考依据。

1 盐碱地的形成机理及危害

土壤是动植物赖以生存和发展的物质基础。土壤盐渍化问题受到全世界高度重视, 对农业可持续发展、动植物生长发育和土壤基本理化性质都有影响^[8-9]。盐碱地的形成是地形地貌、气候条件以及人类活动等多种因素相互作用的结果。我国盐碱地主要分布于滨海地带、干旱和半干旱地区, 具有肥力低、利用率低和难治理等特点^[10]。土壤盐渍化是指地下水或者深层土壤中的盐分被带到土壤表层, 大量盐分随水分蒸发停留在土壤表层而形成盐碱地的过程^[11]。滨海盐碱地的形成则是由于河流携带的大量泥沙沉积在沿海区域。泥沙沉积形成的平原不断受到海水浸渍, 使得泥沙中含有大量可溶性盐。后期土壤和地下水中的可溶性盐逐渐聚集到土壤表层, 最终形成沿海地带特有的滨海盐渍土^[12]。

土壤盐碱化会对土壤的物理性质、化学性质以及生物活性等造成影响^[13], 导致土壤板结, 进而影响土壤的透水性和通气性。植物在高浓度盐胁迫下, 种子萌发、幼苗发育、光合作用和代谢活动都会受到影响, 盐胁迫还会产生大量危害植物细胞的活性氧^[14]。此外, 较高土壤pH值会对植物体产生毒害作用, 营养物质也因此形成沉淀难以被植物吸收, 导致植物营养缺乏^[15]。

2 盐碱地修复措施

2.1 物理措施

物理改良主要是通过改变土壤层物理结构、增加深层土壤渗漏量和降低水分蒸发达到调节土壤水盐运

动,提高软管入渗淋盐能力,抑制土壤盐分上移和减少土壤表层盐分的聚集,达到改良盐碱地的目的^[16]。传统的物理改良可分为耕作和农艺措施。通过对盐碱地进行深耕,可以破除土壤板结,改善土壤的透气性和通气性能,切断毛细血管,有效抑制土壤盐分向上聚集^[17]。刘洪光^[18]等探究不同深耕深度对盐碱棉田土壤理化性质及棉花生长的影响。结果表明,深耕可以改善土壤孔隙结构、破碎大团聚体和降低盐分在土壤耕作层的积累。马飞^[19]等研究秸秆还田和施用有机肥对盐碱地小麦生长及光合作用的影响。结果表明,秸秆还田可以明显改善土壤性质,增加土壤孔隙度、通透性和持水性,优化土壤物理性状。随着科技的不断发展,出现了新的可降解地膜、吸附材料和生物质材料等盐碱地物理改良新方法。王娟^[20]等通过向土壤中添加不同质量的生物炭,探究生物炭对土壤理化性质、盐分淋失和肥力的影响。结果表明,生物炭的添加显著降低了土壤体积质量,增大了土壤孔隙度,提高了土壤中有机质的含量。

2.2 化学措施

化学改良是向土壤中添加改良剂,以离子置换、离子均衡和酸碱中和的原理清除土壤中 Na^+ 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 和 OH^- ,达到治理盐碱地的目的^[21]。化学改良具有操作简单和见效快的特点。常见的改良剂有钙质改良剂、有机改良剂、矿物资源改良剂和酸性改良剂等^[22]。生物炭作为一种有机质材料,具有官能团丰富、比表面积高和稳定性强等特性。研究指出,添加生物炭可以促进土壤团聚体的形成、提高土壤孔隙度、加强土壤持水量和提升土壤有机碳水平等^[23]。高小龙^[24]等研究脱硫石膏添加下盐碱土中水分入渗变化规律。结果表明,脱硫石膏的添加可以改善盐碱土水分运动特性,减缓水分入渗过程,调节土壤水分分布状况。皮婧婧^[25]等研究结果表明,利用工业腐殖酸处理盐碱地,能够提高土壤有机质含量和改善土壤团粒结构,减弱盐胁迫对盐地碱蓬的伤害,促进盐地碱蓬的生长。

2.3 生物措施

生物改良是通过提升植物的耐盐性能或种植耐盐植物,利用植物吸收和转移土壤中的盐分。植物根系通过有机质分解和呼吸作用,可以向根系释放 H^+ ,加快 CaCO_3 的溶解,为 Na^+ 置换不断提供 Ca^{2+} 。同时,植物体分解过程中产生的有机酸可以中和土壤碱性^[26]。此外,蚯蚓或土壤微生物可以改善盐碱土壤。于英钗^[27]等为改良滨海盐碱地,通过添加蚯蚓和接种真菌改善土壤理化性质。结果表明,添加蚯蚓和真菌可以降低土壤水溶性盐含量和pH,改善植物根基生长环境,促进植物对土壤养分的吸收。陈逸凡^[28]等研究了苜蓿与

禾草混播对盐碱地土壤改良效果。结果表明,苜蓿与新麦草混播有利于土壤速效钾积累;苜蓿与缘毛雀麦混播有利于土壤有机质、速效磷和氮素积累;苜蓿与长穗堰麦混播可以显著降低土壤pH。

2.4 综合措施

盐碱地改良是一项艰巨且复杂的系统工程,单一的改良措施难以实现长效的生态改良和可持续发展目标,必须从根本上解决土壤盐渍化问题。由于盐碱地具有生态环境脆弱、含盐量高和盐碱反复等特性,其治理方式逐渐向综合改良方向发展,即在降低土壤盐含量的同时提高土壤营养物质含量,以实现可持续发展。田冬^[29]等研究了暗管排盐、化学改良剂及综合措施对滨州重盐碱地的改良效果及其对植物生长的影响。结果表明,综合改良措施能够有效改善土壤结构、提高土壤有机质含量、降低土壤盐分和促进植物生长。多项指标表明,综合改良措施的效果显著优于单一改良措施。朱琪^[30]等探讨了原位工程化根治技术和增施生物有机肥对土壤酶活性、土壤养分、甜瓜产量及品质的影响。研究结果表明,原位工程化治理技术结合增施有机肥能够显著降低土壤盐含量和pH值,提高土壤营养物质含量和微生物酶活性,从而提升甜瓜的产量和品质。

3 盐碱地资源化利用探究

3.1 咸水资源化利用

盐碱地作为我国重要的后备耕地资源,主要分布在北方半干旱、干旱及沿海地带。然而,淡水资源的匮乏制约了盐碱地的开发利用。因此,通过咸水淡化技术提高水资源利用率,对实现盐碱地资源化利用具有十分重要的意义。目前盐碱地咸水农业开发利用方式可分为:咸水/微咸水直接灌溉、咸淡水混灌和咸淡水交替灌溉^[31]。张芙蓉^[32]等研究了微咸水灌溉水对番茄生长和品质的影响。结果表明,适当浓度的微咸水灌溉可以显著提高番茄叶片的光合作用和品质。时冬萍^[33]等通过冷冻结冰法研究表明,经过多级冰冻淡化处理后的冰融水不仅可用于农业灌溉,还可作为生活用水,显著提升了水资源利用率。

3.2 农业资源化利用

盐碱地具有一定的资源优势:咸水资源丰富、盐生植物资源多样、气候条件复杂,为人们多元化开发提供了基础条件。但是由于盐碱地中土壤养分失衡和盐含量过高等因素,制约了盐碱地在农业开发中的利用。盐碱地区分布着大量的天然植物,这些植物具有较强的耐盐能力,而且某些植物本身药用价值较强,具备良好的开发价值。李明^[34]等研究结果表明,通过盐碱地种植耐盐碱中药材可以改善盐碱地种植结构单

一的现状,获得可观的经济收益。此外,盐碱地带特殊的地质环境造就了丰富的咸水资源,对咸水资源进行合理开发,能够取得很好的经济收益。葛建民^[35]等通过研究新疆盐碱水湖塘生态养殖模式发现,盐碱水环境虽对鱼类的生长有一定的影响,但能改善鱼肌肉营养品质。同时,该模式能够降低水体中的盐碱浓度,实现了“以渔治碱”的生态修复作用。

3.3 生态景观资源化利用

随着城市发展进程的加快,人们对城市居住环境的生态要求不断增长。我国许多城市临江或者临海,存在不同程度的土壤盐碱化问题,严重制约了城市空间的可持续发展。以盐碱地生态修复为核心目标,结合水环境综合治理,建设滨水景观地带能够有效改善城市生态环境,提升城市品质^[36]。李锡盛^[37]等以黄河三角洲地区盐碱地为研究对象,在传统盐碱地治理技术基础上,从成本控制、景观效果和维护管理等多个维度提出了综合修复方案,在提升景观价值的基础上确保生态系统的可持续发展。

4 我国盐碱地治理存在的主要问题

4.1 盐碱地治理的长效性和复杂性

盐碱地治理工作是一项艰巨且复杂的工程,在治理过程中面临地域、社会公众和经济条件等多种因素的影响。盐碱地多处于干旱和半干旱地区,存在自然环境脆弱、地质灾害频发和风沙活动强烈等特点^[38]。实际治理过程中不仅需要注意改善盐分含量,还需要注意生态环境保护,使得治理工作成为一项长期且艰巨的任务。同时,农业生产中化肥和农药使用、工业污染以及水土流失等人类活动进一步加剧土壤质量恶化,增加了治理的难度和时间^[39]。盐碱地的治理工作需结合多种技术手段,实施因地制宜和综合治理策略,确保土地资源能够得到长期且合理的开发利用。

4.2 盐碱地治理意识薄弱

土壤盐碱化的形成主要受到气候条件、地形地貌和人类活动等多种因素的共同影响。在早期农业发展过程中,缺乏环保意识,过度追求经济利益导致大面积林地和草地遭到破坏,加剧了土壤盐碱化的演变过程^[40]。因此,盐碱地的治理不仅需要采取科学合理的工程措施,更需要提升公众的生态保护意识,减少人为因素对土壤环境的破坏。并且当前盐碱地治理存在社会公众参与度不足和积极性不高的问题。除此之外,以往治理过程中往往过于依赖单一治理技术,注重短期效果,缺乏可持续生态治理理念。

4.3 盐碱地治理政策及法规有待完善

长期性和系统性构成了我国盐碱地治理工作的显著特征。在盐碱地治理过程中,治理环节复杂、成本

高昂和周期漫长等特点较为突出,具有较高的政策依赖性^[41]。盐碱地治理需要投入大量资金,治理过程中可能因为地方政府财政规划导致治理工作难以落实^[42]。除此之外,政策环境的不确定性增加了企业预测未来政策变化的难度,提高了投资风险,进一步加剧了治理难度。在盐碱地治理过程中,需要社会各方和政府多部门之间的协同合作,需要进行整体协调和规划。在实际操作过程中,各环节之间的不完善协调导致重复工作和资源浪费的现象也时有发生。

5 我国盐碱地治理与可持续发展建议

5.1 强化技术研发,增加人才储备

由于盐碱地受多种自然因素和人为因素共同作用,导致盐碱地的形成原因十分复杂,采用单一治理方式难以达到长久的治理效果。专业人才和技术的缺乏,也使得盐碱地治理效果难以达到预期效果。治理时可借助云计算、人工智能、遥感等现代化技术手段实现盐碱地的综合观测,为后续盐碱地防治和监管提供科学依据。根据我国盐碱地类型和治理需求,可以构建具有中国特色的盐碱地生态治理综合技术体系。此外,盐碱地治理技术只有深入基层才能保证治理工作的有效推进,在提升治理水平的同时还应重视基层技术人员专业能力的培养。

5.2 增强意识,强化生态治理

在盐碱地治理过程中,提升政府机关与社会公众的生态保护意识是实现科学治理的关键环节。在治理过程中,应遵循“顺应自然、生态治理”的原则,因地制宜地选择治理方式,将生态可持续发展理念思想植入人心。治理过程中可借助现代宣传手段,加大生态保护公益宣传力度,牢固树立广大人民群众的社会环保责任感和使命感。为缩短广大人民群众生态环保理念构建周期,应配合法律法规进行约束,从而推动生态保护法制工作建设。此外,应加强土壤次生盐碱化动态监测分析和精细化诊断技术的应用,构建起预警、预测与风险预警制度。

5.3 健全法律法规,加强政策引领

法律法规和政策引领在盐碱地治理过程中将起到至关重要的作用,只有在法律和政策的指引下,才能确保治理工作长效推进。在法律健全过程中,应该明确盐碱地的用途、利用范围和权属,同时还应明确治理标准和责任主体等,做到“有法可依,有法必依”。在实行过程中建议建立“政府引导、社会参与和市场运作”的多元化治理机制,出台激励政策,引导社会资本参与,鼓励科研结构和企业参与盐碱地治理工作。针对现有治理技术,应加强集成和优化,提升治理技术的经济性和适用性。此外,相关部门还应制定长期

的治理目标,根据不同地区盐碱地特点,制定阶段性任务和目标,确保治理工作的有效推进。最终,实现盐碱地治理的长效稳固,为经济高质量发展和生态环境保护提供坚实的基础。

6 结束语

盐碱地作为我国重要后备耕地资源,土壤盐碱化制约了农业和耕地的可持续利用。要科学合理地盐碱地进行治理,就要遵循“顺应自然、生态治理”的原则。在治理过程中应该强化政府领导、完善相关法律法规并提高社会公众的生态环保意识,才能确保治理工作得到有效稳固。同时,盐碱地作为耕地资源,应该加强综合治理与资源利用,通过科学的方法变废为宝,为我国农业的可持续发展做出贡献。

参考文献:

- [1] 刘强,袁廷飞,刘一帆,等.生物炭对盐渍化土壤改良的研究进展[J].地球科学进展,2022,37(10):1005-1024.
- [2] 陈建斌.宁夏红寺堡扬黄灌区盐碱地成因及治理措施分析[J].南方农业,2023,17(15):104-106,110.
- [3] 杨劲松,姚荣江,王相平,等.防止土壤盐渍化,提高土壤生产力[J].科学,2021,73(06):30-34.
- [4] 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(05):837-845.
- [5] 沈仁芳,王超,孙波.“藏粮于地、藏粮于技”战略实施中的土壤科学与技术问题[J].中国科学院院刊,2018,33(02):135-144.
- [6] 苏鹤放,顾朝林,曹根榕.国土空间规划中农业空间用地分类体系研究[J].自然资源学报,2024,39(11):2570-2587.
- [7] 张耀宇,陈利根,宋璐怡.中国城市用地扩张驱动机制的差异性研究[J].资源科学,2016,38(01):30-40.
- [8] 杨策,陈环宇,李劲松,等.盐地碱蓬生长对滨海重盐碱地的改土效应[J].中国生态农业学报:中英文,2019,27(10):1578-1586.
- [9] 邵天韵,燕潇,彭昊,等.一种专用土壤调理剂改良滨海盐渍土效果研究[J].土壤通报,2024,55(04):1143-1150.
- [10] 胡炎,杨帆,杨宁,等.盐碱地资源分析及利用研究展望[J].土壤通报,2023,54(02):489-494.
- [11] 同[3].
- [12] 赵英,王丽,赵惠丽,等.滨海盐碱地改良研究现状及展望[J].中国农学通报,2022,38(03):67-74.
- [13] 刘骞,郭博雅,伍秀瑜,等.松嫩平原盐碱土区不同土地利用方式对土壤碳、氮及酶活性的影响[J].福建农业学报,2021,36(08):956-963.
- [14] 卢闯,逢焕成,张建丽,等.增施磷肥对重度盐碱地食茱萸生长及土壤微生物区系的影响[J].农业环境科学学报,2017,36(02):329-337.
- [15] 姜雪,郭丽琢,牛济军,等.不同改良剂对河西灌区盐碱地土壤肥力状况的改良效应[J].江西农业大学学报,2024,46(04):1086-1098.
- [16] 赵作章,陈劲松,彭尔瑞,等.土壤盐渍化及治理研究进展[J].中国农村水利水电,2023(06):202-208.
- [17] 何玉琛,聂俊坤,徐存东.甘肃景电灌区盐碱地综合治理与开发对策[J].人民黄河,2015,37(07):141-144.
- [18] 刘洪光,李智杰,李玲,等.粉垄深松深耕改善新疆重度盐碱土壤理化性质和棉花产量及其后效[J].农业工程学报,2024,40(13):45-57.
- [19] 马飞,许兴,肖国举,等.秸秆还田与有机肥对银北盐碱地春小麦光合作用及生长的影响[J].贵州农业科学,2016,44(09):80-83.
- [20] 王娟,黄成真,冯绍元,等.生物炭对滨海滩涂区土壤理化特性的影响[J].灌溉排水学报,2022,41(10):125-130,138.
- [21] 杨劲松,姚荣江,王相平,等.中国盐渍土研究:历程、现状与展望[J].土壤学报,2022,59(01):10-27.
- [22] 同[12].
- [23] 同[1].
- [24] 高小龙,王幼奇,白一茹,等.脱硫石膏添加下盐碱土水分入渗特征分析[J].中国水土保持科学,2022,20(05):66-74.
- [25] 皮婧婧,肖兰,赵硕祎,等.腐殖酸辅助解盐促生菌改良克拉玛依盐碱地土壤技术[J].浙江农业科学,2021,62(03):600-602,607.
- [26] 同[16].
- [27] 于英钊,王冲,孙梦实,等.蚯蚓-菌根互作对滨海盐碱土的改良作用[J].中国农业大学学报,2019,24(05):123-129.
- [28] 陈逸凡,云岚,艾芊,等.苜蓿与禾草混播对海流图盐碱地土壤改良效果研究[J].草地学报,2023,31(10):3203-3211.
- [29] 田冬,桂丕,李化山,等.不同改良措施对滨海重度盐碱地的改良效果分析[J].西南农业学报,2018,31(11):2366-2372.
- [30] 朱琪,史中兴,寇燕燕,等.原位工程化根治技术和增施生物有机肥对盐碱地土壤酶活性及甜瓜产量、品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(03):77-84.
- [31] 倪刚,贺晨,曾溢,等.盐碱地咸水/微咸水农业安全与高效利用研究进展与展望[J].灌溉排水学报,2023,42(12):149-156.
- [32] 张芙蓉,高艳明,李建设,等.不同浓度微咸水与分根区交替灌溉上下限对设施番茄生长与品质的影响[J].西南农业学报,2023,36(07):1465-1474.
- [33] 时冬萍,谭红兵,柳子豪,等.黄土高原祖厉河流域咸水淡化与高效利用[J].河海大学学报:自然科学版,2020,48(04):300-306.
- [34] 李明,牛颖,马斌,等.宁夏耐盐碱中药材的研究及利用[J].宁夏农林科技,2023,64(11):56-58.
- [35] 葛建民,訾方泽,王新月,等.新疆盐碱水池塘生态养殖模式下鱼类生长及肌肉营养品质[J].中国水产科学,2023,30(05):559-572.
- [36] 潘鸣婷.盐碱地滨水景观关键技术与运用:以山东东营市玉带河景观为例[J].中国园林,2021,37(S2):16-20.
- [37] 李锡盛,刘欣彤,沈婉婷,等.滨海地区盐碱地生态修复与景观再生研究[J].安徽农学通报,2023,29(15):84-87.
- [38] 同[17].
- [39] 同[5].
- [40] 张建锋,张旭东,周金星,等.世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J].水土保持研究,2005,12(06):28-30,107.
- [41] 同[12].
- [42] 王思阳,姚程,蒋立鑫.支持盐碱地综合改造利用的实践和思考[J].农业发展与金融,2024(04):66-69.