

基于文献计量分析的近 30 年国内外盐碱地研究进展

杜学军, 胡树文* (中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要 [目的]为全面了解盐碱地领域研究发展现状和未来研究趋势。[方法]利用 Web of Science 的核心合集数据库文献检索功能, 结合 HiteSpace 和 VOSviewer 等文献可视化分析软件, 系统总结并分析了盐碱地领域研究的发文量、关键词、国家、机构、作者等。[结果]盐碱地领域研究正处于快速发展阶段, 总发文量呈二次函数形式增长; 发文量最多的国家是中国, 发文量最多的研究机构是中国科学院, 发文量最多的作者是中国科学院新疆生态与地理研究所李彦, 发文量最多的期刊为《Agricultural Water Management》。中国和美国、澳大利亚等国具有密切合作关系, 中国科学院与发文量较多的几个研究机构均有密切关系。盐碱地领域研究主要集中在植物对盐胁迫响应、农田水肥管理、土壤改良、土壤微生物等方面。未来研究热点可能集中在农业水资源可持续利用和土壤微生物多样性 2 方面。[结论]该研究有助于研究者了解盐碱地领域研究现状及未来研究热点。

关键词 盐碱地; Web of Science; 文献计量学; 研究趋势

中图分类号 S-058; S156 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)18-0236-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.18.057



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress of Saline-alkali Land at Home and Abroad over the Past 30 Years Based on Bibliometric Analysis

DU Xue-jun, HU Shu-wen (College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract [Objective] To fully understand and analyze the present situation and future research trend of saline-alkali land research. [Method] We made use of the literature retrieval function of Web of Science core collection database, combined with HiteSpace and VOSviewer and other literature visualization analysis software, systematically summarizes and analyzes the number of papers, keywords, countries, institutions, authors and so on. [Result] The research in the field of saline-alkali land was in the stage of rapid development, and the total number of articles published was increasing in the form of quadratic function; the country with the largest number of articles was China, the research institution with the largest volume of publication was the Chinese Academy of Sciences, the author with the largest volume of publication is Li Yan of Xinjiang Institute of Ecology and Geography of the Chinese Academy of Sciences, and the journal with the largest volume of publication was *Agricultural Water Management*. China had close cooperative relations with the United States, Australia and other countries, the Chinese Academy of Sciences had a close relationship with several research institutions with a large number of papers. The research in the field of saline-alkali land was mainly focused on the response of plants to salt stress, farmland water and fertilizer management, soil improvement, soil microorganisms and so on. The future research hotspots might focus on sustainable utilization of agricultural water resources and soil microbial diversity. [Conclusion] This research is helpful for researchers to understand the current research situation and future research hotspots in the field of saline-alkali land.

Key words Saline-alkali land; Web of Science; Bibliometrics; Research trend

盐渍化土壤在世界范围内分布广泛, 特别是在干旱和半干旱地区, 世界粮农组织 (FAO) 2005 年统计全球约有 9.55 亿 hm^2 盐碱地^[1]。随着全球经济的快速发展, 人类对土地资源的不合理开发利用导致土壤结构和生态环境变差, 加速了土壤盐渍化过程^[2]。因此, 盐碱地领域相关研究及其合理开发利用对保护全球耕地资源和恢复生态环境具有很重要的现实意义。中国是受土壤盐渍化影响最严重的地区之一, 总面积达 3600 万 hm^2 , 占全国可利用土地总面积的 4.88%, 而且还在以每年 1% 的速度增长^[3]。盐碱地类型可分为 4 种, 分别为东北松嫩平原盐碱地 (土壤盐分以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主)^[4]、东部滨海盐碱地 (土壤盐分以 NaCl 和 MgCl_2 为主)^[5]、黄淮海平原 (河流两岸) 的混合型盐碱土 (土壤盐分以 Na^+ 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 为主)^[6]、半荒漠境内陆盐碱土 (土壤盐分主要以 Na_2SO_4 为主)^[7], 分布在中国黑龙江、吉林、内蒙古、新疆、河北、山东等地区。国内外许多学者已经从不同角度、尺度、地区进行了详细研究和综述^[8-10], 但主要针对盐碱地领域的具体内容进行研究, 未能全面反映盐碱地

领域的发展历程和未来研究趋势。鉴于此, 笔者利用计量学方法, 借助 HiteSpace 和 VOSviewer 等文献可视化分析软件, 系统总结归纳了 1990—2019 年近 30 年来国内外盐碱地领域相关研究文献, 分析其发展历程及规律, 提出未来研究趋势和热点, 以期对盐碱地领域研究提供借鉴。

1 数据来源和研究方法

该研究使用的数据来自美国汤森路透公司的 Web of Science 的核心合集数据库, 是国家权威的综合性核心期刊引文索引数据库, 对于了解某一研究方向的进展具有很高的权威性和科学性。因此, 该研究于 2020 年 8 月 22 日以 "sodic * soil * " 或 "alkali * soil * " 或 "salin * soil * " 或 "sodic * land" 或 "alkali * land" 或 "salin * land * " 或 "salt * soil" 或 "salt * land" 或 "soil salin * " 为检索式进行检索, 检索时间段为 1990 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日, 以文献类型 Article 和 Review 进行精炼, 逐篇进行筛选, 剔除不相关文献, 最终检索出盐碱地相关研究文献 11 015 篇。

该研究借助 Excel 和 HistCite 软件对文章年发表量、累积发表量和期刊发表量进行统计分析, 利用 VOSviewer 软件对关键词共现 (出现频次 100 次以上)、重要国家合作关系 (发表文章 50 篇以上)、重要机构合作关系 (发表文章 50 篇以上)、重要作者合作关系 (发表文章 10 篇以上) 等进行分析。其中, 各网络知识图谱中节点大小代表出现频次或发表

基金项目 国家重点研发计划 (2016YFC0501205, 2016YFC0501208, 2017YFD0200706)。

作者简介 杜学军 (1992—), 男, 河北石家庄人, 博士研究生, 研究方向: 盐碱地改良。* 通信作者, 教授, 博士, 从事土壤修复研究。

收稿日期 2021-01-06; **修回日期** 2021-01-26

文章数量,连线粗细代表 2 个节点间关系紧密程度。

2 结果与分析

2.1 近 30 年文章年发表量和累积发表量 根据文献计量学理论,某一研究领域发表文献数量按时间进行统计,能够分析出该领域研究热点和发展趋势^[11]。图 1 为利用 HistCite 软件对 1990—2019 年期间盐碱地领域文章发表情况年度统

计。从图 1 可以看出,从 1990 年开始,年发表量和累积发表量都在逐年增加,呈二次函数形式增长, R^2 分别为 0.99 和 0.98。这表明盐碱地领域研究越来越受到学者们的关注,成为当前的研究热点之一,并且根据目前文章发表量趋势,在未来一段时间内,盐碱地领域研究仍是学者们关注的热点。

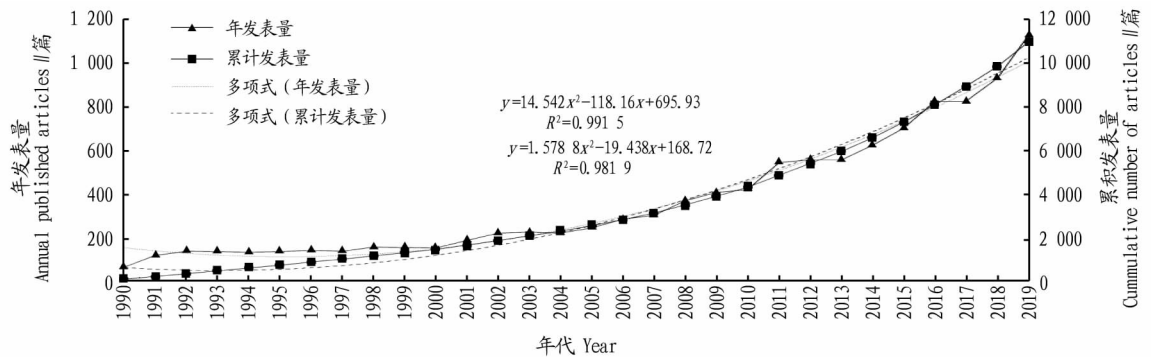


图 1 1990—2019 年盐碱地相关研究文章发表情况统计

Fig.1 Statistics of publication of relevant research articles of saline-alkali land in 1990–2019

2.2 近 30 年词频 100 次以上关键词分析 关键词是文章的核心,能够反映整篇文献的研究内容,该研究利用 VOSviewer 软件对 3 764 个文献关键词进行聚类分析(词频 ≥ 100),获得关键词共现网络图(图 2)。从图 2 可以看出,近 30 年盐碱地领域主要集中在植物抗盐胁迫、农田水肥管理、土壤改良、土壤微生物等方面。词频 100 以上关键词只有石膏(gypsum)和生物炭(biochar),表明 2 种修复材料是盐碱地改良常用材料。盐碱土盐分以钠盐为主,随含盐量和交换性钠离子百分率的增加土壤团聚体的稳定性显著降低,黏粒的分散性显著增加^[12]。利用石膏类物质(主要成分 CaSO_4)改良盐碱地的发展历史由来已久,早在 19 世纪后期,Hilgad 就开始用石膏改良盐碱地^[13]。前人对石膏的改良机理也进行了大量研究^[14–15]。但由于天然石膏的开采成本较高,常用脱硫石膏、磷石膏等代替。脱硫石膏是燃煤烟气脱硫过程中产生的副产物。为达到烟气排放标准,几乎所有燃煤厂都必须去除烟气中 SO_2 ,因此我国脱硫石膏产量在逐年上升。Wang 等^[16–18]利用脱硫石膏在西北和东北等地区进行了大面积应用,结果表明脱硫石膏改良盐碱地是一项很有前途的技术,值得在世界范围内推广应用。石膏类物质改良机理如下:① Ca^{2+} 与土壤胶体附着的 Na^+ 发生置换作用,降低交换性 Na^+ 含量,从而降低土壤碱化度;② CaSO_4 会与土壤中的 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 发生反应,生成 CaCO_3 和 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,从而降低土壤 pH;③ Ca^{2+} 对土壤团粒结构形成具有积极作用,可以与土壤腐殖酸结合从而改善土壤结构,促进土壤团聚体的形成,增加土壤透水透气性能,促进土壤脱盐速度;④ 石膏类物质(CaSO_4)除了对土壤产生积极影响外,还可以作为一种钙肥和硫肥对作物产生影响,为作物供硫素和钙素营养,提高作物产量^[19],而磷石膏还可以作为一种磷肥,为土壤提供磷素^[20]。生物炭是近年来兴起的土壤改良材料,从关键词共现网络图可以看出,生物炭与有机质和磷素共现频次较高,

说明生物炭主要通过提高土壤养分含量改良盐碱地,这与安显金等^[21]研究结果一致。

2.3 国家发文量及合作关系分析 图 3 为发表 50 篇文章以上国家之间关系网络图,其中圆圈大小代表文章发表数量,连线粗细代表国家之间联系紧密程度。世界三大盐碱地分别为中国东北松嫩平原地区、美国加利福尼亚州地区和澳大利亚维多利亚州地区^[22],而通过文献计量发现发文量排名前 3 的国家分别是中国(2 807)、美国(1 705)、澳大利亚(1 153)。发文量最大的中国与美国、澳大利亚、德国、日本、巴基斯坦等国家在盐碱地领域研究方面有密切的合作关系。

2.4 研究机构和作者发文量及合作关系分析 发文量前 5 的研究机构分别为中国科学院(892)、澳大利亚阿德莱德大学(210)、中国科学院大学(204)、中国农业大学(201)、澳大利亚西澳大学(193)。发文量最高的中国科学院与国内的中国科学院大学、中国农业大学、中国农业科学院、云南大学、北京师范大学、山东农业大学等机构都有密切合作关系,与国外的阿德莱德大学、西澳大学等也有密切合作关系。中国科学院是中国科研水平最高、科研工作者最多的研究机构,为中国乃至世界盐碱地领域研究做了重大贡献。而发文量最高的作者为中国科学院新疆生态与地理研究所李彦(72),主要研究内容是干旱区植物水分响应与适应;中山大学李文均(62)主要研究内容为土壤微生物;江苏农业科学院邵宏波(50)主要研究内容为盐碱土改良与植物生理学;澳大利亚阿德莱德大学 Petra Marschner(47)研究内容主要为盐碱土微生物与有机碳动态研究;印度盐分研究所 Sharma DK(47)主要研究内容为植物抗盐胁迫研究。从图 5 可以看出,邵宏波与 Petra Marschner 合作较为紧密,李文均与李欣、李丽、徐立华、王会等多位国内作者有密切合作,张旭东、王清、赖远明、张静等相互之间合作较为密切,于君宝、万书勤、王志春、康跃虎相互之间合作关系较为密切。

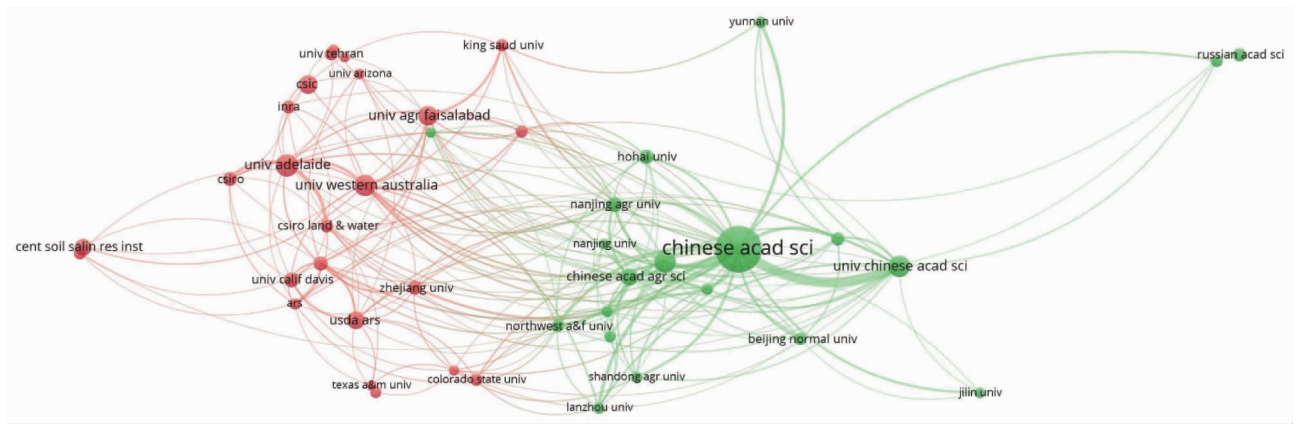


Fig.4 Cooperative network graph of institutions published more than 50 papers

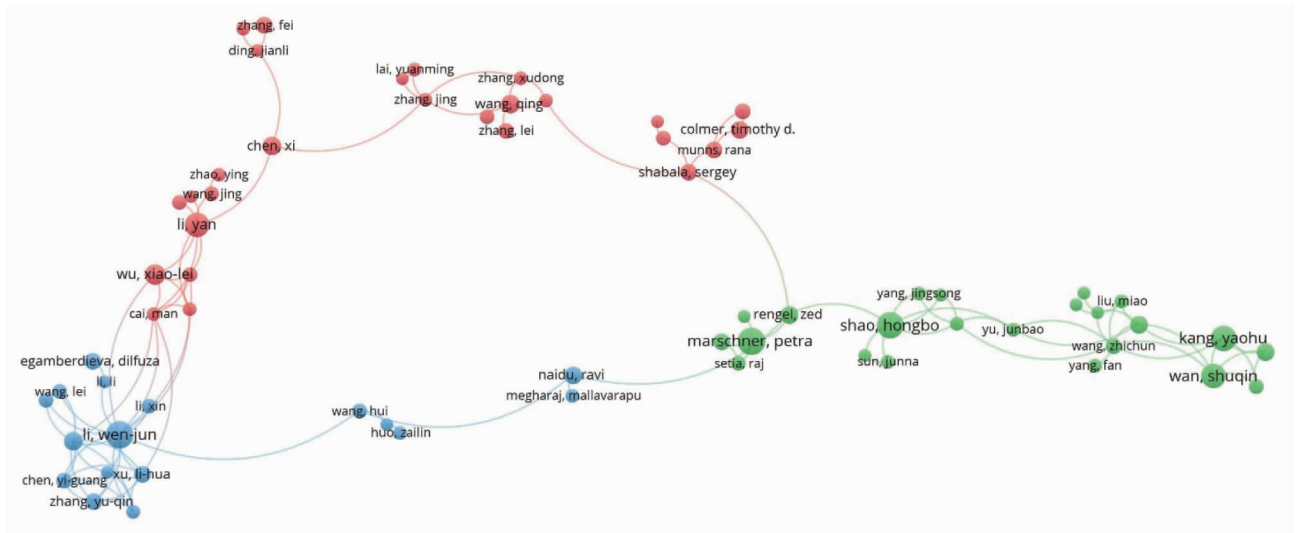


Fig.5 Cooperative network graph of authors published more than 10 papers

表 1 盐碱地领域发文量排名前 10 期刊比较

Table 1 Comparison of top10 journals in the field of saline-alkali land

排序 Sorting	期刊 Journal	发文章 Number of papers	总被 引次数 Number of citations	5 年影 响因子 Impact factor (5 years)
1	Agricultural Water Manage- ment	310	9 036	4.469
2	Communications in Soil Science and Plant Analysis	218	1 845	0.887
3	Plant and Soil	217	6 980	3.880
4	Geoderma	175	5 623	5.181
5	International Journal of Systematic and Evolution- ary Microbiology	150	2 597	2.168
6	Soil Science Society of A- merica Journal	137	3 812	2.568
7	Science of The Total Envi- ronment	128	2 673	6.419
8	Land Degradation & Devel- opment	121	2 615	4.162
9	Journal of Plant Nutrition	120	1 574	1.143
10	Plos One	114	1 787	3.226

域研究发文量最多的机构是中国科学院,且中国科学院新疆生态与地理研究所李彦发文量最多,期刊《Agricultural Water Management》发表文章和总被引次数最多。

(2) 中国与美国、澳大利亚、德国、日本、巴基斯坦等国家在盐碱地研究领域研究方面有密切的合作关系,中国科学院与阿德莱德大学、中国科学院大学、中国农业大学、西澳大学等机构均有密切合作关系,对中国乃至世界盐碱地研究做出巨大贡献。

(3) 盐碱地领域研究主要集中在植物对盐胁迫响应、农田水肥管理、土壤改良、土壤微生物等热点问题,而未来研究热点可能会集中在农业水资源可持续利用和土壤微生物多样性两大方面。

参考文献

- [1] FAO.Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils[R].Rome,Italy;FAO Land and Plant Nutrition Management Service,2005.
- [2] 景宇鹏,李跃进,高娃,等.不同利用方式河套平原盐碱土盐分特征[J].水土保持研究,2020,27(1):372-379.
- [3] LI J Y,WANG J M.Integrated life cycle assessment of improving saline-sodic soil with flue gas desulfurization gypsum[J].Journal of cleaner production,2018,202:332-341.

面,湖北省政府建立了促进绿色农产品高效物流发展的创新发展机制,引进了新一代人工智能创新,利用了大数据、物联网等先进技术,推进了农产品生产、运输、储存、包装等数字创新,建立了绿色农产品智能供应链等示范基地。物流运输成本降低、运输结构调整和大力支持湖北省农业农村数字化建设,树立农民低碳环保意识,加快速度包装绿色转型创新,完善绿色农产品物流发展理念。对过度包装实施专项控制,增加标准包装垃圾回收装备 2 万件,高效率促进绿色农产品物流。

3.3 加大县域物流基础设施投入,构建农产品冷链物流园 一是加大对湖北省 118 个县域冷链物流设施的投入,新增冷藏仓库容量 185 万 t,建设商品加工、分拣等物流配送设施,确保农产品保鲜和运输,发展以互联网为中心的立体化产业和具有竞争力、功能性、高附加值的物流基础设施,形成具有核心竞争力的现代农业体系,建设规模化、信息化和现代农业^[9]。在县级物流仓储物流体系建设方面,将建立“省、市、县、乡、村”五大网络体系,在 8.3 万家门店中提供各类运营服务网络,京东在湖北省内 17 个区域性省市建立城乡终端配送体系。进一步加强县域物流基础设施建设,为市州客商、农民和消费者提供农产品配送和供应链金融支持,支持湖北省农产品物流智能升级,提高农产品市场竞争力。通过这种县域物流的支持,使得县域经济与周边乡村之间形成联动,是县域经济发展和乡村振兴的重要组成部分^[10]。二是推进京东、顺丰等“应急云仓”落地,加快建设一批供销农产品冷链物流园,冷链达到 23 万 t 以上,约等于 180 万个中型冰箱的容积;推进供销农批市场数字化升级改造,力争武汉菜市场改造 40 个,37 个冷链物流及农产品市场改造项目落地,推进供销“六大商”(大茶商、大粮商、大棉商、大渔商、大果商、大菜商)建设^[11-12]。

3.4 加快物流专业人才培养和储备,助力农产品物流 一是物流企业相关部门将改变传统的薪酬管理制度,通过劳动分配、岗位晋升等方式加大对专业人才就业的激励力度,在行

业中建立员工归属感,不断提高专业人才的整体素养和能力,实现农业现代物流业的稳步创新。将现有从事技术和服务的物流专业人员定期进行职业培训和学习,了解和掌握现代农业技术,具备较强市场管理经验和风险承受能力的现代农业经营者,大力发展先进的物流专业人才组合人力资源。二是充分发挥湖北省科教中心优势,帮助物流公司和农业大学建立长期稳定的校企合作关系,加强交流与合作,增加物流专业人才储备。积极招聘物流学科大学教授,为企业技术和管理人员提供培训,企业为物流专业学生提供培训基地,建立合理的激励机制,通过优惠待遇和其他福利政策吸引人力资源。物流公司将开展农村物流业务,支持补贴,鼓励政府提供免费学习机会,吸引更多青年劳动力,优化配置农业物流资源,注入新血液,实现农业物流可持续发展,建设现代农业物流。

参考文献

- [1] 马艳玲,李菊,马菲菲.乡村振兴战略下农村物流发展的影响因素分析:以贵州省贞丰县为例[J].物流工程与管理,2021,43(1):107-109.
- [2] 周丹.乡村振兴目标下绿色农产品流通体系构建的对策分析[J].农业经济,2020(8):133-135.
- [3] 关颖,王闻环,许评.乡村振兴战略下镇江市生鲜农产品物流发展问题与对策探讨[J].安徽农业科学,2020,48(5):187-188,192.
- [4] 王小丹.浅谈湖北省农产品物流困境及发展对策[J].南方农机,2020,51(21):83-85.
- [5] 汪训前,方艳珍,吕青蓓.上半年我省农产品出口稳中有进:出口总值达 9.76 亿美元,同比增长 17.8%[N].湖北日报,2020-07-22(009).
- [6] 钦方.咸宁市构建农产品物流网络营销体系的对策探究[J].安徽农业科学,2017,45(22):183-185,224.
- [7] 张涛.县域物流高质量发展推进乡村振兴[J].中小企业管理与科技,2020(6):58-59.
- [8] 刘雨平.我国农产品冷链物流发展存在的问题及对策研究[J].价格月刊,2018(9):60-63.
- [9] 皇甫红姣,陈礼开,彭浩,等.农产品冷链物流的问题与对策研究:以 Z 公司为例[J].安徽农业科学,2019,47(12):194-196.
- [10] 郭志清.对接乡村振兴战略的农产品物流运行模式研析[J].农业经济,2018(11):143-144.
- [11] 刘天纵,王新.今年新建 180 万个“中型冰箱”[N].湖北日报,2021-02-09(007).
- [12] 区域动态[J].物流技术与应用,2021,26(S1):92-93.
- [13] (上接第 239 页)
- [4] 张晓光,黄标,梁正伟,等.松嫩平原西部土壤盐碱化特征研究[J].土壤,2013,45(2):1332-1338.
- [5] 郑义.滨海盐碱地淡水透镜形成模拟及保水研究[D].天津:天津大学,2014.
- [6] 白由路,李保国,胡克林.黄淮海平原土壤盐分及其组成的空间变异特征研究[J].土壤肥料,1999(3):22-26.
- [7] 海米提·依米提,热比娅·吐尔逊,胡小丰.新疆于田绿洲盐渍化土壤盐分动态变化特征研究[J].水土保持研究,2008,15(3):100-104.
- [8] ZHU J K.Plant salt tolerance[J].Trends in plant science,2001,6(2):66-71.
- [9] 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.
- [10] DALIAKOPOULOS I N,TSANIS I K,KOUTROULIS A,et al.The threat of soil salinity:A European scale review[J].Science of the total environment,2016,573:727-739.
- [11] 杜慧,关舒文,王美艳,等.基于文献计量法的土壤退化研究现状及热点分析[J].中国水土保持,2020(3):33-36.
- [12] 李小刚,崔志军,王玲英,等.盐化和有机质对土壤结构稳定性及阿特伯格极限的影响[J].土壤学报,2002,39(4):550-559.
- [13] 俞仁培,尤文瑞.土壤盐化、碱化的监测与防治[M].北京:科学出版社,1993:85-90.
- [14] 罗小东,王全九,谭帅.基于土壤钠离子含量的不同施用量石膏改良剂的改良效果[J].干旱地区农业研究,2016,34(1):288-292.
- [15] FRENKEL H.Solution of gypsum and improvement of sodic soil aroused by element exchange[J].The journal of soil science,1989,40(3):599-611.
- [16] WANG S J,CHEN Q,LI Y,et al.Research on saline-alkali soil amelioration with FGD gypsum[J].Resources,conservation and recycling,2017,121:82-92.
- [17] ZHAO Y G,WANG S J,LI Y,et al.Extensive reclamation of saline-sodic soils with flue gas desulfurization gypsum on the Songnen Plain,Northeast China[J].Geoderma,2018,321:52-60.
- [18] ZHAO Y G,WANG S J,LI Y,et al.Long-term performance of flue gas desulfurization gypsum in a large-scale application in a saline-alkali wasteland in northwest China[J].Agriculture,ecosystems & environment,2018,261:115-124.
- [19] 黄明杰,张杰.硫酸钙在农业中的应用简述[J].南方农业,2016,10(7):58-60.
- [20] 王玉江,吴涛,吴杰.磷石膏改良盐碱地的研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(17):7413-7414.
- [21] 安显金,李维.基于 CNKI 的我国生物炭研究趋势文献计量学分析[J].农业资源与环境学报,2018,35(6):483-491.
- [22] 云雪雪,陈雨生.国际盐碱地开发动态及其对我国的启示[J].国土与自然资源研究,2020(1):84-87.