



我国盐碱地的治理与 农业高效利用*

文 / 杨劲松 姚荣江

中国科学院南京土壤研究所 南京 210008

【摘要】我国盐碱地治理利用潜力巨大,随着近40年的不断治理改造,其呈现出面积总量减少,重度盐碱地面积比例总体降低但局部区域次生盐碱化加重、撂荒地增加、水资源制约愈加显著等特征。尽管近年来我国通过一系列的科技攻关项目,取得了盐碱地资源多尺度评估、蒸发阻断农艺高效抑盐、工程-农艺结合增强土壤排盐、节水灌溉优化灌排管理控盐、重度盐碱地和盐荒地盐土农业直接利用等8大体系40多项实用技术,但是缺乏完善的分类治理技术体系、技术工程化程度低、长效后期管护不足、农田基本建设工程和产业政策间衔接不紧密等,造成推广应用难度大、治理效果不稳定、后期投入不足、社会参与积极性不高等现实问题。针对以上现状,文章提出盐碱地分类治理与农业高效开发利用的“基础研究+前沿技术研发+应用示范+产业推进+商业发展”相结合的“全链条产业”创新发展思路,通过产学研资用相结合的新型模式,形成我国盐碱地分类治理与水-土-生物资源高效利用的基础理论体系与关键技术体系,构建适宜的盐碱地分类治理工程化配套模式,依托全国多部门合作在全国盐碱区内进行工程化推广示范,引导新型经营主体和社会力量参与产业化开发,创建我国障碍性资源治理改造与高值化利用的样板。

【关键词】 盐碱地,农业利用,分类治理,工程化,产业推进

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.Z1.013

不同类型的盐碱地是我国重要的现实和潜在农业资源。在当前坚持“粮食安全要
以我为主、立足国内”的国家粮食安全战略形势下,盐碱地治理与农业利用在确保谷物

* 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001),国家科技支撑计划课题(2012BAD42B02),国家自然科学基金项目(41171181)

修改稿收到日期:2015年5月6日

基本自给、保障口粮绝对安全、保持现有耕地稳定和严防死守耕地红线等方面的重要性进一步凸显^[1]。2014年由中科院报送国务院的“中科院建议开展全国盐碱地分类治理技术示范”的报告,获得了国家领导人的重要批示;在此基础上,国家发改委联合科技部、农业部、财政部等10部委共同颁布实施了《关于加强盐碱地治理的指导意见》^[2];2015年中央“一号文件”第一条第一点中重点指出“实施粮食丰产科技工程和盐碱地改造科技示范”^[3]。这些都充分表明国家层面已认识到开展盐碱地治理改良和农业高效利用对保障粮食、耕地、农产品供给的重要性与必要性。

土壤盐碱化问题已经成为全球变化研究框架下的重要内容。最新研究表明:未来全球土壤盐碱化表现为区域性凸显与全球加剧并存、湿润半湿润区次生盐碱化与干旱半干旱区盐碱地并存、局地盐碱化减缓与加剧并存、新技术应用推广与旧田间管理体制并存等特征^[4,5]。因此,盐碱地的治理与农业利用技术研发、应用和产业推进被推上了新台阶,成为国内外研究的热点。我国在盐碱地治理与农业利用方面具备较好的研究基础和优势^[6],表现在:(1)拥有众多盐碱地治理利用的研究成果及研究团队,中科院、农业部、国土资源部和水利部等部委以及国内农业院校和科研院所等在盐碱化防控、土壤改良、农田水利改造、农业高效利用等领域,凝聚了一批核心研究团队;(2)野外试验基地或台站分布广泛,仅中科院就有20多个研究所或野外研究平台在我国的主要盐碱区有布局 and 前期工作,无论平台、学科、队伍、成果、技术能力等均在基础理论研究和技术研发方面居引领和优势地位,同时中科院的野外平台与国内农业院校、省级农科院的基地具有很强的综合性和良好的互补性;(3)研究历史较长且有成熟研究成果与成功案例,如20世纪80年代中后期启动实施的“黄淮海平原旱涝碱综合治理试验示范农业综合开发重大专项”,实现了粮食增产504亿斤的显著成效。近年来,中科院联合国内相关力量,组织

实施了“盐碱地农业高效利用配套技术模式研究与示范”公益性行业专项,近期联合科技部启动实施了“渤海粮仓科技示范工程”项目,全面开展了我国盐碱地治理和农业高效利用的研发、集成与应用示范工作。

开展全国盐碱地的治理与农业高效利用对推动我国农业产业结构战略性调整与协调发展、解决耕地占补平衡难题、保障和改善盐碱区民生、促进我国农业经济发展等具有重大的战略意义。有助于全面提升我国盐碱地治理及其农业高效利用的技术水平,为我国盐碱区农业建设带来直接的增地、增粮、增收成效。同时将加速我国盐土农业等特色完整农业产业链的培育,推进我国盐碱区传统农业向现代农业的战略性结构调整,推动盐碱地这一国家后备耕地资源的潜力深度挖掘,实现我国盐碱区农业增效、农民增收和民生改善,为推动我国现代农业建设、保障国家战略需求提供重要技术支撑。

1 我国盐碱地资源潜力与治理利用现状

1.1 我国盐碱地资源的整体分布与潜力状况

我国目前拥有各类可利用盐碱地资源约5.5亿亩,其中具有农业利用前景的盐碱地总面积1.85亿亩,包括各类未治理改造的盐碱障碍耕地0.32亿亩,以及目前尚未利用和新形成的盐碱荒地1.53亿亩。目前具有较好农业开发价值、近期具备农业改良利用潜力的盐碱地面积为1亿亩,集中分布在东北、中北部、西北、滨海和华北五大区域,其中东北盐碱区3 000万亩,西北盐碱区3 000万亩,中北部盐碱区1 500万亩,滨海盐碱区1 500万亩,华北盐碱区1 000万亩。从分布省(区)来看,主要集中连片分布在吉林、宁夏、内蒙古、河北、新疆、江苏等18个省、市和自治区^[7]。

1.2 我国盐碱地农业利用的潜力

在我国近期具备良好农业改良利用潜力的1亿亩盐碱地中,有3 500万亩盐碱障碍耕地在治理改良后可实现较大幅度增产,有6 500万亩尚未农业利用的盐碱地开发改造后可实现农业利用^[8]。

对上述1亿亩盐碱地合理改造和利用后,可新增耕地面积6500万亩,可大幅度提升3500万亩盐碱地的农业生产能力,每年可增加200亿斤以上的粮棉油产量,治理利用的潜力巨大。

1.3 我国盐碱地资源的整体治理利用现状

据统计,我国目前已形成诸多水利工程、生物、农艺、化学等盐碱地治理利用综合技术,并在各盐碱区形成了一些区域特色明显的关键技术,如东北盐碱区的种稻洗盐改碱技术、西北盐碱区的膜下滴灌技术、滨海盐碱区的“上覆下改”控盐培肥技术、中北部盐碱区的生物节水农艺技术、华北盐碱区的有机培肥盐斑改良技术等。通过近年的持续治理改造,我国盐碱地呈现面积总量减少、重度盐碱地面积比例降低、中轻度盐碱地比例上升(约占2/3)的趋势。但是在全球气候灾害频繁、农业可用水资源匮乏和沿海滩涂围垦国家战略的大背景下,局部区域次生盐碱化加重、撂荒地增加、水资源制约愈加显著,比如中北部盐碱区的河套与阿拉善地区采用上游咸水和咸井水灌溉导致次生盐渍化扩大,西北绿洲农区由于水资源总量减少导致盐碱化加剧,滨海新垦滩涂盐碱地资源亟待加速治理培育等^[9]。

2 我国盐碱地治理与农业高效利用取得的主要成果

20世纪50年代以来,国家组织力量开展了我国盐碱地资源调查工作,掌握了不同区域和类型的盐碱地状况、土壤与水盐特征、开发利用方式等基础数据。90年代后期,启动实施的“黄淮海平原旱涝碱综合治理试验示范农业综合开发重大专项”,成效显著。2009年起,中科院联合国内相关力量,组织实施了“盐碱地农业高效利用配套技术模式研究与示范”公益性行业专项,全面开展了盐碱地治理和农业高效利用实用

技术的筛选、改进与新技术研发,在我国主要盐碱地区建立了适用于不同类型盐碱地治理改造的成熟技术和模式,取得了推广应用面积逾1000万亩的成效。近期,中科院联合科技部启动实施了“渤海粮仓科技示范工程”项目,全面开展了环渤海湾低平原地区盐碱障碍耕地和盐碱荒地治理改造与农业高效利用。目前,我国主要形成了8大体系40多项适用于盐碱地治理与农业高效利用的实用技术。

2.1 盐碱地多尺度评估、农业适宜性评价和利用规划技术体系

该技术体系是进行盐碱地治理利用的重要基础性技术,将点、田间和区域尺度的水盐监测传感器件、近地传感器和遥感影像等监测手段相结合,进行多尺度土壤水盐动态、时空演变的联合监测监控,并根据监测结果进行土壤盐渍化分级分区、土壤质量和农业利用适宜性评估,在评估结果的基础上依据不同作物/植物的耐盐性、生态习性、当地种植习惯等进行盐碱地利用种植布局规划。具有代表性的技术包括基于实时高精度传感器的土壤盐分不间断原位测试技术、田间土壤盐分磁感式快速探测与解译技术、基于多/高光谱影像的田块-区域多尺度盐渍信息融合技术、盐碱地农业利用适宜性评估技术等^[10]。主要如下:

(1)基于实时高精度传感器的土壤盐分不间断原位测试技术。该技术利用四电极式复合传感变送器以代替传统的多孔陶瓷片式土壤盐分传感器来监测土壤盐分的时序动态,在灵敏度、采集频率、自动化程度均有大幅度提升。

(2)基于多/高光谱影像的田块-区域多尺度盐渍信息融合技术。该技术集成了遥感影像反演区域大尺度土壤盐碱化的优势,将大地电导率仪和遥感光谱的大尺度信息



中国科学院

进行融合/数据同化,实现多尺度联合监控区域土壤盐碱化分布与时空动态。

2.2 盐碱地蒸发阻断农艺高效抑盐技术体系

该技术体系以创建淡化表层为核心,通过降低蒸发控制积盐、打破毛管疏松土壤、物理隔断控制返盐等基本原理,控制土壤盐分的上行,抑制土壤返盐^[11]。该技术已在我国滨海、沿黄灌区、黄淮海平原次生盐碱区等进行了成功应用。具有代表性的技术如下:

(1)旱作盐碱地“上覆下改”控盐培肥技术。该技术通过覆盖可降解地膜以降低无效蒸发,减缓盐分表聚,并利用秸秆旋耕直接还田,施用农家有机肥,创造稳定“水肥保蓄层”,并在土壤积盐时段持续控盐。该技术适合于我国五大盐碱区,目前已在滨海地区中、重度盐碱地的治理利用进行了成功应用。

(2)次生障碍盐碱地“上膜下秸”控抑盐技术。该技术针对土壤次生盐渍化特点,通过在地表下设秸秆隔层,切断土壤毛细管的连续性,控制底层盐分上移,并在地表覆膜,抑制盐分表聚。该技术适合在我国五大盐碱区应用,目前已在内蒙古、宁夏引黄灌区的中、重度盐碱地进行了成功应用。

2.3 工程-农艺结合增强土壤排盐技术体系

该类技术耦合工程排盐、物理洗盐与化学改盐方法,通过破板结层加速淋盐、离子代换加强排盐、暗管排水增强洗盐等原理,加强土壤洗盐效果,加快土壤的脱盐速率^[12]。目前该技术已在我国滨海、西北内陆盐碱区重度盐碱地的治理利用进行了大面积成功应用。具有代表性的成熟技术包括机械破粘板层技术、水稻黄熟期延期排水增强洗盐技术、暗管治理顽固性碱斑技术等。主要如下:

(1)机械破粘板层技术。该技术适合在土壤剖面具有板结不透水层、阻碍盐分淋洗的盐碱地区应用,采用开沟机开沟破除板结层,优化宽链条、窄链条的沟宽、沟距参数,促进水分快速下渗

和盐分淋洗以达到土壤脱盐,目前该技术已在我国西北内陆盐碱区重度盐碱地的治理利用中得到了成功应用。

(2)暗管治理顽固性碱斑技术。适合在具有一定水资源条件、重度盐碱地或盐碱荒地使用,该技术将带孔隙的管道铺设于地下,根据土壤渗透性能设置管距、埋深等参数,使土体中含盐水分通过管道孔隙汇入管道后排离耕作区,目前该技术已在滨海、西北内陆盐碱区进行大面积的成功应用。

2.4 节水灌溉优化灌排管理控盐技术体系

该技术体系以节水维持根区水盐平衡为核心,通过集雨、合理灌排、膜下滴灌、咸水结冰冻融灌溉等原理,提高土壤淋盐效率和水资源利用效率^[13]。具有代表性的技术包括盐碱地棉花精量灌水控盐技术、咸水结冰冻融淋盐保苗技术、盐碱地集雨抑蒸控盐改土技术、微咸水滴灌技术等。主要如下:

(1)盐碱地棉花精量灌水控盐技术。该技术针对传统方法(基于根区平均土壤水盐估算作物水分胁迫)的代表性较差问题,根据根区土壤水盐以及根系分布对作物耗水和灌溉量改进,改善了节水洗盐效果,该技术已在西北内陆盐碱区,尤其是膜下滴灌区进行了成功应用。

(2)咸水结冰冻融淋盐保苗技术。该技术作为极具特色的节水技术,利用咸水结冰冻融咸淡水分离和梯次入渗原理,冬季利用咸水冻结灌溉盐碱地,实现春季作物播种出苗,促进了微咸水、咸水等边际水资源的有效利用,前期亦在我国滨海和黄淮海平原盐碱区重度盐碱地上进行了成功应用。

2.5 土壤生物有机治盐改土技术体系

该技术体系的核心在于生物有机改土培肥,通过加大有机补偿、土壤增碳培育、废弃物资源化利用、根际养分调控等原理,实现土壤的生物有机农艺培肥^[14]。具有代表性的技术包括盐碱土堆肥与培肥技术、盐碱地根际营养调控技术、盐碱地秸



秆快速腐解改土培肥技术、农牧结合改良农田碱斑技术等。主要如下:

(1)盐碱地秸秆快速腐解改土培肥技术。该技术将催腐剂与氮素的联合运用,增施氮肥(C/N=25:1)与催腐剂联合应用模式进行作物秸秆快速分解,通过激发微生物活性促进秸秆腐解的养分释放,目前该技术已在滨海盐碱区的中、重度盐碱地进行了成功应用。

(2)盐碱土堆肥与培肥技术。该技术以质量比4:6的牛粪与秸秆粉碎后发酵,控制水分55%—65%,添加尿素1.5%—2.5%、快速发酵菌剂为2 kg/t、10%—15%的腐植酸,发酵完成后将腐熟的有机肥和磷肥混合施入土壤。该技术在西北干旱、半干旱区重度盐碱地得到成功应用。

2.6 盐碱地控盐改土培肥型调理剂与专用肥

该技术以酸碱平衡和离子平衡为核心,通过有机添加、酸碱平衡、水解中和等基本原理解,代换交换态盐碱离子,加速盐碱离子的淋洗,快速治盐改碱^[15, 16]。具有代表性的技术包括盐碱地水田淡化表层创建技术、盐土调理修复技术、重度盐碱地磷石膏快速改良技术、增强洗盐改碱生物型调理剂等。主要如下:

(1)盐碱地水田淡化表层创建技术。该技术针对苏打盐碱土质地黏重、结构性差,含盐量高、碱性强的特点,采用铝离子改良剂,促进土壤胶体凝聚,降低土壤pH值和碱化度,改善土壤物理性质,该技术目前已在东北盐碱区水田进行了规模化成功应用。

(2)增强洗盐改碱生物型调理剂。通过组合矿物质载体、氨基酸生物活性组分等配方,交换盐碱土中的盐害离子、改善土壤的物理性状,增加土壤微生物活性,降盐除碱、松土,该技术目前已在滨海、东北、黄淮海平

原等盐碱区进行了成功应用。

2.7 重度盐碱地和盐荒地盐土农业直接利用技术体系

该技术体系以利用作物/植物的耐盐性为核心,通过筛选驯化耐盐碱作物/植物新品种,优化耕种以提高苗期的避盐躲盐,利用劣质水抑制盐分的过度聚集等原理,实现盐土植物、咸水和盐土的直接利用^[17]。具有代表性的技术包括耐盐碱作物/植物品种筛选、驯化与培育技术,盐生植物高效种植与吸盐技术,盐生经济植物品质调控技术等。主要如下:

(1)耐盐碱作物/植物品种筛选、驯化与培育技术。采用常规育种和分子育种相结合的方法,筛选培育了耐盐高产的水稻、玉米、小麦、大麦、油菜等常规大田作物/经济植物新品种,以及甜高粱、野榆钱菠菜、海蓬子等盐生经济植物品种,这些新品种均可在我国五大盐碱区进行推广种植。

(2)盐生植物高效种植与吸盐技术。该技术以水-肥-盐耦合调控与优化运筹作为核心,通过种植耐盐经济植物品种,在苗期秸秆直接还田和薄膜覆盖蒸发抑制保墒,达到控盐保苗降低盐分危害,后期通过劣质水灌溉压盐、微地形构造避盐等促进安全生长。目前该技术已在滨海新垦滩涂区、西北内陆干旱区的重度盐碱地、盐荒地得到大面积成功应用。

2.8 盐碱地控盐-避盐-躲盐型耕作与高效栽培技术体系

该技术体系以躲避盐碱危害为核心,通过起高垄、垄作、平作等种植手段,以及垄作平栽、垄膜沟灌、覆膜穴播等栽培方法,结合控盐、避盐、躲盐型的耕作措施和轮、间、套作种植方式,实现作物生育期控盐种植与高产高效^[18]。具有代表性的技术包括盐生植物夏播深耕-秋播免耕直播的苗期控盐型耕

作制度、盐生植物-耐盐作物(大麦、棉花等)的轮、间、套作制度,盐生植物夏播垄作与秋播垄作平栽耕种技术和垄作覆膜穴播栽培技术等。主要包括:

(1)盐生植物夏播深耕-秋播免耕直播的苗期控盐型耕作制度。该技术夏播种植盐生植物深耕,形成疏松的耕层,以充分利用雨水将耕层盐分淋洗至深层土壤,秋播种植常规或耐盐作物,免耕以防将深层高含盐土壤耕翻至表层。该耕作制度目前已较为成熟,在滨海、西北内陆盐碱区的中、重度盐碱地得到成功应用。

(2)盐生植物夏播垄作与秋播垄作平栽耕种技术。该技术通过夏播垄作种植盐生植物,垄上种植,垄下洗盐和聚盐,达到避盐种植的目的;在秋播季节,垄作平栽、垄下种植、垄上引盐,达到躲盐种植的效果。该耕种制度在滨海、黄淮海和西北内陆盐碱区的中、重度盐碱地得到成功应用。

总体来看,现阶段我国已经全面具备了开展全国范围盐碱地治理和农业高效利用的工作基础和技术储备,8大技术体系总体较为成熟,前期已在我国五大盐碱区进行了示范推广,可直接进行规模化应用;除工程-农艺结合增强土壤排盐技术体系、节水灌溉优化灌排管理控盐技术体系、盐碱地控盐改土培肥型调理制剂与专用肥有待于深化、熟化和区域化配套,待相关的技术参数、系统设备和产品配方进一步完善后,可大规模应用于我国五大盐碱区的盐碱地治理改造与农业高效利用。

3 我国盐碱地治理与利用研究和应用存在的问题

3.1 尚未形成全国性的盐碱地分类治理技术体系

盐碱地的治理应综合考虑全国不同地域、盐碱类型、盐碱程度和土地利用方式等因素,形成完善的分类技术体系,以最大程度发挥技术研发与应用效率。现有盐碱地治理技术缺少系统的分类治理理念,缺乏针对全国不同气候带盐碱地形成过程、资源禀赋、障碍程度、盐碱类型、作物布局等

差别的分类治理技术体系,造成重复性工作多、技术研发效率不高。

3.2 技术可操作与工程化程度亟待加强

现有的盐碱地治理利用技术使用过程复杂,成本高、轻简化程度不够,造成盐碱区农民因成本过高或使用繁琐而难以接受。亟待加强技术与模式的工程化程度,明确技术的工程指标,制定工程化作业标准和规程,加快分类治理技术和农业机械的配套与可植入性。

3.3 对盐碱地治理的长效性和可持续性认识不足

盐碱地经治理利用转变成农田后,必须要有长期的投入和可持续的调控与管理,才能形成长效和稳定的生产力。现有相关技术对盐碱地作物的增产基本建立在高水肥投入的基础上,增产不增效,且难以持续维持较高的农田生产力。重度盐碱地农业改良利用的难度大、进程慢、成本高,轻中度盐碱地改良利用的长效性差、次生盐渍化反复。盐碱地治理利用的长效性和后期所需的投入与科学管理,常被忽视。

3.4 盐碱地治理利用的技术、农田基本建设工程和产业政策间衔接不紧密

目前我国的盐碱地治理利用主要突出了土壤、生物、耕作和节水等技术的研发与模式集成,与高标准农田建设、水利工程、土地平整等农田基础设施建设工程的结合较少,与土地政策、土地流转、一二三产业结合等产业政策脱节严重。

3.5 盐碱地治理利用的土地管理和激励机制不健全

盐碱地治理利用需要大量的投入,吸引金融资本和企业资本参与治理是有效途径。由于缺少盐碱地治理的土地政策和激励机制,想参与治理的企业没有盐碱土地,有盐碱土地的企业不投入资金治理,盐碱地转租成本高,影响了企业参与盐碱地治理的积极性。

4 我国盐碱地治理与利用未来发展思路

在盐碱地治理改造基础研究领域,我国处在与国际基本平行的水平,但是在工程应用和产业



推进方面与国际存在巨大差距。未形成全国性的盐碱地分类治理技术体系;技术可操作与工程化程度亟待加强;对盐碱地治理的长效性和可持续性认识不足;对盐碱地治理开发下游的产业开发与商业推进重视不够等。因此,建立和践行“基础研究-前沿技术研发-工程示范-产业推进-商业发展”相结合的“全链条产业”创新发展思路,可实现我国盐碱地的高效治理改造和盐碱区的土、水、生物等农业资源的可持续利用,发挥盐碱地资源作为耕地后备资源的潜力和粮食增产的潜力,挖掘、培育和壮大一批盐碱地新兴产业,延伸产业链并推进现代农业产业结构调整。

(1)突出盐碱地分类治理与农业高效利用的理念。盐碱地分类治理是指针对我国目前具备农业改良利用潜力且未治理改造的盐碱障碍耕地与盐碱荒地,综合考虑盐碱地分布地域、盐碱类型、盐碱程度和土地利用方式等条件差异,开发集成各具特色的工程-农艺-生物相结合的农业综合开发利用配套技术模式,以高效消减土壤盐碱障碍、快速提升土壤地力和生产力、促进盐碱区水-土-生物资源高效利用。

(2)系统研发针对我国不同区域、类型、障碍程度盐碱地治理与水-土-生物资源协同高效利用的基础理论体系和关键技术体系。明确土壤水盐运移过程和驱动机制、水盐调控机理和高效节水控盐原理,揭示水肥盐相互作用及农田水-土-生物资源协同高效利用原理,突破盐碱地遥感信息综合评估与管理技术、节水型和利用边际水的治理改造技术、盐土农业直接利用型治理改造技术、工程与农业结合型的轻简治理改造技术、盐碱障碍农田持久型防盐控盐治理改造技术等一系列盐碱地治理和农业高效利用关键技术。

(3)建立工程化作业标准和规程,形成各具特色的典型区域盐碱地治理与农业高效利用工程化配套技术模式。构建针对东北松嫩平原苏打型盐碱地的治碱排盐分类治理与农业综合利用配套技术,针对滨海滩涂盐渍土的加速脱盐培育分类治理与盐土农业利用配套技术,针对中北部河套灌区次生盐碱地的合理灌排脱盐分类治理与农业持续利用配套技术,针对西北内陆新疆绿洲区盐碱地的高效节水控盐分类治理与农业安全利用配套技术,针对黄淮海平原盐碱障碍耕地生物脱盐培育分类治理与农业高产高效配套技术模式,开展盐碱地分类治理配套技术的总装化和工程化,建立工程化作业标准和规程,构建盐碱地分类治理工程化配套技术模式。

(4)加强与国土、水利、农业等部门合作在全国范围内工程化应用,推进盐碱障碍耕地地力稳步提升,将盐碱荒地治理改造为耕地。采用点-线-面相结合的思路,在各盐碱区选择典型省域,建立以典型县域为核心、覆盖各主要省域的盐碱地分类治理万亩示范区,开展工程化配套技术模式的科技示范。与国土、水利、农业等相关部门合作,推进大规模盐碱地分类治理和标准化治理技术的工程化作业。

(5)引入金融与企业资本,挖掘、培育和发展盐碱地种苗、改良剂、肥料、灌溉设备、新型农业机械等一批特色产业。国家先后出台土地经营权流转和土地改革新政策,鼓励政府与社会资本合作(PPP)模式,可吸引大量的金融资本和企业资本参与盐碱地治理,解决盐碱地治理利用资金投入不足问题,开发盐碱地专用作物品种、制剂产品、设施设备等特色产品,形成“基础研究+前沿技术研发+应用示范+产业推进+商业发展”相结合的“全链条产业”创新发展思路,

创建我国障碍性资源治理改造与高值化利用的样板。

参考文献

- 1 赵其国,杨劲松,周华. 保障我国“耕地红线”及“粮食安全”十字战略方针. 土壤,2011,43(5): 681-687.
- 2 发改农经[2014]594号. 关于加强盐碱地治理的指导意见. 新疆水利,2014,(3): 28-29.
- 3 关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见. [2015-2-1]. http://news.xinhuanet.com/politics/2015-02/01/c_1114209962.htm
- 4 李建国,濮励杰,朱明,等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点. 地理学报,2012,67(9): 1233-1245.
- 5 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社,1998.
- 6 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望. 土壤学报,2008,45(5): 837-845.
- 7 温利强. 我国盐渍土的成因及分布特征. 合肥: 合肥工业大学,2010.
- 8 李彬,王志春,孙志高,等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究. 干旱地区农业研究,2005,23(2): 154-158.
- 9 胡一,韩霁昌,张扬. 盐碱地改良技术研究综述. 陕西农业科学,2015,61(02): 67-71.

- 10 刘广明,吴亚坤,杨劲松,等. 基于电磁感应技术的区域三维土壤盐分空间变异研究. 农业机械学报,2013,44(7): 78-83.
- 11 李芙蓉,杨劲松,吴亚坤,等. 不同秸秆埋深对苏北滩涂盐渍土水盐动态变化的影响. 土壤,2013,45(6): 1101-1107.
- 12 赵永敢,李玉义,胡小龙,等. 地膜覆盖结合秸秆深埋对土壤水盐动态影响的微区试验. 土壤学报,2013,50(6): 1129-1137.
- 13 Yao R J, Yang J S, Zhang T J, et al. Studies on soil water and salt balances and scenarios simulation using SaltMod in a coastal reclaimed farming area of eastern China. Agricultural Water Management, 2014, 131: 115-123.
- 14 张建兵,杨劲松,姚荣江,等. 有机肥与覆盖方式对滩涂围垦农田水盐与作物产量的影响. 农业工程学报,2013,29(15): 116-125.
- 15 曲长凤,杨劲松,姚荣江,等. 不同改良剂对苏北滩涂盐碱土壤改良效果研究. 灌溉排水学报,2012,31(3): 21-25.
- 16 中华人民共和国国家知识产权局. 我国盐碱地化学改良专利技术分析. [2012-12-13] http://www.sipo.gov.cn/ztlz/ywzt/zlsd/201212/t20121213_780313.html
- 17 王相平,杨劲松,姚荣江,等. 苏北滩涂水稻微咸水灌溉模式及土壤盐分动态变化. 农业工程学报,2014,30(7): 54-63.
- 18 王婧,逢焕成,任天志,等. 地膜覆盖与秸秆深埋对河套灌区盐渍土水盐运动的影响. 农业工程学报,2012,28(15): 52-59.

Management and Efficient Agricultural Utilization of Salt-affected Soil in China

Yang Jingsong Yao Rongjiang

(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences,
Nanjing 210008, China)

Abstract The situation for food security and cultivated land security is getting increasing severe in China, and this addressed imminence requirements of the management, amelioration, and agricultural utilization of reserve soil resources such as saline soil, acid soil, aeolian sandy soil, and edaphic barren soil. Among them, salt-affected soil was regarded as the most potential reserve soil type in agricultural amelioration and utilization owing to its abundance and relatively suitable water and heat conditions in the saline areas. This paper summarized the resource conditions, status quo of utilization, existing problems and prospect of the management and utilization of salt-affected soil in China, the achievements and viewpoints of the research team of the authors were also included. The potential of the management and utilization of salt-affected soil was generally enormous in China. With the continuous recovery and improvement in the recent 40 years, the salt-affected soil resource exhibited the trends including decline in the total area, decrease in the proportion of heavily salinized soil, aggravation of soil salinization in the local areas, increase of abandoned land, and the increasing inhibition of water resource. Along with the implement of a series of key projects of science and technology in China, 8 technological architectures consisting of over 40 practical technolo-



gies was developed. These technologies mainly focused on multi-scale assessment and precision planning of salt-affected soil resources, salt restriction by blocking soil evaporation using agronomic measures, enhancing leaching efficiency using engineering and agronomic measures, salt control by optimizing drainage and irrigation system using water-saving practices, and growing salt-tolerant crops or halophytes in heavily salinized and abandoned soil, etc.. However, we are still faced with many pending problems, such as lack of systemic technological architecture of classified management, low engineering degree of the present technologies, short of long-term management and protection, loose connection between technologies and basic farmland infrastructure construction and industrial policies. These problems resulted in a lot of consequences like the difficulty in the generalization of present achievements, instability of the management effects, deficiency in the investment, and low enthusiasm of social participation. Based upon the above status, authors proposed the innovative development idea of "the whole industry chain", which combined the fundamental research, development of frontier technologies, application and demonstration, industry promotion, and commercial exploration. Using this novel mode which assembled facets of production, teaching, research, capital and customers, we would establish the basic theoretical system and key technological system of classified management of salt-affected soil and the high efficient utilization of water, soil, and biological resources, construct the engineering models of classified management of salt-affected soil, carry out the engineering generalization and demonstration in the saline areas depending on the corporation of multi departments, and attract the new business entities and social forces to participate the industrial development. This work would help to create a template for the efficient management and high-value utilization of barrier resources in China.

Keywords salt-affected soils, agricultural utilization, classified management, engineering, industry promotion

杨劲松 中科院南京土壤所研究员,博士生导师,中国科学院大学教授。目前担任国际土壤学联合会(IUSS)盐渍土专业委员会副主席,中国土壤学会盐碱土专业委员会荣誉主任。主要研究领域为盐碱土治理与利用。任国家公益性行业专项“盐碱地农业高效利用配套技术模式研究与示范”首席专家。先后主持并完成包括国家农业行业专项、“973”项目课题、“863”重点项目课题等40余项课题。获中科院科技进步奖2项、江苏省科技进步奖1项。发表学术论文近300篇,合作和参与编写学术专著4部。E-mail: jsyang@issas.ac.cn

Yang Jingsong, Research Professor of the Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences; Ph.D. supervisor of the University of Chinese Academy of Sciences; Vice Chair of Salt-affected Soils Commission of the International Union of Soil Science; Honorary Chair of Saline Soils Commission of the Chinese Soil Science Society; Principle Expert of State Keynote Agricultural Project “Effective Agricultural Use of Salt Affected Land of China”. His has mainly focused in research of remediation, management, and utilization of salt-affected soils and relevant fundamental fields. Prof. Yang has been in charged of more than 40 important research projects, and has obtained three awards from the Chinese Academy of Sciences and Jiangsu provincial government. He has published nearly 300 academic papers and 4 monographs so far. E-mail: jsyang@issas.ac.cn