

废弃物变“特效药”

把工业废弃物脱硫石膏用于盐碱地改良，是一件利国利民的事。王淑娟是清华大学能源与动力工程系的教授。上世纪90年代中期，徐旭常院士和陈昌和教授团队发现利用脱硫石膏可以改良碱化土壤，她在2000年加入该团队，至今已参与盐碱地改良领域耕耘了20年。

2004年，中国开始要求所有新建电厂必须配置脱硫装置，脱硫石膏量随之急剧增加，成为一种亟需处理的工业废弃物。对于电厂来说，这种细颗粒的废弃物堆积占用大量土地，还会产生扬尘，电厂的处理压力很

大。而脱硫石膏中的钙可以置换土壤胶体中的钠，改善盐碱土壤的物理化学性质，使其适合作物生长，实现盐碱土壤的改良，变废为宝。

别看现在脱硫石膏在盐碱地治理中的应用获得了广泛认可，但这件事情最初起步时很难。王淑娟回忆道：“2000年开始，我们与内蒙古农业大学的李跃进老师合作，选了40亩寸草不生的盐碱地做实验。当地农民当时都不相信。他们说，你们不可能在这片地上种出庄稼来。”在李老师的帮助下，实验取得了成功。

内蒙古的40亩地治理成功之后，专家进行了现场验收，一致认为该技术达到了国

际领先水平。当地农民非常兴奋，高兴地管他们叫“魔术师”。“至今为止，我们自己改造的盐碱地有30多万亩了。”王淑娟介绍，如今，这项技术得到了广泛认可，推广应用面积已超过100万亩。

当白茫茫的盐碱地长出了绿油油的庄稼，那壮观的场面是研究人员们最欢喜的时刻。王淑娟说：“我们用无人机航拍，看到荒地一步步地变成可以耕作的土地，看到几千亩改良后的盐碱地成为了壮观的水稻田，人生最有成就感的时刻莫过于此！收获的碱地大米送给朋友，我会非常骄傲地告诉他们，这是用我们自己的技术改良的土地种植的绿色有机大米，健康营养！”

尽管石膏在改良利用盐碱地方面有悠久的历史，但大规模科学合理利用脱硫石膏还需要进一步的科学研究。当前，在实际操作层面上，也面临着很多难题。盐碱地的种类很多，有的属于盐土，有的属于碱土等，脱硫石膏改良技术也有其局限性，针对的只是部分盐碱地类型，比如东北一些地方的盐碱地就较为合适。而且盐碱地的治理需要水利设施的保障、耕种措施的配合等。

尽管如此，这项技术的适用空间仍然很大。为了推广这项技术，清华大学校友基金会专门成立了一个公司，用来做技术的产业化。王淑娟表示，希望更多社会资本能加入到这个领域，期待未来技术能够大面积推广应用。

盐碱地变生态田

在大兴安岭南麓的吉林白城、松原，黑龙江大庆、齐齐哈尔等地，分布着连片典型的松嫩平原苏打盐碱地，这些地方土地沙化和盐碱化非常严重，每年春季都是白茫茫一片。

胡树文在国外学习工作多年后，2006年作为引进人才回国，到中国农业大学从事新型肥料研发和盐碱土壤改良工作。2007年，他的团队研发的易降解高分子包膜控释肥料开展大田试验，经过数据分析，他发现：在正常的田地里施用控释肥，增产8%—12%；但是在白城地区中轻度盐碱地里使用，水稻增产却能达到18%—20%。当时他很吃惊——为什么会这样？

经过反复试验，他终于找到了原因：盐碱地里本底盐离子比较多，一旦施了速溶的复合肥（本质上也是盐），土壤中的盐离子浓度就更高了，对种子的伤害更大，作物生长会受到严重影响。“既然施肥对作物生长影响这么大，那么配上盐碱土壤调理剂，效果应该更加明显。于是我们开始研发新型盐碱土壤改良剂和专用肥料，并在实际应用中反复尝试、对比、优化。”胡树文说道。

从那之后经过两年的摸索、小试牛刀，胡树文团队在摸索中逐渐形成了一套完整的技术方案。

2010年，他们开始在松嫩平原开展几十亩小面积盐碱地改良试验示范，2013—2015年走入大面积试验示范阶段，并逐步扩大规模，先后建成了百亩、千亩示范方，2017年建成了松原万亩示范方。重度盐碱荒地经一次改良后，水稻亩产可达500公斤；而采用传统改良方法，水稻亩产仅50—200公斤。

针对松嫩平原盐碱地盐碱并重、土壤结构差、养分供应不足等关键问题，胡树文团队的创新之处在于，从环境友好型天然高分子材料角度创新盐碱地治理。“我们发明了兼具置换土壤钠离子功能与黏结土壤颗粒功能的天然高分子改性材料，可使盐碱土形成稳定性团聚体，重塑了土壤结构，土壤孔隙度增大，水分对盐碱离子的淋洗效率提升了10倍以上，并集物理、化学及生物技术相结合，形成独特的生态修复技术体系，创建出一整套盐碱地快速脱盐生态修复的工程技术模式。使盐碱地脱盐效率大幅度提高，土壤各项技术指标显著改善，实现了当年修复、当年高产、多年稳产。”

2020年11月29日，在以康绍忠院士为组长的顶级科学家参加的成果鉴定会上，该成果被鉴定为：整体达到了国际领先水平。



山东省无棣县3000亩盐碱地“草棉轮作”优质饲用燕麦播种现场。陈子庆摄（人民图片）



山东省东营市垦利区永安镇二十八村，万亩盐碱地变身“网红”稻田画。周广学摄（人民图片）



浙江省台州市路桥区台州农场位于海边盐碱地，种植生长的香笋口感极佳，笋种植大大地提高了农户的收入。王保初摄（人民图片）

盐碱地是全球分布广泛的一种土地类型，“中低产田”“光板地”“白茫茫的不毛之地”等是人们对于盐碱地的另一种称谓。中国是盐碱地分布大国，科学合理的盐碱地治理和改良利用对于粮食安全、生态环境安全和生物多样性保护意义重大。如今，生态文明建设给国土治理提出了新的要求，需要以更加节约、生态、高效的新理念进行盐碱地治理和开发利用。中国的科研人员们正在为此孜孜不倦地努力着……

让不毛之地重生

王 翰 万书勤



近年来，河北省黄骅市实施一系列治盐排碱措施，在盐碱地上筑起了绿色家园，全市1600亩湿地型园林景观成为市民休闲娱乐的好去处。张国文摄（人民图片）

微灌精准水盐调控

2004年，宁夏农业综合开发办公室邀请中国科学院地理科学与资源研究所康跃虎研究团队到宁夏开展工作，希望研究团队为他们解决青铜峡市金沙湾示范农场红胶泥重度盐碱地治理开发的难题。红胶泥重度盐碱地的钠吸附比很高，且质地黏重，宁夏农业综合开发办公室采用了几乎国内外所有的方法，均未成功。而康跃虎研究员却毅然回答道：“解决不了的难题正是中科院应该研究的。”

当年，研究团队就布置了滴灌

作物出苗整齐，但生长却很缓慢，产量很低。经过对试验资料的深入分析，第二年调整了试验方案，布置了春季作物的试验。博士研究生焦艳平和谭军利更是不畏风沙酷暑，一头扎进试验田。

功夫不负有心人，这次取得了完全出乎意料的突破性进展，收获时油菜产量达到590斤/亩左右，接近当地黄河水地面灌溉高产田的2倍，糯玉米的产量达到正常产量的70%，土壤理化性质得到很大改善，微生物状况也很快由水平接近于“零”达到一般农田水平。第三年种植的400多亩高粱、番茄、黄瓜等10多种作物生长良好，产量达到高产田的水平。

在敢啃硬骨头精神的指引下，研究团队针对银川平原地下水埋深浅且灌溉水为咸水的次生盐渍化重度盐碱地、国际公认最难治理开发的银川平原的龟裂碱土（白僵土）重度盐碱地开展了全面攻关，均取得重大突破。

2008年，康跃虎团队从内陆盐碱地扩展到滨海盐碱地的研究。2011年，刚进入团队的博士研究生李晓彬，被派到河北曹妃甸区开展滨海盐碱地原土植被构建方面的试验研究与示范工作。曹妃甸基地初建时一片荒芜，研究小组临时住在20公里外的小镇上，每天需要坐车往返，为了节约时间便于开展工作，师兄陈秀龙直接带着李晓彬

在基地搭了顶帐篷，就这样“睡在窝棚、吃在窝棚”三个多月，有时为了试验的连续性，白天晚上还会连轴转观测和取样。

经过深入系统研究，历经5位博士研究生、2位博士后的参与，康跃虎团队构建起了微灌精准水盐调控滨海盐碱地植被建设的理论与技术，实现了真正意义上的原土植被构建，其成本只有客土绿化的1/4—1/3，植物成活率达到90%以上，且生长旺盛、可持续，并且筛选出了50多种可满足不同绿化目标的乔木、灌木和草本植物。该项成果被鉴定为国际领先水平，不但适用于滨海盐碱地，而且适用于内陆地区的各类盐碱地。

延伸阅读

据全国第二次土壤普查统计，中国盐渍土总面积约1亿公顷，是重要的后备土地资源。中国盐碱地治理研究开始于20世纪50年代，1953

年初，陈恩凤先生提出“淡水冲洗，种稻改良”的新途径，研究成果取得显著成效，吉林松原地区大片盐碱荒地改造成良田；20世纪50年代起，熊毅院士在封丘县开创了以“井灌井排”为核心、水利工程

和农业生物措施相结合的盐碱地综合防治技术；20世纪90年代，石元春院士揭示了黄淮海平原旱盐碱共存和交相为害的自然原因，提出“半湿润季风气候区水盐运动理论”的科学理论。21世纪以来，大

量盐碱地改良新方法涌现，包括暗管排盐、潜水压盐、灌溉洗盐、化学改良、生物改良等各种措施。最近十几年，采用硫酸铝、脱硫石膏、生物炭、有机肥等改良剂治理盐碱地，取得了良好效果。

中国在不同区域、不同类型、不同利用方式下，对盐碱土生态修复与水盐调控方面已经取得一系列重要研究成果，为盐碱地的高效利用、可持续发展以及生态功能提升做出了重要贡献。（杜学军）

水盐生态环境要和谐

康跃虎

盐渍土是地球上分布最广的一类土壤，全球总面积约143亿亩。中国盐渍土总面积约15亿亩，可开发利用的盐碱地约5亿亩，是重要的后备土地资源，对保障中国18亿亩耕地红线具有重要意义。与此同时，盐碱地生态是地球表层生态系统类型之一，与人类生活的环境和生物多样性等又有密切关系。

人类在改良利用盐碱地和防治土壤盐渍化方面有悠久的历史，形成了灌排洗盐、土壤改良及填理客土、台田农作与水产养殖、适应性种植、水稻种植等方法，取得了辉煌的成就。

近十多年来，中国盐碱地治理和开发利用在科学研究和实践方面，掀起了又一个高潮，涌现出了微灌水盐调控盐碱地农业与植被建设理论与技术、新型土壤调理剂与目标导向性盐碱地改良技术、耐盐耐碱品种与根区土壤改良水稻种植盐碱地利用技术、耐盐碱与盐生植物适应性种植盐碱地改良利用与植被建设技术、现代排水技术与节水灌溉结合盐碱地改良和复合型盐碱地利用技术等，从理论到技术到实践，都有了很好的创新和发展。

在加强生态文明建设、重视人与自然和谐的今天，对盐碱地治理和开发利用有了新要求，特别是在功能、目标和定位比较明确的耕地次生盐渍化防治、盐碱荒地开发利用和生态环境建设、盐碱化生态系统修复、土地盐碱化预防、特殊盐碱地生态系统和生物多样性保护等多个方面，都需要有新思路和新方法。笔者建议：

第一，要强化精准高效灌溉技术的应用。盐碱地主要分布在干旱半干旱地区和部分半湿润地区，普遍存在水资源紧缺的问题，而传统方法需要大水洗盐压盐，在造成水资源浪费的同时，排水系统大，排出水量多，大量的排水和排水中含有的盐分、化肥、农药等，会影响河流湖泊（外流区）和区域生态环境（内流区）。

第二，要精准减量使用外源化学改良材料。外源化学改良材料实际上又增加了一定量的土壤盐分，所以作为土壤改良有明显作用的外源化学改良材料，要力求施用精准减量，避免粗放过量使用，造成对生态环境的负面影响。

第三，要加大适应盐碱环境的盐碱地农业发展力度。盐分离子是由地球化学过程尤其岩石风化等过程产生的，盐分离子迁移和土壤盐碱化过程是地球表层的一个物质循环过程，人类不能消灭盐碱地，要与盐共存，适应盐碱地环境，发展优质高效的盐碱地农业，是未来盐碱地资源利用的主要方向之一。

第四，要考虑人与自然和谐和特殊盐碱地的生态环境保护。“盐随水来，盐随水去”，一方面大量含有淋洗盐分和化肥农药等化学物质的排水会对环境造成一定影响，另一方面有些盐碱地尤其盐碱湿地对鸟类等动物非常重要，而且有些盐碱地上的植物和微生物等有特殊的价值，所以“水—盐—农业—生态—环境”和谐非常重要。

（作者系中国科学院地理科学与资源研究所研究员）

新时代新步伐