

# “白茫茫”变成“绿油油” ——张北坝上盐碱地之新生

文图 / 张隆隆 朱晓华 刘晓瑜 袁欣



> 张北坝上

**第一作者简介** 张隆隆，工程师，从事土壤修复、矿山治理与生态大数据方面的研究工作。

民非谷不食，谷非地不生。我国以占全世界9%的耕地养育了世界近1/5的人口，耕地是中华民族永续发展的根基。但近几年来，一些地区耕地面积减少，耕地质量下降。据第三次全国国土调查数据显示，2019年末全国耕地19.18亿亩，已逼近18亿亩耕地红线，与第二次全国土地调查数据相比，10年间耕地减少1.13亿亩，年均减少面积呈扩大趋势。为提高耕地质量，我国采取了建设国家粮食安全产业带，加强农田水利建设，实施黑土地保护工程，分类改造盐碱地等措施。

## 盐碱地现状

土壤盐渍化、荒漠化已然成为我国突出的生态问题，盐渍化土壤在我国分布广泛、面积辽阔。盐碱地改良技术让其不再是难利用的荒地，而是潜在宝贵的耕地资源。“向盐碱地要粮，向科技要粮”，是基于自然的生态恢复理念下，充分解析盐碱地形成的主要影响因素，针对性开发绿色、可持续的改良治理技术，分门别类地开展盐碱地综合利用。充分挖掘盐碱地的耕作潜力，对保障中国粮仓、中国饭碗具有重要的现实意义。

当前，全世界盐碱地约9.54亿公顷，并且以每年100万~150万公顷的速度不断增长。我国盐碱地约为9.913万公顷，其中耕地中约760万公顷已遭不同程度盐渍化。土壤盐渍化极大影响了我国耕地土壤质量，导致农作物普遍减产20%左右，有些甚至弃耕撂荒。土地盐碱化的加剧无疑加重了区域生态功能的脆弱性，进而影响区域经济的可持续发展。我国有近80%的盐碱地未合理开发利用。具有农业综合利用潜力的盐碱地有1.333万公顷。例如，在半干旱的张北坝上草原生

态脆弱区，草地、湿地退化较为严重，土地利用类型失衡，现有的草地、湿地与耕地大多已有不同程度的盐渍化与沙化。国家地质实验测试中心生态修复团队开展了张北地区的生态地质调查，探明张北盐碱地的主要成因，以此为基础进行了系列盐碱地改良生态修复示范工作，如采取去除表层盐碱土，生物质炭与矿物材料混合消减盐碱，藜麦、甜菜等作物种植示范，等等。

## 盐碱地成因

土壤盐渍化已然是影响土地生产力的重要障碍因素之一，极大程度上制约了我国农业的可持续发展。盐碱地是指土壤约0~15厘米表层中富集过多盐碱成分，pH值大于9，对植物正常生长有害的土壤，其是盐土、盐化土、碱土、碱化土的总称，在土壤学上，称为盐渍土或盐碱土。自然界中盐土、碱土通常是伴生、混合存在的，土壤中主要盐分离子有氯、硫酸根、碳酸根、碳酸氢根、钠、钾、钙、镁。盐碱地的形成受气候、地形地貌、水文地质、土壤质量与质地等条件约束，还与不合理的农艺耕作与管理直接相关。

由于盐碱地分布区域内的土壤类型、地质条件、生物、气候等因素的差异，不同地区盐碱土面积、盐化程度与主要盐分组成有明显不同，且十分复杂，大体上有如下特征：一是主要分布在西北和华北区内蒙古、山西等地区干旱—半干旱的内陆盐渍区，盐碱土面积大，土壤含盐量高，积盐层厚。张北坝上盐碱地属于此类，由于干旱的气候造成湖淖干涸、蒸发量过大形成盐渍荒漠化，盐分在地表微结晶，主要成分为氯化物；二是主要分布在华东和华北区天津、河北的滨海地区湿润—半湿润海侵盐渍区，在海潮或者高盐度地下水作用下形成的全剖面含盐土壤，盐分组成单一，氯化物占绝对优势；三是主要分布在东北松嫩平原半湿润—半干旱的苏打—碱化盐渍区，主要类型为苏打碱化型，碳酸钠含量高，pH值较高，对植物产生较大毒性；四是主要分布在新疆塔里木、吐鲁番，以及青海柴达木盆地极端干旱区的沙漠盐土，由于气候干旱，淋洗微弱而形成的积盐土壤，主要含有氯化物、硫酸盐、硝酸盐，等等。

土壤盐渍化分为原生盐渍化和次生盐渍化。原生盐渍化是由于区域自然因素变化引起的土壤盐渍化，90%盐碱地为

原生盐渍化；次生盐渍化是由于人类对水土资源不合理利用导致土壤表层不断积盐的过程。盐碱地形成核心在于土壤中的盐分与水分。俗话说“盐随水来，水去盐留”，水是盐的直接载体，主要取决于浅层地下水水位、地下水矿化度与地表水径流等因素，这些因素往往相互作用，而非简单叠加。浅层地下水水位高低直接关系到盐分能否从土壤毛细水迁移富集到地表，使表层土壤产生积盐现象。浅层水位与水中矿化度越高，土壤积盐速度就越快。张北坝上盐碱地分布主要受地表径流、湖淖、地形地貌、土壤质地与人为活动因素控制，其水盐离子的类型受控于成土母岩，特殊的水文地质与气候条件直接导致土壤盐渍化。

在张北坝上地区，经过2020—2021年生态地质调查查明：原生盐碱地占到调查面积15%以上，沙化土地面积占20%以上，土壤不同程度的盐渍化与沙化几乎占50%左右，主要分布草地、耕地与河道、湖淖周



> 藜麦种植示范地



> 盐碱地

盐碱土表层土壤 pH 值在 8~10 之间, 地表水与浅层地下水 pH 值为 8 左右。盐碱地主要控制因素特征十分典型: 一是张北地区属于北方半干旱气候区, 年平均降水量约 300 毫米, 年平均蒸发量约 1 850 毫米, 蒸发量是降水量 6 倍之多, 旱季漫长、湿季短暂, 导致季节性河流、湖沼丰枯交替, 最终土壤盐分上移至地表; 二是坝上地区地形平坦, 地下水水位较浅, 水体矿化度高, 径流不畅, 底部基岩稳定、结构完整, 蒸发自然成为地下水的主要排泄通道, 地下水中的盐分随着水分蒸发不断向地表聚集; 三是由于受蒙古高压控制以及大气环流影响, 常年盛行西北风, 据统计, 年 6 级以上大风日数 57~130 天, 最大风速达 38m/s, 风吹加速土壤盐渍化, 主要体现在风将盐碱地上结晶出的盐分带到了非盐碱化土壤表面, 其也加快了土壤水分蒸发, 进而致使盐碱化更加严重。远离湖沼或湿地的耕地与草地的盐碱化程度相对较轻, 其盐渍化主要集中在土壤 5 厘米范围内的表层, 与其下土壤并无十分明显的继承关系, 这类表聚型的盐碱地称为“风吹来的盐碱地”一点不为过; 四是土地利用失衡, 调查区中耕地约占 40%, 其中旱地占 36% 以上, 而草地仅占 20%, 可见坝上丘陵草原地貌区, 这样的土地利用现状极为不合理, 灌溉又以高盐度地下水为主, 这是土壤盐渍化的重要人为因素; 五是坝上高原的基岩主要为碱性岩浆岩, 富含黑云母、钾长石、辉石等碱性矿物, 土壤中富含碳酸钙、氯化钠、硫酸钠等, 为土壤盐渍化形成提供了物源基础。大多数原生盐碱地本身就是自然生态系统中的一种类型, 开发利用盐碱地的同时不能违背自然规律, 要充分调查研究形成盐碱地的主要因素, 掌握好可修复利用的盐碱地与须保留盐碱地的空间布局, 以免发生短期小规模改良, 忽视本身区域性的地球化学作用过程而带来永久性的生态灾难。

### 盐碱地新生

盐碱地改良根本目的是改善土壤物理化学性质, 为农作物提供良好生长环境, 以实现农作物的高产。目前, 盐碱地改良技术主要包括水利工程改良、物理化学改良、生物改良以及一些农艺措施。大量实践表明: 不同类型的盐碱地改良措施和效果有所不同, 改良技术亦各有优缺点。工程量大、投入高; 化学与农艺措施存在返盐的潜在危险; 生物技术发展迅速, 动植物耐盐碱基因的分选已实现, 但还未能实现规模化推广应用; 高成本和潜在的环境污染问题限制了有机高分子保水剂等材料的推广应用, 同时大多土壤改良剂在施用后需用水冲洗, 在水资源缺乏的地区推广应用不现实, 效果不稳定。

综上所述, 盐碱地治理依靠单一的改良技术措施难以达到目的。充分尊重自然规律, 研究土壤盐渍化成因、区域水土资源状况、水盐运移富集规律, 以及区域经济社会发展之间的关系, 通过将工程措施、农艺措施、生物措施和化学措施有机结合, 合理开发与利用盐碱地资源, 保障区域生态服务功能的正常运转。

张北坝上地区的土壤主要为栗钙土、暗栗钙土和草甸栗钙土, 土质为沙质, 含沙量达 60% 左右, 结构疏松, 黏结力差。由于气候干冷多风, 风蚀作用强, 土壤有机质含量仅为 2%~3%, 很

> 甜菜种植示范地

多地区植被覆盖率低, 裸露的地方容易受风蚀作用影响, 形成沙化、盐渍化土壤。多数已经盐渍化的耕地, 其盐分聚集在很薄的表层土壤中, 通过简单的土地整理就可以恢复耕作。这类表聚型盐碱化耕地所处地势平坦, 适于机耕。土壤层很厚, 土壤母质多来自于玄武岩、碱性花岗岩, 富含钾、硒等元素, 具有潜在肥力。针对此表聚型盐碱地含盐层土壤薄、有机质缺失、保水保肥能力差, 以及微生物缺少等问题, 采用生物质炭+矿物材料+微生物菌剂的复合型动态配方缓释材料来改良。首先, 采用作物秸秆等废弃物利用高温裂解—水热反应制成生物质炭基材料, 再实际调查盐碱地盐渍化程度进行差异化分区, 根据不同分区的盐渍化特点, 加入一定量的天然矿物材料、微生物菌剂等混合制成动态缓释改良材料。其能有效增加沙质土壤的有机质、微量元素、孔隙度, 降低土壤的 pH 值, 改善作物根系周边的微环境。先将盐碱地深

翻, 平整土地, 在作物播种期, 将缓释改良剂(生物质炭+天然矿物+微生物菌剂动态混合配方)随种子或种肥一起施入耕作层, 在不增加额外劳作量的基础上, 可以有效重塑植物根系土壤微环境, 实现土壤局部水、肥、气、热等条件综合提升, 恢复微生物多样性, 确保农作物高质量生长。2020—2021 年, 累计在张北地区推动盐碱地复垦改良示范田 1 100 余亩, 示范田中藜麦、甜菜出苗率高, 长势喜人。与对照组对比测产, 藜麦亩产由 60 千克左右提升至 100 千克, 增产 60% 之多; 甜菜亩产由 2.2 吨左右提升至 5.9 吨, 增产 160% 之多。藜麦与甜菜每亩增收均超过千元, 而缓释改良剂每亩平均修复成本约 200 元, 实现了连作区域农作物质量与产量的全面提升。此项措施, 将进一步推广, 进而有效实现张北盐碱地的高效开发利用。

当前, 盐碱地改良和综合利用应更新生态恢复观念, 从强调暴力改造自然转向人与自然和谐发展; 从改良盐碱地, 适应植物生长转向选育耐盐碱植物适应盐碱土, 从单一技术大面积使用转向多类型技术差异化组合使用。开发利用与生态恢复两措并举, 将生态效益、环境效益、社会效益与经济效益相统一, 促进盐碱地地区农、林、草协调发展, 让白茫茫的盐碱地孕育出绿油油可持续发展的希望。

本文由中国地质调查局“北京及周边地区综合地质调查(编号: DD20190655)”和“永川页岩气开采区生态地质调查与修复技术支持(编号: DD20221783)”项目联合资助。

第一作者单位/中国地质调查局国家地质实验测试中心, 自然资源部生态地球化学重点实验室

(本文编辑: 陈慧)



> 甜菜种植示范地