

国外盐碱土研究情况

国外盐渍土研究工作简介

祝 寿 泉

(中国科学院南京土壤所盐土研究室)

盐渍土是重要的农牧业利用的土地资源,但所含盐碱成分对农业生产又有很大的危害。近几十年来,随着农业生产和灌溉农业的发展,世界上有关国家对土壤盐碱化及其防治都很重视,并进行了大量的科学研究工作。为了加强组织领导,开展这方面的工作,有些国家还设立有专门研究机构,如美国有盐土实验研究所主持和组织全国盐碱土改良研究工作;苏联1965年在苏联土壤研究所专门成立了碱化土壤改良协作领导组织;印度1969年建立了印度中央盐土研究所;埃及设有干旱地区水土研究中心,以盐碱土的垦殖作为主要研究对象。国际土壤学会的土壤灌溉和土壤改良组,在历届会议上都交流了各国盐碱土研究报告和经验,1965年在匈牙利召开了土壤苏打盐渍化研究座谈会;1967年在印度召开了灌溉与排水会议,专门讨论了盐碱土改良问题;1972年在开罗还举行了国际盐渍土研究讨论会。各次会议都出版了有关论文专辑。此外,不少国家还召开了专业会议,如苏联在1967年召开了全苏盐土改良会议,又于1976年召开了灌溉土壤改良会议。

现就就看到的一些文献,对国外盐渍土研究的几个方面的问题,作简单介绍。

一、盐渍土的形成、发生分类和地理分布

世界上各大洲干旱和半干旱地区,从滨海到内陆,从低地到高原,都有不同程度的盐渍土广泛分布。据一些资料报道,欧洲的盐土面积是相当大的。在英吉利海峡和沿北海的一些国家和地区,如英格兰、苏格兰、荷兰、比利时和法国等有大面积的沼泽盐土。苏联、匈牙利、罗马尼亚、保加利亚等国各种类型的盐土和碱土。

印度和巴基斯坦有较大面积的印度碱土(reh),在卡拉奇,马德拉斯周围,哥达瓦里河和克里希纳河三角洲,以及恒河三角洲等地区,有盐化红树林沼泽土(酸性硫酸盐盐土)。另外,在一些灌溉地区有苏打硫

酸盐、硫酸盐和氯化物盐土。

在加拿大所有沿海地区(包括北极地带),都多有盐土分布,内陆湿草原地区,以硫酸镁和硫酸钠盐土为主。美国的盐土多分布在大的盐湖周围及内陆谷地,但集中在西部地区;滨海盐土从芬地湾沿大西洋延伸至墨西哥湾都有分布。美洲中部沿西海岸及内陆干旱地区的盐土中,交换性钠占90%。南美洲有大面积的红树林沼泽和酸性硫酸盐盐土。另外,在巴西、秘鲁、阿根廷和智利等国都有各种类型盐土。

非洲有广阔的盐土分布,沿北海岸伸展到东部一些地中海国家(摩洛哥、阿尔及利亚、利比亚、埃及、苏丹、以色列、叙利亚等),西海岸加蓬和安哥拉之间,东海岸拉木和纳塔之间,以及马达加斯加沿海都发现有酸性硫酸盐盐土。

澳大利亚的盐土主要分布在大陆的南部,西南部有大面积的盐化褐土(澳洲桉树林土)和少量的碱土。滨海盐土分布在从整个北部、东北部,直延展到南部的悉尼和阿德雷德沿海一带。

酸性硫酸盐滨海盐土主要分布在亚、非、拉热带沿海地区,此外,在温带一些国家也有小面积分布。酸性硫酸盐滨海盐土的形成主要是在地下水、母质和土壤中含有大量的硫化物,另外由于红树林群落的选择吸收,植物体内含有较多的硫,当红树林枯死后,在干湿交替和高温的气候条件下,通过微生物的作用,产生较多的硫酸和代换性酸,致使土壤呈强酸性反应。其对作物的毒害作用:(1)酸度大;(2)含盐浓度高,产生盐害;(3) Al^{+++} 、 Fe^{++} 、 Mn^{++} 离子含量高,直接和间接影响植物生长;(4)还原条件下形成 H_2S 和有机酸,对植物引起毒害。在过湿的情况下,其对植物的毒害作用的机理并不太清楚,可能 Fe^{++} 、 H_2S 的毒害是主要的。目前,对酸性硫酸盐滨海盐土的改良,主要是通过排水措施控制氧化过程和施用石灰中和酸度。

各个国家除进行地区性的盐渍土的形成条件、类型和分布规律的调查研究和论述外,对盐渍土的分类,苏打盐化和碱化土壤的分级问题进行了一些研究。

1. 关于盐渍土的分类、分级问题

各国盐渍土形成的自然条件、盐渍过程、特性和改良的要求不同,分类系统和依据是各种各样的。从学术观点上来看,一种是发生学分类系统,一种是非发生学分类系统。不论是那种分类系统,都将盐土和碱土列为两个独立的土类,把盐化土系列和碱化土系列相区别,又统称为盐渍土(засоленные почвы 或 salt affected soils)。美国还把含盐较多而又碱化的土壤,单列为盐碱土类。

欧洲一些国家中存在较大面积的苏打盐化和碱化土壤, Szabolcs I. 在“欧洲盐渍土”一书中,综述了欧洲有关国家的盐渍土分类系统,把苏打盐土划入碱土中作为一个亚类(称为没有结构层B层的碱土)。Ковда 根据盐分的地球化学分移和积累的特点,把碱土、碱化土壤和苏打盐土等盐渍土都统称为苏打盐化碱性土壤(Щелочные почвы содового засоления)。

对盐渍土盐分组成类型划分的标准,苏联等国学者都是根据盐渍化程度(土壤水浸提液5:1测定的含盐量)和盐分组成特征(主要是阴离子含量)来划分。氯化物、硫酸盐盐土主要根据 $\text{Cl}_2^- : \text{SO}_4^-$ 。对苏打盐渍化土壤的分类,不仅根据阴离子 HCO_3^- 的含量,还考虑阳离子的组成和比例。Ковда 等对盐渍土的分类提出较完整的分类系统,它不仅反映了土壤盐渍度和盐分组成特性,还结合到含盐土层深度和对作物的危害来划分。除离子含量占阴离子当量总数超过20%即列入命名,而 HCO_3^- 含量在水浸提液中达每百克土壤2毫克当量或更多时,尽管它的含量少于阴离子当量总数的20%,在盐分组成类型的名称中仍需反映出有苏打存在。Егоров 等将水浸液分析结果,根据离子亲和力和盐分溶解度的不同,按土壤发生层次换算成盐类来表示,它可以反映地带性土壤的发生系列,从而可作为确定水成型土壤的类型和亚类的依据。

美国盐渍土的分类、分级,主要是根据全盐量或土壤溶液(饱和浸提液)的电导率来划分。由于这种方法只能反映土壤盐渍化程度,不能反映土壤盐渍类型的发生学特征,所以有些国家原采用美国分类方法的,现在也改用5:1水土比例的水浸提液。苏联有些学者建议,在某一地区为了节省分析工作量,可采用电导率测定土壤盐渍度,并用其作为盐渍土分级标准。

2. 关于碱土和碱化土壤的分级问题

主要根据土壤中交换性钠含量(每百克土中的毫克当量数)及其占阳离子交换量百分数(ESP)来划分,苏联按 $\text{ESP} > 20\%$, 美国按 $\text{ESP} > 15\%$ 划为碱

土。Горбунов 等认为,上述指标可以说明碱土的特性,但是还不够,因为交换性钠的活度和解离是不一致的。为了较详细的评价钠离子对土壤性质的影响,需要测定其解离度和活度,并用 P^{Na} 、 α^{Na} 形式来表示,作为碱化程度的指标。根据野外和室内研究结果证实,在土壤中可直接测定 P^{Na} , 并发现在不同盐渍化程度的土壤中 P^{Na} 值在一定范围内。该方法的主要特点:(1)从盐分对植物生理作用方面来看,土壤盐渍化程度和 Na^+ 活度之间有一定相关;(2)在野外条件下,田间含水率为15~20%,如不破坏土壤结构,可直接测定 P^{Na} 值。

镁盐土和镁质碱化土壤,在世界上很多国家和地区都有分布(如苏联、埃及、阿尔巴尼亚、南斯拉夫、保加利亚、匈牙利、加纳、印度等)。这种含有大量交换性镁的土壤,很象含交换性钠的碱土和碱化土,但镁质碱化土的特征和特性可归纳为:(1)粘合垒结呈整块状结构,干时极为坚实;(2)易产生裂隙,裂面上常有特殊的胶膜;(3)透水性极差,毛管性能极弱;(4)土壤底层有潜育化;(5)色暗,但腐殖质含量少;(6)碱性反应。当交换性镁含量占盐基总量的35—40%时,土壤开始明显出现镁质碱化。有些学者认为,关于交换性镁对土壤不良物理性质的影响,决定于土壤中某些具有胶结作用的特殊化合物的形成,如硅铁土、坡缕缟石、绿高岭石等类型的含水铁铝硅酸盐,以及无机—有机镁化合物、胡敏酸镁等,其中镁化合物具有重要的意义,这些化合物的形成可能是吸附性胶体化合物的结晶和部分吸收性镁解吸的结果。

3. 关于苏打盐化问题

由于苏打盐土对植物的毒害很大,土壤中含有苏打易促使土壤碱化,并增加土壤改良的复杂性,所以很多国家从事盐渍土改良的研究工作者都非常重视。1965年在匈牙利召开的土壤苏打盐渍化研究座谈会上,专门讨论了苏打盐土的形成和改良。苏联学者从生物地球化学观点,对地表水、地下水、岩层水和土壤中苏打的迁移和积累,苏打盐渍化土壤的形成和分布规律做了不少研究,并编制了“苏联苏打盐渍化分布图”。

关于土壤中苏打形成的主要理论在Ковда(1937, 1946), Kelly(1951), Антипов-Каратаев(1953) Базилевич(1965)等人的著作中作了详细论述,最近有关这一方面的国外文献报道亦较多。土壤中苏打形成的主要途径简要归纳如下:

(1)火成岩和沉积岩风化产物中含有一定量钠,它与空气和水中 CO_2 作用形成苏打,并随地表水和地下水带入土壤,经蒸发作用而浓缩积累在地下水和土壤中。

(2) 生物作用形成苏打, 包括植物残体矿质化后释放出的钠和 CO_2 结合形成苏打, 以及在含有大量有机质和嫌气环境条件下, 硫酸盐 (Na_2SO_4) 通过微生物还原作用形成苏打。

(3) 中性盐类(硫酸钠或氯化钠与重碳酸钙)互相作用的过程中形成苏打(Hilgard反应)。

(4) 碳酸钙中 Ca^{++} 进入土壤吸收性复合体, 代换出的 Na^+ 与 CO_2 结合形成苏打(Гедройц 反应)。

上述途径在土壤中形成苏打, 都是在一定的地质、水文地质、生物气候条件下形成的, 但有的地区可能有一种或几种途径。

Горбунов 从土壤物理化学的角度研究土壤中苏打的形成, 认为主要是中性盐类相互作用的结果。Егоров (1971) 指出, 关于土壤苏打盐渍化的问题并不是完全弄清楚了, 他认为土壤苏打盐渍化和它的消失, 可能与可溶性镁盐 (MgCl_2) 和碳酸钠作用有关, 有些地区土壤中出现镁盐化(白云石化)和碳酸镁的积累, 这可以用来证实这个观点。不少学者肯定微生物在还原条件下, 使硫酸钠还原形成苏打, 但 Егоров 认为这种生物化学反应的中间产物—硫化物, 在季节性的好气条件下, 可以氧化为硫酸, 同时可保证苏打盐渍化土壤的“自身改良”。Bloomfield 指出硫化物在好气条件下氧化形成硫酸, 这是肯定的, 但在干燥情况下, 硫化物氧化的速度是不同的。Mohamed 指出硫化物(黄铁矿等)在自然条件下氧化是很慢的, 这可能与土壤中含大量的盐分妨碍硫化铁的氧化有关。

二、盐渍土的特性

近二十年来, 欧美各国对盐渍土的基本特性的研究报道较多, 广泛开展了土壤溶液的盐类组成变化和迁移规律的研究; 同时研究了阳离子组成、浓度、活度与土壤胶体表面双电层、扩散层中的交换平衡、离子扩散等变化规律及其对植物生长的影响。对钠质盐渍土中的钠离子状况与土壤碱化过程和特性的关系, 以及土壤质地, 盐渍度、 $\text{Ca}:\text{Mg}$ 比、交换性钠比 (ESR)、钠吸附比 (SAR)、碱化度的关系的研究报道亦较多。Fathy 等通过室内试验, 研究 ESP 对土壤渗透率、扩散度和毛管传导度的关系, 认为可以用 $\text{ESP} > 15$ 作为轻质机械组成的钠质土壤碱化的临界值。

Paliwal 等根据交换性钠比 (ESR) 与钠吸附比 (SAR) 的关系, 研究了灌溉水中盐分、SAR、 $\text{Ca}:\text{Mg}$ 比和土壤质地对预报交换性钠百分率 (ESP) 的影响。他们认为, 随着盐分增加, 钠吸附稍有增高; 随着 SAR 增加, 钠吸附增加较多; 随着 $\text{Ca}:\text{Mg}$ 比增加, 钠吸附降低。 $\text{Ca}:\text{Mg}$ 比值低时, 土壤碱度增强, 轻质土壤尤

其如此。ESR 与 SAR 的回归方程, 可因土壤质地和平衡溶液中 $\text{Ca}:\text{Mg}$ 比的不同而异。

有关阴离子对盐渍土特性影响的研究, 文献报道较少, 根据 A. Monem Balba 等研究液相中的阴离子组成对阳离子交换反应的影响, 发现溶液中有 CO_3^{--} 或 OH^- 存在时, 比 Cl^- 或 SO_4^{--} 存在时交换性钠相应增加。有关镁质盐渍土中镁离子和碱化土壤中二氧化硅, 对盐渍土形成和性质的影响的研究也有一些论述。

目前, 在盐渍土特性的理论研究方面, 已较广泛地涉及土壤物理化学、电化学的范畴, 并应用数理推导来进行研究。

1972年在开罗举行的国际盐渍土讨论会, 报道了有关盐渍土的粘土矿物组成和变化, 以及钠、镁等盐类对粘土矿物变化的影响的论文。Raychudhuri 指出, 在印度盐土中主要的粘土矿物是蒙脱石和伊利石。次生矿物的形成和原生矿物的地球化学迁移, 在很大程度上决定于阳离子在风化带的活度, 而长期与含镁的海水接触会使粘土矿物变成蒙脱石。根据 Omar、Kishk、Naga 等的研究, 在尼罗河三角洲上, 盐渍土的粘土矿物以蒙脱石为主, 亦可能有沸石、皂石、绿泥石或绿泥石—蒙脱石的混合物。在过量的盐分和碱性条件下, 能引起粘土矿物的破坏, 释放出较多的游离氧化物, 并导致粘土矿物的结晶程度较差。在碱斑上, 含有大量交换性钠 (44.7%), 无定形 SiO_2 较高 (6.58%), 这种盐碱性的粘土胶结作用, 可能与皂石、沸石和无定形氧化硅等自生矿物的沉淀有关。

三、灌溉水质的研究

对灌溉水质的研究在历届国际土壤学会和有关盐渍土专题会议上都有不少论文报道。各国学者一致认为, 灌溉水质不仅对土壤盐渍化有直接的影响, 而且对作物生长有直接和间接的危害。在干旱和半干旱地区, 对灌溉水质的研究更有重要的意义。

早期较多的学者主要研究灌溉水的含盐量和钠、氯、硼离子含量, 并根据这些指标作为划分灌溉水是否适宜灌溉的依据。近20—30年来, 不少学者对灌溉水质进行了较深入的研究, 提出了各自不同的水质分类标准: (1) Wilcox 水质分类, 主要根据灌溉水含盐量 (EC) 和钠含量百分数来划分; (2) 美国盐土实验室水质分类, 主要根据灌溉水的钠吸附比 (SAR) 和含盐量来划分, 从而可判断土壤盐化和碱化的可能性; (3) Eaton 认为灌溉水中的金属碳酸盐 (游离的 NaHCO_3 和 Na_2CO_3) 对土壤性质的影响很大, 他称这些游离的碳酸盐为残余碳酸钠 (RSC) [$\text{RSC} = (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})$], 当灌溉水中

RSC 高于2.5毫克当量/升时,不适用于灌溉,如用于灌溉,可能引起土壤苏打盐化和碱化。(4) Doneen对灌溉水质的研究作了大量的工作,他认为对灌溉水质的评价和应用,不仅要考虑其总含盐量和钠离子含量,而要考虑 Cl^- 和 SO_4^{2-} 的含量,因 Cl^- 和 SO_4^{2-} 对土壤有产生潜在盐化的可能,同时还要根据土壤的物理性质(渗透性)、盐化和碱化情况以及排水条件等来确定灌溉水质的标准。

在Ayers的文章中综合列出美国几十种大田作物、蔬菜、水果和牧草等,对土壤和灌溉水含盐极限的要求的统计表。

四、土壤次生盐渍化的防治和预测预报

由于灌排和开发利用不当引起土壤次生盐渍化是国外普遍存在的问题。据报道,在美国、苏联、印度、伊拉克、埃及、巴基斯坦等一些国家的灌区中,次生盐渍化土地面积占其总灌溉面积的比例较大,有的高达一半以上(印度、伊拉克等),一些灌溉面积较大的国家,对如何合理灌排改良利用盐碱地和防止土壤次生盐渍化比较重视。苏联农业科学十二年(1968—1980)远景规划中,把研究合理灌溉和防治土壤次生盐渍化的科学理论,列为土壤改良研究的重要项目之一,着重研究灌溉地区地下水状况和土壤水盐运动及水盐平衡的规律,发展调节水盐平衡的理论和淡化地下水的办法。

灌区土壤发生次生盐渍化的主要条件:(1)灌溉水中的可溶盐逐渐在土壤中积累;(2)随着地下水位的抬高,在土壤水分上升运动的过程中,将地下水 and 土壤中的盐分从底层携带到地表,同时,在高水位的情况下,限制自然排水和淋盐作用;(3)灌区内缺少合理的灌排系统或排水效果低。因此,在有自然排水和人工排水的条件下,进行灌溉和冲洗时,必须要控制土壤水盐运动,能经常地保持向下运行,在土壤改良条件较差的灌区,必须采用现代灌水技术,减少地下水和灌溉水对灌区的补给,防止地下水位抬高和盐分在土壤中积累,还必须降低土壤水和地下水的蒸发。

关于灌区土壤水盐运动、水盐平衡和土壤次生盐渍化预测预报的研究,必须是在对复杂的自然条件和人为因素有正确的评价,对土壤盐渍化过程有深刻认识的基础上进行,主要需解决以下几个问题:(1)鉴定土壤和水中可溶盐的主要来源(灌溉水、地下水、地表水和土壤含盐深度等);(2)掌握土壤水盐运动的主要特征(盐分平衡)和分析整个区域的自然条件对土壤水盐状况的影响;(3)预测和确定灌溉和排水对土

壤水盐状况的影响。

在研究灌区土壤盐渍化预测预报时,还需要收集和综合分析土壤发生盐渍化有关的资料。(1)气候的变化,如温度、降雨量、湿度、气压和蒸发;(2)地质、地貌、水文地质、水化学资料,如自然排水状况、地下水位的深度和变化、地下水盐分含量和组成、地下水径流的方向和速度等;(3)土壤方面,如土壤剖面结构、质地、可溶盐含量和组成、代换性阳离子含量和组成、pH等;(4)灌溉实践,如灌水量、灌溉方式、灌水频率和强度、灌溉水含盐量和组成等;(5)农业技术措施,如土地利用状况、耕作制度、作物栽培方式等;(6)人为活动及其它因素等。

关于室内外水盐运动观测所采用的方法有:(1)土壤盐分传感器,主要应用于室内模拟试验和田间的水盐动态观测,同时开始运用到研究植物对水分和营养元素的吸收的模拟试验。(2)电子探针测定土壤盐渍度,系利用地球物理探测上常用的测量电阻的仪器,进行土壤盐分含量及灌溉地段水盐状况的测定。(3)应用同位素示踪测定水盐运动,多用于室内模拟试验。

目前,国外还应用经验公式进行数理推导和流体动力学理论,进行土壤水盐运动规律和水盐平衡计算的研究。开始应用电子计算机技术,进行盐分在土壤原状剖面中的积累和淋溶规律的模拟试验,按照预制数字程序,通过电子计算机计算土壤中盐分贮量和对植物的毒害性。欧美一些国家开始应用航摄和卫星照片判读,研究盐渍土和其它类型土壤的分布规律。离子选择性电极测定土壤水浸液和地下水中各种离子,目前国外已较广泛应用的有氯、铝、钙、钠等电极。

五、盐碱土的改良

由于各国自然条件不同,盐碱土类型各异,其改良的方式和措施繁多,国外采取的措施可概括为三大类,即水利土壤改良(灌排及田间工程),农业技术措施改良(如耕作、轮作、生物改良、耐盐品种的选育和提高作物抗盐性等),化学改良(无机和有机改良剂)等。由于盐碱土形成条件和性质是复杂的,所以各国在研究和应用各项改良措施的同时,都趋向于强调综合措施改良,才能缩短改良过程。现就国外改良盐碱土的主要方法作简单介绍。

1. 水利土壤改良

冲洗、排水是改良盐碱土的重要措施和基本条件,虽然由于各种技术上的缺点,管理不够精细和缺乏经验等原因,有很多失败的先例。但各国的经验仍然肯定排水和冲洗的有效作用,很多国家研究了灌溉水质、

冲洗量、冲洗时间和频率、渠道防渗、排水方式与规格等,并不同程度地运用于生产实践。如近年来改良较好的有巴基斯坦的管井排水措施。西班牙、阿尔及利亚、突尼斯等国以防渗和喷灌为主的措施,美国采用防渗与排水并重的措施都有一定效果。

(1) 冲洗淋盐 对于土壤全剖面含盐量高的盐土,采用排水冲洗方法改良,由于耗水量大,田间工程投资也大,一般仅用于盐荒地的开垦。美国在加利福尼亚州试用间歇淹水法冲洗改良盐土,比连续喷水和漫灌可节约成本2/3。在中、近东和苏联,对于干旱缺水和水源不足地区的盐渍土,采用滴灌或喷灌方法,使作物能随时得到水分,根系周围土壤经常保持湿润,盐分处于稀释状况,并可防止地下水位升高,抑制返盐。据1972年统计,澳大利亚、以色列和英国的滴灌面积达14万亩。在有水源的地区,如埃及、印度、苏联等国家采取排水种稻改良盐土,都取得较好的效果。阿联的经验证明,利用种稻淋洗结合深排水,大部分尼罗河三角洲的盐土基本得到改良,苏联经验种稻淋洗要和深沟(2.5米)及辅以浅沟相结合,沟距20—50米,水稻生长期间,每二、三天灌水一次,取得较好效果。对于渗透性差、盐分重的钠质土,种稻改良是一个好办法,脱盐深度虽小,但当年有收成。

对碱土(或苏打碱土),有些国家用高矿化度水冲洗,利用高矿化水中的钙镁离子代换出土壤复合体中的钠离子,取得成效。据美国试验,用科罗拉多河水(淡水)和海水混合连续冲洗碱土七次,土壤交换性钠含量由40%下降到2—3%,土壤渗透率由0.05厘米/小时提高到0.7厘米/小时,但单用科罗拉多河水则不能提高其渗透性。

朝鲜在滨海盐土上排水冲洗种稻,也取得成效。国外围海造田,以荷兰最为突出,在围海开垦及堵湾开垦的基础上,实行大规模的排水,同时结合深翻、轮作、灌溉冲洗及防渗等措施,可加速围垦效果。

(2) 井排 除明沟排水外,在水文地质条件好的地方管井排水的改良效果也很显著。目前在巴基斯坦、美国、印度、苏联管井排水发展的面积较大,巴基斯坦从1959—1970年,在上印度河平原建管井7654眼,其中瑞赤纳地区于1962年在720万亩土地上建成1976眼井,年总出水量18亿方,运行15个月后,使地下水位下降1.2—1.5米,经过6年基本消除盐渍化和沼泽化。

最近,巴基斯坦在拉合尔设计成功了一种复合管井,能分别抽淡水和咸水,淡水用于灌溉,咸水抽出后排走,一井两用,提高了井的性能,节约建井的投资。

苏联戈洛德草原一些老灌区,由于邻近地区灌溉不良的影响,地下水盐不平衡,分区采取井排措施,以图增加明沟排盐效果,为灌溉冲洗提供条件。

管井排灌适用于在地下水位较高、土壤透水性好,具有一定厚度的含水层,而水质又适用于灌溉的地区。

美国加利福尼亚州塔尔洛克灌区打井180多眼,该灌区数百米的土体内都为水饱和,建井后抽出地下水用于灌溉,排灌结合,每个井控制面积约2.5平方公里,地下水位控制在15米左右,这些井有的又用于回注地下水,形成地下水库,补充灌溉水源。

具有地下承压水而土壤水分又过多的地区,因难于查明水的来源,故排水成为复杂而较难解决的问题。对这类地区,目前采用减压原理排水。美国爱达荷州的屯佛耳斯地区和得克萨斯州的格朗德河谷部分地区,承压水层距地面很近,据称他们采用浅减压井把含水层的水由井引出,通过暗管或明沟排走。科罗拉多州及其邻近各州灌区中泥板岩土地上的排水,主要是采用减压井,布井较密,井距5—6米,井深在排水沟底以下1.8—6.1米左右,2英寸的管径即可。

(3) 暗管排水 为了提高防盐效果,减少明沟养护负担,便于发展机械化和少占土地,当前,欧美国家和日本、埃及等国都采用暗管排水。在防盐地区,已有暗管排水取代明沟排水的趋向。

埃及因灌溉而引起地下水位抬高,严重影响了生产。据1963年统计,暗管排水面积达155万亩,暗管长度达1.2万公里,暗管埋深1.25—1.5米。暗管分二级,末级管径3英寸,埋深1.25米,间距60米;二级管径8英寸,埋深1.5米,间距400米,集水沟为明沟。据报道,苏联今后的排水方法也转向于发展暗管排水,暗管埋深2.5—3.5米。在某些已具备条件的地区,结合井排,逐渐减少田间明沟。

美国需要排水的土地约有9650万公顷,主要是发展深暗管排水,埋深一般约3米,以陶管为主,也采用混凝土管,塑料管应用已日益广泛,有的也用临时性的鼠道暗管。在国外,对大田暗管排水虽然进行了大量的理论研究,其规格目前仍主要靠总结当地经验。

暗管排水措施的发展还取决于机械化施工条件和设备。目前,国外暗管排水工程施工多采用不同型号的暗管埋设机铺管,采用各种挖沟机具掘土。据苏联试验,当沟深为2米时,暗管投资比明沟大一倍,当沟深为3米时,两者的投资大致相同。

2. 农业技术措施

根据不同盐碱土的特性,采取正确的耕作栽培措施,也能加速盐碱土改良过程,为作物生长创造良好条件。耕翻措施一般有深翻、底土深翻、深松土和土层倒置,许多国家都结合深翻进行冲洗或施用化学改良剂,其目的都在于改善土壤的渗透性,提高冲洗淋盐

的效果。

(1) 深耕翻土 在美国, 深耕所指的耕深范围一般是40—150厘米。美国的新墨西哥和得克萨斯州的格朗德河谷等地, 以及土壤剖面中夹有层状不透水层的苏联外伏尔加地区, 进行深耕后, 都获得良好的效果。美国在爱达荷州的苏打盐化土壤上进行深耕改良碱斑的试验, 在深耕90厘米的基础上, 布置了不施石膏、施石膏8吨/英亩和16吨/英亩等三种处理, 结果表明, 头三年内深耕90厘米并加施石膏者改良效果显著, 但至第四年, 深耕不施石膏的土壤也完全得到了改良, 由此说明深耕改良盐碱土的重要性。

苏联哈萨克、伏尔加、南乌克兰等地区的盐土, 在30—40厘米以下常有石膏或碳酸钙的淀积层, 当地采用深耕或分层深耕。将地面含盐多的土壤与下层土混合, 利用下层钙盐, 增加改良土壤的可溶性钙, 可以达到“自身改良”。据报道, 苏联曾设计一种改土用的三层犁, 它的作用是不打乱上层腐殖质层, 而只是地下面的含钙层翻到碱土层内混合, 尤其是深耕到40—50厘米时, 能改善渗透性, 加速脱盐, 用三层犁改良碱土, 在苏联正日益推广。

(2) 泡田搅拌 盐碱土开垦种稻之前, 必须泡田洗盐。近年来, 一些国家研究了不同耕作技术对泡田洗盐的脱盐效果, 如苏联在土质较粘的重盐化碱土上, 泡田前先耕翻, 放水后用圆盘耙或其它机具在水中不断搅拌, 耙田(即所谓“搅拌冲洗”), 使冲洗水与土壤颗粒之间充分相互作用, 增加盐分的溶解与扩散, 然后排出盐碱水。据罗斯托夫州督别佐夫斯基稻改国营农场的试验, 在粘重的盐化碱土上, 泡田时搅拌冲洗比对照脱盐率增加两倍, 灌水量比对照减少一半, 40厘米土层内脱盐量每公顷一吨, 但必须要有良好的排水条件。

另外, 国外也有采用起垄沟灌、躲盐巧种及推迟作物播种期等方法, 如印度旁遮普地区推迟棉花播期, 使棉花结铃期躲过土壤返盐, 不致受纳盐危害。

(3) 轮作与生物改良利用 近年来, 加拿大、阿根廷、美国、苏联等国在地广人稀的地区, 采用各种轮作方式, 一般用不同农作物与某些较耐盐的饲料作物(或绿肥)进行轮作, 有的与水稻轮作, 对加速脱盐, 防止蒸发返盐和提高盐碱土肥力都有重要作用。

在澳大利亚穆伦布里奇灌区, 在无排水情况下, 种植苜蓿, 由于其主根较深, 根系发达, 对降低地下水位, 增加脱盐, 加速改良都有一定效果。据报道, 生产良好的苜蓿地里, 每公顷的蒸发量达10000—18000立方, 比周围棉花地的地下水位低70—100厘米, 从而促进土壤中盐分的淋失。

阿根廷在布宜诺斯艾利斯西部及东南部碱土上, 广泛采用农作物与饲料轮作, 饲料品种有羊茅、高冰

草、白香草木樨等。苏联在有灌溉条件的地区, 采用苜蓿、反曲三叶草等与棉花、小麦轮作, 一般3—4年为一轮作周期。在无灌溉条件下的草原柱状碱土上, 可用草木樨、苏丹草、高粱、巨野麦与其它农作物轮作, 一般经5—7年才能改良好。

匈牙利在盐碱土上种稻的经验证明, 种稻后, 必须种植耐盐的饲草(如意大利黑麦草等)进行轮作, 而决不能休闲, 否则返盐更加严重。

印度在苏打盐土(碱土)上, 雨后播种田菁, 生长快, 不需灌水。播前浸种8—12小时, 可达全苗齐苗。种植一年后, 土壤pH下降, 并改善了土壤的渗透性。

美国在加利福尼亚州采用狗牙根、黑麦草、罗得草、白香草木樨以及三叶草和草木樨等植物混播改良碱土, 取得一定效果。在费雷斯诺苏打碱化土壤上种植狗牙根(二年)、大麦(一年)、苜蓿(四年)及燕麦(一年), 进行轮作试验, 在有灌溉条件下, 土壤表层(30厘米)碱化度由改良前57%下降到1%, 说明生物改碱作用。

朝鲜在不宜种植作物的滨海盐碱地上种植芦苇, 作为纺织工业原料, 一公顷芦苇可生产相当于20公顷棉花的纤维。

目前, 有些国家在滨海盐土上种植一种大米草, 是多年生禾本科盐生植物, 是一种产量高、质量好的牲畜饲料和造纸原料, 在海潮浸渍的海滩上, 当土壤含盐量为1—4%时仍能生长, 英国研究证明, 其耐盐力最高可达7%。1971年美国试验的一种大米草, 在海水中能生长8周。证明大米草在盐碱地上能栽培的适宜范围广, 作为改良盐碱土的先锋植物有很大前途。

此外, 国外对造林作荫蔽带, 减少蒸发, 抑制返盐, 生物排水都给予重视。在苏联中亚地区的观测, 一棵树每年蒸发量是50—90立方, 即相当于每一米长的排水沟通常的集水排水量。值得注意的是沿渠的林带, 在其生长季节能使地下水下降一米以上。

(4) 耐盐品种的选育和提高作物的抗盐性 耐盐性(或抗盐力), 即一种作物对浓度过高的忍受能力。各国科学工作者根据本国具体环境条件和实践, 研究不同品种植物的耐盐能力, 并作出各种作物的耐盐力系统表。1964年, 美国农业部发表了各种作物由于土壤溶液含盐浓度不同, 对作物减产程度的统计表, 包括大田作物、蔬菜、饲料作物、果树等几十种品种, 以及一些作物的耐硼力和耐钠力(交换性钠)的极限统计。其它国家关于作物耐盐力的统计资料, 文献中也有报道。

近年来, 许多国家根据本国的具体条件, 研究选育并引进不少产量高、耐盐较强的作物品种。印度和巴基斯坦在这方面的研究比较突出。印度通过试验选出的耐盐品种有大麦、水稻、甘蔗、小麦等; 巴基斯坦通

过研究认为,墨西哥红粒小麦品种在巴基斯坦的气候条件下更为耐盐。

作物不同品种的耐盐力,与土壤含水量有密切关系,一般讲,随土壤含水量增加,耐盐力也增加,如巴基斯坦通过对小麦、玉米、大麦、豆类、水稻和棉花六种作物共28个品种的发芽试验表明,当土壤含水量仅为田间最大持水量的15%时,即使含盐量小于0.2%,这些作物基本上不发芽,而含水量增至60%,含盐量达0.4%时,大麦、小麦、玉米等作物的五个品种都能达100%的发芽率。水稻有4个品种可以在含水量90%,土壤含盐量为0.4%时,达到100%的发芽率。但认为除水稻外,其它作物品种的相对耐盐力,可在土壤含水量为45%时确定,因水分过多,土壤缺少空气,也会影响种子发芽。

土壤盐类的成份不同,也能影响作物的耐盐力。埃及的研究表明,土壤中的可溶性钠或代换性钠含量低,作物就能抵抗较高的盐分。印度的研究报道,碳酸盐和重碳酸盐对小麦苗期的危害比氯化物和硫酸盐要大。美国一些学者研究了作物对交换性钠的相对忍耐力,把它分为三类:敏感的 $ESP < 15$;半耐性的 ESP 为 $15-40$;耐性的 $ESP > 40$ 。

植物不同生长期的耐盐力也不同。据美国研究,水稻在发芽时很耐盐,但幼苗期对盐分很敏感,到分蘖期它比较耐盐,扬花期再度对盐敏感,而到成熟期很耐盐。另外,盐分对某些作物的营养生长和生殖生长有不同影响,如在盐土上,水稻植株可以长得很高,但稻谷产量较低,而大麦和棉花长得并不高,但麦粒和棉绒产量较高。产量高低的差异,可能与植物开花期对盐分的敏感有关。

在提高植物耐盐性方面,许多国家早已采取播前用盐水浸种的方法,收到一定效果。近年来,有些国家研究用不同有机酸和刺激剂进行浸种,以增强作物的抗盐力。例如印度试验用吡啶乙酸、赤霉素、萘乙酸、吡啶丁酸等浸泡小麦种子,在电导率为12毫姆欧/厘米、吸附性钠为15、含硼为2—4 ppm的盐土上,小麦能正常生长,并能增加幼苗植株的高度和产量,同时确定使用这些刺激剂的浓度不能超过200ppm。

3. 化学改良

使用化学改良剂改良碱土或苏打碱化土壤是国外常用的措施之一,有关这方面的研究报道也较多,特别是欧洲碱化土壤分布面积较大的一些国家,使用石膏的历史较久,对石膏的施用量(包括计算方法)和施用方法(深施、浅施、分层施或随水灌施等)研究较多,改良效果也是肯定的。其他化学改良剂有氯化钙、碳酸

钙、磷石膏、硫酸、硫磺、硫酸亚铁、硫酸铝、磷酸、盐酸和褐煤副产品等。很多国家都根据本国具体条件和经济效益等,因地制宜地充分利用当地矿产资源和工业副产品,如苏联亚美尼亚的许多国营农场,广泛采用绿矾($FeSO_4 \cdot 7H_2O$),还有利用制碱工业的副产品氯化钙,油漆颜料(涂料)工业副产品硫酸亚铁(含量53%),橡胶工业副产品硫酸,粉厂废渣加上酸化的风化煤(其中含有大量胡敏酸)等资源改良苏打盐化碱土和碱土都有明显效果。匈牙利利用褐煤矿副产品(含硫酸铁、少量硫磺、石膏及35%的有机质)和糖厂废渣改良碱土,效果较好。美国在加利福尼亚州费雷斯诺使用石膏、硫酸和硫磺等改良碱土,效果显著。

目前,国外也很注意综合措施改良,苏联、匈牙利等国在国营农场广泛采用化学改良剂、农业生物措施和水利措施相结合改良碱化土壤,产量有显著提高。

罗马尼亚在鲁瑟夫试验站,通过1964—1970年几年的试验,采用土地平整、垂直排水结合暗管排水、无壁犁深翻、合理冲洗、使用土壤改良剂等综合措施,地下水淡化显著,矿化度从8.5—14.26克/升淡化为2克/升左右,0—20厘米土壤含盐量由1%降为0.15—0.45%,pH值和交换钠含量降低。

此外,匈牙利利用石灰石粉与石油工业副产物树脂酸(一种高分子有机物,含硫酸10—40%),制成土壤改良剂改良碱土。据报道,还有用尿素甲醛聚合物或尿素甲醛树脂聚合物,其不仅是一种长效肥,又能使土壤形成团粒结构,对盐土也有改良作用。

4. 电流改良法

近年来,在苏联和美国进行了通电(直流电和高频电流)改良盐碱土的室内和田间试验。苏联用直流电结合翻耕,施石膏和冲洗改良盐碱土的试验表明,冲洗时通直流电,显著改善了土壤结构性与透水性,对粘质的苏打盐土和碱土改良效果明显。最近报道,苏联正进一步研究在直流电场的土壤中产生的物理和物理化学过程,进而阐明电流改良盐土的理论基础。

美国开垦局在蒙大拿州盐化沼泽土上进行电流改良的田间试验,经短期用电流处理后,该地区排出的水中含钠量由1500ppm增加到3700ppm,原来的盐沼荒地,在改土后五十多天即长满了密茂的禾本科草类和草木樨。试验说明,通电流能促进盐化钠质土(苏打盐土)的改良。

虽然用电流改良不能代替传统的改良盐碱土的方法,但要实际应用到农业生产中为时尚早,不过它也是一种改良盐碱土的新途径之一。

(主要参考文献 59 篇从略)