

大农业条件下新疆土壤盐碱化及其调控对策

陈小兵¹, 杨劲松^{1*}, 刘春卿¹, 胡顺军²

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘 要：新疆是我国重要的棉粮基地之一，但长期以来土壤盐碱化与次生盐碱化一直是制约农业发展的关键因素之一。在阐述土壤盐碱化区域分布与特点的基础上，分析了盐碱土发生的自然因素与人为因素，并基于干旱区所特有的生态系统的宏观地带性规律，着重指出了在土地利用布局、渠系利用效率、过量灌溉、排水不足等 4 个方面存在的问题，最后给出了相应的建议。

关键词：盐碱土；地区分布；问题与对策；新疆

中图分类号：S153

新疆具有得天独厚的土地、光热资源，有利于农作物优质高产，生产潜力很大。但是由于水土资源开发利用不当所导致的土壤次生盐碱化问题已成为农业持续发展的主要障碍性因子之一。当前中低产田数量占到耕地总量的 2/3，盐碱化危害是造成耕地质量低下的主要原因。平均每年因土地盐碱化造成的粮食损失达 2~2.5 亿 kg，棉花 0.5 亿 kg。当前，新疆也把改良中低产地、提高单产作为农业生产的主攻方向并已列入议事日程^[1]。土壤次生盐碱化的发生和演变与人类大规模的水土资源开发的方式和生产技术水平有着密切的相关性。因此，加强现代农业技术条件下土壤盐碱化与次生盐碱化的类型、分布、发生机理与演变过程和调控措施的研究对促进当地的农业生产有着积极的理论价值与现实意义。

1 新疆土壤盐碱化概况

耕地盐碱化能导致农业生产力的严重衰退，甚至严重到足以使生产者弃耕，同时盐碱化也是土地退化的主要原因之一^[2]。新疆绿洲灌溉面积仅为 5.87 万 km²，占土地面积的 3.57%，而绿洲与荒漠间的过渡带大都已遭到破坏。约 1/3 的耕地(总面积为 400 万 hm²)发生土壤次生盐碱化，其中，强盐化的占 18%，中等盐化的占 33%，轻度盐化的占 49%。荒漠中盐碱地的面积占到 37%，碱土主要分布于天山北麓的准噶尔南缘的古老冲积扇，碱化的耕地面积约 40 万 hm²，荒漠中碱化的土壤约有 466.7 万 hm²。新疆盐碱化的土壤分布广泛，据 20 世纪 80 年代末对 215.29 万 hm² 的面

积统计 (不包括兵团)，不同程度盐碱化土壤有 71.61 万 hm²，占耕地面积的 33.26%。其中：南疆各地盐碱地面积较北疆各地为多。如喀什地区盐碱化土壤有 23.03 万 hm²，占耕地面积的 58.95%；巴音郭楞自治州盐碱化土壤有 5.67 万 hm²，占耕地面积的 58.82%；北疆的昌吉自治州盐碱化土壤有 8.97 万 hm²，占耕地面积的 30.91%；伊犁地区的盐碱化土壤面积较小，只占耕地面积的 6.58% (表 1)。

表 1 新疆土壤盐碱化行政单元分布 (兵团土地未包括在内)^[3]

Table 1 Distribution of saline-alkaline soil in Xinjiang

地区	耕地面积 (万 hm ²)	耕地盐碱化面积	
		(万 hm ²)	所占比例 (%)
南疆	巴州	9.64	58.82
	阿克苏	31.73	41.32
	克州	4.01	44.89
	喀什	39.07	58.95
	和田	15.88	29.41
北疆	昌吉	29.02	30.91
	阿勒泰	11.03	44.33
	博州	5.59	25.40
	塔城	26.70	14.27
	伊犁	29.80	6.58
东疆	吐鲁番	4.27	25.76
	哈密	4.58	19.21

2 新疆土壤盐碱化特征与区域分布

新疆除山地和沙漠外，在平原地区普遍都有盐碱

①基金项目：国家重点基础研究发展计划项目 (2005CB121108) 和石河子大学新疆兵团绿洲生态农业重点实验室基金项目资助。

* 通讯作者 (jsyang@issas.ac.cn)

作者简介：陈小兵 (1974—)，男，山西人，博士研究生，主要从事农业水土资源管理及环境影响评价。E-mail: xbchen@issas.ac.cn

土的分布 (表 1)。干旱气候和地质历史条件下促使新疆平原地区的盐碱化普遍发展 (表 2)。无论是积盐类型还是盐分组成都极为复杂多样。全疆土壤积盐具有以下几个显著特点: ①土壤盐碱化普遍、积盐程度高、分布面积广; ②盐土的组成复杂, 主要有氯化物、硫酸盐、苏打和硝酸盐; ③盐分的聚集速度快、积累的强度大, 在南疆地区呈现出较强的表聚性; ④积盐时间长, 除现代积盐外, 还大面积的存在残余的盐碱化土壤; ⑤在南疆古老绿洲灌区内部, 低洼地多被作为干

排盐区来处理; 在北疆绿洲灌区, 则多选择易于耕作的低地灌溉, 造成附近微高地的积盐。就积盐类型和强度来说, 南北疆具有巨大的差异, 北疆积盐轻, 以硫酸盐为主; 南疆积盐重, 以氯化物为主, 而且全疆大部分地区盐碱化的土壤都存在不同程度的苏打盐碱化; ⑥受土壤母质普遍含盐和灌区地下水含有不同程度盐碱的影响, 一旦灌排失调, 就很容易引起次生盐碱化, 即使治理好的土地, 也易导致重新返盐。盐碱土所特有的不稳定性 and 易反复性在本区得到了充分体现^[4-7]。

表 2 新疆土壤盐碱化与气候关系

Table 2 Relationship between saline-alkaline soil and climate in Xinjiang

气候条件分区	气候干燥程度			土壤盐碱化程度	宜用地中盐碱土的面积 (%)	表土 (0~30 cm) 含盐量 (g/kg)	
	年平均气温 (°C)	干燥度	蒸降比			一般	最高
伊犁河谷	2.8~8.2	2~4	4~7	很少	1	20.0~30.0	40.0
天山北麓	4.5~7.9	4~8	12~16	较多	5~10	20.0~50.0	100.0
焉耆盆地	7.8~8.9	11	31~39	多	11~15	20.0~100.0	200.0
天山南麓	9.8~11.5	12~13	43~53	很多	50~60	30.0~150.0	300.0
哈密盆地	9.1~9.9	28	81~83	极多	>70	50.0~350.0	450.0

注: 根据罗家雄等人^[6]资料改编。

2.1 东疆地区

由于极端干旱气候和强烈蒸发, 表土大量积盐, 盐土分布面积很大, 约占宜用地的 70%。吐鲁番-哈密盆地的洪积扇上, 土层中分布有石膏盐盘层; 在扇缘以下的地带, 大面积分布着的为典型盐土, 残余盐土和草甸盐土面积不大。土壤中普遍含有苏打, 在残余盐土的盐聚层中并含有硝酸盐。在艾丁湖及其周围, 盐泥及结壳盐土呈广泛分布。

2.2 南疆地区

该区的问题主要表现为平原灌区的土壤次生盐碱化。焉耆盆地的灌区中轻盐碱化以上面积占 44%; 阿克苏河流域灌区的盐碱化面积为 17.7 万 hm^2 , 叶尔羌河流域, 上游灌区盐碱化面积占耕地面积的 45%, 中游灌区盐碱化面积占耕地面积的 80%, 下游灌区盐碱化面积占耕地面积的 95%; 和田河流域在平原灌区近 13.3 万 hm^2 耕地中有 3.3 万 hm^2 盐碱化^[8]。

2.2.1 天山南麓的山前倾斜平原 由策大雅河、迪那河、库车河及台兰河等中小河流形成的山前倾斜平原的扇缘带, 大面积分布着草甸盐土、灌木林盐土和残余盐土; 在秋勒塔格和柯坪山的山前洪积平原上, 则因缺乏常年性河流, 明显的扇缘带的存在, 在细土平原上分布着典型盐土和残余盐土。

2.2.2 阿克苏河三角洲、渭干河三角洲及孔雀河三角

洲地带 阿克苏河三角洲的上、中部, 自然坡降大, 土层透水良好, 且受河水的淡化作用, 土壤积盐较轻; 在河流两侧的较远处, 受河水的淡化作用小, 土层沉积物细, 地下水位高, 土壤积盐增高, 主要分布着草甸盐土。在三角洲的下部, 因处于阿克苏河、叶尔羌河与和田河三河的交汇处, 地下径流缓慢, 渗透系数较小, 地下水位高, 矿化度为 10~20 g/L, 大面积分布着结壳盐土。

渭干河在出山口以前, 较粗的物质在拜城盆地将沉积下来, 故渭干河三角洲内地下水位普遍较高; 一般在槽形地分布着盐化潮土、草甸盐土。在三角洲的外缘则分布着典型盐土、草甸盐土。

孔雀河三角洲的上部, 沉积物较粗, 底土为砾石层, 一般土壤积盐不重; 在三角洲的低洼地及下游地区, 则分布着草甸盐土和典型盐土。

2.2.3 塔里木盆地西缘的冲积平原 该平原主要由喀什三角洲、叶尔羌河三角洲以及一些流量小、流程短的小河形成的干三角洲组成。一般在三角洲、干三角洲的上部, 土壤无盐碱化威胁, 在三角洲的下部及扇缘带, 有不同程度的盐碱化土壤和草甸盐土分布。叶尔羌河和喀什噶尔河流域次生盐碱化面积已占耕地面积的 1/2 以上。位于干三角洲下部的伽师县、岳普湖等地, 大片分布着草甸盐土和残余盐土。

2.3 北疆地区

北疆地区的水土资源优势主要集中在玛纳斯河流域与额尔齐斯河流域。其中玛纳斯河流域已建成大型灌区(包括沙湾县、玛纳斯县和石河子垦区),额尔齐斯河尚处于待开发状态。位于以乌鲁木齐子为核心的天山北坡经济带的石河子垦区在新疆农业的可持续发展中处于举足轻重的地位,该垦区水土资源开发利用程度较高、灌排设施比较完善,特别是近年来膜下滴灌等技术发展很快,在新疆具有较强的代表性。

石河子垦区地处准噶尔盆地南缘的古老冲积平原,母质为含盐的黄土状物质,灌溉后的土壤次生盐碱化发展与防治一直是该区农业发展与环境演变的重要课题。该垦区主要包括安集海、下野地与莫索湾灌区。经过多年以井灌井排的工程措施为主的盐碱土改良实践,区域上的盐碱化在很大程度上已经得到了改良。当前,该区推广的膜下滴灌技术,大大提高了水资源的利用效率,遏止了地下水位的抬升,但该区多不进行淋洗盐分与排盐,故在区域上存在着缓慢积盐。目前,该流域的盐碱土主要分布在玛纳斯河流域的中下游部位,且多表现为碱化^[11-14]。

2.3.1 安集海灌区 该灌区位于巴音沟河下游,是洪积-冲积扇间的洼地,无排水出路,土质含盐极重。至1985年统计,土地总面积有7.79万hm²,耕地面积有3.07万hm²,荒地面积4.72万hm²,盐碱土面积达到83.4%。1985年,142团部地下水位0.4m,经过综合治理后(主要是打井与节水灌溉,进行井灌井排,降低地下水位),到20世纪90年代初期142团部水位下降到4.65m,耕地中的盐分一般被淋洗到耕作层以下,淋洗深度可达40~50cm左右。在节水的基础上,该团的耕地面积基本上没有大的增加,荒地主要用于排泄盐分。

2.3.2 莫索湾灌区 该灌区位于玛纳斯河中下游。147团位于该流域的干三角洲,土质含盐较重。开垦初期次生盐碱化发展,但经过排水渠排水与广种苜蓿等措施,盐碱化趋势已被初步遏制。但以后几经起伏,目前盐碱化仍在发展,全团1.13万hm²耕地中,次生盐碱化土地有4000hm²。该灌区下部邻接沙漠边缘,大部分土质较轻,盐碱化也较少。但经过30年灌溉面积的扩展,在中部以南一线,地下水埋深由20世纪70年代初小于3m上升到90年代的1.95m,土壤盐碱化的面积也随之增大,盐碱化主要表现为由土壤苏打化所造成的结构分散、排水性能变差、土壤容重变大。该地区的例子说明在历史上盐碱化威胁不严重的地区,若一旦灌排不当,就可能发生土壤次生盐碱化。

2.3.3 下野地灌区 位于玛纳斯河下游,向北紧接古尔班通古特沙漠。地形为高平地与低洼地相间,是脱盐碱化区,一般表层脱盐。开垦初期地下水位在10m以下,盐碱化较轻。以121团和122团为代表,在20世纪60年代初苜蓿种植总面积占到20%以上,对改良土壤结构与提高土壤肥力起到了良好的作用。但到70年代末,不再种植苜蓿,位于灌区南端的玛纳斯河没有防渗,渠水大量侧向补给灌区,122团部地下水位已达到5m。在以后的年份由于灌区过量灌溉,至1994年122团部的水位已经抬升到1.5m,处于临界水位状态以上;加之该区地下水含盐量较高,可以预见该灌区存在着发生大面积土壤次生盐碱化的风险。

3 新疆土壤盐碱化成因

干旱的气候条件和土壤母质含盐量高是造成土壤盐碱化的主要因素;次生盐碱化则主要与灌溉的快速扩张、不合理的灌排系统和土地利用不当有关^[9-10]。

3.1 自然因素

3.1.1 气候 新疆四周为高山所环绕,是一个远离海洋的封闭内陆盆地。湿润的海洋气流难以到达,成为我国最为干旱的地区。北疆平原区年平均蒸发能力可达700~1200mm,是年降水量的3~6倍。南疆的年平均蒸发为1000~2000mm,是年降水量的7~20倍。因降水稀少,土壤中盐分受其淋洗作用的影响很小;受强烈蒸发控制,在土壤毛细管的作用下,土壤和地下水中的盐分不断向地表聚集。

3.1.2 地质 新疆是典型的干旱、半干旱地区,风化壳尚处于含盐风化壳阶段,即Si、Fe、Al等的氧化物在风化壳中基本未发生移动,一旦经洪水或经常性地面水作用,则溶解度小的碳酸盐和石膏,首先在山前洪积扇或洪积-冲积平原的上部沉积,而易于溶解的氯化物-硫酸盐类,在洪积扇或洪积-冲积平原中下部积聚。氯化物或硫酸盐-氯化物则在扇缘及扇缘带以下的地区积聚。

在塔里木盆地和准噶尔盆地的周围,广泛分布着含盐和石膏的第三纪地层,增加了土壤中的盐类来源。如塔里木盆地在中生代和第三纪时期形成的莎车和库车两个拗陷区,受到海水多次入侵作用,沉积了深厚的含盐层,并大部分出露地表。在库尔勒以西,从策大雅起的前山地带,含盐层断续出现,绵延千余公里。当降雨或地表水溶解这些含盐层的盐类后,大量盐分随地表水向平原地区运移。如叶尔羌河的支流:突来买提河,枯水期河水矿化度为4g/L,在洪水期河水矿

化度约增至为 8 g/L, 极大地加剧了平原区土壤的积盐过程。

3.1.3 水动力与水文地质条件 在全疆 570 条河流中, 除伊犁河、额尔齐斯河为外流河外, 其余均为内流河, 具有汇流面积相对较小。流向多是由山区流向盆地、分布较密、流程较短以及渗漏严重等特点。各河流出口后依次形成洪积-冲积扇、潜水溢出带和冲积平原。每条内流河在汇集流经区的地面径流的同时, 也将土壤和岩石风化物中的可溶盐类大量带入盆地内, 并在洪积扇扇缘、大河三角洲、干三角洲以及洪积-冲积平原的中下部聚集。尤其在地形平坦、土质颗粒细、地下径流不畅的地方, 渗透系数小, 潜水主要是垂直运移, 潜水通过地面大量蒸发, 促使土壤积盐, 形成盐碱土的大片分布区。近 40 多年来, 由于大规模的在河流上中游引水垦荒, 致使许多河流在中游流量锐减、下游断流, 盐分因此无法运移到原来的尾间湖泊。

3.2 人为因素

因灌溉排水和农业措施不当, 大量地下水位抬高, 大量底土和地下水中的盐分随潜水蒸发积聚到土壤上层和地表而造成的土壤次生盐碱化是本区的显著特征。人为的因素很多, 但大致可主要归结为以下几点。

3.2.1 水土资源不平衡与灌区内部结构不够合理

①流域尺度上水土失衡。近 50 年来, 由于大规模的引水垦荒工程, 使水资源在时空的分布上发生了巨大的改变, 导致了上、中、下游和农牧业用水失衡。由于缺乏流域尺度上的水土资源平衡的统一规划, 中上游开荒、下游撂荒的现象在新疆各个流域成为一个普遍现象; 另一方面, 在耕地灌溉面积快速扩展的同时, 次生盐碱化的面积也在增长。在开垦盐碱荒地过程中, 受土壤盐碱化的严重危害, 损失也是非常巨大的。近 40 多年来全疆累计开垦盐碱荒地有 340 万 hm^2 , 而实际保留面积只有 186.6 万 hm^2 , 其余 153.4 万 hm^2 的土地, 大部分因土壤次生盐碱化发展, 耕种后不久便弃耕。同时, 灌区的发展在很大程度上挤占了天然绿洲的生态用水, 部分天然绿洲沙化, 使得干旱与沙尘天气加剧, 进而影响到人工绿洲生态系统的稳定性。

②绿洲灌区内的内部结构不合理。盐碱土结构性差、毛管作用强、透水透气性差。提高土壤肥力可显著改良其不良性质。实行绿肥还田和增加有机肥的投入是必要的手段。当前农牧业分割依旧严重, 不重视养地作物(豆科牧草、紫花苜蓿)的栽培, 苜蓿种植面积已经由 20 世纪 60 年代占播种面积的 18% 下降到目前 5% 左右; 重视化肥, 轻视有机肥培肥地力的作用, 使灌区土壤肥力长期徘徊在低水平。受经济利益的驱动,

作物种植结构缺乏大农业整体发展的考虑。当前许多宜棉区棉花种植面积已达 50%, 甚至超过 70%, 且进行连作, 一方面削弱了地力, 另一方面, 又易引发病虫害, 不能实现持续高产。

3.2.2 平原水库蒸发、渗漏严重 全疆已建成平原水库 472 座, 库容 67 亿 m^3 。水库的渗漏是造成灌区次生盐碱化的重要因素。如大泉沟和蘑菇湖水库, 从库区蓄水起, 周围地下水位升高到 0.5 ~ 1.0 m, 土壤因为强烈积盐而弃耕。一般在水库前下方, 影响范围为 1400 ~ 2000 m, 在水库的两侧小于 1000 m。

3.2.3 渠系利用系数尚待提高 新疆灌区渠道渗漏都很严重, 在无特殊防渗情况下, 一般渠系有效利用系数为 0.3 左右。当前新疆各地渠道均已不同程度地进行了防渗, 渠系有效利用系数已提高到 0.4 ~ 0.5 之间, 仍约有一半以上的水量随渠道输水时渗入地下, 其中一部分再随蒸发将盐碱带到地面。从渠道两旁可以看出明显的返盐现象, 严重影响作物生长。一般渠道渗漏对两侧的影响范围大致为: 总干渠为 500 ~ 1500 m, 干渠为 100 ~ 200 m, 支渠为 50 ~ 150 m, 斗渠约为 50 ~ 100 m。

3.2.4 田间灌溉过量与排水不足问题 在严重的干旱气候的自然条件下, 新疆的灌溉水利, 既不是一种补充性灌溉, 也不是简单地对作物进行单纯施水的灌溉工作, 而是较复杂的水利土壤改良工作。农田灌溉是农业生产的根本措施, 但不合理灌溉又导致土壤盐碱化的发生, 限制了农业生产的发展。

在不少灌区, 特别是在地方灌区, 农业耕作粗放、土地不平整、水利工程不配套, 一般除农作物生育期灌水外, 常常还利用洪水和夏季高温期进行伏泡压盐和进行秋冬季储水灌溉, 灌水定额高达 15000 ~ 22500 m^3/hm^2 , 产生过量的深层渗漏, 抬高地下水位至临界水位, 导致了土壤次生盐碱化的大面积发生^[15]。并且长期的大水灌溉压盐的方式也加剧了土壤碱化和肥力下降的过程。

通过滴灌等先进的灌溉技术减小灌溉定额和井灌井排来降低地下水位是防止土壤次生盐碱化的有效途径。近 10 多年来, 井灌井排与节水灌溉新技术在石河子等垦区蓬勃推广, 有效地推进了盐碱化治理^[12]。当前的滴灌棉田仅在生育期灌水 3500 ~ 4200 m^3/hm^2 。随着节水灌溉技术的推广与地下水位的降低, 部分灌区原有的排水渠疏于维护甚至废弃。在这种情况下, 灌区处于逐渐积盐进程。根据调查, 在滴灌发展早的团场, 一些耕地的地表 0.7 ~ 1.0 m 以下处已经发现盐分含量的显著升高。而且, 随着农渠被废弃, 传统的冬灌无法进行, 害虫在近年有明显增多, 相应地, 控制

害虫的成本增加为原来的2~3倍。

3.2.5 产权不明晰、水价偏低和政府干预不足问题

水权不明晰使得农业用水大量挤占生态用水,造成环境恶化。灌溉水价与成本严重背离,全疆平均灌溉水价仅达到1997年成本水价的70%,南疆个别地区只达到成本水价的30%,甚至按亩收费的现象还普遍存在,在很大程度上纵容了过量灌溉,也使得通过“节水控盐”的思路无法实现。许多流域的部门(兵团与地方)之间、上中下游之间没有水量分配方案,即使有也不尽合理,在水资源分配方面存在的矛盾较为突出,兵团灌区的节水意识与实施节水灌溉的面积都远高于地方^[16]。

3.3 新疆盐碱化耕地趋势预测

盐碱土形成是自然因素和人为因素综合作用的结果。形成盐碱土的自然因素是很难改变的,这就决定了要把所有的盐碱土改良几乎是不可能的。但在遵循自然规律的基础上,对形成盐碱土的人为因素进行调控,部分盐碱土完全是可以改良好的。盐碱土的发展趋势主要取决于区域水土资源开发等人类活动,而水土资源的开发则受制于国家宏观经济政策与经济利益的驱动,图1是近30年来新疆盐碱化耕地的动态。根据最新调查,在巴楚、阿图什、精河等县市盐碱土面积呈递减趋势;在和田绿洲、喀什绿洲垦区、玛纳斯、石河子绿洲盐碱化显示出增加的趋势,但全疆范围内盐碱土面积上升的趋势很明显。从对灌区水盐动态变化分析来看,目前达到稳定脱盐的是局部,持续积盐的也是局部,绝大部分地区是脱盐不稳定或脱盐积盐反复进行,耕地土壤盐碱化潜在威胁仍很大^[17]。

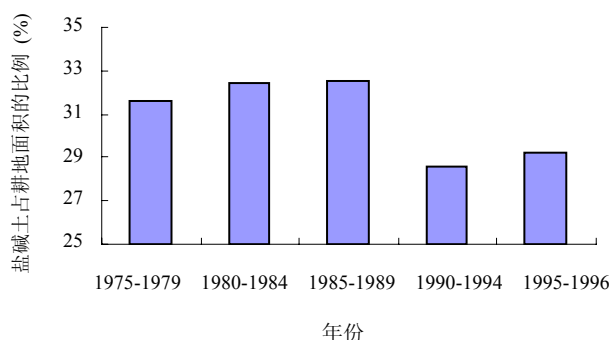


图1 新疆耕地盐碱土发展动态

Fig. 1 Trend of soil salinization in Xinjiang

4 新疆土壤盐碱化的调控对策

4.1 以流域为单元优化水土资源利用布局,强化生物治理措施

农业-水资源-环境系统是客观存在的不可分割的

整体,是一种自然-人工复合系统,农业的发展必然受到区域自然地理、水资源与环境条件的制约。在流域尺度上,陆地地域可依地貌类型、自然和人工植被,划分为山地、人工绿洲、自然绿洲和荒漠等类型。新疆是一个典型的荒漠-绿洲生态系统,必须注重对自然绿洲生态系统的维护与注重绿洲灌区内部结构的优化^[18-19]。有限的水资源及其时空分布的不均匀性是灌溉农业发展和生态环境保护的关键因子。今后的流域水资源规划要以区域水盐平衡为依据,对水土资源进行综合平衡,合理安排地表水和地下水的开发利用,建立流域完整的排水、排盐系统,贯彻上下游兼顾,既要考虑农田用水、又要兼顾林牧业和生态用水的指导思想。在现有生产技术条件下,严禁垦荒,耕地的面积宜稳定在400万 hm^2 ,应把改良低产田、提高现有耕地的生产潜力作为主要突破口,节水灌溉余出来的水应留给生态用水^[20]。绿洲-荒漠过渡带不仅是绿洲外围的生态屏障,还适合于发展人工饲草基地,实现农牧结合,作为平原畜牧业基地^[18, 21-22]。

在新疆705.9万 hm^2 绿洲农田中,经常保留有沙漠、农田防护林、夹荒地、弃耕地、沼泽等多样性,可供发展农区畜牧业辅助放牧之用。因此,绿洲灌区土地的利用必须予以优化,具体可归结为农、林、牧、草混合农业体系以及种植制度结构的优化。推行草田轮作既可有效地培肥土壤,也可发展为灌区畜牧业提供原料。由盐碱化引起退化的土地(弃耕地),可以先引种耐干旱、耐盐碱的绿肥先锋作物,再过渡到草田轮作,因地制宜地发展粮肥间作。对盐碱化严重的土地,可以种植经济价值较高的耐盐植物如大米草、碱茅草等。生物治理措施在易次生盐碱化地区决不是一时的权宜之计,而应该作为一项长期的战略来坚定不移地有计划地在水资源合理利用的基础上逐步推进和实施^[11, 18]。对碱化程度较高的土地在化学改良的基础上,进行生物改良。

4.2 加强农田水利基本建设,建立节水农业体系

4.2.1 提高灌区储水与输水环节的效率 对平原水库引起的地下水位抬升,可在坝外开挖必要的排水沟,并植树造林。从长远看,随着各地水源地的建设,并大量开采地下水后,灌区及其临界平原水库的地下水位都会降低,次生盐碱化的程度也将降低。并且随着山区水库的建设,平原水库也将逐渐废弃。

渠道防渗可以有效提高水资源利用效率,防止地下水位的上升,是防止土壤次生盐碱化的治本手段。当前的渠道防渗率还不到总长的1/3,提高的潜力还很大。通过渠道防渗和发展管道输水技术,将渠系水利利用系数提高到0.65是完全有可能实现的。

4.2.2 灌排结合,完善节水灌溉技术 排水不仅是改良与利用新垦盐碱地的先决条件,也是防止灌区土壤次生盐碱化的基本条件。根据各区的水文地质条件,不同的灌区可具体选择明排、暗管排水与竖井排水模式。

田间灌溉是节水的关键环节,但田间用水效率是否能无限提高?在干旱区,灌溉水一般都含有较高的盐分,长期灌溉所引入的盐分也是可观的,在没有排水的条件下,盐分主要累积在土壤 1 m 剖面内。全生育期的滴灌只能将盐分淋洗至作物主要根系层以下(地表 40~50 cm 下)。随着灌溉时间的延续,积累的盐分就在地表某一深度越积越多。因此,通过滴灌来调节盐分在剖面上的分布,从而为作物创造一个良好的生长环境的难度越来越大,有可能在某一天造成“爆发性积盐”。虽然在本区的节水灌区该现象尚无发生,但同类地区的教训不可不引起高度重视。以色列伊兹里勒平原就是在运用滴灌技术不断提高水资源的效率后,发生了大规模的盐碱化^[23]。世界各国的灌溉史业已证明:要使灌溉获得成功,就必须进行排水^[24-25]。根据国内外干旱区的经验,为了维持土壤的水盐平衡,必须考虑将 15%~20% 左右的灌溉水量用于土壤洗盐排水,4~6 年一个轮回对所控制的灌区进行压盐和洗盐^[26],对荒地、弃耕地选择种植适合的耐盐植物,为作物的生长创造一个良好的环境^[27]。新疆河流一般都有较高的含盐量,因此必须更注意排水问题。以水盐平衡的理论为指导,在计算机水盐运移仿真模型的支持下,根据不同地区的土壤条件、水文地质条件和作物耐盐情况,确定科学的节水条件下的灌溉制度(包括淋洗定额和频率)和调整排水设施,是当前面临的重要课题。

4.2 加强基础研究,积极引进和研制盐碱土评估和预测模型

电磁感应土壤盐分测量技术(EM-38)与地理信息系统支持下的制图技术,在国外已广泛用于田间调查和盐碱土评估与管理研究,在国内一些地方也得到初步应用^[28-30]。但在本区,这些先进技术的应用基本还是空白。新疆灌区绿洲地势平坦、面积辽阔,比较适合也非常需要能快速确定盐碱土壤盐分空间分布状况与盐分来源、进行土壤盐碱程度判定及趋势评估的电磁感应技术。

加强水盐运动的过程与机理研究,特别是覆膜滴灌点源入渗的水盐运动研究还不充分,基础理论研究的不足给应用研究的深入带来不利影响,导致一些工

作仍局限于黑箱式研究,以致研究结果趋于表面化和一般化,无法对生产实践提供有效的指导^[31]。

5 结语

土壤盐碱化与次生盐碱化是长期困扰新疆灌溉农业发展与生态环境保护的关键问题,其改良与治理是一个复杂的系统工程,需要决策者、科学家和生产者共同协作努力,才有可能得到较好的解决。

参考文献:

- [1] 张丽霞. 新疆启动盐碱地改良利用发展规划: 全面治理盐碱地. 新疆经济报, 2005-07-04. http://www.xj.xinhuanet.com/2005-07/04/content_4564688.htm
- [2] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 黎立群. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993
- [3] 冯兆昆, 马光明. 新疆土地资源开发利用战略. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992
- [4] 文振旺主编. 新疆土壤地理. 北京: 科学出版社, 1965
- [5] 姜献德主编. 新疆灌溉. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1993
- [6] 罗家雄主编. 新疆垦区盐碱地改良. 北京: 水利电力出版社, 1985
- [7] 汪林, 甘泓, 于福亮. 西北地区盐碱土及其开发利用中存在问题对策. 水利学报, 2001, (6): 91-95
- [8] 李平, 赵鸿斌, 田原, 何长德. 塔里木河流域土地盐碱化改良与竖井排灌工程. 地质灾害与环境保护, 2002, 13 (2): 58-62
- [9] Wei YP, Chen DL, Davidson B, White RE. Bio-economic strategy to combat non-point pollution in China. Pedosphere, 2005, 15 (2): 156-163
- [10] 王启基, 王文颖, 王发刚, 李晓明, 杨惠青. 柴达木盆地弃耕地成因及其土壤盐渍地球化学特征. 土壤学报, 2004, 41 (1): 44-49
- [11] 王周琼, 李述刚, 程心俊. 有机与无机复合和荒漠化防治. 北京: 科学出版社, 2003
- [12] 赖先齐, 刘建国, 张凤华, 潘永胜, 吕新, 李鲁华, 朱建军. 玛纳斯河流域绿洲农业弃耕地生态重建的研究. 石河子大学学报(自然科学版), 2004, 22 (1): 27-31
- [13] 袁国映, 屈喜乐, 李竟生. 中国新疆玛纳斯河流域农业生态环境资源保护与合理利用研究. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995
- [14] 李述刚, 王周琼. 荒漠碱土. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1988
- [15] 何文勤, 章曙明. 合理开发利用新疆水资源发展绿洲生态农业. 干旱区地理, 2001, 24 (1): 42-46
- [16] 邓铭江. 内陆干旱区农业灌排保障体系的框架结构. 2005-08-18. <http://www.cws.net.cn/zt/2005cast>
- [17] 樊自立, 马英杰, 马映军. 中国西部地区耕地土壤盐碱化评估及发展趋势预测. 干旱区地理, 2002, 25 (2): 97-102

- [18] 李述刚, 程心俊, 王周琼. 干旱区绿洲农业可持续发展战略. 干旱区研究, 1997, 14 (2): 1-5
- [19] Bao HJ, Wu YZ, Wu CF, Xu BG. Planning and design for eco-sustainable farmland consolidation. *Pedosphere*, 2005, 15 (3): 327-333
- [20] 山仑. 我国节水农业现状与展望. 2005-08-21. <http://www.cae.cn/expadv/content.jsp?id=2130>
- [21] 骆世明. 农业生态学. 北京: 中国农业出版社, 2000: 276-278
- [22] 中国科学院学部. 新疆农业与生态环境可持续发展的几个问题. 2005-05-09. <http://www.casad.ac.cn/2005-5/20055990944.htm>
- [23] Basin A, Fish A. Secondary desertification due to salinization of intensively irrigated lands: The israeli experience. *Environment monitoring and Assessment*, Printed in the Netherlands, 1995, (37): 17-37
- [24] 张蔚榛, 张瑜芳. 对灌区水盐平衡和控制土壤盐碱化的一些认识. 中国农村水利水电, 2003, (8): 13-18
- [25] 王伦平, 陈亚新, 曾国芳. 内蒙古河套灌区灌溉排水与盐碱化防治. 北京: 水利电力出版社, 1993
- [26] 邓铭江. 发展新疆农业节水的总体思路. 2003-11-15. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/newsdisplay.asp?Id=84406>
- [27] 陈阳, 王贺, 张福锁. 盐渍生境下野生琵琶柴盐分分布及泌盐特点. 土壤学报, 2004, 41(5): 774-779
- [28] Mckenzie RC, George RJ, Woods SA, Cannon ME, Bennett DL. Use of electromagnetic-induction meter (EM-38) as a tool in managing salinization. *Hydrogeology Journal*, 1997, 5 (1): 37-50
- [29] 刘广明, 杨劲松, 鞠茂森, 聂杰. 电磁感应土地测量技术及其在农业领域的应用. 土壤, 2003, 35 (1): 27-29
- [30] 杨玉建, 杨劲松. 土壤水盐运动的时空模式化研究. 土壤, 2004, 36 (3): 283-288
- [31] 吕殿青, 王全九, 王文焰. 滴灌条件下土壤水盐运移特性的研究现状. 水科学进展, 2001, 12 (1): 107-112

Soil Salinization Under Integrated Agriculture and Its Countermeasures in Xinjiang

CHEN Xiao-bing¹, YANG Jing-song¹, LIU Chun-qing¹, HU Shun-jun²

(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;*

2 *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Urumqi 830011, China*)

Abstract: Xinjiang is one of the main regions that produce cotton and foodstuff in the country and its agriculture has been markedly affected by soil salinization for a long time. On the basis of the regional distribution and characteristic presented, natural and human factors influencing development of soil salinization were analyzed. It was pointed out that there exist four main problems with the development of salinized soil: geographical layout of land use, low efficiency of the canal systems, excessive irrigation, and lack of drainage planning. Corresponding countermeasures were proposed.

Key words: Salinized soil, Regional distribution, Problems and countermeasures, Xinjiang