



干旱区滴灌棉花

土壤水、盐、养分运移与调控

GANHANQU DIGUANMIANHUA TURANG SHUI YAN YANGFEN YUNYI YU TIAOKONG

● 主编 侯振安 龚江 ● 副主编 谢海霞



西北农林科技大学出版社

干旱区滴灌棉花土壤 水、盐、养分运移与调控

主 编 侯振安 龚 江

副主编 谢海霞

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

干旱区滴灌棉花土壤水、盐、养分运移与调控 / 侯振安, 龚江主编. —杨凌:
西北农林科技大学出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-81092-819-9

I. ①干… II. ①侯… ②龚… III. ①干旱区—滴灌—棉田—土壤盐渍度—
土壤水—调控 IV. ①S153. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 110239 号

干旱区滴灌棉花土壤水、盐、养分运移与调控

侯振安 龚 江 主 编

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029-87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	陕西杨凌森奥印务有限公司	
版 次	2013 年 5 月第 1 版	
印 次	2013 年 5 月第 1 次	
开 本	787 mm×1092 mm	1/16
印 张	10.75	
字 数	223 千字	

ISBN 978-7-81092-819-9

定价: 26.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

内容简介

本书从新疆膜下滴灌棉花土壤水、盐运移与调控研究出发,通过多年的模拟试验、田间试验和大田调查,系统、全面地介绍膜下滴灌棉花土壤盐渍化发生演化机制、土壤水、盐运移规律,土壤水、盐运移对棉花根系、产量和养分吸收的影响,棉花水、肥、盐调控技术。本书共分5章,主要内容包括概述部分、滴灌农田土壤盐渍化发生演化机制、膜下滴灌农田土壤水盐动态和运移规律、滴灌条件下土壤水盐对棉花生长的影响、滴灌条件下棉田的水、养分管理。本书是国家“973”科研项目“荒漠—绿洲复合体农田生态系统盐碱发生及水盐运移规律”的研究成果。

编 委 会

主 编：

侯振安 (石河子大学)

龚 江 (石河子大学)

副主编：

谢海霞 (石河子大学)

编 者：

刘丽娜 (新疆石河子师范学校)

何 帅 (新疆农垦科学院)

吕 宁 (新疆农垦科学院)

前 言

新疆地处西北干旱地区,年平均降水量稀少,而平均蒸发量很大,蒸降比达10:1,甚至更高,因此灌溉是新疆作物获得水分和吸收养分的必要方式。这样大的蒸降比如果灌溉不当,很容易导致土壤的次生盐渍化。新疆水资源短缺、盐渍土分布面积大,这是新疆农业生产的限制因素,因地制宜地推广与运用膜下滴灌措施十分有必要。膜下滴灌减少了无效的耗水,具有较好的节水效果,同时减少蒸发,避免了地下水位抬高所引起地表大量积盐问题,可有效防止土壤次生盐渍化的发生,因此棉花膜下滴灌种植面积不断扩大。随着滴灌面积扩大和年限延长,由于滴灌带来的土壤次生盐渍化问题越来越引起人们的重视。新疆已成为我国最重要的棉花生产基地,多年来,棉花单产和总产居于全国首位,而新疆棉花的高产、稳产和可持续性直接影响全国棉花产业的稳定发展。因此,对滴灌棉花土壤水盐运移规律的研究,对于干旱区棉花高效、稳定、可持续生产具有重要意义。

本书从膜下滴灌棉花土壤水、盐运移与调控研究出发,系统、全面地介绍了新疆棉区膜下滴灌情况下土壤盐渍化发生演化机制、土壤水盐运移规律,土壤水盐运移对棉花根系、产量和养分吸收的影响,棉花的水、肥、盐调控技术。本书是国家“973”科研项目“荒漠—绿洲复合体农田生态系统盐碱发生及水盐运移规律”的研究成果,通过多年的模拟试验、田间试验和大田调查,对新疆尤其是北疆棉区土壤盐渍化发生演化机制、土壤水盐运移规律做了大量工作,同时对盐土和咸水灌溉下棉花的生长进行了详细研究,包括根系、地上部的生长和产量,研究养分、盐离子吸收的影响,并对水肥调控技术进行阐述,这是本书的主要特色。

本书各章节编写分工如下:第一、第二章由谢海霞讲师编写;第三章第一、第二和第四节由龚江讲师编写,第三节由侯振安教授、龚江讲师编写;第四章第一、第二节由侯振安教授、龚江讲师编写,第三节由龚江讲师、刘丽娜老师编写;第五章第一节至第五节由龚江讲师编写,第六节由谢海霞讲师编写。全书由侯振安教授、龚江讲师统稿、修改和定稿。

由于我们的知识水平和能力有限,经验不足,时间仓促,本书难免有疏漏和不足之处,恳请各位同行专家和读者批评指正。

编 者

2013年3月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 土壤盐渍化问题及新疆土壤盐渍化情况	(1)
第二节 膜下滴灌技术在盐渍化农田中的应用	(11)
第二章 滴灌农田土壤盐渍化发生演化机制	(16)
第一节 地下水与滴灌农田盐分的关系	(17)
第二节 灌溉量对棉田土壤盐分的影响	(21)
第三节 灌溉水质对棉田土壤盐分的影响	(24)
第三章 膜下滴灌农田土壤水盐动态和运移规律	(31)
第一节 膜下滴灌土壤盐分的积累与分布规律	(32)
第二节 不同灌溉方式下土壤水盐的分布	(38)
第三节 不同膜下滴灌方式土壤水盐的分布	(42)
第四节 不同膜下滴灌年限棉田土壤水盐运移规律研究	(56)
第四章 滴灌条件下土壤盐分对棉花生长的影响	(68)
第一节 滴灌条件下土壤盐分对棉花根系的影响	(69)
第二节 滴灌条件下土壤盐分对棉花生长和产量的影响	(79)
第三节 滴灌条件下土壤盐分对棉花养分和离子吸收的影响	(90)
第五章 滴灌条件下棉田土壤的水分、养分管理	(105)
第一节 膜下滴灌棉花水分管理	(105)
第二节 长期定位施肥对棉花生长的影响	(109)
第三节 膜下滴灌棉花水、氮耦合效应研究	(114)
第四节 膜下滴灌棉花水、氮、密度耦合效应研究	(129)
第五节 膜下滴灌棉花氮、磷、钾耦合效应研究	(132)
第六节 膜下滴灌棉田土壤硼素施肥管理研究	(137)
参考文献	(149)

第一章 概 述

水资源缺乏和土壤盐渍化是世界性的问题,无论对农业生产还是生态环境都是威胁。土壤盐分是全球半湿润、半干旱和干旱区灌溉农业发展的重要限制因子。全世界盐碱地面积约 9.54 亿 hm^2 ,大部分分布在半干旱地区和干旱地区,由于水资源的不合理开发和利用而造成土壤盐渍化日益加剧。我国有各类盐渍化土壤面积约 3 693.3 万 hm^2 ,残余盐渍化土壤约 4 486.7 万 hm^2 ,潜在盐渍化土壤为 1 733.3 万 hm^2 ,总计 9 913.3 万 hm^2 ,并且每年盐碱化和次生盐碱化都在不断加重,使农业生产的可持续发展受到威胁,因此,有效开发和利用盐碱土,对农业发展、粮食安全、生态环境等都有重要意义。

第一节 土壤盐渍化问题及新疆土壤盐渍化情况

盐碱土是地球陆地上分布广泛的一种土壤类型,目前除南极洲外,全世界五大洲一百多个国家和地区都有盐碱土的分布,并且有逐年扩大的趋势。随着人口、粮食、土地、能源和生态环境矛盾的加剧,对盐碱土地的开发及防止次生盐碱的问题已经成为一个世界性、世纪性,关乎可持续发展的大问题。全世界五大洲 100 多个国家和地区有各种类型盐碱土面积 9.54 亿 hm^2 ,约占全球陆地总面积的 1/4。

盐碱土不仅在世界上而且在我国也是一个重要的土地资源。我国的盐碱土广泛分布在长江以北的辽阔内陆地区,以及辽东半岛、渤海湾和苏北滨海狭长地带,浙江、福建、广东等沿海,台湾和海南诸岛的沿岸也有零星分布。在长江以北的内陆地区中,盐碱土主要分布在淮河以北、西北地区和青藏高原等内陆干旱和半干旱的河流冲积平原、盆地、湖泊沼泽地区,如宁夏银川平原,河西走廊,新疆的各河流沿岸的阶地、山前平原和吐鲁番盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地、哈密倾斜平原以及青藏高原的柴达木盆地和湟水流域,西藏雅鲁藏布江流域,东北的松嫩平原等。其中已开垦的有 0.07 亿 hm^2 ,还有 0.2 亿 hm^2 盐荒地等待开垦利用。除此,在许多良田中,由于灌溉方法不当,还造成大面积的次生盐碱化土壤,全国约有 0.07 亿 hm^2 ,约占耕地面积的 10%。盐碱土多分布在平原地区,地形平坦,土层深厚,一般都有较丰富的地下水源,对发展农业生产,尤其对于农业机械化、水利化极为有利,

是一类生产潜力很大的土壤资源。如能尽快开发利用,对扩大耕地面积,发展农业生产,提高人民生活水平具有重大作用,特别是对人口众多、耕地资源缺乏的我国更有深远意义。

一、盐碱土概念

盐碱土是在各种自然环境因素和人为活动因素综合作用下,盐类直接参与土壤形成过程,并以盐化、碱化过程为主导作用而形成的,具有盐化层或碱化层,土壤中含有大量可溶盐类,从而抑制作物正常生长的土壤。

国内外常把盐碱土或盐渍土作为各种盐土和碱土,以及其他不同程度盐化和碱化土壤系列的泛称。但盐化、碱化土壤仅处于盐分与碱性钠盐量的积累阶段,还未达到质的标准,只能分别归属于其他土类下的盐化或碱化亚类。因此,盐碱土纲不包括盐化与碱化土壤。

盐碱土或盐渍土可分为两种类型:一是可溶盐类的大量累积达到一定浓度称盐土,二是在水解作用下呈碱性的钠盐,主要是碳酸氢钠、碳酸钠和硅酸钠等影响下,使钠离子在交换性复合体中达到一定数量后,土壤性质变劣,则形成碱土。

二、盐碱土分类

盐碱土的分类方法有多种,现简单介绍各种分类方法。

(一)根据土壤盐分组成划分盐碱土类型

一般按氯离子和硫酸根的当量比例,分为氯化物、硫酸盐-氯化物,氯化物-硫酸盐,硫酸盐盐碱化类;按阳离子当量划分,分为钠、镁-钠、钙-钠、钙-镁盐碱化类型,见表 1-1。

表 1-1 土壤盐碱化类型划分标准

$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$	盐碱化类型	$\text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+} / \text{Ca}^{2+}$	盐碱化类型
当量比		当量比	当量比	
>2	氯化物	>2	—	钠
$1\sim2$	硫酸盐-氯化物	$1\sim2$	>1	镁-钠
$0.2\sim1$	氯化物-硫酸盐	$1\sim2$	<1	钙-钠
<0.2	硫酸盐	<1	>1	钙-镁

(二) 按一定土层深度(一般 0~30 cm)平均含盐量划分

将土壤划分为非盐化、轻度盐化、中度盐化、强度盐化、盐土等级,土壤盐、碱化程度分级标准如表 1-2、表 1-3。

表 1-2 土壤盐化程度分级标准

盐化系列 及适用地区	土壤含盐量(g/kg)					盐碱类型
	非盐化	轻度	中度	强度	盐土	
滨海,半湿润、半干旱、干旱区	< 1	1~2	2~4	4~6(10)	> 6(10)	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}, \text{Cl}^-$, $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^-$
半荒漠及荒漠区	< 2	2~3(4)	3~5(6)	5(6)~ 10(20)	>10(20)	$\text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}, \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^-$

表 1-3 土壤碱化程度分级指标

碱化程度	非碱化	弱碱化	碱化	强碱化	碱土
钠饱和度(%)	< 5.0	5.0~10.0	10.0~15.0	15.0~20.0	> 20.0

(三) 按土壤发生学分类划分盐碱土类型

土壤发生学分类体系中依据主要成土过程积盐过程和碱化过程,把盐碱土纲划为盐土和碱土两个独立亚纲。其中,盐土又分为草甸盐土、漠境盐土、滨海盐土、酸性硫酸盐盐土和寒原盐土五个土类;碱土亚纲只有碱土土类。

三、盐碱土对农作物的危害

盐分对作物的毒害,总是与盐分总浓度(全盐量)有密切的关系,较多的可溶性盐,不仅直接影响作物生长发育,而且派生出许多不良土壤性状,间接影响作物的生长发育,除了盐分全盐量外,单种盐类比混合盐类毒性更大。各种有害盐类对作物危害程度顺序如下:

$\text{Na}^2\text{CO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4$,按阴离子顺序排列 $\text{CO}_3^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$

因此,考虑作物遭受盐害时,既要考虑盐分的总浓度(含盐量%),也要考虑盐类的主要离子或特殊离子。应该注意,在盐分浓度高的情况下,不论其离子比例如何,都会对作物产生毒害的作用。作物遭受盐害的共同特征是:植物生长缓慢,形成叶片少而小的矮化植株(一些喜盐植物除外),这种发育不良的叶片与正常叶片相比一般呈暗绿色,有些植物的叶片表面蜡质层显著加厚。

(一) 盐碱土对作物直接危害

1. 影响作物吸收水分

作物根系从土壤中吸收水分时,根毛细胞渗透压一定要高于土壤溶液的渗透压。一般作物渗透压为 15 个大气压,当土壤含盐过多,土壤溶液浓度增高,若超过 15 个大气压,作物根系不能从土壤中吸收水分。相反,作物本身水分会倒渗入土壤,产生生理脱水,轻者作物生长发育不良,重者枯萎死亡。

2. 影响作物对养分吸收利用

土壤盐分过多,作物根系选择性吸收能力相应降低,一些非营养离子随蒸腾到达作物地上器官和组织,使作物体内非营养物质饱和,就会造成营养缺失。如:作物吸收钠过多,就抑制了对钙和钾的吸收;土壤中硫酸根浓度过高,会使作物出现缺钙;土壤中高浓度的钾离子,会影响作物对铁、镁的吸收。而且盐分过多,对于多种农作物的正常代谢活动产生严重干扰,使蛋白质的分解大于合成,体内会积累游离的氨基酸,并使原来呈结合的氨基酸析离为腐胺和尸胺。尸胺本身就是很强的有毒物质,能引起植物中毒。腐胺能与脱羧酸、二胺氧化酶的辅酶转氨酶相结合,从而抑制蛋白质的合成。由于蛋白质的合成减少,叶绿体的机能结构解体,叶绿素受到破坏,气孔失去膨压,经常关闭,光合作用大大降低,其结果使作物生长缓慢,甚至死亡。

3. 离子的毒害,破坏作物的生理功能

当土壤中盐分含量高,大量非营养离子进入植物体内,就会破坏细胞组织,使其失去正常的生理功能。作物体内钠离子多,原生质胶体会产生膨胀,细胞结构遭破坏。作物体内镁离子过多,就会破坏叶绿素形成,影响光合作用的正常进行。若植物体内氯离子过多,使叶绿素含量降低,抑制作物对钙、磷、铁、锰、钾等元素的吸收;作物吸收钾过多,可诱发缺镁缺铁的褪绿症。

4. 碱性物质对植物危害

土壤中碳酸钠和碳酸氢钠,能直接腐蚀作物根系、幼嫩作物的芽或作物纤维组织,还能破坏根部各种酶,影响根系呼吸,对作物产生直接毒害。

(二)盐碱对作物的间接危害

(1)土壤中过量的盐或 pH 过高,影响土壤微生物的生长发育,使微生物总量和组成发生变化,总量减少,活性减弱,从而影响土壤养分转化和生物活性,造成作物生长发育不良。

(2)在碱性土壤环境中,磷、钙、镁、铁、硫等营养元素易被固定,从而降低钙和镁的有效性,同时也降低植物吸收利用钙离子的能力,使作物产生营养不良现象。另外,含钠的吸收性复合体的水解作用,形成少量氢氧化钠,从而造成一个高碱度的土壤环境,直接对植物产生毒害。

(3)土壤中的钠积累较多时,对土壤产生分散作用,物理物质恶化,造成一种湿时泥泞,干时坚硬收缩状态的恶劣土壤物理性质,严重地阻碍水和空气的通透性,使土壤肥力降低,严重影响土壤的耕性。

(4)盐碱地耕地地下水位多在 2 m 左右,土壤含水量大,盐结晶本身吸热少,散热多,造成土温低,土壤易冷,春天地温上升慢,土性阴凉,影响播种和幼苗出土,使作物生长期缩短,造成产量低、品质差。

四、新疆土壤盐渍化情况

(一) 盐渍化土壤分布

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 1-4)。

表 1-4 新疆土壤盐碱化行政单元分布

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	25.4
	塔城	26.7	14.27
	伊犁	29.8	6.58
	吐鲁番	4.27	25.76
东疆	哈密	4.58	19.21

注: 兵团土地未包括在内。

(二) 新疆盐碱土形成因素

1. 干旱的气候

新疆位于欧亚大陆中心, 远距海洋, 四周高山环绕, 阻隔海洋气流入侵, 使当地夏季炎热干燥, 冬季十分严寒, 气温变化剧烈, 日温差、年温差很大, 日照长, 蒸发量

为降水量的几十倍至几百倍。北疆西部山口使得冷湿气流进入,雨量稍多,比南疆寒冷湿润,而南疆周围高山封闭,干旱少雨,夏热冬寒,是我国典型的大陆性荒漠气候地区,见表 1-5。这样的气候条件使当地土壤中淋溶作用弱,且强蒸发导致底土及地下水中盐分不断随毛管水上升,向表土聚集,因此,干旱的气候为新疆土壤盐分表层聚集提供了动力,见表 1-6。

表 1-5 南北疆气候条件差异表

项 目	北 疆	南 疆
气温年较差	40~50 ℃	30~50 ℃
年平均气温	2.5~8 ℃	10~12 ℃
一年中日平均气温大于 10 ℃ 积温	2200~4000 ℃	4000~5000 ℃
无霜期	130 天	180 天
月平均气温在 0 ℃ 以下持续时间	11、12、1、2、3 月	12、1、2 月
年降雨量	200 mm 左右	50 mm 左右
年蒸发量	1500~2000 mm	2000~3000 mm

表 1-6 新疆土壤盐碱化与气候的关系

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	
	年平均气温(℃)	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	20~30	40
天山北麓	4.5~7.9	4~8 12~16	较多	5-10	20~50	100
焉耆盆地	7.8~8.9	11 31~39	多	11-15	20~100	200
天山南麓	9.8~11.5	12~13 43~53	很多	50-60	30~150	300
哈密盆地	9.1~9.9	28 81~83	极多	>70	50~350	450

2. 封闭的地形

新疆地史上属于海陆运动而褶皱成山地区,由三大山系两大盆地组成。南为昆仑山、阿尔金山,西为帕米尔高原,东北为阿尔泰山,天山横亘中部,把新疆分为南北两部分,南疆为塔里木盆地,平均海拔 1 000 m 左右,北疆为准噶尔盆地,平均海拔 500 m 左右。此外,天山山间形成许多山间盆地和谷地,如伊犁谷地、吐鲁番谷地、哈密盆地等,在盆地与高山之间多为起伏的丘陵和戈壁,在盆地中心地带,又多为沙丘与沼泽。新疆四周高山环绕,平原地区形成大小不同的盆地,而盆地中河流大都没有出路,这样风化过程和土壤形成过程产物只能在盆地内部作循环运动,土壤中的盐分不能排出,提供了盐土中盐分大量积累的地形条件。

3. 含盐的母质

新疆昆仑山及天山地质构造中都存在含石膏及岩盐的地层,尤其是天山前山带有白垩纪(一亿三千万年之前)和第三纪(六千万年以前)地层,含盐更为丰富。在不断发生侵蚀和剥蚀作用后引起含盐盐层的淋洗,使其中盐类溶解随地表和地

下径流搬运到山坡、冲积扇、冲积平原,逐渐形成盐土。此外,新疆还分布有许多盐矿、盐山、盐湖,对河流下游平原盐土起了积极作用。因此,大量含盐母质为新疆盐碱土形成提供了盐分来源。

4. 高矿化度地下水

新疆地下水储量非常丰富,约 200 亿 m^3 ,它是由山区降水与冰雪水通过岩石裂缝渗入不透水层变成地下水,在冲积平原地区,河床渠道渗漏也是地下水补给的重要来源。地下水矿化度一般从盆地四周向内部逐渐增高,冲积扇至扇缘的潜水溢出带,地下水矿化度在 0.3~1 g/L,冲积平原上部的矿化度一般为 1~3 g/L,中部增至 3~5 g/L,下部接近三角洲部位的矿化度可达 10~30 g/L,甚至达 50 g/L。地下水埋藏深度,一般规律是自冲积洪积扇至潜水溢出带逐渐变浅,冲积扇中上部埋藏深度一般在 30 m 以上,冲积扇下部为 5~10 m 或 3~5 m,潜水溢出带一般小于 3 m 或潜水露头,潜水溢出带下部,地下水埋藏深度逐渐加深,湖滨三角洲或山间洼地埋藏深度为 1~3 m。

由于上述地形、气候和母质的综合作用,地下水没有出路。盆地内地形平坦,地下水以极慢速度沿缓坡移动,地下水中盐分在地面强烈蒸发作用下,迅速沿毛管上升蒸发,促使土壤盐碱化。

5. 盐生植物

在荒漠植被中,有许多盐生植物和泌盐植物,如盐爪爪、盐穗木、瑟瑟柴、骆驼刺、白刺、怪柳、胡杨等。植株体内部含有大量盐分,植物死亡之后,伴随生物残体归还土壤,盐分也留在地表。如怪柳,能把深层土壤中或地下水中盐分吸收到根部,转运至叶子,通过叶面蒸发,使盐分积累在叶子中,经风吹落,盐分又回到地表,增加土壤中表层盐分,促进土壤盐碱化。据资料分析,怪柳枝叶的灰分含盐可高达 36.14%,胡杨叶片含盐可达 40.35%,并含有 CO_3^{2-} 约 14.6%,因此胡杨林下土壤常形成大批碱土。粗略估计在干旱地区,每年经生物作用而进入土壤盐分可达 300~500 kg/hm^2 ,可见生物对盐碱化作用是不能忽视的。

6. 人为因素

土壤次生盐渍化,在灌溉农业地区还受到人为因素的影响,而使土壤表层大量积盐。由于人类生产活动,引起耕地土壤积盐的过程称土壤次生盐渍化,引起土壤次生盐渍化原因有以下几个方面:

(1)不合理的灌溉制度和不健全的灌溉系统影响。如渠道不配套,排水无出路,渠道坍塌、淤塞,灌溉定额过大,灌水次数过多,采用大水漫灌方法等,均造成灌溉水大量渗入地下,抬升地下水位,一般可使水位上升 30~50 cm,最长达 80 cm,给盐分向土壤表层聚集创造了条件,造成土壤次生盐渍化。

(2)渠道渗漏的影响。在灌溉地区,灌水在输送过程中,除水分蒸发外,还有相

当部分水经渠道渗漏和田间渗漏而流失,补给地下水,使地下水位迅速上升,据统计在输水过程中 1/3 水量补给地下水。在地下水径流不畅的情况下,斗渠盐渍化范围为 160~180 m,最大达 230 m。

(3)高矿化度灌溉水的影响。用矿化度高的水灌溉是新疆土壤次生盐渍化原因之一。新疆大部分地区的河水都含有一定数量盐分,如玛纳斯河,含盐 1~2 g/L,阿克苏河,含盐 0.17~0.26 g/L,因此利用河水灌溉时,将部分盐分带入土壤。新疆有些河流全是沿河各灌区排水通道,上游洗盐水向河里排泄,这些水又多被下游灌区引用,因而增加下游土壤次生盐渍化。

(4)平原水库影响。平原水库的渗漏,使水库周围地下水位升高,促使水库周围土壤次生盐渍化。新疆地区平原水库的水位,一般高于地面几米甚至几十米,由于水库水体的静水压,势必导致水库周围地下水上升。如玛纳斯湖水库建立才十多年,由于水位的提高,使水库周围良田逐渐变成盐碱滩。

(5)农业措施不当也是引起土壤次生盐渍化原因。耕作粗放如漏耕、浅耕,不及时伏耕、秋耕,春季不耙地保墒,播种前后和苗期雨后不及时耙地,灌溉后不及时中耕,冲洗后不及时耕翻种植,都会加剧耕层土壤水分蒸发积盐。尤其是土地不平整,常形成盐包、盐点。另外保苗、间苗措施不当引起缺苗断垄覆盖差,易造成盐斑,水稻田布局不合理及不合理施肥都直接或间接造成土壤次生盐渍化。

(三)新疆盐碱土类型

1. 根据新疆盐碱土的形成条件、成土过程和土壤属性,按土壤发生学分类原则,划分盐碱土类型为:

(1)典型盐土:主要分布在南疆,北疆很少,只在艾比湖平原和玛纳斯流域周围较多,是现代积盐过程中形成的土壤,没有其他附加过程。地下水位 2~3 m,矿化度较高,一般为 10~20 g/L,也有高达 30~50 g/L。主要生长稀疏的典型盐生灌木丛,如盐梭梭、盐穗木、盐爪爪、柽柳等。

(2)残余盐土(干盐土):由于地下水位高而积盐形成盐土,后因某种原因使地下水位下降到 10 m 以下,积盐过程已停止,但由于降水量过少,尚不能引起明显的脱盐过程,过去积累的盐分仍保留在土体中。这种积盐形式在南、北疆都有,但分布则以南疆广泛。植被极为稀疏,有盐爪爪等盐生草类,多处于衰退状态或仅有枯死残体。

(3)矿质残体:主要分布在艾比湖、艾丁湖、罗布泊及若干小盐湖滨平原,一般地下水位 2 m 左右,矿化度高达 50~100 g/L,为氯化物型水,地表一般不生长植物,只有极端稀疏的干枯盐梭梭。

(4)草甸盐土:主要分布在北疆扇缘部位、大河低阶地和河漫滩及洪积平原的

局部地下水位较高低洼地区。南疆分布较少,草甸盐土和草甸土成复区分布。草甸盐土地下水位较高。一般为 1~2 m,矿化度较低,约 2~5 g/L,一般生长芦苇、芨芨草、猪毛草、盐梭梭、碱蓬,在南疆生长甘草、骆驼草、柽柳等。草甸盐土除盐化过程外还伴随草甸土的腐殖质累积过程。

(5)沼泽盐土:南北疆都有分布,面积小而零星,地下水位很高,通常在 1 m 左右,甚至只有 50 cm 左右,成土过程中既有积盐过程,也有泥炭化过程。

(6)次生盐土:主要是指新、老耕地利用不当,改良不彻底或渠道水库渗漏的原因,导致土壤积盐或再度返盐而形成的盐土。次生盐土主要分布在地下径流较差的低洼区,灌区下部,渠道和水库渗漏影响地带。

2. 依据外貌形态特征划分盐碱土类型,这种方法虽不很准确,但容易区分,比较适用。

(1)疏松盐土:也叫白碱或浮碱,表层为干燥疏松的粉状盐聚层,味苦凉涩,色洁白,与水结合呈晶状,失水则成粉状,这是以芒硝(Na_2SO_4)为主的硫酸盐土。

(2)结壳盐土:称“黑碱土”、“碱盐土、硬盐土”。以食盐(NaCl)为主味碱,属氯化物盐土,在南疆表层多为坚硬的盐结壳,厚 3~15 cm,含盐量达 40%~60%,在北疆表层多为盐皮,厚度小于 3 cm。

(3)潮湿盐土:亦称“油碱土”、“黑油碱土”。因含有吸湿性较强的盐类如 CaCl_2 、 MgCl_2 ,地面显潮湿状态,并呈灰色或黑色,多属以镁为主硫酸盐氯化物盐土。

(4)黑碱土:亦称“马尿碱”,属苏打盐土,含苏打 Na_2CO_3 、小苏打 NaHCO_3 较高,味凉,微咸带辣,色白,在地面呈絮状,由于土壤中含苏打盐类有机质遭破坏,因而雨后地面常渗出棕黄色马尿一样的积水,很难渗透,靠蒸发消耗,干后地表呈现黑油色棕色结皮,土壤 pH 值达 9~10 以上,聚盐层 CO_3^{2-} 超过 0.015%。

(5)硝盐土:也叫“硝土”,土壤中含有一定量 NaNO_3 ,多与食盐混合存在,白色,味咸带辣, NO_3^- 含量可达 0.3% 以上,其最大量出现在 30~60 cm 土层。

(四)新疆盐碱土特点

根据上述对于新疆盐碱土分布及类型的阐述,可见新疆盐碱土具有以下特点。

1. 盐土面积大、分布广

在新疆荒地中,各类盐土有 733 万 hm^2 ,约占全部荒地面积的 1/3。盐土在新疆山区和平原地区都有分布,其中以准噶尔盆地北部、塔城盆地和伊犁谷地的盐土面积最小,至天山北麓盐土面积开始增多,及至塔里木盆地,盐土的分布则非常广泛。新疆盐土水平分布具有明显的地带性特点。从北到南盐土面积增大,土壤含盐量增高。在天山北麓从东到西,在昆仑山北麓由西到东也有同样增加的趋势。

在准噶尔盆地,温度较低,气候干旱,属温带荒漠,在砾质洪积-冲积扇上有石膏的累积,洪积-冲积扇的扇缘或冲积平原,易溶性盐的水平分异明显。

新疆除了因地下水位高所造成的现代积盐过程,形成的盐土外,在哈密盆地、吐鲁番盆地、塔里木盆地及准噶尔盆地南部,存在大面积的干盐土。这是由于自然条件的改变,促使原来盐土的地下水位逐渐下降,而演变成为现已停止积盐的干盐土。由于洪积-坡积作用,洪水流经含盐很高的地层,携带盐类累积在天山南麓山前洪积细土平原上,形成洪积盐土。新疆沙漠面积约占总的土地面积 24.5%,而塔克拉玛干沙漠占总土地面积 19.8%。在塔里木盆地风沙侵入地带,当大风旋土飘沙时,塔克拉玛干沙漠边缘和昆仑山北麓的风沙地带,地表部分为风沙覆盖,使原来的盐土被掩埋在复沙层底下,形成独特的风沙盐土。在昆仑山和阿尔金山的雪线以下的寒冷和干旱的高山地区,雨水或冰雪水把岩石风化后析放出来的盐分带到相对低、平洼地聚集起来,形成特殊的山原盐土。

2. 盐分类型多

盐土的盐分组成复杂,多数呈混合盐类存在。新疆盐土由多种盐分组成有的以氯化物为主,有的以硫酸盐为主,有的以苏打为主。盐土的盐分多数情况是呈混合盐类存在。例如,在焉耆盆地,地下水位高、矿化度低的地方,苏打与氯化物、硫酸盐呈混合盐类存在。

但不同地区主要盐分类型也有差异。在塔里木盆地,以氯化物或硫酸盐-氯化物为主,没有明显的硫酸盐累积带;准噶尔盆地南部,以硫酸盐或氯化物-硫酸盐为主;阿尔泰山南麓以苏打-硫酸盐为主;在吐鲁番盆地和哈密盆地,存在新疆特有的、含量很高的硝酸盐盐土,这种盐土的硝酸根含量可达 0.5%~1.0%,在盐土剖面中。硝酸盐含量最多的层次与剖面中芦苇残根最多的层次明显地相一致,说明盐土的硝酸盐的形成与生物化学过程有关,也与吐鲁番盆地周围含有硝石矿有关。新疆盐土中普遍存在碳酸钙,盐土剖面的石灰反应强烈,碳酸钙多数在土壤剖面表层聚积,土层碳酸钙含量约为 5%~20%。

新疆盐土剖面中石膏的累积是很普遍的。石膏含量从北到南、由西向东有逐渐增多的规律。这与气候的干旱程度一致。在砾石洪积-冲积扇上,石膏累积带常在盐结皮下发生并富集于砾石背面或砾石之间,呈纤维状或蜂窝状。在洪积-冲积扇的扇缘或冲积平原上,石膏一般聚积层位较深并分散在细土粒之间,呈小粒状、粉末状或小结晶等。在古老洪积扇上,石膏含量较多,而较年轻的洪积物的细土平原上,则石膏较少。掌握石膏在盐土剖面中的积累特点,有助于辨识盐土类型、成土母质和成土年龄。

3. 盐分含量高、表聚性强

新疆气候干旱,降水量极少,蒸发量很大。年蒸发量大于降水量,在北疆为