

新疆棉田膜下滴灌盐分运移规律

张伟^{1,2}, 吕新², 李鲁华^{1,2*}, 刘建国¹, 孙肇君^{1,2}, 张小伟³, 杨忠平⁴

(1. 石河子大学农学院农学系耕作教研室, 石河子 832003; 2. 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 石河子 832003;
3. 新疆生产建设兵团农六师农科所, 五家渠 831300; 4. 新疆生产建设兵团农六师南湖农场, 五家渠 831300)

摘要: 该文主要从不同生育阶段和滴灌年限、不同方向(垂直和水平)、不同土壤质地三个方面对膜下滴灌盐分的运移进行了分析对比, 初步得出: 随着生育期的推后, 各土层含盐量都有不同程度的加大; 垂直方向盐分的积累在0~60 cm土层逐渐增加, 60~100 cm土层盐分积累受膜下滴灌影响较小; 水平方向背行(露地部分)中央土层处盐分积累最多, 滴头处盐分积累最少; 对于不同土壤质地, 壤土中的盐分分布较黏土中的呈更规律的变化; 不同滴灌年限中滴灌年限越长, 棉田中的盐分积累就越多。

关键词: 膜下滴灌; 盐分运移; 新疆

中图分类号: TS225.44

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-8-0015-05

张伟, 吕新, 李鲁华, 等. 新疆棉田膜下滴灌盐分运移规律[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 15-19.

Zhang Wei, Lü Xin, Li Luhua, et al. Salt transfer law for cotton field with drip irrigation under the plastic mulch in Xinjiang Region[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 15-19. (in Chinese with English abstract)

0 引言

土壤盐渍化是指可溶性盐分在土壤中积累而达到对植物有害的程度(含盐量大于3~6 g/kg时大多数栽培植物的生长会受到影响)。各种发生盐化和碱化过程的土壤均称为盐渍土, 包括盐土、碱土和各种盐化土、碱化土。目前, 土地盐渍化已成为一个世界性的问题。盐渍土在世界各大洲耕地中均有分布, 近年来其面积迅速扩大, 盐渍化程度不断加剧, 尤其是灌溉水需求量大、排水不畅而不能有效冲洗的干旱半干旱地区更为严重^[1,2]。据不完全统计, 全球范围内灌区面积约20%受到盐碱化的影响, 约10%的作物产量显著降低, 严重的地区造成土地弃耕^[3]。中国西北绿洲干旱与半干旱区是一个水分相当贫乏的区域, 由于水资源的不合理开发与利用造成土壤盐渍化日益严重。比如新疆水资源总量仅为793亿m³, 每1万km²占有水量仅为4.96亿m³, 为全国平均占有量的18%。降雨十分稀少, 而蒸发十分强烈。北疆年降雨量约150 mm, 年均蒸发量1000 mm左右; 南疆年均降雨量50 mm, 年均蒸发量1700 mm以上, 新疆土壤由于受特殊成土因子的综合作用具有基础肥力差、普遍存在不同

程度盐渍化的问题。据统计, 新疆绿洲已开垦了3.333×10⁶ hm²荒地, 现已有40%~50%因次生盐渍化危害而弃耕, 耕地土壤盐化面积达1.229×10⁶ hm²。土壤盐渍化已成为绿洲农业生产发展的主要障碍因子^[4-9]。

为进一步挖掘绿洲农田的生产潜力, 充分利用绿洲的光、热资源条件, 发展节水灌溉是绿洲农业生产的必由之路。在新疆绿洲推广速度最快、面积最大的节水灌溉技术是滴灌技术, 它与一般地面灌溉相比可省水40%~50%, 增产20%~30%, 而且地形适应性强, 是水分利用率最高、最为节水的一种灌溉技术。由于膜下滴灌上述突出的优势, 目前兵团膜下滴灌节水技术发展很快。其面积已由1999年的1000 hm²发展到2004年的33.33万hm², 膜下滴灌技术在推动兵团棉花生产、实现棉花生产精准化管理方面发挥了重要作用, 具有远大发展前景。但在膜下滴灌技术下, 新疆绿洲农田出现了新的土壤次生盐渍化问题。盐碱地膜下滴灌技术只是小定额的连续供水, 且新疆的灌溉水本身矿化度高, 易于将盐分从根系驱赶向旁侧和较深的土壤层次, 由于滴灌不产生深层渗透, 难以利用灌溉水淋洗盐分到地下水中去, 盐分只能在土层而无法消除, 其积盐趋势没有改变, 由于强烈的蒸发和作物的蒸腾作用, 盐分表聚的趋势仍然强烈; 滴灌免去了田间渠道系统, 土壤连片种植, 排碱渠失去作用, 客观上有助于地下水位上升, 这对防止土壤次生盐渍化十分不利。因而在滴灌条件下只能解决驱盐问题, 使耕层形成盐类淡化层, 短时期内保证作物能正常生长发育, 而土壤脱盐和积盐这对矛盾始终存在着^[10-14]。

近年来干旱区围绕膜下滴灌土壤水盐动态和盐分平衡的研究较多, 李玉义等对不同地貌类型盐分累积变化和灌溉技术对土壤盐渍化的影响进行了评价^[15,16], 陈小兵等阐述了此生盐渍化的驱动因子^[17], 王全九等对盐碱地膜下滴灌的技术参数进行了确定^[18], 但对棉田膜下滴灌

收稿日期: 2007-07-15 修订日期: 2008-07-06

基金项目: 国家科技支撑计划(2007BAC17806); 石河子大学高层次人才科研启动资金专项(RCZX200611); 国家自然科学基金项目(30760104); “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD21B02-2); 新疆生产建设兵团农六师科技攻关项目(2007CCWAO-27); 新疆兵团重大科技专项-精准农业与信息技术应用与示范(2007ZX03); 石河子大学“263”青年骨干教师资助计划(NX05008)

作者简介: 张伟(1979-), 男, 新疆玛纳斯人, 主要研究方向为农业生态与环境。石河子 石河子大学农学院农学系耕作教研室, 832003。

Email: bluesky2002040@163.com

*通讯作者: 李鲁华(1967-), 山东人, 教授, 博士, 主要从事农业生态与环境方面研究。石河子 石河子大学农学院, 832003。

Email: shzlluhua@163.com

盐分运移规律的系统研究还涉及很少,因此,探明膜下滴灌土壤水盐运行规律,已经成为膜下滴灌技术进一步推广应用的决定因素。本文结合生产实际,以试验为基础研究覆膜棉滴灌土壤盐分的运移规律,以便为治理次生盐渍化提供必要的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于 2005~2007 年分别在新疆生产建设兵团农八师 142 团、148 团、农六师新湖一场、三场、四场、六场、

七场和 111 团进行,土样质地分别为壤土和黏土,灌溉水为地下微咸水,平均含盐量 2.52 g/L,成份以 NaCl 为主。土样化验及数据分析在新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室进行。供试棉花 (*Gossypium hirsutum*) 品种选用新陆早 32 号。常规栽培管理。

1.2 试验地基本条件

前茬为棉花,膜下滴灌,机采棉行种植方式,行距配置为: 30 cm + 60 cm + 30 + 80 cm, 6 月初开始滴水,全生育期滴水 10~12 次,7 d 左右滴水一次,每公顷滴水 375 m³ 左右 (见图 1)。

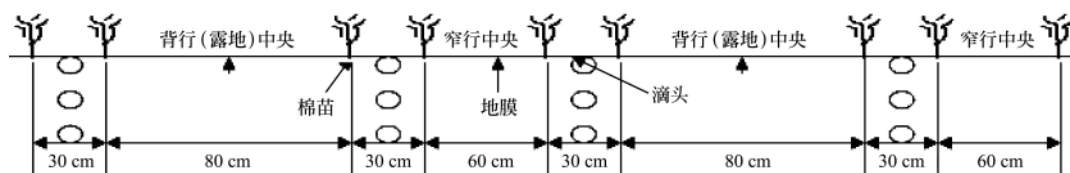


图 1 棉花栽培模式及取样点
Fig.1 Cultive pattern of cotton and the sampling point

1.3 设点及取样

选盐渍化发生较重且不同土壤质地 (壤土、黏土)、不同滴灌年限的棉田 12 块做为监测条田。定点取样: 每块条田设 3 个重复, 每个重复取 3 个点, 即: 膜中央滴头处一个, 膜上窄行中央一个 (距滴头 20~30 cm), 背行 (露地) 中央处取一个 (距滴头 30~40 cm)。每个点分 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 5 个层次取土样。每块地共取出 45 个土样, 12 块条田每次取 540 个土样。

1.4 取样时间

共取样 6 次, 分别在 5 月下旬 (滴第一水前)、6 月中旬 (蕾期)、7 月上旬 (花期)、7 月下旬 (铃期)、8 月下旬 (吐絮期)、9 月上旬停水后 (收获期) 取样。第一次取样时, 数好地膜数、地边测量点距, 点内打桩, 做好固定标记, 以后每次取样均取所定点处。

1.5 化验

每次取样后及时化验土样总盐含量。通过化验结果分析滴灌棉田条件下, 土壤盐分在不同生育期、不同滴灌年限、水平、垂直方向、不同土壤质地的移动情况。

2 结果与分析

2.1 不同土层含盐量随生育期及滴灌年限的变化特征

2.1.1 不同土层含盐量随生育期的变化特征

不同土层含盐量随生育期的变化规律 (见表 1), 总的趋势是第一次滴水前土壤中的含盐量较大, 其中以 40~60 cm 土层内含盐量最大, 随着生育期的推后, 各土层含盐量都有不同程度的加大, 滴水开始后, 由于水的淋洗作用, 表层土壤含盐量逐渐降低, 进入花铃期后棉花枝状叶茂, 很大程度上减小了土壤水分蒸发, 继而减小了表层土壤盐分的聚集。8 月底 9 月初停水后表层土壤含盐量又逐渐升高, 且含盐量和滴灌相对应, 也就是说滴水时土壤含盐量低, 否则就高, 充分体现了生产上“盐

随水动”的特点。

表 1 不同生育时期棉田土壤含盐量

生育时期	土层深度/cm					平均
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	
第一水前	0.19	0.21	0.26	0.20	0.14	0.20
蕾期	0.10	0.17	0.26	0.21	0.15	0.18
花期	0.09	0.19	0.27	0.20	0.14	0.18
铃期	0.07	0.20	0.33	0.25	0.20	0.21
吐絮期	0.06	0.24	0.35	0.24	0.19	0.22
收获期	0.14	0.25	0.31	0.23	0.20	0.23

注: 所有数据均为 3 点平均值。

2.1.2 不同滴灌年限条件下不同土层含盐量的变化特征

不同滴灌年限条件下不同土层含盐量测定结果 (如表 2), 选择开始实施滴灌以来的 7 个年限间的地块作为测试对象。自从 2000 年前后开始逐步大面积推广膜下滴灌措施以来, 次生盐渍化问题开始慢慢显露, 经过了一

表 2 不同滴灌年限条件下棉田土壤含盐量

滴灌年限	土层深度/cm					平均
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	
2007~2008 年	0.03	0.04	0.09	0.05	0.04	0.05
2006~2008 年	0.04	0.11	0.16	0.15	0.14	0.12
2005~2008 年	0.04	0.12	0.20	0.15	0.13	0.13
2004~2008 年	0.05	0.19	0.25	0.20	0.14	0.17
2003~2008 年	0.07	0.20	0.33	0.23	0.19	0.20
2002~2008 年	0.07	0.24	0.35	0.24	0.19	0.22
2001~2008 年	0.14	0.25	0.39	0.23	0.20	0.24

注: 所有数据均为三点平均值。

个从“可以有效防治盐渍化”到“新的盐渍化大面积抬头”的过程。从表 2 可以看出，滴灌年限越长，棉田中的盐分积累就越多，而滴灌年限短的棉田盐分积累明显较少。

2.2 不同方向下不同土层含盐量的变化特征

2.2.1 水平方向不同土层含盐量的变化特征

滴灌的滴水在水平方向上也缓缓向四周扩散，使半圆锥形浸润体在水平方向上的含盐量也有所不同。水平方向上不同深度含盐量的测定结果见图 2，从图 2 可以看出滴头处各土层含盐量最低，这也是因为滴头下水分不断下滴下渗，使该处各层土壤经常保持较高的湿度而使含盐量最低，但窄行中央的盐分随滴水扩散速度减慢而逐步积累在土壤之中，所以可以看到（图 2）在滴头处→窄行中央→背行中央的水平距离变化下土层处盐分逐步加大积累，又以背行中央土层处盐分积累最多，表明滴水在水平扩散过程中将盐分带入湿润区最边缘土层中聚集，而窄行中央聚盐程度则在滴头和背行中央之间，水平方向这 3 个代表点的各层土壤盐分积累也呈现出大致雷同的趋势。值得一提的是背行中央因为无地膜覆盖所以地表蒸发较另两个代表点多，因此在蒸发最为强烈的近地表土层附近积盐也较水平方向的另两个代表点多。

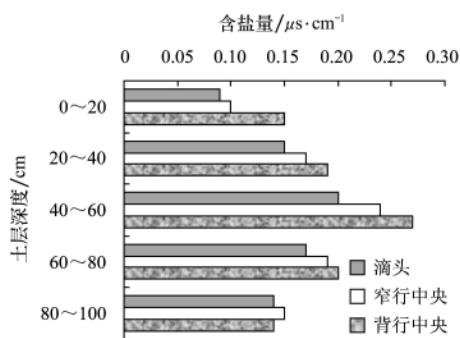


图 2 水平方向 0~100 cm 土层含盐量的变化特征
Fig.2 Salt accumulation changes in different soil layers from 0 to 100 cm in horizontal direction

2.2.2 垂直方向不同土层含盐量的变化特征

滴灌的下行滴水先使滴头下土壤水分接近饱和状态，然后缓缓向四周扩散，形成一个半圆锥形的浸润体（即湿润峰）。土壤中的盐分亦随水移动而被淋洗到浸润体外缘，起到“驱盐”的作用^[19]，从而使主要根系层的土壤形成了一个低盐区或淡化区（见图 3）。其中垂直方向上不同深度含盐量的测定结果见图 4，从图 4 可以看出 0~20 cm 土层含盐量最低，这是因为滴水期间滴头下水分不断下滴，使该层土壤经常保持较高的湿度而使含盐量最低所致，为盐分淡化区，但浸润体外缘的盐分随滴水扩散速度减慢而慢慢积累在了外缘的土壤之中，所以可以看到（图 4）在 20~40 cm 和 40~60 cm 土层处盐分逐步加大积累程度，又以 40~60 cm 土层处盐分积累最多，表明滴水在下渗过程中将盐分带入湿润区底部土层中聚集，但在 60~80 cm 和 80~100 cm 土层中发现盐分的积累又逐渐呈减少状态，因此可以推测 40~60 cm 土层是盐分的最大聚集区，80~100 cm 土层受膜下滴灌盐

分运移影响很小，60~80 cm 土层则是受膜下滴灌盐分运移影响最大区和最小区之间的过渡区。

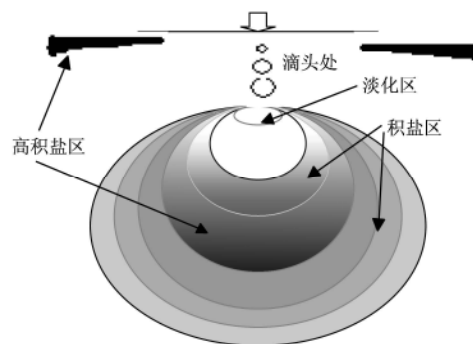


图 3 覆膜滴灌条件下土壤盐分典型分布示意图

Fig.3 Typical distributional schematic diagram of soil salt with drip irrigation under the plastic mulch

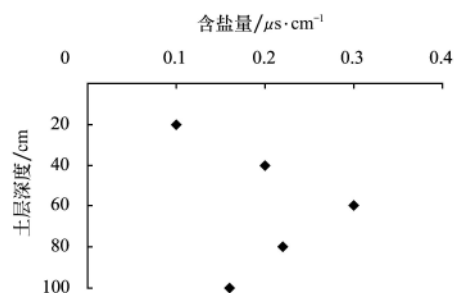


图 4 垂直方向 0~100 cm 土层深度含盐量的变化特征
Fig.4 Salt accumulation changes in different soil layers from 0 to 100 cm in vertical direction

2.3 不同土壤质地条件下不同土层含盐量的变化特征

不同土壤质地条件下不同土层含盐量的变化规律见图 5，壤土中的盐分分布较黏土中呈更规律的变化，壤土的棉田中盐分分布在 0~60 cm 土层呈逐渐增多趋势，而在 60~100 cm 土层呈逐渐减少趋势，盐分的分布与“随水而动”密切相关。但在黏土中此规律则并不明显，盐分的分布呈杂乱无章状，各土层内分布并不规律，笔者从土质结构分析，黏土中细粒含量高而沙粒少，粒间空隙狭细，蓄水量大，灌溉水的垂直下渗极为困难，滴水时黏粒吸水膨胀，阻塞了毛管，同时黏粒间空隙小，有着显著的毛管作用，透水缓慢，所以采集的数据看起来很混乱，难以发现明显的规律。

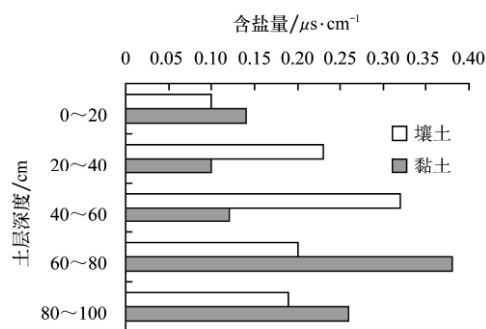


图 5 不同土壤质地条件下 0~100 cm 土层含盐量的变化特征
Fig.5 Salt accumulation changes in different soil layers from 0 to 100 cm in different soil texture

3 结论与讨论

1) 第一次滴水前土壤中的含盐量以 40~60 cm 土层内最大, 随生育期的推后各土层含盐量都有不同程度的加大, 滴水开始后, 由于水的淋洗作用, 表层土壤含盐量逐渐降低, 进入花铃期表层土壤盐分聚集减小。8 月底 9 月初停水后表层土壤含盐量又逐渐升高, 体现了生产上“盐随水动”的特点。

2) 滴灌年限越长, 棉田中的盐分积累就越多, 而滴灌年限短的棉田盐分积累明显较少。

3) 滴灌的滴水在水平方向上缓缓向四周扩散, 将盐分带入湿润区最边缘土层中聚集, 使滴头处各土层含盐量最低, 这是因为滴头下水分不断下滴下渗, 使该处各层土壤经常保持较高的湿度。滴灌的下行滴水先使滴头下土壤水分接近饱和状态, 然后扩散形成一个半圆锥形的浸润体。土壤中的盐分亦随水移动而被淋洗到浸润体外缘, 起到“驱盐”的作用, 从而使主要根系层的土壤形成了一个低盐区。

4) 盐分的运移规律在不同土壤质地条件下是不相同的。壤土的棉田中盐分分布在 0~60 cm 土层呈逐渐增多趋势, 而在 60~100 cm 土层呈逐渐减少趋势。但在黏土中此规律则并不明显。

棉花膜下滴灌比常规灌灌溉量减少使表土积盐强度加强, 这一点可以清楚地从生育时期的推移及滴灌年限的延长看出。膜下滴灌使盐分在空间位置上的差异性分布只是在作物生长季节有助于作物避盐, 但是一旦经过下茬耕作, 盐分重新均匀分布, 将逐渐使表层土壤含盐量上升。滴灌免去了田间渠道系统, 土壤连片种植, 排碱渠失去作用, 客观上有助于地下水位上升, 这对防止土壤次生盐渍化十分不利。由于新疆土壤母质为少到中量含盐母质, 在棉花生长过程中会吸收部分盐分到体内。在进行秸秆还田时, 这些盐分被集中归还到土壤表层, 客观上起到了生物积盐作用。因此, 定期大水漫灌洗盐、做好春复水工作以及恢复排碱渠作用是土壤脱盐的必要手段。

膜下滴灌技术自 1999 年在新疆生产建设兵团农七师 121 团加工厂的 3.3 hm² 棉田试验成功后一直被认为是治理和抑制盐渍化的重大举措, 但这种认识有着其特殊的历史背景和作用, 现在看来, 笔者认为膜下滴灌只是一项现代农业节水技术, 并非是一剂包治百病的药方, 正如田长彦先生在 2000 年膜下滴灌技术方兴之初谈到的^[20], 该项技术盐分并未排出土体, 土壤水盐运移规律发生了改变, 进行这方面的深入研究有利于持续发展。所以对于盐渍化的预防和治理工作还有待于进一步的研究。

致谢: 本研究在理论研究和试验指导方面, 石河子大学农学院的李鲁华教授、赖先齐教授和新疆生产建设

兵团绿洲生态农业重点实验室的吕新教授给予了大量悉心的指导, 进行土壤盐分取样、测定以及盐分动态资料调查方面, 农六师新湖农场三分场一连杨忠平连长、农六师农科所张小伟副主任等工作人员给予了大力协助, 在此一并表示感谢。

[参 考 文 献]

- [1] 赖先齐. 绿洲盐渍化弃耕地生态重建研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 9—37.
- [2] 叶含春, 刘太宁, 王立洪. 棉花滴灌田间盐分变化规律的初步研究[J]. 节水灌溉, 2003, 6(4): 4—6.
- [3] 佟才, 王志平, 段丽杰. 盐渍化土地恢复调控的研究进展[J]. 北方环境, 2004, 29(5): 32—35.
- [4] 李毅, 王文焰, 王全九. 试论膜下滴灌技术在干旱一半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 2001, 20(2): 42—46.
- [5] 汪林, 甘泓, 于福亮, 等. 西北地区盐渍土及其开发利用中存在问题对策[J]. 水利学报, 2001, (6): 90—95.
- [6] 李国振. 塔里木河流域绿洲边缘土壤蒸发与积盐的初步分析[J]. 干旱区地理, 1998, 21(1): 29—31.
- [7] 马富裕, 严以绥. 棉花膜下滴灌技术理论与实践[M]. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 2002: 15—19.
- [8] 刘晓英, 杨振刚, 王天俊. 滴灌条件下土壤水分运移规律的研究[J]. 水利学报, 1990, 10(1): 11—22.
- [9] 罗家雄. 新疆垦区盐碱地改良[M]. 北京: 水利电力出版社, 1985: 169—183.
- [10] 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[J]. 水科学进展, 2001, (12): 107—112.
- [11] 吕殿青, 王全九, 王文焰, 等. 土壤盐分分布特征评价[J]. 土壤学报, 2002, 39(5): 720—725.
- [12] 马俊海, 石荣媛. 膜下滴灌改造盐碱化荒地田间试验研究[J]. 农业环境与发展, 2004, 4(3): 35—36.
- [13] 吕殿青, 王全九. 膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究[J]. 灌溉排水, 2001, 20(1): 28—31.
- [14] Bar Y B. Advances in fertigation[J]. Advances in Agronomy, 1999, 6(5): 1—77.
- [15] 李玉义, 张风华, 潘旭东, 等. 新疆玛纳斯河流域不同地貌类型土壤盐分积累变化[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 60—64.
- [16] 李玉义, 柳红东, 张风华, 等. 新疆玛纳斯河流域灌溉技术对土壤盐渍化的影响[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(1): 22—26.
- [17] 陈小兵, 杨劲松, 杨朝晖, 等. 基于水盐平衡的绿洲灌区次生盐碱化防治研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3): 32—37.
- [18] 王全九, 王文焰, 王志荣, 等. 盐碱地膜下滴灌技术参数的确定[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 47—50.
- [19] 马鄂超, 何江勇, 杨国江. 膜下滴灌与次生盐渍化[J]. 新疆农垦经济, 2005, 7(2): 233—240.
- [20] 田长彦, 周宏飞, 刘国庆. 21 世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2001, 23(12): 177—181.

Salt transfer law for cotton field with drip irrigation under the plastic mulch in Xinjiang Region

Zhang Wei^{1,2}, Lü Xin², Li Luhua^{1,2*}, Liu Jianguo¹, Sun Zhaojun^{1,2}, Zhang Xiaowei³, Yang Zhongping⁴

(1. Farming Staff Room, College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2. The Key Oasis Eco-agriculture Laboratory of Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi, 832003, China;

3. Institute of Agriculture Science and Technology of Agriculture Division No.6 of Xinjiang Production and Construction Group ,
Wujiaqu 831300, China;

4. Xinhua Farm of Agriculture Division No.6 of Xinjiang Production and Construction Group, Wujiaqu 831300, China)

Abstract: Salt transfer law for cotton field with drip irrigation under the plastic mulch in Xinjiang was analysed from three aspects: different postemergences and drip irrigation years, from different direction (vertical direction and horizontal direction), different soil texture. The results show that with the retardation of postemergences, the cummulation of salt in different soil layers increase in different extent. The accumulation of salt in vertical direction increase at the soil layers from 0 to 60 cm, but the one at the soil layers from 60 to 100 cm change a little. The accumulation of salt in horizontal direction at the center of open ground is more than any other position and the one under the drop point is least. As for different soil texture, the variation of salt accumulation in loam is more regular than that in the clay. The longer drip irrigation years, the more the accumulation of salt in cotton field.

Key words: drip irrigation under the plastic mulch; salt transfer; Xinjiang Region