

膜下长期滴灌土壤盐分的空间分布特征与累积效应

殷 波¹, 柳延涛²

(1. 新疆石河子职业技术学院, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院作物所, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 通过对不同土壤质地和不同滴灌年限两个方面对新疆棉田膜下滴灌盐分的运移与积累规律的研究, 结果表明: 对于不同土壤质地, 壤土中的盐分分布大致呈抛物线型, 在 40~60 cm 处盐分积累量达到最大值。粘土中盐分分布大致呈“S”型, 在 60~80 cm 处土壤盐分积累达到最大值; 不同滴灌年限中随着滴灌年限越长, 棉田中地表盐分积累越少, 而在 40~60 cm 的盐分积累则越多。分析认为棉田土壤仅通过膜下滴灌淋洗盐分是不够的, 必须与一定的灌排水技术相配合才能很好地防止棉田次生盐渍化。

关键词: 膜下滴灌; 土壤; 盐分运移与积累; 新疆

中图分类号: S156.4⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0228-04

水资源缺乏已成为制约世界许多国家和地区农业可持续发展的关键问题, 在我国西北地区尤其新疆更为严重。解决这一问题的关键途径之一是提高有限水资源的有效利用率。膜下滴灌技术是覆膜种植技术与滴灌技术有机结合的一种灌溉技术, 虽然在国外 20 世纪 80 年代就有温室蔬菜膜下滴灌应用的先例, 但 1996 年新疆兵团在在大田中应用并开展推广后, 发展十分迅猛^[1~7]。由于膜下滴灌较常规灌溉具有突出的优势, 目前新疆膜下滴灌节水技术发展很快, 其面积已由 1999 年的 1 000 hm² 发展到 2007 年的 41.3 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。但由于新疆独特的自然环境条件, 又衍生出新的问题——土壤盐渍化。

土壤盐渍化是目前世界农业面临的主要环境问题之一^[8~10]。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。盐碱土所特有的反复性和不稳定性特征预示着土壤盐渍化防治的长期性和艰巨性, 土壤次生盐渍化已成为制约干旱地区灌区棉花生产持续发展的关键因子。因此, 土壤盐渍化和水资源短缺是新疆农业生产的最大障碍。棉花是新疆主导经济产业, 大面积采用膜下滴灌技术。对于应用膜下滴灌技术在节水增效的基础上, 进行改盐治土, 寻找节水与治盐的平衡点, 探索膜下滴灌棉田土壤盐分运移与积累规律, 以达到水土资源可持续利用的目的, 以期防治土壤

次生盐渍化提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验于 2006~2007 年分别在新疆生产建设兵团农六师新湖一场、三场、四场、六场、七场进行, 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。新疆生产建设兵团农六师新湖农场位于昌吉回族自治州玛纳斯县境内, 地处天山北麓, 准噶尔盆地南缘, 是一个以种植业为主的国营农场。属大陆性半荒漠干旱气候, 年均降水量 147 mm, 蒸发量 1 500~2 100 mm, 年均气温 4.7℃~5.7℃, 日照 2 318~2 372 h, 无霜期 147~191 d。

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: 60 cm+30 cm+30 cm+80 cm, 6 月初开始滴水, 全期滴水 10~12 次 (见图 1)。

1.3 试验设计与样点的布设

选盐渍化发生较重且不同土壤质地 (壤土、粘土)、不同滴灌年限的棉田 12 块作为监测条田。土壤为灌耕灰漠土, 肥力中等, 土壤有机质 1.87%, 全氮 0.121%, 全磷 0.208%, 碱解氮 77.4 mg/kg, 速效磷 93 mg/kg, 速效钾 310 mg/kg。定点取样: (1) 每块条田设三个重复, 每个重复取三个点, 即: 膜中央滴头处一个, 膜上窄行中央一个 (距滴头 20~30 cm),

收稿日期: 2009-04-27
基金项目: 新疆农垦科学院青年基金 (YQJ2007-01)
作者简介: 殷 波 (1984-), 女, 宁夏中卫人, 助教, 主要研究绿洲棉花节水灌溉。
* 通讯作者: 柳延涛 (1979-), 男, 助研, 主要研究作物高产栽培和绿洲农业生态。E-mail: ziheng1979@126.com。

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 五个层次取土样。每块地共取出 45 个土样,12 块条田每次取 540 个土样。

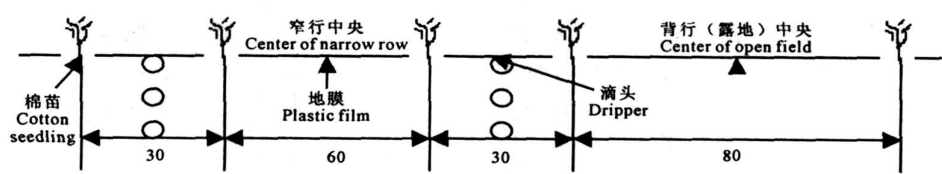


图 1 棉花栽培模式及取样点(单位:cm)
Fig. 1 The cultivation pattern of cotton and the sampling point (cm)

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 1 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

每次取样后及时采用残渣烘干法化验土样总盐含量。通过化验结果分析滴灌棉田条件下,土壤盐分在不同土壤质地、不同滴灌年限条件下的移动情况。

2 结果与分析

2.1 不同土壤质地条件下不同土壤剖面上含盐量的变化特征

不同土壤质地条件下不同土层含盐量的变化规律(见图 2),从图中可以看出,壤土中的盐分分布大致呈抛物线型,在 40~60 cm 处盐分积累量达到最大值 0.32%,然后随着土壤深度的增加,土壤中盐分的积累量呈下降趋势。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,从而积累了大量的盐分。对于粘土中盐分分布大致呈“S”型,在 60~80 cm 处土壤盐分积累达到最大值 0.38%,然而在土壤深度 20~60 cm 处土壤盐分含量反而要比地表土壤含盐量分别减小 42.9%和 12.0%。壤土中的盐分分布较粘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 土层减少,盐分的分布与“随水而动”密切相关。但在粘土中此规律与质地有关,规律性不明显,盐分的分布呈杂乱无章状,各土层内分布并不规律。从土质结构分析,粘土的容重小,总孔隙度较大,且大部分是小孔隙,由于小孔隙中空气流动不畅,水分运动主要为缓慢的毛管运动,蓄水量大,灌溉水的垂直下渗极为困难,滴水时粘粒吸水膨胀,阻塞了毛管,同时粘

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。

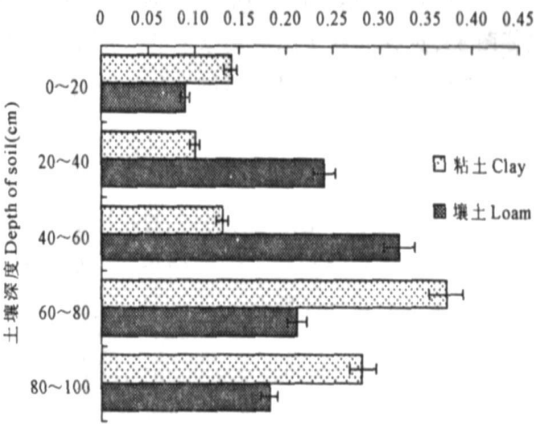


图 2 棉花花铃期不同土壤质地条件下 0~100 cm 土层含盐量的变化特征
Fig. 2 Salt accumulation changes at the depth of 0~100 cm in different soil texture

通过不同土壤质地条件下不同土层含盐量的变化规律进行回归分析,得出壤土土层深度(X)与土壤中含盐量(Y)的关系曲线,其中拟合度最好的是二次曲线,而粘土土层度(X)与土壤中含盐量(Y)的关系曲线,其中拟合度最好的是三次曲线,回归方程为:

$$Y_{\text{壤土}} = -0.000095X^2 + 0.012007X - 0.094$$

$(F=5.1238^{**} \quad R^2=0.8367)$

$$Y_{\text{粘土}} = -0.000004X^3 + 0.000815X^2 - 0.041283X + 0.6856$$

$(F=2.1384^{*} \quad R^2=0.8651)$

对壤土土壤中含盐量 Y 求一阶导数,令其为 0,则可以得出极值,然而对粘土中含盐量 Y 求二阶导数,令其为 0,则可以得出极值。即土壤土层深度含盐量最大区,则:

$$Y_{\text{壤土}} = 0.012007 / (2 \times 0.000095) = 63.19 \text{ (cm)}$$
$$Y_{\text{粘土}} = 0.000815 / (3 \times 0.000004) = 67.92 \text{ (cm)}$$

因此,膜下滴灌滴水后,在棉花根系密集部位,土壤盐分被水溶解向湿润区边缘运动,同时在重力水的作用下向深层土壤渗透。由于不同的土壤质地和土壤结构对土壤盐分积累的程度存在相当大的差异,在粘土 0~40 cm 范围内土壤盐分含量随深度的增加而减小,易溶盐浓度降低,棉花主根区的盐分被淡化。60 cm 以下土壤盐分含量随深度的增加而增大。盐分动态监测表明:在耕作层 20~50 cm 之间形成一个盐分淡化区域,土壤含盐量随着土壤水分下渗而减少,耕作层土壤液相盐量下降,使棉花根区土壤的盐碱化程度降低。

2.2 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(如图 3),选择开始实施滴灌以来的六个年限间的地块作为测试对象。从图 3 可以看出,随着滴灌年限的增长,棉田中的土壤盐分积累呈增大趋势,而滴灌年限短的棉田盐分积累明显较少。对于土壤同一深度,土壤含盐量的变化趋势相同,都是随着滴灌年限的增长,土壤中含盐量呈增加趋势,并且在 40~80 cm 土壤含盐量达到最大。

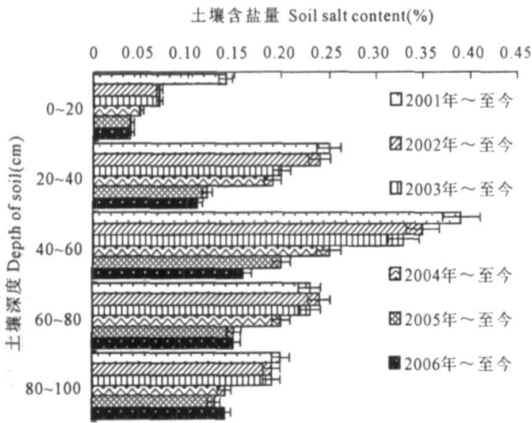


图 3 不同滴灌年限条件下棉田土壤含盐量(三点平均值)

Fig. 3 The accumulation of soil salt in cotton field in different drip period

从图 3 看出,在 2001~2006 年的 6 a 中,膜下滴灌条件下各土层土壤含盐量的增加量不同,土壤各层积累含盐量增加量分别为: 0. 1%、0. 14%、0. 23%、0. 07%、0. 06%,仍表现出在 40~60 cm 处土壤积盐量达到最大。这说明由于同一年份各层土壤含盐量在 40~60 cm 表现出最大,随着滴灌年限的增加,从而使得在土壤同一层中盐分积累严重,在棉田耕作层底部形成了一个重盐区。因此,自 1996 年起,新疆生产建设兵团试验、应用和推广棉花膜下滴

灌技术,至今已取得了突破性的进展。2000 年达到 1.665 万 hm^2 ,2001 年猛增到 5. 228 万 hm^2 。2000 年前该土壤中含盐量为 0. 28%,后自 2000 年从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。

3 结论与讨论

3.1 结 论

不同土壤质地条件下不同土层含盐量的变化规律:壤土中的盐分分布大致呈抛物线型,在 40~60 cm 处盐分积累量达到最大,然后随着土壤深度的增加,土壤中盐分的积累量呈下降趋势。粘土中盐分分布大致呈“S”型,在 60~80 cm 处土壤盐分积累达到最大值。

不同的土壤质地和土壤结构对土壤盐分积累的程度存在相当大的差异,在粘土 0~40 cm 范围内土壤盐分含量随深度的增加而减小,易溶盐浓度降低,棉花主根区的盐分被淡化。60 cm 以下土壤盐分含量随深度的增加而增大。

不同滴灌年限条件下不同土层含盐量变化特征:随着滴灌年限的增长,棉田中的土壤盐分积累呈增大趋势。对于土壤同一深度,土壤含盐量的变化趋势相同,都是随着滴灌年限的增长,土壤中含盐量呈增加趋势,并且在 40~80 cm 土壤含盐量达到最大。

3.2 讨 论

土壤次生盐渍化的形成主要受地质、地貌、气候及土壤质地等结构性因素,以及人为引水灌溉不当等人为因素所致。土壤水分是土壤盐分运移的载体,在滴灌条件下,伴随者水分的入渗,水流可将盐分带入湿润峰边缘,使土壤盐分在三维空间内发生运移。滴灌持续滴水,脉冲式逐渐推进,在多滴头情况下,湿润峰相互重叠,使盐分的侧向移动逐渐过渡到向下移动,形成一个平面整体向下洗盐。在试验地区,棉花苗期时,土壤盐分开始分区,盐分在膜间 0~40 cm 强烈聚集,而膜下盐分变化不大,由于覆膜的作用,盐分发生侧向运移,更加剧了膜间的盐分累积。灌溉结束后土壤 0~60 cm 盐分有所增加,而且在膜间 0~20 cm 盐分强烈聚集,其形成的膜间聚盐带会影响下一年棉花的生长,需进行冬灌和春灌压盐。

另外,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,这对防治土壤次生盐渍化十分不利;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。此外,在灌区耕作粗放、施肥不合理、土地不平整等,都易造成土壤次生盐渍化的加重。这些不仅加剧了表层土壤的盐渍化,还使表土盐渍化强度呈斑块状的局部空间变异特征。

降雨稀少、蒸发强烈的气候特点以及特殊的地形与土壤母质等是表层土壤盐分聚集的控制因素,而人为引水灌溉不当、耕作粗放是造成土壤次生盐渍化加重的主要原因。因此,膜下滴灌作为一种节水抑盐的灌溉方式而得到迅猛的推广,但新疆降水稀少,蒸发强烈,棉花种植对灌水的依赖很强,灌溉水不仅要保证作物正常生长,而且也为淋盐、洗盐所必需,因此棉田土壤盐分仅通过膜下滴灌淋洗盐分是不够的,必须与一定的灌排水技术相配合,否则棉田次生盐渍化会不同程度地发生。所以探明各种滴灌条件下盐分运移规律,建立健全排灌系统,推广膜下滴灌栽培技术,减小水分的蒸发和盐分的表层聚集以及制定经济有效的脱盐和排盐措施等问题还需不断地深入研究。

参 考 文 献:

[1] 习金根. 滴灌施肥方式下尿素态氮在土壤中迁移转化特性的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 271—275.

[2] 习金根. 滴灌施肥条件下不同种类氮肥在土壤中迁移转化特性的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 337—342.

[3] 冯 强. 以色列干旱地区的开发[J]. 世界农业, 1992, (5): 11—12.

[4] 王新元. 节水农业与农业节水技术[M]. 北京: 气象出版社, 1993.

[5] 张志新. 滴灌[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992.

[6] 赵国栋. 保加利亚的旱地农业[J]. 干旱地区农业研究, 1995, (3): 107—110.

[7] Ben-Ashen J, Lumen D O, Warrick A W. Linear and nonlinear models of infiltration from a point source[J]. Soil Sci Soc Am, 1978, 42(1): 3—6.

[8] 郭 良, 石国元, 张正华, 等. 地理滴灌棉田土壤水盐运移特性[J]. 中国棉花, 2004, 31(12): 10—12.

[9] 张展羽, 詹红丽, 郭相平. 滨海平原农田土壤含盐量空间变异分析[J]. 海河大学学报(自然科学版), 2002, 30(4): 61—65.

[10] 黄 强, 田长彦, 赵正勇, 等. 棉田膜内与膜间土壤溶液含盐量的变化[J]. 灌溉排水, 2001, 20(3): 37—39.

[11] 苏 莹, 王全九, 叶海燕, 等. 咸淡轮灌土壤水盐运移特征研究[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(1): 50—53.

[12] 苏里坦, 宋郁东, 张展羽, 等. 新疆渭干河流域地下水含盐量的时空变异特征[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 854—860.

[13] 乔玉辉, 宇振荣. 灌溉对土壤盐分的影响及微咸水利用的模拟研究[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 50—52.

[14] 高 瑾, 刘延锋, 周金龙, 等. 干旱区灌排条件下田间土壤盐分动态分析[J]. 中国农村水利水电, 2004, (11): 14—16.

Spatial distribution and accumulation pattern of soil salinity with long term drip irrigation under plastic mulching

YIN Bo¹, LIU Yan-tao²

(1. Shihezi Vocational and Technical College, Shihezi, Xijiang 832000, China;
2. Institute of Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Reclamation, Shihezi, Xijiang 832000, China)

Abstract: Soil salinity distribution and accumulation pattern of different soil texture and plantation age with long term drip irrigation under plastic mulching in Xinjiang were studied by using a polynomial approximate simulation. The total salinity showed parabola distribution and reached the highest value at 40~60 cm in loam soil, while it showed logistic distribution and reached the highest value at 60~80 cm in clay. The total salinity decreased with increasing plantation age in surface soil, but increased with increasing plantation age at the deeper layer and reached its highest value at the depth of 40~60 cm. This indicated that drainage irrigation technology should be combined with drip irrigation under plastic film mulching to avoid soil degradation by salinization.

Keywords: drip irrigation under plastic mulching; soil; salt movement and accumulation; Xinjiang