

膜下滴灌棉田土壤水盐动态变化

崔 静,王振伟,荆 瑞,李 阳,刘 霞,王海江

(石河子大学农学院,新疆 石河子 832003)

摘 要:通过对轻度 and 中度盐渍化棉田整个生育期土壤水分、盐分含量的动态监测,分析了膜下滴灌棉田土壤水、盐动态变化及其相互作用的关系。结果表明:整个生育期中度盐渍化棉田土壤水分含量要高于轻度盐渍化棉田,土壤水分含量变化规律和土壤盐分含量变化规律相似,均表现出生育前期下降、中期稳定、后期略微增加的趋势;膜下滴灌能够在滴水过程中明显降低土壤中表层 0~40 cm 盐分含量,下层 40~80 cm 土壤为盐分聚集区域;以 0~20 cm 土壤盐分含量模拟 0~40、0~60、0~80、40~80 cm 土壤盐分含量,幂函数和线性函数模拟结果较好,模拟 0~40、0~60 cm 的盐分含量结果达极显著相关,0~80 cm 的模拟结果达到显著相关,模拟 40~80 cm 的土壤盐分变化结果不显著。

关键词:棉花;膜下滴灌;水分;盐分

中图分类号: S275.6;S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)04-0050-04

Dynamic changes of soil water and salt in cotton field under mulched drip irrigation condition

CUI Jing, WANG Zhen-wei, JING Rui, LI Yang, LIU Xia, WANG Hai-jiang

(College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The dynamic changes of soil water and salt content and their interaction relationship were analyzed throughout the whole growing period of cotton under mulched drip irrigation in the fields with moderate and mild salinity. The results showed that the soil water content in the field with moderate salinity was higher than that in the field with mild salinity during the whole growth period of cotton. The change trend of soil moisture content was similar to that of soil salt content, being declined in the early growth stage, stable in the medium stage and increased slightly in the late stage. Dripping process significantly reduced the salt content in 0~40 cm soil layer, but the 40~80 cm soil layer was the salt gathering zone. The power and linear functions were suitable for simulating the salt in 0~40 cm, 0~60 cm, 0~80 cm and 40~80 cm soil layers by using the salt content in 0~20 cm soil layer, in which the R^2 was extremely significant for 0~40 cm and 0~60 cm profiles and significant for 0~80 cm profile, but it was not significant for 40~80 cm profile.

Keywords: cotton; mulched drip irrigation; water; salt

新疆远离海洋,蒸发量大,降水量少,气候极其干燥,土壤中上升水分远比下渗水分多,导致土壤中的盐分积累越来越多,从而形成大面积盐渍土地^[1]。土壤次生盐渍化的发展已成为威胁绿洲经济发展的重要环境因素^[2],严重影响着农业生产的进一步发展。为此,国内外研究者在水盐运移规律方面做了大量工作^[3-4],近年来,膜下滴灌将先进的滴灌技术与覆膜种植技术有机结合,使开发利用盐碱地、防止

次生盐碱化和改善环境质量成为可能^[5]。

膜下滴灌在新疆建设兵团的大面积推广,受到了广泛的关注,不少学者从不同方面研究了滴灌对土壤环境、作物生长的影响,取得了很好的研究成果^[6-7]。张琼等^[8]、侯振安等^[9]研究了棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布及其对棉花生长的影响;吕殿青等^[10]进行了膜下滴灌土壤盐分特性及影响因素的初步研究;李毅等^[11]对膜下滴灌技术

收稿日期:2012-09-14

基金项目:兵团青年科技创新资金计划(2011CB018,2012CB012);石河子大学校级课题(ZRKX2009D02-3, ZRKXYB-06);石河子大学 263 青年骨干教师资助项目(NX08005)

作者简介:崔 静(1980—),女,山东人,硕士,讲师,主要从事农田水资源高效利用研究。E-mail: cuijing530@sina.com。

通信作者:王海江(1980—),男,河南人,副教授,主要从事绿洲农业资源利用研究。E-mail: whj-219@163.com。

在干旱 – 半干旱地区节水抑盐灌溉中的应用也有论述。

本研究主要是以新疆膜下滴灌典型盐渍化农田为研究对象,研究自然条件下膜下滴灌不同盐分含量土壤水盐的变化特征,连续监测土壤水盐的运移过程,明确整个生育期棉田土壤水盐运移规律,建立各土层盐分含量拟合关系,以期为确定土壤次生盐碱化防治措施和田间水分管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

新疆生产建设兵团一四七团位于天山北麓中段,准噶尔盆地南缘,玛纳斯河东岸冲积平原的玛纳斯县境内。地理坐标为东经 85°52′ ~ 86°12′,北纬 44°31′ ~ 44°46′。该地区气候干旱,年平均气温在 6.5℃ ~ 7.2℃之间,一年中的最高气温出现在 7 月,平均气温 25.1℃ ~ 26.1℃,最低气温出现在 1 月,平均气温 18.6℃ ~ 15.5℃,无霜期为 168 ~ 171 d,日照充沛。土壤盐渍化严重,研究区地下水位 1.5 ~ 3.0 m,地下水矿化度 5 ~ 7 g·L⁻¹,土壤有机质含量平均为 11.4 g·kg⁻¹,全氮含量平均为 1.5 g·kg⁻¹,碱解氮含量平均为 47.7 mg·kg⁻¹,全磷含量平均为 0.78 g·kg⁻¹,速效磷含量平均为 7.2 mg·kg⁻¹,全钾含量达 10.2 ~ 35.4 g·kg⁻¹,速效钾含量平均为 318.8 mg·kg⁻¹,总体趋势为:缺磷少氮,钾丰富。在该团场的边缘分布有风沙土,保水保肥能力差。

1.2 试验设计

为确保试验结果更加接近于大田实际,本研究选取研究区自然条件下(土壤盐分无人工合成,土体无人工扰动)不同盐分含量棉田,测定其土壤初始盐分含量为:轻度盐渍化土壤 EC_{1:5} = 1 ~ 3 ds·m⁻¹,中度盐渍化土壤 EC_{1:5} = 4 ~ 7 ds·m⁻¹[12]。

棉花种植水、肥管理都采用当地普遍使用的用量,生育期施纯氮为 300 kg·hm⁻²,其中 20% 作基肥,80% 作追肥随水滴施;施等量磷、钾肥,在播种前全部做基肥一次性施入。采用膜下滴水灌水方式,整个生育期灌水 4 500 m³·hm⁻²,其中,5 月 4 日、17 日和 6 月 10 日的灌水量各为 300 m³·hm⁻²,6 月 25 日和 7 月 11 日各为 450 m³·hm⁻²,7 月 19 日、28 日、8 月 8 日和 8 月 14 日各为 600 m³·hm⁻²,8 月 26 日为 300 m³·hm⁻²。为了确保棉花出苗,播种后采用膜下滴水出苗。

1.3 取样测定

试验分别在棉花的出苗期、现蕾期、盛花期、盛铃期、吐絮期和收获后进行土壤样品采集。土壤样

品采集使用土钻法,每个土壤盐分棉田每次取 10 钻,垂直方向上每个点分 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80 cm 四个深层取土,获取的土壤样品经自然风干、过筛后进行室内水分、盐分和 pH 值测定,每个样品测定按照《土壤农化分析》^[13]中具体方法进行测定。

1.4 数据处理

研究获得的数据借助 SPSS 和 Excel 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 棉花生育期内土壤含水量分布特征

图 1 为棉花生育期内轻度盐分土壤层含水量的变化趋势,在生育前期(5 ~ 45 d)0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80 cm 土层间含水量的变化差异较大,总体趋势表现为各土层含水量生育前期含水量减少,生育后期土层含水量有所增加。前期各个土层含水量都下降,0 ~ 20 cm 土层含水量降低幅度最大,降低了 1.26%。出苗 42 ~ 80 d 后 20 ~ 40、40 ~ 60、60 ~ 80 cm 土层含水量继续下降,说明这一时期棉花生长旺盛,棉田蒸散量较大,消耗水分较多。出苗 85 ~ 120 d 各土层含水量均有所增加,说明到了生育后期,棉花的耗水量有所减少,土壤中水分含量增加。

棉花生育期内中度盐分土壤层含水量的变化趋势与轻度盐分土壤相似(如图 2),在出苗 0 ~ 23 d 之间各层含水量由于滴水有所增加,在出苗 20 ~ 72 d 之间由于棉花生长需水量的增加,土壤各土层的含水量都下降,最大降幅 60 ~ 80 cm 土层从 14.08% 下降到 10.74%,下降达到 3.34%,到了生育后期各层土壤水分含量都有所增加,这与棉花生长后期需水量减少有直接关系。整体来看,中度盐渍化棉田土壤水分含量在整个生育期略微高于轻度盐渍化棉田。

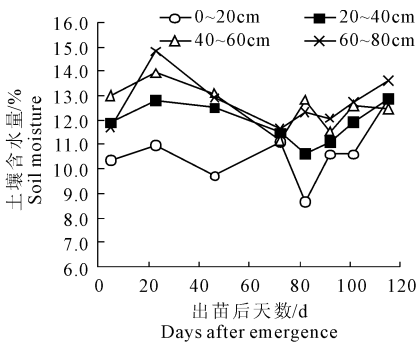


图 1 轻度盐分土壤含水量变化

Fig.1 The changes of soil moisture content in the field with mild salinity

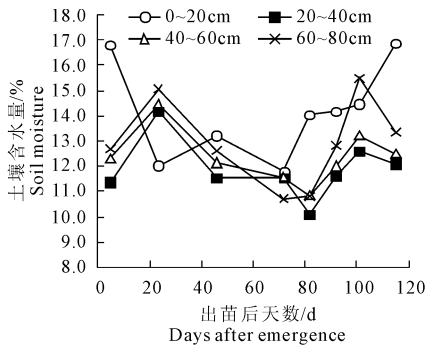


图 2 中度盐分土壤含水量变化

Fig.2 The changes of soil moisture content in the field with moderate salinity

2.2 棉花生育期土壤盐分分布特征

轻度盐渍化棉田(图 3)和中度盐渍化棉田(图 4)土壤盐分总体变化趋势都表现为:播种时土壤盐分(0~80 cm)较高,随着膜下滴水土土壤盐分含量迅速下降,到了生育后期土壤盐分含量又有增加的趋势。中度盐渍化棉田播种期盐分含量最高的是 60~80 cm 土层,盐分平均含量为 $4.95\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,0~20 cm 表层土壤盐分含量平均为 $3.3\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,随着生育期灌水,各层盐分含量都迅速下降,其中 0~20 cm 土壤盐分变幅最大($CV=0.34$),生育期盐分最低值为 $1.3\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,40~60、60~80 cm 土层盐分含量最高,尤其是在滴水前 40~80 cm 土层积聚盐分更为突出。轻度盐渍化土壤盐分趋势变化与中度盐分棉田变化趋势相似,滴水前土壤盐分含量较高,最大值 60~80 cm 土层盐分含量为 $2.4\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,0~20 cm 土壤盐分变幅也是最大($CV=0.45$),生育期盐分含量最低值为 $0.81\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,盐分的积聚层仍为 40~80 cm 土层。

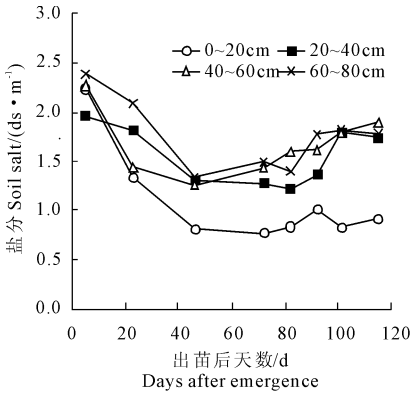


图 3 轻度盐渍化棉田土壤盐分变化

Fig.3 The changes of soil salt content in the field with mild salinity

2.3 棉花生育期含水量和含盐量关系

由图 5 可以看出,轻度盐分土壤从出苗后 5 天

棉花第一次灌溉到出苗后 23 天,土壤中的含水量由 11.75% 增加到 13.14%,而含盐量由 $2.22\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 下降到 $1.67\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,随后土壤盐分含量继续降低,出苗后 46 d 土壤盐分含量为 $1.18\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,表明随着膜下滴水土土壤中的盐分被灌溉水迅速淋洗。生育中期棉花生长旺盛,棉田蒸散量增加,土壤水分含量有所减少,但土体盐分含量基本稳定,上下变幅不大,生育后期土壤盐分含量略有增加。

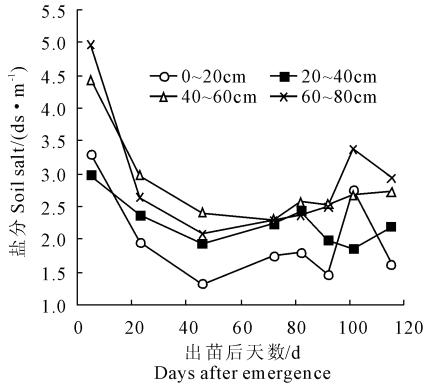


图 4 中度盐渍化棉田土壤盐分变化

Fig.4 The changes of soil salt content in the field with moderate salinity

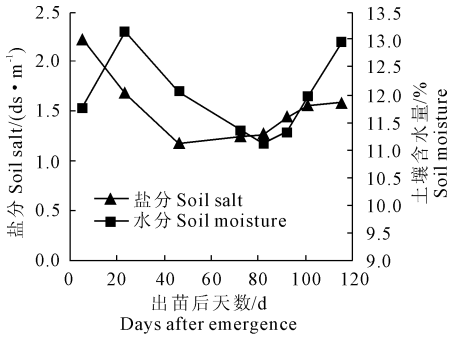


图 5 轻度盐渍化土壤含盐量和含水量变化

Fig.5 The changes of soil salt and moisture content in the field with mild salinity

中度盐渍化土壤水盐变化(如图 6)趋势和轻度盐渍化棉田基本相似,随着滴水出苗,土壤盐分含量随土壤水分含量的增加而迅速减小,其土体盐分含量由出苗后 5 d 的 $3.92\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$ 下降到出苗后 23 d 的 $2.49\text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$,随后盐分含量基本保持稳定,到了生育后期土壤盐分含量略微有所增加。从中度和轻度盐渍化土壤水分、盐分变化特点来看,膜下滴灌能够明显控制土壤盐分运移,也说明“盐随水去,水去盐存”的规律。

2.4 土壤总盐量垂直分布模型和验证

利用中度、轻度盐渍化棉田各生育期采集的不同土层 192 个数据进行分析,分别得到 0~20 cm 土

层含盐量与 0~40、0~60、0~80、40~80 cm 土层含盐量的幂函数、线性函数、对数函数模拟关系。在 0~20 cm 与 0~40、0~60 cm 的幂函数关系式中, R^2 分别为 0.8388、0.7386,相关性均达到极显著水平;在 0~20 cm 与 0~40、0~60 cm 的线性函数关系式中, R^2 分别为 0.7837、0.7367,相关性均达到极显著水平;在 0~20 cm 与 0~40、0~60 cm 的对数函数关系式中, R^2 分别为 0.7178、0.6878,相关性达到极显著和显著水平;在模拟 0~80 cm 土层盐分含量时,幂函数和线性函数达显著相关,模拟 40~80 cm 土层盐分各函数相关性均不显著。

表 1 0~20 cm 土层含盐量与 0~40、0~60、0~80、40~80 cm 土层含盐量的函数关系

Table 1 The function relationship between soil salt in 0~20 cm soil and that in 0~40, 0~60, 0~80 cm and 40~80 cm

土层/cm Soil layer	幂函数 Power function		线性函数 Linear function		对数函数 Logarithmic function	
	方程 Equation	R^2	方程 Equation	R^2	方程 Equation	R^2
0~40	$y = 1.2234x^{0.8788}$	$R^2 = 0.8388^{**}$	$y = 0.8828x + 0.2722$	$R^2 = 0.7837^{**}$	$y = 0.6761\ln x + 1.5246$	$R^2 = 0.7178^{**}$
0~60	$y = 1.337x^{0.7836}$	$R^2 = 0.7386^{**}$	$y = 0.872x + 0.3938$	$R^2 = 0.7367^{**}$	$y = 0.6743\ln x + 1.6361$	$R^2 = 0.6878^*$
0~80	$y = 1.3938x^{0.7323}$	$R^2 = 0.6872^*$	$y = 0.87x + 0.4632$	$R^2 = 0.6608^*$	$y = 0.6826\ln x + 1.7108$	$R^2 = 0.6354$
40~80	$y = 1.4789x^{0.6442}$	$R^2 = 0.4964$	$y = 0.857x + 0.6544$	$R^2 = 0.4787$	$y = 0.6893\ln x + 1.8975$	$R^2 = 0.4837$

3 结 论

1) 膜下滴灌中度、轻度盐渍化棉田土壤水分含量在整个生育期均表现出前期降低、中期稳定、后期有所增加的趋势,对比不同盐分含量土壤水分含量发现,中度盐渍化棉田土壤水分含量在整个生育期都要高于轻度盐渍化棉田。

2) 膜下滴水对不同土层深度盐分含量都有所影响,滴水前土壤各层盐分含量均较高,随着生育期滴水土壤盐分含量迅速下降,到了生育后期土壤盐分又有增加的趋势,中度和轻度盐渍化棉田都表现出 0~40 cm 土层盐分含量明显减少,40~80 cm 土层为盐分聚集层。

3) 分析比较整个生育期土壤水分和盐分变化的关系表明:随着生育期的推进,中度和轻度盐渍化棉田水分和盐分变化趋势总体相似,都表现出先降低后有所增加的趋势。膜下滴灌连续的滴水作用下可在一定时间内降低土壤盐分,但并不能从根本上消除土壤盐分和减轻土壤盐渍化的程度。

4) 建立盐渍化棉田不同土壤深层间土壤盐分含量模拟关系:在 0~20 cm 土层盐分含量与 0~40 cm、0~60 cm 的幂函数关系式中, R^2 分别为 0.8388、0.7386,在 0~20 cm 与 0~40 cm、0~60 cm 线性函数关系式中, R^2 分别为 0.7837、0.7367,均达到极显著相关。可得到用 0~20 cm 的盐分含量变化可较好

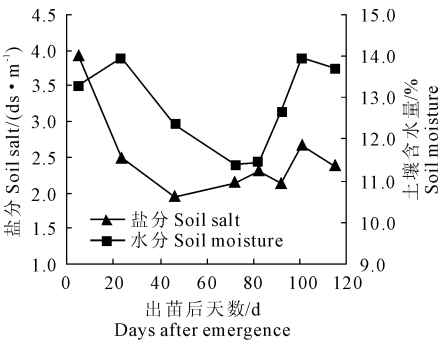


图 6 中度盐渍化土壤含盐量和含水量变化

Fig.6 The changes of soil salt and moisture content in the field with moderate salinity

的模拟出 0~40 cm 和 0~60 cm 的盐分含量变化,模拟 0~80 cm 和 40~80 cm 土壤盐分含量精度较差。

参 考 文 献:

[1] 国家环境监测总站. 中国环境年鉴[M]. 北京: 中国环境年鉴社, 2001.

[2] 顾峰雪, 施庆东, 张远东, 等. 准噶尔盆地南缘阜康绿洲水盐空间特征的初步分析[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2002, 19(1): 117-122.

[3] Nadine B, Alain P. A semiempirical model of bare soil evaporation for crop simulation models[J]. Water Resour Res, 1991, 27: 719-727.

[4] Bachmann J, Horton R, der Ploeg R R. Isothermal and nonisothermal evaporation from four sandy soils of different water repellency[J]. Soil Sci Soc Am J, 2001, 65: 1599-1607.

[5] 高 峻, 黄元仿, 李保国. 农田土壤颗粒组成及其剖面分层的空间变异分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 151-157.

[6] 张志新. 滴灌[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1991.

[7] 李明思, 康绍忠, 杨海梅. 地膜覆盖对滴灌土壤湿润区及棉花耗水与生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 49-54.

[8] 张 琼, 李光永, 柴付军. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响[J]. 水利学报, 2004, (9): 123-126.

[9] 侯振安, 李品芳, 吕 新, 等. 不同滴灌施肥方式下棉花根区的水、盐和氮素分布[J]. 中国农业科学, 2007, 40(3): 549-557.

[10] 吕殿青, 王全九, 王文焰, 等. 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.

[11] 李 毅, 王文焰, 王全九. 论膜下滴灌技术在干旱—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.

[12] 许志坤. 新疆盐碱性土的改良[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1979: 31.

[13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.