

# 非生育期春灌灌水量对土壤盐分变化的影响

孙珍珍, 岳春芳

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 通过田间小区试验,分析3个不同滴灌棉田春灌灌水量 1350、1800 和 2250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 对盐分变化的影响。试验表明:在相同灌水量下,宽行、窄行和膜间3个不同行距的脱盐效果,宽行最好;3个灌水量下,1800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 的灌水量对盐分淋洗效果较好。此结果可为当地春灌提供指导,对制定灌溉制度有一定的借鉴作用。

**关键词:** 春灌; 灌水量; 脱盐; 淋洗; 土壤盐分变化; 棉田

中图分类号: S271.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)03-0237-04

## Effect of spring irrigation in non growth period on variation of soil salinity

SUN Zhenzhen, YUE Chunfang

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** Through the field experiment, the paper analyzed the influence of three different drip irrigations of 1350, 1800 and 2250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> in spring on soil salinity variation. The experiment showed that in the same amount of irrigation, the effect of desalination for wide row is the best in the three different rows of wide, narrow and each film. Result showed that the amount of irrigation of 1800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> has the best salt leaching effect and can provide a reference for spring irrigation and has certain reference for the formulation of irrigation schedule.

**Key words:** spring irrigation; amount of irrigation; desalination; salt leaching; variation of soil salinity; cotton field

根据中国科学院遥感调查数据显示,2006年新疆灌区耕地总面积为398.78万hm<sup>2</sup>,其中盐渍化面积为127.90万hm<sup>2</sup>,占灌区耕地面积总数的32.07%,盐渍化程度已经严重威胁到新疆绿洲的生态安全,阻碍了农业可持续发展<sup>[1]</sup>。20世纪90年代至21世纪,新疆灌区主要采取了节水灌溉、农业化学改良等一系列措施,将各种单项技术进行优化组合,对盐渍土进行改良<sup>[2]</sup>。然而,随着节水灌溉技术的应用,又出现了新的土壤次生盐渍化问题。从1999年开始逐步推广膜下滴灌技术以来,土壤次生盐渍化问题慢慢显露,由“防治盐渍化”到“可能造成次生盐渍化”转变。诸多学者通过实验说明,滴灌年限越长,土壤盐分累积就越多<sup>[3]</sup>,是造成土壤次生盐渍化的主要原因之一,为了防止土壤盐渍

化,需在非生育期进行大水漫灌淋洗盐分。

国内研究非生育期灌水量对盐分的影响不是很成熟,主要集中在冬灌对盐分的影响。孙三民等<sup>[4]</sup>和刘磊<sup>[5]</sup>通过大田试验,研究冬灌对灌区盐分运移的影响,确定合适的冬灌定额;单鱼洋<sup>[6]</sup>和王在敏等<sup>[7]</sup>分别通过SALTMOD模型和HYDRUS模型,模拟预测土壤水盐运移,确定非生育期灌溉制度。本次试验在新疆巴州地区进行,由于该地区水资源匮乏,农田非生育期灌溉每年只有一次春灌,而且没有具体的灌溉方案,灌水量多的区域地下水位上升较快,引起土壤返盐;灌水量少的区域达不到洗盐压盐的目的。由此可见,制定一个合理的春灌灌水量具有一定的实际意义。本文以小区试验为研究对象,监测春灌前后土壤水分和盐分变化情况,用盐分淋

收稿日期:2014-10-10; 修回日期:2015-01-06

基金项目:新疆维吾尔自治区“十二五”重大专项(201130103-3);新疆水文学及水资源重点学科(20101202)

作者简介:孙珍珍(1990-),女,河南周口人,在读硕士研究生,主要从事农田水环境研究。

通讯作者:岳春芳(1972-),女,陕西长安人,副教授,硕士生导师,主要从事水资源管理研究。

洗率表示不同春灌灌水量下盐分淋洗效果,选取合适的春灌灌水量,为巴州地区棉田春灌提供参考。

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验区概况

试验在新疆塔里木河流域巴音郭楞管理局水利科研所(灌溉试验站)进行,位于新疆巴州地区库尔勒市西尼尔镇,地理坐标东经 86°10',北纬 41°35',为天山南麓塔里木盆地边缘孔雀河冲积平原带,海拔 895 ~ 903 m 之间;区内干旱少雨,蒸发强烈,昼夜温差大,多年平均降水量 53.3 ~ 62.7 mm,蒸发量 2 273 ~ 2 788 mm,属暖温带大陆性荒漠气候。试验区以壤土(美国农业部土壤质地分类)为主,非生育期漫灌水为矿化度 0.68 g/L 的渠系淡水。

#### 1.2 试验方案

棉花生育期为 4-11 月,非生育期为 12 月到次年 3 月。试验于 2013 年 3 月进行,试验地在 2012 年未进行冬灌。棉花种植方式为一管四行,间距 20 ~ 40 和 20 ~ 60 cm,常规管理(见图 1)。试验小区设为面积 10 × 10 m<sup>2</sup>,春灌定额设为 a<sub>1</sub>(1 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、a<sub>2</sub>(1 800 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、a<sub>3</sub>(2 250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),大水漫灌。每个处理均有一次重复。春灌前后各取一次土样,进行水盐监控。具体做法:灌前在每个小区较平整地面的相邻窄行、间行、宽行各取一个孔洞,用土钻取土,取样深度为 120 cm,从表层开始取样,10 cm 为一层。同样灌后在距灌前取样点 40 cm 左右取样。3 月 19 号灌前取土样,3 月 21 号和 22 号灌水,灌后 5 d 再次取土样,当地棉花播种时间为 4 月 20 到 4 月 30 之间。用烘干法测土壤含水率,用电导率仪 DDS-307 测定电导率值(ms/cm),通过盐分标定曲线,转换成含盐量。

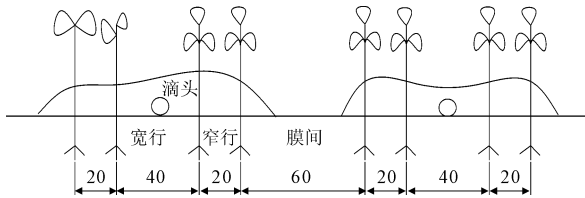


图 1 棉花种植模式

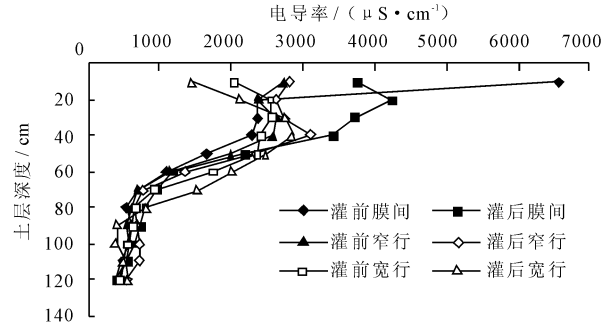
### 2 结果与分析

#### 2.1 春灌水量对不同行距脱盐效果的分析

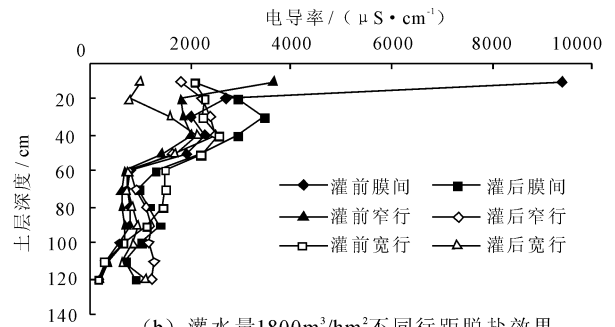
当灌前的电导率大于灌后的电导率,说明土壤脱盐;相反,则表示土壤积盐;当灌前的电导率等于灌后的电导率时,说明土壤盐分平衡。另外,用土壤

脱盐深度表示脱盐效果,即:土壤脱盐深度越深,脱盐效果越好。

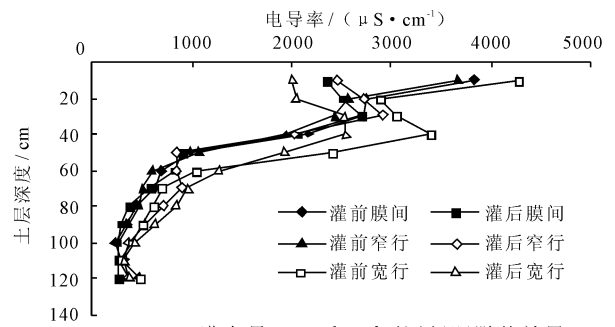
各春灌灌水量下,不同行距的脱盐效果见图 2。



(a) 灌水量1350m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>不同行距脱盐效果



(b) 灌水量1800m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>不同行距脱盐效果



(c) 灌水量2250m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>不同行距脱盐效果

图 2 灌水量对不同行距脱盐效果分析

由图 2 可知,灌水量对膜间、窄行和宽行的脱盐深度不同(表 1),即脱盐效果不同。一方面,从图中可以看出,宽行脱盐深度大于膜间和窄行,膜间脱盐深度略大于窄行,但其积盐深度远大于窄行,说明宽行的脱盐效果比膜间和窄行的脱盐效果好,膜间的又比窄行的脱盐效果略好。另一方面,从图中可以看出,灌水量对行距脱盐效果的影响只存在于一定深度,超过了某一深度就没有影响了。土壤土层 0 ~ 60 cm,灌水量对行距盐分变化影响不同;60 cm 以下,则无影响。

该地区棉田长期进行膜下滴灌,滴灌带铺在宽行,棉花生育期滴灌过程中,各行距含盐量大小:膜

间>窄行>宽行,但到生育期结束时,盐分差距不大<sup>[8]</sup>。本次试验,灌前各行距盐分几乎一致,而灌后宽行脱盐效果好的原因可能是,滴头滴水过程,使土壤孔隙度发生改变,土壤可溶性盐分降低,土壤中的盐分更容易被淋洗,虽然经过冬春季返盐后,各行距盐分含量差别不大,但明显灌后盐分更容易被淋洗的土壤,脱盐效果更好。膜间脱盐效果不好的原因可能是,生育期滴灌过程中,若滴灌流量小,没有

在地表产生积水,则膜间含水率很低,水分不能到达膜间,再加上裸露于地表,蒸发强烈,导致膜间盐分很高,所以盐分不易被淋洗。窄行的位置介于两者之间,脱盐效果比宽行的差很多,比膜间相差很小,原因可能是滴灌过程渗到窄行的水很少,导致土壤盐分的可溶性不大;另外,窄行和膜间相邻,由于盐分的空间变异性很大,导致两行的盐分互相转换,使窄行的脱盐效果不好。

表1 灌水量对不同行距脱盐效果的影响

灌水量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	不同行距不同土层深度的积脱盐情况		
	膜间	窄行	宽行
1350	0~15 cm 脱盐,15~60 cm 积盐,60 cm 以下盐分变化不大。	0~60 cm 积盐明显,60 cm 以下盐分变化不大。	0~30 cm 脱盐,30~80 cm 积盐,80 cm 以下盐分变化不大。
1800	0~20 cm 脱盐,20~50 cm 积盐,50 cm 以下盐分变化不大。	0~18 cm 脱盐,18~50 cm 积盐,50cm 以下盐分变化不大。	0~90 cm 脱盐,90 cm 以下积盐。
2250	0~30 cm 脱盐,30 cm 以下盐分变化不大。	0~20 cm 脱盐,20~40 cm 积盐,40 cm 以下盐分变化不大。	0~60 cm 脱盐,60 cm 以下积盐

## 2.2 不同灌水量盐分淋洗效果分析

由于灌水量的多少直接影响土壤总含盐量的变化,灌水量是自变量,总含盐量的变化量是因变量,灌水量与相对应的土壤盐分变化量的比值用盐分淋洗效率  $K$  表示, $K$  值越大,说明一定灌水量下盐分变化越小,即淋洗效果不好,反之,淋洗效果好。含义定义为:单位盐分变化所消耗的水量。

$$K = Q / \Delta M \quad (1)$$

式中: $K$ 为盐分淋洗效率; $Q$ 为灌水质量,kg; $\Delta M$ 为土壤总盐分的变化量,kg。

其中,土壤总盐量等于土壤质量乘以土壤含盐量。在窄、间、宽行分别取土,取计算宽度 120 cm,土层深度 10 cm,取 100 cm 的计算长度,土壤计算体积  $0.12 \text{ m}^3$ 。同一土层,用计算体积乘以相应密度乘以相应含盐量就等于这一土层的土壤总盐量。用公式表达为:

同一土层:

$$M = \rho V \theta = \rho V \theta_{\text{宽}} + \rho V \theta_{\text{窄}} + \rho V \theta_{\text{间}} \\ = \rho LH (B_{\text{宽}} \theta_{\text{宽}} + B_{\text{窄}} \theta_{\text{窄}} + B_{\text{间}} \theta_{\text{间}}) \quad (2)$$

式中: $M$ 为同一土层土壤总含盐量,kg; $\rho$ 为土壤容重, $\text{g}/\text{cm}^3$ ; $L$ 为计算长度,cm; $H$ 为土层深度,cm; $B_{\text{宽}}$ 、 $B_{\text{窄}}$ 、 $B_{\text{间}}$ 分别为宽、窄、间行的宽度,cm; $\theta_{\text{宽}}$ 、 $\theta_{\text{窄}}$ 、 $\theta_{\text{间}}$ 分别为宽、窄、间行的含盐量, $\text{g}/100\text{g}$ 。

根据质量守恒原理,土壤总盐分的变化量等于灌前土壤总含盐量与灌后土壤总含盐量之差。即:

$$\Delta M = M_{\text{前}} - M_{\text{后}} \quad (3)$$

式中: $M_{\text{前}}$ 为灌前土壤总含盐量,kg; $M_{\text{后}}$ 为灌后土壤总含盐量,kg。

$$\text{总灌水量: } Q = q \rho_{\text{水}} S \quad (4)$$

式中: $Q$ 为总灌水量,kg; $q$ 为单位面积灌水量, $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ; $\rho_{\text{水}}$ 为水的密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $S$ 为计算面积, $\text{hm}^2$ 。

由于棉花根系主要集中在土壤土层 0~60 cm 处,所以只考虑这一深度土层的淋洗效果。式(1)的计算是每一层的质量,一层为 10 cm,所以 0~60 cm 处的盐分累积的质量是前面 5 层的累计值。计算结果见表 2。

表2 不同灌水量,0~60 cm 淋洗率的计算结果

灌水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	$M_{\text{前}}/\text{kg}$	$M_{\text{后}}/\text{kg}$	$\Delta M/\text{kg}$	$Q/\text{kg}$	$K$
1350	20.48	21.77	-1.29	0.162	-0.125
1800	20.93	14.41	6.52	0.216	0.033
2250	21.24	16.05	5.19	0.27	0.052

由表 2 可知,在  $1350 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  的灌水量下, $\Delta M$  小于零,说明灌后的盐分大于灌前的盐分,使 0~60 cm 土壤土层整体产生了积盐,导致这种现象的原因是,盐随水动,灌水量较少,盐分随水分到达不了土壤深层,紧接着强烈的蒸发将未淋洗的盐分又带回土壤表层,导致盐分增加,达不到淋洗盐分的效果。

在  $1\ 800\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的灌水量时,  $\Delta M$  大于零,说明  $0 \sim 60\ \text{cm}$  土壤土层整体脱盐,达到了淋洗的目的,  $K$  值为  $0.033$ 。在  $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的灌水量时,与  $1\ 800\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的一样都达到了淋洗效果,  $K$  值为  $0.052$ 。 $K$  值越大说明淋洗效果越不好,即在  $1\ 350$ 、 $1\ 800$  和  $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的灌水量下,  $1\ 800\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的灌水量的淋洗效果最好。

### 3 结 语

(1) 在土壤土层  $60\ \text{cm}$  以下,灌水量对不同行距的盐分变化无影响。在土壤土层  $0 \sim 60\ \text{cm}$  处,宽行、窄行和膜间不同行距的脱盐效果不同,其中宽行的脱盐效果最好。

(2) 比较  $1\ 350$ 、 $1\ 800$ 、 $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  3 个灌水量的效果,  $1\ 800\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  的淋洗效果最优;  $1\ 350\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  灌水量太小,达不到淋洗目的;  $2\ 250\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  灌水量过大会导致地下水位上升,在没有排水的情况下,盐分会随着地下水位的上升而上升,也达不到淋洗盐分的目的。

本结论可为该地区棉田春灌提供参考,对于有土壤盐渍化影响的地区制定灌溉制度也有借鉴作用。但是影响盐分变化的因素有很多,如土质、地下水位及矿化度、初始含盐量、灌水量和灌水时间等

等,本次试验只考虑灌水量一种因素进行分析,建议把灌水、地下水位和排水这一灌排相结合的系统,综合考虑,确定合适的棉田春灌制度。

### 参考文献:

- [1] 亓沛沛,冉圣宏,张凯. 不同灌溉方式和作物类型对西北干旱区耕地土壤盐渍化的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(4):780-785.
  - [2] 胡明芳,田长彦,赵振勇,等. 新疆盐碱地成因及改良措施研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(10):111-117.
  - [3] 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.
  - [4] 孙三民,安巧霞. 塔里木灌区冬灌对盐分运移的影响[J]. 塔里木大学学报,2008,20(4):34-37.
  - [5] 刘磊. 干旱区棉花膜下滴灌水盐运移规律及数值模拟研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
  - [6] 单鱼洋. 干旱区膜下滴灌水盐运移规律模拟及预测研究[D]. 北京:中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心),2012.
  - [7] 王在敏,何雨江,靳孟贵,等. 运用土壤水盐运移模型优化棉花微咸水膜下滴灌制度[J]. 农业工程学报,2012,28(17):63-70.
  - [8] 杨鹏年,董新光,刘磊,等. 干旱区大田膜下滴灌土壤盐分运移与调控[J]. 农业工程学报,2011,27(12):90-95.
- 
- (上接第 236 页)
- [3] 李飞,罗明文,张运鑫,等. 基于 RBF 神经网络的农业需水量预测[J]. 人民黄河,2008,30(8):62-63+66.
  - [4] 田雨波. 混合神经网络技术[M]. 北京:科学出版社,2009.
  - [5] 王雷. 支持向量机在汽轮机状态监测中的应用[M]. 北京:北京师范大学出版社,2012.
  - [6] 崔东文. 支持向量机在湖库营养状态识别中的应用[J]. 水资源保护,2013,29(4):26-30.
  - [7] 崔东文. 支持向量机在水资源类综合评价中的应用研究——以全国 31 个省级行政区水资源合理性配置为例[J]. 水资源保护,2013,29(5):20-27.
  - [8] 王小川,史峰,郁磊,等. MATLAB 神经网络 43 个案例分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2013.
  - [9] 史峰,王辉,郁磊,等. MATLAB 智能算法 30 个案例分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.
  - [10] 董晓华,刘超,喻丹,等. 基于平均线性粒子群算法的人工神经网络在径流预报中的应用[J]. 水文,2013,33(5):10-15.
  - [11] 田文奇,和敬涵,姜久春,等. 基于自适应变异粒子群算法的电动汽车换电站充电调度多目标优化[J]. 电网技术,2012,36(11):25-29.
  - [12] 龙文,梁昔明,龙祖强,等. PSO-LSSVM 灰色组合模型在地下水埋深预测中的应用[J]. 系统工程理论与实践,2013,33(1):243-248.
  - [13] 白春华,周宣赤,林大超,等. 消除 EMD 端点效应的 PSO-SVM 方法研究[J]. 系统工程理论与实践,2013,33(5):1298-1306.
  - [14] 崔东文. 多隐层 BP 神经网络模型在径流预测中的应用[J]. 水文,2013,33(1):68-73.