

膜下滴灌布置方式对土壤水盐运移和产量的影响

汪昌树, 杨鹏年, 于宴民, 邸飞艳, 黄繁昌
(新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 以棉花主要根系层各生育期保持适宜土壤含水率为灌水目标, 设置一膜单管四行和一膜双管四行两种毛管布置方式, 以 TRIME-T3 管式 TDR 测定土壤含水率指示灌水, 开展膜下滴灌大田试验, 研究了干旱区膜下滴灌棉田土壤水盐运移规律及分布特征, 并对不同滴灌模式下的棉花产量和灌溉水生产效率进行评价。结果表明: 膜下滴灌单、双管布置棉花生育期内灌溉定额分别为 390、550 mm; 双管布置在 10~40 cm 棉花主要根系层形成适宜作物生长的淡化脱盐区, 生育期内棉花主要根系层土壤含水率处于适宜的范围, 灌水均匀度高, 控盐效果好, 棉花生长不受水盐胁迫; 单管布置盐分随水分运移至湿润锋边缘至外行, 棉花主要根系层有积盐的趋势, 加上滴头流量大, 不利于淡化脱盐区的形成。膜下滴灌毛管布置方式决定土壤水盐分布特征, 进而影响植株对水分和养分的吸收, 单、双管布置棉花产量分别为 5 355、6 075 kg·hm⁻², 灌溉水生产效率分别为 1.38、1.11 kg·m⁻³, 单管布置灌溉水生产效率较高。

关键词: 膜下滴灌; 毛管布置; 水盐运移; 灌溉水生产效率; 产量
中图分类号: S275.6 **文献标志码:** A

Effect of different pipe arrangements on soil water-salt transport and yield of cotton under mulched drip-irrigation

WANG Chang-shu, YANG Peng-nian, YU Yan-min, DI Fei-yan, HUANG Fan-chang
(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: The soil water content for the main root layer of cotton at growth stages was kept constantly favorable in the experiment, with different treatments including a single pipe (drip-irrigation pipe) and two pipes on four rows of cotton planting. In addition, TRIME-T3 tubular TDR was employed to measure the soil water content, the water-salt transportation and salt distribution characteristics was studied to evaluate the cotton yield and irrigation water use efficiency under different pipe arrangement in arid area. The results indicated that the irrigation quota for single pipe and two pipes treatment under mulched drip-irrigation were 390 mm and 550 mm, respectively, during the whole growth period of cotton. Two pipes treatment resulted in desalination areas which fitted for the growing of cotton in the main root layer of 10~40 cm depth, the soil water content was in appropriate range, had higher irrigation uniformity and a beneficial effect on the controlling of salt, and the cotton growth was not affected by water and salt stress. The single pipe treatment showed that the salt transport was followed with water movement to the edge of wetting front, and the salt accumulation occurred in the main root layer of cotton. The larger dropper flow was not conducive to the formation of the desalination area. The drop-irrigation pipe arrangement influenced the soil water-salt distribution characteristic, and then affected the water and nutrients absorption of cotton, with the single pipe and two pipes arrangements having the yield of 6 075 kg·hm⁻² and 5 355 kg·hm⁻², and the irrigation water use efficiency of 1.11 kg·m⁻³ and 1.38 kg·m⁻³ respectively. The single pipe treatment can obtain higher irrigation water use efficiency.

Keywords: mulched drip-irrigation; pipe arrangements; water-salt transport; irrigation water use efficiency; yield

收稿日期: 2015-06-20
基金项目: 新疆维吾尔自治区“十二五”重大科技专项(201130103-3); 中德合作“中国塔里木河流域沿河绿洲的可持续管理(SuMaRi-O)”; 新疆维吾尔自治区水文学及水资源重点学科资助(xjswszyzdk20101202)
作者简介: 汪昌树(1989—), 男, 河南杞县人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区水资源利用与保护。E-mail: yulong1989@126.com。
通信作者: 杨鹏年(1966—), 男, 甘肃武威人, 教授, 硕士生导师, 主要从事干旱区水资源利用研究。E-mail: ypn10@163.com。

新疆干旱少雨,蒸发强烈,棉田多为改良后的轻度盐渍化土^[1],土壤水盐运移活跃,膜下滴灌是将覆膜种植与滴灌相结合的灌溉技术,具有显著的节水、增产等效果^[2]。通过应用分析各种节水灌溉技术,膜下滴灌在新疆出现是一种必然的结果^[3]。除棉花外,膜下滴灌已经推广应用于蔬菜、瓜果等作物。新疆地域广阔,各地的气候、土壤条件不同,膜下滴灌的种植及毛管布置方式也不尽相同,因此研究精准灌溉、不同滴灌模式下的土壤水盐运移规律,对实现干旱区节水抑盐有重要的意义。

20 世纪 90 年代以来,国内外学者围绕干旱区膜下滴灌的布管方式进行了试验研究。如滴灌棉花一膜单管四行与双管的年运行费用对比,形成的群体结构、长势、产量及品质等^[4-6]。点源滴灌滴头流量对土壤湿润体的大小和形状均有影响,对湿润宽度的影响较湿润深度大,对于黏性土壤,湿润锋水平方向运移速率和滴头流量呈正相关,滴头流量越大,土壤湿润体越宽浅^[7]。单、双管布置棉花膜下滴灌湿润比分别取 65%、55%~65%,通过比较不同毛管间距得出单管布置较好^[8]。开发利用原生盐碱地及防治次生盐碱化是干旱半干旱地区土地资源可持续利用的重要内容^[9]。膜下滴灌条件下,土壤水分围绕着滴头分布,盐分随着水分向湿润锋边缘运移,土壤含盐量最大值出现在距离滴头 30 cm 左右的水平方向^[10]。滴头附近土壤含盐量较低,土壤盐分主要积聚在湿润锋边缘^[11-13]。膜下滴灌土壤盐分的积累与灌溉制度、气候及土壤条件等有关,灌后土壤水盐运移的基本特征已在部分研究成果中论述^[14-16]。棉花苗期,土壤盐分开始分区,盐分在膜间 0~40 cm 深度积聚,侧向运移加剧膜间土壤盐分的累积,生育期结束后,土壤 0~60 cm 土层盐分增加;单次滴灌后,土壤剖面内的盐分定向重分布,形成脱盐区、稳定区与积盐区,0~40 cm 深度,双管对表层盐分重分布的作用大于单管,0~80 cm 深度对剖面盐分重分布的作用弱于单管,剖面土壤盐分受灌水周期的影响^[10,17-18]。在砂土、砂壤土地块采用双管布置,重壤土、粘土、粉土可以根据当地气候条件有选择地采用单管布设^[19]。截至目前,新疆棉花均采用宽膜种植,膜宽 0.7~2.3 m 不等,棉花膜下滴灌主要有一膜单管四行、一膜双管四行与机械采棉等毛管布置方式,该方面的研究主要集中于投入产出比和作物需水量等。

本研究依据相关试验,研究了不同滴灌毛管布置方式对土壤水盐运移规律和分布特征的影响,量化了不同布管方式棉田的产量与灌溉水生产效率,

对总结干旱区膜下滴灌棉田节水控盐与高产的灌溉制度、农业生产实践和膜下滴灌的进一步推广应用具有重要的参考价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2014 年 5—10 月在新疆巴州重点灌溉试验站进行,该地地处 E86°10'24",N41°35'14",地表高程 895~903 m。区域内光热资源丰富,降雨稀少,蒸发强烈,年降水量 53.3~62.7 mm,蒸发量 2 273~2 788 mm (E_{p20} 蒸发皿)。试验区年平均气温 11.5℃,最低气温 -30.9℃,最高气温 42.2℃,全年≥10℃积温 4 121.2℃,无霜期 191 d,全年平均日照时数 3 036.2 h;年平均风速 2.4 m·s⁻¹,最大风速 22 m·s⁻¹。土质以粉砂和砂壤土为主,地表以下 100 cm 土层的干容重 1.43~1.84 g·cm⁻³,平均容重 1.69 g·cm⁻³,地下水埋深 6 m 左右,变化不大。灌溉地表水为孔雀河来水,电导率 0.65 dS·m⁻¹,矿化度 0.49~0.62 g·L⁻¹,田间持水量 16% (重量含水量),萎蔫系数 6%。

1.2 试验设计

棉花品种为新陆中 21 号,2014 年 4 月中旬播种。采用一膜单管四行与一膜双管四行的毛管布置方式,每个处理设置 3 次重复,播种间距 20 cm-40 cm-20 cm-60 cm,膜间(未覆膜)宽 40 cm,株距 10 cm;膜宽 125 cm,实际覆地宽约 100 cm(图 1)。单管布置毛管铺设于膜下宽行中间,双管毛管铺设于膜下窄行,滴头流量分别为 3.2、1.6 L·h⁻¹,滴孔间距均为 30 cm。试验小区规格为 10 m×17 m,根据田块随机布设,小区间采用 60 cm 宽的聚氯乙烯塑料膜隔离以消除水分的横向渗流,灌水量由软管末端的水表控制,管理栽培措施同当地大田生产。

1.3 研究方法

在试验小区中间毛管滴头处布设 TRIME-T3 管式 TDR 所用的由 TECANAT 制成的透明塑料管,以 TRIME-T3 管式 TDR 每天上午监测指示灌水,监测间隔为 10 cm、深度至 70 cm,同时监测棉花根系及地上部分生长情况。试验站设有自记式美国 Davis 小型气象站 WATCHDOG。试验采用不间断监测,出现降雨情况,继续进行监测。根据棉花各生育期设定的灌水上下限,计算次灌水量并换算到试验小区(表 1),棉花各生育期次灌水量计算公式为:

$$m = 667 \times F_c \times z \times p \times (\theta_{\max} - \theta_{\min})$$

式中, m 为各生育期次灌水量(m³·667m⁻²); F_c 为田间持水量(%); z 为土壤计划湿润层深度(m),蕾期

取 0.4,花铃期与吐絮期取 0.6; p 为湿润比,取 0.7; 下限。
 $\theta_{\max}$ 为灌水上限(相对田间持水量水平), $\theta_{\min}$ 为灌水

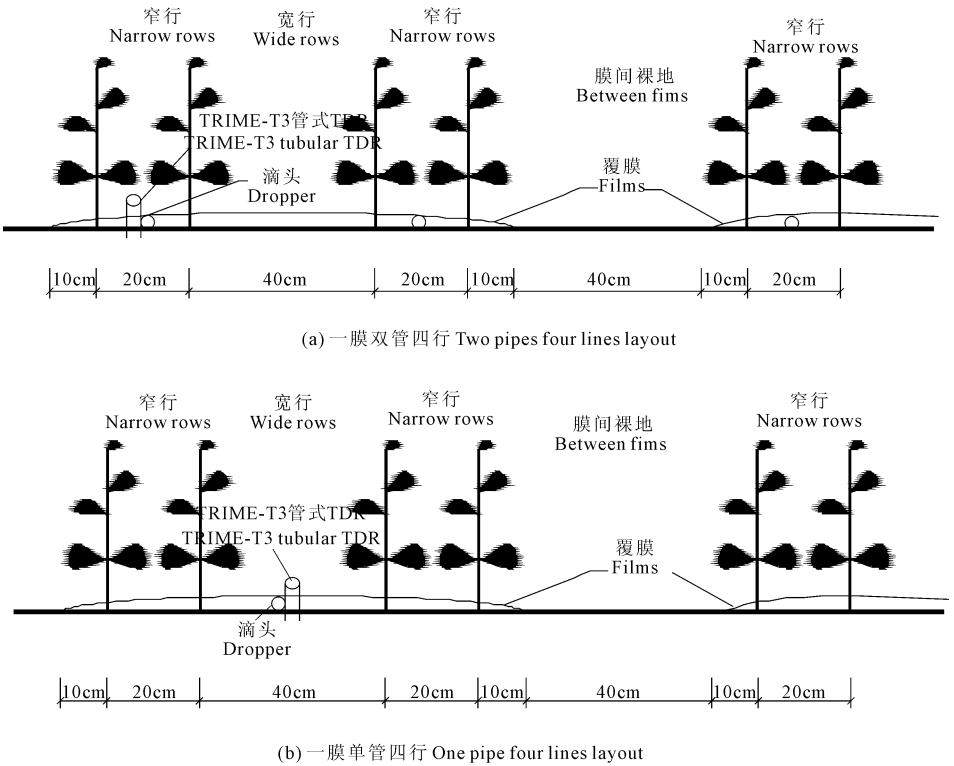


图 1 田间棉花种植与滴灌带布局

Fig.1 Sketch of cottons and pipes for drip-irrigation

表 1 试验灌水设计

Table 1 Design of irrigation

项目 Item	蕾期 (06 - 13—07 - 05) Budding stage	花期 (07 - 06—08 - 05) Blossoming stage	铃期 (08 - 06—09 - 01) Boll forming stage	吐絮初期 (09 - 02—09 - 25) Boll opening stage	合计 Total
时长 Time interval/d	22	30	26	23	101
田间持水量 Field capacity/%			25.4		
灌水下限 Lower limit/%	55	65	65	55	
灌水上限 Upper limit/%	80	90	100	80	
次灌水量 Irrigation amount/mm	15	22	35	20	
灌水次数 单管 One pipe	3	5	5	3	16
Irrigation times 双管 Two pipes	4	5	8	5	22

1.4 样品采集与制备

试验于 6 月 17 日灌头水,灌前取本底样,在试验小区棉花长势均匀且无少苗处、垂直滴灌带方向相邻的膜间、窄行、宽行取样,之后隔 15 天取一次样,深度为 100 cm,0 ~ 60 cm 每 10 cm 取一个样品,60 ~ 100 cm 每 20 cm 取一个样品。采用烘干法测量土壤含水率,1:5 的土水浸提液采用电导法测量电导率值,将每个处理 3 次重复的测量值计算平均值,得到不同深度层的分析资料。

2 结果与分析

单、双管布置生育期内灌溉定额分别为 390、550 mm,分别灌水 16、22 次。以钻取测量得到的棉花主要根系层 40 cm 为间隔,对比分析样品资料,这与文献[10]、[12]关于膜下滴灌土壤水盐运移研究的结论一致。

2.1 土壤水分动态变化

不同滴灌毛管布置下棉花生育期 0 ~ 3、10 ~ 40、50 ~ 100 cm 土层的水分动态变化见图 2,对棉花主

要根系层 10~40 cm 重点分析。滴灌毛管布置方式不同,土壤剖面水分动态变化有所差异,土壤表面湿润半径的大小、垂直下渗的深度不同。灌水在毛管滴头处以点源三维空间入渗,水分向水平和垂直方向扩散,毛管布置方式决定了滴灌湿润范围与形状,滴头处土壤含水率最大,膜间表层最小。双管布置滴灌毛管铺设于膜下窄行,灌水在棉花土壤耕作层形成充足的水分条件,随着生育期的推进,次灌水量增加,表层与棉花主要根系层土壤含水率呈上升的趋势。灌水在 10~40 cm 土层湿润体内水平运移至膜间与宽行,形成水分补给,深层土壤含水率膜内与膜间动态变化相似,呈波动变化。单管滴灌毛管铺

设于膜下宽行的中间,灌后宽行土壤含水率明显升高,尤其是表层土壤,膜间最小。随着次灌水量的增加、入渗时间延长,膜下 10~40 cm 土壤含水率呈轻微的波动变化,灌水积聚于滴灌毛管形成的湿润体内,湿润体不断扩大,体内土壤含水率不断升高,灌水在整个膜下剖面主要根系层运移。因膜间距毛管较远以及膜边的阻隔,灌水难以运移至膜间,加上长期裸露,土壤含水率、水势较低。膜下有覆膜阻隔,在近地表温度与湿度较高,抑制了土壤水分的蒸发及垂向运移,土壤含水率较高,加上外界气温产生的水汽回落,使湿润更趋于均匀。

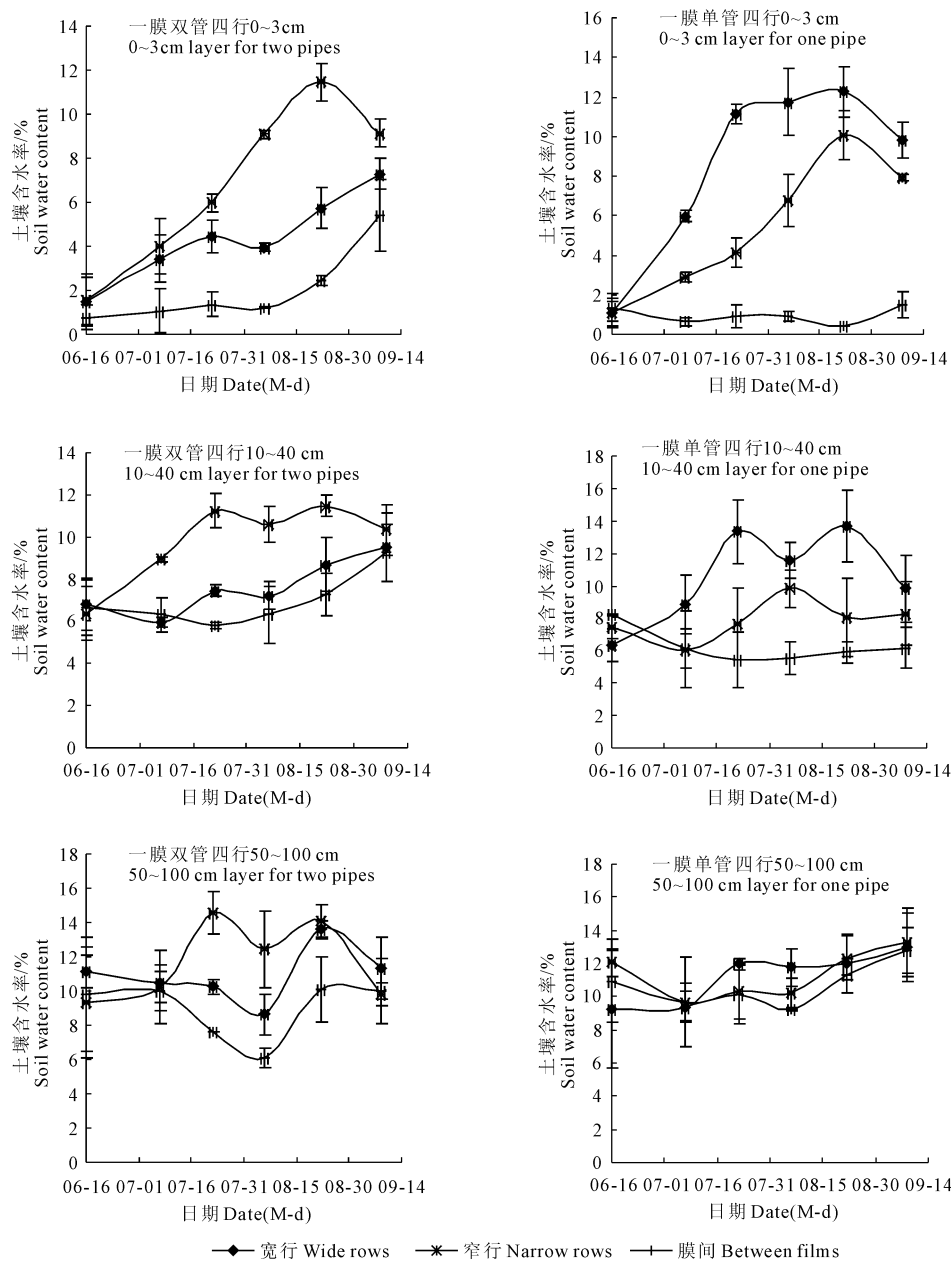


图 2 不同滴灌模式不同根区土壤含水率的动态变化

Fig.2 Dynamic changes of soil water content under different drip-irrigation patterns

灌后水分在蒸发蒸腾及土壤势梯度作用下进入第二阶段的入渗,滴灌湿润体内部土壤水分再分布。双管布置表层窄行土壤含水率呈直线上升至 11.45% 后趋于稳定,宽行与窄行变化趋势相似,但过程较慢。生育期内窄行 0~3、10~20、20~30、30~40 cm 土层土壤含水率分别为 8.95%、11.23%、10.57%、11.46%、10.35%,相对田间持水量分别为 64%、80%、76%、82%、74%,在棉花需水的敏感期(花铃期),土壤含水率保持相对田间持水量的 60%~80%,满足棉花的生长需要^[20]。宽行土壤含水率变化与生育期呈正相关,表明灌水水平方向扩散半径在 30 cm 左右。窄行 50~100 cm 土层土壤含水率增大,产生深层渗漏,湿润体为窄而长的“胡萝卜”状,表明过量的灌水是无意义的。单管滴头流量大,表层宽行土壤含水率增至 11.75% 后保持稳定,窄行土壤含水率最高时达 10%,表明随着灌水时间延长,滴头处形成积水。宽行 0~40 cm 土层土壤含水率平均为 11.5%,波动不大,窄行 0~3、10~20、20~30、30~40 cm 土层土壤含水率分别为 6.06%、7.65%、9.82%、8%、8.3%,相对田间持水量分别为 44%、55%、71%、57%、60%,生育期内产生不同程度的水分胁迫。50~100 cm 土层土壤含水率宽行随着次灌水量的增大而升高,膜间与窄行在灌水后期增大,随着次灌水量增大,灌水在水平和垂直方向的影响范围增大,湿润体近似“洋葱”状,为浅而宽的球体。

对比两种布管方式不同根区土壤含水率的动态变化,膜下剖面 40 cm 以上土层土壤含水率升高,越接近表层,升高幅度越大,灌后随着土壤深度的增加,土壤含水率的升高幅度逐渐减小,40 cm 深度以上土壤含水率呈波动变化,总体处于上升的趋势,40

cm 以下土层变化不明显,深层土壤含水率明显小于 40 cm 以上土层升高的垂直范围,处于稳定的状态,和膜间土壤含水率变化相似。灌水稳定后,灌水大部分逐渐下移,双管布置部分水分移至膜间后垂直上移,形成蒸发,单管因深层渗漏形成的无效水较多。双管布置 10~40 cm 土层宽行土壤含水率在进入盛铃期后明显增大,原因是随着生育期的延长次灌水量增加,水分水平扩散范围增大,膜下相邻两毛管的湿润体形成交汇,水分深层渗漏。

2.2 不同滴灌毛管布置方式棉花不同根区土壤盐分动态变化

为了直观对比不同滴灌毛管布置方式生育期内整个剖面土体电导率的变化,依据棉花种植方式选取 0.7 m×1 m 的剖面,即宽深分别为 0.7、1 m 的由膜间至宽行间的代表剖面,分析 0~100 cm 深度土壤电导率累计值(即膜间至宽行间 0~3、10~40、50~100 cm 各个重复平均值的累加)的变化。图 3 表明土壤盐分分布均为前期升高、中期开始降低、后期又升高的波动变化。从灌水淋洗角度看,盐分随着水分产生运移,在膜下滴头处形成脱盐区,盐分向水平与垂直方向扩散,最后运移至湿润体边缘形成积聚,为积盐区。从统一土水势理论,土壤盐分受蒸发蒸腾作用的影响,膜间无水分的淋洗,盐分不断积累,膜下土壤含水率较高,总的土水势较大。0~3 cm 土壤电导率值较大,主要是膜间表层积盐所致,10~40 cm 土壤主要根系层较稳定,受灌水与蒸发蒸腾作用的影响,50~100 cm 土层盐分随着灌水的垂直运动在滴灌毛管垂直方向形成积累,为典型的积盐区。

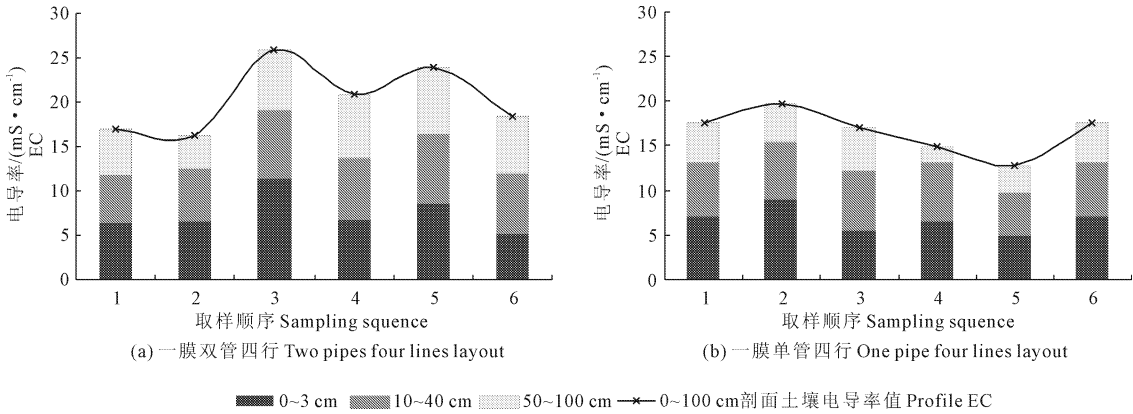


图 3 不同滴灌模式土壤剖面 0~100 cm 深度土壤电导率

Fig. 3 Profile of soil EC in 0~100 cm depth under different drip-irrigation patterns

膜下滴灌为局部灌溉,水分由地表进入土壤,地膜覆盖抑制了棵间蒸发,土壤盐分主要随水分向下

运移。0~3、10~40、50~100 cm 土层土壤电导率的动态变化见图 4。滴灌毛管布置方式不同使土壤盐

分的运移规律与分布特征差异明显。双管表层窄行电导率降幅明显,随着生育期的推进,次灌水增加,以滴灌毛管为线源形成两个脱盐带,宽行与膜间呈增长趋势,分别由随水运移和蒸发蒸腾所致。10~40 cm 深度,窄行处于湿润体的中心,盐分被驱于主要根系层以外,在动态变化中较稳定,整个生育期主要根系层保持适宜的盐分环境。宽行、膜间处于湿润体边缘,盐分随水分进入该区域后进行重分布,膜间受蒸发蒸腾作用产生垂向的运移,宽行因覆膜的作用保持稳定。50~100 cm 土层窄行电导率明显高于膜间与宽行,为典型的积盐区。单管布置表层宽

行土壤盐分最低,窄行与膜间相对稳定。10~40 cm 土层宽行和双管窄行变化相似,为稳定区,但随着施肥停止,盐分随水分运移至深层土壤,形成脱盐区。外行棉花根系层处在滴灌湿润体边缘,盐分积聚,棉花生长受盐分胁迫。50~100 cm 土层宽行与窄行在生育期末盐分增大,为积盐区,膜间产生微弱的波动。总体上,水平方向上,膜下毛管滴头处土壤盐分含量最小,形成淡化脱盐区,在湿润体边缘形成积盐区,垂直方向上,盐分随水分垂向运移,至深层土壤产生积聚,为积盐区。

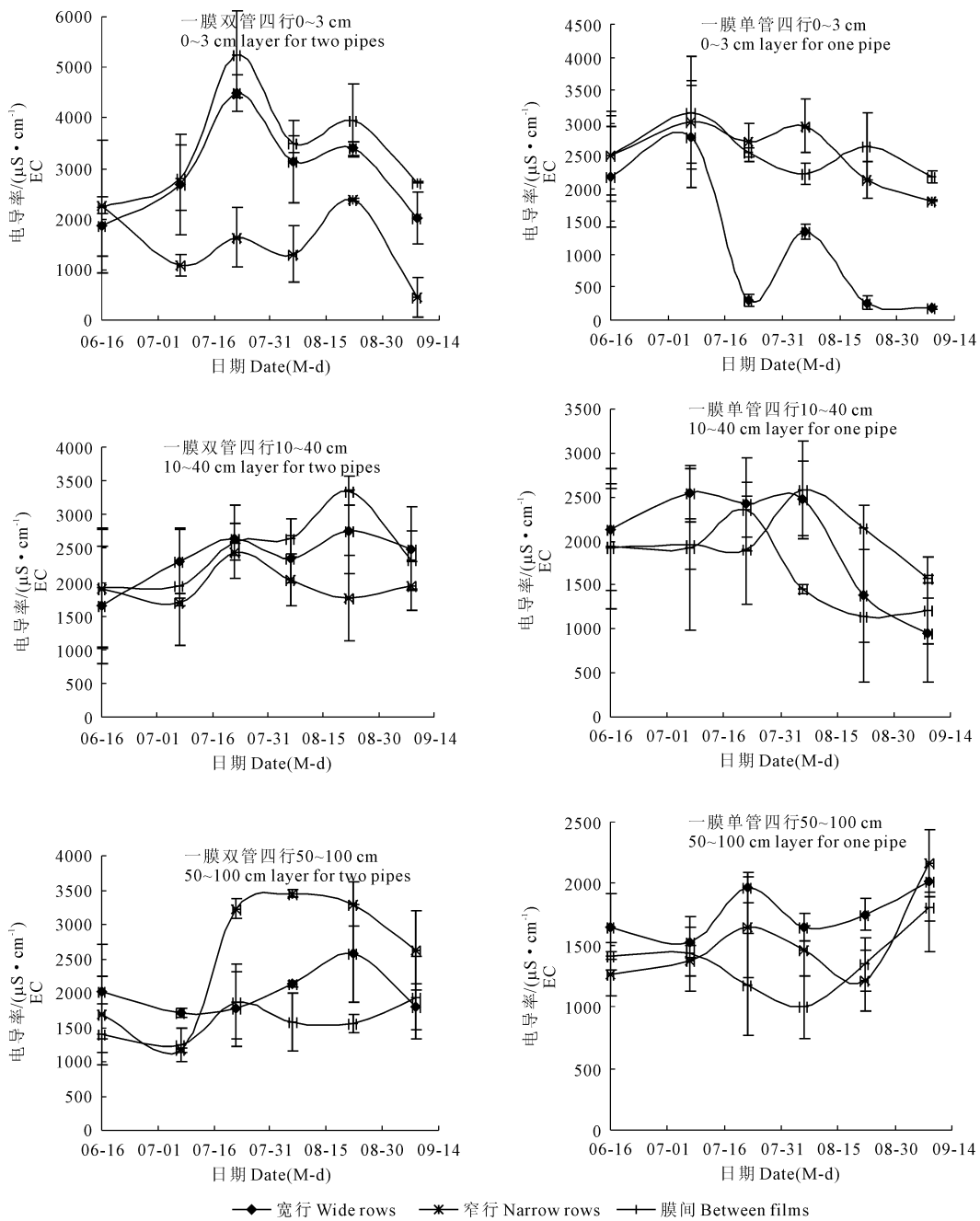


图 4 不同滴灌模式不同根区土壤电导率的动态变化

Fig.4 Dynamic changes of soil EC under different drip-irrigation patterns

灌水影响范围内,土壤电导率值的动态变化与含水率相反,灌后膜下 40 cm 以上土壤盐分含量降低,表层最明显。双管布置在水平方向上,盐分运移至宽行与膜间,表层宽行电导率值是窄行的 2.3 倍,膜间最高,原因是土体盐分由于蒸发作用在表层积聚。10~40 cm 相同土层土壤电导率窄行最低,在水分淋洗下保持稳定,随着花铃期次灌水量的增加,灌水在宽行形成交汇,窄行与宽行盐分下降,在后期处于稳定的状态,膜间最大。50~100 cm 土层随着次灌水量的增加,盐分呈增大的趋势,膜间与宽行相对稳定。单管膜下表层土壤盐分淋洗明显,膜间保持稳定。10~40 cm 土层宽行盐分波动较大,表明次灌水量增加,盐分随水分运移至湿润体的边缘,但外行棉花根区受盐分胁迫。50~100 cm 宽行土壤盐分增加,为积盐区。

对比两种布管方式土壤盐分的动态变化,双管以滴灌毛管为线源在棉花主要根系层土壤形成两个淡化脱盐区,在湿润峰边缘远离根区形成积盐,窄行 10~40 cm 土层盐分被驱至根系层以外,进入膜间、

宽行及窄行的深层。单管滴头流量大,土壤盐分随水分波动范围广,盐分在窄行棉花根系层积聚。随着次灌水量增加,单管滴头流量大,在滴头处形成积水,对水分水平扩散运移速度与范围的影响大于垂直方向,不利于形成淡化区,双管湿润锋在宽行形成交汇,盐分随水分淋洗出主要根系层,控盐效果较好。

2.3 棉花生长性状及测产结果

棉花生育期结束后进行分小区采摘,不同滴灌模式籽棉产量见表 2,双管(550 mm·22 次⁻¹)的产量(6 075 kg·hm⁻²)高于单管(390 mm·16 次⁻¹)的产量 5 355 kg·hm⁻²,灌溉水生产效率分别为 1.11、1.38 kg·m⁻³。双管耕作层土壤水分分布均匀,棉花主要根系层(湿润体内)无水分胁迫且土壤盐分受到显著淋洗,降低了盐分对棉花的危害。单管布置灌溉水生产效率高(1.38 kg·m⁻³),但外行植株在生育期内受到水盐胁迫。双管主要根系层土壤水分补给充足,棉花生长旺盛,导致收获时植株密度降低,但单株产棉比一膜单管高出 11.96 g,为 43.55 g·株⁻¹,采用双管布置时可相应降低种植密度,以节约投资。

表 2 不同滴灌模式棉花农艺性状及产量分析						
Table 2 Analysis of cotton agronomic characters and yield under different drip-irrigation patterns						
处理 Treatment	籽棉产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	平均值 Average /(kg·hm ⁻²)	标准偏差 Standard deviation	收获株数 Total plants /(plant·hm ⁻²)	单株产棉/g Yield /per plant	灌溉水生产效率 Irrigation water productivity/(kg·m ⁻³)
一膜双管四行 Two pipes	6330	6075	290	139500	43.55	1.11
	5760					
	6135					
一膜单管四行 One pipe	5595	5355	256	169500	31.59	1.38
	5370					
	5085					

3 讨 论

基于 TRIME-T3 管式 TDR 测定土壤含水率指示的灌水,单、双管生育期内灌溉定额不同,分别为 390、550 mm,双管多 6 次灌水。滴灌毛管布置方式受土壤、气候条件及滴头流量、湿润锋半径等很多因素影响,毛管间距对棉花产量和品质影响较大,不同毛管布置毛管间距差别很大,有研究得出适宜棉花生长的毛管间距^[4],粘土湿润锋的范围^[6],保证作物根系良好发育的毛管布置^[21],上述均是在已定灌溉定额下进行棉花膜下滴灌毛管布置方式的试验。本研究基于水分最大限度的利用得出的不同灌水模式比较,未依据实际经验,设计灌水定额、灌水率及湿润比等^[19]在相同灌水下的结论,存在一定程度的局

限性。进行在既定灌水定额、灌水次数及灌水时间下不同布管方式水盐运移规律的试验,可为进一步选择合理的棉花膜下滴灌方式进行补充。文中灌水稳定后,双管布置在主要根系层形成充足的供水空间,单管棉花受水分胁迫,若能将灌水与作物需水相结合,提高产量,可消除高效用水与高产的矛盾。不同滴灌模式的湿润剖面、深度及半径不同,表明单管布设需增加灌水定额满足外行棉花的需水,即采用单管布置需加大灌水和灌溉定额,尽可能提高滴水强度,增大湿润的宽深比来满足作物需水^[5]。在种植方式相同的情况下,单管布置外行和内行植株有所差异,形成了一个“双层”群体结构,使棉花生长具有梯次性,创造了一个良好的二层空间^[6]。试验为一年棉花生育期资料,棉花的耗水、产量及试验土壤

本底盐分含量在不同的年季气候变化下都有所不同,应因地制宜地选择棉花高产、稳产、节水的布管方式。

4 结 论

1) 布管方式不同使棉花生育期灌溉制度、水盐分布特征有所差异。各生育期土壤水分和盐分动态变化不同,双管根系层土壤含水率明显高于单管,无水分胁迫。垂直方向土层深度与土壤含水率呈正相关分布,但 40 cm 以下土层土壤含水率升高变化的范围小于 40 cm 以上土层。土层剖面盐分含量前期升高、中期降低、后期又升高,双管在主要根系层形成适宜棉花生长的淡化脱盐区,无盐分胁迫,土壤盐分随水分运移至膜间和宽行,膜间表层出现积盐。单管土壤盐分水平和垂直运移的距离远,影响范围大,滴头处形成积水,不利于淡化区的形成,水平运移速度快,外行棉花处于湿润体边缘,为积盐区,棉花生长受盐分胁迫。

2) 籽棉测产结果表明:布管方式的选取对棉花的产量有显著的影响,双管棉花的产量(6 075 kg·hm⁻²)高于单管(5 355 kg·hm⁻²),单管灌溉水生产效率为 1.38 kg·m⁻³,收获植株数单管较高,为 169 500 株·hm⁻²,但单株产棉仅为 31.59 g,低于双管灌溉方式(46.64 g)。

参 考 文 献:

[1] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.

[2] 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.

[3] 马英杰,何继武,洪 明.新疆膜下滴灌技术发展过程及趋势分析[J].节水灌溉,2010,(12):87-90.

[4] 蔡焕杰,绍光成,张振华.棉花膜下滴灌毛管布置方式的试验研究[J].农业工程学报,2002,18(1):45-48.

[5] 程冬玲,吴恩忍.棉花膜下滴灌两种布设方式的试验研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):87-91.

[6] 甘润明,鲍柏洋,孙孝贵.棉花滴灌一管四配置方式试验[J].新疆农垦科技,2002,(1):41-43.

[7] 李明思,贾宏伟.棉花膜下滴灌湿润锋的试验研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2001,5(4):316-319.

[8] 李明思,康绍忠,孙海燕.点源滴灌滴头流量与湿润体关系研究[J].农业工程学报,2006,22(4):32-35.

[9] 王全九,王文焰,汪志荣.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.

[10] 杨鹏年,董新光,刘 磊.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.

[11] 汪志荣,王文焰,王全九.点源入渗土壤水分运动规律实验研究[J].水利学报,2000(6):39-44.

[12] 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(1):107-112.

[13] Yaron B, Shalhevet J, Shimshi D. Pattern of salt distribution under trickle irrigation [J]. Ecological Studies. Berlin Heidelberg: New York, 1973(5):389-394.

[14] 宰松梅,仵 峰,温 季,等.不同滴灌方式对棉田土壤盐分的影响[J].水利学报,2011,42(12):1496-1503.

[15] 谭军利,康跃虎,焦艳平.不同种植年限覆膜滴灌盐碱地土壤盐分离子分布特征[J].农业工程学报,2008,24(6):59-63.

[16] 牟洪臣,虎胆·吐马尔白,苏里坦.干旱地区棉田膜下滴灌盐分运移规律[J].农业工程学报,2011,27(7):18-22.

[17] 刘新永,田长彦.棉花膜下滴灌盐分动态及平衡研究[J].水土保持学报,2005,(6):82-85.

[18] 王全九,王文焰,吕殿青.膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究[J].农业工程学报,2000,16(4):54-57.

[19] 单秀琴,崔 兵.棉花膜下滴灌田间毛管布置方式选择[J].新疆水利,2009,(3):5-7.

[20] 李明思,郑旭荣,贾宏伟.棉花膜下滴灌灌溉制度试验研究[J].中国农村水利水电,2001,(11):13-15.

[21] 杨昕馨,董新光,刘 磊.棉花膜下滴灌两种布管方式下的土壤水盐运移研究[J].节水灌溉,2011,(2):40-45.