

干旱区膜下滴灌棉田土壤盐分运移及累积特征研究

虎胆·吐马尔白¹, 弋鹏飞^{1,2}, 王一民¹, 张金珠¹, 吴争光¹

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 伊犁师范学院, 新疆 伊犁 835000)

摘要: 通过室内和田间结合试验, 研究了不同滴头流量、灌溉制度、滴灌年限对土壤盐分运移及累积特征的影响。结果表明: 相同灌水量下, 滴头流量越小, 单点处及交汇区在土壤垂直方向上盐分含量越小; 在土壤水平方向, 滴头流量越大, 土壤盐分随着距离单点或交汇中心越远而逐渐增加。在相同湿润层次上, 交汇区的盐分要高于单点处的盐分, 单点处土壤脱盐深度大于交汇区土壤脱盐深度。相同滴头流量下, 灌水量大的土壤盐分运移距离较深, 盐分累积层次下移。较短的灌水周期对土壤盐分具有较好的淋洗作用; 灌水周期较长的处理, 土壤盐分波动变化较大, 生育期中出现返盐现象。灌溉定额 3 300、3 900、4 500 m³/hm² 的土壤盐分峰值分别出现在土壤深度 60、80、100 cm 处。随着滴灌年限的延长, 土壤 0~100 cm 盐分呈逐渐累积的趋势, 累积的层次渐渐向地表迁移, 滴灌年限相差 6~7 a 的棉田土壤盐分差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。

关键词: 滴头流量; 湿润锋; 土壤盐分; 累积; 膜下滴灌; 滴灌年限

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0144-07

新疆属于西北干旱及半干旱区, 光照强且蒸发量大是该地区气候条件的显著特点。这种干旱的气候条件是形成土壤盐渍化的动力, 也是影响绿洲生态环境稳定的重要因素^[1]。针对新疆严重的水资源不足的特点, 采用节水的膜下滴灌技术对农业的发展及生态环境的维护具有重大意义。膜下滴灌技术是覆膜种植与滴灌技术的有机结合, 灌水定额较低, 很大程度上减少了水分深层渗漏, 而且滴灌淡化了作物主根区的盐分, 为作物正常创造了良好的水盐环境^[2]。膜下滴灌由于灌水量小, 淋洗盐分深度较浅, 灌溉水带入土壤中的盐分无法通过地下水转移出去。随着膜下滴灌技术的逐年使用, 绿洲农田土壤中的盐分逐渐累积, 一些农田出现了新的次生盐渍化问题^[3,4]。王全九、吕殿青等^[5,6]研究表明: 在膜下滴灌条件下, 土壤水盐运移受滴头流量、灌水量、土壤初始含水量、初始含盐量等因素的影响。滴灌的水分除了满足作物的生长需求, 还有一部分作为淋洗盐分的水量, 这部分水是保持土壤盐分平衡的重要因子^[7]。前人大多数以室内或田间单独试验, 研究滴灌条件下水盐运移规律。本试验以室内双点源交汇试验和田间试验相结合研究膜下滴灌土壤盐分运移和累积特征, 为干旱地区农业节水可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 室内试验 室内双点源滴灌试验于 2009 年在新疆农业大学进行, 本实验土样采自新疆石河子农八师 121 团, 是典型的重盐碱土。选择含盐量较高的土壤, 是为了模拟当地的实际土壤环境, 有利于我们清晰观测水分入渗及土壤盐分的淋洗过程。

表 1 土壤的基本物理特性

Table 1 Basic physical properties of the tested soil

土壤质地 Soil texture	容重 Bulk density	初始含水量 Initial moisture	田间持水量 Field capacity	初始含盐量 Initial salinity
砂壤土 Sandy loam	1.45 g/cm ³	5.20%	20.6%	1.2%

1.1.2 田间试验 田间灌溉制度试验于 2008, 2009 年在石河子大学干旱区绿洲农业节水灌溉重点实验室进行。土壤质地为中壤土, 有机质 1.54%, 碱解氮 63 mg/kg, 速效磷 16 mg/kg, 速效钾 208 mg/kg, 全氮 0.08%, 全磷 0.12%。地下水埋深 5 m 以下, 灌溉水矿化度 0.8 g/L。试验结合当地土壤性质, 根据棉花生长要求, 以尿素 450 kg/hm²、磷酸二氢钾 67.5 kg/hm² 和 120 kg/hm² 为标准, 灌水与施肥同时进

收稿日期: 2011-04-18

基金项目: 国家自然科学基金(51069015); 新疆水利水电工程重点学科资助

作者简介: 虎胆·吐马尔白(1960—), 男, 新疆博州人, 教授, 博导, 研究方向为土壤水盐运移理论及节水灌溉理论。E-mail: hundant@hotmail.com。

行,各处理的施肥种类和总量均相同。在做灌溉制度试验的同时,在农八师121团六连进行两年田间盐分监测,选取了滴灌12、11、9、7、6、5 a不同滴灌年限地块(没有实行冬春灌溉)作为监测对象。

1.2 试验方法

1.2.1 室内试验 将风干土样过直径2 cm筛子后,装入特制的土槽中,进行夯实、平整。土槽体积为100 cm × 80 cm × 80 cm,试验土槽为有机玻璃制成。试验供水装置由马氏瓶和医用输液管组成,通过调节医用输液管上的阀门来控制滴头流量;利用钢筋制作的支架放置两个马氏瓶,两根输液管一端连接马氏瓶,另一端放置于土槽上方,用输液管模拟滴头。输液管间距采用农田毛管滴头间距30 cm。利用秒表和量筒来率定滴头流量,并抽查试验过程中部分时刻的滴头流量,确保供水强度的稳定性,实验过程中利用马氏瓶稳压供水。

选取1、2、3 L/h的滴头流量,灌水量为10 L和6 L,灌水水质为淡水。滴水结束12 h后用土钻在湿润区域内取土,在滴头处和交汇锋中心处水平每隔5 cm处作为一个取土点,垂直方向取土点间距5 cm,取土深度40 cm。取1/2体作为研究对象(图1)。

1.2.2 田间试验 试验根据当地已有灌溉制度的总结,确定了3种灌溉定额(3 300、3 900、4 500 m³/hm²)3种灌水频率(5、7、10 d/次),采用常规试验处理。每个小区设置一个处理。土壤盐分测定的方法是:在生育期阶段中灌水前后,对各个小区土壤采取剖面取土法,水平方向设置3个取土点,分别在膜中滴头处、棉花行间处、膜间裸地处,每个处理设置3个重复。在取样点垂直方向上按照0~5、5~20、

20~40、40~60、60~80、80~100 cm的层次进行取样,共计6个层次。同时期在121团6连不同滴灌年限地块进行盐分监测,在棉花每个生育期阶段:播种前(4月下旬)、苗期灌水后(5月中旬)、现蕾期灌第一水前后(6月中旬)、花铃期(7月)、收获期(9月底)共六次取样,取土方式同上。土壤容重、田间持水率采用环刀法。土壤水分测定采用烘干法。将烘干的土样磨碎,配置5:1水土比的土壤浸提液,采用DDS-307雷磁电导率仪测定其电导率,然后转换获得土壤含盐量。数据通过SPSS统计软件和Excell软件、suffer8.0软件进行分析处理。

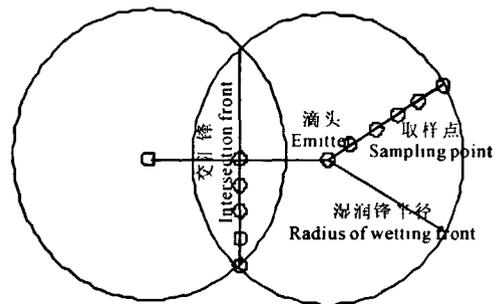


图1 双点源交汇试验取土布

Fig.1 Experiment of two point-source emitter

2 结果与分析

2.1 滴头流量及灌水量对土壤盐分运移的影响

滴头流量是滴灌系统设计的一个重要设计参数,也是影响滴灌条件下盐分运移的重要因素。图2、3显示在相同灌水量、不同滴头流量下,滴水结束后单点源及交汇区的盐分分布。

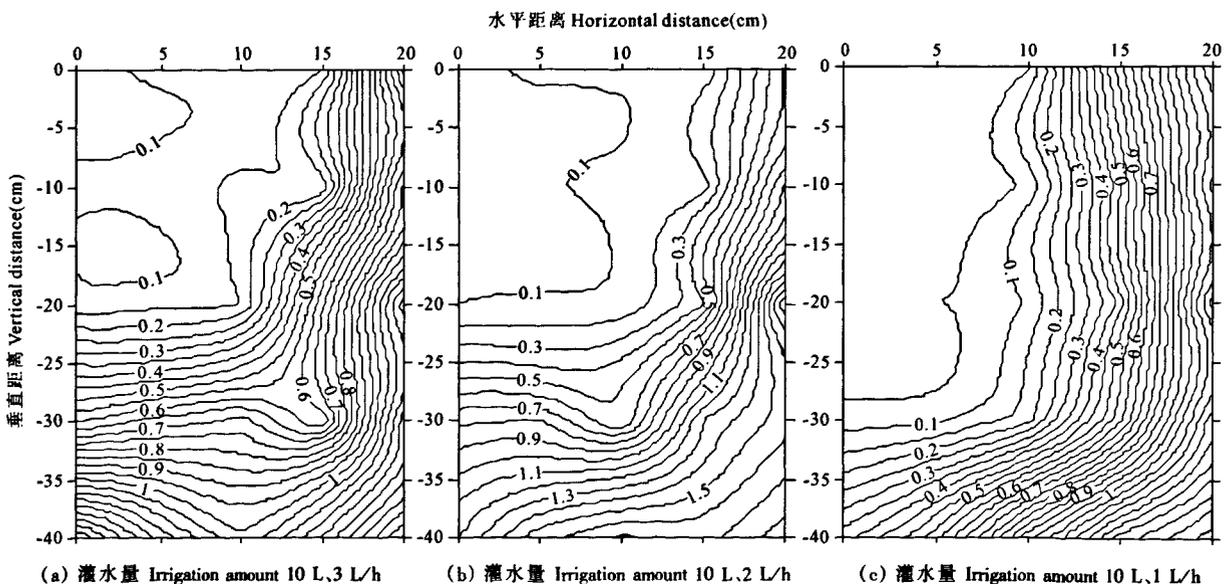


图2 不同滴头流量单点源处含盐量分布等值线

Fig.2 Distribution of soil salinity in single section

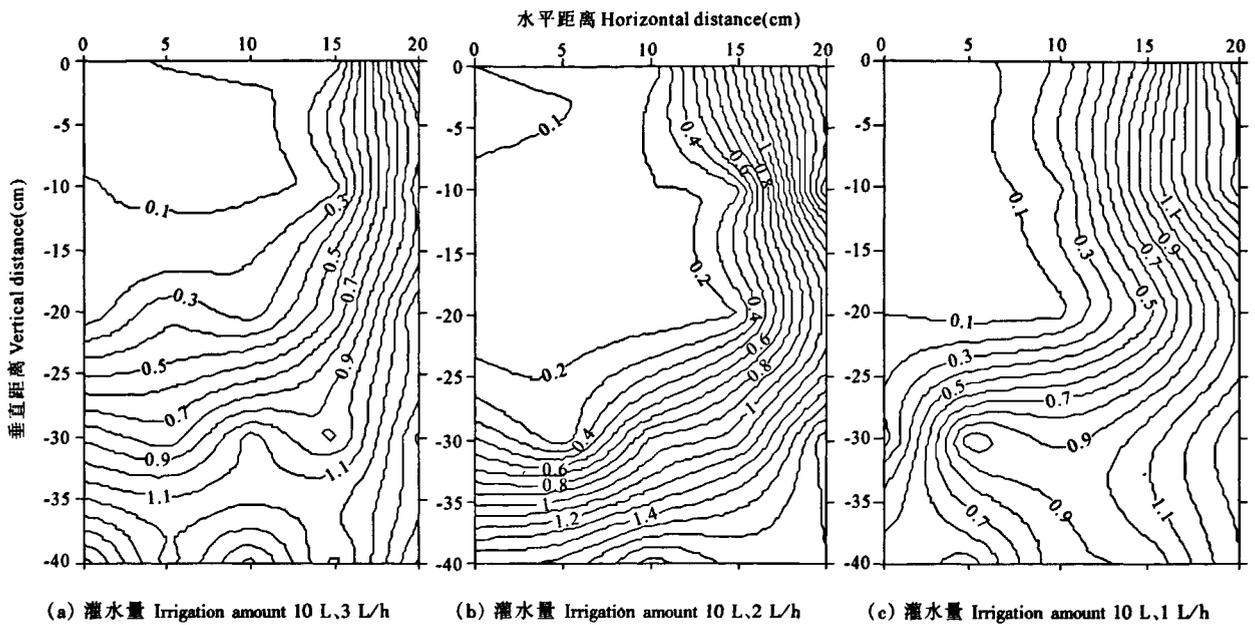


图 3 不同滴头流量交汇区含盐量分布等值线

Fig. 3 Distribution of soil salinity in interference infiltration section

图 2(0,0)点表示滴头处,图 3(0,0)点为交汇区的中心。单点源与交汇区盐分分布相比,在同一空间位置上,单点源处的盐分要低于相同湿润位置的交汇区盐分。原因是交汇区作为两个相邻滴头处的湿润锋运移交汇的重叠部分,由水平湿润锋携带的盐分同时聚集在交汇区,所以在交汇区中心盐分较多^[8]。随着交汇入渗时间的继续延长,交汇区两侧水势梯度及重力势增大的情况下使交汇湿润锋宽度增加,入渗深度加大,盐分顺着湿润锋扩展的方向运移,在交汇区的两端和深层累积。从图中得知盐分主要累积在单点源处 35~40 cm 深度及交汇区的 30~40 cm 深度,水平方向积聚在距交汇中心 15~20 cm 处。点源处水平方向盐分分布与交汇区具有相似的规律,距离单点源越远,盐分越多,盐分始终在湿润体的边缘处累积。

若按照含盐量低于 0.5% 的土壤深度为脱盐深度的标准,3 L/h 的流量在滴头下方脱盐深度为 28 cm,交汇区脱盐深度为 25 cm。2 L/h 的流量在滴头下方脱盐深度为 32 cm,交汇区为 30 cm。1 L/h 的流量在单点源处脱盐深度为 36 cm,交汇区为 32 cm。在水平方向上,较大的滴头流量在滴头处和交汇区的脱盐宽度大于小滴头流量,3 L/h、2 L/h、1 L/h 在点源处脱盐距离为 34、30、26 cm,在交汇区处脱盐距离为 32、30、26 cm,相同流量在点源处和交汇区的水平脱盐区域相近,交汇后水分分布均匀。在相同的灌水量下,小滴头流量在单点源处和交汇区的垂直方向对盐分的淋洗效果更明显,较大滴头流量正好

相反。原因是本试验土壤为盐碱土,盐碱土的人渗强度较弱,当滴头流量较大时,供水强度大于入渗强度,水分在重力作用下在土壤大毛管中移动,小毛管中的水分相对不动水体,此时细小的毛管中的盐分得不到淋洗,故淋洗水效率较低^[9]。滴头流量较小不利于土壤水平脱盐,较高流量会产生地表径流。综合来讲 2 L/h 的滴头流量无论在土壤水平还是垂直方向脱盐效果最好,适合当地滴灌参数选择。

如图 4 所示,以滴头流量为 1 L/h 为例,入渗时间分别是 3 h、5 h,因为是双点源滴灌,所以灌水量分别为 6 L、10 L。试验前土壤混合均匀,假设土槽中不同土层深度的初始盐分含量相同。经过滴水后,可以看出其中 10 L 水量的淋洗深度为 50 cm,6 L 水量在 40~50 cm 处盐分几乎没有变化,可以判断淋洗深度基本在 40 cm 处。若按照耐盐度为 0.5% 计算,灌水量 6 L 的脱盐深度为 20 cm,10 L 的脱盐深度为 30 cm。随着灌水量的增加,剖面上层土壤盐分逐渐减少,并在土壤底部累积,高于土壤初始含盐量值。因此,灌水量是控制土壤盐分累积的一个重要因素。

2.2 不同灌溉制度对土壤盐分运移的影响

图 5 表示不同灌水处理在不同灌水周期下 0~100 cm 土壤平均含盐量随生育期推移而改变的过程。在灌水之前分别对各个处理土壤进行了盐分含量的测定,设置了 3 个不同程度的初始含盐量对应着 3 种灌溉定额的处理。对于灌水周期 10d 来说,土壤盐分在生育期内波动起伏较大,特别是从蕾期

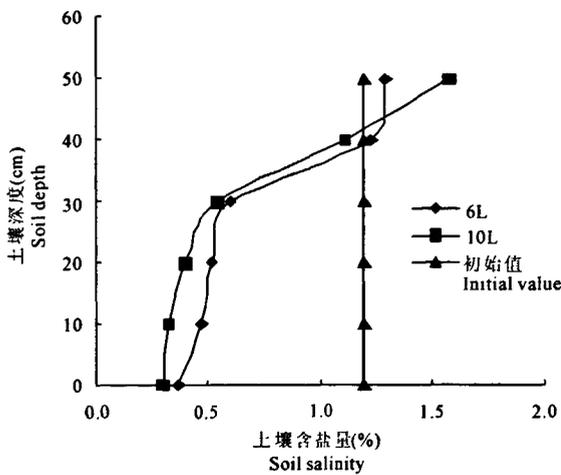


图 4 不同灌水量土壤盐分垂向分布

Fig.4 The sectional distribution salt of drop water

到花铃前期盐分含量升高,出现了返盐现象。在盛花期 3 个处理土壤都达到了棉花的耐盐预警值 (0.5%),盐分升高会抑制棉花根系对水分和营养成分的吸收,在棉花成熟收获时,土壤盐分又有较大的上升,出现了盐分累积现象。原因是由于灌水周期较长,每次灌水时灌溉水分大部分已经被棉花充分

吸收利用^[10],作物需水补充的主要渠道是地下储存的水分通过毛细管作用上升到根系层附近,盐分随着水分上移到土壤表层。对于灌水周期 7 d 来说,土壤盐分在生育期中波动起伏不大,在生长关键期花铃期保持了较低的含量,三种灌溉量都未达到棉花的耐盐度,说明这一段时间内灌溉对盐分的淋洗量与土壤返盐量基本持平。在吐絮期后,3 300 m³/hm²处理土壤盐分出现了略微累积,但 3 900 m³/hm²和 4 500 m³/hm²的处理与灌前含盐量相比,都表现为脱盐过程。可能原因是由于 3 300 m³/hm²处理灌溉定额较小,每次分配水量比较少,土壤湿润体的范围有限,盐分的淋洗深度较浅,从而不能形成较大的脱盐区。对于灌水周期 5 d 的处理,在整个生育期中盐分控制较好,土壤盐分大体呈下降趋势,即使在吐絮期后灌水停止,土壤中没有出现返盐现象。原因是 3 个处理灌水对土壤盐分淋洗次数较多,在以滴头处为中心的淋洗下,水分携带盐分向膜间和深层移动的距离更远,形成了相对较大的脱盐区,可见“勤灌”这种方式对土壤起到了良好的洗盐效果。

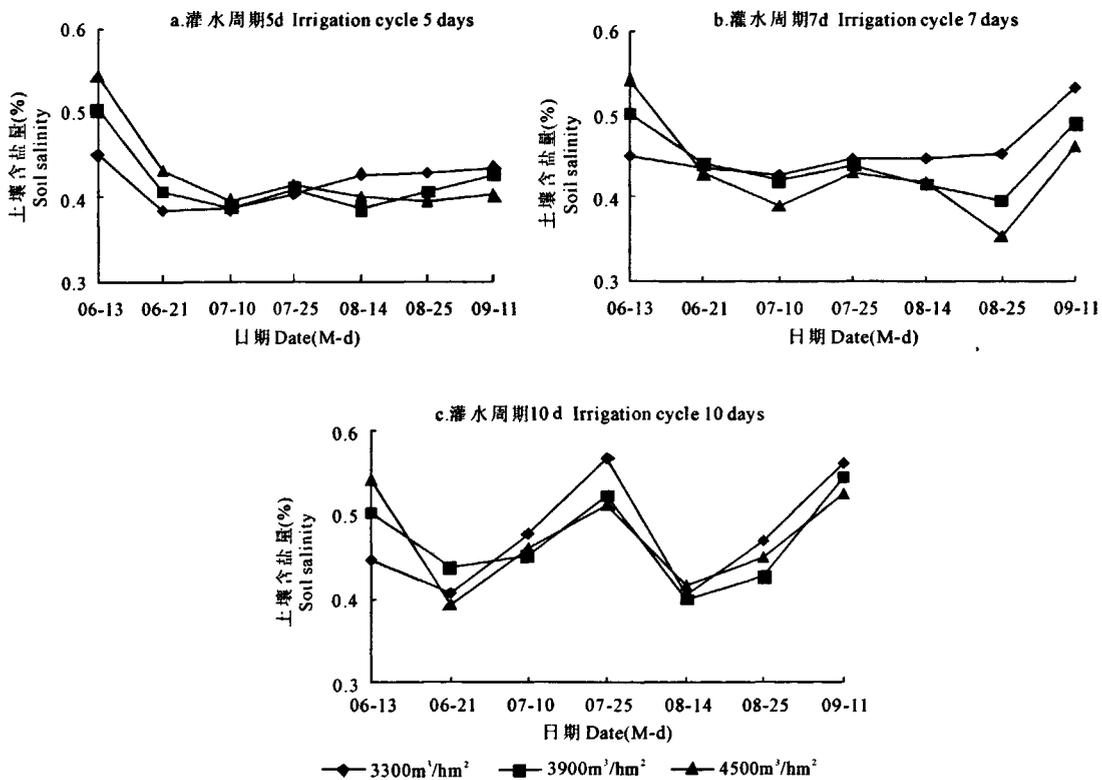


图 5 不同灌水处理土壤盐分动态变化

Fig.5 Dynamic change in salinity of different irrigation arranges

为了更精确地探讨膜下滴灌条件下不同灌水参数土壤盐分的淋洗效果,就需对土壤盐分变化进行

量化分析。取生育期灌水前后主根区内 0~60 cm 深土壤盐分的平均值作为对比。灌水周期 5 d 的处

理与灌水周期 7 d 的 3 900、4 500 m³/hm² 处理以及灌水周期 10 d 的 4 500 m³/hm² 处理在棉花主根区范围都处于脱盐的态势,其中处理 3 盐分淋洗较多,

脱盐率达 25.94%,脱盐率最低的是处理 1,为 2.88%,而处理 4、7、8 在收获期都处于积盐状态。

表 2 不同灌水处理灌水前后主根区盐分变化(%)

Table 2 The salinity changes of root in different irrigation arranges

项目 Item	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3	处理 4 Treatment 4	处理 5 Treatment 5	处理 6 Treatment 6	处理 7 Treatment 7	处理 8 Treatment 8	处理 9 Treatment 9
灌溉前 Before irrigation	0.4480	0.5020	0.5417	0.4480	0.5020	0.5417	0.448	0.502	0.5417
灌溉后 After irrigation	0.4351	0.4254	0.4012	0.4812	0.4597	0.4618	0.5619	0.545	0.5229
差值 Difference	0.0129	0.0766	0.1405	-0.0332	0.0423	0.0799	-0.1139	-0.043	0.0188
脱盐率(%) Desalination	2.88	15.26	25.94	-7.41	8.43	14.75	-25.42	-8.57	3.47

注:负值表示积盐,正值表示脱盐。

Note: Negative values mean salinity accumulation, while positive values mean desalination.

图 6 所示灌溉定额为 3 300、3 900、4 500 m³/hm²,灌水周期 7 d 的条件下,在 8 月下旬滴灌结束时,土壤剖面盐分分布特征。从图中可以看出不同的灌溉定额对土壤盐分的淋洗深度具有差异,在 3 300、3 900、4 500 m³/hm² 的滴灌量下,盐分的峰值分别出现在 60、80、100 cm 深度处。取样中可以发现在 3 300~4 500 m³/hm² 滴灌量下,垂向湿润锋从 60 cm 下移至 100 cm 深度,充分体现了“盐随水动”规律。

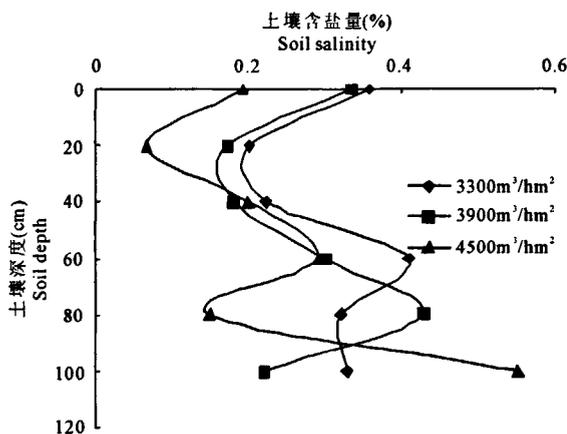


图 6 滴灌结束土壤剖面盐分分布

Fig.6 Sectional distribution of salt after irrigation

2.3 不同滴灌年限土壤盐分累积特征

根据两年的不同滴灌年限地块盐分监测资料,对滴灌 12、11、9、7、6、5 a 的 0~100 cm 土壤盐分进行统计分析。由于取样在垂直方向间隔距离不一样,在分析数据时采用加权平均值。加权平均值 = $\sum(\text{样品含量} \times \text{取样深度} / \text{分析深度})$ 。

表 3 表示棉花收获期时盐分分布,不同滴灌年

限地块土壤盐分在垂直方向分布具有一定规律。表层 0~30 cm 和底层 60~100 cm 的盐分含量要高于土壤中部,层次之间统计关系表现为极显著差异,说明在滴灌条件下土壤盐分具有明显的分层现象。盐分运移同时存在着明显的向底层运移和表层聚集两种方式,底层含量要高于表层,显示盐分主要运移到土壤深层。这在新疆北部和南部采用膜下滴灌种植棉花的地区表现一致^[3,11]。根据在棉花不同生育期时段,对不同滴灌年限地块 0~100 cm 土壤盐分采样,进行统计分析,其统计特征值见表 4。从表 3 及表 4 看出棉花种植 5 a 后,随着膜下滴灌年限的延长,土壤盐分呈逐渐累积的趋势,滴灌 6~7 a 的盐分差异达到显著水平。通过收获期采样计算,滴灌 6、7、9、11、12 a 分别比滴灌 5 a 的土壤盐分增加了 17.07%、24.39%、29.27%、36.59%、46.34%。表 4 显示无论从土壤盐分的最大值、最小值和平均值来看,土壤盐分和滴灌年限是呈正相关的关系。土壤盐分空间变异系数随滴灌年限逐渐减小,可能原因是滴灌年限较长的地块施肥总量较多,土壤有机质丰富,盐分在土壤剖面分布差异不大,土壤熟化程度高。

由表 3 可以看出随着滴灌年限的增加,土壤盐分在剖面中的分布产生了深刻的变化,大量聚集在 60~100 cm 的盐分会逐渐上升到地表 0~30 cm,这对根系分布较浅的滴灌种植棉花生长极为不利,从而影响棉花的生长安全。因此,根据当地膜下滴灌棉花种植经验,对地表水灌溉的地块一般在 5 a 后采取淡水洗盐的措施,控制盐分累积层的上移,使土壤总体盐分含量保持较低水平,以适合长期种植。

表3 不同滴灌年限不同土层深度土壤盐分变化(%)

Table 3 Salinity changes of different layers in different irrigation years

深度(cm) Depth	滴灌年限 Irrigation years(a)					
	5	6	7	9	11	12
0~30	0.33B	0.38B	0.4B	0.42B	0.46B	0.51B
30~60	0.31C	0.35C	0.37C	0.36C	0.35C	0.4C
60~100	0.55A	0.65A	0.69A	0.74A	0.79A	0.81A
0~100	0.41b	0.48ab	0.51ab	0.53ab	0.56a	0.6a

注:不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$);不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different apital and small letters represent significant difference at 0.01 and 0.05 respectively.

表4 不同滴灌年限0~100 cm土壤盐分统计特征参数(%)

Table 4 The statistical salinity in 0~100 cm soil in different irrigation years

项目 Item	滴灌年限 Irrigation years(a)					
	5	6	7	9	11	12
最大值 Max.	0.45	0.72	0.74	0.86	1.02	1.32
最小值 Min.	0.14	0.21	0.23	0.34	0.41	0.68
标准差 Standard	0.11	0.17	0.15	0.16	0.18	0.21
平均值 Average	0.27	0.39	0.41	0.45	0.68	0.97
极差 Extreme deviation	0.31	0.51	0.51	0.52	0.61	0.64
变异系数(%) Coefficient of variation	42.08	43.32	35.47	35.80	26.49	21.15

3 结论与讨论

在灌水量相同,滴头间距一定的条件下,较小的滴头流量在土壤垂直方向上,无论滴头处还是在交汇区,对土壤盐分淋洗效果好于较大滴头流量,在水平方向正好相反。按照含盐量0.5%为脱盐指标,各处理脱盐深度相比,1 L/h > 2 L/h > 3 L/h,脱盐宽度正好相反。在相同湿润层次上,单滴头处的盐分要小于交汇区的盐分,单点处脱盐深度大于交汇区脱盐深度。滴头流量和灌水量是控制盐分累积的重要因素。

较短的灌水周期对土壤盐分具有较好的淋洗作用,灌水周期较长的处理,土壤盐分在生育期里波动变化较大,出现返盐现象。在3 300、3 900、4 500 m^3/hm^2 的灌溉定额下,盐分的峰值分别出现在60、80、100 cm深度处。通过对根区盐分淋洗效果比较,

灌溉定额3 900~4 500 m^3/hm^2 ,灌水周期5~7 d的灌溉制度对土壤洗盐效果明显。随着滴灌年限的延长,土壤垂直剖面各个土层盐分之间差异极显著,呈现表层和底端盐分含量大,中层盐分小的分布特征^[12]。土壤盐分随着滴灌年限的延长呈逐渐累积的趋势,累积的层次逐渐向地表迁移,滴灌种植年限相差6~7 a的棉田0~100 cm土壤盐分差异达到显著水平。

在盐碱地开发初期,当地农民采用大水压盐,将盐分排除土体进行种植,取得很好的生产效果。随着膜下滴灌的实施,由于水资源的缺乏及耕地开发增多,当地逐渐取消了冬春灌溉。由于滴灌水量明显小于大田漫灌的水量,不会产生土壤深层渗漏,灌溉水带入的盐分在土壤中运移而无法消除。研究认为结合当地盐渍化状况在一定年限内对棉田进行淡水洗盐,或者适当时候恢复冬春灌溉,同时做好排水工作,防止地下水位升高,确保膜下滴灌技术可持续发展。

参考文献:

- [1] 高金芳,李毅,陈世平.初始湿度对覆膜开孔蒸发水盐运移的影响[J].农业工程学报,2009,23(6):220—224.
- [2] 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作用[J].灌溉排水学报,2001,20(2):42—46.
- [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):60—64.
- [4] 陈小兵,杨幼松,刘春脚.新疆阿拉尔灌区次生盐碱化防治及其相关问题研究[J].干旱区资源与环境,2007,(6):168—172.
- [5] 王全九,王文焰,汪志荣,等.盐碱地膜下滴灌技术参数的确定[J].农业工程学报,2001,12(2):47—50.
- [6] 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.
- [7] 逢春浩,程维新,张兴权,等.“强排强灌”改良中盐碱地及其人工生态系统稳定性的维持[J].地理学报,1996,51(1):70—79.
- [8] 王春霞,王全九,单鱼洋,等.微咸水滴灌下湿润锋运移特征研究[J].水土保持学报,2010,24(4):59—63.
- [9] 张江辉,王全九,巨龙,等.田间滴灌入渗与蒸发条件下土壤水盐分布特征[J].干旱区地理,2009,32(5):684—689.
- [10] 刘新永,田长彦,马英杰,等.新疆膜下滴灌棉花耗水规律及灌溉制度研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):108—112.
- [11] 张旭贤.塔里木灌区棉花膜下滴灌土壤水盐运移规律研究[D].南京:河海大学,2008.
- [12] 刘国华,海米提·依米提,王庆峰,等.于田绿洲土壤盐分特征分析[J].水土保持研究,2009,16(3):260—264.

Research on transport and accumulation characteristics of soil salinity of cotton field under film mulched drip irrigation in arid areas

Hudan·Tumaerbai¹, YI Peng-fei^{1,2}, WANG Yi-min¹, ZHANG Jin-zhu¹, WU Zheng-guang¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Yili Normal University, Yili, Xinjiang 835000, China)

Abstract: Experiments were conducted to study different drip rate, irrigated water amount, irrigation scheduling and irrigation years on the characteristics of the soil salinity transport and accumulation. The results showed that the smaller drip rate, the less soil salinity on the single infiltration section and interference infiltration section; With the increase of the drip rate, the soil salinity has a increasing tendency when further and further away from single infiltration section or interference infiltration section. Through comparison of the soil water content in the same wetness level, the soil salinity was bigger in the interference infiltration section than in the single infiltration section. At the same drip rate, the more the water drops, the deeper the soil salinity could move. High frequency of irrigation effectively reduced the salinity of root area, while the treatment of low frequency made a big change in salinity, and it showed a accumulating phenomenon at the growth period. When the quantity of drip irrigation increased from 3 300 to 3 900 and 4 500 m³/hm², the peak value of salinity moved deeper from 60 to 80 and 100 cm. With the long lasting of drip irrigation, the 0 ~ 100 cm soil salinity showed a increasing tendency. The accumulated layer of soil salt were moved to the topsoil, and the 0 ~ 100 cm salinity showed significant difference ($P < 0.05$) between cotton fields with 6 ~ 7 a difference of drip irrigation lasting.

Keywords: drip rate; wetted front; soil salinity; accumulation; drip irrigation under the mulching; years of irrigation lasting

(上接第 143 页)

Grape leaf water potential changes and their relationship with major ecological factors under drip irrigation in extreme arid region

LIU Hong-bo^{1,2}, BAI Yun-gang², ZHANG Jiang-hui², Hudan·Tumaerbai¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830049, China)

Abstract: In extremely dry conditions, with mature Thompson seedless grape as research material, drip irrigation technology was used to study the effects of different water treatments on vine leaf water potential variation and their relations with various ecological factors. The results showed that: the effects of different water treatments on leaf water potential are roughly at the same trend, highest in the early morning, lowest at noon, beginning to rise in the afternoon; in each treatment grape leaf water potential has positive correlation with soil moisture content, and it reaches a significant level in medium water (7 950 m³/hm²) treatment. Various ecological factors have different impact on leaf water potential in each treatment: relative atmospheric humidity is the most important factor influencing the daily change of grape leaf water potential in the control (27 000 m³/hm²) treatment and high water (14 775 m³/hm²) treatment; while air temperature has the most significant direct effect on the daily change of grape leaf water potential in the medium water and low water (5 850 m³/hm²) treatments; and relative atmospheric humidity has the greatest total effect in each treatment.

Keywords: grape; leaf water potential; soil water content; ecological factor