

# 红枣滴灌条件下灌水水质对土壤盐分分布的影响研究

姚宝林, 叶含春, 孙三民, 安巧霞

(塔里木大学 水利与建筑工程学院, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:**对含盐土壤不同矿化度水滴灌下土壤水盐的运移规律进行研究,为矮化密植红枣微咸水滴灌提供依据。通过对株行距  $1\text{ m} \times 2\text{ m}$  矮化密植红枣各处理土壤水盐数据测定分析,探索土壤水盐运移、分布规律。不同矿化度水滴灌均有洗盐效果,洗盐主要集中在表层  $0-40\text{ cm}$  的垂直方向,矿化度越高水平方向的洗盐效果越差;枣树生育期土壤盐分积累主要集中在  $0-30\text{ cm}$  范围内;土壤中各离子含量随土壤含盐量和灌溉水矿化度的增加而增加,尤其是高含盐土壤采用高矿化度水滴灌时更加明显。微咸水灌溉依然具有洗盐效应,微咸水可应用于含盐土壤灌溉。

**关键词:**滴灌; 土壤盐分; 土壤盐分离子

中图分类号: S153.5; S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)02-0218-04

## Research on the Effects of Water Quality on Soil Salt Distribution in Drip Irrigation for Red Jujube

YAO Bao-lin, YE Han-chun, SUN San-min, AN Qiao-Aia

(College of Water Conservancy and Architecture Engineering, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** The objective of the experiment was to investigate the effect of difference mineralization degrees of irrigation water on soil water-salt dynamic under soil salt content for dwarfing and high-density culture of red jujube. Therefore, the result would have good application values in guiding saline water irrigation for red jujube. Field experiments were conducted for different treatments with spacing in the rows and spacing between rows about  $1\text{ m} \times 2\text{ m}$  red jujube, and to study the regulation of soil water-salt transport under subsurface drip irrigation. The results showed that all treatments decreased soil salt content mainly  $0-40\text{ cm}$  soil vertical profile, but did not reduce soil salt content along horizontal direction. During the red jujube growth stage, saline water drip irrigation increases salt content mainly the soil  $0-30\text{ cm}$  profile. The content of salt ions increased with water mineralization degree and soil salt content, mainly focused on high soil salt content and water mineralization. Saline water drip irrigation has leaching effect and can be used to irrigate salt-containing soil.

**Key words:** drip irrigation; soil salt content; soil salt ions

由于淡水资源的匮乏,利用微咸水灌溉已成为节水灌溉发展的趋势。利用微咸水进行灌溉应当选择适当的耐盐作物并且使用先进的灌溉技术,提高对水分的管理水平,维持适当的土壤渗透性,确保一定数量的水盐通过作物根区,从而避免盐分在作物根区的积累。与其它灌溉方式相比,滴灌灌水频率高、灌水流量小,能够在作物根区长时间维持较高的土壤总水势,同时减少由于灌溉而加剧的潜水蒸发和土壤返盐,因此,被认为是最适合用于微咸水开发利用的灌

溉技术<sup>[1]</sup>。到目前为止,国内外学者就滴灌条件下土壤水盐运移规律、盐分离子在土壤中的分布规律、影响因素、不同作物可用于微咸水灌溉的阈值作了大量的研究工作<sup>[2-6]</sup>。针对矮化密植枣树微咸水滴灌条件下土壤水盐运移规律、微咸水滴灌对枣树生长影响的研究尚少。在发展环塔里木盆地特色林果业的背景下,对矮化密植红枣开展微咸水滴灌试验,研究不同矿化度水滴灌条件下土壤水盐分布特征,为矮化密植红枣微咸水滴灌提供依据。

收稿日期: 2010-10-14

修回日期: 2010-10-25

资助项目: 兵团科技支撑计划项目(2009ZJ03); 塔里木大学创新群体项目(TDZKCX09001); 新疆生产建设兵团水利局灌溉试验项目(兵水发[2010]78号)

作者简介: 姚宝林(1978-),男,甘肃合水人,讲师,从事节水灌溉和生态农业研究。E-mail: yaobaolinabcde@163.com

通信作者: 叶含春(1966-),男,教授,主要从事水资源开发利用方面研究。E-mail: yhc6654h@sina.com

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验区位于塔里木大学水利与建筑工程学院节水灌溉试验基地内,东经 80°51′,北纬 40°37′,海拔 1 020 m,为典型极端干旱气候区。多年平均气温

10℃、降水量为 67.2 mm,全年蒸发量高达 2 110.5 mm。土壤表层质地为沙壤土,土壤容重 1.42 g/cm<sup>3</sup>,田间持水量为 29.1%,属于氯化物—硫酸盐类土壤,土壤 pH 值 7.5,土壤含盐量≤0.2%(电导值 0.1~0.9 mS/cm)。地下水位在 3 m 左右。试验地土壤层次及其基本物理参数见表 1。

表 1 土壤基本物理参数

土层/ cm	容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	田间持 水量/%	土壤各级颗粒百分含量/%							
			≤0.001	0.001~ 0.002	0.002< <i>d</i> ≤0.01	0.01< <i>d</i> ≤0.05	0.05< <i>d</i> ≤0.1	0.1< <i>d</i> ≤0.25	0.25< <i>d</i> ≤0.5	0.5< <i>d</i> ≤1
0—40	1.39	28.4	9.02	19.35	21.02	38.86	6.12	1.86	1.12	2.65
40—100	1.45	29.8	4.77	11.30	24.97	52.62	3.52	1.26	0.21	1.33

注:*d*—土壤粒径。

1.2 试验设计及布置

试验设计见表 2。灌溉水用浅层地下水和淡水进行调配,2009 年春灌时对土壤 0—100 cm 各层含盐量进行实测,然后分区进行不同定额淡水淋洗,试验前再重新测定各小区 0—100 cm 各层含盐量,实测各层土壤含盐量作为试验各处理的土壤初始含盐量,灌溉水质分别为 0.7 g/L、2.5 g/L 和 3.7 g/L。各处理 3 次重复,按随机区组布置,各处理之间用埋深 50 cm 的塑料薄膜分开防止相互影响。枣树是株行距为 1 m×2 m 的矮化密植种植模式,品种为 2 年生俊枣。为了严格控制每一棵树的灌水量,地面滴灌供水装置由马氏瓶和医用输液管(去掉针头,直接用塑料管模拟滴头)组成,为了防止由于滴头流量过大产生地表径流,滴头流量由医用输液管上的调节阀门来控制,用 100 ml 量筒实地核定滴头流量使各滴头流量一致,确保供水强度的稳定性。枣树移栽时每棵施入 0.05 kg 磷酸二氢铵,生育期再加施 0.2 kg 的枣树专用肥。各处理灌水量一样。

表 2 试验设计

处理	土壤初始含盐量/ (mS·cm <sup>-1</sup> )	灌溉水质/ (g·L <sup>-1</sup> )
T1	0.10~0.25	0.7
T2	0.10~0.25	2.5
T3	0.10~0.25	3.7
T4	0.70~0.90	2.5
T5	0.70~0.90	3.7

1.3 试验方法

每次灌水前后用土钻取土,各处理取样距滴头水平距离分别为 10,20,30,40 cm,深度取至 100 cm,每隔 10 cm 为一层。土壤含水量采用烘干法测定。土壤盐分测定是将土样在实验室自然风干,磨碎后过 1 mm 土筛。取土水比 1:5 的土壤浸提液,用 ECTest

土壤原位电导计测量电导率值(*E<sub>c</sub>*)。土壤离子组成测定方法:HCO<sup>-</sup>用双指示剂滴定法;Cl<sup>-</sup>用 AgNO<sub>3</sub> 滴定法;SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>用 EDTA 间接滴定法;Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>用 EDTA 络合滴定法,[Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>]用离子平衡法计算。数据处理采用 Surfer 8.0。

2 结果与分析

2.1 微咸水滴灌土壤盐分变化分析

2.1.1 微咸水滴灌土壤盐分分布特性 不同土壤含盐量和矿化度滴灌下的土壤盐分变化见图 1(四水前、后)。不同矿化度微咸水入渗后,土壤剖面垂直方向均具有洗盐特征。各处理 0—100 cm 脱盐率分别为 26.4%、53.5%、29.8%、51.9%和 44.1%。各处理洗盐主要集中在表层 0—40 cm 的垂直方向。随着土壤含盐量的增加和灌溉水矿化度的提高,湿润体水平方向表现不同的洗盐和积盐现象,矿化度越高水平方向的洗盐效果越差。可见,微咸水滴灌条件下,土壤洗盐和积盐与灌溉水矿化度有关,积盐随灌水矿化度的增加而增大,这表明在微咸水入渗条件下,土壤盐分主要受灌水矿化度控制。但高含盐土壤(1.16 mS/cm)用矿化度为 3.7 g/L 水灌溉(T5),洗盐率高于土壤含盐量为 0.12 mS/cm 用矿化度 0.7 g/L 水灌溉的洗盐效果(T1),洗盐效果最好的是含盐量为 1.03 mS/cm 采用 2.5 g/L 矿化度水灌溉(T4),微咸水灌溉具有的洗盐效果使得微咸水灌溉具有可行性,但必须考虑作物的耐盐性和确定合理的淋洗定额。其他研究结果也表明,在没有其它辅助的控制盐分累积的措施下,3 g/L 是适宜灌溉的微咸水水质的上限<sup>[7-8]</sup>。

2.1.2 枣树生育期土壤盐分变化 枣树生育期土壤含盐量见图 2 和图 3 所示。在枣树生育期内,各处理均表现为积盐过程,但各处理 0—100 cm 土壤含盐量表现出不同的积盐过程,低含盐土壤(T1、T2 和 T3)

各处理土壤含盐量在枣树生育期表现为初期积盐中期洗盐和后期又重新积盐的特点,0—100 cm 含盐量为 0.41 mS/cm、0.45 mS/cm 和 0.53 mS/cm;而高含盐土壤(T4 和 T5)后期出现洗盐现象,这主要是枣树

后期已经出现明显的盐分胁迫现象,叶片周围焦黄、落叶,蒸腾强度减弱,需水量变少,在各处理灌水量一致的情况下,有较多的水进行盐分淋洗所导致,生育期积盐 0.25、0.28 mS/cm。

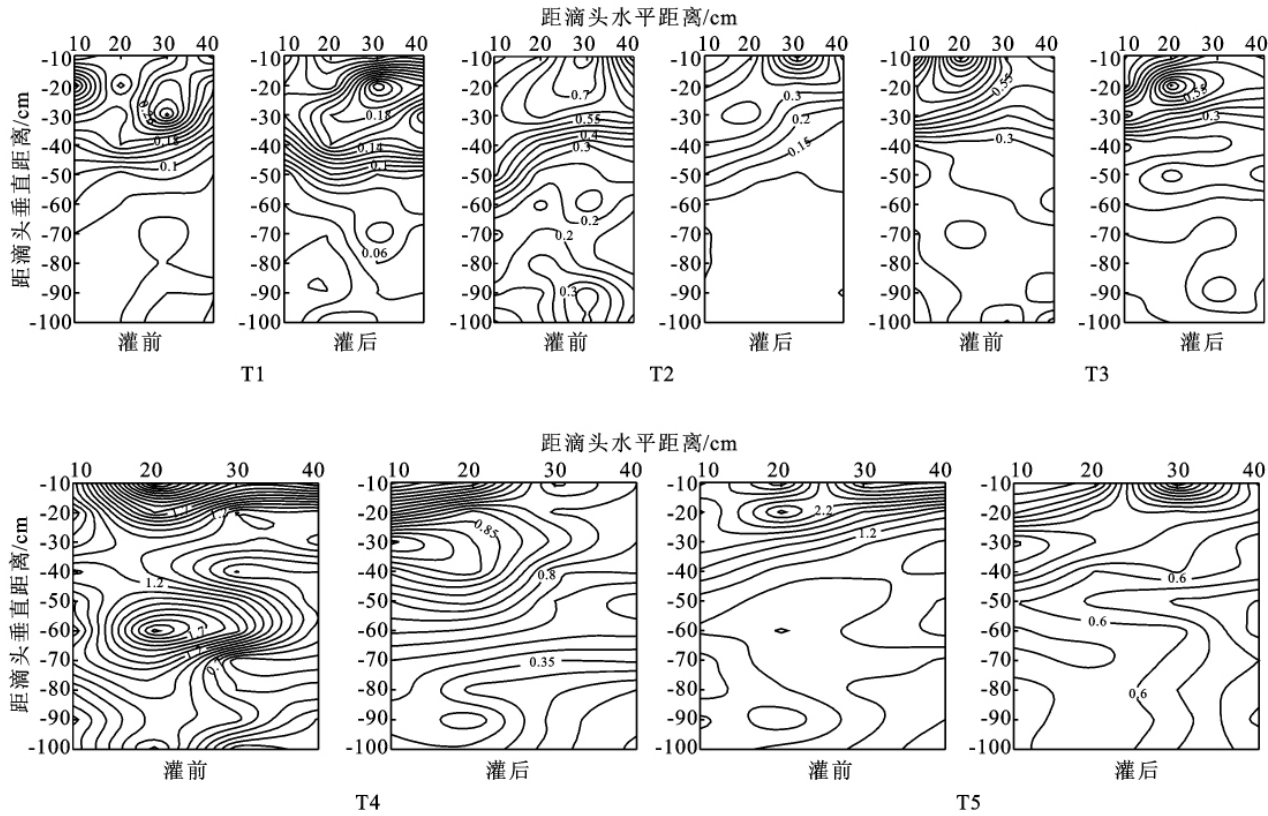


图 1 灌水水质对土壤盐分(mS/cm)分布的影响

不同矿化度灌溉水滴灌枣树,土壤盐分积累具有表聚现象。盐分主要积累在地表 0—30 cm 范围内,尤其在地表 10 cm 积累明显。各处理 0—30 cm 范围内生育期土壤盐分分别增加了 0.48、0.50、0.72、0.73 mS/cm、1.03 mS/cm,达 0.61、0.72、0.92、1.61、1.83 mS/cm。微咸水灌溉会导致土壤中盐分的累积,累积程度与灌水矿化度有关。在干旱区连续进行咸水灌溉,盐分的累积效应非常明显,咸水灌溉带入土壤中的盐分与土壤本身化学元素和土壤颗粒发生相互作用,改变土壤物理和化学特征。如果不采取必要的洗盐措施,土壤中的盐分最终会累积到危害作物生长的程度<sup>[9]</sup>。

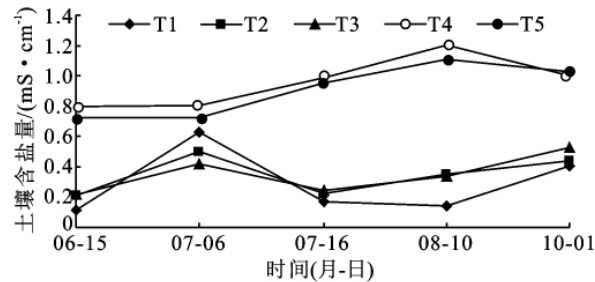


图 2 各处理枣树生育期土壤含盐量变化

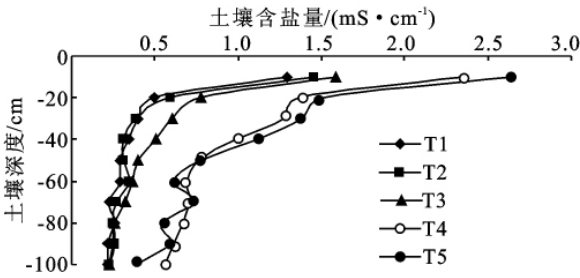


图 3 各处理土壤含盐量在土壤中分布

2.2 灌溉水质对土壤盐分离子的影响

微咸水滴灌土壤盐分离子变化见表 3。土壤中各离子含量随土壤含盐量和灌溉水矿化度的增加而增加。T1、T2 和 T3 处理中,Mg<sup>2+</sup>和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>变化不是很明显,而 Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>和[Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>]均出现不同程度的增加。在 T4、T5 高含盐土壤中处理中各离子含量均出现累积。土壤中 Cl<sup>-</sup>含量的增加会对作物根系产生毒害,并且影响植物对 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>的吸收。土壤中 Na<sup>+</sup>含量的增加会引起土壤颗粒收缩、胶体颗粒的分散和膨胀,导致土壤孔隙的减少,渗透性降低,同时土壤中过量盐分会引起土壤结皮,并且 Na<sup>+</sup>含量的增加会降低作物对钾钙的吸收,导致钾和钙营养失

调,同时影响植物蛋白质的新陈代谢。其他研究表明只要土壤中的盐分和盐离子不超过作物的盐害阈值时,微咸水灌溉可获得在相同灌溉条件下淡水灌溉

时的产量,当土壤溶液中的盐分超过作物盐害阈值时才会影响作物的产量和品质,如研究表明棉花苗期盐害阈值为 0.6%~0.7%<sup>[10-11]</sup>。

表 3 各处理盐分离子在土壤中的含量 %

处理	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	[Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ]
T1	0.0032	0.0028	0.0240	0.0632	0.0482	0.1295
T2	0.0029	0.0024	0.0244	0.0602	0.0523	0.1316
T3	0.0041	0.0028	0.0279	0.0605	0.0655	0.1469
T4	0.0049	0.0041	0.0231	0.0819	0.0937	0.1896
T5	0.0059	0.0050	0.0283	0.0958	0.1004	0.2135

3 结论与讨论

通过对矮化密植枣树微咸水滴灌田间试验结果分析,微咸水灌溉的洗盐和积盐效果与土壤初时含盐量和灌溉水矿化度有关系,各处理 0—100 cm 脱盐率分别为 26.4%、53.5%、29.8%、51.9%和 44.1%,且主要集中在表层 0—40 cm 范围内,洗盐效果最好的是当土壤含盐量为 1.03 mS/cm 时采用 2.5 g/L 矿化度水灌溉,土壤湿润体边缘积盐随灌水矿化度的增加而增大,在枣树整个生育期内,微咸水滴灌表现为积盐过程,随矿化度的增加积盐越明显,且有表聚现象。滴灌条件下各种盐分离子的迁移速度与分布特性不同,高含盐土壤和高矿化度水滴灌比低含盐土壤各离子积累明显,其中 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>和 [Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>] 均出现增加且有有表聚现象。当土壤含盐量在 0.4%~0.45%之间时,对 2 年生枣树叶片出现四周焦黄、卷叶和落叶,已经造成盐分胁迫。为了避免由于微咸水灌溉而产生土壤盐渍化危害,影响枣树的正常生长,应当在枣树生育期适时进行洗盐,淋洗定额依据枣树各生育期的耐盐特性和土壤含盐量、盐分组成等因素。而枣树的耐盐性和适时适量的洗盐定额还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 王全九,徐益敏,王金栋.咸水与微咸水在农业灌溉中的

应用[J].灌溉排水,2002,21(4):73-77.

[2] 雷廷武,肖娟,王建平,等.地下咸水滴灌对内蒙古河套地区蜜瓜用水效率和产量品质影响的试验研究[J].农业工程学报,2003,19(2):80-84.

[3] 肖娟,雷廷武,李光永,等.西瓜和蜜瓜咸水滴灌的作物系数和耗水规律[J].水利学报,2004(6):119-124.

[4] 马东豪,王全九,来剑斌.膜下滴灌条件下灌水水质和流量对土壤盐分分布影响的田间试验研究[J].农业工程学报,2005,21(3):42-46.

[5] 王丹,康跃虎,万书勤.微咸水滴灌条件下不同盐离子在土壤中的分布特征[J].农业工程学报,2007,23(2):83-87.

[6] 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.

[7] 逢焕成,杨劲松,严惠峻.微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量影响研究[J].植物营养与肥料学,2004,10(6):599-603.

[8] 陈秀龙,胡顺军,李修仓.膜下滴灌条件下不同矿化度水对土壤水盐动态及棉花产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):7-12.

[9] 肖振华,万洪富,郑莲芬.灌溉水质对土壤化学特征和作物生长的影响[J].土壤学报,1997,34(3):272-285.

[10] 陈小兵,杨劲松,张奋东,等.基于水盐生产函数的绿洲灌区水盐调控研究[J].灌溉排水学报,2007,26(4):75-78.

[11] 孙小芳,刘友良,陈沁.棉花耐盐性研究进展[J].棉花学报,1998,10(3):118-124.

(上接第 217 页)

[8] 梁治平,周兴.土地利用动态变化的模型分析[C]//中国土地资源战略与区域协调发展研究,2006:165-170.

[9] 刘纪远.中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M].北京:中国科学技术出版社,1996:158-188.

[10] 李天宏,韩鹏.厦门市土地利用/土地覆盖动态变化的遥感检测与分析[J].地理科学,2001,21(6):537-543.

[11] 李月臣,刘春霞.1987—2006 年北方 13 省土地利用/覆盖变化驱动力分析[J].干旱区地理,2009,32(1):37-46.

[12] 邓聚龙.灰色系统社会经济[M].北京:国防工业出版社,1985.

[13] 江西省统计局.江西省统计年鉴 1995—2006[M].北京:中国统计出版社,2006.

[14] Mills A J, Fey M V. Decling soil quality in South Africa: Effects of land use on soil organic matter and surface crusting [J]. South African Journal of Science, 2003,99:429-433.