

文章编号: 1007-4929(2004)03-0005-03

## 试验研究

# 膜下滴灌条件下温度影响盐分离子运移的试验研究

王振华<sup>1</sup>, 温新明<sup>2</sup>, 吕德生<sup>1</sup>, 谢云<sup>1</sup>

(1. 石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院, 新疆 石河子 832000)

**摘要:**通过非充分供水条件下的3种流量和4种灌水温度对 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ 的运移试验,分析了温度对盐分离子运移的影响。认为4种盐分离子在湿润土体中均受到灌水温度的影响,该研究将为膜下滴灌技术的进一步推广和探索盐碱地的改良措施提供有益的思路。

**关键词:**膜下滴灌;灌水温度;盐分运移

中图分类号: S156.4<sup>+</sup>6 文献标识码: A

## Experimental Research on Influence of Temperature on Salt Ions Transportation Under Drip Irrigation Under Plastic Mulch

WANG Zhen-hua<sup>1</sup>, WEN Xin-ming<sup>2</sup>, LV De-sheng<sup>1</sup>, XIE Yun<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi City, Xinjiang Uigur Autonomous Region, 832000; 2. Xinjiang Agricultural Reclamation Academy of Sciences, Shihezi City, Xinjiang Uigur Autonomous Region, 832000)

**Abstract:** Based on the experiment of influence of four various irrigation water temperatures on four salt ions transportation ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) under insufficient water supply with three various discharges, this paper analyzed the influence of temperature on salt ion transportation. The author put forward that irrigation water temperature has effect on all the four salt ions in wet soil. The research result will help to farther spread technology of drip irrigation under plastic mulch and search improvement measure for saline-alkali land.

**Key Words:** drip irrigation under plastic mulch; irrigation water temperature; salt ions transportation

盐碱地的防治是一个世界性的难题,我国有大面积的盐碱地,据统计,各类盐渍土地约9 913万 $\text{hm}^2$ 。地处干旱地区的新疆有许多盐碱荒地和盐碱农田,面积达2 181.4万 $\text{hm}^2$ ,其中盐渍化土地面积997.1万 $\text{hm}^2$ ,盐化土面积957.0万 $\text{hm}^2$ ,碱化土面积227.3万 $\text{hm}^2$ 。在407.84万 $\text{hm}^2$ 耕地面积中,受不同程度盐化危害的面积为122.88万 $\text{hm}^2$ ,占耕地的30.13%,占低产田面积的63.20%<sup>[1]</sup>。改造和利用这些土地资源,防止次生盐渍化的发生是农业可持续发展的重要内容。新疆属于典型的温带大陆性气候,夏季炎热,冬季寒冷,寒暖交替剧烈,降雨量极少,全疆平均年降水量仅为147.4mm,蒸发强烈,平均蒸发强度高达1 512.1mm,蒸降比为10,南疆地区可达30~40。更具特色的是,新疆有着丰富的天然盐源,在全疆许多地区都分布着含有大量盐类的白垩纪和第三纪地层,这些都为易溶性盐分在土壤中大量聚集创造了极为有利的条件<sup>[2,3]</sup>。

膜下滴灌技术是在新疆首先发展起来的,具有覆膜、保墒、抑盐和增温的作用。在非充分供水条件下覆膜滴灌入渗过程中,盐碱土在外界大气高温的影响膜下土壤温度升高后,盐分中各种离子将受到怎样的影响,由于作物对各种离子的敏感度不同,所受到

的毒害程度也不一样,因此研究滴灌入渗条件下温度对盐分各种离子的运移影响具有其特定意义。目前对于盐分在非饱和土层中运动规律的研究,对于地表滴灌包括覆膜滴灌技术,很多学者已经作了大量的工作,但主要是研究总盐运移方面的,而对于滴灌条件下灌水温度对盐分各种离子运移影响的研究国内还不多见<sup>[4~10]</sup>。本文通过对新疆盐碱地滴灌入渗实验,分析了非充分供水条件下滴水温度对盐分几种离子的运移影响,将为膜下滴灌技术的进一步推广和探索盐碱地的改良措施提供一些有益的参考和思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试土壤取自新疆盐碱区农八师121团,土壤颗粒组成分析测定结果表明:其质地为粉沙质粘壤土,对试验土样测得其初始含盐量为0.7%,初始氯离子含量为0.04%,根据新疆荒勘局提出的土壤盐化等级标准<sup>[2]</sup>,属于中度盐化盐碱土。经测定土样含有多种盐分,但以硫酸钠和氯化钙为主,属于硫酸盐盐土,其组成离子的初始含量见表1。

收稿日期:2004-03-06

基金项目:国家农业综合开发示范项目(国家财政部农发办[2001]16号)。

作者简介:王振华(1979-),男,硕士研究生。

表1 土壤中初始离子含量表

%

离子种类	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	合计
含量	0.417 0	0.043 6	0.017 0	0.000 6	0.004 6	0.109 3	0.003 7	0.150 0	0.745 8
比重	55.60	5.88	2.30	0.08	0.62	14.76	0.50	20.26	100

注:为便于分析说明温度对盐分各种离子的影响,以下均用各种离子的相对含量,即其实际含量与表1中的初始含量的比值。

## 1.2 试验系统

整个试验系统由试验土箱和供水系统组成。由于膜下滴灌土壤水分和溶质迁移所形成的湿润体是以点源为中心的一个椭球体或球体,故滴灌入渗实验方案采用三维实验系统完成滴灌非充分供水入渗实验。试验土箱由厚10 mm的有机玻璃材料制成,长×宽×高为100 cm×80 cm×80 cm。双桶马氏瓶截面面积为400 cm<sup>2</sup>。采用气针模拟滴灌的滴头,以稳定水头向土体中供水,滴头流量通过调节马氏瓶出水口的开度来实现,灌水温度由加热器、恒温器和温度计控制。

## 1.3 试验方法

为研究膜下滴灌温度对盐分运移的影响,进行了4种灌水温度( $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ )和3种滴头流量( $Q=1\text{ L/h}$ 、 $2\text{ L/h}$ 、 $3\text{ L/h}$ )下的土壤脱盐试验,其灌水量恒为10 L。试验土样风干过筛后,测定其初始含水量,根据初始含水量和土壤容重( $1.4\text{ g/cm}^3$ )分层(每层厚度为10 cm)均匀地将土样装入试验土箱。为减小土箱边壁对湿润锋的影响,入渗点源置于土箱中心的正上方。试验过程中,保证灌水温度的恒定,试验结束后对土壤湿润体在滴头正下方沿深度方向在土表、湿润体中心、湿润体底部取3个土样(以下均简称为表处、心处、底处),所有土样由石河子大学分析测试中心(省级资质)测定其含盐量。

## 2 结果与分析

### 2.1 流量一定( $Q=2\text{ L/h}$ )时温度对离子的影响

土壤水分是盐分迁移的重要载体,盐分一般随着土壤水分的运动而运移,一般包括2个重要过程<sup>[5,6]</sup>:一是在滴头灌水时,土壤盐分随入渗水流向四周迁移的过程,即盐分的三维运移过程。另一种是在滴头停止灌水后,地表不再有积水下渗,此时土壤水分主要是在土壤势梯度以及在植物蒸腾和土壤表面蒸发作用下进行再分布。由于温度对各种离子的影响,滴灌点源入渗过程中,在土壤表面以下,土壤盐分各种离子并非都随水分逐渐向远离点源的方向扩散,而是在离子热运动与水分淋洗双重作用下的运移。由于供试土壤以硫酸钠和氯化钙为主,本文着重分析SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>和Ca<sup>2+</sup>随温度及流量的变化情况。

图1为湿润体表处离子随温度变化图,由图1可以看出:湿润体表处Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>和Ca<sup>2+</sup>随温度变化的趋势基本相同,20℃和40℃时含量均高于30℃和50℃时的水平,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>则在30℃时的含量最高,图1中4种离子含量都有一定幅度的波动变化,显然是受到了温度的影响,说明它们对温度都有一定的敏感性。由于在土壤表面受到水分入渗淋洗作用强烈,4种离子含量均低于初始水平。湿润体心处(见图2),20℃和40℃时SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和Ca<sup>2+</sup>的相对含量比较大,均高于初始水平,30℃和50℃时则和初始水平相当,说明SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>对温度比较敏感,受温度影响较大,因此在湿润体心处集聚而在底部湿润锋处相对较低(见图3);Cl<sup>-</sup>和Na<sup>+</sup>在4种温度下变化不明显,含量均低

于初始水平,说明运移中受温度影响没有水分淋洗的作用较大,因此在底部湿润锋处受淋洗积累含量高于初始水平(见图3)。

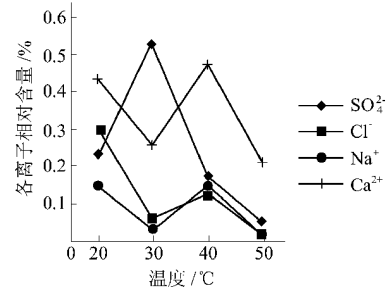


图1 湿润体表处离子随温度变化图

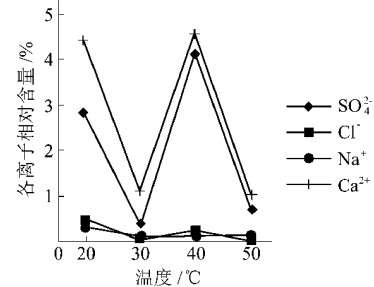


图2 湿润体心处离子随温度变化图

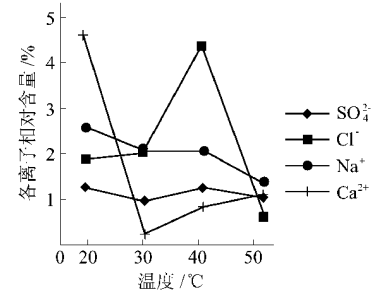


图3 湿润体底处离子随温度变化图

由图4可以看出:20℃即常温下的总盐含量沿滴头向下在表处低于初始水平,而后逐渐升高,与前人研究的结果相同<sup>[5~10]</sup>,即在滴灌入渗过程中,土壤盐分随水分的径向迁移而迁移,在湿润锋附近累积,滴头附近的土体逐渐处于脱盐过程;温度改变后,因20℃和40℃对SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>影响较大,且SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Ca<sup>2+</sup>初始含量较大,所以20℃和40℃湿润体心处总盐含量较高;在底处,由于30℃时SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和Ca<sup>2+</sup>含量较低造成总盐含量稍低外,其他3种温度情况下总盐含量均高于初始水平。

### 2.2 流量改变后温度对离子的影响

滴头流量在膜下滴灌中是一个最重要的因素<sup>[7]</sup>,不仅影响地表积水范围的大小,而且直接影响湿润体的形状和大小以及土壤含水量、含盐量的分布。所以有必要研究流量改变后,温度对离子运移的影响,由于作物的根区往往在灌溉湿润体心处,因此本文分析SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>和Ca<sup>2+</sup>4种离子在3种流量

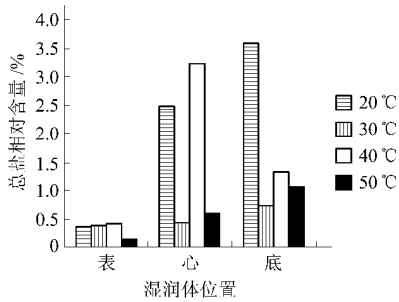
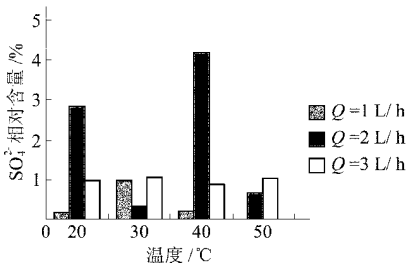
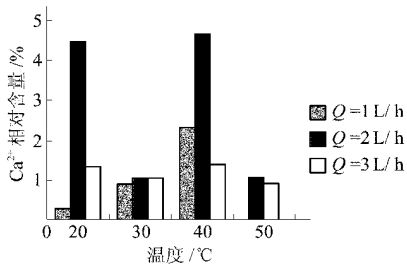


图4 总盐含量随温度变化图

下在湿润体心处温度对其含量的影响。

图5为 $\text{SO}_4^{2-}$ 在湿润体中心随温度变化图,图6为 $\text{Ca}^{2+}$ 在湿润体中心随温度变化图。

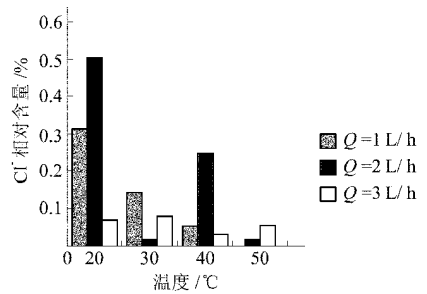
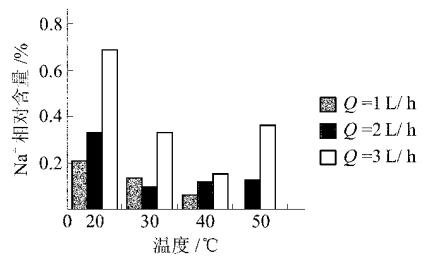
图5  $\text{SO}_4^{2-}$ 在湿润体中心随温度变化图图6  $\text{Ca}^{2+}$ 在湿润体中心随温度变化图

通过图5和图6可以看出:流量 $Q=1\text{ L/h}$ 时,30 °C对 $\text{SO}_4^{2-}$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ 影响不大,与初始接近,说明处于脱盐和积盐的动态平衡中。20 °C和40 °C影响较大,含量均低于初始水平,说明由于流量较小,湿润锋的垂直运移速度大于水平速度,相应的盐分离子随水分垂直运移的速度也较大,脱盐效果较好。流量 $Q=2\text{ L/h}$ 时,20 °C与40 °C对其影响仍然较大,均高于初始水平,处于积盐状态,流量 $Q=3\text{ L/h}$ 时,4种温度下, $\text{SO}_4^{2-}$ 的相对含量均在初始水平左右,说明流量越大,对盐分离子的淋洗作用越明显,大于温度对其影响。 $\text{Cl}^-$ 在各种温度下含量均较低,低于初始水平,流量也同样对其产生了类似的影响(见图7)。 $\text{Na}^+$ 在温度一定时基本上随着流量的增加含量增加,流量一定时,随着温度的升高含量降低,但均低于初始水平(见图8)。

流量 $Q=1\text{ L/h}$ 时,由于散热较大,若保证滴头出水温度50 °C,易造成马氏瓶的破坏,所以流量 $Q=1\text{ L/h}$ 温度50 °C的离子含量数据空缺。

### 3 结语

①各种盐分离子在湿润土体中均受到灌水温度的影响,特别是 $Q=2\text{ L/h}$ 时,灌水温度20 °C和40 °C对 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 的影响较大,且在土壤湿润体的中心出现聚集的现象,而 $\text{Cl}^-$ 和

图7  $\text{Cl}^-$ 在湿润体中心随温度变化图图8  $\text{Na}^+$ 在湿润体中心随温度变化图

$\text{Na}^+$ 等也受到一定的影响。

②当滴头流量改变时,温度对4种离子的影响没有表现出一定的规律性,在流量 $Q=1\text{ L/h}$ 和 $Q=2\text{ L/h}$ 时,灌水温度20 °C和40 °C对 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Cl}^-$ 的影响较大,流量较大对盐分离子的淋洗作用较强。

③对含盐土壤来说,滴灌的水量不仅要满足作物正常的需求,而且要满足土壤的脱盐要求,即根系层土壤中的含盐率要维持在作物耐盐度范围内,还要清楚灌溉水温以及大气温度对土壤中各种离子的影响,对于低温情况下盐分离子运移受温度影响的情况还有待进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 罗廷彬,任 巍,谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性[J]. 干旱区研究, 2001, (1): 46.
- [2] 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所. 新疆土壤与改良利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1980.
- [3] 刘昌明,何希吾. 中国21世纪水问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] 李 毅. 非充分供水条件下滴灌入渗的水盐运移特征研究[J]. 水土保持学报, 2003, (1).
- [5] 王全九,王文焰. 盐碱地膜下滴灌技术参数的确定[J]. 农业工程学报, 2001, (3).
- [6] 吕殿青,王全九. 土壤盐分分布特征评价[J]. 土壤学报, 2002, (5).
- [7] 吕殿青,王全九,王文焰,等. 膜下滴灌水盐运移影响因素研究[J]. 土壤学报, 2002, (6).
- [8] 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, (3).
- [9] 王 勇,张宝林. 滴灌条件下盐渍化土壤盐分运移规律的研究[J]. 内蒙古水利, 2002, (4).
- [10] 韩淑敏,田魁祥. 点源入渗与蒸发条件下土壤水盐运移试验研究[J]. 河北农业大学学报, 2002, (1).