

冻融对北疆盐碱地长期滴灌棉田土壤盐分的影响

李文昊^{1,2}, 王振华^{1,2}, 郑旭荣^{1,2}, 张金珠^{1,2}

(1. 石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000; 2. 现代节水灌溉兵团重点实验室, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 为了解北疆积雪覆盖条件下, 冻融作用对盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分分布及变化的影响。采用时空变异法, 以连续应用膜下滴灌 0、4、6、8、10、15 a 6 块棉田初春土壤盐分的变化为例进行分析。结果表明, “冻层滞水”及积雪消融入渗对 80 ~ 100 cm 深度土体中盐分具有天然淋洗作用, 冻融前后土壤盐分分布呈“广口杯”状。4 月 5 日至 14 日在水分(直接驱动力)运动影响下, 60 ~ 80 cm 土层含盐量降低, 其中一部分随毛管水向上蒸发, 滞留于 0 ~ 40 cm 土壤; 另一部分受重力水作用向下淋洗, 80 cm 以下土层含盐量升高。滴灌 0 a 地块 0 ~ 140 cm 土体内储盐量为 29 063.00 g, 滴灌 15 a 后, 降至 5 778.86 g。冻融对盐分的淋洗作用在应用滴灌年限较短地块表现得相对明显, 即土壤中含盐量越高, 淋洗作用越显著; 冻融后滴灌 0 a 棉田 0 ~ 140 cm 土体储盐量降低 8 941.33 g, 滴灌 15 a 棉田降低 614.62 g。提出冻融循环对土壤中盐分的天然淋洗作用是北疆盐碱地长期膜下滴灌棉田土壤盐分降低的重要因素之一。

关键词: 冻融; 棉田; 滴灌; 土壤盐分; 淋洗作用; 北疆

中图分类号: S156.4⁺6; S275.6 **文献标志码:** A

Effects of freezing and thawing on soil salinity in cotton fields by long-term drip irrigation of saline-alkaline soil in North Xinjiang

LI Wen-hao^{1,2}, WANG Zhen-hua^{1,2}, ZHENG Xu-rong^{1,2}, ZHANG Jin-zhu^{1,2}

(1. College of Water & Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China;

2. Corps Key Laboratory of Modern Water-saving Irrigation, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: In order to investigate the effects of freezing and thawing function on soil salinity distribution and change in cotton field of saline-alkaline soils with drip irrigation under plastic film under snow cover condition in North Xinjiang, using the spatial and temporal variation method, taking the soil salinity change at early spring in 6 cotton fields with 0, 4, 6, 8, 10 and 15 year continued drip irrigation under plastic film as case study, carried out the analysis. The results showed that: The stagnant water in frozen layer and infiltration of snow thawing had the natural leaching function for the soil salinity in 80 ~ 100 cm soil depth. Before and after freezing and thawing, the soil salinity distribution displayed a wide-mouth-cup shape. Under the influence of water movement during April 5 to April 14, the soil salinity was reduced at 60 ~ 80 cm soil layers, among them, a part of water went up by capillary through evaporation, stranded at 0 ~ 40 cm soil depth. Another part of water leached down by gravity, the soil salinity content was increased below 80 cm depth. The amount of salt storage was 29 063.00 g in 0 ~ 140 cm soil depth in 0 a land, but after drip irrigation for 15 years, reduced to 5 778.86 g. The leaching function on soil salinity by freeze-thaw was relatively obvious in shorter years of drip irrigation, as the higher soil salinity content, the more notable for the leaching function. The salt storage content was reduced 8 941.33 g in 0 ~ 140 cm soil depth in 0 a drip irrigation cotton land after freeze-thaw. After 15 years of drip irrigation, the cotton land was reduced 614.62 g. So put forward the natural leaching function by freeze-thaw cycles on soil salinity was one of the important factors for reducing soil salinity content in cotton land by long-term drip irrigation in Northern Xinjiang.

Keywords: freezing and thawing; cotton field; drip irrigation; soil salinity; leaching function; North Xinjiang

收稿日期: 2014-04-18
基金项目: 国家自然科学基金项目(51369027); 石河子大学杰出青年培育项目(2013ZRKXJQ02)
作者简介: 李文昊(1988—), 男(满族), 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: lwh8510012@163.com。
通信作者: 王振华(1979—), 男, 河南扶沟人, 教授, 博士, 主要从事干旱区节水灌溉理论与技术研究。E-mail : wz2002027@163.com。

我国季节性冻土面积 $5.137 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占国土总面积的 53.5%^[1-2]。其主要分布于北纬 30° 以北, 且大多数属于水资源严重短缺的干旱、半干旱区。经调查, 季节性冻土分布区, 农业用水占总用水量的 85% 以上^[3], 因此有必要在季节性冻土区开展以冻融为背景的节水灌溉理论与技术的研究。新疆地处欧亚大陆腹地, 冬季寒冷多雪, 夏季少雨且蒸发强烈, 是我国典型的季节性冻土、荒漠绿洲、灌溉农业区。全疆许多地区属于含有大量盐类的白垩纪和第三纪地层, 丰富的天然盐源使易溶性盐分在土壤中大量聚集^[4]。据统计, 新疆的盐碱荒地和盐碱农田面积达 $2\,181.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 致使盐碱危害严重制约了新疆农业经济、绿洲生态的可持续发展^[5]。国际冻土学会主席佩威(Pewe)教授指出: 查明冻融过程中水盐迁移规律是防治土壤盐碱化的新途径。

很多国内专家学者在不同研究区以盐碱地为背景对自然冻融前后的水盐变化特征进行研究。罗金明^[6]研究认为, 冻结期白盖苏打碱土盐分表聚现象显著, 使其消融期土壤的盐渍化程度不断加重。李瑞平^[7]认为冻融作用是土壤盐碱化独特的形成机制; 彭振阳^[8]认为秋浇条件下冻融过程的主要返盐过程发生在消融期。富广强^[9]发现土壤剖面盐分在冻结期和初蒸期表聚现象明显, 土壤剖面含盐量表现为“积盐-脱盐-再积盐”的变化过程; 认为季节性冻融是干旱区土壤盐碱化形成的主要驱动因子。靳志锋^[10]研究认为消融积雪淋洗使得表层土壤盐分向下运移, 从而改变了土壤盐分上移的趋势, 暂时抑制了盐分, 推迟了土壤返盐的时间; 消融期积雪对土壤水分调控以及保墒、抑盐有着十分重要的作用。李宝富^[11]认为冻融前随着土层深度的增加土壤含盐量逐渐增大, 冻融后表层含盐量最高。

自 1996 年兵团将膜下滴灌技术引入新疆^[12], 至今已 18 a。该技术能够“节水”、“节肥”^[13]且在棉花生育期内能够抑制土壤返盐, 因此在拥有大面积盐碱地的新疆迅速发展。但由于膜下滴灌同时具有“浅灌、勤灌、湿润范围小”的特征, 被认为只是暂时调节盐分在浅层土壤分布的状况, 理论上盐分并未排出土体, 加之灌溉用水中含有盐分, 造成浅层土壤盐分积累, 若不采取合适的治理措施可能造成土壤积盐爆发^[14-16]。随着滴灌应用年限的延长, 是否存在节水灌溉型土壤盐渍化问题, 引起很多学者关注和思考。不断有专家、学者针对耕作期内长期膜下滴灌条件下土壤水盐运移规律进行研究。

有研究认为滴灌应用年限越长, 棉田中盐分积累越多^[14, 17-18], 但也有研究表明膜下滴灌技术使用

初期, 田间土壤盐分含量明显下降, 随后其下降幅度减小; 随着膜下滴灌年限的延长, 田间土壤盐分含量稳定在某一水平范围内, 实际的灌溉制度是控制田间土壤含盐量的因素^[19]。新疆干旱区绿洲膜下滴灌棉田 0~60 cm 膜内根区盐分随滴灌年限呈降低趋势, 在滴灌 1~4 a 根区总盐变化幅度及降低幅度均较大, 滴灌 5~7 a 盐分继续小幅降低; 盐分降低主要原因在于当地的灌溉制度^[20-22]。盐碱荒地经过多年开垦利用后, 土壤可溶性盐分和 pH 值均显著降低^[23]。

以上关于季节性冻融背景下土壤水盐运移规律及长期膜下滴灌条件下盐分运移特征的研究成果, 在农田苗期合理灌水技术参数的确定、高效利用水资源及农田水盐调控方面起到了重要作用。但关于冻融作用对盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分分布及变化影响的研究相对薄弱。本文以北疆典型膜下滴灌发源地 121 团连续应用膜下滴灌 0、4、6、8、10、15 a 6 块棉田为例, 探讨冻融作用对盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分分布及变化的影响。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区选在属于典型季节性冻土区的新疆生产建设兵团农八师 121 团(新疆石河子市炮台镇), 121 团自 1996 年的膜下滴灌棉花试验区历经 18 年发展成为兵团最典型的滴灌优质棉生产基地。其地处天山北麓、准噶尔盆地西南缘, 属典型的温带大陆性气候。地理坐标为东经 $112^{\circ}47'50'' \sim 112^{\circ}20'63''$ 、北纬 $44^{\circ}56'13'' \sim 44^{\circ}36'59''$ 之间。平均海拔 300~500 m, 坡降 1/1 000~1/15 000。春季升温急剧, 秋季降温迅速, 春短, 冬长, 昼夜温差大。夏季炎热, 极端最高气温达 43.1°C , 冬季寒冷, 极端最低气温达 -42.3°C , 年平均气温 $7.5^{\circ}\text{C} \sim 8.2^{\circ}\text{C}$, 平均冻深 140 cm。日照时数 2 318~2 732 h, 无霜期 147~191 d, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 $4\,023^{\circ}\text{C} \sim 4\,118^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温为 $3\,570^{\circ}\text{C} \sim 3\,729^{\circ}\text{C}$ 。降水量少, 年均 148.4 mm, 蒸发强烈, 年均蒸发量 1 900.5 mm。日最大降雨量达 39.2 mm, 日最大降雪量 19.6 mm。冬季最大积雪厚度 40 cm 左右, 平均积雪深度 19 cm。根据石河子气象局有关资料, 2011 年累积积雪深度 22 cm。冻融自每年 11 月下旬表层土壤开始冻结, 到翌年 2 月上旬达到最大冻结深度, 4 月初土壤完全融通。根据新疆盐碱土分类标准, 研究区土壤属于氯化物硫酸盐不同程度盐化土壤。采用比重计法测定不同土层土壤颗粒含量, 并采用卡氏制对土壤质地进行

分级(见表 1)。环刀法测定土壤容重(见表 1)。

表 1 土壤物理性质
Table 1 Soil physical properties

深度/cm Depth	土壤质地 Soil texture	干容重/(g·cm ⁻³) Dry density
0	中壤土 Medium loam	1.18
20	轻壤土 Light loam	1.47
40	轻壤土 Light loam	1.49
60	轻壤土 Light loam	1.48
80	轻壤土 Light loam	1.49
100	中壤土 Medium loam	1.52

1.2 试验方法

2011 年 11 月 17 日,在 121 团 18 连选定不同年

表 2 不同滴灌年限对照表
Table 2 Compare table for different drip irrigation life

开垦时间 Reclamation time	1997	2002	2004	2006	2008	荒地 Wasteland
应用年限 Application life/a	15	10	8	6	4	0

1.3 数据分析

对所取土样采用烘干法测其质量含水率;对烘干土样过 1 mm 土工筛后,按照土水质量比 1:5 混合震荡、过滤,用 DDS-11A 数显电导率仪测定提取液 EC 值,采用烘干残渣法对 EC 值进行标定换算为盐分质量分数(g·100g⁻¹)。将每块棉田的 3 组水盐含量数据取均值后,采用(1)式计算一定深度土体单位面积(1 m²)的储盐(水)量(以下简称储盐量):

$$S = 100h\gamma C \tag{1}$$

式中, S 表示 h cm 深度储盐(水)量(g); h 代表土层的厚度(cm); γ 为土壤干容重,如表 1。初春旋耕后(旋耕深度 12 ~ 16 cm)地表处土质松散,20 ~ 100 cm 土壤容重相近,取均值 1.49 g·cm⁻³; C 代表 h cm 土层的质量含盐(水)量(%)。

冻融(应用滴灌)前后土壤储盐(水)量的变化率为:

$$\Delta = (S_2 - S_1)/S_1 \times 100\% \tag{2}$$

式中, Δ 为土壤盐(水)分存储量的变化率(%); S_1 、 S_2 分别为 2011 年 11 月 17 日封冻前,2012 年 4 月 5 日通融后储盐(水)量;或者滴灌 0 年,应用滴灌后储盐(水)量。

假设土壤中盐(水)分进行一维垂直方向运动,则同一土层不同时期储盐(水)量变化量 $S_2 - S_1$,与此土层上、下界面单位面积(1 m²)盐(水)分通量变化 $Q_2 - Q_1$ (g·m⁻²)相等,规定盐(水)分通量 Q 以

份开始应用滴灌的棉田共 6 块(见表 2),6 个地块相距不大,相对集中在 ≤ 2 km² 范围之内,土质和土壤结构基本一致,应用滴灌技术前均为荒地;且均属同一支渠灌溉,在兵团特殊的管理体制下,保证各地块耕作期灌水、施肥方式相近。2011 年 11 月 17 日、2012 年 4 月 5 日、2012 年 4 月 14 日分别对所选地块进行对角线取样;每块棉田布设 3 个取样区,滴灌 0 年即荒地选择两个样区;采用 GPS 及周边参照物进行样区定位;取样深度分别为 0 ~ 3 cm、20 ± 3 cm、40 ± 3 cm、60 ± 3 cm、80 ± 3 cm、100 ± 3 cm、120 ± 3 cm、140 ± 3 cm(以下简称 0、20、40、60、80、100、120、140 cm)共计 8 个样。每次取样 136 个,三次合计获得样品 408 个。

向上为正,用以分析水盐运动方向,即:

$$S_2 - S_1 = Q_2 - Q_1 \tag{3}$$

2 结果与分析

2.1 北疆冻融影响下盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分变化

冻融过程土壤中盐分的运动十分复杂,受土壤类型、土壤初始含水量、盐分组成以及冻结生成的温度、热梯度、冻结速度等因素影响^[24]。本文为减少以上因素对数据的影响,严格按照当年石河子垦区冻融起止时间进行取样,分析北疆冻结期地表有积雪覆盖条件下,季节性冻融作用对盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分分布的影响。不同地块冻融前后(2012 年 11 月 17 日至 2013 年 4 月 5 日)及消融后(2013 年 4 月 5 至 14 日)0 ~ 140 cm 深度土壤中盐分分布特征见图 1;由公式 1 ~ 3,计算得不同地块冻融前、后储盐量(S),储盐量变化率(Δ),盐分通量(Q),分别计算其均值后,整理至表 3。

滴灌的灌水淋洗可暂将土壤中的盐分洗至深层^[25-26],田间最后一次灌水日期为 8 月 24 日,之后至 11 月 17 日,持续蒸发使盐碱地滴灌棉田中大量深层盐分运移至上部土壤,由图 1 可以看出,11 月 17 日土壤含盐量由表层至 140 cm 逐渐降低,各地块储盐量平均值由 $S_{(0 \sim 20\text{cm})} = 5\,281.42$ g 降低至 $S_{(120 \sim 140\text{cm})} = 2\,163.18$ g,造成地表积盐现象。11 月

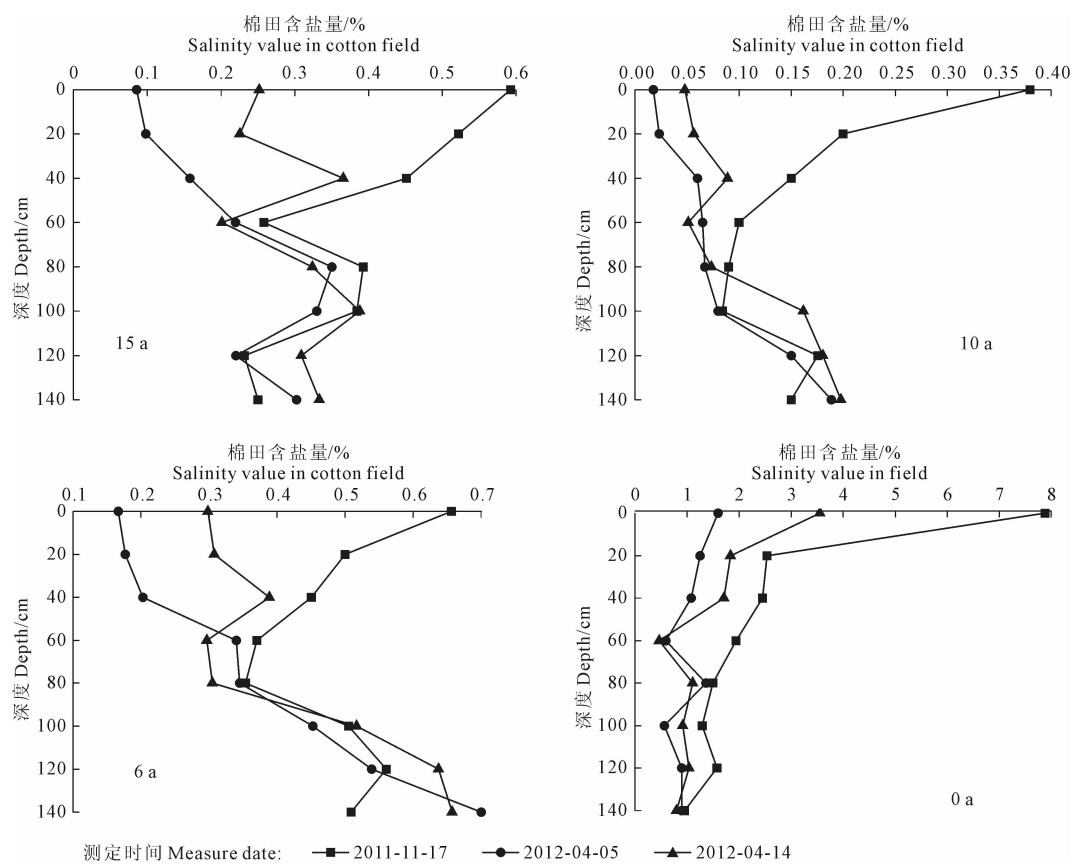


图 1 冻融前后各地块盐分分布特征

Fig.1 Salt distribution characteristics in each blocks before and after freezing and thawing

表 3 冻融前后盐分数据

Table 3 Salt data before and after freezing and thawing

项目 Item	土层深度 Soil depth/cm						
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 140
冻融前储盐量/g Salt storage before freeze-thaw	5281.42	3016.39	2867.80	2552.99	2295.15	2315.31	2163.18
消融后储盐量/g Salt storage after ablation	1094.14	1041.67	1110.35	1351.69	1462.56	1293.69	1967.83
储盐量变化率/% Change rate on salt storage	- 65.64	- 61.04	- 59.21	- 42.78	- 35.15	- 38.06	- 15.49

项目 Item	土层深度 Soil depth/cm						
	20	40	60	80	100	120	140
盐分通量/(g·m ⁻²) Flux on salt	- 3687.27	- 5411.99	- 7169.45	- 8370.75	- 9203.34	- 10224.95	- 10420.31

17日至翌年4月5日,(新疆季节性冻融气候影响)经历一次冻融循环;若忽略融水中盐分即上边界盐分通量 $Q_0=0\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,计算各地块不同深度土层盐分平均通量,从盐分运移方向上分析,表3中各土层盐分通量均小于0,随土层深度的增加盐分通量由 $Q_{(20\text{cm})}=-3\,687.27\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 增至 $Q_{(140\text{cm})}=-10\,420.31\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,说明冻结过程中土水势梯度下冻结带滞留的大量固态水以及北疆封冻期地表上厚厚的积雪,为

消融期强烈的人渗作用奠定了基础,消融初期重力水入渗通量大于气温回升而增强的水汽蒸发通量,0~140 cm土层中盐分整体自上而下运移。从冻融对不同土层盐分淋洗情况来看,表3中冻融前后各地块储盐量变化率平均值均小于0。随土层深度的增加储盐量变化率平均值由 $\Delta_{(0\sim20\text{cm})}=-65.64\%$ 降至 $\Delta_{(120\sim140\text{cm})}=-15.49\%$,结合图1,融水对80~100 cm内土层中盐分具有淋洗作用,且对上部土

壤作用明显,4 月 5 日,各地块储盐量平均值由 $S_{(0\sim 20\text{cm})} = 1\,094.14\text{ g}$ 上升至 $S_{(120\sim 140\text{cm})} = 1\,967.83\text{ g}$ 。冻融前后土壤盐分分布特征呈上部土体盐分变化幅度大,下部变化幅度小的类似“广口杯”状。说明季节性冻融过程并非是干旱区土壤盐碱化形成的主要驱动因子,反而对盐碱地盐分具有天然淋洗作用。

冻融过程中,温度变化是盐分运移的根本驱动力,水分运动是直接驱动力^[27]。4 月 5 日至 14 日,处于土体通融后气温快速回升阶段,土壤中毛管水和重力水分别在地表蒸发土水势梯度及消融入渗重力势梯度作用下运动。分析该时段内水分移动规律对阐明春季蒸发作用下返盐机理十分重要。

由表 4 看出,4 月 5 日至 14 日各地块储水量变化情况,0~60 cm 变化率由 $\Delta_{(0\sim 20\text{cm})} = -38.18\%$ 下降到 $\Delta_{(40\sim 60\text{cm})} = -10.28\%$,80~140 cm 储水量变化率由 $\Delta_{(60\sim 80\text{cm})} = 12.04\%$ 上升到 $\Delta_{(120\sim 140\text{cm})} = 33.75\%$ 。说明 4 月 5 日至 14 日,0~60 cm 含水率变化率降低,60~80 cm 含水率变化不明显,80~140 cm 含水率变化率升高,出现两端(表层及 140 cm)变

化幅度大,中间(60~80 cm)幅度小的特点。由此假定距地表 60 cm 处为含水率零通量面,对各地块各深度土壤水分平均通量(Q)进行计算得:0~40 cm 水分通量由 $Q_{(0\text{cm})} = -476.36\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 连续降至 $Q_{(40\text{cm})} = -77.5\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,说明 4 月 5 日至 14 日,0~40 cm 土壤水主要发生蒸发产生的土水势梯度下,毛管水向上运动;各地块储水量平均值 $S_{(0\sim 20\text{cm})}$ 由 4 月 5 日的 505.62 g,降至 4 月 14 日的 310.71 g。80~140 cm 水分通量由 $Q_{(80\text{cm})} = 119.42\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 连续上升至 $Q_{(140\text{cm})} = 779.12\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,80~140 cm 则主要是重力水在重力势梯度向下运动。各地块储水量平均值 4 月 5 日 $S_{(120\sim 140\text{cm})} = 787.56\text{ g}$,增至 4 月 14 日 $S_{(120\sim 140\text{cm})} = 1\,002.97\text{ g}$ 。因此图 1 表现为,4 月 5 日至 14 日在水分(直接驱动力)影响下,60~80 cm 土层含盐量降低,其中一方面随毛管水向上蒸发,滞留于 0~40 cm 土壤;另一方面受重力水作用向下淋洗,80 cm 以下土层含盐量升高。说明消融后,气温快速回升,加剧了毛管水向上蒸发作用致使播种前有地表返盐现象。

表 4 消融后水分数据
Table 4 Soil moisture data after ablation

项目 Item	土层深度 Soil depth/cm						
	0 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 140
2012 - 04 - 05 储水量/g Water storage in April 05,2012	505.62	772.01	827.12	844.42	906.74	828.94	787.56
2012 - 04 - 14 储水量/g Water storage in April 14, 2012	310.71	568.06	749.63	963.85	1117.27	1062.69	1002.97
储水量变化率/% Change rate on water storage	- 38.18	- 25.47	- 10.28	12.04	23.80	31.35	33.75

项目 Item	土层深度 Soil depth/cm							
	0	20	40	60	80	100	120	140
水分通量/(g·m ⁻²) Flux on water	- 476.36	- 281.45	- 77.50	0.00	119.42	329.96	563.71	779.12

2.2 冻融对长期膜下滴灌棉田土壤盐分分布的影响
为减小生育期内不同耕种时间、农艺措施、灌水等对实验数据的影响,采用时空变异法对应用滴灌 0、4、6、8、10、15 a 6 地块冻融前(2011 年 11 月 17 日)、后(2012 年 4 月 5 日)数据进行分析,采用式(1)计算 6 个研究地块 2011 年 11 月 17 日、2012 年 4 月 5 日两次取样数据各地块单位面积土体(1 m^2)一定深度储盐量平均值(S),每个地块冻融前后储盐量变化率(Δ)整理于表 5;冻融前后不同滴灌年限棉田盐分分布特征见图 2。

由表 5 中各地块储盐量平均值可以看出,盐碱地应用膜下滴灌技术种植棉花 0~60 cm(根系层)储盐量由滴灌 0 a 的 $S_{0a} = 15\,552.22\text{ g}$,降低至滴灌 15

a $S_{15a} = 2\,467.07\text{ g}$; 80~140 cm 储盐量由 $S_{0a} = 10\,057.80\text{ g}$,降低到 $S_{15a} = 2\,627.38\text{ g}$; 0~140 cm 储盐量由 $S_{0a} = 29\,063.00\text{ g}$,降低到 $S_{15a} = 5\,778.86\text{ g}$; 由图 2 可以看出冻融前后长期膜下滴灌棉田 0~140 cm 深度土壤含盐量均随滴灌年限的增加而降低。结合表 5 数据,冻融前后不同地块储盐量变化情况为,11 月 17 日至翌年 4 月 5 日,冻融使滴灌 0 a 棉田 0~60 cm 土体储盐量降低 6 509.45 g,滴灌 6 a 棉田 0~60 cm 土体储盐量降低 1 309.19 g,滴灌 15 a 棉田 0~60 cm 土体储盐量降低 510.14 g;冻融使滴灌 0 a 棉田 0~140 cm 土体储盐量降低 8 941.33 g,滴灌 6 a 棉田 0~140 cm 土体储盐量降低 1 375.34 g,滴灌 15 a 棉田 0~140 cm 土体储盐量降低 614.62 g;

说明冻融对盐分的淋洗作用在应用滴灌 0~6 a 地块(土壤含盐量较高)表现得相对明显,即土壤中含

盐量越高,淋洗作用越显著。冻融在长期膜下滴灌棉田盐分降低过程中起到一定的促进作用。

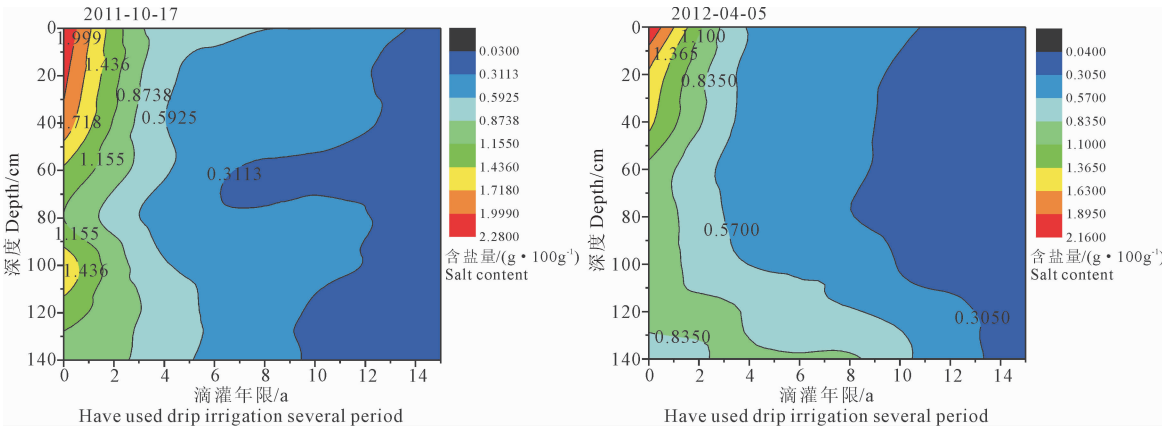


图 2 长期膜下滴灌棉田盐分分布特征

Fig. 2 Distribution characteristics on soil salinity of cotton field under long-term drip irrigation under membrane

表 5 长期滴灌盐分数据

Table 5 The soil salinity date for long-term drip irrigation

土层深度/cm Soil depth	储盐量平均值 Average value on salt storage/g					
	15a	10a	8a	6a	4a	0a
0~60	2467.07	3056.14	3736.77	4043.81	5080.88	15552.22
80~140	2627.38	3177.64	4558.55	4887.29	6013.80	10057.80
0~140	5778.86	7020.00	9262.13	10052.17	12592.53	29063.00

土层深度/cm Soil depth	冻融前后不同地块储盐量变化量/g Change of salt storage for different field before and after freezing					
	15a	10a	8a	6a	4a	0a
0~60	-510.14	-779.64	-982.37	-1309.19	-1626.78	-6509.45
80~140	-104.48	-268.79	-447.86	-66.16	-729.54	-2431.89
0~140	-614.62	-1048.43	-1430.23	-1375.34	-2356.32	-8941.33

3 讨 论

本文探讨了年均 19 cm 积雪覆盖的农八师 121 团长期膜下滴灌背景下,冻融对盐碱地棉田的影响,发现在新疆冻融阶段不仅不会造成返盐或者土壤盐碱化,反而对盐碱地中盐分有天然淋洗作用;通融后气温持续回升致使 0~40 cm 毛管水在土水势梯度下向上运动,从而引起盐分表聚。研究结果与李伟强等^[28]提出的春季冻层滞水融化有淋洗表层土壤盐分作用的结论相似。但由于其未考虑区域性环境差异,例如,冻结期土壤表层积雪对盐分的淋洗作用,模拟的边界条件与部分地区的实际自然条件存在出入,致使冻融对盐分的淋洗主要发生在表层。本文研究结果与靳志峰等^[10]消融积雪淋洗使得表层土壤盐分下移,改变了秋季停水后土壤盐分上移趋势的结论类似。但文献^[10]虽也以新疆长期膜下滴灌为背景,但未能将新疆历年冻融的淋洗作用与盐碱地长期膜下滴灌棉田盐分运移特征相结合。与

其它文献^[6-9,11]所得结论有明显不同。有些文献^[6-8]由于存在地理差异,因不同地区冬季积雪厚度的不同而导致对土壤盐分淋洗强度不同;有些文献^[8-9]则强调了通融后持续增加的蒸发强度使地表聚盐。

4 结 论

本文以膜下滴灌技术在新疆大面积推广为背景,探讨了冻融对盐碱地膜下滴灌棉田土壤盐分分布的影响。认为北疆冻融过程中“冻层滞水”和积雪的消融入渗对研究区 0~140 cm 土层盐分有自上而下淋洗作用,且对上部土壤作用更加明显;冻融前后土壤盐分分布特征呈上部土体盐分变化幅度大,下部变化幅度小的类似“广口杯”状,季节性冻融过程对盐碱地盐分具有天然淋洗作用。消融后,气温快速回升,加剧了毛管水向上蒸发作用致使播种前有地表返盐现象。

长期膜下滴灌棉田 0~140 cm 深度土壤含盐量

均随应用年限的增加而降低;冻融对盐分的淋洗作用在应用滴灌年限较短地块表现得更为明显,即土壤中含盐量越高,淋洗作用越显著。冻融循环对土壤中盐分的天然淋洗作用是北疆盐碱地长期膜下滴灌棉田土壤盐分降低的因素之一。

参 考 文 献:

[1] 李瑞平, 王海斌, 赤江刚夫, 等. 冻融期气温与土壤水盐运移特征研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 70-74.

[2] 邓仁菊, 杨万勤, 张 健, 等. 季节性冻融期间亚高山森林凋落物的质量变化[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 830-835.

[3] 陈军锋, 郑秀清, 邢述彦, 等. 地表覆膜对季节性冻融土壤入渗规律的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 18-21.

[4] 焦艳平, 康跃虎, 万书勤, 等. 干旱区盐碱地滴灌土壤基质势对土壤盐分分布的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 53-58.

[5] 卢响军, 武红旗, 张 丽, 等. 不同开垦年限土壤剖面盐分变化[J]. 水土保持学报, 2011, 25(6): 229-232.

[6] 罗金明, 邓 伟, 张晓平, 等. 冻融季节苏打盐渍土的水盐变化规律[J]. 水科学进展, 2008, 19(4): 559-566.

[7] 李瑞平, 海海滨, 付小军, 等. 干旱寒冷地区冻融期土壤水分和盐分的时空变异分析[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(1): 86-90.

[8] 彭振阳, 黄介生, 伍靖伟, 等. 秋浇条件下季节性冻融土壤盐分运动规律[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 77-81.

[9] 富广强, 李志华, 王建永, 等. 季节性冻融对盐荒地水盐运移的影响及调控[J]. 干旱区地理, 2013, 36(4): 643-654.

[10] 靳志锋, 虎胆·吐马尔白, 马合木江, 等. 积雪消融对北疆棉田土壤水盐运动的影响研究[J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(2): 169-172.

[11] 李宝富, 熊黑钢, 龙 桃, 等. 田间尺度下冻融前后土壤剖面盐分空间变异性研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 140-144.

[12] 范文波, 吴普特, 马枫梅. 膜下滴灌技术生态经济与可持续性分析—以新疆玛纳斯河流域棉花为例[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7559-7567.

[13] 邓 忠, 白 丹, 翟国亮, 等. 膜下滴灌水氮调控对南疆棉花产

量及水氮利用率的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(9): 2525-2532.

[14] 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.

[15] 王全九, 王文焰, 吕殿青, 等. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(7): 54-57.

[16] 张蔚榛, 张瑜芳. 对灌区水盐平衡和控制土壤盐渍化的一些认识[J]. 中国农村水利水电, 2003, (8): 13-18.

[17] 戈鹏飞, 虎胆·吐马尔白, 吴争光, 等. 棉田膜下滴灌年限对土壤盐分累积的影响研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 118-122.

[18] 牟洪臣, 虎胆·吐马尔白, 苏里坦, 等. 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.

[19] 李明思, 刘红光, 郑旭荣. 长期膜下滴灌农田土壤盐分时空变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 82-87.

[20] 王振华, 郑旭荣, 李朝阳. 不同滴灌年限土壤盐分分布及对棉花的影响初步研究[J]. 中国农村水利水电, 2011, (6): 63-69.

[21] 王振华, 杨培岭, 郑旭荣, 等. 膜下滴灌系统不同应用年限棉田根区盐分变化及适耕性[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 90-99.

[22] 王振华, 杨培岭, 郑旭荣, 等. 新疆现行灌溉制度下膜下滴灌棉田土壤盐分动态[J]. 农业机械学报, 2014, 45(8): 1-10.

[23] 周 丽, 王玉刚, 李 彦, 等. 盐碱荒地开垦年限对表层土壤盐分的影响[J]. 干旱区地理, 2013, 36(2): 285-291.

[24] 龚家栋, 祁旭升, 谢忠奎, 等. 季节性冻融对土壤水分的作用及其在农业生产中的意义[J]. 冰川冻土, 1997, 19(4): 328-333.

[25] 苏里坦, 阿不都·沙拉木, 虎胆·吐马尔白, 等. 干旱区膜下滴灌制度对土壤盐分分布和棉花产量的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(7): 708-714.

[26] 张 琼, 李光永, 柴付军. 棉花膜下滴灌条件下灌水频率对土壤水盐分布和棉花生长的影响[J]. 水利学报, 2004, (9): 123-126.

[27] 李志华. 季节性冻融期盐渍化土壤水热盐耦合关系研究—以玛纳斯河流域 142 团为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.

[28] 李伟强, 雷玉平, 张秀梅, 等. 硬壳覆盖条件下土壤冻融期水盐运动规律研究[J]. 冰川冻土, 2001, 23(3): 251-257