

夏 婷,杨建国,魏玉清. 旱作盐碱农田洗盐措施效果评价[J]. 江苏农业科学,2017,45(9):228-231.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.061

旱作盐碱农田洗盐措施效果评价

夏 婷¹, 杨建国², 魏玉清¹

(1. 北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 宁夏银川 750002)

摘要:为研究旱作盐碱农田的有效洗盐方式,在旱作条件下设置排盐沟、深松耕等不同处理,开展农田快速淋盐试验。结果表明:(1)“灌水量 $2\ 700\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ + 排盐沟 + 深松耕”处理对 $0\sim 40\ \text{cm}$ 表层土壤全盐淋洗效果最佳,增加灌水量反而会减弱其排盐作用;(2) $2\ 700\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 灌水量下,3个排盐处理能均等有效地降低土壤耕层 $0\sim 40\ \text{cm}$ 中 SO_4^{2-} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 等盐离子含量,明显消除 $20\sim 100\ \text{cm}$ Mg^{2+} 聚集;升高灌水量至 $5\ 100\ \text{m}^3/\text{hm}^2$,深松耕处理的排盐效果部分减弱,对照组 $80\ \text{cm}$ Mg^{2+} 聚集现象消失。“灌水定额 $2\ 700\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ + 排盐沟 + 深松耕”模式全盐和分盐的淋洗效果最佳,为盐碱地改良提供了技术参考。

关键词:盐碱土;洗盐;深松耕;排盐沟

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0228-04

随着世界范围内资源和生态环境地恶化,土壤盐渍化逐渐成为制约农业健康发展的症结^[1]。我国 34 个省级行政区中有 17 个出现不同程度的土壤盐碱化问题,主要集中在北方和滨海地区,盐渍土总面积已达到 $3\ 455\ \text{万}\ \text{hm}^2$ ^[2-3]。面对耕地面积日益萎缩的残酷现实,开发改良盐碱地能快速提高低产田单产,在缓解粮食危机的同时还能起到改良生态环境的良好效果^[3]。经过科研工作者的长期努力,盐碱地改良技术取得了长远发展,研究发现 $0\sim 10\ \text{cm}$ 表层土壤是盐分积累的主要土层^[4]。施用脱硫石膏、有机肥能够显著促进盐碱土壤脱盐,提高土壤保肥能力,实现产量、品质提升的目的^[5-7]。针对土壤盐分的聚集特征,将表层耕作土作为主要的研究和改良对象。本试验以西大滩盐碱原土为研究对象,

采用灌水定额、排盐沟、深松耕等技术措施,研究不同水盐调控措施对土壤总盐和分盐的冲洗效果,确定旱作盐碱农田的快速淋盐模式,为干旱、半干旱地区盐碱地改良提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于宁夏石嘴山市平罗县前进农场 ($106^\circ 24' 209''\text{E}$, $38^\circ 50' 289''\text{N}$,海拔 $1\ 156\ \text{m}$) 进行。 $0\sim 100\ \text{cm}$ 的土壤机械组成依次为黏壤土、粉(沙)质黏土、粉(沙)质黏壤、粉(沙)壤土。按各土层的不同土壤质地采集土样,自然风干后过 $1\ \text{mm}$ 筛,测定总盐及分盐含量。旱田试验区为氯化物硫酸盐类型的重度盐化碱土。

1.2 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,分别设置对照(无排盐沟、不深松耕,CK)、处理 1(深松耕,SS)、处理 2(设置排盐沟,SED)、处理 3(设置排盐沟 + 深松耕,SED + SS)。排盐沟垂直于农沟,深度 $1.0\ \text{m}$,宽度 $0.8\ \text{m}$,使用 $20\ \text{cm}$ 沙子 + $20\ \text{cm}$ 土壤均匀回填。试验各处理的灌水管理一致,2013 年 5 月 23 日灌水 $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$,6 月 12 日油菜播种,5 月 27 日、6 月 15 日、7 月 2 日分别灌水 $1\ 200\ \text{m}^3/\text{hm}^2$,灌水后 $15\ \text{d}$

收稿日期:2016-07-21

基金项目:国家自然科学基金(编号:31060180);国家科技支撑计划课题(编号:2013BAC02B05);2016 年研究生创新项目(编号:YCX1648)。

作者简介:夏 婷(1990—),女,云南宣威人,硕士研究生,主要从事植物生理生态研究。E-mail:xiating723822@163.com。

通信作者:魏玉清,博士,教授,主要从事植物逆境生理和生物质能源研究。E-mail:weiyuqing1969@163.com。

[11] 郝 军,苏根成,郭文艳. 内蒙古耕地资源安全评价[J]. 内蒙古师范大学学报,2008,37(4):558-561.

[12] 张 锐,郑华伟,刘友兆. 基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价[J]. 生态学报,2013,33(16):5090-5100.

[13] 左晓英. 基于 PSR 模型的耕地生态安全评价[D]. 保定:河北农业大学,2014.

[14] 余 敦,陈文波. 潘阳湖生态经济区土地生态安全研究[J]. 水土保持研究,2011,18(4):107-111.

[15] 吴 晓. 山峡库区重庆东段生态安全评价研究[D]. 武汉:华中师范大学,2014.

[16] 易 军,梅 昀. 基于 PSR 框架的耕地集约利用及其驱动研究:江西省为例[J]. 干旱区流域资源与环境,2010,19(8):895-900.

[17] 张 锐,刘友兆. 我国耕地生态安全评价及障碍因子诊断[J].

长江流域资源与环境,2013,22(7):945-951.

[18] 郑华伟,刘友兆,王希睿. 中国城镇化与土地集约利用关系的动态计量分析[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(9):1029-1034.

[19] 陶晓燕,章仁俊,徐 辉,等. 基于改进熵值法的城市可持续发展能力的评价[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(5):38-41.

[20] 胡永宏,贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京:科学出版社,2000.

[21] 伍恒雨. 基于熵权物元模型的万州区土地生态安全评价研究[D]. 重庆:西南大学,2015.

[22] 崔明哲,杨凤海,李 佳. 基于组合赋权法的哈尔滨市耕地生态安全评价[J]. 水土保持研究,2012,19(6):184-192.

[23] 文 森,邱道持,杨庆媛,等. 耕地资源安全评价指标体系研究[J]. 农业资源与环境科学,2007,23(8):466-470.

采集各处理 0~100 cm 分层土样分析。整个试验区均施用羊粪 30 t/hm²,其他操作采用常规大田管理。

1.3 测定项目和方法

电导法测定土壤全盐;pH 计测定土壤 pH 值;火焰光度计法测定 K⁺、Na⁺ 含量;标准 H₂SO₄ 滴定法测定 CO₃²⁻、HCO₃⁻ 含量;EDTA 络合滴定法测定 Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻ 含量;标准硝酸银滴定法测定 Cl⁻ 含量;火焰光度法测定交换性钠 NH₄OAc-NH₄OH 含量。

2 结果与分析

2.1 不同灌水量下各处理的全盐含量

由图 1 对比不同灌水量(2 700、3 900、5 100 m³/hm²)下土壤中的全盐含量可以看出,随着灌水量的增加,各处理的全盐含量整体均呈逐渐下降趋势,充分说明灌溉水量在盐碱土盐分淋洗过程中的强大作用。旱区盐碱地农业研究总盐淋洗的最佳定额,节水的前提下实现良好的土壤降盐作用。同时,随着土壤深度的增加,不同灌水量的土壤盐分含量均呈下降趋势,表层土壤总盐含量较高,说明旱区土壤盐碱化现象较为

严重。灌水量 2 700 m³/hm² 条件下,与对照 CK 相比,深松耕处理使 0~20 cm 的总盐含量降低;排盐沟处理能明显降低 20~80 cm 的总盐含量;排盐沟+深松耕处理的降盐效果最好,0~100 cm 的总盐含量一直保持在 3.62~4.92 g/kg 的较低水平,0~40 cm 表层土壤全盐含量较对照平均下降 52.8%,淋洗效果最佳。灌水量 3 900 m³/hm² 条件下,对照、深松耕处理的全盐含量水平均低于同层次土壤在 2 700 m³/hm² 灌水量条件下的总盐含量,增加灌水淋洗总盐效果明显增强;深松耕、排盐沟处理的盐分变化趋势与灌水量 2 700 m³/hm² 条件下基本一致,排盐沟+深松耕处理的土壤总盐含量较低且不同土层差异较小。灌水量 5 100 m³/hm² 条件下,对照、深松耕、排盐沟处理的 0~40 cm 总盐含量明显低于 2 700、3 900 m³/hm² 灌水量的总盐含量,但各处理的降盐效果在 40~60 cm 土层受到较大影响,出现盐分反弹,说明旱区洗盐作用并不能完全依靠增加灌溉水量,灌溉水量过高反而会影响到其他措施的洗盐效果,存在一定的经济效率高的灌水洗盐定额。

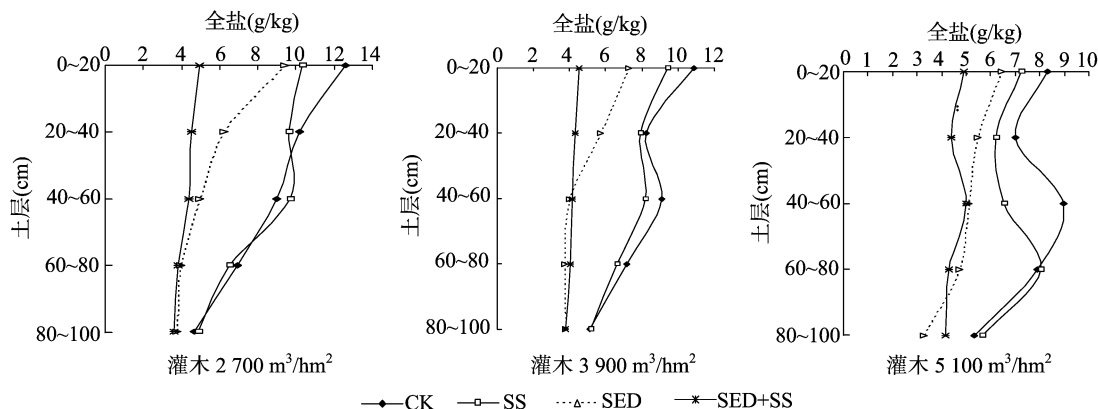


图1 不同灌水量下各处理 0~100 cm 全盐含量变化

2.2 灌水 2 700 m³/hm² 时各处理的分盐变化

2 700 m³/hm² 灌水量下,从图 2-A 中可以看出,排盐沟处理的地表 0~20 cm,深松耕、排盐沟+深松耕处理的地表 0~40 cm 的 CO₃²⁻ 含量升高 85.7%,可能 CO₃²⁻ 在洗盐过程中更易在土壤上层聚集。从图 2-B 中可以看出,各排盐处理 0~100 cm 的 HCO₃⁻ 含量均高于对照,深松耕、排盐沟处理下的 HCO₃⁻ 含量较为接近,排盐沟+深松耕处理的 0~20 cm、20~40 cm 的 HCO₃⁻ 含量比对照分别高出 120.9%、109.8%。从图 2-C 中可以看出,SO₄²⁻ 主要集中在 0~40 cm 土层,深松耕、排盐沟处理能较为明显地降低该层次 SO₄²⁻ 含量,排盐沟+深松耕处理的 0~20 cm、20~40 cm SO₄²⁻ 含量仅为对照的 30.6%、37.3%。从图 2-D 中可以看出,深松耕处理的 0~20 cm Cl⁻ 含量只有对照的 57.6%,排盐沟处理对于降低 20~60 cm 的 Cl⁻ 含量效果较好,排盐沟+深松耕处理能明显降低 0~60 cm 土层的 Cl⁻ 含量。

从图 2-E 中可以看出,深松耕处理 0~20 cm, K⁺ 含量比对照低 37.5%,排盐沟处理的 0~100 cm K⁺ 含量只有 0.03 mol/kg,排盐沟+深松耕处理在 0~60 cm 的 K⁺ 含量与排盐沟处理持平。从图 2-F 中可以看出,3 个处理在 20~

40 cm 时,Na⁺ 含量接近且显著低于对照,排盐沟、排盐沟+深松耕处理对降低 0~100 cm 的 Na⁺ 含量效果显著。图 2-G 显示,深松耕处理的 0~20 cm 土层 Ca²⁺ 含量异常偏高,其他处理 0~100 cm Ca²⁺ 含量均处于较低水平,说明排盐措施对土壤中 Ca²⁺ 含量影响较小。从图 2-H 中可以看出,盐碱土中 Mg²⁺ 含量从 0~80 cm 逐渐升高,随后又迅速下降,3 个排盐处理均能显著降低 20~100 cm 的 Mg²⁺ 含量。

2.3 灌水 5 100 m³/hm² 时各处理的分盐变化

当灌水量达到 5 100 m³/hm² 时,从图 3-A 可知,排盐沟+深松耕处理能显著降低 0~40 cm CO₃²⁻ 含量,低灌水量条件下排盐措施带来的表聚 CO₃²⁻ 现象消失。从图 3-B 中可以看出,排盐沟处理的 0~100 cm HCO₃⁻ 含量一直处于高位,排盐沟+深松耕处理 0~20 cm HCO₃⁻ 含量最高为 2.43 mol/kg,而且均高于 2 700 m³/hm² 灌水量下情况。图 3-C 中,排盐沟、排盐沟+深松耕处理能有效降低 0~60 cm 的 SO₄²⁻ 含量,高灌水量降低了 0~20 cm 排盐沟处理的 SO₄²⁻ 含量。图 3-D 显示,在高灌水量条件下,排盐沟处理对降低 20~60 cm 的 Cl⁻ 含量作用明显,效果反而优于排盐沟+深松耕处理,不同于 2 700 m³/hm² 灌水量下情况。

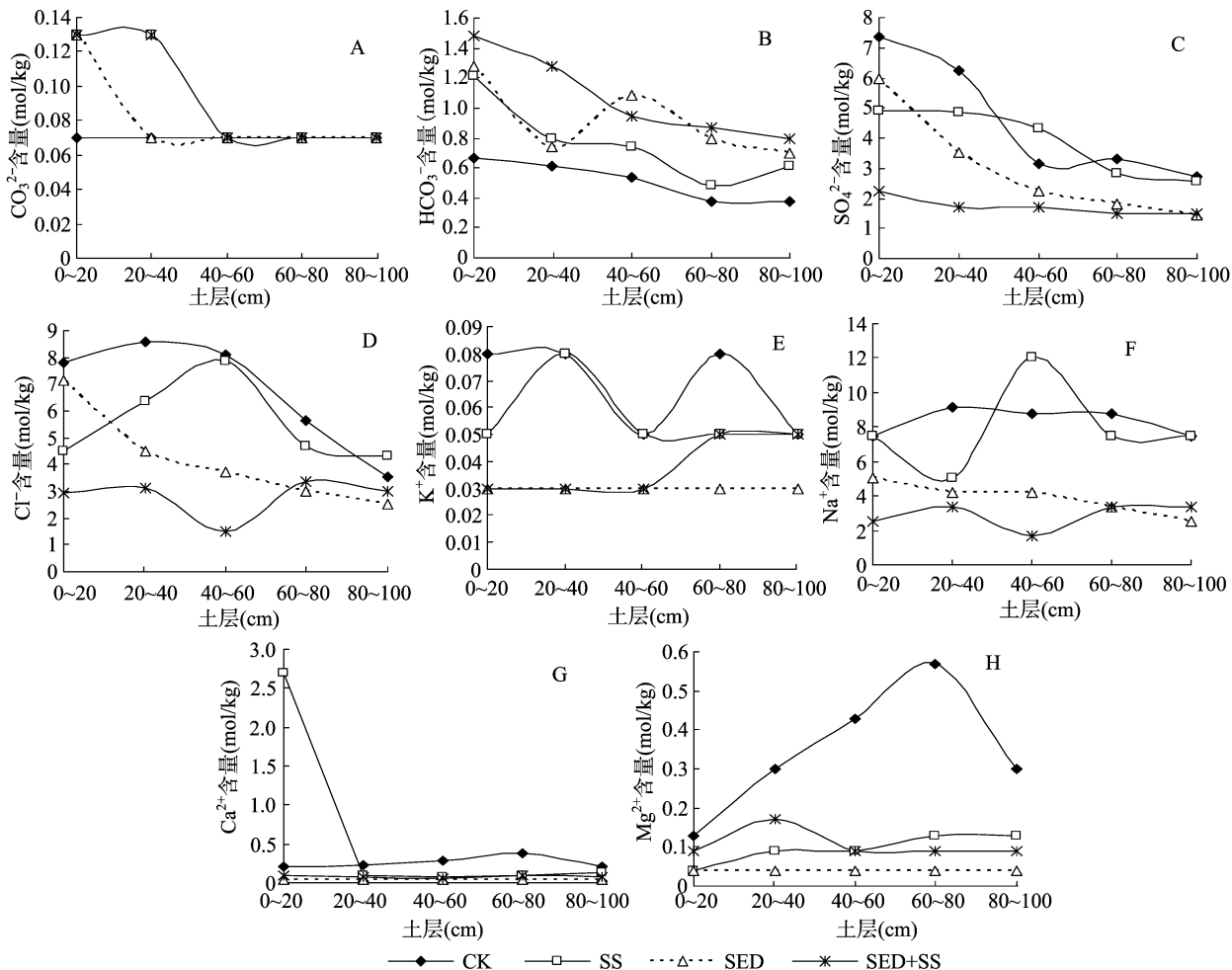


图2 灌水 2 700 m³/hm² 条件下各处理 0~100 cm 分盐含量变化

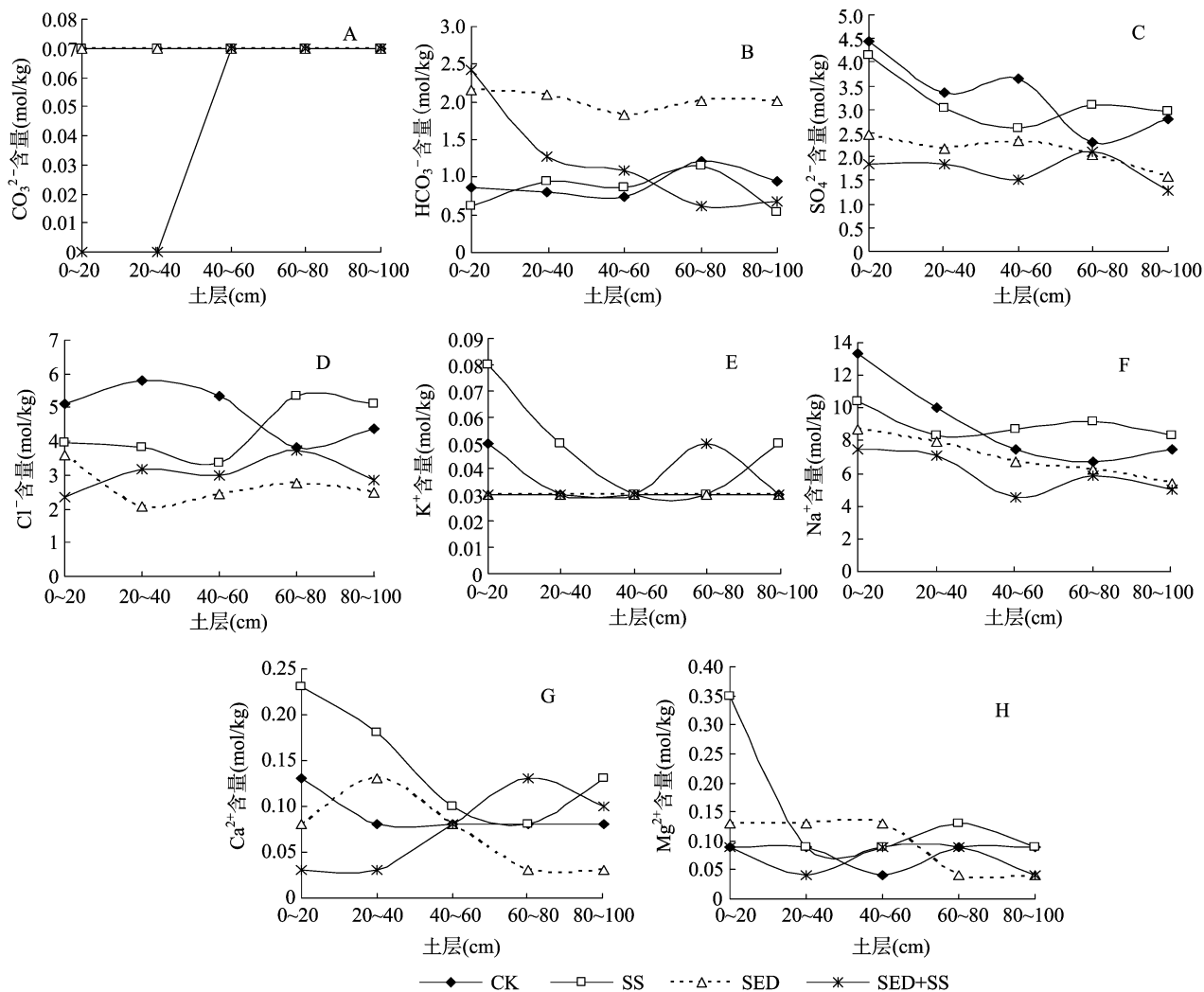
在高灌水情况下(图 3-E),排盐处理只在 0~20 cm 表现出较好的洗钾效果,排盐作用受到抑制,深松耕处理反而使 0~40 cm 的 K⁺ 含量升高。图 3-F 中,3 个排盐处理可以降低 0~40 cm 的 Na⁺ 含量,排盐沟+深松耕处理的效果最佳,与图 2-E 比较发现排盐处理的 60~100 cm 洗钠能力被削弱。图 3-G 中,排盐沟处理的 0~20 cm Ca²⁺ 含量低于对照,深松耕处理的 Ca²⁺ 含量反而高于对照,排盐沟+深松耕处理 0~40 cm Ca²⁺ 含量最低,对比图 2-G,高灌水量促进了排盐沟+深松耕处理对 Ca²⁺ 的淋洗。由图 3-H 可知,深松耕处理 0~20 cm Mg²⁺ 含量明显高于其他处理,对比图 2-H,高灌水量对盐碱土 80 cm 深层 Mg²⁺ 含量峰值淋洗效果明显。

3 结论与讨论

气候变化带来的极端天气使得干旱地区耕地盐渍土壤改良面临更大挑战^[8]。作为西北农业精华区,宁夏由于其盐碱土质地坚硬、渗透性差,改良难度较大。解决灌区盐渍化问题要集成各种土壤改良措施优化组合达到良好的效果^[8]。轻度碱化盐荒地中采用“脱硫废弃物施用+平整土地+深松耕+水盐调控+平衡施肥+耐盐作物种植”模式,土壤总盐及有害盐分离子含量明显降低^[9]。王少丽等发现排盐沟周边会形成盐分集中区域,且较大的灌溉用水量能达到理想的

排盐效果。膜下滴灌的排盐沟冲洗定额为 1 515 m³/hm²,达到 4 521~6 351 kg/hm² 总排盐量后,盐分上移地表、脱盐效果显著^[10]。本试验中灌水量 2 700 m³/hm² 条件下,排盐沟处理能明显降低 20~80 cm 的总盐含量;排盐沟+深松耕处理 0~40 cm 表层土壤全盐含量较对照平均下降 52.8%,淋洗效果最佳;灌水量 5 100 m³/hm² 条件下,2 个处理 0~40 cm 的排盐作用受到抑制。综合分析认为,“灌水定额 2 700 m³/hm²+排盐沟+深松耕”模式对土壤全盐淋洗效果最好;由于灌溉方式不同造成了冲洗定额显著高于膜下滴灌,过高的灌水量会削弱排盐处理的淋洗效果。

盐碱土壤定点改良后,盐碱被溶解后快速淋洗至土壤下层,淋洗能有效降低土壤电导率和 Na⁺ 含量,4 种盐基离子(Na⁺、Ca²⁺、CO₃²⁻、SO₄²⁻)淋洗量增加^[11-12]。本试验中,2 700 m³/hm² 灌水量的 3 个排盐处理能均等地降低土壤耕层 0~40 cm 中 SO₄²⁻、K⁺、Na⁺、Cl⁻ 等盐离子含量,明显消除 20~100 cm 土壤下层 Mg²⁺ 聚集现象,0~40 cm CO₃²⁻、0~100 cm 的 HCO₃⁻ 含量升高,这与各分盐离子淋洗的运移方式有关。当灌水量达到 5 100 m³/hm² 时,深松耕处理的排盐效果部分减弱,对照组 80 cm Mg²⁺ 聚集现象消失,排盐沟+深松耕处理 0~40 cm Ca²⁺ 淋洗最佳。综合全盐和分盐的淋洗效果,旱区盐碱地改良的最适灌溉量为 2 700 m³/hm²,

图3 灌水 5 100 m³/hm² 条件下各处理 0~100 cm 分盐含量变化

排盐效果依次为排盐沟 + 深松耕处理 > 排盐沟处理 > 深松耕处理, 依据实际需求选择适宜的排盐方式。本试验的灌水定额有待进一步细化。

参考文献:

- [1] 柯夫达 B A. 盐渍土的发生演化[M]. 北京: 北京科学出版社, 1957.
- [2] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 赵 宣, 韩霁昌, 王欢元, 等. 盐渍土改良技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2016, 32(8): 113 - 116.
- [4] 马献发, 白路平, 张继舟. 哈尔滨市郊设施土壤积盐规律的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2009, 11(1): 50 - 52.
- [5] 王金满, 杨培岭, 张建国, 等. 脱硫石膏改良碱化土壤过程中的向日葵苗期盐响应研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 33 - 37.

- [6] 王晓娟, 贾志宽, 梁连友, 等. 不同有机肥量对旱地玉米光合特性和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 419 - 425.
- [7] 路 浩, 王海洋. 盐碱土治理利用研究进展[J]. 现代化农业, 2008, 30(8): 10 - 12.
- [8] 蔡倩倩, 韩致文, 王国华. 中国西北干旱区灌区土壤盐渍化问题研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(29): 246 - 250.
- [9] 杨建国, 樊丽琴, 许 兴, 等. 盐碱地改良技术集成示范区水土环境变化研究初报[J]. 中国农学通报, 2011, 27(1): 279 - 285.
- [10] 王少丽, 周和平, 翟兴业, 等. 干旱区膜下滴灌定向排盐和盐分上移地表排模式研究[J]. 水利学报, 2013, 44(5): 549 - 555.
- [11] 艾 比, 布 拉, 伊马木, 等. 不同洗盐法对盐碱化土壤改良效果研究[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(3): 477 - 482.
- [12] 崔 媛, 张 强, 王 斌, 等. 脱硫石膏对重度苏打盐化土中主要离子淋洗的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(1): 310 - 314.