

明沟排水对盐渍化枣田土壤盐分的影响

张开祥, 马宏秀, 孟春梅, 李宗飞, 王开勇

(石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832003)

摘 要: [目的] 研究明沟排水对盐渍化枣田土壤盐分分布规律的影响, 明确明沟排水降盐效应, 为提高枣树经济效益和生态防护效应以及盐渍土长期改良治理措施研究提供理论依据。[方法] 通过对盐渍化枣田土壤进行调查取样, 并对该土样进行水溶性盐含量、电导率、pH 值和土壤盐基离子当量比的测定。[结果] 同一深度土层, 随着与明沟距离的增加, 盐基离子含量呈现先降低后增加趋势。距离明沟 0 m 处盐基离子含量最高, 之后随距离的增加含量显著降低, 在 40 m 处达到最低, 40 m 以后盐基离子含量显著增加。此外, 距离明沟 40 m 处土壤盐害作用明显降低, 盐基离子类型由 NaCl 型转变为盐害较轻的 CaCl_2 型和 Na_2SO_4 型。[结论] 明沟排水降盐效果最佳的范围在 40 m 左右; 由于滴灌和离子迁移速率等因素的影响, 在土壤表层和底层出现了盐基离子聚集现象。

关键词: 明沟排水; 土壤盐渍化; 枣田; 盐分

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)02-0307-06

中图分类号: S287

文献参数: 张开祥, 马宏秀, 孟春梅, 等. 明沟排水对盐渍化枣田土壤盐分的影响[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 307-312. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2018. 02. 051. Zhang Kaixiang, Ma Hongxiu, Meng Chunmei, et al. Effects of ditch drainage on soil salinity in salinized jujube field[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2): 307-312.

Effects of Ditch Drainage on Soil Salinity in Salinized Jujube Field

ZHANG Kaixiang, MA Hongxiu, MENG Chunmei, LI Zongfei, WANG Kaiyong

(Agricultural College of Shihezi University, Shihezi, Xijiang 832003, China)

Abstract: [Objective] The effects of drainage ditch on the distribution of soil salinity in saline soil were studied, and the effects of water and salt reduction in clear gully drainage were clarified to provide theoretical basis for improving the economic benefits and ecological protection of jujube and the long-term improvement measures of saline soil. [Methods] The effects of drainage on the salinization of salinized jujube soil were studied. The soil samples of salinized jujube fields were sampled. The contents of water soluble salt, electric conductivity, pH value and equivalent proportion of salt base cation were measured. [Results] The content of salt ions decreased first and then increased with the increase of the distance from the ditch. The content of salt ions was the highest at 0 m, and then decreased with the increase of distance, reached the lowest at 40 m, the content of salt ions increased significantly after 40 m. In addition, from the ditch of 40 m, wherein soil salt damage shifted and decreased from NaCl cation type of severe degree into CaCl_2 and Na_2SO_4 caused mild degree. [Conclusion] The best effect of ditch drainage salt reduction was observed around 40 m from the ditch. Impacted by drip irrigation and ion transport rate and other factors, salt ion aggregation phenomenon emerged in the soil surface and at the bottom as well.

Keywords: gutter drainage; soil salinization; jujube field; salinity

收稿日期: 2017-08-30

修回日期: 2017-09-22

资助项目: 国家科技支撑计划项目“南疆沙区土壤盐渍化防控与生态修复关键技术研究”(2014BAC14B030-2)

第一作者: 张开祥(1992—), 男(汉族), 山西省孝义市人, 硕士研究生, 研究方向为土壤环境与生态安全。E-mail: 397020063@qq.com。

通讯作者: 王开勇(1978—), 男(汉族), 山东省单县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土壤环境与生态安全方面的研究。E-mail: wky20@163.com。

新疆自治区是全国数量最大、种类最多的盐渍化土壤分布区,土壤盐渍化严重制约着新疆农业可持续发展,所以盐碱地的改良在新疆是一项不可忽视的重任。改良盐碱地的方法主要有物理、化学、生物和工程方法。明沟排水是根据“盐随水来,盐随水去”的水盐运移特点,挖掘深度低于地下水位的明沟,排灌相结合,即土壤水溶性盐随灌溉水下渗、侧渗进入沟渠,并由沟渠排出农田,从而使地下水位下降到临界返盐深度以下,从而最终达到脱去适量土壤水溶性盐的目的^[1-3]。挖掘、维护工程简单等特点也使得明沟排水成为改良盐碱地的一项重要农业水利工程措施^[4-6]。枣树在南疆广泛种植,一方面因为它有广泛的用途和较高的经济价值,另一方面是它在中度盐化土壤上比柳树、杨树、榆树和白蜡树等更能适应于盐碱荒滩的生存环境,也可起到改良盐渍化土壤的作用^[7]。因此,枣树的种植对提高干旱区植物覆盖率,使生态环境向良性循环发展具有重大意义。适当的盐分、pH 值胁迫有利于提高枣树的果实品质^[8],但过高的土壤盐分、pH 值也会抑制枣树种子萌发、使果实的产量和品质降低,严重的会造成枣树无法正常生长,甚至死亡^[9]。为此,研究明沟排水对盐渍化枣田土壤盐分分布规律的影响^[10-14],明确明沟排水降盐效应,不仅可提高枣树经济效益和生态防护效应^[15],也为今后盐渍土长期改良治理措施提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区在新疆生产建设兵团第十四师二二四团七连(北纬 37°20'N,东经 79°17'E),位于塔克拉玛干沙漠南缘,距和田市 75 km,属于典型的暖温带干旱荒漠气候,土壤类型以风沙土为主,年平均气温 12.2℃,年降水量 33.5 mm,当地以红枣为主导产业,滴灌红枣 486.67 hm²,研究区即为多年连植枣田。区域内明沟纵横交错,明沟深度 5~7 m,宽度 15~30 m,据枣田地势条件而定。

1.2 试验方案

为研究盐碱地距明沟不同距离土壤盐分的空间分布,于 2015 年 8 月在农十四师二二四团七连选取周围地势平坦的明沟一条,明沟为深度 6 m,宽 15 m,长 30 m 的倒梯形。其周围为面积 90 m×120 m 的枣田,在枣田中采用对角线取样法,在距离明沟 0, 10, 20, 40, 60, 100 m 处,取 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm 土层深度的土样。将土样装入自封袋带回实验室经自然风干后去

除植物残体和石块,然后过 1 mm 筛孔,测定土壤电导率、pH 值和土壤 8 大离子(K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻)并进一步计算土壤盐基离子当量比确定土壤盐化类型。

1.3 研究方法

土壤水溶性性盐的浸提:采用 5:1 的水土比震荡 5 min 浸提溶盐。

土壤水溶性盐的测定:钙和镁的测定采用 EDTA 滴定法;钾和钠的测定采用火焰光度法;碳酸根和碳酸氢根的测定采用双指示剂—中和滴定法;硫酸根的测定采用 EDTA 间接络合滴定法;氯离子的测定采用硝酸银滴定法测定;电导率值的测定采用 DDS-307 电导率仪测定;pH 值的测定采用 PHS-3C 型实验室 pH 计测定。

1.4 统计分析

运用 Excel 2010 软件统计数据;采用 IBM SPSS Statistics 19 在单因素方差分析的基础上,对离明沟不同距离和不同土层间土壤盐分离子含量、pH 进行多重比较,以距离和深度两个因素分别对以上指标的影响进行单变量多因素方差分析;采用 Origin 8.5 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 明沟排水对土壤 pH 值的影响

由表 1 可知,不同距离和深度对土壤 pH 值的影响极显著($p<0.01$),pH 值变化范围在 7.36~9.16 之间。同一土层深度随距离的增加,pH 值呈先减小后增加再减小,在 40 m 处 pH 值最高,10 m 处 pH 值最低。同一距离随深度的增加,pH 值先减小后增加再减小,但 pH 值变化幅度小于 0.5 个单位,变化幅度较小。

2.2 明沟排水对电导率值的影响

由表 2 可知,距离和深度对土壤电导率值的影响极显著,电导率值变化范围在 119.6~4963.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之间。同一深度土层随距离的增加,电导率值呈现先减小后增大的变化趋势:在 0 m 处电导率值最大,之后开始逐渐减小,在 40 m 处电导率值达到最小,40 m 以后开始逐渐增加,说明明沟排水对减少 40 m 内土壤盐分作用效果明显,而在 40 m 后明沟的排盐作用明显减弱,导致土壤盐分含量逐渐升高,说明明沟的最佳排盐距离在 40 m 左右。相同距离下随土层深度的增加,土壤电导率值先减小后增加,可能由于滴灌影响,盐分在 0—20 cm 和 60—100 cm 聚集。

表 1 明沟排水下不同距离和土层 pH 值

指标	土层深度/cm	距离/m					
		0	10	20	40	60	100
pH 值	0—20	8.94 ^{bA}	7.36 ^{eE}	8.86 ^{cB}	9.16 ^{aA}	7.31 ^{fE}	7.95 ^{dD}
	20—40	8.61 ^{cC}	7.63 ^{fD}	8.93 ^{aA}	8.84 ^{bC}	7.72 ^{eD}	8.23 ^{dC}
	40—60	8.44 ^{dD}	7.74 ^{fC}	8.31 ^{dD}	8.72 ^{aD}	8.54 ^{bA}	8.19 ^{eC}
	60—80	8.95 ^{bA}	7.81 ^{fB}	8.53 ^{dC}	9.02 ^{aB}	8.31 ^{eB}	8.70 ^{cA}
	80—100	8.80 ^{aB}	8.26 ^{dA}	8.85 ^{aB}	8.45 ^{bE}	8.16 ^{eC}	8.33 ^{cB}
F 值	距离			* *			
	深度			* *			
	距离×深度			* *			

注:小写字母表示横行同一土层距离变化之间 pH 值 0.05 水平显著性比较;大写字母表示竖列同一距离不同土层深度 pH 值 0.05 水平显著性比较。* 表示 $p<0.05$ 水平上因子影响显著,** 表示 $p<0.01$ 水平上因子影响极显著。下同。

表 2 明沟排水下不同距离和土层电导率值

指标	土层深度/cm	距离/m					
		0	10	20	40	60	100
电 导 率/ ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	0—20	4 963.8 ^{aA}	1 773.5 ^{bA}	297.0 ^{dB}	125.2 ^{eD}	351.0 ^{dA}	503.5 ^{cB}
	20—40	981.5 ^{aD}	992.5 ^{aC}	182.3 ^{cC}	151.7 ^{dC}	177.3 ^{cB}	274.5 ^{bD}
	40—60	1 097.0 ^{aC}	1 131.0 ^{aB}	154.8 ^{cD}	126.9 ^{cD}	133.3 ^{cC}	256.5 ^{bE}
	60—80	1 592.0 ^{aB}	796.5 ^{bD}	304.0 ^{dB}	228.0 ^{eB}	119.6 ^{fC}	619.5 ^{cA}
	80—100	1 159.5 ^{aC}	1 133.5 ^{aB}	899.5 ^{bA}	305.5 ^{eA}	346.0 ^{fA}	475.0 ^{cC}
F 值	距离			* *			
	深度			* *			
	距离×深度			* *			

注:小写字母表示横行同一土层距离变化之间电导率值 0.05 水平显著性比较;大写字母表示竖列同一距离不同土层深度电导率值 0.05 水平显著性比较。

2.3 明沟排水对土壤阳离子盐分分布的影响

由图 1 可知,不同距离对枣田土壤阳离子盐分含量影响差异极显著($p<0.01$),总体呈现 0—40 m 显著降低,40—100 m 逐渐升高的趋势。在相同距离不同深度土层中,土壤阳离子含量总体呈现“先减后增”的趋势,在 0—20 cm 和 60—100 cm 存在盐分聚集现象。本研究测得研究区 K^+ 含量变化在 11.7~232.0 mg/kg 之间。随距离的增加,各个土层 K^+ 含量均表现为“先减后增”:0 m 处 K^+ 含量最高,随距离的增加 K^+ 含量显著降低,40 m 处达到最低,之后开始升高,说明明沟排水降低 0—40 m 范围内 K^+ 含量效果显著。相同距离下,土壤 K^+ 含量随土层深度的增加先降低后增加,在 0—20 cm 发生了 K^+ 聚集现象。由图 1 可知,随距离的增加,各个土层的 Na^+ 含量变化表现为“先减后增”:0 m 处 Na^+ 含量最高,随距离的增加 Na^+ 含量开始显著降低,40 m 处最低,40 m 后 Na^+ 含量开始显著增加,说明明沟排水可以显著降低 0—40 m 范围内 Na^+ 含量。相同距离下,土壤 Na^+ 含量随土层深度的增加先降低后增加,在 0—20 cm 发生 Na^+ 聚集现象。相同土层,随距离的增加, Ca^{2+} 含量变化表现为“先增加后降低再增加”: Ca^{2+} 含量从

0 m 处开始显著增加,10 m 处达到最高,之后随距离的增加 Ca^{2+} 含量显著降低,40 m 处达到最低,之后随距离的增加 Ca^{2+} 含量又显著增加。 Mg^{2+} 含量随距离的增加,各土层表现为“先降低后增加”趋势,表层 Mg^{2+} 含量最高,之后随距离的增加 Mg^{2+} 含量显著降低,40 m 处达到最低,40 m 后随距离的增加 Mg^{2+} 含量逐渐增加。相同距离下土壤 Mg^{2+} 含量随土层深度的增加逐渐降低,在土壤表层以下未发生明显的 Mg^{2+} 聚集现象。

2.4 明沟排水对土壤阴离子盐分分布的影响

由图 2 可知,随着距离增加对土壤阴离子含量影响极显著($p<0.01$),总体呈现 0—40 m 阴离子含量显著高于 40—100 m 的现象。在相同距离不同深度土层中,土壤阴离子含量总体呈现“先增后减”的趋势,在 0—40 m 范围内存在明显的盐分聚集现象。本试验测得研究区土壤 SO_4^{2-} 含量在 32.9~636.7 mg/kg 之间, HCO_3^- 含量在 174.8~1 346.7 mg/kg 之间, Cl^- 含量在 63.4~2 979.5 mg/kg 之间。随距离的增加,各土层的 SO_4^{2-} 含量表现为“先减后增”,0 m 处 SO_4^{2-} 含量最高,随距离的增加 SO_4^{2-} 含量开始显著降低,40 m 处最低,40 m 后 SO_4^{2-} 含量开始显著增

加;相反 Cl^- 含量变化表现为“先增加后降低”, Cl^- 含量从 0 m 处开始显著增加,10 m 处达到最高,之后随距离的增加 Cl^- 含量显著降低,100 m 处达到最低;而 HCO_3^- 含量在 0—100 m 表现出“先增加后降低再增加”的变化趋势。0—20 m 范围内,随距离的增加 HCO_3^- 含量逐渐增加,在 20 m 处达到最高,20 m 后 HCO_3^- 含量开始显著降低,在 40 m 处达到最低,40 m 后 HCO_3^- 含量出现上升趋势;试验未检测到

CO_3^{2-} 的存在。说明 0—40 m 明沟排水降低 40m 处阴离子含量效果显著。相同距离下,土壤 SO_4^{2-} 含量和 HCO_3^- 含量随土层深度的增加先降低后增加,在 0—20 cm 和 60—100 cm 发生了 SO_4^{2-} 聚集现象。随距离的增加,土壤 Cl^- 含量在 0 m 处随土层深度的增加逐渐增加,20 m 处随土层深度的增加 Cl^- 含量显著降低,其它距离下随土层深度的增加 Cl^- 含量先降低后增加,0—20 cm,60—100 cm 土层发生了 Cl^- 聚集现象。

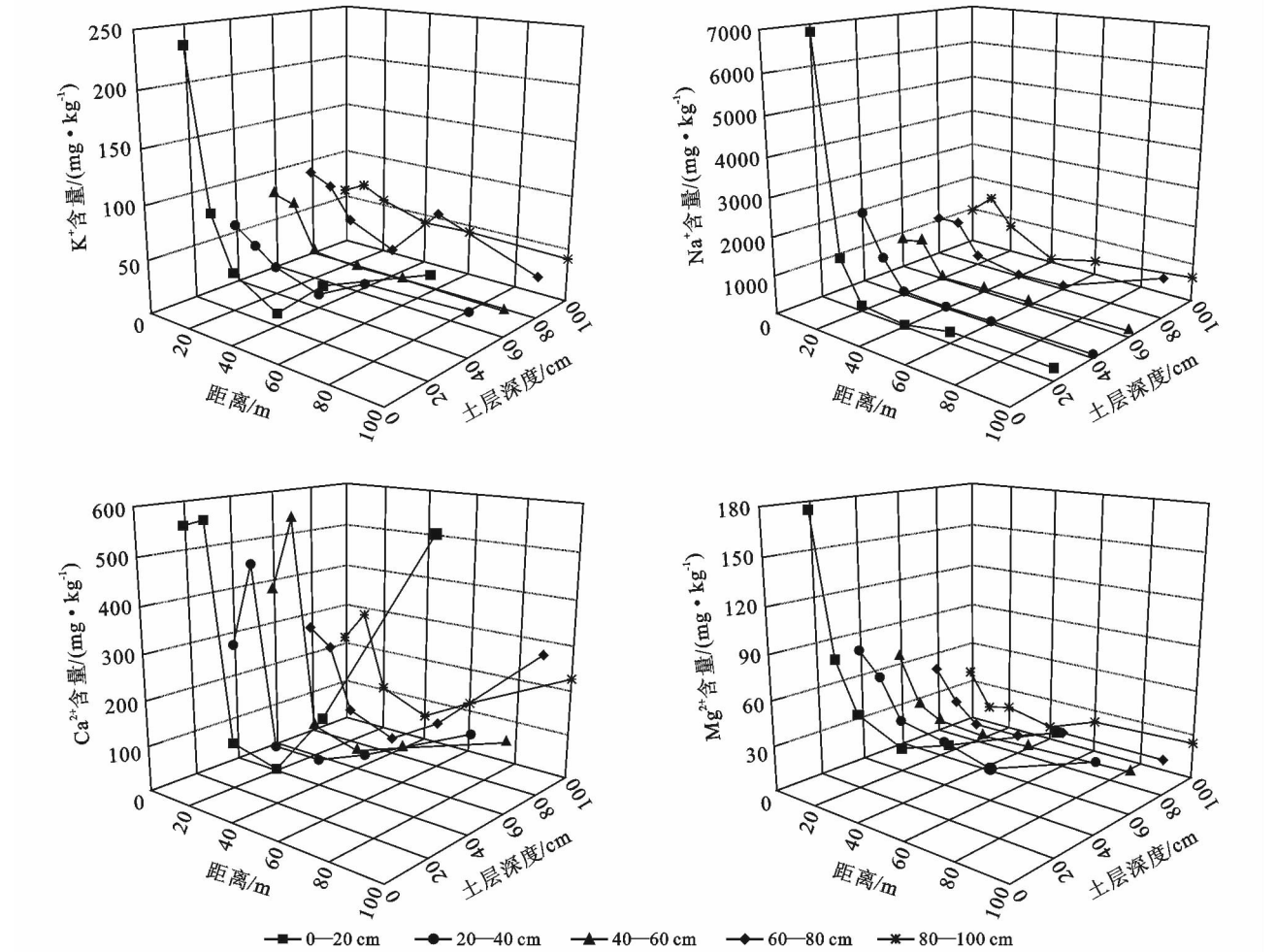


图 1 明沟排水下不同距离和土层土壤阳离子盐分分布

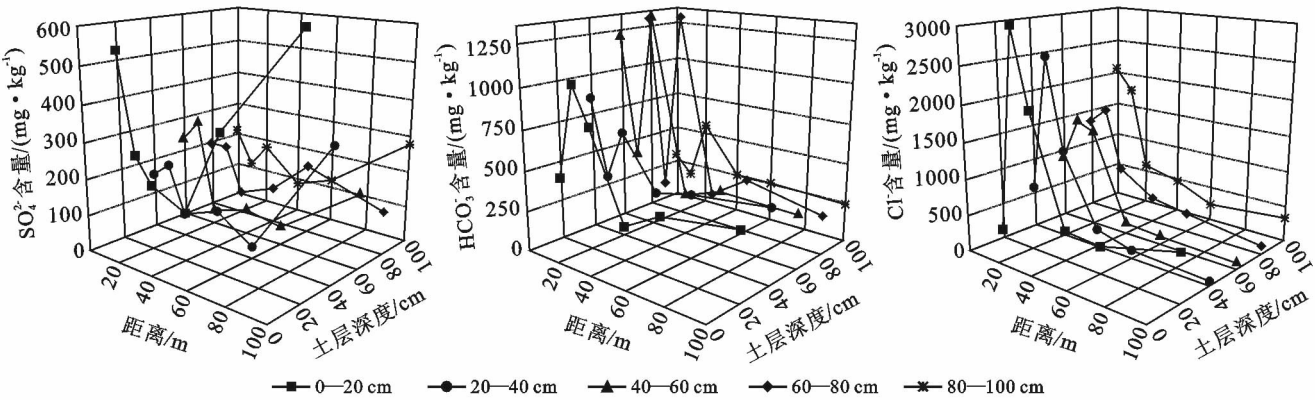


图 2 明沟排水下不同距离和土层土壤阴离子盐分分布

2.5 明沟排水对土壤盐基离子当量比的影响

根据土壤盐基离子含量进一步分析盐基离子当量比可以得出(表 3),该试验区土壤盐基离子以 Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} 为主。在 0—20 cm 土层中,距离排碱沟 0—40 m 内土壤盐基离子以 NaCl 为主,从 40 m 之后土壤盐基离子转变为 Na_2SO_4 和 CaCl_2 ,土壤的盐害作用降

低。20—60 cm 土层中,距离排碱沟 0—60 m 内土壤盐基离子以 NaCl 为主,60 m 之后土壤盐基离子向 Na_2SO_4 型转变,降低土壤盐害。在 60—100 cm 土层中,距离排碱沟 0—40 m 内土壤盐基离子以 NaCl 为主,40 m 之后土壤盐基离子转变为 Na_2SO_4 ;由此可得,明沟排水可以降低 40 m 处土壤盐害作用。

表 3 明沟排水下不同距离和土层土壤盐基离子当量比

土层深度/cm	距离/m	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 当量比	盐碱化类型	$\text{Na}^+ + \text{K}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 当量比	$\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 当量比	盐碱化类型
0—20	0	0.21	氯化物—硫酸盐	3.88	0.32	钠
	10	11.97	氯化物	2.02	0.14	钠
	20	10.70	氯化物	1.25	0.49	钙—钠
	40	3.09	氯化物	0.50	0.48	—
	60	1.01	硫酸盐—氯化物	1.30	0.22	钙—钠
	100	1.52	硫酸盐—氯化物	0.60	0.12	—
20—40	0	3.59	氯化物	2.83	0.29	钠
	10	12.97	氯化物	1.67	0.13	钙—钠
	20	19.73	氯化物	1.10	0.61	钙—钠
	40	2.40	氯化物	0.71	0.55	—
	60	3.50	氯化物	0.84	0.21	—
	100	0.18	硫酸盐	0.56	0.22	—
40—60	0	3.85	氯化物	1.93	0.17	钙—钠
	10	5.08	氯化物	1.69	0.06	钙—钠
	20	35.89	氯化物	0.58	0.35	—
	40	2.12	氯化物	1.50	0.55	钙—钠
	60	2.26	氯化物	1.14	0.31	钙—钠
	100	0.44	氯化物—硫酸盐	1.04	0.18	钙—钠
60—80	0	6.81	氯化物	3.70	0.18	钠
	10	7.96	氯化物	4.64	0.11	钠
	20	11.08	氯化物	3.26	0.16	钠
	40	3.51	氯化物	1.45	0.36	钙—钠
	60	1.38	硫酸盐—氯化物	1.43	0.24	钙—钠
	100	0.88	氯化物—硫酸盐	3.28	0.08	钠
80—100	0	9.92	氯化物	4.09	0.17	钠
	10	15.82	氯化物	5.22	0.04	钠
	20	3.35	氯化物	5.86	0.34	钠
	40	5.50	氯化物	2.05	0.16	钠
	60	1.93	硫酸盐—氯化物	3.03	0.18	钠
	100	1.20	硫酸盐—氯化物	2.69	0.11	钠

3 讨论与结论

本研究结果表明,明沟排水可以显著降低土壤含盐量,从而改良盐碱土,此结果与前人研究结果一致^[16]。研究发现距离排水明沟 40 m 范围内土壤含盐量明显高于 40 m 之外,可能是由于滴灌的原因,40 m 之外的土壤盐分向排碱沟运移,盐分聚集在距离排碱沟 40 m 范围内;也可能是由于排碱沟大小的限制,使得明沟内的水无法及时排出重新渗入土壤,将

盐分离子重新带入土壤。由图 1—2 可得,0—20 cm 土层和 40—60 cm 土层容易造成盐基离子的聚集现象,本研究认为,盐基离子在 0—20 cm 土层聚集是由于新疆南疆地区蒸发量大及不合理灌溉,将土壤底部的盐基离子带入表层引起的,此结论与谢海霞等^[17]的研究结果一致,而 40—60 cm 土层盐基离子的聚集与人为滴灌密不可分,滴灌的次数和一次滴灌量均影响着盐基离子的移动。因此,本研究发现,排碱沟的大小深度、灌溉量、灌溉方式及当地的水文地理环境

均直接影响着明沟排水降盐效果。针对此问题,后期将继续深入研究。

此外,本研究得出长、宽、深 $30\text{ m} \times 15\text{ m} \times 6\text{ m}$ 的排碱沟,对于同一深度土层,随距离的增加盐基离子含量先降低后增加,0 m 处盐基离子含量最高,之后随距离的增加含量显著降低,在 40 m 处达到最低,40—100 m 处盐基离子含量开始增加;由于 Cl^- 的迁移速率大于 SO_4^{2-} ,所以 40 m 处的盐基离子由 NaCl 型转变为 Na_2SO_4 型,对作物的盐害作用减小,由此可见,明沟排水对 40 m 距离处的降盐效果最佳。由于滴灌和离子迁移速率等因素的影响,在土壤表层和底层出现了盐基离子聚集现象,这一结论与刘韬韬等^[18]研究结果一致,其中 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- 在 0—20 cm 和 60—100 cm 深度土层发生盐分聚集现象, Mg^{2+} 在 0—20 cm 发生盐分聚集现象, HCO_3^- 在 0—20 cm 和 40—80 cm 处发生盐分聚集现象。

【参 考 文 献】

- [1] 张建锋,张旭东,周金星,等.世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J].水土保持研究,2005,13(6):32-34.
- [2] 刘慧涛,谭莉梅,于淑会,等.河北滨海盐碱区暗管埋设下土壤水盐变化响应研究[J].中国生态农业学报,2012,20(12):1693-1699.
- [3] 谭丹,谭芳.明沟排水条件下盐碱地改良优化配水模式[J].灌溉排水学报,2009,28(1):97-100.
- [4] 王佳丽,黄贤金,钟太洋,等.盐碱地可持续利用研究综述[J].地理学报,2011,66(5):673-684.
- [5] Van H J W. Drainage for salinity control[R]. The Netherlands: Wageningen Agricultural University, 1997: 1-55.
- [6] 李山,罗纨,贾忠华,等.半湿润灌区控制排水条件下降雨洗盐计算模型研究[J].水利学报,2015,46(2):

127-137.

- [7] 陈鑫.明沟与暗管排盐改良盐碱地技术模式比较分析[J].中国农业信息,2016(13):36-39.
- [8] 徐呈祥.等渗透势干旱、盐、碱胁迫下 5 个枣品种及酸枣的生物学响应与抗逆性[J].中南林业科技大学学报,2012,32(12):139-146.
- [9] 位杰,王合理,吴翠云,等.复合盐碱胁迫对灰枣果实内在品质的影响[J].干旱地区农业研究,2015,33(3):144-147.
- [10] 王柏青,王耀辉.混合盐碱胁迫对沙枣种子萌发的影响[J].东北林业大学学报,2008,36(12):9-12.
- [11] Zhu Jiankang. Plant salt tolerance[J]. Trends in Plant Science,2001,6(2):66-71.
- [12] 张立华,陈沛海,李健,等.黄河三角洲桧柳植株周围土壤盐分离子的分布[J].生态学报,2016,36(18):5741-5749.
- [13] 姜林,耿增超,李珊珊,等.祁连山山西水林区土壤阳离子交换量及盐基离子的剖面分布[J].生态学报,2012,32(11):3368-3377.
- [14] 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.
- [15] 王慧,解文斌,刘宁,等.基于栽植沙枣的晋北盐碱地土壤改良处理组合研究[J].水土保持学报,2016,30(4):281-287.
- [16] 荀宇波,宋沙沙,何欣燕,等.暗沟对宁夏盐碱地土壤盐分和垂柳生长的影响[J].应用与环境生物学报,2017,23(3):548-554.
- [17] 谢海霞,王开勇,龚江,等.新疆玛纳斯河流域灌溉水质对滴灌农田土壤盐分影响研究[J].节水灌溉,2012(10):1-4.
- [18] 刘韬韬,熊友才,杨岩,等.玛纳斯河下游绿洲荒漠交错带土壤盐碱化特征分析[J].石河子大学学报:自然科学版,2012,30(2):186-192.