

淡水·咸水·微咸水在吹填土和吹填砂脱盐中的优化利用研究

张兴 (天津泰达绿化集团有限公司, 天津 300457)

摘要 [目的]探究淡水、咸水、微咸水对吹填土和吹填砂的脱盐效果,筛选最佳方案。[方法]通过室内模拟,研究淡水、微咸水和咸水对吹填砂、吹填土的入渗过程、理化性质、水盐运动规律,通过用水量、脱盐时间和碱化现象等因素的影响,优化得出2种土样灌溉脱盐用水类型和方式。[结果]淡水、咸水和微咸水在吹填砂脱盐过程中的入渗速率基本一致,而在吹填土的入渗速率从大到小依次为咸水、微咸水、淡水;淡水、咸水和微咸水对吹填砂脱盐前后pH的影响不明显,使吹填土pH明显上升。[结论]吹填砂使用微咸水灌溉,吹填土先咸水后微咸水进行灌溉脱盐为最经济有效的改良方案。

关键词 咸水;微咸水;吹填土;优化利用

中图分类号 S273 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)03-0061-03

Study on Optimized Utilization of Freshwater, Saline Water and Slight Saline Water in Desalting of Hydraulic Reclamation Soil and Hydraulic Reclamation Sand

ZHANG Xing (Tianjin Teda Greening Group Co., Ltd., Tianjin 300457)

Abstract [Objective] To explore desalting effect of freshwater, saline water and slight saline water on hydraulic reclamation soil and hydraulic reclamation sand and screen out the optimal scheme. [Method] Through indoor simulation, effects of freshwater, slight saline water, saline water on infiltration process of hydraulic reclamation soil and hydraulic reclamation sand, physical and chemical properties, water and salt movement law, water amount, desalination time and alkalization phenomenon were studied, two optimal types and methods of desalination were obtained. [Result] Infiltration rate of freshwater, slight saline water and saline water were basically same in desalting process of hydraulic reclamation sand, while in hydraulic reclamation soil, infiltration rate from large to small was in the order as saline water, slight saline water, freshwater; freshwater, slight saline water, saline water had no obvious effect on pH of hydraulic reclamation sand before and after desalination, however, pH in hydraulic reclamation soil was significantly improved. [Conclusion] The use of slight saline water for irrigation of hydraulic reclamation sand, first use of saline water then slight saline water for hydraulic reclamation soil is the most economical and effective improvement scheme for desalination.

Key words Saline water; Slight saline water; Hydraulic reclamation soil; Optimal utilization

合理开发利用咸水和微咸水资源已成为当今世界关注的热点问题。实践证明,经适当处理的咸水、微咸水用于农业灌溉和生态用水,不仅能有效节省宝贵的淡水资源,还具有明显的农作物增产效果和改善生态环境的作用。滨海盐碱地区,由于淡水资源匮乏,咸水和微咸水资源已成为不可或缺的特殊水资源。关于微咸水与咸水在干旱地区农业的资源化利用已有大量研究^[1-9],而有关沿海地区吹填砂和淤泥质吹填土脱盐应用方面的研究鲜见报道。笔者分析不同矿化度入渗水对吹填砂和吹填土的入渗过程、理化性质、用水量的影响,探讨不同水质条件下吹填土水盐运移的规律,旨在为合理利用咸水、微咸水和劣质水提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 采用微咸水、咸水和淡水对吹填土和吹填砂进行淋洗试验,2种土样的物理化学性质和3种水样的基

本性质见表1、2。

1.2 试验装置 采用9 cm直径PVC透明管进行一维积水入渗试验,土柱装填高度为26 cm,底部装有3 cm石英砂作为滤层,用1 L容量瓶保持5 cm水头持续供水。

1.3 试验方法 试验初始阶段,记录各处理的湿润峰迁移距离与时间。待土柱下方有滤液流出时收集滤液,分析滤液矿化度、pH及体积,每隔一段时间化验滤液离子组成。由于大部分植物在土壤含盐量大于3 g/kg时会受到盐害,因此取3 g/L时为达到脱盐要求的临界浓度,即试验停止。为获得最优灌溉淋洗效益,采用咸水灌溉的土柱滤液浓度达到咸水矿化度时改用微咸水淋洗,同样滤液矿化度<3 g/L时结束试验。记录试验过程中所耗用的水量、淋洗时间,最后化验脱盐后土壤全盐含量、pH及离子含量。

表1 供试土样的物理化学性质

Table 1 Physical and chemical properties of tested soil samples

土样 Soil samples	采样地 Sampling sites	机械组成 Mechanical composition//%		全盐 Total salt %	pH	主要离子组成 Major ion composition//cmol/kg		主体构型 Main body configuration
		<0.002 mm	<0.020 mm			Cl ⁻	K ⁺ + Na ⁺	
吹填土 Hydraulic reclamation sand	天津临港工业区	21.44	53.83	1.54	8.20	22.20	19.61	黏壤土
吹填砂 Hydraulic reclamation soil	唐山曹妃甸	3.63	14.79	1.08	8.37	16.00	13.09	砂土

作者简介 张兴(1973—),男,天津人,高级工程师,硕士,从事盐碱地绿化工程与管理研究。

收稿日期 2016-11-09

表2 灌溉用水的基本性质

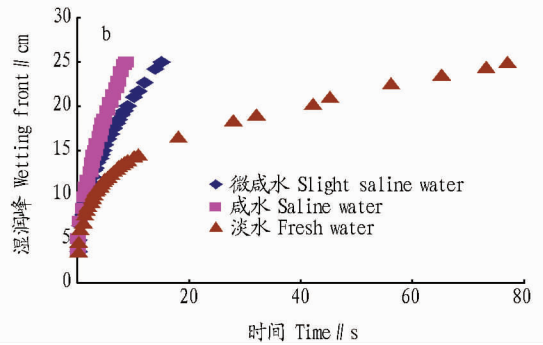
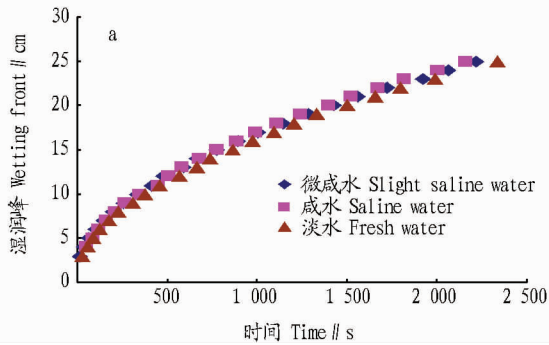
Table 2 Basic properties of irrigation water

灌溉用水 Irrigation water	样品来源 Sample source	矿化度 Mineralization of water // g/L	pH	盐离子含量 Ion content of salt // cmol/L								钠吸附比(SAR) Sodium adsorption ratio
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	
淡水 Fresh water	天津当地自来水	0.11	7.74	0	0.15	0.21	0.18	0.20	0.06	0	0.13	1.39
微咸水 Slight saline water	生活污水污水处理厂处理后排出的中水	1.84	8.42	0	0.55	1.25	0.59	0.20	1.88	0.02	1.20	6.13
咸水 Saline water	天津营城水库和咸水河流的混合水	8.88	8.27	0	0.75	12.80	2.36	1.10	3.46	0.07	7.32	8.47

2 结果与分析

2.1 不同水质对入渗过程的影响 从图1可见,淡水、微咸水和咸水在吹填砂脱盐过程中的人渗速率基本一致,而在吹

填土中的入渗速率从大到小依次为咸水、微咸水、淡水。这说明吹填土的黏粒含量高,淡水、微咸水、咸水的人渗速率明显不同。



注:a为吹填砂;b为吹填土

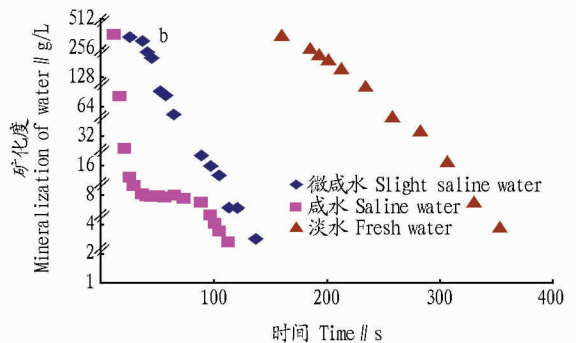
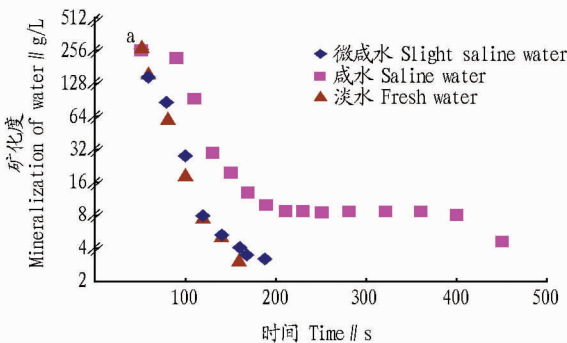
Note: a. Hydraulic reclamation sand; b. Hydraulic reclamation soil

图1 不同灌溉用水在2种土样中的湿润锋变化

Fig.1 The change of wetting front of different irrigation water in two soil samples

2.2 不同水质对吹填土和吹填砂淋洗滤液矿化度的影响 从图2可见,微咸水、淡水对吹填砂淋洗脱盐过程中土壤滤液矿化度的变化轨迹接近,而咸水的滤液初始矿化度与微咸水和淡水相当,但受自身矿化度的影响,其滤液下降曲线滞后于微咸水和淡水。咸水、微咸水、淡水对吹填土的脱盐速率差别很大,淡水的淋洗速率远远小于咸水和微咸

水,淋洗最快的为咸水,这是由于咸水灌溉增强了土壤的导水能力,对其影响作用远远大于自身浓度对脱盐的影响。在脱盐初期,采用咸水灌溉,吹填土滤液矿化度的下降趋势快于微咸水和淡水,但当土壤滤液下降到入渗的咸水浓度,换用微咸水淋洗时,出现一个停滞期,即滤液矿化度下降缓慢或维持不变,停滞期过后滤液矿化度继续下降,结合图2



注:a为吹填砂;b为吹填土

Note: a. Hydraulic reclamation sand; b. Hydraulic reclamation soil

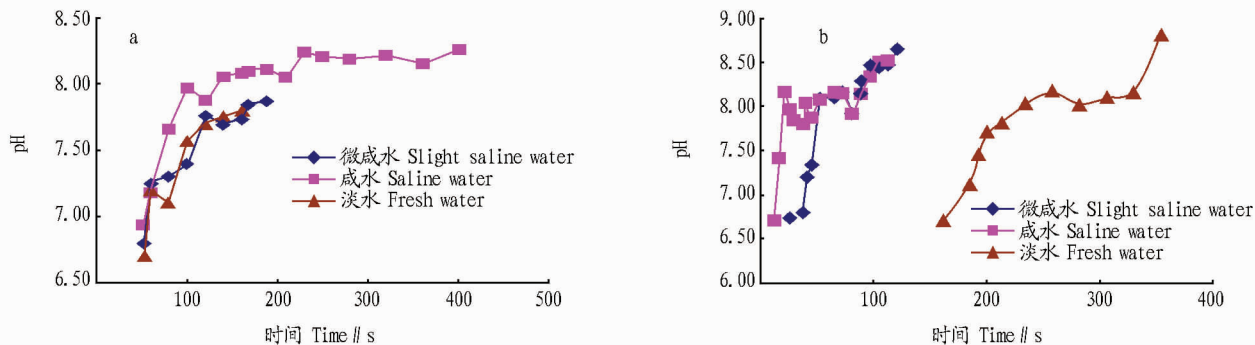
图2 吹填土和吹填砂淋洗脱盐期间滤液矿化度变化

Fig.2 Changes of filtrate mineralization degree of hydraulic reclamation soil and sand in desalting period

可以看出,吹填砂的停滞期要大于吹填土。

2.3 不同水质对吹填土和吹填砂淋洗滤液pH的影响 从图3可见,随着淋洗进行,滤液的pH逐渐升高,吹填砂淋洗

液在3种水质淋洗条件下pH变化规律趋于一致,而咸水和微咸水在吹填土脱盐过程中滤液一开始就出现碱化,且急剧上升,而淡水的碱化出现时间较晚。



注: a 为吹填砂; b 为吹填土

Note: a. Hydraulic reclamation sand; b. Hydraulic reclamation soil

图 3 吹填土和吹填砂淋洗脱盐期间滤液 pH 变化

Fig. 3 Changes of filter liquor and pH of hydraulic reclamation soil and sand in desalting period

2.4 不同水质对土壤盐渍性状的影响 由表 3 可知,采用咸水和微咸水进行灌溉,淋洗脱盐后的土壤 pH、残余碳酸钠(RSC)、全盐含量、SAR 发生了相应的变化。无论是土壤脱盐碱化还是 pH 上升对于植物生长都是不利的。脱盐结束后,吹填砂的 pH 上升不明显,吹填土脱盐后 pH 上升明显,

超过 9.00 以上。3 种不同水质进行灌溉脱盐后,吹填土的 SAR 超出植物安全范围。吹填砂(咸水除外)和吹填土均有 RSC 的出现,且吹填土 RSC 高达 6.20 以上,碱化严重,须引起注意。经检测,吹填土淋洗后土壤中出现了 CO_3^{2-} ,这是导致吹填土 RSC 高的主要原因。

表 3 不同灌溉水质脱盐前后土壤盐渍性状对比

Table 3 Comparison of soil salinization before and after desalination of different water quality

土样 Soil samples	阶段 Phase	灌溉水 Irrigation water	全盐 Total salt %	pH	SAR	RSC meq/L
吹填砂 Hydraulic reclamation sand	脱盐前		1.08	8.37	7.54	-59.32
	脱盐后	微咸水	0.13	8.49	4.15	0.61
		咸水	0.12	0.12	8.58	7.91
		淡水	0.14	8.38	1.51	0.71
吹填土 Hydraulic reclamation soil	脱盐前		1.54	8.20	12.80	-52.95
	脱盐后	微咸水	0.25	9.04	7.78	6.26
		咸水	0.22	0.22	9.06	11.56
		淡水	0.25	9.10	7.55	14.57

2.5 不同水质对脱盐用水量和脱盐时间的影响 由表 4 可知,采用不同灌溉水质进行淋洗,所需脱盐时间不同。淋洗时间比值越大表示用时越长,因此吹填砂淋洗脱盐用时从大到小依次为咸水、淡水、微咸水,而吹填土用咸水灌溉淋洗时

表 4 不同灌溉水质淋洗时间比值和淋洗用水量

Table 4 Leaching time ratio and leaching water of different water quality

土样 Soil samples	处理 Treatment	淋洗时间比值 Leaching time ratio	用水量 Water amount t/mL
吹填砂 Hydraulic reclamation sand	微咸水	0.86	1 300
	咸水	2.33	2 240
	淡水	1.00	1 245
吹填土 Hydraulic reclamation soil	微咸水	0.38	1 129
	咸水	0.30	2 331
	淡水	1.00	1 126

注:淡水是最常用的水资源,因此将淡水淋洗所用时间看成单位 1.00,表中数据即为其他水质与淡水的脱盐时间比

Note: Fresh water is the most commonly used water resources, so the time for fresh water leaching as unit 1.00, data in the table is the ratio of other water and fresh water

间最短,其次为微咸水。从用水量看,从大到小依次为咸水、微咸水、淡水。因此,先采用咸水灌溉后改用微咸水,土柱的用水总量远远大于单独用微咸水或淡水。

为了寻求最优节水高效型的盐碱地改良技术,使投资成本与改良时间最优化,可建立以下方程:

$$Y = \text{淋洗时间比值} \times M + 1 \text{ m}^3 \text{ 土体淋洗水费} - \text{节省时间} \times V$$

式中, Y 为总成本, M 为人工费, V 为改良的土壤所产生的经济、社会、生态等价值。目前天津的工业用水价格为 7.5 元/t,中水价格为 2.4 元/t,咸水(只考虑运费)1.0 元/t,不同水质灌溉所花去的成本费用见表 5。

由表 5 可知,对于任何一种土壤采用淡水灌溉(自来水),不仅花去的水费最高,而且脱盐时间较长,人工费用较高,因此该方案应否决掉。采用微咸水灌溉,吹填砂、重度盐渍土和盐土不仅花费的水费最少,而且所花费的人工成本最低,节省的时间可以获得额外的效益,为最佳改良方案。2 种

(下转第 126 页)

5.85%,可见缓释肥料对氮肥利用率提升有明显效果,掺混比例为30:70时效果最佳。

(4)缓释氮素与速效氮素不同掺混比例对水稻生育性状影响不明显,但对产量和养分吸收有明显的提升作用,当缓释氮与速效氮掺混比例为30:70时,增产率、100 kg 养分吸收量和氮肥利用率均表现最佳,是较为适宜辽宁省水稻种植的掺混比例。

参考文献

- [1] 辽宁省统计局. 辽宁统计年鉴2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [2] 吕春修. 田耕亦禾[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2012:167-184.
- [3] 王宏庭,金继运. 农业养分资源精准管理研究进展[J]. 山西农业科学,

2005,33(1):68-72.

- [4] 李方敏,樊小林,陈文东. 控释肥对水稻产量和氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,11(4):494-500.
- [5] 朱兆良. 推荐氮肥适宜施用量的方法论刍议[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1):1-4.
- [6] 郑圣先,聂军,熊金英,等. 控释肥料提高氮素利用率的作用及对水稻效应的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(1):11-16.
- [7] 聂军,郑圣先. 控释肥料不同用量水平对水稻氮素利用和产量的影响[J]. 湖南农业科学,2001(6):37-39.
- [8] 罗良国,闻大中,沈善敏. 北方稻田生态系统养分平衡研究[J]. 应用生态学报,1999,10(3):301-304.
- [9] 王光火,张奇春,黄昌勇. 提高水稻氮肥利用率、控制氮肥污染的新途径——SSNN[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2003,29(1):67-70.

(上接第63页)

吹填土虽然采用咸水灌溉可使水费降低,但多花去的时间直

接导致人工费增多,且远远大于节约的水费,因此,采用先咸水灌溉后微咸水灌溉是吹填土淋洗脱盐的最佳方式。

表5 不同灌溉水质脱盐费用及最优评价

Table 5 Desalination cost and optimal evaluation of different water quality

土样 Soil samples	处理 Treatment	成本 Cost//元			优评价 Optimal evaluation
		人工费 Labor cost	水费 Water fee	效益 Benefit	
吹填砂 Hydraulic reclamation sand	微咸水	0.86	1.89	0.14	√
	咸水	2.33	2.20	0	
	淡水	1.00	5.65	0	
吹填土 Hydraulic reclamation soil	微咸水	0.38	1.64	0.62	√
	咸水	0.30	2.14	0.72	
	淡水	1.00	5.11	0	

3 结论与讨论

(1)淡水、微咸水、咸水入渗速率的差别随着吹填土黏粒含量的增大而增大。淡水和微咸水对吹填砂的脱盐规律趋于一致,咸水脱盐时间长,对于吹填土而言,咸水和微咸水的脱盐趋势趋于一致,而淡水脱盐时间最长且滞后。

(2)土壤物理性能差、水力传导度低的情况下,可以首先用适当含盐水进行连续淋洗,然后逐渐减小灌溉水的盐分浓度,以增加土壤的渗透性能。

(3)淡水、咸水和微咸水对吹填砂和吹填土脱盐前后 pH 影响表现明显差异,前者变化不明显,而后者均出现明显的上升,SAR 也超出植物的安全范围。吹填砂(咸水除外)和吹填土均有 RCS,吹填土的 RSC 高达 6.20 以上,存在碱化问题,须引起注意。吹填砂用微咸水灌溉脱盐,而吹填土先咸水后微咸水进行灌溉脱盐是最经济有效的改良方案。

参考文献

- [1] 王相平,杨劲松,姚荣江,等. 苏北滩涂水稻微咸水灌溉模式及土壤盐分动态变[J]. 农业工程学报, 2014, 30(7):54-63.
- [2] 马丽娟,侯振安,闵伟,等. 适宜咸水滴灌提高棉花水氮利用率[J]. 农业工程学报, 2013,29(14):130-138.
- [3] 张亚哲,高业新,王建中,等. 微咸水灌溉条件下的土壤水盐动态变化研究[J]. 中国农村水利水电, 2013(1):49-54.
- [4] 王全九,单鱼洋. 微咸水灌溉与土壤水盐调控研究进展[J]. 农业机械学报, 2015, 46(12):117-126.
- [5] 徐秉信,李如意,武东波,等. 微咸水的利用现状和研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013,41(36):13914-13916.
- [6] 杨静,杨明欣,董宝娣,等. 咸水灌溉下土壤水盐动态和作物生长研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(4):976-981.
- [7] 马文军,程琴娟,李良涛,等. 微咸水灌溉下土壤水盐动态及对作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1):73-80.
- [8] 王诗景,黄冠华,杨建国,等. 微咸水灌溉对土壤水盐动态与春小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(5):27-33.
- [9] 吴忠东,王全九,不同微咸水组合灌溉对土壤水盐分布和冬小麦产量影响的田间试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11):71-76.

科技论文写作规范——缩略语

采用国际上惯用的缩略语。如名词术语 DNA(脱氧核糖核酸)、RNA(核糖核酸)、ATP(三磷酸腺苷)、ABA(脱落酸)、ADP(二磷酸腺苷)、CK(对照)、CV(变异系数)、CMS(细胞质雄性不育性)、IAA(吲哚乙酸)、LD(致死剂量)、NAR(净同化率)、PMC(花粉母细胞)、LAI(叶面积指数)、LSD(最小显著差)、RGR(相对增长率)、单位名缩略语 IIRRI(国际水稻研究所)、FAO(联合国粮农组织)等。对于文中有些需要临时写成缩写的词(如表及图中由于篇幅关系以及文中经常出现的词而写起来又很长时),则可取各主要词首字母写成缩写,但需在第一次出现处写出全称,表及图中则用注解形式在下方注明,以便读者理解。