

咸水与交换磁化咸水滴灌对枸杞根区盐分的影响及节水效果

——以喀什地区为例

古丽巴哈·吾斯曼^{1*}, 董文明^{2,3}, 穆哈西^{2,3#}

¹新疆维吾尔自治区水利管理总站, 新疆 乌鲁木齐

²新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐

³新疆水利工程安全与水灾害防治重点实验室, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年7月7日; 录用日期: 2024年9月18日; 发布日期: 2024年9月29日

摘要

目的: 抽地下水重复灌溉, 使加剧了农田的盐碱化, 该文提出节水控制盐碱化的技术。方法: 根据土壤对水分的吸水能力、土壤性质、水质、滴水量及滴水时间相同的条件下, 采用全用地下水滴灌与先用地下水湿润土壤后交换磁化水滴灌的方法, 该方法对枸杞根区盐分的变化及节水效果进行研究。[结果]对盐分9.55 g/kg盐碱土进行灌水8次之后, 全用地下水滴灌时根区盐分的降低量为0.78 g/kg, 先用地下水湿润土壤后交换磁化水滴灌时根区盐分的降低量为1.02 g/kg, 交换磁化水滴灌方法可提高淋洗盐分的效率。结论: 全用地下水滴灌与交换磁化水滴灌相比, 交换磁化水滴灌可加速湿润体盐分的各向运移, 每年可节约3次的冲洗盐分用水量。湿润体盐分的各向运移不仅与土壤性质、土壤盐分、土壤容重及灌水次数有关, 而且与土壤易溶盐、咸水的磁化程度及水源盐分也有密切的关系。

关键词

地下水, 磁化水交换滴灌, 枸杞根区盐分, 节水效果

The Effect of Saline Water and Exchange Magnetization Saline Water Drip Irrigation on Salt Content and Water-Saving Effect in the Chinese Wolfberry Root Zone

—Taking Kashgar Region as an Example

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 古丽巴哈·吾斯曼, 董文明, 穆哈西. 咸水与交换磁化咸水滴灌对枸杞根区盐分的影响及节水效果[J]. 林业世界, 2024, 13(4): 237-247. DOI: 10.12677/wjf.2024.134034

Gulibaha·Wusiman^{1*}, Wenming Dong^{2,3}, Haxi Mu^{2,3#}

¹Xinjiang Uygur Autonomous Region Water Resources Management Station, Urumqi Xinjiang

²College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang

³Xinjiang Key Laboratory of Hydraulic Engineering Security and Water Disasters Prevention, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 7th, 2024; accepted: Sep. 18th, 2024; published: Sep. 29th, 2024

Abstract

Objective: Repetitive irrigation with underground saline water exacerbates the salinization of farmland. This article proposes water-saving control techniques for salinization. **Method:** Under the same conditions of soil water absorption capacity, soil properties, water quality, drip amount, and drip time, the method of using all underground saline water drip irrigation and first wetting the soil with underground saline water and then exchanging magnetized water drip irrigation was adopted to study the variation of salt content and water-saving effect in the Chinese Wolfberry root zone. **Result:** After irrigating the saline alkali soil with a salt content of 9.55 g/kg 8 times, the reduction in root zone salt content was 0.78 g/kg when using underground saline water drip irrigation. The reduction in root zone salt content was 1.02 g/kg when using underground saline water to moisten the soil first and then exchanging magnetized water for drip irrigation. The exchange magnetized water drip irrigation method can improve the efficiency of salt leaching. **Conclusion:** Compared with exchange magnetized water drip irrigation, exchange magnetized water drip irrigation can accelerate the anisotropic transport of salt in moist bodies and save 3 times of flushing salt water usage per year. The anisotropic transport of salt in moist soil is not only related to soil properties, soil salinity, soil bulk density, and irrigation frequency, but also closely related to the solubility of soil salts, the degree of magnetization of saline water, and the salinity of water sources.

Keywords

Underground Saline Water, Exchange Magnetization Water Irrigation, Chinese Wolfberry Root Zone Salinity, Water-Saving Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

研究意义：在干旱缺水 and 蒸发量的大条件下，由于不合理灌溉与管理不当产生的可溶性盐类在地表积累造成土壤盐碱化及退化等现象[1]-[4]。新疆喀什灌区出现以下问题：1) 灌区周围高的洼地，排水不畅，在灌水季节抽地下水灌溉作物形式死循环利用地下水的现象，因此，地下水的矿化度日益剧增，导致土壤盐碱化；2) 整个灌区除了棉花采用滴灌外，其余的作物采用大水漫灌方法。部分灌区施肥量每年每亩地增加 5 kg 才保持稳产，肥料的一部分盐分溶于水中留在土壤中，另一部分盐分通过不同渠道下渗补给地下水，由于灌区周边高形成碗子形农田，排水不畅，采用大水漫灌之后，地下水易变成矿化度大的地下咸水，再抽地下咸水对作物进行灌溉，土壤盐碱化，导致作物绝产甚至死亡(如图 1 所示)；3) 棉田在滴灌条件下盐分积累在湿润体边缘，使土壤盐碱化(如图 2 所示)，为控制棉田盐分每年 3 次大水压盐；4) 连休闲的农田也开始盐碱化了(如图 3 所示)；5) 地下咸水的检测结果表明：地下咸水的含盐量

1000~3000 mg/L, pH=7.0~10.2 之间, 且带苦涩味, 因此也称咸水(矿化咸水、盐水或苦咸水), 含盐量主要是 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- 等离子, 硬度高[5]-[7]。上述 5 种结果进行分析可知: 以地下咸水作为水源的条件下, 常规的漫灌和滴灌方法都改为交换磁化水滴灌形式, 可节约冲洗盐分的用水量, 从而节水并减缓作物根区的返盐问题。[前人研究进展]国内外的许多学者研究处理咸水的方法, 可归纳为化学方法、膜分离法、反渗透法、电渗析法、蒸馏淡化法、淡水压灌、淡水冲洗与抽取地下水相结合法、暗管排盐法、滤管法、电解法、垂排碱技术等措施, 取得了引人瞩目的成果[8]-[10]。但是在滴灌条件下每年 3 次大水压盐, 秋季一次大水压盐用水量为 3000~4500 m^3/hm^2 , 甚至更多[11] [12]。[切入点]该文根据目前面临的土壤盐碱化、水资源短缺、地下水的矿化度逐渐增大等问题, 以磁化水的渗透力强、降低土壤溶液中盐离子浓度的功能为切入点, 对地下咸水滴灌与交换磁化水滴灌进行试验, 解释交换磁化水滴灌对枸杞根区盐分的影响及节水效能。[拟解决的问题]根据土壤对水分的吸水能力, 采用首先咸水湿润土壤后交换磁化水滴灌冲洗的方法[13] [14], 将传统的大水漫灌和重复采用地下咸水滴灌方法改为交换磁化水滴灌形式, 每年可节约 3 次的大水压盐用水量, 减少下渗补给地下水的污染水量, 并在滴灌条件下控制作物根区的返盐, 有效控制和缓解喀什等洼地灌区地下水的逐年变成咸水化(或矿化度)的程度, 为充分利用地下咸水, 降低土壤盐分对作物的危害提供依据。



Figure 1. Corn irrigation method
图 1. 玉米灌水方式

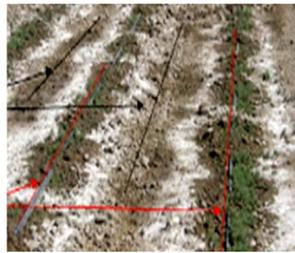


Figure 2. Salinization of drip irrigation cotton fields
图 2. 滴灌棉田的盐碱化



Figure 3. Salinization of leisure fields
图 3. 休闲田的盐碱化

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

试验在新疆农业大学实验室进行,室内的最高温度为 22℃,最低温度为 18℃。试验土来自喀什伽师县枸杞基地,土壤容重为 1.25 g/cm³,土壤初始含水量 6%,试验在宽、深、高度均为 1.2 m 的土箱内进行,取土深度为 0~60 cm。土壤含水量采用烘干法,土壤容重采用环刀法,土样盐分采用溶液法。供试验的水样盐分为 9.50 g/kg (离子总量),土样盐分如表 1 所示。

Table 1. Initial salinity of water and soil samples (g/kg)

表 1. 水样和土样的盐分(g/kg)

项目名称	离子名称	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	盐分	横向盐分均值
水样的盐分		8.62	0.00	0.22	1.49	4.74	0.74	0.18	2.13	9.50	
土样的盐分	0~10 cm	8.35	0.00	0.16	1.11	6.19	1.00	0.07	2.47	11.00	1.83
	10~20 cm	8.44	0.00	0.22	1.03	6.60	1.62	0.11	2.85	12.43	2.07
	20~30 cm	8.56	0.00	0.14	0.95	7.99	0.62	0.14	3.51	13.35	2.23
	30~40 cm	8.58	0.00	0.22	1.26	3.83	0.72	0.10	1.72	7.85	1.31
	40~50 cm	8.75	0.00	0.21	1.71	2.35	0.33	0.07	1.80	6.47	1.08
	50~60 cm	8.46	0.00	0.12	1.06	3.10	0.59	0.24	1.07	6.18	1.03
土样纵向均值		8.54	0.00	0.18	1.19	5.01	0.81	0.12	2.24	9.55	1.59

2.2. 试验设备及试验方法

1) 试验设备。在地下矿化水灌水定额一定的条件下,试验采用的设备是自动化交换淋洗装置[15][16]。该装置磁化水器的磁化强度为 3000 mT,自动控制灌水时间和总灌水量的条件下,做全了地下咸水滴灌和磁化水交换滴灌的 2 种试验(如图 4 所示)。自动化装置由机电箱、继电器、时间继电器、控制阀(电磁阀)、调节阀(电磁阀)和磁化水器组成。继电器和时间继电器安装在机电箱内,继电器的一边与电源相连,另一边与控制阀和调节阀相连;流入支管的水用控制阀来控制(1 号和 2 号电磁阀),控制阀控制总灌水量和灌水周期用,时间继电器控制滴水时间和滴水量。用继电器来检测时间继电器、电源开关及电磁阀的正常状况。1、支管的水通过 1 号控制阀流入 1 号毛管,全用地下咸水滴灌灌水 6 h; 2、支管的水通过 2 号控制阀流入 2 号毛管,全用地下咸水滴湿润 2 h 后自动关闭 1 号控制调节阀,自动开启 2 号调节阀磁化水滴灌 4 h,滴水规律如图 5 所示。

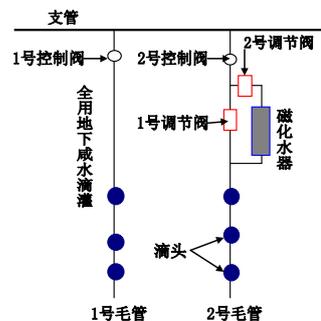


Figure 4. Experimental diagram

图 4. 试验示意图

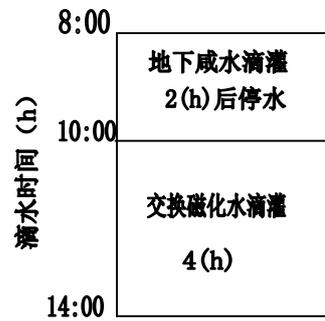


Figure 5. The water drop law of magnetized exchange irrigation

图 5. 磁化交换灌的水滴水规律

2) 试验方法。该试验由两个部分组成：试验 1 是全用地下咸水滴灌方法；试验 2 是先用地下咸水湿润土壤 2 h 后交换磁化水滴灌 4 h 冲洗方法。分别做的 2 种试验结束后在湿润体脱盐范围内取土检测盐分的方法来解释 2 种试验方法对盐分的影响及节水效果。在滴头流量为 3 L/h、滴水时间为 6 h、灌水周期为 6 天、8 次灌水的条件下进行试验(重复做一次)。灌水 8 次之后采用立即剖面法，湿润体的一半水平和垂直每 10 cm 取土检测盐分，另一半晾干 7 天后观察盐分反弹状况(如图 6 所示)，图 6 中 O 点是滴头的位置，A 是脱盐边界线，B 是过渡区边界线，C 是积盐边界线。以图 6 和湿润体检测盐分结果为依据，绘制湿润体盐分的剖面图(如图 7 所示)。结果表明：滴灌湿润体由脱盐区、过渡区和积盐区组成，其中过渡区和积盐区之和称之为积盐区。试验 1 和试验 2 的湿润体大小和晾干 7 天后观察的盐分反弹状况相似。

2.3. 数据测定方法

1) 湿润体盐分的检测。以土壤湿润体水盐的变化和剖面晒干 7 天后盐分反弹状况，湿润体离滴头水平和深度每 10 cm 取土检测盐分，取土深度为 60 cm(如图 6 所示)，由于检测盐分的点数和数据多，为清楚地解释植物根系发育范围内盐分的变化情况，选择检测盐分分析点的位置是非常重要的。因此，采用以下简易的方法来选择检测盐分分析点的位置(如图 6 所示)。

2) 检测盐分分析点位置的选择。1、检测结果表明：湿润体随灌水次数的增多而变大，湿润体内盐分也向湿润体边缘方向运移(积累)，湿润体脱盐边界线内的盐分逐渐降低，盐分积累在湿润体边缘；2、湿润体剖面晾干 7 天后盐分，滴头方向的反弹距为 5 cm，湿润体内的盐分只反弹在过渡区内(如图 6 所示)；3、由于研究植物类型的不同，植物根系的发育范围也不相同[17]-[19]，因此，本试验以枸杞的根系为例，

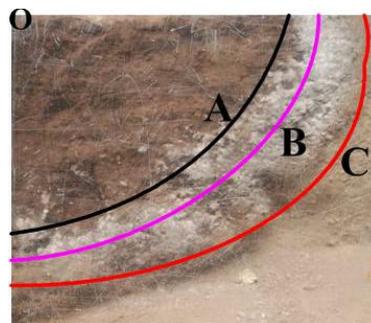


Figure 6. Salt rebound after 7 days of sun drying

图 6. 晒干 7 天后盐分反弹

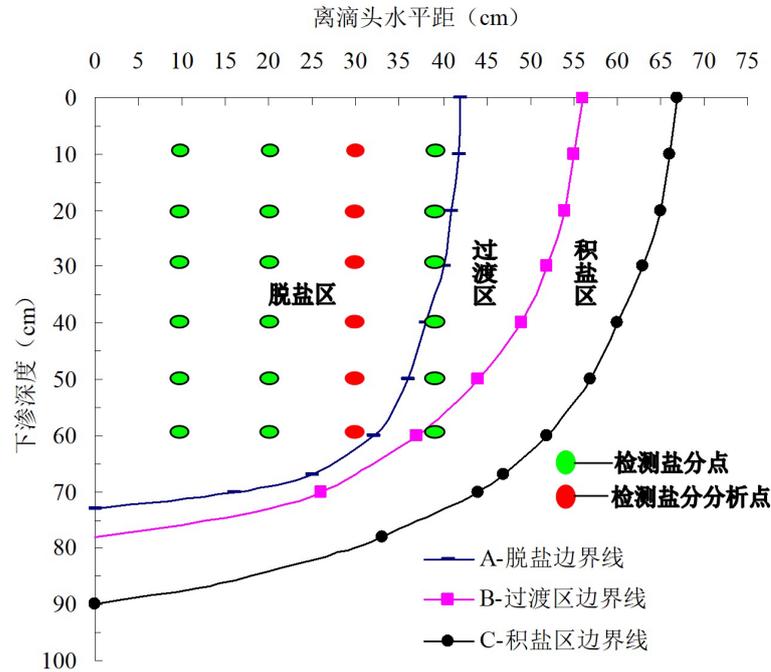


Figure 7. Changes in water and salt content in moist bodies
图 7. 湿润体水盐的变化

确定检测盐分点的位置：如宁夏 1 号枸杞垂直根系主要分布在 20~40 cm 的深度，水平根系主要分布在距树干 0~14 cm 的范围[20]。综合分析上述 3 种原因，以滴头为基点，湿润体水平距 30 cm 和深度 60 cm 盐分(8 大离子)进行分析。在此基础上，以土样盐分及不同深度取土检测盐分的均值为依据，分别计算 2 种试验湿润体盐分的降低量及降低率，解释其磁化水交换滴灌对湿润体盐分的影响。

3. 结果与分析

3.1. 全用地下咸水滴灌对湿润体盐分的影响

土壤容重为 1.25 g/cm³，土壤初始含水量 6%，全用地下咸水滴灌，滴水量为 3 L/h，每次滴水时间为 6 h，灌水周期为 6 天，灌水 8 次的条件下，以滴头为基点水平距 30 cm 处不同深度取土检测的盐分如表 2 所示。

Table 2. The detection value of salt content in wet soil using underground saline water drip irrigation (g/kg)

表 2. 全用地下咸水滴灌湿润体盐分的检测值(g/kg)

试验名称	离子名称	PH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	盐分	横向盐分均值
全用地下咸水 8 次灌水后盐分的检测值	0~10 cm	8.31	0.00	0.15	1.10	4.07	0.10	0.05	2.57	8.04	1.34
	10~20 cm	8.42	0.00	0.21	1.02	6.58	1.57	0.10	1.43	10.91	1.82
	20~30 cm	8.55	0.00	0.10	0.90	7.79	0.61	0.11	2.28	11.79	1.97
	30~40 cm	8.56	0.00	0.20	1.24	3.81	0.70	0.09	1.72	7.76	1.29
	40~50 cm	8.78	0.00	0.23	1.78	2.68	0.39	0.08	1.86	7.02	1.17
	50~60 cm	8.44	0.00	0.13	1.07	3.48	0.84	0.28	1.28	7.08	1.18
纵向盐分均值		8.51	0.00	0.17	1.19	4.74	0.70	0.12	1.86	8.77	1.46

表 2 进行分析可知: 检测的盐分与原土初始盐分相比, 全用咸水滴灌 8 次后土壤湿润体 0~10 cm 以内的盐分降低量很明显, 土壤初始盐分垂线均值 9.55 g/kg 降到 8.77 g/kg (表 1 和表 2 所示), 降低量为 0.78 g/kg。土壤深度为 10~30 cm 之间盐分的变化不大, 但是垂线总盐分逐步降低的趋势。这表明土壤湿润体内盐分的降低量与灌水次数有关系, 灌水次数多, 湿润体盐分的降低量也多, 反之相反。

3.2. 先用地下咸水湿润土壤后交换磁化水滴灌对湿润体盐分的影响

在滴水量、滴水时间、土壤容重和灌水周期不变的条件下, 根据图 5 中的滴水规律滴灌, 先用地下咸水滴水 2 h 后交换磁化水淋洗 4 h, 每次共滴水 6 h、灌水 8 次后结束试验。以滴头为基点, 水平距为 30 cm 处不同深度取土检测的盐分如表 3 所示。

对表 3 中盐分的变化纵向(或垂线)分析可知: 对不同深度而言, 表层土 30 cm 以上盐分的降低量较大, 在 40~50 cm 之间的土层内盐分的降低量少, 盐分从土深 50 cm 起逐步开始积累在湿润体边缘(表 3 所示)。

Table 3. Detection values of salt content in moist bodies irrigated with exchange magnetized water droplets (g/kg)

表 3. 交换磁化水滴灌湿润体盐分的检测值(g/kg)

试验名称	离子名称	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	盐分	横向盐分均值
先用地下咸水滴水 2 h 后交换磁化水滴水 4 h, 灌水 8 次后含盐量的检测值	0~10 cm	8.30	0.00	0.12	0.98	4.02	0.73	0.15	2.10	8.10	1.35
	10~20 cm	8.38	0.00	0.11	0.97	4.01	0.72	0.12	1.98	7.91	1.32
	20~30 cm	8.50	0.00	0.10	0.91	3.98	0.61	0.09	1.79	7.48	1.25
	30~40 cm	8.52	0.00	0.09	0.89	3.86	0.32	0.06	1.64	6.86	1.14
	40~50 cm	8.72	0.00	0.08	0.86	3.65	0.26	0.05	1.45	6.35	1.06
	50~60 cm	8.43	0.00	0.35	2.12	7.94	0.78	0.16	3.11	14.46	2.41
纵向盐分均值		8.48	0.00	0.14	1.12	4.58	0.57	0.11	2.01	8.53	1.42

3.3. 两种试验湿润体盐分的降低量

全用地下咸水灌和先用地下咸水湿润后交换磁化水滴灌的条件下, 以滴头为基点, 水平距为 30 cm 处不同深度盐分(60 cm 平均值)的降低量及降低率如表 4 所示。其计算公式为: 盐分的降低量 = 土样纵向初始盐分均值 - 滴灌处理后纵向盐分均值(数据来自表 1、表 2 和表 3 的最后 1 行的值);

Table 4. Reduction of salt content in wet body by drip irrigation with all underground salt water and exchange magnetized water (g/kg)

表 4. 全用地下咸水和交换磁化水滴灌湿润体盐分的降低量(g/kg)

试验名称	离子名称	PH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	盐分
土样盐分	60 cm 的平均值	8.54	0.00	0.18	1.19	5.01	0.81	0.12	2.24	9.55
全用地下咸水滴灌	60 cm 的平均值	8.51	0.00	0.17	1.19	4.74	0.70	0.12	1.86	8.77
盐分降低量	60 cm 的平均值	0.03	0.00	0.01	0.00	0.28	0.11	0.00	0.38	0.78
盐分降低率(%)	60 cm 的平均值	0.32	0.00	4.67	0.14	5.49	13.73	2.74	16.99	43.76
交换磁化水滴灌	60 cm 的平均值	8.48	0.00	0.14	1.12	4.58	0.57	0.11	2.01	8.53
盐分降低量	60 cm 的平均值	0.06	0.00	0.04	0.06	0.43	0.24	0.02	0.23	1.02
盐分降低率(%)	60 cm 的平均值	0.73	0.00	20.56	5.48	8.65	29.92	13.70	10.06	88.36

盐分的降低率 = (盐分的降低量 ÷ 土样初始盐分) × 100%。

表 4 进行分析可知：全用地下咸水灌水 8 次的条件下，在脱盐范围内盐分的降低量为 0.78 g/kg，降低率为 43.76%；先用地下咸水湿润土壤后交换磁化水冲洗时，脱盐范围内盐分的降低量为 1.02 g/kg，降低率为 88.36%，这表明：交换磁化水滴灌的淋洗盐分效果显著。将传统的地下咸水滴灌方法改为交换磁化水滴灌形式时，减少下渗补给地下水的污染水量，并在滴灌条件下控制作物根区的返盐，为减缓地下水库的矿化度提供依据。试验结果表明盐分的各向运移不仅与土壤性质、土壤初始盐分、土壤容重及灌水次数有关，而且与水源盐分、土壤易溶盐及水的磁化程度也有密切的关系。

3.4. 全用地下水滴灌与交换磁化水滴灌对湿润体盐分的影响

1) 磁化处理前后土壤盐分均值的变化过程。在图 8 中的 C 曲线是用表 1 中最后一列的盐分均值绘制；B 曲线是用表 2 中最后一列的盐分均值绘制；A 曲线是用表 3 中最后 1 列的盐分均值绘制(如图 8 所示)。磁化水交换滴灌试验结果表明：湿润体内的盐分下渗积累在 50 cm 以下，淋洗盐分的效果显著。湿润体盐分的变化从横向分析可知：水平距为 30 cm 处的盐分排位：土样盐分 > 全用咸水滴灌盐分 > 交换磁化水滴灌(如图 8 所示)。交换磁化水滴灌可加快土壤盐分的各向运移，湿润体内的盐分逐步积累在湿润体边缘。

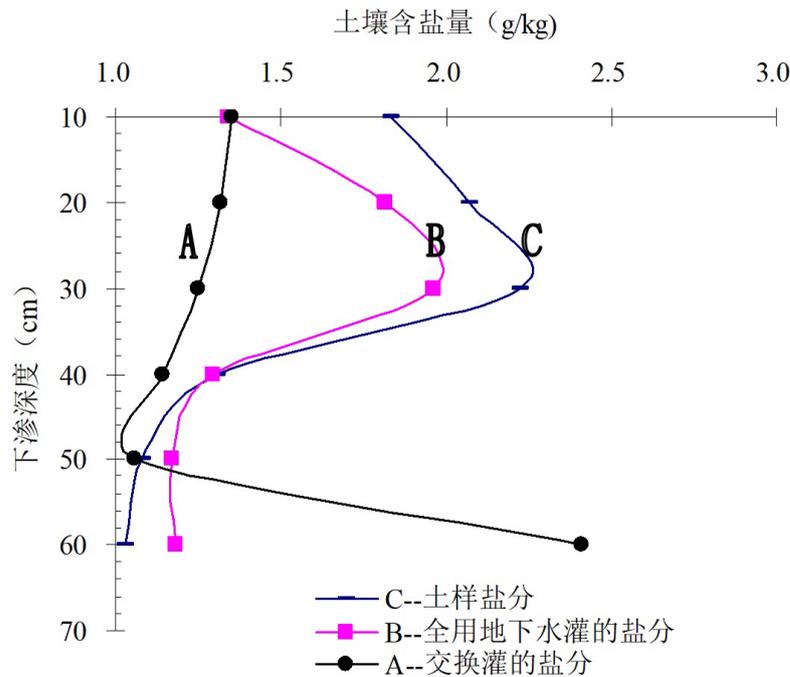


Figure 8. Changes in soil salinity before and after treatment
图 8. 处理前后土壤盐分的变化过程线

2) 全用地下水滴灌与磁化水交换滴灌对枸杞根区盐分影响。采用表 2 的值绘制全用地下水滴灌对湿润体盐分的变化过程(如图 9 所示)；用表 3 的值绘制磁化水交换滴灌对湿润体盐分的变化过程(如图 10 所示)。对图 9 和图 10 中湿润体盐分的各向运移分析可知：全用地下水滴灌与磁化水交换滴灌相比，磁化水交换滴灌淋洗 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 和 $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 的效果显著，其余盐分也随灌水次数的增多而逐渐降低，逐渐累积在湿润体边缘，这表明磁化水交换滴灌方法起把枸杞根区内的盐分追压到根系发育范围之外的作用。

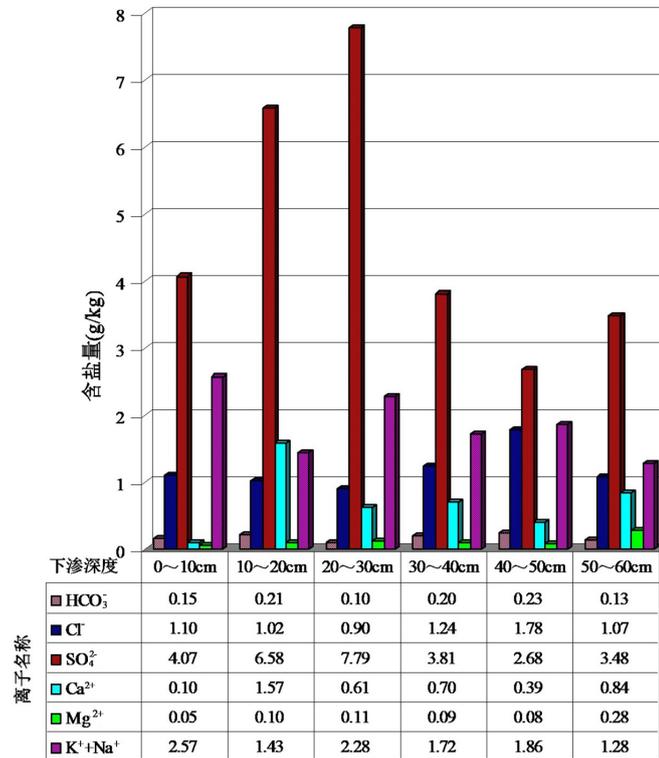


Figure 9. Effect of total groundwater irrigation on salinity
图 9. 全用地下水灌水对盐分的影响

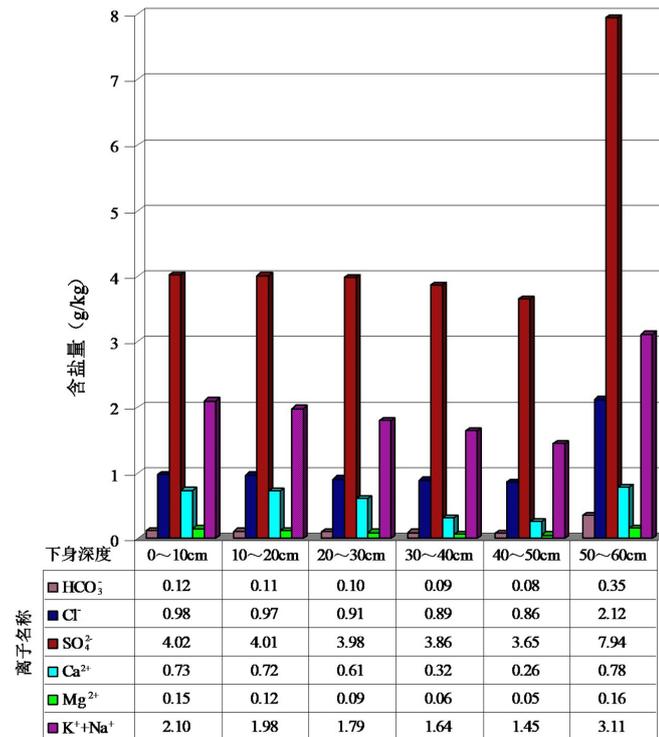


Figure 10. Effect of exchange magnetized water drip irrigation on salt content
图 10. 交换磁化水滴灌对盐分的影响

4. 讨论

1) 结果表明:磁化水交换灌溉可以增强湿润体内盐分的淋洗,提高土壤盐分的淋洗效果[21][22],该试验的研究结果与前人的研究结论一致。图9和图10对比可看出:磁化水交换滴灌的条件下,0~60 cm土层中 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 K^+ + Na^+ 等盐离子明显下降,研究者卜东升等也证明磁化水灌溉时0~60 cm土层中 SO_4^{2-} 、 Cl^- 含量下降的趋势;Mostafazadeh等研究者的结论是磁化水灌溉对 Cl^- 淋洗效果很明显[22][23]。采用全地下咸水进行滴灌时,0~60 cm的平均盐分 Cl^- 和 Mg^{2+} 的变化比较明显,先用地下咸水湿润土壤后磁化水交换冲洗时, Cl^- 、 Mg^{2+} 和 K^+ + Na^+ 的继续降低,此研究结果与上述前人研究的结论一致。水经磁化处理后,其湿润体内土壤的物理化学性质发生变化,同时可提高各种矿物盐的溶解能力,林仁荣教授的研究表明磁化水能提高水溶性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 数量,提高土壤盐分的淋洗效果。试验结果表明:湿润体盐分0~60 cm内溶液随灌水次数的增加而降低,湿润体的盐分继续各向运移,该结论与林仁荣教授的研究结论一致[24]-[26]。

2) 不同试验的结果表明:当土壤松弛(土壤容重小)时,表层土的透气性较好,水分的渗透快,淋洗盐分的效果显著。当土壤颗粒级配均匀、易溶盐分多时,土壤盐分随水运移的速度加快;当土壤盐分大,水源盐分少时,土壤湿润体内盐分水平和垂直方向运移速度较快。该试验采取先用地下咸水湿润土壤后磁化水交换冲洗盐分的方法,节约灌水量,可降低下渗水量,为有效减缓地下水变成咸水的速率,充分利用咸水提供依据。

3) 滴灌的节水效果不仅与作物类型及栽种模式有关,而且栽种作物的地理位置也有密切的关系,如新疆山区灌水次数少,下游平原区灌水次数多,北方灌区降水量多,灌水次数少。当地枸杞的栽种模式为 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m}$,每亩地栽种296棵,先用咸水湿润土壤后磁化水交换冲洗盐分的条件下,滴头流量为3 L/h,灌水8次时,经计算年灌水量 $639.4\text{ m}^3/\text{hm}^2$,不需要压盐。在全用地下咸水滴灌条件下每年3次压盐,秋季一次冲洗盐分用水定额为 $3000\sim 4500\text{ m}^3/\text{hm}^2$,每年3次冲洗盐分用水量为 $9000\sim 16,500\text{ m}^3/\text{hm}^2$,磁化水交换滴灌每年可节约 $8360.6\sim 12,860.6\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 水,节水效果显著。

5. 结论

1) 采用大水漫灌方法冲洗盐分的条件下,土壤本身的盐分和水源的盐分加之肥料的混合物所形成的水停留在排碱渠内或者下渗不同的渠道补给地下水,使地下水的矿化度逐渐增大,地下水易变成咸水,再抽地下水对作物进行灌溉不仅影响作物,而且加快土壤的盐碱化。

2) 滴灌的滴水量、灌水周期和灌水次数相等的条件下,湿润体的水平30 cm处不同深度盐分检测结果表明:全用地下咸水的湿润体内盐分降低量为 0.78 g/kg ,地下咸水与磁化水交换灌湿润体内盐分的降低量为 1.02 g/kg (如表4所示)。湿润体内的盐分积累在湿润体边缘,并节省每年3次的冲洗盐分的用水量,磁化水交换滴灌的节水效果显著,减少补给地下水的水量,可减缓地下水变成咸水的速度。

3) 在磁化水交换滴灌的条件下可加快盐分的各向运移,土壤盐分各向的运移不仅与土壤性质、土壤初始盐分、土壤容重及灌水次数有关,而且与土壤易溶盐和水源的盐分多少及咸水的磁化程度也有密切的关系。

基金项目

地区基金项目“多环追压非等灌技术对盐碱地药用植物生理指标的影响机理及冲洗盐分定额研究”(3246130193);横向项目“于田县3.6万亩补充耕地入库”(6660939-2519HXKT1)。

参考文献

[1] 于波. 格库铁路生态防护林区咸水滴灌风沙土盐分运移特征研究[J]. 节水灌溉, 2023(12): 81-86.

- [2] 王欢, 李瑞平, 张寅, 等. 内蒙古河套灌区土壤盐分多源多指数估算模型[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(10): 122-128.
- [3] 郭淑豪, 王军, 佟长福, 等. 交替灌溉对地下水浅埋区水盐分布和玉米生育指标的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(12): 36-43.
- [4] 穆哈西, 赛尔江·乌尔曼别克. 滴灌条件下积盐范围内混种耐盐草及盐分变化趋势的研究[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(5): 108-110.
- [5] 刘新, 郝媛媛, 花立民. 石羊河下游民勤盆地土壤盐分空间分异特征[J]. 干旱区研究, 2023, 40(10): 1615-1624.
- [6] 李志强, 陈昱东, 吕光辉, 等. 荒漠草本植物功能性状的土壤水盐响应特征及生态策略[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(8): 2038-2045.
- [7] 穆哈西, 董文明, 等. 排碱渠盐水、咸水进行磁化、电解及过滤装置[P]. 中国专利, CN2020211253870 2021-02-19.
- [8] 俞仁培, 杨道平. 土壤盐碱化及其防治[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 78-98.
- [9] 姜守刚. 磁化水灌溉对日光温室番茄生长和产量的影响[J]. 农业工程技术, 2022, 42(32): 35-36.
- [10] 蔡明蕾, 赵霖玉, 李秧秧, 等. 磁化水对盐胁迫下黄瓜生长和生理特性的影响[J]. 水土保持研究, 2022, 29(3): 358-366.
- [11] 盛统民, 张胜江, 肖兵. 磁化水灌溉对土壤水盐分布和春玉米产量的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(5): 289-295.
- [12] 李宗昱, 王全九, 张继红, 等. 磁化-去电子水对盐渍化土壤水盐运移特征影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(3): 290-295.
- [13] 马嘉莹, 王兴鹏, 王洪博, 等. 咸水灌溉对土壤盐分分布及设施番茄生理特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(1): 64-71, 99.
- [14] 董文明, 孟丽君, 韩思敏, 等. 错位滴头的 3 条毛管高频灌溉对棉田盐分的影响及节水效果[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(12): 140-148.
- [15] 穆哈西, 吾买尔·吐尔逊, 赛力汗. 改良盐碱地的多环追压非等灌自动化装置[P]. 中国专利, ZL2015201871813. 2015-03-31.
- [16] 穆哈西, 马良, 吾买尔·吐尔逊, 等. 矿化水灌水定额的自动化交换淋洗装置[P]. 中国专利, ZL2019207920614. 2020-03-30.
- [17] 彭遥. 磁化水对膜下滴灌土壤水盐分布及棉花生长影响研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2019.
- [18] 张瑞喜, 王卫兵, 褚贵新. 磁化水在盐渍化土壤中的入渗和淋洗效应[J]. 中国农业科学, 2014, 47(8): 1634-1641.
- [19] 周振鹏, 叶含春, 等. 降解膜覆盖下磁化水滴灌对加工番茄产量和水分利用效率的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2023, 41(12): 1268-1275.
- [20] 梁晓婕, 段淋渊, 安巍, 等. 宁夏枸杞根系生长发育特征研究[J]. 西北农业大学学报, 2020, 29(24): 622-629.
- [21] 杨广, 雷杰, 孔春贤, 等. 膜下滴灌水源矿化度对棉花生长的影响及 AquaCrop 模拟[J]. 农业工程学报, 2022, 38(21): 83-92.
- [22] 何锐, 佟长福, 王军. 水氮调控对向日葵生长、水肥利用效率和土壤水盐分布的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(12): 73-81.
- [23] 艾木都力·吾守尔, 邓丽娟, 董文明, 等. 错位滴头的 3 管滴水对枸杞根系盐分的影响及节水效果[J]. 节水灌溉, 2022(12): 42-47, 57.
- [24] 张妮, 左强, 石建初, 等. ANSWER 模型评估新疆咸水灌溉棉花产量与效益[J]. 农业工程学报, 2023, 39(2): 78-89.
- [25] 孔令健, 王振龙, 王兵. 淮北平原土壤水与地下水埋深及降水关系研究[J]. 人民长江, 2022, 53(5): 123-127.
- [26] 葛瑞晨, 乔长录, 陈磊. 冻融期膜下滴灌棉田土壤水盐运移规律研究[J]. 人民长江, 2019, 50(S2): 194-197, 237.