

# 微咸水灌溉对蔬菜产量及土壤盐分离子的影响

蒋丽媛<sup>1</sup>, 赵伟<sup>1\*</sup>, 杨圆圆<sup>1</sup>, 陈金丽<sup>1</sup>, 杨兆森<sup>1</sup>, 刘刚<sup>1</sup>, 陈志杰<sup>2</sup>  
(1.渭南市农业技术推广中心, 陕西 渭南 714000; 2.陕西省生物农业研究所, 西安 710043)

**摘要:** 【目的】探究灌溉水质、蔬菜产量及土壤盐离子间的相互关系。【方法】设置 E1 (3.6 dS/m 井水)、E2 (1.96 dS/m 井水)、E3 (0.31 dS/m 雨水) 共 3 个处理, 研究不同处理对蔬菜产量、土壤电导率 (EC)、土壤盐分离子的影响。【结果】E3 处理番茄和上海青产量最高, 比 E2、E1 处理番茄产量显著高 30.9%、138.8%, 比 E2、E1 处理上海青产量显著高 431.4%、2 100%。0~60 cm 土层内, 土壤 EC 值随灌溉水电导率的增加而增加, 其中 E3 处理 0~20 cm 土层土壤 EC 值为 833  $\mu$ S/cm, E2、E1 处理较 E3 处理分别增加 40.9% 和 211.2%。土壤 EC 值与盐离子  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  均极显著正相关 ( $P < 0.01$ ), 与  $\text{HCO}_3^-$  极显著负相关, 其中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  对土壤 EC 值的影响最大。【结论】在设施栽培下, 1.96~3.6 dS/m 灌溉水降低了番茄和上海青产量, 提高了土壤 EC 值和盐离子 ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ) 量, 3.6 dS/m 灌溉水严重降低了蔬菜产量。

**关键词:** 灌溉水质; 微咸水; 产量; 土壤电导率; 土壤盐离子

中图分类号: S606

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022189

蒋丽媛, 赵伟, 杨圆圆, 等. 微咸水灌溉对蔬菜产量及土壤盐分离子的影响[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(Supp.2): 17-21.

JIANG Liyuan, ZHAO Wei, YANG Yuanyuan, et al. Effects of Brackish Water Irrigation with Different Water Quality on Vegetable Yield and Soil Salt Ions[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(Supp.2): 17-21.

## 0 引言

【研究意义】水资源短缺已经成为农业生产的限制性因素, 特别是在干旱和半干旱地区<sup>[1-2]</sup>。微咸水的合理利用可以缓解水资源紧缺<sup>[3]</sup>。【研究进展】国外已有很长微咸水灌溉历史<sup>[4-6]</sup>, 在以色列矿化度为 1.2~5.6 g/L 的地下水得到广泛应用, 意大利利用 2~5 g/L 的微咸水灌溉已有 20 多年历史, 突尼斯常年用矿化度为 2~5 g/L 的咸水灌溉, 主要作物均包括燕麦、苜蓿、棉花及谷类作物等<sup>[1,7-8]</sup>。我国从 20 世纪 60、70 年代开始进行微咸水利用研究, 在山西、甘肃、宁夏等省区不同程度利用微咸水灌溉并获得高产, 主要作物包括大麦、小麦、玉米、棉花等<sup>[7]</sup>。

微咸水的利用虽缓解了农业用水的压力, 但也会增加土壤的次生盐渍化风险<sup>[9-10]</sup>、改变土壤物理化学性质<sup>[11]</sup>、引起蔬菜产量和品质下降<sup>[12-13]</sup>。杨军等<sup>[14]</sup>研究认为, 低矿化度水灌溉的土壤理化性状好于高矿化度水灌溉的土壤。灌溉过程中土壤水分入渗会逐

土壤空气, 灌溉水质中的离子与土壤胶体中的某些盐离子发生化学反应, 容易引起土壤环境的改变<sup>[15]</sup>。咸水灌溉可快速改变土壤中的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Cl}^-$  的浓度<sup>[16]</sup>, 土壤中的  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  是植物生长的必需营养元素, 其在交换量与植物吸收利用之间存在相关性<sup>[17]</sup>。【切入点】设施蔬菜处于封闭环境, 复种指数高, 灌溉水需求量大, 土壤环境更易受灌溉水影响。当前水质研究多采用配置微咸水, 且对设施土壤盐分离子的影响研究甚少。【拟解决的关键问题】为此, 本研究采用现有微咸水水源灌溉设施蔬菜, 旨在探究灌溉水质、蔬菜产量及土壤盐离子间的相互关系, 为科学使用灌溉水, 提高种植效率提供数据支撑和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况与材料

试验于 2018 年 3 月—2019 年 2 月在渭南市大荔县陕西省科学院现代农业科技示范基地 (34°56'N, 109°43'E) 进行, 该区属暖温带半湿润、半干旱季风气候, 年平均气温 14 °C 左右, 试验在单栋钢架塑料大棚内进行, 棚长 70 m、宽 8 m。2018 年 3 月将试验区原 0~40 cm 土壤全部人工移除, 填入未种植过蔬菜的露地表层土壤。

收稿日期: 2022-04-08

基金项目: 陕西省科技厅创新人才推进计划-青年科技新星项目 (2020KJXX-014); 渭南市首批“特支计划”人才培育工程项目

作者简介: 蒋丽媛 (1992-), 女, 陕西渭南人。农艺师, 主要从事蔬菜栽培研究。E-mail: 759246338@qq.com

通信作者: 赵伟 (1984-), 女, 河北晋州人。高级农艺师, 博士, 主要从事植物营养与调控及水肥一体化研究。E-mail: wei123278@163.com

## 1.2 试验设计

微咸水国内外有以下几种分类法：①含盐量为 1.0~3.0 g/L 的水资源；②含盐量为 0.5~1.5 g/L 的水资源；③含盐量为 2.0~5.0 g/L 的水资源<sup>[1]</sup>。本试验设 3 个灌溉水质处理 E1、E2、E3，分别采用基地内 80 m 井水、40 m 井水和雨水，各项特征参数如表 1 所示，采用完全随机区组排列，各处理均种植 5 个小区，每个小区为 1 次重复，小区面积为 6.48 m<sup>2</sup>。2018 年

表 1 灌溉水的电导率、含盐量、pH 及主要离子组成

Table 1 Conductivity, salt content, pH and main ion composition of irrigation water

处理	电导率/(dS m <sup>-1</sup> )	含盐量/(g L <sup>-1</sup> )	pH 值	主要离子量/(mg L <sup>-1</sup> )						
				Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
E1	3.6	4.85	8.02	1326.7	32.2	337.0	88.5	662.8	1639.5	31.3
E2	1.96	1.98	7.52	365.6	25.7	80.5	29.6	340.3	290.8	82.0
E3	0.31	0.05	7.47	12.5	20.0	0.9	21.3	4.0	80.9	19.3

## 1.3 测定方法

用电子秤记录各小区收获期的产量；用清水浸提风干样品，水土比为 5:1，震荡过滤上清液用电导率仪测定土壤电导率；土壤盐分离子 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 和 Mg<sup>2+</sup> 采用原子吸收分光光度法测定；Cl<sup>-</sup> 采用 AgNO<sub>3</sub> 滴定法测定；SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 采用硫酸钡比浊法测定；HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 采用双指示剂中和法测定<sup>[18]</sup>。

## 1.4 数据处理

试验数据基于 DPS 7.5 软件和 Microsoft excel 2010 进行计算和作图分析。差异显著性采用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 灌溉水质对蔬菜产量的影响

图 1 中不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.01$ )，下同。由图 1 可知，番茄、上海青产量随灌溉水电导率的增加而显著降低。E3 处理番茄 (44.9 t/hm<sup>2</sup>) 产量最高，分别显著高于 E2、E1 处理 30.9%、138.8%。E3 处理上海青产量最高为 11.0 t/hm<sup>2</sup>，分别显著高于 E2、E1 处理 431.4%、2100%。E2 处理番茄和上海青产量显著高于 E1 处理，分别高 296%、960%。可见上海青对灌溉水电导率的需求更严格。

### 2.2 灌溉水质对土壤电导率的影响

由图 2 可知，EC 值随灌溉水电导率的增加而增加，2018 年番茄收获后和 2019 年青菜收获后趋势一致，表现为 E1 处理 > E2 处理 > E3 处理。0~20 cm 土层，E3 处理土壤 EC 值为 833 μS/cm，E2、E1 处理较 E3 处理分别增加 40.9% 和 211.2%，E1 处理达显著水平；20~40 cm 土层，2018 年番茄收获后 E1、E2、E3 处理间土壤 EC 值差异均显著，2019 年上海青收获后 E3 处理土壤 EC 值为 444 μS/cm，E1 处理较 E3 处理

5—9 月种植番茄，2018 年 10 月—2019 年 1 月种植上海青，灌水方式采用膜下沟灌，各处理灌水量相同，田间管理同常规管理。2018 年 9 月 19 日番茄采收后各处理按 0~20、20~40 cm 分层采集土壤，2019 年 1 月 18 日上海青采收后各处理按 0~20、20~40、40~60 cm 分层采集土壤，挑出土样中的石块、根系等杂质，在阴凉处自然风干，根据测定要求磨细过筛待测。

显著增加 149.7%。各处理土壤 EC 值在 0~20 cm 土层最高。2019 年上海青收获后，E1 处理 40~60 cm 土层土壤 EC 值显著高于 E2、E3 处理，分别高出 52%、82%。

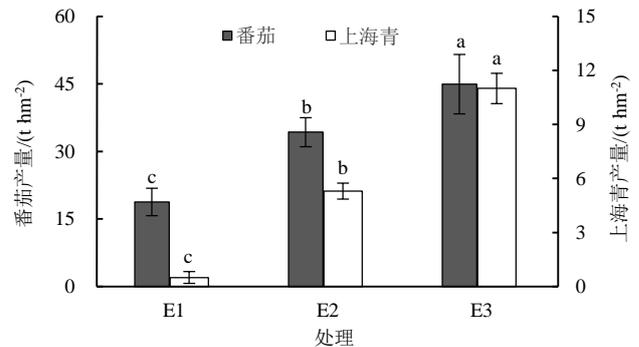


图 1 灌溉水质对蔬菜产量的影响

Fig.1 Effect of irrigation water quality on vegetable yield

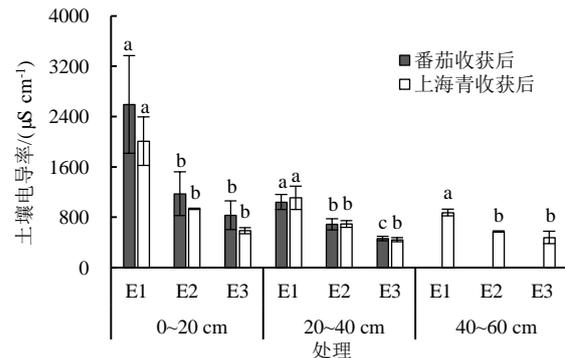


图 2 灌溉水质对不同时期土壤电导率的影响

Fig.2 Effect of irrigation water quality on soil conductivity in different periods

### 2.3 灌溉水质对土壤阳离子的影响

由图 3 (a) 可知，2018 年番茄收获后，E3 处理 0~20 cm 土层土壤 Na<sup>+</sup> 和 K<sup>+</sup> 量分别为 403.8、16.0 mg/kg，E1 处理较 E3 处理分别显著增加 211.2%、116% (图 3 (b))；2018 年番茄收获后和 2019 年上海青收获后，0~40 cm 土层，土壤 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 均表现为

E1 处理显著高于 E2、E3 处理 43%~205% (图 3(c)、图 3(d))。

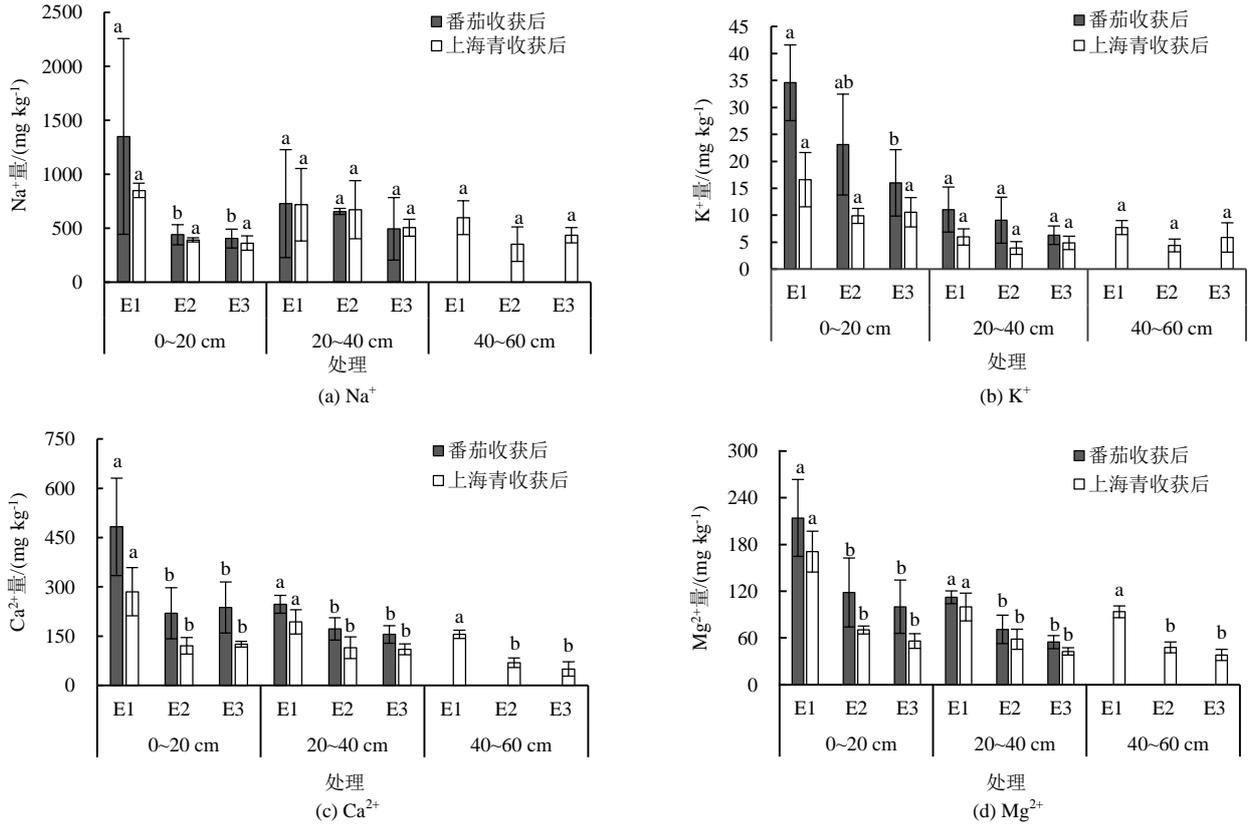


图 3 灌溉水质对不同时期土壤阳离子的影响

Fig.3 Effect of irrigation water quality on soil cations in different periods

2019 年上海青收获后, 0~60 cm 土层土壤 Na<sup>+</sup>量随土层深度增加表现为先增加后降低; K<sup>+</sup>量随土层深度增加表现为先降低后微增 (图 3(a)、图 3(b)); Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>量随土层深度增加而降低, E1 处理 40~60 cm 土层显著高于 E2、E3 处理 97%~229% (图 3(c)、图 3(d))。

2.4 灌溉水质对土层中阴离子的影响

由图 4(a)、图 4(b)可知, 2018 年番茄收获后和 2019 年上海青收获后, 0~40 cm 土层, 土壤 Cl<sup>-</sup>

和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>均表现为 E1 处理显著高于 E2、E3 处理 55%~238%; 2019 年上海青收获后, E2、E3 处理 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>量均显著高于 E1 处理 43%、47% (图 4(c))。

2019 年上海青收获后, 0~60 cm 土层土壤 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>量随土层深度增加而降低, 40~60 cm 土层, E1 处理显著高于 E2、E3 处理 66%~133% (图 4(a)、图 4(b)); E2、E3 处理 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>随土层深度增加表现为先降后增, 40~60 cm 土层, E2、E3 处理显著高于 E1 处理 22%、40% (图 4(c))。

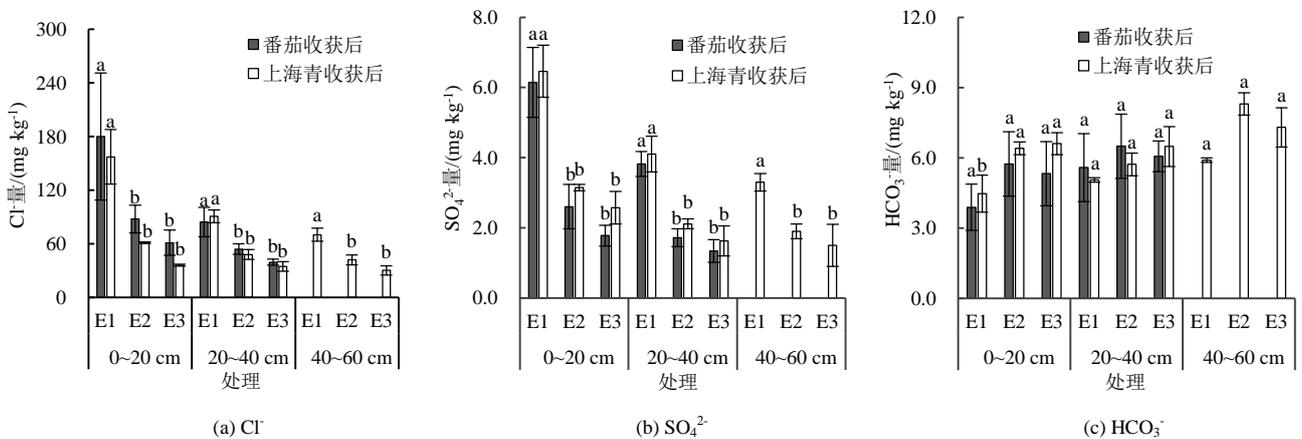


图 4 灌溉水质对不同时期土壤阴离子的影响

Fig.4 Effect of irrigation water quality on soil anions in different periods

2.5 相关性分析

由表 2 可知, 番茄和青菜的产量均与土壤 EC 值

极显著负相关 (P<0.01), 相关系数分别为-0.981 和 -0.860。土壤 EC 值与盐分离子 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、

Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>均极显著正相关，与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>极显著负相关，其中Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的相关系数均超过0.75，所以该4种离子对EC值的影响最大。K<sup>+</sup>与Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>离子间均极显著正相关；HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>与K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>离子极显著负相关；Na<sup>+</sup>与Ca<sup>2+</sup>极显著相关，与Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>显著相关。

表2 土壤盐分离子间相关性系数矩阵

Table 2 Correlation coefficient matrix between soil salt ions

指标	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	番茄产量	青菜产量
EC	0.382**	0.740**	0.906**	0.954**	0.950**	0.891**	-0.639**	-0.981**	-0.860**
Na <sup>+</sup>	1.0	0.122	0.380**	0.021*	0.296*	0.225	-0.252	-	-
K <sup>+</sup>		1.0	0.771**	0.791**	0.670**	0.562**	-0.415**	-	-
Ca <sup>2+</sup>			1.0	0.944**	0.875**	0.731**	-0.772**	-	-
Mg <sup>2+</sup>				1.0	0.898**	0.835**	-0.719**	-	-
Cl <sup>-</sup>					1.0	0.884**	-0.648**	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>						1.0	-0.561**	-	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>							1.0	-	-

### 3 讨论

#### 3.1 灌溉水、产量和土壤电导率之间的相互关系

土壤电导率是灌溉水盐分对土壤的影响主要表现之一<sup>[19]</sup>。本研究表明，土壤电导率随灌溉水电导率的增加而增加，0~60 cm 土层，E1 (3.6 dS/m) 处理土壤电导率均显著高于E2 (1.96 dS/m)、E3 (0.31 dS/m 雨水) 处理，各处理土壤电导率在0~20 cm 土层最高，可见灌溉水电导率的增加会造成土壤盐分积累，盐分在土壤表层聚集，且已影响到40~60 cm 土层。王泽林等<sup>[20]</sup>研究发现，灌溉水盐分越高，土壤电导率越高，土壤含盐量与灌溉水矿化度正相关<sup>[21]</sup>，且存在表聚现象<sup>[22]</sup>。

番茄、上海青产量随灌溉水电导率的增加而降低，且与土壤电导率极显著负相关。李丹等<sup>[23]</sup>研究发现，灌溉水电导率在0.7~7.8 dS/m 之间时，番茄的产量随电导率的增加而降低。肖振华等<sup>[21]</sup>研究发现，小麦和大豆产量与灌溉水矿化度负相关，与本研究结果一致。土壤盐分浓度过高引起某种盐分毒害、营养不平衡、土壤渗透性能降低，植株受胁迫造成作物产量下降<sup>[20]</sup>。可通过雨水和高电导率灌溉水交替灌溉<sup>[24]</sup>，来降低土壤电导率，缓解土壤盐渍化对蔬菜生长的不利影响。

#### 3.2 土壤电导率和盐分离子之间的相互关系

本研究发现，土壤EC值与盐分离子Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>均极显著正相关，与HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>极显著负相关，其中Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>对EC值的影响最大。黄雅茹等<sup>[22]</sup>研究认为K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>全盐量相互之间极显著正相关，盐分离子具有明显的表聚现象，本研究中K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>量均在0~20 cm 最高，明显表聚。Na<sup>+</sup>因其水化半径较小，与土壤胶体的吸附能力较弱，易随水移动下渗到更深土层<sup>[25]</sup>，故未发生表聚。土壤中Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>变化规律一致，由于Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>都

是二价离子，其离子代换力、凝聚力、化学性质等十分相近<sup>[26]</sup>。土壤中Cl<sup>-</sup>量过高会抑制植物生长发育，引起植物代谢紊乱甚至发生中毒，SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>也具有明显的毒性，过高可阻碍植物对Ca<sup>2+</sup>的吸收<sup>[27]</sup>，本研究E1处理Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>显著高于E2、E3处理，可能导致蔬菜产量骤降原因之一。

### 4 结论

在设施栽培下，1.96~3.6 dS/m 灌溉水降低了番茄和上海青产量，提高了土壤EC值和盐分离子(Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)量，3.6 dS/m 灌溉水严重降低了蔬菜产量，因此，在蔬菜种植时应关注灌溉水质量。

#### 参考文献:

- [1] 王毅萍, 周金龙, 郭晓静. 我国咸水灌溉对作物生长及产量影响研究进展与展望[J]. 中国农村水利水电, 2009(9): 4-7.
- [2] 刘友兆, 付光辉. 中国微咸水资源化若干问题研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(2): 57-60.
- [3] CHAUHAN C P S, SINGHA R B, GUPTA S K. Supplemental irrigation of wheat with saline water[J]. Agricultural Water Management, 2008, 95(3): 253-258.
- [4] 李维江, 李景岭. 以色列盐水灌溉及研究状况[J]. 作物杂志, 1998(3): 16-18.
- [5] BELTRÁN J M. Irrigation with saline water: Benefits and environmental impact[J]. Agricultural Water Management, 1999, 40(2/3): 183-194.
- [6] PATEL R M, PRASHER S O, DONNELLY D, et al. Subirrigation with brackish water for vegetable production in arid regions[J]. Bioresource Technology, 1999, 70(1): 33-37.
- [7] 苏莹. 微咸水地面灌溉试验研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [8] HOORN J V, AGL. Quality of irrigation water, limits of use and prediction of long-term effects[J]. Irrigation and Drainage, 1971, 7: 117-135.

- [9] 郭全恩, 王益权, 南丽丽, 等. 灌水定额对旱区苹果园土壤盐再分布的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 1 863-1 870.
- [10] 刘小刚, 朱益飞, 余小弟, 等. 不同水头和土壤容重下微润灌溉湿润体内水分分布特性[J]. 农业机械学报, 2017, 48(7): 189-197.
- [11] RIETZ D N, HAYNES R J. Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(6): 845-854.
- [12] 毛振强, 宇振荣, 马永良. 微咸水灌溉对土壤盐分及冬小麦和夏玉米产量的影响[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(S1): 20-25.
- [13] CAO Y E, TIAN Y Q, GAO L H, et al. Attenuating the negative effects of irrigation with saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) by application of straw biological-reactor[J]. Agricultural Water Management, 2016, 163: 169-179.
- [14] 杨军, 邵玉翠, 高伟, 等. 微咸水灌溉对土壤盐分和作物产量的影响研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(2): 17-20, 25.
- [15] 郭全恩, 南丽丽, 李保国, 等. 灌溉水盐分组成对土壤水盐迁移参数的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 123-128.
- [16] ROMIC D, ONDRASEK G, ROMIC M, et al. Salinity and irrigation method affect crop yield and soil quality in watermelon (*Citrullus lanatus* L.) growing[J]. Irrigation and Drainage, 2008, 57(4): 463-469.
- [17] JIANG Y, ZHANG Y G, ZHOU D, et al. Profile distribution of micronutrients in an aquic brown soil as affected by land use[J]. Plant, Soil and Environment, 2009, 55(11): 468-476.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 吴忠东. 微咸水畦灌对土壤水盐分布特征和冬小麦产量影响研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
- [20] 王泽林, 杨广, 王春霞, 等. 咸水灌溉对土壤理化性质和棉花产量的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2019, 37(6): 700-707.
- [21] 肖振华, 万洪富, 郑莲芬. 灌溉水质对土壤化学特征和作物生长的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(3): 272-285.
- [22] 黄雅茹, 马迎宾, 郝玉光, 等. 绿洲春季不同来源灌溉水土壤盐分离子分布特征[J]. 西南农业学报, 2018, 31(9): 1 856-1 863.
- [23] 李丹, 万书勤, 康跃虎, 等. 滨海盐碱地微咸水滴灌盐调控对番茄生长及品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(7): 39-50.
- [24] 杨树青, 史海滨, 杨金忠. 微咸水灌溉对土壤环境效应的预测研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(5): 961-966.
- [25] 王若水, 康跃虎, 万书勤, 等. 内陆干旱区不同灌溉制度对盐碱地滴灌土壤盐分离子分布的影响[J]. 土壤通报, 2013, 44(3): 567-574.
- [26] 李向春, 李文昊, 韩冬梅, 等. 绿洲区长期膜下滴灌棉田土壤盐分离子分布[J]. 节水灌溉, 2016(7): 65-69.
- [27] 刘正祥. 沙枣对氯化钠和硫酸钠胁迫差异性响应的生理机制[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013.

## Effects of Brackish Water Irrigation with Different Water Quality on Vegetable Yield and Soil Salt Ions

JIANG Liyuan<sup>1</sup>, ZHAO Wei<sup>1\*</sup>, YANG Yuanyuan<sup>1</sup>, CHEN Jinli<sup>1</sup>, YANG Zhaosen<sup>1</sup>, LIU Gang<sup>1</sup>, CHEN Zhijie<sup>2</sup>

(1. Weinan City Agricultural Technology Promotion Center, Weinan 714000, China;

2. Bio-Agriculture Institute of Shaanxi, Xi'an 710043, China)

**Abstract:** 【Background】 The shortage of water resources has become a restrictive factor in agricultural production, especially in arid and semi-arid areas. The rational utilization of brackish water can alleviate the shortage of water resources. 【Objective】 In order to explore the relationship among irrigation water quality, vegetable yield and soil salt ions, 【Method】 Tomato and chinese cabbage were irrigated with E1 (3.6 dS/m well water), E2 (1.96 dS/m well water) and E3 (0.31 dS/m rain water) in 2018 and 2019, the effects of different treatments on vegetable yield, soil electrical conductivity and soil salt ions were studied. 【Result】 The results showed that the yield of tomato and chinese cabbage in E3 treatment was the highest, which was 30.9% and 138.8% higher than that of E2 and E1 treatment, and 431.4% and 2 100% higher than that of E2 and E1 treatment, respectively. In the 0~60 cm soil layer, the soil conductivity increased with the increase of irrigation water conductivity. Among them, the soil conductivity of 0~20 cm in E3 treatment was 833  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The E2 and E1 treatment increased by 40.9% and 211.2% respectively compared with E3 treatment, and the E1 treatment reached a significant level. The *EC* Value of soil conductivity showed a very significant positive correlation with soil salt ions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $P < 0.01$ ), and a very significant negative correlation with  $\text{HCO}_3^-$ , among which  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  had the greatest impact on the *EC* Value of soil. 【Conclusion】 Under protected cultivation, the irrigation water with conductivity of 1.96~3.6 dS/m reduces the yield of tomato and chinese cabbage compared with rainwater, and improves the content of soil conductivity and salt ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ ). The irrigation water with conductivity of 3.6 dS/m seriously reduces the yield of vegetables. Therefore, we should pay attention to the quality of irrigation water when planting vegetables.

**Key words:** irrigation water quality; brackish water; yield; soil conductivity; soil salt ions

责任编辑: 白芳芳