

# 微咸水造墒对油葵生长及土壤盐分分布的影响

毕远杰<sup>1</sup>, 王全九<sup>1,2\*</sup>, 雪 静<sup>1</sup>

(1. 西安理工大学水利水电学院, 西安 710048; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100)

**摘 要:** 为了研究微咸水造墒对油葵生长及土壤盐分分布状况的影响, 采用盆栽试验与田间小区试验相结合的方式, 将底墒水矿化度划分为 5 个级别, 分别为淡水 ( $<2\text{ g/L}$ )、3、4、5、6  $\text{g/L}$ 。结果表明: 不同矿化度的微咸水造墒对油葵的出苗率及出苗时间有着不同程度的抑制作用; 当底墒水矿化度相同时, 与盆栽相比较, 小区各处理的出苗率较低, 出苗时间较长; 利用 3  $\text{g/L}$  的微咸水造墒对油葵的生长非但不会造成抑制, 反而还有一定的促进作用, 使其株高、叶面积指数、根冠比等参数均大于淡水处理; 3  $\text{g/L}$  处理盘粒数、百粒重均超过淡水处理, 空壳率降低 19.7%, 增产 8.1%, 4、5、6  $\text{g/L}$  处理与淡水处理相比分别减产 7.0%、14.8%、23.9%; 生育期结束时, 淡水及各微咸水处理 0~20 cm 土层土壤平均含盐量均达到底墒水前的初始值附近, 无显著的脱盐与积盐现象; 20~40 cm 及 40~120 cm 土层土壤均处于不同程度的积盐状态, 随着底墒水矿化度的增大, 积盐程度逐渐增大, 且土层越深积盐量越大。

**关键词:** 灌溉, 微咸水, 土壤盐分, 油葵

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.007

中图分类号: S274.1, S565.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0039-06

毕远杰, 王全九, 雪 静. 微咸水造墒对油葵生长及土壤盐分分布的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 39—44.

Bi Yuanjie, Wang Quanjiu, Xue Jing. Effect of saline water for increasing soil water before sowing on helianthus growth and saline distributional characteristics of soil[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 39—44. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

淡水资源匮乏是世界性的问题, 对农业生产和生态环境均构成了严重的威胁, 然而中国微咸水资源分布广泛, 合理开发利用微咸水资源已成为微咸水分布地区解决水资源短缺的一条有效途径。国内外大量研究和实践证明<sup>[1-7]</sup>, 只要采取适当措施, 以可持续利用为指导准则, 利用咸水和微咸水灌溉作物, 达到抗旱增产的目的, 是完全可能的。因此, 合理开发利用咸水和微咸水资源, 研究咸水和微咸水灌溉的作物和土壤效应, 不仅对解决中国淡水资源危机和实现农业可持续发展具有非常重要的意义, 而且有利于地下水资源更新、淡水储存和环境生态建设与保护。天津市是资源型严重缺水城市, 人均水资源占有量仅为 160  $\text{m}^3$ , 为全国人均占有量的 1/4。近年来, 由于连年干旱少雨, 淡水资源不足已成为该市农业发展的一个主要限制因子。天津市地下咸水分布面积近 9000  $\text{km}^2$ , 其中浅层地下咸水分布近 7000  $\text{km}^2$ , 矿化度低于 5  $\text{g/L}$  的微咸水资源可开采量近 3 亿  $\text{m}^3$ <sup>[8-11]</sup>。因此, 该地区开发利用咸水和微咸水资源的前景十分广阔。

同一种作物在不同生育期的耐盐性有所差异, 一般苗期为作物低耐盐能力阶段, 成熟期为作物高耐盐阶段, 如冬小麦在播种—返青期耐盐能力最低, 拔节后, 特别是灌浆成熟期为较耐盐阶段; 棉花苗期为低耐盐阶段, 现蕾期为高耐盐阶段; 玉米苗期为低耐盐阶段, 灌浆期为较耐盐阶段<sup>[12]</sup>。与淡水灌溉不同, 咸水和微咸水灌溉一方面提供了作物生长所需要的水分, 另一方面增加了土壤中的盐分, 容易引起土壤的次生盐碱化, 使耕层的土壤含盐量或土壤溶液浓度超过作物的耐盐度, 从而影响作物生长和产量。因此, 不同作物以及同种作物在其不同生育阶段对微咸水的水质水量的要求不同。油葵是一种耐旱、耐盐碱、耐瘠薄、且有较高的经济价值的油料作物, 作为中国的四大油料作物之一, 有着广泛的种植面积。关于油葵的耐盐性研究, 前人做了大量的工作, 但大多数研究主要集中于不同盐渍化程度土壤对油葵生长发育及产量特征的影响<sup>[13-15]</sup>, 然而关于微咸水灌溉对油葵生长发育过程及产量的影响, 目前国内外尚缺乏相关研究。因而确定油葵不同生育期所适宜的微咸水水质及水量标准, 研究制定合理的油葵微咸水灌溉制度对于微咸水广泛分布地区具有重要的意义。本文主要研究采用微咸水造墒后, 油葵出苗状况、出苗后的植株生长发育状况以及土壤盐分分布状况, 确定一个利用微咸水造墒时既能保证油葵产量又能保证土壤安全性的微咸水矿化度的上限值, 旨在为农业生产提供指导依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

收稿日期: 2008-09-29 修订日期: 2009-04-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-YW-N-003);

国家自然科学基金项目 (50879067)

作者简介: 毕远杰 (1979—), 女, 内蒙古赤峰人, 博士生, 主要从事微咸水灌溉与土壤盐运移理论方面研究。西安 西安理工大学水电学院, 710048。Email: byuanjie@163.com

\*通信作者: 王全九 (1964—), 男, 内蒙古丰镇人, 教授, 博士生导师, 中国农业工程学会会员 (E041200065S), 主要从事土壤物理与溶质运移方面研究。西安 西安理工大学水电学院, 710048。Email: wquanjiu@163.com

本试验在中科院静海农业节水示范基地进行。该试验基地位于天津市静海县,距静海县城 15 km。该地区属于温带半湿润大陆季风型气候,全年平均气温为 11.9℃,多年平均降水量约为 500~690 mm,降水量年内分配不

均和年际变化大,2007 年 7 月至 10 月油葵生长期降雨量 190 mm。该地区干旱缺水,淡水资源严重不足,但浅层地下咸水与微咸水资源分布广泛,储量较大,易于开采。试验地土壤层次划分及其基本物理参数见表 1。

表 1 土壤基本物理参数  
Table 1 Physical properties of the soil

土层划分 /cm	容重 /g·cm <sup>-3</sup>	土壤质量 含盐量/%	饱和含水率 /%	田间持水率 /%	土壤各级颗粒百分含量/%							
					<i>d</i> ≤0.001	0.001< <i>d</i> ≤0.002	0.002< <i>d</i> ≤0.01	0.01< <i>d</i> ≤0.05	0.05< <i>d</i> ≤0.1	0.1< <i>d</i> ≤0.25	0.25< <i>d</i> ≤0.5	0.5< <i>d</i> ≤1
0~50	1.39	0.08	36.95	28.43	9.02	19.45	21.11	39.89	5.41	1.73	1.14	2.25
50~90	1.45	0.07	37.03	29.49	4.77	11.30	24.97	52.62	3.52	1.26	0.21	1.33
90~120	1.50	0.09	39.51	31.54	13.06	29.38	24.00	25.31	2.91	2.64	0.81	1.90

注:表中 *d* 为土壤颗粒直径,mm。

1.2 试验内容与方法

为了研究不同矿化度的微咸水造墒对油葵生长及土壤积盐情况的影响,本次试验将底墒水矿化度划分为 5 个水平,即淡水 (<2 g/L)、3、4、5、6 g/L。试验采用盆栽试验与小区试验相结合的方式研究微咸水造墒对油葵出苗情况的影响。微咸水造墒对油葵生长以及土壤积盐状况的影响采用小区试验方式。供试油葵品种为 G101。

1.2.1 盆栽试验

盆栽试验在室内进行,采用直径为 20 cm,深 18 cm 的陶瓷花盆,共 15 个,每盆播种 20 粒,播种深度为 3~4 cm,每个处理 3 次重复。盆栽土壤取自静海基地表层 0~20 cm 土壤均匀混合经风干、碾压、过筛 (2 mm) 后以容重 1.30 g/cm<sup>3</sup> 分层装入花盆;底墒水灌水时间为 2007 年 8 月 20 日,灌水量为 1.4 L (450 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),播种时间为 2007 年 8 月 21 日。记录开始出苗的日期以及随后每天的出苗数,观察幼苗的长势。

1.2.2 小区试验及其测定项目

本次试验共布设试验小区 15 个,小区面积均为 6.6 m<sup>2</sup> (3.3 m×2.0 m),小区之间用 0.6 m 宽的厚塑料布隔开以防止侧渗。试验采用随机区组设计,每个处理设 3 次重复。株距 30 cm,行距 50 cm,播种量严格控制到每穴 3 粒种子,播种深度 3~4 cm。播种日期为 2007 年 7 月 24 日,收割日期为 2007 年 10 月 15 日,全生育期共

为 84 d。播前将试验小区进行 20~30 cm 翻耕,并施磷酸二铵,施肥量 300 kg/hm<sup>2</sup>;现蕾水前追施尿素,施肥量 300 kg/hm<sup>2</sup>。底墒水灌水时间为 2007 年 7 月 21 日,灌水定额 450 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;现蕾水灌水时间为 2007 年 8 月 22 日,全部处理均采用淡水灌溉,灌水定额 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;由于 2007 年 9 月份该地区雨水较充沛,花期及成熟灌浆期均未进行灌溉。

每次灌水前后以及收割后采用土钻法分层取土,每 20 cm 为一层,取土总深度为 120 cm。采用烘干法测定土壤含水率;采用电导率法测定土壤全盐量;记录开始出苗的日期以及随后每天的出苗数;定苗后每隔 5 d 随机取样测定其株高、叶面积指数;每隔 10 d 取样测定地上及地下部分生物量;油葵成熟时各小区单独收割,脱粒、晒干后计产;并随机取样测定其盘粒数、百粒重、空壳率等。

1.3 试验水质

不同矿化度的灌溉水由深层地下水和浅层地下水调配而成,每次灌水前使用电导仪标定地下水矿化度。由于地下水水质随季节的变化具有一定的波动性,各次灌水时灌溉水中各离子含量不完全相同,但微咸水矿化度均控制为试验设计值左右。盆栽及小区底墒水灌水前地下水水质指标列于表 2 中。

表 2 地下水水质指标  
Table 2 Quality index of groundwater

灌溉用水 水质指标	盆栽用水						小区用水					
	矿化度 /g·L <sup>-1</sup>	电导率 /mS·cm	Na <sup>+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	矿化度 /g·L <sup>-1</sup>	电导率 /mS·cm	Na <sup>+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> /mg·L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> /mg·L <sup>-1</sup>
浅层地下水	8.09	10.24	1769	414	271	1171	8.17	10.34	1780	423	267	1101
深层地下水	1.45	1.84	457	15	12	390	1.51	1.90	466	12	9	249

2 结果与分析

2.1 不同矿化度的底墒水对油葵出苗率及出苗时间的影响

出苗率及出苗时间按下列公式计算

出苗率 =  $\frac{\text{出苗数}}{\text{种子数}} \times 100\%$  (1)

出苗天数 =  $\frac{\sum_{i=1}^n G_i T_i}{\sum G_i}$  (2)

式中  $G_i$ ——播种日至出苗终止日间的逐日出苗数； $T_i$ ——与  $G_i$  所对应的天数； $n$ ——出苗终止天数。

表 3 给出了不同矿化度微咸水造墒后油葵的出苗率及出苗时间。从表中可以看出，对于盆栽各处理，底墒水矿化度小于等于 5 g/L 时油葵出苗率均能达到 100%，底墒水矿化度为 6 g/L 的处理油葵未能出全苗，但出苗率与其他处理相比较，只降低 2.5%；出苗时间随底墒水矿化度的增大呈现递增的趋势，且随矿化度的增大出苗时间的增幅也逐渐加大。对于小区试验的各个处理，淡水处理的出苗率最大，为 99.2%，随底墒水矿化度的增大出苗率逐渐减小，出苗时间逐渐增大；以淡水的出苗率作为对比，定义各处理的相对出苗率为其相应的出苗率占淡水处理出苗率的百分比，则底墒水矿化度为 3、4、5、6 g/L 的处理相对出苗率分别为 99.8%、97.5%、94.0%和 82.2%，可以看出，矿化度为 3 g/L 的底墒水对油葵的出苗率影响较小，底墒水矿化度越大，其对出苗率的影响越显著。

表 3 不同处理油葵出苗率及出苗时间  
Table 3 Rate of seeding emergence and seeding emergence time of helianthus

底墒水矿化度/g · L <sup>-1</sup>	出苗率/%	出苗时间/d
淡水	100.0	5.33
3	100.0	5.35
4	100.0	5.61
5	100.0	6.24
6	97.5	7.55
淡水	99.2	5.70
3	99.0	5.85
4	96.7	6.31
5	93.2	6.99
6	81.5	8.54

另外，在试验过程中发现，盆栽 6 g/L 处理及小区的各处理，种子基本全部萌发，但是有些没能长出地面或者刚刚露头就枯萎而死；盆栽的各处理中，随矿化度的升高，油葵幼苗长势由强变弱，播种后 20 d，6 g/L 的处理开始有个别死苗的现象。

上述现象及分析表明，利用不同矿化度的微咸水造墒对油葵的出苗有着不同程度的抑制作用，其主要是由于盐分的渗透胁迫和离子的毒害作用，但是前者的作用更大一些。当底墒水矿化度相同时，与盆栽相比较，小区各处理的出苗率较低，出苗时间较长，这主要是由于盆栽试验是在室内进行的，蒸发强度相对较小，土壤盐分的表聚程度相对较弱，表层土壤含盐量较低，对种子萌发的胁迫相对较小的原因。因此，当采用微咸水作为油葵的底墒水时，适当的加大播种量并采取地面覆盖措施以减小土面蒸发有利于提高油葵的出苗率并缩短出苗时间。

2.2 不同矿化度的底墒水对油葵生长状况的影响

株高是反映植株生长的一个有效指标，在试验中定期对株高进行观测，每个处理测定 5 株，取其平均值绘制株高随时间变化的过程线如图 1 a。图示表明：各处理株高随时间变化的慢—快—慢的趋势相同；从播种直至现蕾水之前，同一时期，随着底墒水矿化度的增大，株高呈现降低的趋势；灌溉现蕾水后，各处理均进入生长较快的时期，3 g/L 处理株高逐渐超过淡水处理，其余微咸水处理的株高也有追赶淡水处理株高的趋势；播种后 57 d 时，各处理的株高均已达到最大值，分别为淡水 136.2 cm、3 g/L 141.1 cm、4 g/L 128.2 cm、5 g/L 119.5 cm、6 g/L 111.2 cm，与淡水处理相比较，3 g/L 处理株高略有增大，4、5、6 g/L 处理株高分别降低 5.9%、12.3%、18.4%。

叶片是叶冠的组成部分，是决定作物干物质累积和最终产量的因素之一，作物群体叶面积的大小通常用叶面积指数表示。图 1b 给出了各处理叶面积指数随时间的动态变化情况，从图中可以看出，在油葵营养生长阶段，其所呈现的规律与株高相似；花期开始后油葵由营养生长转向生殖生长，叶片生长速率转为负值，即叶片开始凋落。在这个时期，3 g/L 处理叶面积指数始终大于淡水处理，直至整个生育期结束；淡水和 3 g/L 处理叶片凋零速度较快，导致灌浆期直至生育期结束，4、5 及 6 g/L 处理叶面积指数均高于淡水处理，说明在生育后期仍有较大的光合面积，这样有利于干物质的累积，扩大产量物质来源，提高产量，减小空壳率。

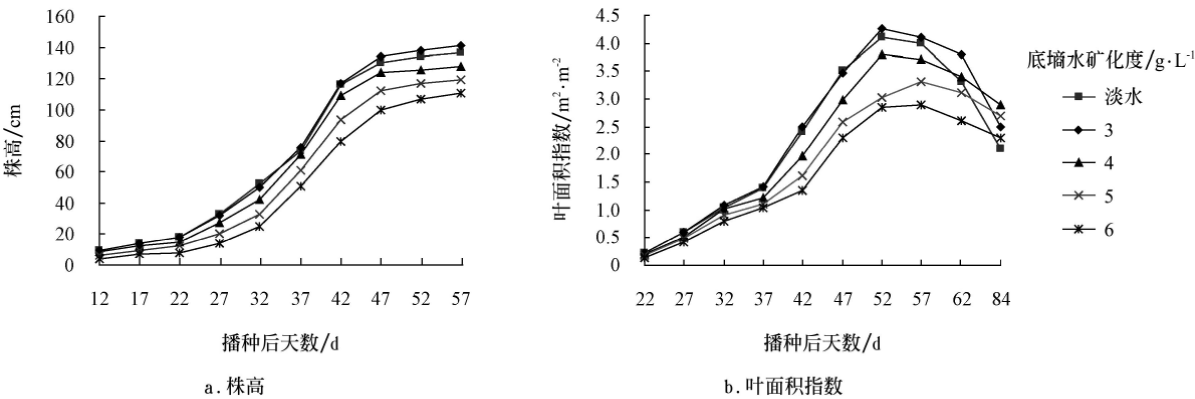


图 1 底墒水矿化度对油葵株高及叶面积指数变化的影响

Fig.1 Effects of salinity of irrigation water for increasing soil water before sowing on plant height and leaf area index change of helianthus

根冠生长动态是由作物本身的遗传特性决定的，土壤水盐状况不能改变其生长轨迹和整体形态，但却可以改变干物质在根、冠之间的分配。表 4 给出了各处理在不同时期的冠部干质量、根干质量以及根冠比，从表中可以看出：随时间的延续各处理的根、冠干质量都逐渐增大，而根冠比呈现逐渐减小的趋势；8 月 26 日及以前，

冠部干质量随着矿化度的增大而减小，9 月 5 日及以后，3 g/L 处理的冠部干质量超过淡水处理，其余处理均低于淡水且随矿化度的增大而减小；3 g/L 处理的根干质量始终大于淡水处理，其余处理均低于淡水且随矿化度的增大而减小；同一时间内，随底墒水矿化度的增大，根冠比呈现逐渐增大的趋势。

表 4 底墒水矿化度对油葵生物量的影响  
Table 4 Effect of salinity of irrigation water for increasing soil water before sowing on biomass of helianthus

底墒水 矿化度 /g · L <sup>-1</sup>	8 月 16 日			8 月 26 日			9 月 5 日			9 月 15 日		
	冠部干质量 /g	根干质量 /g	根冠比 /g · g <sup>-1</sup>	冠部干质量 /g	根干质量 /g	根冠比 /g · g <sup>-1</sup>	冠部干质量 /g	根干质量 /g	根冠比 /g · g <sup>-1</sup>	冠部干质量 /g	根干质量 /g	根冠比 /g · g <sup>-1</sup>
淡水	5.62	0.92	0.164	50.40	3.89	0.077	177.89	13.46	0.076	238.27	17.84	0.075
3	5.54	0.96	0.172	47.21	4.03	0.085	180.96	14.19	0.078	255.09	19.60	0.077
4	4.60	0.90	0.196	42.67	3.90	0.091	161.84	12.79	0.079	217.76	17.22	0.079
5	3.90	0.84	0.215	34.30	3.37	0.098	135.60	11.15	0.082	197.46	15.71	0.080
6	3.08	0.78	0.254	26.62	2.78	0.105	113.53	9.49	0.084	173.40	14.23	0.082

与淡水处理相比较，微咸水处理带入土壤一定量的盐分，使土壤溶液浓度增大，产生盐分胁迫，从而使植株根系吸水受阻，作物借助本身的自调节功能，向根部提供更多的光合产物，促进根系生长，弥补其受阻的吸水功能，同时根系吸水与冠部蒸腾之间的平衡被打破，使根冠比增大；由于现蓄水全部处理均采用淡水进行灌溉，因此现蓄水后，盐分胁迫解除或者被降低，此时植株会进行自身调节，在最大范围内补偿苗期所受到的抑制。油葵苗期是根系培育的阶段，根系的生长发育状况对今后植株的生长发育乃至产量影响都相对较大，其吸收功能对于作物的生长具有重要的意义。3 g/L 处理由于苗期的轻微盐分胁迫对油葵冠部影响较小，却促使其根系发育较好，由于根系是作物的主要吸水器官，绝大部分的水分和矿物质营养需要根系提供，因此与淡水处理相比较，现蓄水后其根系吸收能力较强，利用 3 g/L 的微咸水造墒对油葵的生长非但不会造成抑制，反而还有一定的促进作用，使其株高、叶面积指数、根冠比等参数均大于淡水处理。当底墒水矿化度大于 3 g/L 时，矿化度越大，对油葵的抑制作用越显著，这主要是由于植株自适应调节具有其作用限度，胁迫程度小、胁迫时间短，则植株受到的抑制越小，因此自适应调节效果越明显，反之则效果越差。随着底墒水矿化度的增大，苗期胁迫程度加大，胁迫时间变长，由此产生的对植株的抑制作用增强，以至于现蓄水后，虽然胁迫程度被解除或降低，但依然不能被完全弥补。当油葵底墒水矿化度大于 3 g/L 时，若苗期无降雨或降雨量较小不足以对表层土壤盐分起到淋洗的作用，作者建议将现蓄水时间提前或者在苗后期及时补充灌水以尽量缩短苗期的胁迫时间，这样将会有利于提高油葵各项生长参数和产量。

2.3 不同矿化度微咸水造墒对油葵产量构成因素及产量的影响

微咸水造墒后油葵经历了不同程度和时间的盐分胁迫，加之微咸水中特殊的离子效应，因而对最终产量形成因素及产量都造成了一定的影响。实收测产结果表明

(如表 5)：3 g/L 处理盘粒数、百粒重均超过淡水处理，空壳率降低 19.7%，增产 8.1%；4、5、6 g/L 处理的产量较淡水处理则分别下降了 7.0%、14.8%、23.9%，即矿化度大于 3 g/L 时，底墒水矿化度越大，其减产程度越大，且随着底墒水矿化度的增大，其减产的幅度逐渐增大。

表 5 底墒水矿化度对油葵产量形成因素及产量的影响  
Table 5 Effect of salinity of irrigation water for increasing soil water before sowing on formative factor of yield and yield of helianthus

底墒水矿化度 /g · L <sup>-1</sup>	盘粒数 /粒	百粒重 /g	空壳率 /%	产量 /kg · hm <sup>-2</sup>
淡水	1142	5.11	5.33	3262
3	1201	5.23	4.12	3527
4	1086	5.03	5.21	3035
5	1030	4.89	5.77	2779
6	942	4.76	6.15	2482

2.4 不同矿化度微咸水造墒后土壤盐分分布特性分析

图 2 表示淡水和微咸水(以 6 g/L 为例)造墒后不同土层土壤平均含盐量在油葵全生育期内的变化情况，图 3 表示生育期结束后各处理不同土层土壤积盐情况。从图中可以看出：现蓄水之前，0~20 cm 土层平均土壤含盐量呈逐渐增大的趋势，现蓄水后逐渐减小。土壤盐分在土体中的运移与土壤蒸发、灌溉和降雨密切相关。在油葵生长前期，土壤水分变化以蒸发为主，因此土壤盐分有表聚趋势，因此在现蓄水前，无论是淡水还是微咸水处理，表层土壤含盐量均有不同程度的增加；现蓄水后各处理叶面积指数均大于 1，地面覆盖程度较高，土面蒸发量减小，由于现蓄水均为淡水，加之后期降雨，表层盐分被淋洗而逐渐向下层土壤运移。整个生育期结束后，各处理 0~20 cm 土层土壤平均含盐量均达到底墒水前的初始值附近，经过方差分析可知，各处理均无显著的脱盐与积盐现象。底墒水后，20~40 cm 土层的土壤平均含盐量由于盐分的表聚作用而呈现减低的趋势，然而现蓄水后，由于表层盐分被淋洗，导致该层土壤平均含盐量再次升高；由于后期降雨的淋洗作用，在油葵生育后期，

20~40 cm 土壤平均含盐量一直处于降低的趋势,但生育期结束后该层土壤依然处于积盐状态,且随着矿化度的增大,其积盐程度逐渐增大。40~120 cm 土层土壤平均含盐量呈现波浪型上升趋势,直至现蕾水后;在油葵生育后期,与 20~40 cm 土壤平均含盐量变化趋势相似,生育期结束后各处理该层土壤均处于积盐状态,其积盐量均大于 20~40 cm 土层;随着矿化度的增大,其积盐量显著增大。这主要是由于无论是淡水还是微咸水灌溉,都会带入土壤中或多或少的盐分,从而提高土壤的含盐量。

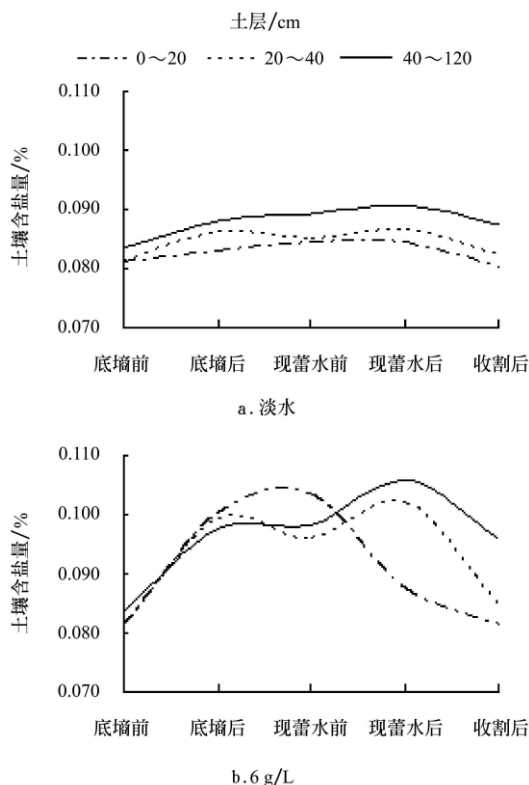


图2 微咸水造墒后土壤平均含盐量的变化情况  
Fig.2 Soil mean salinity change after saline water increasing soil water before sowing

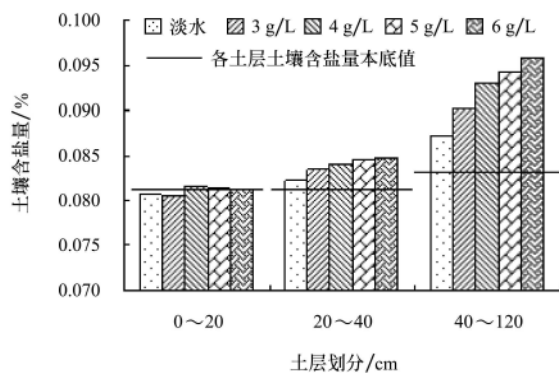


图3 生育期结束后各土壤积盐情况  
Fig.3 Condition of soil salification after growth period

### 3 结论

通过对不同矿化度微咸水造墒后油葵生长特性及土

壤盐分分布状况的研究,主要得出以下几点结论:

1) 不同矿化度的微咸水造墒对油葵的出苗率及出苗时间有着不同程度的抑制作用;当底墒水矿化度相同时,与盆栽相比较,小区各处理的出苗率较低,出苗时间较长;

2) 利用 3 g/L 的微咸水造墒对油葵的生长非但不会造成抑制,反而还有一定的促进作用,使其株高、叶面积指数、根冠比等参数均大于淡水处理;3 g/L 处理盘粒数、百粒重均超过淡水处理,空壳率降低 19.7%,增产 8.1%;

3) 4、5、6 g/L 处理的产量较淡水处理分别下降了 7.0%、14.8%、23.9%,即底墒水矿化度越大,其减产程度越大;

4) 油葵整个生育期结束时,淡水及各微咸水处理 0~20 cm 土层土壤平均含盐量均达到底墒水前的初始值附近,无显著的脱盐与积盐现象;20~40 cm 土壤处于积盐状态,随着矿化度的增大,其积盐程度逐渐增大;40~120 cm 土层土壤在生育期结束后亦处于积盐状态,且其积盐量均大于 20~40 cm 土层,且随着矿化度的增大,该层土壤的积盐量显著增大。

### [参 考 文 献]

- [1] Rhoades J D. The use of saline water for crop production-Irrigation and drainage paper 48[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1992: 1-10.
- [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.  
Liu Youzhao, Fu Guanghui. Utilization of gentle salty water resource in China[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004, 20(2): 57-60. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王全九,徐益敏,王金栋,等. 咸水与微咸水在农业灌溉中的应用[J]. 灌溉排水, 2002, 21(4): 73-77.  
Wang Quanjie, Xu Yimin, Wang Jindong, et al. Application of saline and slight saline water for farmland irrigation[J]. Irrigation and Drainage, 2002, 21(4): 73-77. (in Chinese with English abstract)
- [4] 雷廷武,肖娟,王建平,等. 微咸水滴灌对盐碱地西瓜产量品质及土壤盐渍度的影响[J]. 水利学报, 2003, 34(4): 85-89.  
Lei Tingwu, Xiao Juan, Wang Jianping, et al. Experimental investigation on the effects of saline water drip irrigation on water use efficiency and quality of watermelons grown in saline soils[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003, 34(4): 85-89. (in Chinese with English abstract)
- [5] 万书勤,康跃虎,王丹,等. 微咸水滴灌对黄瓜产量及灌溉水利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 30-35.  
Wan Shuqin, Kang Yuehu, Wang Dan, et al. Effects of saline water on cucumber yield and irrigation water use efficiency under drip irrigation[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 30-35. (in Chinese with English abstract)
- [6] 巨龙,王全九,王琳芳,等. 灌水量对半干旱区土壤盐分分布特征及冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 86-90.

- Ju Long, Wang Quanjiu, Wang Linfang, et al. Effects of irrigation amounts on yield of wheat and distribution characteristics of soil water-salt in semi-arid region[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 86—90. (in Chinese with English abstract)
- [7] 郑九华, 冯永军, 于开芹, 等. 秸秆覆盖条件下微咸水灌溉棉花试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(7): 26—31. Zheng Jiuhua, Feng Yongjun, Yu Kaiqin, et al. Irrigation with brackish water under straw mulching[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(7): 26—31. (in Chinese with English abstract)
- [8] 邵玉翠, 张余良, 李悦, 等. 浅层咸水农田灌溉模拟试验研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 120—123. Shao Yucui, Zhang Yuliang, Li Yue, et al. Study on model experiment of shallow bedding brackish water for farmland irrigation[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(1): 120—123. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王恩军, 张兰英. 天津市地下咸水资源开发利用现状与前景[J]. 地下水, 2002, 24(2): 82—84. Wang Enjun, Zhang Yinglan. Current situation & prospect for exploiting salty groundwater resource[J]. Ground water, 2002, 24(2): 82—84.
- [10] 张余良, 邵玉翠. 长期灌溉微咸水的土壤安全性[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(1): 21—23. Zhang Yuliang, Shao Yucui. Soil safety of long term brackish water irrigation[J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2004, 17(1): 21—23. (in Chinese with English abstract)
- [11] 张余良, 邵玉翠. 灌溉微咸水土壤的改良技术研究[J]. 天津农业科学, 2004, 10(4): 47—50. Zhang Yuliang, Shao Yucui. Study on improved techniques of irrigated brackish water soil[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2004, 10(4): 47—50. (in Chinese with English abstract)
- [12] Maas E V, Hoffman G F. Crop salt tolerance[J]. ASCE J Irrig Drain Div, 1977, 103: 115—134.
- [13] 邓力群, 刘赵普, 程爱武, 等. 不同盐分滨海盐土上油菜的氮磷肥效应研究[J]. 中国油料作物学报, 2002, 24(4): 61—64. Deng Liqun, Liu Zhaopu, Chen Aiwu, et al. Influence of N and P fertilizers on sunflower grown in different saline on coast[J]. Chinese journal of oil crop sciences, 2002, 24(4): 61—64. (in Chinese with English abstract)
- [14] 何承刚. 油菜品种在盐碱地的生态适应性研究[J]. 种子, 2004, 23(5): 6—7. He Chenggang. Studies on the ecological adaptability of helianthus in saline and alkaline soil[J]. Seed, 2004, 23(5): 6—7. (in Chinese with English abstract)
- [15] 孔东, 史海滨, 陈亚新, 等. 水盐胁迫对向日葵幼苗生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(5): 32—35. Kong Dong, Shi Haibin, Chen Yaxin, et al. Effect on seedling growth of sunflower under different water-salt stress[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2004, 23(5): 32—35. (in Chinese with English abstract)

## Effect of saline water for increasing soil water before sowing on helianthus growth and saline distributional characteristics of soil

Bi Yuanjie<sup>1</sup>, Wang Quanjiu<sup>1,2\*</sup>, Xue Jing<sup>1</sup>

(1. Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China)

**Abstract:** To study effect of saline water for increasing soil water before sowing on helianthus growth and saline distributional characteristics of soil, the method of coupling pot experiment with field plot experiment had been adopted, and saline water for increasing soil water before sowing had been divided into four levels (3, 4, 5, 6 g/L), fresh water treatment as the contrast. The results show that saline water for increasing soil water before sowing restrain rate of emergence and seeding emergence time to different degrees. When the salinity of irrigation water for increasing soil water before sowing is the same, the rate of emergence of field plot treatment is lower than that of corresponding pot treatment, and seeding emergence time of field plot treatment is longer than that of corresponding pot treatment. The growth of helianthus has not been restrained but stimulated using the saline water which total salinity is 3 g/L. The growth parameters such as plant height, leaf area index and root/shoot ratio are all greater than those of fresh water treatment. Compared with fresh water treatment, the grain number of one disc and hundred-grain weight of 3 g/L treatment are all increased, the rate of unfilled grain decreases by 19.7%, and yield increases by 8.1%. The yields of helianthus which are treated with 4, 5 and 6 g/L saline water decrease by 7.0%, 14.8%, 23.9%, respectively. When growth duration finished, average soil salinity of 0—20 cm soil layer with all treatments is close to initial value without notable desalination or salification phenomena, and 20—40 cm and 40—120 cm soil layer with all treatments are in salification state to different extents, which salification degree increase with the increase of salinity of irrigation water and the deeper soil layer, the higher salt content.

**Key words:** irrigation, saline water, soil salinity, helianthus