

灌溉水矿化度对油葵根系生长及产量的影响

毕远杰¹, 王全九^{1,2*}, 雪 静¹

(1. 西安理工大学水利水电学院, 陕西 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, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为了探明灌溉水矿化度对油葵根系生长特性的影响及减产机制, 在田间试验条件下, 以淡水处理作为对照, 研究了灌溉水矿化度分别为 3、4、5、6 g/L 时 0~40 cm 土层油葵根系特性及相应的产量。结果表明: 随着灌溉水矿化度的增大, 0~40 土层中的根系干物质总量逐渐减小, 根系平均直径逐渐减小, 根表面积显著减小, 并且微咸水灌溉使油葵根系在各层土壤中的分布比例发生改变; 与淡水处理相比较, 3 g/L 处理油葵产量略有降低, 4、5、6 g/L 处理分别减产 5.58%、20.14% 和 38.75%, 是其根系特征的一种响应。

关键词: 微咸水; 灌溉; 油葵; 根系; 产量

中图分类号: S565.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0073-05

根系是作物吸收养分和水分的主要器官, 其发育的好坏以及在土壤中的分布直接影响作物对水分及矿物质元素的吸收, 进而制约地上部分的生长及作物的产量^[1]。施肥、耕作方式、灌溉方式等均会影响作物根系的生长、分布及吸水功能^[2~5]。油葵是一种耐旱、耐盐碱、耐瘠薄、且有较高经济价值的油料作物, 作为我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^[6~8], 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。随着淡水资源供需矛盾的日益突出, 合理开发微咸水资源已成为各国关注的问题。国内外大量研究和实践证明, 科学合理地开发利用微咸水资源, 对于缓解淡水资源短缺、扩大农业水源、抗旱增产有着极其重要的作用^[9~12]。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, 土壤水盐状况不能改变作物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。有研究表明微咸水灌溉对作物根系有一定的影响^[13], 由于作物根系的发育直接影响到植株性状及产量, 由此作为出发点探究微咸水灌溉对油葵根系生长特性及产量的影响, 旨在为进一步研究微咸水在农业灌溉中的高效利用提供可参考的资料及指导依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验方法

本试验在中科院静海农业节水示范基地进行, 试验地土壤层次划分及其基本参数列于表 1 中, 其中土壤颗粒组成是采用激光粒度仪测定的。为了研究灌溉水矿化度对油葵根系生长特性的影响, 本次试验将灌溉水矿化度作为控制因子, 将其划分为 4 个水平 (3 g/L, 4 g/L, 5 g/L, 6 g/L), 以淡水处理作为对照。供试油葵品种为 G101, 其具有抗逆性强、生长势强、抗倒伏、适应性广的特点, 春播生育期 100 d 左右, 夏播生育期 85 d 左右。

本次试验共布设 15 个试验小区, 小区面积均为 6.6 m² (3.3 m × 2.0 m), 小区之间用 0.6 m 深的厚塑料布隔开以防止测渗。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 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 20 kg/666.7 m²; 现蕾水前追施尿素, 施肥量 20 kg/666.7 m²。底墒水灌水时间为 2007 年 7 月 21 日, 灌水定额 30 m³/666.7 m²; 现蕾水灌水时间为 2007 年 8 月 22 日, 灌水定额 40 m³/666.7 m²; 花期及成熟灌浆期由于雨水较充沛均未进行灌溉。9 月 15 日田间采集根系样品。

收稿日期: 2009-03-17

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 (50879067)

作者简介: 毕远杰 (1979-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, 主要从事微咸水灌溉与土壤水盐运移理论方面研究。E-mail: byuanjie@163.com。

* 通讯作者: 王全九 (1964-), 男, 内蒙古丰镇人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤物理与溶质运移方面研究。E-mail: wquanjiu@163.com。

表 1 土壤基本参数

Table 1 Properties of the soil

土层划分 Division of soil (cm)	容重 Bulk density (g/cm ³)	土壤含盐量 Content of soil salt (%)	饱和含水量 Saturated water content (%)	田间持水量 Field capacity (%)	土壤各级颗粒百分含量 Particulate content of soil (%)		
					<0.002	0.002~0.02	>0.02
0~50	1.39	0.08	36.95	28.43	28.47	32.09	39.44
50~90	1.45	0.07	37.03	29.49	16.08	41.98	41.94
90~120	1.50	0.09	39.51	31.54	42.44	31.11	26.45

1.2 测定项目与测定方法

每个小区选择具有代表性的油葵 3 株,采用挖掘法分层(0~40 cm 内每 10 cm 一层)挖取根系。将取出的带根土样进行冲洗分离,用于分离根系的网筛为 50 目,保证洗根过程中水和土粒可自由通过,包括细小新根在内的所有根系均不能通过;将分离出来的根系经扫描后,采用 WINRHIZO 根系分析系统测定根系特征,如根长、根表面积、根系平均直径等。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、空壳率、百粒重等。

1.3 试验水质指标

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,但微咸水总矿化度均控制在试验设计值左右。底墒水及现蓄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

灌溉水水质指标 Water quality index	底墒水 Water before sowing						现蓄水 Water in bud emergence					
	矿化度 Total salinity (g/L)	电导率 Conductivity (mS/cm)	Na ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	矿化度 Total salinity (g/L)	电导率 Conductivity (mS/cm)	Na ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
浅层地下水 Shallow groundwater	8.17	10.33	1780	423	267	1101	7.99	10.11	1763	405	275	1065
深层地下水 Deep groundwater	1.51	1.90	466	12	9	249	1.33	1.66	483	41	10	568

2 结果与分析

2.1 灌溉水矿化度对油葵根系干物质质量的影响

根系干物质质量是反应作物根系生长状况的重要指标,表 3 给出了采用不同矿化度的微咸水灌溉后油葵根系干物质质量以及其在不同土层中的分布情况。从表中可以看出,随着灌溉水矿化度的增大,根系干物质总量呈现逐渐减小的趋势,其中 3 g/L 处理和 4 g/L 处理根系干物质总量较淡水处理变化不显著,5 g/L 和 6 g/L 处理根系干物质总量较淡水处理分别减小 13.48% 和 24.99%,显著低于淡水及 3 g/L、4 g/L 处理。进一步分析微咸水灌溉后油葵根系干物质在土层中分布的差异性发现:0~10 cm 土层中根系干物质质量随着灌溉水矿化度的增大而减小,其所占相应处理根系干物质总量的比例亦随矿化度的增大而逐渐减小;10~20 cm、20~30 cm 以及 30~40 cm 土层根系干物质质量随灌溉水矿化的变化无显著的规律性变化,但其所占的比例呈现明显增

大的趋势。

根系发育的方式既取决于其遗传特性和地上部分的生长,也取决于各种环境因素,如土壤质地、土层厚度、土壤含水量、通气性、土壤溶液的种类和浓度等^[14]。微咸水灌溉与传统的淡水灌溉的差别就在于微咸水灌溉在提供了作物生长所需要的水分的同时也带入土壤盐分,从而增大土壤溶液浓度,产生渗透胁迫及离子的毒害,抑制作物的生长。各处理油葵根系干物质质量在土层中分布的差异性主要是由于:微咸水灌溉后,在土壤水分蒸发的过程中,土壤中的盐分被携带至地表,造成盐分表聚现象。随着蒸发的进行,土壤表层含水量逐渐减小,含盐量逐渐增大,因而土壤溶液浓度急剧增大,从而抑制了根系吸水 and 根系的生长,因此不同处理 0~10 cm 土层根系干物质质量差异较显著。对于 10~40 cm 土层,一方面,由于其土壤溶液浓度大大低于表层,不产生盐分胁迫或者胁迫程度较小,因此对根系生长的抑制程度较小;另一方面,由于表层的抑制作用,迫使根

系向下生长;表 2 中 10~20 cm、20~30 cm 及 30~40 cm 土层根系干物质量的变化趋势正是上述两方面因素综合作用的结果。

表 3 油葵根系干物质量及其土壤中的垂向分布情况

Table 3 Vertical distribution of root solid of helianthus in different soil horizon

土层划分(cm) Division of soil	淡水 Fresh water		3 g/L		4 g/L		5 g/L		6 g/L	
	干物质量(g) Weight of solid	比例(%) Ratio								
0~10	11.46 _a	64.35	10.77 _{ab}	60.57	10.29 _b	58.17	8.64 _c	56.07	7.18 _d	53.74
10~20	4.01 _b	22.52	4.15 _{ab}	23.34	4.25 _a	24.02	3.99 _b	25.89	3.48 _c	26.05
20~30	1.33 _{bc}	7.47	1.71 _a	9.62	1.87 _a	10.57	1.65 _{ab}	10.71	1.47 _b	11.00
30~40	1.01 _c	5.67	1.15 _b	6.47	1.28 _a	7.24	1.13 _b	7.33	1.23 _{ab}	9.21
0~40	17.81 _a	—	17.78 _a	—	17.69 _a	—	15.41 _b	—	13.36 _c	—

注:表中同行数值后的字母表示在 0.05 水平上差异的显著性。下同。

Note: Values followed by different letters within the same line mean the significance of difference at 5% level. They are the same as in the following.

2.2 灌溉水矿化度对油葵根长密度在土壤中分布特征的影响

根长密度是单位土体中根的长度,它能很好地说明根系生长的强弱。图 1 给出了各处理油葵根长密度在土壤中垂直分布的情况。从图中可以看出,不同处理之间根长密度在土壤中的分布存在一定的差异。0~10 cm 土层中根长密度随灌溉水矿化度的增大而减小,与淡水处理相比较,3 g/L 处理根长密度减小 5.68%,4 g/L 处理减小 9.30%,5 g/L 处理减小 13.76%,6 g/L 处理减小 25.77%;10~20 cm 土层中根长密度以 4 g/L 处理最大,其他处理由大到小分别为 3 g/L,淡水,5 g/L,6 g/L;20~30 cm 土层中,根长密度则为 4 g/L>5 g/L>6 g/L>3 g/L>淡水;而对于 30~40 cm 土层,根长密度随着灌溉水矿化度的增大呈现出较明显的增大趋势,按矿化度升高的次序,各微咸水处理的根长密度分别增加 16.30%、40.91%、45.63%、64.38%。

咸水处理,但由于 10 cm 以下土层各微咸水处理的根长密度逐渐缩小与淡水处理的差距甚至超过淡水处理,对于 0~40 cm 整个土层,根长密度的大小顺序为 4 g/L>3 g/L>5 g/L>淡水>6 g/L。这主要是由于:微咸水灌溉影响了根系分生特征,在盐分胁迫下,诱导根系产生更多数量的二级和三级侧根,致使产生部分微咸水处理 0~40 cm 土层中根长密度非但不减小反而还大于淡水处理的现象。

对各处理的根长密度在土壤中的垂向分布采用指数函数 $y = ae^{bx}$ 形式拟合时发现拟合结果较好,其拟合的相关系数均大于 0.98。拟合结果列于表 4 中,从表中可以看出,拟合的系数及指数的绝对值均随着灌溉水矿化度的增大而增大。

表 4 根长密度在土壤中垂向分布的指数函数拟合结果

Table 4 Fitting results of exponential function on vertical distribution of root length density

灌溉水矿化度 Total salinity of irrigation water (g/L)	淡水 Fresh water	3 g/L	4 g/L	5 g/L	6 g/L
系数 Coefficient	47.93	59.75	81.38	84.65	126.73
指数 Exponent	-1.39	-1.59	-1.85	-2.03	-2.70
R^2	0.983	0.986	0.988	0.995	0.991

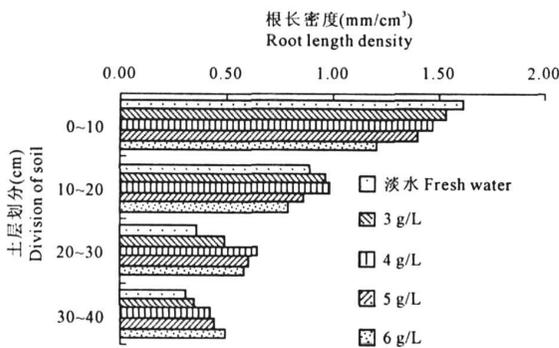


图 1 根长密度在土壤中的垂向分布

Fig. 1 Vertical distribution of root length density

进一步分析根长密度分布的差异性发现:虽然 0~10 cm 土层淡水处理的根长密度显著大于各微

2.3 灌溉水矿化度对油葵比根长及根系平均直径的影响

比根长是单位质量的根所具有的长度,它反应了根的粗细情况,比根长值越大,表示根越细,反之则表示根较粗。根系平均直径是另一个可以反应根系粗细大小的值,其值越大,表示根越粗,反之则表示根越细。图 2a、b 分别给出了 0~40 cm 土层中比

根长和根系平均直径随灌溉水矿化度的变化趋势。从图 2 中可以看出,随着灌溉水矿化度的增大,比根长值逐渐增大,而根系平均直径逐渐减小。比根长及根系平均直径随灌溉水矿化度变化的趋势充分说明了灌溉水矿化度越大,油葵根系就趋于越细的趋势。这主要是由于:微咸水灌溉一方面影响油葵根系的生长,使其干物质量减少,另一方面影响根系分生特征,诱导根系不断产生更多数量的二级和三级侧根,使部分微咸水处理的根长密度大于淡水处理,致使微咸水处理的比根长较大,根系平均直径较小。

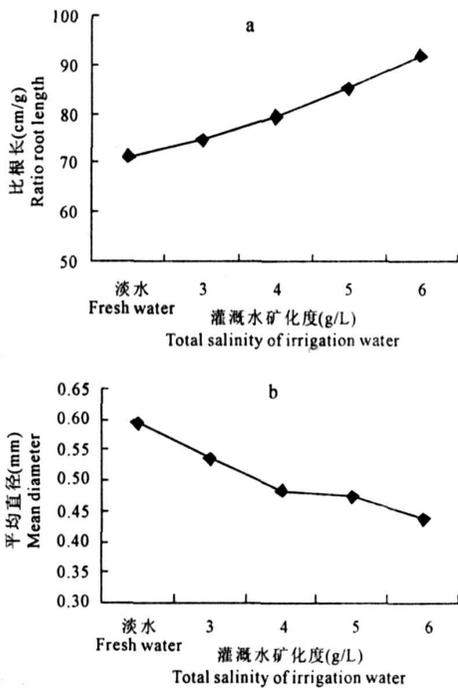


图 2 比根长及根系平均直径随灌溉水矿化度的变化趋势

Fig. 2 Mean diameter and ratio root length variant tendency in company with salinity of irrigation water

2.4 灌溉水矿化度对油葵根表面积在土壤中分布特征的影响

根表面积是描述根系特征的重要指标之一,其值的大小可以反应出根系与土壤接触面积的大小。图 3 给出了各处理根表面积在土壤中垂向分布情况。由图中可以看出,不同处理间根表面积在土壤

中分布的差异性较大。在 0~10 cm 及 10~20 cm 土层中,各处理根表面积随着灌溉水矿化度的增大而减小,且差异性显著;在 20~30 cm 及 30~40 cm 土层各处理根表面积随灌溉水矿化度无显著的变化。进一步对 0~40 cm 整个土层根表面积进行分析,结果发现根表面积随灌溉水矿化度的增大显著减小。这主要是由于:虽然微咸水处理根长密度较大,但根系平均直径较小,二者综合原因导致了根表面积随灌溉水矿化度的增大而减小的现象。

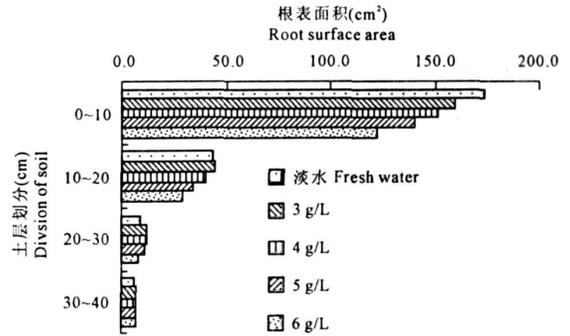


图 3 根表面积在土壤中的垂向分布

Fig. 3 Vertical distribution of root surface area

2.5 灌溉水矿化度对油葵产量构成因素及产量的影响

表 5 列出了采用不同矿化度的微咸水灌溉后油葵产量构成因素及产量。从产量构成因素来分析,不同矿化度微咸水灌溉对盘粒数、百粒重以及空壳率均有一定程度的影响。随着灌溉水矿化度的增大,盘粒数和百粒重呈现减小的趋势,空壳率则略微增大。产量是评价各种因子对作物胁迫作用的最重要指标,实收测产结果表明,以淡水处理产量最高,达到 3 262 kg/hm², 3 g/L 处理产量较淡水处理略有降低,但两处理之间的差异不显著; 4 g/L、5 g/L、6 g/L 处理较淡水处理分别减产 5.58%、20.14% 和 38.75%。显著性检验结果表明,这三个处理之间以及三者分别与淡水处理之间的差异均达到了显著性水平。

表 5 灌溉水矿化度对油葵产量形成因素及产量的影响

Table 5 Effect salinity of irrigation water for increasing soil water before sowing on formative factor of yield and yield of helianthus

灌溉水矿化度(g/L) Total salinity of irrigation water	淡水 Fresh water	3 g/L	4 g/L	5 g/L	6 g/L
盘粒数 Number of seeds of one disc	1142a	1161a	1065b	1001b	921c
空壳率 Ratio of deaf nut (%)	5.33a	5.25a	5.39a	5.82ab	6.21b
百粒重 Weight of one hundred grain(g)	5.11a	5.03ab	5.01ab	4.89ab	4.71b
产量 Yield(kg/hm ²)	3262a	3211ab	3080b	2605c	1998d

图4采用二次多项式形式拟合了油葵产量与灌溉水矿化度的关系,拟合结果如下: $Y = -94.7x^2 + 443.4x + 2812.4$,其中 Y 为产量, x 为灌溉水矿化度,拟合的相关系数为0.99,拟合结果较好。由上述拟合结果可以计算得到当灌溉水矿化度为2.3时,油葵产量可达到最大值,为3331 kg/hm²。

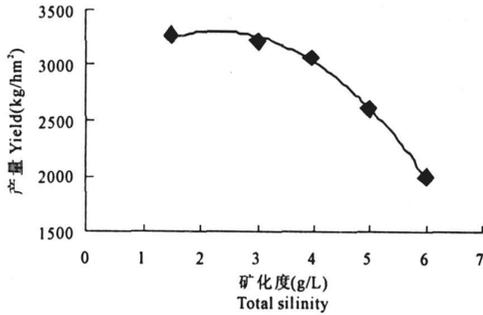


图4 油葵产量与灌溉水矿化度的关系

Fig. 4 The relation between yield of helianthus and salinity of irrigation water

3 结论

本文通过研究采用不同矿化度微咸水进行灌溉时油葵根系生长特性及产量特征,主要得出以下结论:

1) 随着灌溉水矿化度的增大,根系干物质总量呈现逐渐减小的趋势,且不同矿化度的微咸水灌溉后油葵根系干物质在土层中分布表现出一定的差异性,使其0~10 cm土层中所占的比例减小,10 cm以下土层中所占的比例增大。

2) 0~10 cm土层淡水处理的根长密度显著大于各微咸水处理,10 cm以下土层各微咸水处理与淡水处理的根长密度逐渐缩小差距甚至超过淡水处理,对于0~40 cm整个土层,根长密度的大小顺序为4 g/L > 3 g/L > 5 g/L > 淡水 > 6 g/L。

3) 在0~40 cm整个土层,随着灌溉水矿化度的增大,比根长值逐渐增大,而根系平均直径逐渐减

小;根表面积显著减小。

4) 与淡水处理相比,3 g/L处理产量略有降低,但两处理之间的差异不显著;4 g/L、5 g/L、6 g/L处理较淡水处理分别减产5.58%、20.14%和38.75%,显著性检验结果表明,这三个处理之间以及三者分别与淡水处理之间的差异均达到了显著性水平。

参考文献:

- [1] Yamaguchi, Tanaka A. Quantitative observation on the root system of various growing in the field [J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1990, 36: 483-493.
- [2] 王启现,王璞,杨相勇,等.不同施氮时期对玉米根系分布及其活性的研究[J].中国农业科学,2003,39(12):1469-1475.
- [3] 牟金明,姜亦梅,王明辉,等.玉米根茬还田对玉米根系垂直分布的影响[J].吉林农业科学,1999,24(2):25-27.
- [4] 冯跃华,邹应斌,Roland J Buresh,等.不同耕作方式对杂交水稻根系特性及产量的影响[J].中国农业科学,2006,39(4):693-701.
- [5] 梁宗锁,康绍忠,石培泽,等.隔沟交替灌溉对玉米根系分布和产量的影响及其节水效益[J].中国农业科学,2000,33(6):26-32.
- [6] 邓力群,刘赵普,程爱武,等.不同盐分滨海盐土上油葵的氮磷肥效应研究[J].中国油料作物学报,2002,(12):61-64.
- [7] 何程刚.油葵品种在盐碱地的生态适应性研究[J].种子,2004,(5):6-7.
- [8] 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,(10):32-35.
- [9] Rhoades J D. The use of saline water for crop production[R]. Irrigation and drainage paper 48, Rome FAO, 1992.
- [10] Oster J D. Irrigation with poor quality water[J]. Agricultural water Manage, 1994, 25: 271-275.
- [11] 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.
- [12] Fang Sheng, Chen Xiuling. Using shallow saline groundwater for irrigation and regulating for soil salt water regime [J]. Irrigation and Drainage Systems, 1997, 11: 1-14.
- [13] 韦如意,史军徽.微咸水灌溉对冬小麦根系生长的影响[J].新疆农业科学,2003,40(1):48-49.
- [14] 康绍忠,刘晓明,熊运章.土壤-植物-大气连续体水分传输理论及其应用[M].北京:水利水电出版社,1994:88-89.

(英文摘要下转第82页)

- [7] 韩淑敏. 不同灌水方式下温室青椒的耗水规律[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 54-58.
- [8] 安向东. 日光温室番茄不同灌溉方式节水效应研究[J]. 甘肃农业科技, 2006, (2): 3-5.
- [9] 杜社妮. 不同灌溉方式对茄子生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(6): 430-431.
- [10] 曲红云, 林 密. 日光温室茄子产量形成与环境因子关系分析[J]. 北方园艺, 2006, (4): 80-81.
- [11] 杨国栋, 周宝利, 李 沫, 等. 日光温室茄子光合特性的研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 307-309.
- [12] 高志奎, 高荣孚, 何俊萍, 等. 日光温室茄子光合的光强响应特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(3): 26-30.

Preliminary study on reasonable irrigation method for eggplant in greenhouse

LI Bo¹, WANG Tie-liang^{1*}, ZHANG Yu-long², ZHAO Hai-ling¹,
LI Jing-jing¹, LIU Jia¹

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: Based on mathematical statistics, this paper analyzes the effects of different soil moisture in greenhouse on eggplant growth, yield and water use efficiency under four different kinds of irrigation methods: furrow irrigation, drip irrigation, sub-irrigation and small tube flow irrigation. The results show that: The priority for selection of the four kinds of irrigation treatments is $CT_1 > DT_2 > CT_3 > CT_2$. Among these treatments, in CT_1 the sub-irrigation condition, when the soil moisture range is from $55\% \theta_f$ to $65\% \theta_f$ in blossom stage and fruit-set and from $65\% \theta_f$ to $75\% \theta_f$ in fruiting stage, the eggplants grow better; its yield increases by 17% compared with furrow irrigation. Moreover its water use efficiency is the highest, which are respectively 1.12 times, 1.38 times and 1.37 times of other priority selected treatments.

Keywords: eggplant; irrigation method; water use efficiency; growth; yield

(上接第 77 页)

Effect of saline water on root properties and yield of helianthus

BI Yuan-jie¹, WANG Quan-jiu^{1,2*}, XUE Jing¹

(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, the Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China)

Abstract: To ascertain the root properties of helianthus and mechanism of yield decreasing under different salinity of irrigation water, root properties and yield of helianthus irrigated by water whose salinity is 3 g/L, 4 g/L, 5 g/L and 6 g/L respectively on the condition of field experiments with fresh water treatment as the control. The results show that in company with the increase of salinity of irrigation water, total dry matter, mean diameter and surface area of root in 0~40 cm soil horizon decrease gradually. Distribution ratio of root in different soil horizons have been influenced after irrigated by saline water. Compared with fresh water treatment, the yield of 3 g/L treatment reduces slightly, and that of 4 g/L, 5 g/L and 6 g/L treatment reduces by 5.58%, 20.14% and 38.75% respectively, which is a reaction of root properties.

Keywords: saline water; irrigation; helianthus; root; yield