

咸淡水交替灌溉对芹菜生长及品质的影响

王艳芳, 曹 玲, 陈宝悦, 刘溪静, 王 倩

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 设施蔬菜生长发育调控北京市重点实验室, 北京 100193)

摘 要:以芹菜为试材, 研究盆栽条件下咸水(NaCl 溶液 60 mmol/L)与淡水交替灌溉对芹菜生长、生理生化特性及品质的影响。结果表明:只浇咸水可显著抑制芹菜株高生长, 其抗氧化酶活性、叶绿素含量及可溶性糖含量显著升高;随着淡水灌溉次数的增加, 可降低 NaCl 对芹菜生长、生理生化特性及品质的抑制作用;其中, 1:2 咸淡水交替灌溉处理的芹菜叶片数、干鲜重、MDA 及叶绿素含量、维生素 C 及膳食纤维含量相对于淡水处理差异均不显著, 未对芹菜产生显著胁迫, 说明 1:2 咸淡水交替灌溉是较适宜的咸淡水交替灌溉方式。

关键词:芹菜;咸水;交替灌溉;生长;生理生化特性;品质

中图分类号:S 636.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)10-0005-04

水资源短缺是目前农业生产面临的重要挑战, 如何充分利用水资源, 缓解农业用水危机是当前全世界共同

第一作者简介:王艳芳(1990-), 女, 山西临汾人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜种子与栽培生理研究。E-mail: ciffie0110@126.com.

责任作者:王倩(1964-), 女, 山东济南人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜种子与栽培生理等研究工作。E-mail: wangq@cau.edu.cn.

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203003);现代农业产业技术体系北京市叶类蔬菜创新团队专项资金资助项目(blvt-08)。

收稿日期:2014-01-21

面临的重要课题。对于劣质水, 尤其是微咸水的利用正越来越受到人们的重视。对于微咸水的定义国外有多种分类标准, 我国一般认为微咸水是指矿化度在 2~5 g/L 范围内的水资源, 大多数地表土壤盐渍化地区的地下水和地表径流都会形成咸水、微咸水^[1]。中国的微咸水资源接近 200 亿 m³, 且存在于地表及浅层地下水的比例较高^[2]。因此, 微咸水在农业灌溉方面潜力巨大, 微咸水的灌溉利用, 对于我国农业发展也具有重要意义。微咸水中的盐分能与土壤颗粒发生作用, 改变土壤的理化性质, 从而对植株生长产生影响^[3]。但是不恰当的灌溉方法和模式会造成土壤次生盐碱化等现象, 降低

Effect of Plant Density on Photosynthetic Characters and Yield of *Echium vulgare*

XU Hui-feng¹, WEI Long-xue¹, GAO Zhi-xin², HOU Wei¹, FENG Zheng-dong¹

(1. College of Agriculture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 2. Zhong Bang Garden Co. Ltd., Changchun, Jilin 130118)

Abstract: Experimental treatments applied by a split plot design with *Echium vulgare* as test material, row spacing (30, 60 cm) factor was assigned to the main plot and plant spacing (10, 15, 20, 25, 30 cm) factor was assigned to the subplot to investigate the influence on photosynthetic characteristics of *Echium vulgare*, and density on yield and yield components in the field conditions were studied. The results showed that, the index values of photosynthetic characteristics in either case T4 and S3 were isometric each other, as plant spacing of increased, the index values of photosynthetic characteristics grew slowly; as the canopy increased, photosynthetic rate with an increasing trend; both T4 and S3 were similar to the leaf area index (LAI), the LAI little spikes of S3 at the seed filling stage, and was later to the full-bloom stage of T4. Yields of T4 were higher than other plant spacing configuration significantly, S3 production was significantly higher than other configurations too. As the density increased, 100-kernel weight and number of Kernels per plant decreased, the overall yield also decreased (exclude T5 (row and plant space 30, 30), S4 (row and plant space 60, 25), S5 (row and plant space 60, 30)). T4 and S3 yield factors significantly increased, it showed that high output eventually yield enhancement, rather than just individual yield of per plant increased. With the density increased to a certain extent, yield did not increase. T4 and S3 were *Echium vulgare*'s reasonable planting density.

Key words: *Echium vulgare*; density; photosynthetic characteristic; yield; effect

土壤的生产力,所以,合理利用微咸水灌溉已成为许多学者关心的重要课题。目前微咸水灌溉方式主要为混灌和轮灌,而研究表明,在有一定量淡水资源的情况下,咸淡水交替灌溉是一种较好的咸水利用方式。现以芹菜为试材,研究盆栽条件下咸水(NaCl 溶液)与淡水交替灌溉对芹菜生长、生理生化特性及品质的影响,以期为咸水在蔬菜生产上的合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试芹菜品种为北京京研益农科技发展中心选育的“京芹一号”;栽培基质由蛭石、草炭、鸡粪(9:3:1)组成,基质矿质元素含量见表1。

表1 栽培基质理化性状

Table 1 Basic properties of experimental soil

pH	EC /mS·cm ⁻¹	矿质元素含量 Mineral content/g·kg ⁻¹									
		N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
7.50	2.2	17.05	1.29	9.98	0.21	1.32	1.26	0.94	0.08	0.05	0.01

1.2 试验方法

试验在中国农业大学农学与生物技术学院连栋玻璃温室进行。2011年12月28日播种,穴盘育苗;2012年3月28日将四叶一心芹菜幼苗移栽到栽培盆中,栽培盆规格60 cm×15 cm×20 cm,每盆12株,为1个重复。4月18日(五叶一心)开始进行咸淡水交替灌溉处理,咸水NaCl溶液浓度为60 mmol/L,设1:0、1:1、1:2、1:3(咸水、淡水交替灌溉比例)4个处理,以淡水灌溉为对照。每处理3次重复。每7 d灌溉1次,处理56 d后收获,测定芹菜植株生长、生理生化及品质各项指标。

1.3 项目测定

芹菜株高:测量叶柄基部到植株最顶端的长度(即最大叶叶长);叶片数:不包括叶长小于5 cm的叶片及枯叶;称取芹菜地上部与地下部鲜重,105℃杀青20 min后,80℃烘干至恒重,称干重。芹菜超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法;过氧化氢酶(CAT)活性测定采用过氧化氢法;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;维生素C含量测定采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[5];相对叶绿素含量测定采用手持式叶绿素仪(SPAD-502Plus);纤维素、半纤维素、木质素含量测定采用纤维分析仪(ANKOM220i),称取烘干的叶柄样品,分别采用中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、酸性洗涤木质素方法^[6-7]。

1.4 数据分析

试验数据采用Excel 2007和SPSS 18.0软件分析处理,LSD显著性在0.05水平上检测。

2 结果与分析

2.1 咸淡水交替灌溉对芹菜生长的影响

由表2可知,咸淡水交替灌溉会显著影响芹菜植株的生长,且作用强度因淡水灌溉次数而变化。咸淡水交替灌溉抑制芹菜株高生长,虽然随着淡水灌溉次数增加株高逐渐增加,但4个处理仍显著低于对照;各处理的芹菜叶片数、地下部鲜重和干重均与对照差异不显著,但处理间差异显著,1:2处理叶片数、1:1处理芹菜地下部的鲜重、1:1与1:2和1:3处理的地下部干重均显著高于1:0处理;1:0处理地上部鲜重显著低于对照,其它处理与对照差异不显著,地下部各处理干重与对照差异不显著。由此可见,咸淡水灌溉对芹菜株高表现出极强的抑制作用,对芹菜叶片数、地上部及地下部鲜重和干重虽表现出显著的抑制作用,但随着淡水灌溉次数增加抑制作用降低甚至消失。

表2 咸淡水交替灌溉对芹菜生长的影响

Table 2 Effect of alternative irrigation with saline and fresh water on growth of celery

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	叶片数 Leaf number	地上部 Overground part		地下部 Underground part	
			鲜重 Fresh weight /g·株 ⁻¹	干重 Dry weight /g·株 ⁻¹	鲜重 Fresh weight /g·株 ⁻¹	干重 Dry weight /g·株 ⁻¹
1:0	35.98b	5.00b	28.53b	3.33a	1.47b	0.16b
1:1	36.12b	6.40ab	32.74a	3.52a	3.50a	0.31a
1:2	39.12b	6.80a	32.85a	3.50a	2.89ab	0.30a
1:3	37.96b	6.40ab	32.26a	3.60a	3.02ab	0.31a
CK	45.52a	5.80ab	34.44a	3.54a	2.43ab	0.27ab

注:同列数字后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著,下同。

Note: Datas followed by different lowercase letters in the same column are significantly different (LSD) at 0.05 level, the same below.

2.2 咸淡水交替灌溉对芹菜抗氧化酶活性、MDA含量及叶绿素含量的影响

咸淡水交替灌溉可使芹菜SOD活性、CAT活性、MDA含量及叶绿素含量显著高于CK,且随淡水灌溉次数增加而逐渐下降,但对POD活性无显著影响(图1)。芹菜SOD 4个处理均显著高于CK,但各处理间无显著差异,1:0处理SOD活性比CK提高了94.7%(图1a);1:0处理的CAT活性显著高于CK和其它处理,比CK提高了87.7%,1:1和1:2处理的CAT活性显著低于1:0处理但显著高于CK,1:3处理与CK差异不显著(图1b);5个处理间POD活性无显著性差异(图1c)。1:0和1:1处理的芹菜MDA含量之间差异显著,且显著高于CK和其它处理,分别比CK提高了44.0%和22.38%,1:2和1:3与对照之间差异不显著;1:0处理的芹菜叶绿素含量显著高于CK和其它处理,1:3显著高于CK但与1:1、1:2处理差异不显著。

由此可见,1:2的咸淡水交替灌溉对芹菜主要生理

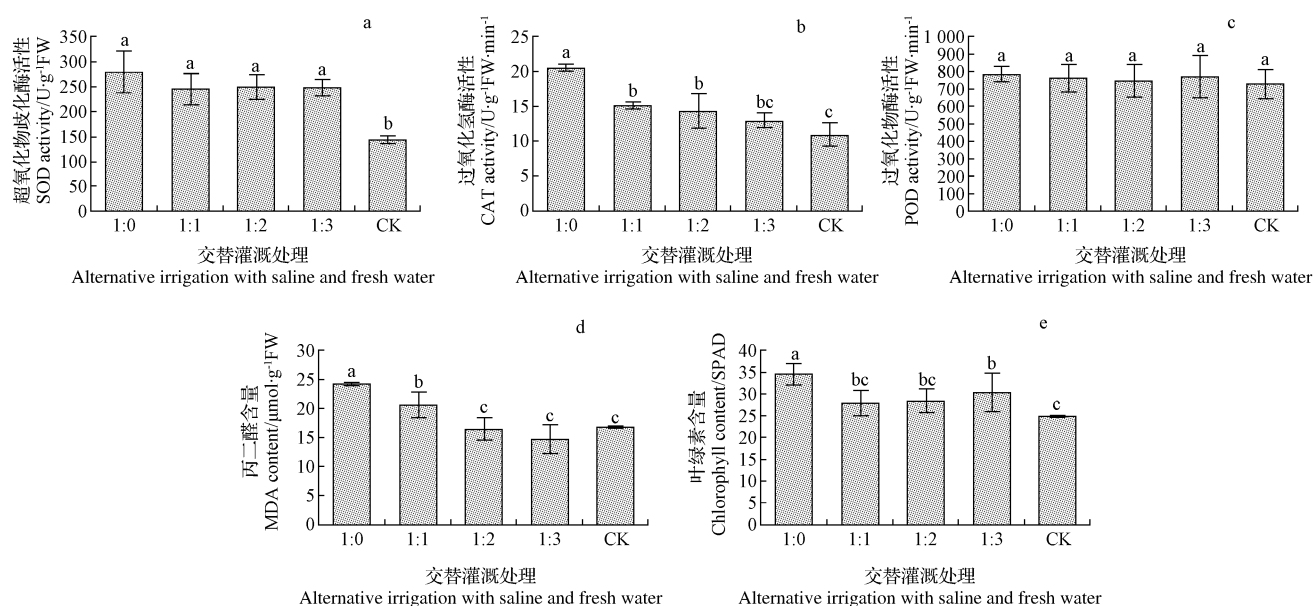


图1 咸淡水交替灌溉对芹菜生理生化特性的影响

Fig. 1 Effect of alternative irrigation with saline and fresh water on physiological and biochemical characteristics of celery

生化特性无显著影响。

2.3 咸淡水交替灌溉对芹菜品质的影响

由表3可以看出,咸淡水交替灌溉可显著影响芹菜的品质,随着淡水灌溉次数的增加,可溶性糖含量逐渐下降,维生素C、膳食纤维含量逐渐增加。1:0处理的芹菜可溶性糖含量显著高于CK和其它处理,1:2处理仅次于1:0处理,同样显著高于1:1、1:3和CK3个处理,1:1、1:3处理间无显著性差异,但显著高于CK处理;1:0处理的芹菜维生素C含量显著低于对照,但与各处理间差异不显著;芹菜纤维素含量在1:0处理下显著低于对照和其它处理,各处理半纤维素含量差异不显著,1:3处理的木质素含量显著高于CK,1:0处理膳食纤维总量的显著低于1:3和CK处理,分别降低了25.00%、26.00%,其它处理间差异不显著。

表3 咸淡水交替灌溉对芹菜品质的影响

Table 3 Effect of alternative irrigation with saline and fresh water on quality of celery

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar content/ %	维生素 C 含量 Vitamin C content /mg · kg ⁻¹ FW	膳食纤维含量 Ditary fiber content/% 纤维素 Cellulose	半纤维素 Hemi- cellulose	木质素 Lignin	总量 Total content
1 : 0	4.48a	97.81b	1.61b	0.32a	0.27ab	2.13b
1 : 1	2.52c	98.98ab	2.06a	0.37a	0.28ab	2.67ab
1 : 2	3.60b	98.98ab	1.97a	0.35a	0.40ab	2.68ab
1 : 3	2.82c	98.74ab	2.14a	0.35a	0.58a	2.84a
CK	1.57d	99.91a	1.99a	0.34a	0.21b	2.88a

3 结论与讨论

盐分胁迫对于植物最显著的作用就是抑制其生长,盐分胁迫通过抑制植物分生组织的生长分化、叶片伸

展、器官形成、干物质合成,导致植物生长缓慢、植株矮小、品质降低^[7]。采用咸淡水交替灌溉是一种较好的咸水利用方式,可以有效减轻盐分胁迫对植株造成的伤害^[4]。大量研究证明^[9-12],在同样盐分水平下,咸淡水交替灌溉下的作物产量、品质均优于咸淡水混灌,且随着淡水灌溉次数的增加,植株受到的盐胁迫不断降低,生长受抑制情况会不断减弱^[13-14]。该试验结果表明,咸水灌溉会导致芹菜株高显著减小,地上部鲜重显著降低,表现对植株显著的盐胁迫,而咸淡水交替灌溉则有效减轻了盐胁迫造成的伤害,这与魏红国等^[15]在棉花上的研究结果相似。

盐分胁迫会导致植物细胞活性氧的大量增加,而活性氧增加最初会集中于细胞膜系统,从而导致膜脂过氧化,使得MDA含量大幅度增加,对植株产生伤害^[16-17],为了清除活性氧,保持细胞膜结构的完整性,植物细胞内的SOD、CAT、POD等抗氧化酶活性会大大增强,从而保证活性氧维持在正常水平,提高植物对环境的适应能力^[18-19];可溶性糖是植物对盐胁迫适应过程中的产物之一,其含量随植物受盐胁迫程度的加深而增加,它凭借较大的溶解度,通过大量积累可以增加细胞质浓度、降低细胞水势、提高植物的吸水能力,以使植物适应外界高盐环境^[20]。咸淡水交替灌溉可减轻盐胁迫对植物造成的伤害,降低植物细胞内的活性氧水平,因此,它可使细胞内抗氧化酶活性、MDA含量、可溶性糖含量降低^[21]。该试验中,通过对SOD、CAT、POD3种抗氧化酶活性、膜脂过氧化表征性物质MDA的含量以及渗透调节物质可溶性糖含量的变化趋势进行分析可知,随灌溉用水中淡水比例的增加,植物细胞中上述指标整体均呈

下降趋势,这与在番茄^[22]、黄瓜^[23]上得出的结论相似。由此可知咸水灌溉会对芹菜植株造成显著的盐胁迫,而咸淡水交替灌溉减轻了植株受盐胁迫的程度,咸水灌溉次数少的咸淡水交替灌溉不会产生盐胁迫。

综上所述,相比于淡水灌溉,NaCl浓度为60 mmol/L的微咸水灌溉会抑制芹菜植株的正常生长,而咸淡水比例为1:1的交替灌溉会减弱芹菜植株受到的盐胁迫,咸淡水比例为1:2和1:3的交替灌溉则不会对芹菜植株造成盐胁迫。综合考虑对微咸水资源的利用,1:2处理是较适宜的咸淡水交替灌溉方式。

参考文献

- [1] 李彬,王志春,孙志高,等.中国盐碱地资源与可持续利用研究[J].干旱地区农业研究,2005(2):154-158.
- [2] 刘友兆,付光辉,郭永杰,等.微咸水:资源化的利用途径[N].中国水利报,2004-10-30-006.
- [3] 苏莹,王全九,叶海燕,等.微咸水不同入渗水量土壤盐运移特征研究[J].干旱地区农业研究,2005(4):43-48.
- [4] 吕焯,杨培岭,管孝艳,等.咸淡水交替淋溶下土壤盐分运移试验[J].水利水电科技进展,2007,27(6):90-93.
- [5] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].2版.北京:科学出版社,2006:167-173.
- [6] 阎蔚,楼星球.食物纤维分析方法进展[J].无锡轻工业学院学报,1994(3):265-269.
- [7] 苏玲玲,申煜,张志军.纤维袋法测定饼粕类饲料原料中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量的研究[J].饲料博览,2013(8):1-5.
- [8] 杨少辉,季静,王罡,等.盐胁迫对植物影响的研究进展[J].分子植物育种,2006(S1):139-142.
- [9] Minhsa P S. Saline water management for irrigation in India[J]. Agric Water Manage,1996,30:1-24.
- [10] Al-Sulaimi J, Viswanathan M N, Naji M, et al. Impact of irrigation on brackish groundwater lenses in north Kuwait[J]. Agricultural Water Management,1996,31:75-90.
- [11] 王卫光,王修贵,沈荣开,等.微咸水灌溉研究进展[J].节水灌溉,2003(2):9-11.
- [12] 郭永辰,陈秀玲.咸水与淡水联合运用的灌溉策略[J].河北水利科技,2000(21):16-21.
- [13] 李红丽,智颖飘,雷光春,等.咸淡水交替灌溉对克隆植物大米草生长繁殖和生物量分配的影响[J].生态学报,2010,30(7):1744-1750.
- [14] 陈琳,邓自发,安树青,等.咸淡水轮换灌溉抑制互花米草的克隆生长和繁殖[J].植物生态学报,2007,31(4):645-651.
- [15] 魏红国,杨鹏年,张巨松,等.咸水滴灌对棉花产量和品质的影响[J].新疆农业科学,2010(12):2344-2349.
- [16] Gossett D R, Millhollon E P, Lucas M. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton[J]. Crop Science,1994,34(3):706-714.
- [17] 张恩平,张淑红,司龙亭,等. NaCl胁迫对黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响[J].沈阳农业大学学报,2001,32(6):446-448.
- [18] 王树凤,陈益泰,孙海菁,等.盐胁迫下弗吉尼亚栎生长和生理生化变化[J].生态环境,2008,17(2):745-750.
- [19] 王学征,韩文灏,于广建.盐分胁迫对番茄幼苗生理生化指标影响的研究[J].北方园艺,2004(3):48-49.
- [20] 费伟,陈火英,曹忠,等.盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J].上海交通大学学报,2005,23(1):5-9.
- [21] 田东生.咸淡水交替沟灌对土壤盐分分布和玉米生长的影响[D].北京:中国农业大学,2007.
- [22] 吴菊,林杰,杨飞,等. NaCl胁迫对3个番茄品种生长发育及产量的影响[J].安徽农业大学学报,2012(2):216-220.
- [23] 吴菊,赵会娟,鲍维巨,等. NaCl胁迫对黄瓜生长发育及产量的影响[J].浙江农业科学,2012(9):1259-1262.

Effect of Alternative Irrigation With Saline and Fresh Water on Growth and Quality of Celery

WANG Yan-fang, CAO Ling, CHEN Bao-yue, LIU Xi-jing, WANG Qian

(Beijing Key Laboratory of Growth and Developmental Regulation for Protected Vegetable Crops, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: With celery as material, a pot experiment was conducted, the effect of alternative irrigation with NaCl solution (60 mmol/L) and fresh water on the growth, physiological and biochemical characteristics and quality of celery were studied. The results showed that, irrigation with only saline could significantly reduce the celery plant height, increase SOD activity, CAT activity, chlorophyll content and soluble sugar content. With the increasing of fresh water irrigation times, the inhibition of NaCl on the growth of celery reduced, under 1:2 treatment, leaf number, fresh and dry weight, MDA content, chlorophyll content, vitamin C content and fiber content were no significant differences relative to CK, it showed 1:2 treatment was more appropriate alternative irrigation method under 60 mmol/L of NaCl solution.

Key words: celery; saline water; alternate irrigation; growth; physiological and biochemical characteristics; quality