

盐碱胁迫下黄瓜丙二醛含量及有机硅的缓解效应

刘莹, 徐关印

(河北工程大学 园林与生态工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要:以黄瓜品种“津研1号”为试材,采用正交设计 $L_9(3^4)$ 方法,于盆栽条件下研究了土壤盐碱胁迫下喷施有机硅对黄瓜不同生长时期叶片丙二醛含量的影响。结果表明:盐碱混合胁迫下,各时期叶片丙二醛含量均显著增加,随盐碱浓度的上升,叶片丙二醛含量逐渐增加;在各时期,不同性质盐分对黄瓜叶片丙二醛含量的影响均以碱性盐为主;各处理在喷施有机硅后叶片丙二醛含量显著下降,表明有机硅对盐碱胁迫有缓解效应。

关键词:盐碱胁迫;正交设计;黄瓜;丙二醛;有机硅

中图分类号:S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0001-05

盐渍土的化学组成成分为苏打盐渍化土壤(以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 为主要成分),苏打盐类不仅直接腐蚀作物组织并且使土壤性质恶化,严重地影响作物生育;硫酸盐盐渍化土壤;氯化物盐渍化土壤,硫酸盐-氯化物盐渍土或氯化物-硫酸盐盐渍土。我国是世界盐碱地大国,各类盐渍土面积约 3 460 万 hm^2 ,耕地盐碱化面积 760 万 hm^2 ,近 1/5 耕地发生盐碱化,而且随着干旱的频繁发生、化肥的使用和灌溉农业的发展,次生盐碱地面积还在不断扩大^[1-3]。

黄瓜是世界上栽培面积最大的蔬菜作物之一,在我国蔬菜栽培中占有重要地位,但是黄瓜对环境条件要求比较严格,喜欢中性偏酸性的土壤,容易受到盐碱胁迫的影响。土壤盐碱化的日益加剧给黄瓜生产造成巨大损失,而盐碱混合胁迫是自然界广泛存在的事实^[4-5],但以往的研究多集中在 NaCl 胁迫对黄瓜伤害的生理机制上。

已有研究表明,硅元素对植物生长和抗逆能力均有一定程度的影响,可显著增加植物对生物胁迫病虫害和非生物胁迫重金属、水分和盐害等的抵抗能力^[6-7]。相关研究多局限于无机硅,而有机硅对黄瓜盐碱胁迫的缓解效应尚鲜见报道。

该研究以“津研1号”为试材,通过盆栽试验,采用正交设计的方法研究中性和碱性盐在胁迫下,不同生长期对黄瓜的胁迫影响以及有机硅缓解胁迫的效应,以期缓解盐碱混合胁迫对黄瓜的毒害作用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤

供试土壤取自河北工程大学实验农场,土壤质地为黏土,有机质含量 $22.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 $1\ 819.0$ 、 187.6 、 32.8 、 $207.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,pH 6.7。

1.1.2 供试作物

供试黄瓜品种为“津研1号”。选取籽粒饱满,大小一致的种子,双氧水消毒后按常规方法浸

第一作者简介:刘莹(1963-),女,天津人,博士,教授,现主要从事作物栽培生理等研究工作。E-mail: lyroot@126.com.

基金项目:河北省科技厅资助项目(17221202D);邯郸市科技局资助项目(1328101069-4)。

收稿日期:2017-07-18

种、催芽,种子露白后播种。

1.1.3 试验试剂

所用试剂为分析纯 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 、 NaCl 、 Na_2SO_4 , 有机硅为纳米有机硅 $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4\text{Si}$ 。

1.2 试验方法

于2016年10月在河北工程大学实验农场进行。盆栽所用钵钵直径20 cm,高30 cm,每盆装

风干过筛土7.5 kg,施入复合肥2 g,播入种子出苗后定苗至每盆3株,2次重复,随机排列。按表1配制正交水平的盐碱试剂进行等量浇灌,试验同时设置清水浇灌的空白对照。在出苗后15 d(I期)、30 d(II期)、45 d(III期),分别使用加入适量洗衣粉的 $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 有机硅喷施黄瓜叶面。

表1

盐碱胁迫 $\text{L}_9(3^4)$ 正交因素水平

Table 1

The factor level of salinity stress $\text{L}_9(3^4)$ orthogonal

$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

水平 Level	试验因素 Treatment factor			
	A(NaHCO_3)	B(Na_2CO_3)	C(NaCl)	D(Na_2SO_4)
1	15	15	15	15
2	20	20	20	20
3	25	25	25	25

1.3 项目测定

喷施有机硅后24 h,取上部完全展开叶片,用硫代巴比妥酸方法测定丙二醛(MDA)含量^[8]。

1.4 数据分析

采用SAS软件处理数据,新复极差法分析不同处理的差异显著性。

2 结果与分析

由表2可以看出,MDA含量在3期处理的表现均为有机硅处理的低于无硅处理的,I期分别为 73.92 、 $84.91 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FW}$;II期分别为 231.81 、 $271.35 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FW}$;III期分别为 400.56 、 $462.08 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{FW}$ 。

有机硅处理的组合在I期处理中, $\text{A}_1\text{B}_1\text{C}_1\text{D}_1$ 叶片MDA含量最小;II期处理中 $\text{A}_1\text{B}_2\text{C}_2\text{D}_2$ 叶片MDA含量最小;III期处理中, $\text{A}_1\text{B}_2\text{C}_2\text{D}_2$ 叶片MDA含量最小。说明在各期上述盐碱胁迫范围内,施用有机硅可明显抑制MDA含量的增加。随着胁迫浓度的增加,2种处理叶片MDA含量在各个时期均有增加,I期MDA的增加量,有机硅与无硅处理分别增加了7.0%和8.5%;II期分别增加了1.6%和3.7%;III期则分别增加了1.3%和1.8%。

通过极差 R_j 值判断各因素对MDA含量影响的结果表明,有机硅和无硅处理的各因素对黄

瓜叶片MDA含量影响的主次顺序为:I期为 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ 和 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$;II期为 $\text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3$;III期为 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaCl}$ 和 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$ 。由此可见,在不同生长期时期内,碱性盐是影响黄瓜叶片MDA含量的主要因素。

表3的方差分析结果表明,有机硅和无硅处理对黄瓜叶片的MDA含量的影响差异在不同时期均达到了极显著水平。与无硅处理相比,有机硅在不同时期均能够抑制盐碱胁迫造成的MDA含量的上升(表4)。

3 讨论

植物在逆境中,遭受氧化胁迫发生膜质过氧化而产生MDA,其含量反映了植物细胞膜质过氧化程度及对逆境条件反应的强弱。该试验结果表明,在不同时期盐碱混合胁迫中,随着盐碱浓度的升高,2种处理叶片的MDA含量随之增加,与已有研究结果相一致^[9]。

对小冰麦受到盐碱胁迫生理相应的研究表明,土壤中一旦含有 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} ,导致土壤pH升高之后,植物不仅受到盐胁迫,而且还受到高pH胁迫。植物根际环境中pH升高:1)使各

表 2 盐碱胁迫 $L_9(3^4)$ 正交因素水平下不同时期、处理 MDA 含量

Table 2 MDA content in different periods and treament under salt stress $L_9(3^4)$ orthogonal factor level

处理 Treatment	试验号 Test number	丙二醛含量 MDA content/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)									
		A	B	C	D	I 期 I stage		II 期 II stage		III 期 III stage	
						有机硅 Organic silicon	无硅 Silicon-free	有机硅 Organic silicon	无硅 Silicon-free	有机硅 Organic silicon	无硅 Silicon-free
有机硅(I 期) Organic silicon (I stage)	1	1	1	1	1	6.33dE	7.71dD	24.10dD	27.00DeE	39.40CdD	46.81dD
	2	1	2	2	2	6.78dD	6.69dD	21.06eE	23.00fF	37.00dD	43.79D
	3	1	3	3	3	7.57cdD	9.67BcC	23.02DeE	22.82fF	38.00dD	45.83dD
	4	2	1	2	3	7.91cCdD	8.92cC	25.75cCdD	28.13DeE	42.90BcC	47.24dD
	5	2	2	3	1	8.52bcBC	9.65BcC	27.64AbB	30.00cCdD	47.34aAbB	54.31bBcC
	6	2	3	1	2	8.21bcBC	10.54aAbB	28.86AbB	32.31BcC	49.95aA	55.40aAbB
	7	3	1	3	2	8.26bcBC	9.61BcC	27.50AbB	37.25aA	50.03aA	54.68AbB
	8	3	2	1	3	9.56aAbB	10.99aAbB	26.60CbB	34.84AbB	45.53bBcC	55.91aAbB
	9	3	3	2	1	10.80aA	11.17aA	27.30AbB	36.00aAbB	50.41aA	58.11aA
	T1	20.67	22.49	24.09	25.65						
	T2	22.25	24.85	25.48	23.25						
	T3	23.99	26.58	24.35	25.03						
	R	1.11	1.36	0.46	0.80						
	因素主次顺序 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$										
	T1	24.06	26.23	29.23	28.52						
	T2	25.27	27.32	26.77	26.83						
	T3	28.23	31.37	28.92	29.57						
	R	1.39	1.71	0.82	0.35						
	因素主次顺序 $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$										
	T1	68.18	77.35	79.56	79.03						
	T2	69.83	75.29	74.11	77.42						
	T3	76.40	79.17	78.15	75.36						
	R	2.74	1.29	1.82	1.22						
有机硅(II 期) Organic silicon (II stage)	因素主次顺序 $\text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4$										
	T1	72.82	92.38	94.14	93.00						
	T2	73.95	87.84	87.13	92.55						
	T3	80.95	91.13	90.07	85.79						
	R	2.71	1.51	2.34	2.41						
	因素主次顺序 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{CO}_3$										
	T1	114.39	132.33	134.87	137.14						
	T2	117.90	129.86	130.30	136.98						
有机硅(III 期) Organic silicon (III stage)	T3	128.24	138.36	135.37	126.43						
	R	4.62	2.83	1.69	3.57						
	因素主次顺序 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaCl}$										
	T1	136.43	148.72	158.11	159.22						
	T2	136.86	154.00	149.13	153.86						
	T3	147.37	159.33	154.81	148.97						
	R	3.65	3.54	2.99	3.42						
	因素主次顺序 $\text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaCl}$										

注:表中 T1、T2、T3 表示各因素结果之和,R 为极差值;同列数据后不同大小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$)。下同。

Note: T1, T2 and T3 in the table indicate the sum of the results of each factor, and R is the poor value. Different capital and lowercase letters after the data in the same column indicate significant difference ($P<0.01$ or $P<0.05$). The same below.

表 3 盐碱胁迫 $L_9(3^4)$ 正交因素水平下不同时期、处理 MDA 含量的方差分析Table 3 Analysis of variance of MDA content in different periods and treaments under salt stress $L_9(3^4)$ orthogonal factor level

处理 Treatment	变异来源 Source of variation	D	SS	MS	F
有机硅(I期) Organic silicon(I stage)	处理间	8	29.47	3.68	17.25**
	处理内	18	3.84	0.21	
	总变异	26	33.31		
无硅(I期) Silicon-free(I stage)	处理间	8	35.08	4.39	14.29**
	处理内	18	5.52	0.31	
	总变异	26	557.26		
有机硅(II期) Organic silicon(II stage)	处理间	8	103.18	12.90	20.51**
	处理内	18	11.32	0.63	
	总变异	26	114.50		
无硅(II期) Silicon-free(II stage)	处理间	8	390.42	48.80	32.51**
	处理内	18	27.02	1.50	
	总变异	26	417.44		
有机硅(III期) Organic silicon(III stage)	处理间	8	462.87	57.86	27.27**
	处理内	18	38.19	2.12	
	总变异	26	501.06		
无硅(III期) Silicon-free(III stage)	处理间	8	455.39	56.92	20.56**
	处理内	18	49.83	2.77	
	总变异	26	510.23		

表 4 不同时期有机硅与无硅处理下 MDA 含量的多重比较

Table 4 Multiple comparisons of MDA content in organic silicon and silicon-free treatments at different periods

试验号 Test number	处理 Treatment	丙二醛含量 MDA content/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)		
		I 期 I stage	II 期 II stage	III 期 III stage
1	有机硅	6.33aA	24.10aA	39.40aA
	无硅	7.71bB	27.00bB	46.81bB
2	有机硅	6.78aA	21.06aA	37.00aA
	无硅	6.69aA	23.00bB	43.79bB
3	有机硅	7.57aA	23.02aA	38.00aA
	无硅	9.67bB	22.82aA	45.83bB
4	有机硅	7.91aA	25.75aA	42.90aA
	无硅	8.92bB	28.13bB	47.24bB
5	有机硅	8.52aA	27.64aA	47.34aA
	无硅	9.65bB	30.00bB	54.31bB
6	有机硅	8.21aA	28.86aA	49.95aA
	无硅	10.54bB	32.31bB	55.40bB
7	有机硅	8.26aA	27.50aA	50.03aA
	无硅	9.61bB	37.25bB	54.68bB
8	有机硅	9.56aA	26.60aA	45.53aA
	无硅	10.99bB	34.84bB	55.91bB
9	有机硅	10.80aA	27.30aA	50.41aA
	无硅	11.17bB	36.00bB	58.11bB

种矿质离子的存在状态发生改变,进一步导致植物细胞内离子不平衡,干扰代谢;2)造成根系周围氧气供应能力的严重破坏;3)破坏根系的生理功能甚至使根细胞解体导致根系结构破坏。植物要适应碱胁迫就必须付出更多的物质和能量,因此碱胁迫对生长的抑制作用往往更为严重^[10]。该研究通过盐碱不同水平的正交实验分析,得出碱性盐是黄瓜在各个生长期最主要的胁迫因子,因此,在黄瓜的种植管理过程中,种植者首先要特别注意对土壤盐分的测定分析,充分评估风险并制定好相应的应对措施,从而减缓盐碱对其危害的程度,降低管理成本。

大量研究表明,硅可以降低盐胁迫下大麦、玉米、水稻的电解质渗漏率和含量,减轻盐胁迫对细胞质膜的伤害,提高抗氧化酶的活性,增加抗坏血酸和谷胱甘肽的含量,降低叶片膜脂过氧化伤害,增强叶片消除自由基的能力^[6-7]。该研究以有机硅作为硅源,在黄瓜生长的不同时期,对于不同浓度的盐碱胁迫均具有明显的减缓作用,其与应用无机硅处理效果的比较还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 杨福,梁正伟,王志春,等. 水稻耐盐碱品种(系)筛选试验与省区域试验产量性状的比较[J]. 吉林农业大学学报,2007,29(6):596-600.
- [2] 王越,赵辉,马凤江,等. 盐碱地与耐盐碱牧草[J]. 山西农业科学,2006,34(1):55-57.
- [3] 祁栋灵,郭桂珍,李明哲,等. 水稻耐盐碱性生理和遗传研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(4):486-493.
- [4] 王素平,郭世荣,李璟,等. 盐胁迫对不同基因型黄瓜幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2006(2):76-79.
- [5] 魏国强,朱祝军,方学智,等. NaCl 胁迫对不同品种黄瓜幼苗生长、叶绿素荧光特性和活性氧代谢的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(11):1754-1759.
- [6] ROBARDS A W, LUCAS W J. Annual review of plant physiology and plant molecular biology[J]. Annual Reviews Inc, 1988,154(5):643-668.
- [7] 梁永超,丁瑞兴,刘谦. 硅对大麦耐盐性的影响及其机制[J]. 中国农业科学,1999,32(6):75-83.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003:164-249.
- [9] 卢凤刚,樊新华,夏彦辉,等. 盐碱混合胁迫对黄瓜幼苗根系主要生理代谢的影响[J]. 北方园艺,2013(15):33-35.
- [10] 杨春武,李长有,尹红娟,等. 小冰麦对盐胁迫和碱胁迫的生理响应[J]. 作物学报,2007,33(8):1255-1261.

Malondialdehyde Content in Cucumber Under Neutral-alkaline Salt Stress and Mitigative Effect of Organic Silicon

LIU Ying, XU Guanyin

(College of Landscape and Ecological Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038)

Abstract: Cucumber ‘Jinyan No. 1’ was used as test materials, the orthogonal design $L_9(3^4)$ of neutral-alkaline salt was designed to research the effect of organic silicon on malondialdehyde content in cucumber leaves spraying at different growth stages in pot experiments. The results showed that, under the neutral-alkaline salt stress, the content of malondialdehyde in leaves increased significantly, and increased gradually with the increase of the solution concentration. The effect of different neutral-alkaline salt content on the malondialdehyde content in cucumber leaves was the most significant at each stage and the alkaline salt were the main factors to change MDA content in cucumber leaves. The content of malondialdehyde in the leaves was significantly decreased which dealt with spraying the organic silicone solution, indicating that the organic silicone had a mitigating effect on neutral-alkaline salt stress.

Keywords: neutral-alkaline salt stress; orthogonal design; cucumber; malondialdehyde; organic silicone