

盐胁迫下硅对草莓生长发育的影响

王耀晶¹, 郭修武², 王 英³

(1. 沈阳农业大学 理学院 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110161; 3. 抚顺市顺城区农业技术推广中心 辽宁 抚顺 113000)

摘 要: 采用水培试验, 研究了盐胁迫下硅对草莓生长发育的影响。结果表明: 硅处理能够减轻草莓叶片的盐害程度, 使植株保持一定的新根发生能力。硅能够降低盐胁迫下叶片质膜透性, 使 MDA 含量减少, 减轻膜质过氧化程度; 硅能降低脯氨酸的含量, 提高 SOD 的活性, 减轻了活性氧及自由基对草莓叶片的毒害作用; 加硅处理使草莓根系活力上升、根系质膜透性降低、植株生物产量增加。

关键词: 硅; 草莓; 盐胁迫

中图分类号: S 668.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)01-0022-03

近年来的研究表明, 硅可显著提高作物的抗盐性, 降低作物盐害^[1-4]。梁永超的研究表明^[4], 硅可提高盐胁迫下大麦叶片的光合速率, 提高钾钠吸收选择性比率, 并且认为这是硅降低大麦盐害的机理之一。束良佐等^[5-6]用砂基培养的方法, 研究了硅对盐胁迫下玉米幼苗生长的一些生理指标的影响, 结果表明, 硅增强了盐胁迫下玉米硝酸还原酶的活性, 促进了蛋白质的合成, 提高了盐胁迫下玉米叶片的光合速率, 降低了玉米幼苗根系质膜透性, 增强了根系活力, 抑制玉米对钠离子的吸收, 促进了对钾离子的吸收。硅能够提高盐胁迫烟草悬浮细胞耐盐性^[7]。盐胁迫下烟草悬浮细胞变小, 大小不一, 畸形增多, 加硅使细胞形态明显改善, 长宽比例缩小, 圆形细胞增多, 畸形细胞减少; 加硅后细胞数量明显增加。

草莓是我国主要栽培的经济作物之一, 然而有关硅对草莓耐盐性的研究却鲜有报道。现采用水培法, 研究盐胁迫条件下硅对草莓生长发育的影响和探讨施硅的抗盐机理, 为我国硅肥的施用及盐碱条件下改善作物生长提供参考。

1 材料与方法

1.1 试材

试验材料为草莓(*Fragaria ananassa* Duch.) '丰香'组培苗, 由沈阳农业大学园艺学院草莓园提供。试验于 2005 年 5 月进行。

1.2 试验方法

选取长势一致的草莓组培苗, 水培于 20 cm×20 cm

的塑料盆中, 用 300 mL 山崎营养液培养草莓植株, 每盆 5 株, 重复 10 次, 培养液用 H₂SO₄ 调至 pH 6.8 左右, 每隔 2 d 换一次营养液。处理 10 d 后, 开始取样测定各项生理指标。

1.3 处理

试验设 1 个水平的钠 (NaCl) 和 3 个水平的硅 (K₂SiO₃), 钠的浓度为 17 mmol·L⁻¹, 硅浓度分别为 0.5、1.5、2.5 mmol·L⁻¹。处理如下: (1) 营养液 (CK1); (2) 17 mmol·L⁻¹ NaCl (CK2); (3) 17 mmol·L⁻¹ NaCl + 0.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃ (Si1); (4) 17 mmol·L⁻¹ NaCl + 1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃ (Si2); (5) 17 mmol·L⁻¹ NaCl + 2.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃ (Si3)。各处理均用去离子水配制, 为防止 SiO₃²⁻ 与营养液中的 Ca²⁺、Mg²⁺ 等产生沉淀, 处理时先调节营养液的 pH 值。为使各处理钾离子含量一致, 以 Si3 处理中所含钾离子为标准, 分别向各处理中添加 K₂SO₄ 溶液以平衡钾离子。

1.4 植株盐害分级标准

0 级: 无盐害症状; 1 级: 轻度盐害, 约 1/3 的叶尖和叶缘呈失水萎蔫状; 2 级: 中度盐害, 约 1/2 的叶尖和叶缘呈失水萎蔫并有焦枯; 3 级: 重度盐害, 2/3 以上的叶尖及叶缘焦枯, 面积约达 1/3; 4 级: 极度盐害, 所有叶片叶尖及叶缘焦枯面积达 1/2 以上; 5 级: 植株叶片全部枯死。

1.5 测定方法

细胞质膜透性的测定参照张宪政^[9]的方法, 用相对电导率来表示; 丙二醛 (MDA) 含量采用硫代巴比妥酸 (TAB) 法测定^[8]; 脯氨酸含量的测定参照张宪政^[9]的方法, 采用酸性茚三酮法测定; 叶片的超氧化物歧化酶 (SOD) 的测定参照邹琦^[8]的方法; 根系活力采用 TTC 法测定^[8]。

2 结果

2.1 盐胁迫下施硅对草莓叶片受害情况及发根的影响

第一作者简介: 王耀晶(1972), 女, 达斡尔族, 黑龙江省齐齐哈尔人, 副教授, 在读博士, 从事化学和土壤与植物营养等方面的研究。

通讯作者: 郭修武。

收稿日期: 2007-07-18

2.1.1 盐胁迫下施硅对草莓叶片受害情况的影响 从表1可以看出,盐处理(CK2)草莓叶片盐害反应最快,受害程度也最重,加硅处理的植株叶片盐害程度均比盐处理有所减轻,且盐害出现的时间早晚和最终盐害程度不同。盐处理(CK2)到第4天时开始在叶尖和叶缘出现失水萎蔫状,0.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理(Si1)在第6天、1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理(Si2)在第8天、2.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理(Si3)在第6天出现该现象。当处理到第15天时,单盐处理和2.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理达到4级盐害标准,而0.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃和1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理分别达到3级和2级盐害标准。

表1 盐胁迫条件下硅对草莓叶片盐害情况的影响

处理	不同处理时间叶片盐害级别/d							
	2	4	6	8	10	12	15	20
CK1	0	0	0	0	0	0	0	0
CK2	0	0.5	1.0	2	3.0	3.0	4.0	5.0
Si1	0	0	0.5	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Si2	0	0	0	0.5	1.0	1.0	2.0	3.0
Si3	0	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

2.1.2 盐胁迫下硅对草莓发根的影响 在盐胁迫下,硅能够减少盐胁迫对根系的危害,使植株保持一定的新根发生能力。加盐15 d后,盐处理(CK2)的植株已无乳白色新根存在,而加硅处理仍有新根,其新根量与所施硅量呈显著二次相关关系($r=0.9644, n=4$)。

表2 盐胁迫下硅对草莓发根的影响

处理	新根干重/mg·株 ⁻¹	相对发根量/%
CK1	68.3	100
CK2	0.00	0.00
Si1	20.2	29.57
Si2	36.5	53.40
Si3	18.3	26.79

2.2 硅对盐胁迫下膜伤害的影响

2.2.1 硅对盐胁迫下膜透性的影响 随着盐胁迫处理时间的延长,叶片电解质相对电导率增加,膜透性变大。如图1所示,加盐后第10天,单盐处理的叶片质膜的相对电导率增加了1.89倍,而各加硅处理的草莓叶片相对电导率低于盐处理,其叶片相对电导率只增加了0.82~1.60倍。其中以硅浓度为1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理效果最好。上述变化与植株的盐害程度的直观表现较为一致。

2.2.2 硅对盐胁迫下丙二醛含量的影响 丙二醛(MDA)含量是细胞膜质过氧化的主要产物之一,其含量的高低反映了细胞膜质过氧化作用的强弱,是衡量膜质破坏程度的重要指标^[9]。如图2所示,加盐后第10天,盐胁迫下草莓叶片的MDA含量显著增加,加硅处理MDA的含量均减少,表明加入硅后使膜质过氧化程度减轻,并以硅浓度为1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理(Si2)效果最好。上述变化与植株的盐害程度的表现也较为一致。

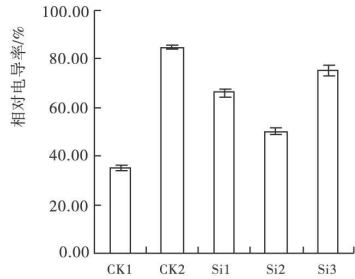


图1 硅对盐胁迫下草莓叶片的相对电导率的影响

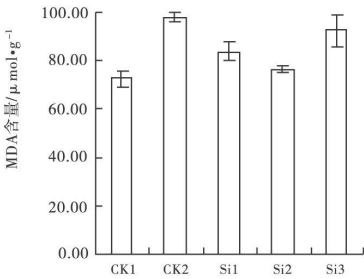


图2 硅对盐胁迫下草莓叶片MDA含量的影响

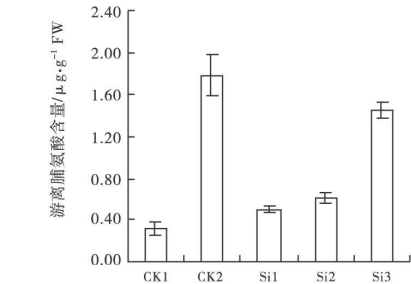


图3 硅对盐胁迫下草莓叶片游离脯氨酸含量的影响

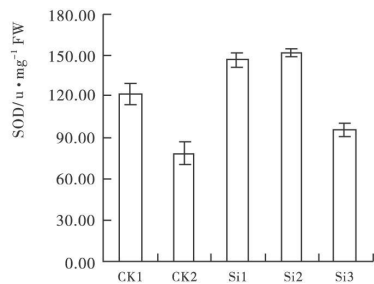


图4 硅对盐胁迫下草莓叶片SOD含量的影响

2.3 硅对盐胁迫下叶片渗透调节物质游离脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物在逆境条件下植物体内积累的一种

具有调节细胞功能、适应逆境条件的氨基酸。它可以降低细胞酸度,调节细胞氧化还原势,稳定生物大分子结构,被公认为是植物细胞中的一种渗透调节物质。盐胁迫下植物脯氨酸的积累是一种较为普遍的现象,它既可能有适应性的意义,又可能是细胞结构和功能受损伤的表现^[12]。图3表明,盐胁迫下草莓叶片游离脯氨酸含量大量积累,加盐后第10天脯氨酸增加了3.34倍。加硅后降低了脯氨酸的含量,尤以0.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃(Si1)和1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃(Si2)处理效果明显,同期脯氨酸仅增加了0.47和0.68倍。

试验中游离脯氨酸的积累量与膜透性的增加值呈一定的正相关($r=0.8776, n=5$),与叶片盐害程度也较一致,即盐害越重,脯氨酸积累越多。因此认为盐胁迫下草莓叶片脯氨酸的增加可能是受害的一个生理特征而非适宜性反应。

2.4 硅对盐胁迫下叶片超氧化物歧化酶活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内清除自由基的最关键的保护酶之一,它能催化生物体内分子氧活化的第一个中间产物O²⁻发生歧化反应,生成O₂和H₂O₂,从而起到清除氧、维持氧代谢水平的重要作用^[3]。因此SOD常作为抗性机制起作用。盐处理明显降低草莓叶片SOD活性,这就使草莓叶片的局部过氧化伤害增强。加不同浓度的硅后,可促进盐胁迫下SOD的活性(如图4所示),SOD活性的提高,增强了叶片清除超氧阴离子自由基的能力,减少了活性氧及自由基对草莓叶片的毒害作用。

2.5 硅对盐胁迫下草莓根系活力、根系质膜透性、植株

生物产量的影响

根系是植物吸收水分和养分的主要器官,根系活力大小、根系的选择性直接影响到植株的生长和抗逆能力。加盐后第15天,测定各处理的根系活力及根系质膜的相对电导率和生物产量,如表3所示。盐胁迫下(CK2)草莓根系活力下降了26.88%,根系质膜透性上升了46.22%,生物产量下降了43.17%。加硅可改善上述生理指标,其中以1.5 mmol·L⁻¹ K₂SiO₃处理(Si2)效果明显。与CK2相比,Si2处理的根系活力上升了28.34%,而根系质膜透性则逐渐下降了28.68%,植株生物产量增加了55.43%。

表 3 硅对盐胁迫下草莓根系活力、根系质膜透性、植株生物产量的影响					
处理	CK1	CK2	Si1	Si2	Si3
根系活力	120.82(±0.08)	88.34(±1.95)	104.67(±2.49)	113.43(±1.79)	91.78(±1.02)
相对电导率	38.58(±0.38)	56.41(±0.61)	44.89(±0.64)	40.23(±0.17)	50.48(±0.62)
生物产量	4.54(±0.08)	2.58(±0.05)	3.83(±0.09)	4.01(±0.08)	2.85(±0.08)

单位:根系活力(TTC),μg·g⁻¹·h⁻¹FW;相对电导率,%;生物产量:g/株

3 结论

试验结果表明,盐胁迫下硅能减轻草莓叶片的盐害程度,使植株保持一定的新根发生能力。盐胁迫下硅能降低草莓叶片的质膜透性,使MDA的含量减少,减轻膜质过氧化程度。盐胁迫下硅能降低脯氨酸的含量,提高SOD的活性,减轻了活性氧及自由基对草莓叶片的毒害作用。盐胁迫下草莓根系活力下降,根系质膜透性增加,植株生物产量减少,而加硅处理的根系活力上升、根系的选择透性降低、植株生物产量增加。

参考文献

[1] Ahmad R, Zaheer S H, Ismail S. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Plant Sci. 1992; 85: 43-50.
[2] Matoh t, Kairus mee P, Takahashi E. Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate [J]. Soil Sci Plant Nutr. 1986; 32: 295-304.
[3] Liang Y C. Effects of silicon on enzyme activity, and sodium, potassium and Calcium concentration in barley under salt stress [J]. Plant and Soil. 1999, 209(2): 217-224.

[4] 梁永超, 丁瑞兴, 刘谦. 硅对大麦耐盐性的影响及机制 [J]. 中国农业科学. 1993; 32(6): 75-83.
[5] 束良佐, 刘英慧. 硅对盐胁迫下玉米幼苗生长的影响 [J]. 农业环境保护, 2001, 20(1): 38-40.
[6] 束良佐, 刘英慧. 硅对盐胁迫下玉米幼苗叶片膜脂过氧化和保护系统的影响 [J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2001, 40(6): 1295-1300.
[7] 房江玉, 王贺, 张福锁. 硅对盐胁迫烟草悬浮细胞的作用 [J]. 作物学报, 2003, 29(4): 610-614.
[8] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
[9] 张宪政. 作物生理研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1992.
[10] 李明, 王根轩. 干旱胁迫对干草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响 [J]. 生态学报, 2002, 22(4): 503-507.
[11] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的积累及其可能的意义 [J]. 植物生理通讯, 1984(1): 16.
[12] 段辛楣, 马鸿翔, 戴子林. 耐热贮藏优良草莓品种形态特征的相关性 [J]. 江苏农业科学. 1992(6): 46-48.
[13] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的积累及其可能的意义 [J]. 植物生理通讯, 1984(1): 16.
[14] 李金生. 现代植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

Effect of Silicon on Strawberry Growth under Salt Stress

WANG Yao-jing¹, GUO Xiu-wu², WANG Ying³

(1. Department of Basic Courses, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. College of Horticulture Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 3. Agricultural Extension Center of Shuncheng District, Fushun, Liaoning 113000, China)

Abstract: The effect of silicon on growth of strawberry was studied under salt stress by water culture experiment. Results showed that the degree of harmful effect caused by salt could be alleviated and the new root growth could be facilitated in the silicon treatment. The permeability of leaf cytoplasmic membrane and the content of MDA could be reduced, and the degree of cytoplasmic membrane peroxidization could be lessened by silicon. The content of proline decreased, however, the activity of SOD heightened and the poisonous effect of active oxygen and free radical on leaves of strawberry could be alleviated by silicon. The root activity was improved, the permeability of root cytoplasmic membrane decreased and the yield of strawberry increased in the treatment of added silicon.

Key words: Silicon; Strawberry; Salt stress