

硅对甜瓜早熟性及光合特性的影响^{*}

卢 钢 曹家树

(浙江大学蔬菜研究所, 杭州 310029)

摘 要: 在水培条件下, 以不同熟性甜瓜品种为材料, 研究了适度低温条件下, 营养液中硅对甜瓜生长、光合作用以及早熟性的影响。结果表明, 供硅处理可以增加植株根冠比, 提高地上部与地下部硅含量。与缺硅植株相比, 施硅可以明显地提高两个品种叶绿素含量, 不同程度地增强光合速率, 降低蒸腾速率。使得甜瓜品种 ‘Starship’ 开花期提前, 坐果节位降低, 化果率明显下降, 从而显著地提高早期产量。

关键词: 甜瓜; 硅; 早熟性

中图分类号: S 652 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2001) 05-0421-04

硅可以影响许多植物 (尤其是单子叶植物) 的生长及生物学产量, 增强抗逆性, 缓解重金属积累的危害, 并保护作物免遭病菌侵染^[1]。但是对于硅功能的研究, 大多局限在水稻、小麦、芦苇等禾本科作物上^[1~3]。硅肥在水稻、甘蔗等生产中已大面积推广应用, 以达到增产、改善品质的目的。硅对一些双子叶植物, 如番茄、草莓和黄瓜等也有一定的效应, 使生理代谢、酶活性以及根系生长发生变化^[4,5]。我们在发现硅能促进早春甜瓜早熟性的基础上, 以熟期不同的甜瓜品种为材料, 进一步探讨硅对其生长和光合特性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料和处理

早熟性观察: 甜瓜 (*Cucumis melon* L.) 品种为 ‘Earligold’ (早熟) 与 ‘Starship’ (晚熟)。种子浸泡催芽后, 2000 年 3 月 15 日在玻璃温室内播于珍珠岩上。3 周后用去离子水洗根, 移至塑料钵中, 为防光线透入, 塑料钵外涂黑色油漆。用 Hoagland 1 号营养液, EDTA 铁形态, 另加微量元素混合液, 均用去离子水配制。根据 Liang^[6]报道以及前期试验确定补充 Si 的浓度为 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。进行 - Si (不加 Si) 和 + Si ($1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SiO}_3$) 处理, 对照中加入 Na_2CO_3 作为平衡。每处理 10 株, 4 次重复。培养期间, 前期每 15 d 换 1 次营养液, 后期每周换 1 次。6 月 28 日~ 8 月 19 日采收。在生长后期观察第一雌花节位、始花期、化果率等生长发育特性, 统计早期 (7 月 20 日前采收的) 产量以及总产量。

生理特性研究: 按上述方法, 2000 年 9 月在人工气候室内培育甜瓜幼苗。两个品种供以 - Si 和 + Si ($1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{SiO}_3$) 的营养液, 共 4 个组合, 每个处理 30 株。随机排列, 重复 3 次。昼夜温度控制在 $(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$ / $(10 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 。光强度 $850 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光照 12 h。移栽 40 d 进入生长盛期后, 各处理随机取样 10 株测定叶绿素含量, 光合速率

收稿日期: 2001-04-16; 修回日期: 2001-06-11

© 部分实验在美国衣俄华州州立大学植物营养实验室完成。ic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

(Pn) 等。另取样 10 株用于植物鲜样质量、硅含量等分析。

1.2 测定方法

参照 Bell 等的方法^[7]，采用 HClHF 消煮，震荡过夜后，抽提液在等离子仪上分析 Si 含量。用 ICAP/IRIS (Thermo Element, Franklin, USA)，功率 1150 W，泵流速 110 r·min⁻¹，波长 250.690 nm，以 0、10、50 mg·L⁻¹ Si 标准液建立线性方程，r= 0.99997。每个样品取 3 个读数的平均值。

利用美国 Li-COR 公司产的 Li-6400 型光合测定系统测定叶片净光合速率 (Pn)、气孔导度 (GS)、细胞间隙 CO₂ 浓度 (Ci)、蒸腾速率 (Tr)，测定光强为 1100 μmol·m⁻²·s⁻¹，温度 18℃。每次测定 5 株以上，每株重复 3~5 次。叶绿素含量按 Nybom 方法^[8]测定。

2 结果与分析

2.1 硅对甜瓜早熟性的影响

对于低温生长的甜瓜，营养液中加硅的处理并没有对第一雌花节位产生明显的影响。但两个品种的始花期都比对照提前，尤其是品种‘Starship’，始花期提前了 5 d，其坐果节位显著降低，即在完全无硅的营养液中生长，会延迟坐果。由于两个品种对低温的适应性不同，品种‘Starship’的化果率远高于‘Earigold’，营养液中加硅的处理可以明显地降低前者的化果率，而品种‘Earigold’变化并不明显。同无硅处理植株相比较，加硅处理使‘Earigold’和‘Starship’早期产量分别提高了 14.4 %、25.4 %，后者增加显著，但对两个品种的总产量并没有明显影响 (表 1)。

表 1 硅对甜瓜早熟特性的影响
Table 1 Effects of Si supplement on earliness of two varieties of melon

品种 Varieties	处理 Treat- ment	第一雌花节位 First female flower node	坐果节位 First fruiting node	始花期 (定植后天数) Days to flowering	化果率 (%) Percent age of aborting fruit	早期产量 (kg/ plant) Early yields	总产量 (kg/ plant) Total yields
Earigold	- Si	7.1 a	15.2 a	32 a	12.4 a	1.8 a	3.02a
	+ Si	8.0 a	12.9 a	29 a	10.9 a	2.06 a	3.35a
Starship	- Si	11.6 y	18.5 y	36 y	23.6 y	1.14 y	5.18y
	+ Si	10.7 y	14.3 z	31 y	15.7 z	1.43 z	5.53y

注：数字后字母 a、b 和 y、z 分别表示两个品种硅处理间差异的显著性，大写字母表示 1% 水平，小写字母表示 5% 水平，下表同。Note: Small and capital letters indicate 5% and 1% significant levels, respectively. + Si: Na₂SiO₃ 1.0 mmol·L⁻¹, - Si: Na₂SiO₃ 0 mmol·L⁻¹. The same below.

2.2 营养液加硅对植株营养生长以及硅含量的影响

两个品种在供硅条件下地下部含硅量明显低于地上部分，而两个品种之间并没有明显差异。营养液中加硅使两个品种地上部、地下部硅含量都大幅度上升。植物体内硅的吸收主要是通过植株蒸腾作用对单酸硅的被动吸收来实现的^[2]。但甜瓜吸硅速率和胞外硅浓度呈非线性关系，若将营养液中硅浓度从 1.0 mmol·L⁻¹ 上升到 2.0 mmol·L⁻¹ 时，‘Earigold’甜瓜地上部和根部硅含量分别上升到 5351.0 mg·kg⁻¹ 和 3857.8 mg·kg⁻¹，分别增加了 24.9 %，46.3 %，可见甜瓜对硅的吸收可能不是单纯的被动吸收 (表 2)。

施硅对甜瓜地上部营养生长并没有明显的影响，但能促进根系生长，‘Earigold’和

‘Starship’两品种地下部鲜样质量分别增加了10.9%和28.9%。根冠比也有不同程度的提高，特别是‘Starship’品种，其根冠比从0.156提高到0.232。

表2 营养液加硅处理对甜瓜植株硅含量的影响
Table 2 Effect of supplying Si on the Si content in the shoots and roots of melon (mg·kg⁻¹)

品种	处理	地上部	根
Varieties	Treatment	Shoot	Root
Earigold	- Si	273.8	343.0
	+ Si	4284.6	2637.2
Starship	- Si	301.2	328.5
	+ Si	3872.4	2341.5

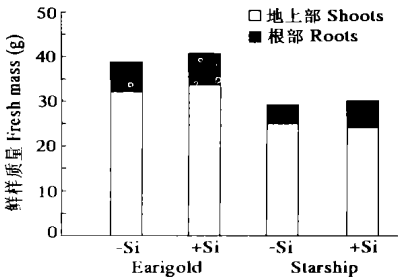


图1 Si对甜瓜地上部和根部鲜样质量的影响
Fig. 1 Effect of Si on the fresh mass of the shoots and roots in melon

2.3 硅对甜瓜叶片光合特性的影响

硅可以显著地提高甜瓜叶片叶绿素含量，从而提高低温条件下的光合速率。尤其是‘Starship’的光合速率显著地增加。但是气孔导度(Gs)与胞间CO₂浓度(Ci)并没有随光合速率增加。一般认为影响植物光合的因子有两类，即气孔限制和非气孔限制。显然硅对甜瓜光合的影响主要是非气孔因素的。

加硅处理植株的明显变化是叶片蒸腾速率有不同程度的降低，‘Earigold’和‘Starship’分别降低了20.4%、27.3%，因而两者的水分利用效率都有显著提高，以Pn/Tr表示，分别从2.7和2.22上升到3.69与3.70。这一结果同水稻上所报道的一致^[11]。

表3 硅处理对甜瓜叶片叶绿素含量、Pn、Gs、Ci与Tr的影响
Table 3 Effect of Si on chlorophyll content, Pn, Gs, Ci and Tr in melon leaves

品种	处理	叶绿素含量	光合速率	气孔导度	胞间CO ₂ 浓度	蒸腾速率
Varieties	Treatment	Chlorophyll content (mg·g ⁻¹ FW)	Photosynthetic rate (μmol·m ⁻² ·S ⁻¹)	Stomatal conductance (mmol·m ⁻² ·S ⁻¹)	Intercellular CO ₂ (μL·L ⁻¹)	Transpiratory rate (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
Earigold	- Si	4.04 a	12.56 a	182 a	258 a	4.65 a
	+ Si	4.80 b	13.7 a	201 a	239 a	3.71 b
Starship	- Si	3.25 Y	9.58 y	143 y	241 y	4.32 Y
	+ Si	4.16Z	11.64 z	151 y	271 y	3.14 Z

3 讨论

由于硅无处不在，很难创造植物生长的无硅环境，因此迄今为止，人们还无法证明硅是植物生长的必需元素。许多研究表明硅并非只是增强了植物的机械强度，还可能参与了植物的代谢活动^[9]。Deren等^[10]曾报道施硅肥可以使水稻提前成熟，而缺硅植株抽穗期推迟，结实率不良，产量降低。在我们试验中发现可溶性硅尽管对早春条件下生长的甜瓜地上部营养生长影响不大，但能促进甜瓜根系生长，增大植株根冠比。甜瓜为喜温蔬菜，在低温条件下叶绿素遭到破坏，光合作用受抑制^[11]，加硅可大幅度提高叶绿素含量，光合强度在不同品种间也有不同程度地上升。这与在草莓等其他作物上报道的结果类似^[3,5]。

崔德杰等^[12]的研究表明, 硅能减少小麦光合“午休”时的谷值, 使午休现象不明显, 从而提高光合产物的积累。本研究表明加硅处理明显地降低了甜瓜的蒸腾强度, 提高水分利用效率。但对于气孔导度以及胞间 CO_2 浓度没有明显影响。所以其作用机理尚待进一步探索。硅可提高早春甜瓜的早熟性, 使其开花期提前, 坐果节位下降, 坐果率提高, 从而明显提高早期产量, 这在品种‘Starship’上表现得尤其明显。我们曾对 5 个甜瓜品种进行苗期营养液加硅效应比较试验, 发现不同基因型对硅敏感程度有差异, 晚熟品种‘Starship’在加硅后叶色变浓, 开花期提前, 而对于‘Earigold’影响则不明显。所以, 我们以这两个品种为材料, 进行了整个生长期供硅效应试验, 结果表明这两个品种对施硅反应有明显的差异, 施硅可以显著地提高晚熟品种‘Starship’的早期产量, 但对于早熟品种‘Earigold’的开花期、坐果期以及早期产量影响不大。这种不同基因型间对硅反应的差异与甜瓜品种熟性的关系需要通过更多基因型的实验来验证。

参考文献:

- 1 Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1994, 91 (1): 11~ 17
- 2 Rafi M M, Epstein E. Silicon absorption by wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 1999, 211 (2): 223~ 230
- 3 Schmidt R E, Zhang X, Chalmers O R. Response of photosynthesis and superoxide dismutase to silica applied to creeping bentgrass grown under 2 fertility levels. *J Plant Nutrient*, 1999, 22 (11): 1763~ 1773
- 4 Belanger R R, Bowen P A, Ehrdt D L, et al. Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Dis.*, 1995, 9 (4): 329~ 336
- 5 Wang S Y, Galletta G J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *J Plant Nutr*, 1998, 21 (1): 157~ 167
- 6 Liang Y C. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant Soil*, 1999, 209: 217~ 224
- 7 Bell P, Simmons T. Silicon concentrations of biological standards. *Soil Sci. Soc. Am J*, 1997, 61: 321~ 322
- 8 Nybom N. The pigment characteristics of chlorophyll mutation in barley. *Heredity*, 1995, 41: 483~ 498
- 9 梁永超, 丁瑞兴, 刘 谦. 硅对大麦耐盐性的影响及其机制. *中国农业科学*, 1999, 32 (6): 75~ 82
- 10 Deren C W. Changes in nitrogen and phosphorus concentrations of silicon fertilized rice grown on organic soil. *J Plant Nutr*, 1997, 20 (6): 765~ 771
- 11 Taber H G. Early muskmelon production with wavelength selective and clear plastic mulches. *J. Hort. Technology*, 1993, 3: 78~ 80
- 12 崔德杰, 王月富, 高 静, 等. 硅钾肥对不同水分条件下冬小麦光合作用日变化的影响. *土壤通报*, 1999, 1: 20~ 23

Effects of silicon on earliness and photosynthetic characteristics of melon

Lu Gang and Cao Jiashu

(*Institute of Vegetable Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029*)

Abstract: To study the effects of silicon on the growth and photosynthetic characteristics of melon (*Cucumis melon* L.), two cultivars were grown in a hydroponics system containing $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Si}$ (as sodium silicate) in early spring under low temperature, $10\text{--}15^\circ\text{C}$. There were no effects of supplementary silicate on shoot growth; however, the fresh weight of root and the root/shoot ratio in both varieties were significantly increased. Plants grown in the presence of Si showed a significant increase in early yield, which was resulted from earlier flowering, lower fruiting node and decreasing fruit abortion. Addition of silicon in the solution caused a significant increase in chlorophyll contents in both varieties and Si contents in leaves and roots, but an obviously reduction in transpiration.

Key words: *Cucumis melon* L.; Silicon; Earliness