

施硅对草莓光合特性和产量的影响

王耀晶¹, 刘鸣达², 李 冬³

(1. 沈阳农业大学 理学院 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110161; 3. 辽宁省林业职业技术学院 林学系, 辽宁 沈阳 110101)

摘 要: 采取田间试验与室内分析相结合的方式, 研究了施硅对露地栽培草莓的光合特性和产量的影响。结果表明: 施硅可提高草莓叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)与胞间 CO_2 (C_i) 浓度, 降低蒸腾速率(T_r), 提高草莓植株对水分的利用; 施硅可提高草莓单株结果数、平均单果重, 降低畸形果数和病果数, 进而明显地提高草莓产量, 不同施硅处理和对照相比, 增产幅度达到 10.28%~29.24%, 当施硅量为 2.93 kg/667m² 时, 可获得最高产量。

关键词: 硅; 草莓; 光合特性; 产量

中图分类号: S 668.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)12-0090-03

尽管硅是地壳中含量居第二位的元素, 但其是否为植物的必需元素尚未有定论。已有的研究证实, 硅能够改善植物的生理活动、增强作物的抗病虫害能力、缓解逆境条件对作物的胁迫、改善作物品质、提高作物产量, 是许多作物的有益元素^[1-3]。关于硅在草莓上的应用报道^[4-5]尚不多见, 且以往研究施用的硅肥多为碱性硅酸盐, 因而究竟是由于改变了土壤 pH 条件, 或是陪伴离子的作用, 抑或是硅素的效应很难说清。该试验在调节 pH 和消除陪伴离子影响的基础上, 研究了施硅对草莓光合特性、结果情况和产量的影响, 以期在草莓生产中科学施用硅肥提供参考。

第一作者简介: 王耀晶(1972-), 女, 达斡尔族, 黑龙江省齐齐哈尔人, 博士, 副教授, 现从事化学和土壤与植物营养等方面的研究工作。E-mail: wyjsau@163.com。

通讯作者: 刘鸣达(1970-), 男, 内蒙古赤峰市人, 博士, 教授, 现主要从事土壤肥力和农业环境与生态方面的教学和科研工作。E-mail: mdsausoil@163.com。

收稿日期: 2009-06-20

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间小区试验于 2004 年 8 月至 2005 年 7 月在沈阳农业大学果树研究基地草莓园进行, 供试土壤有效硅 214.23 mg/kg, 全磷 35.65 g/kg, 有效磷 135.12 mg/kg, 有效钾 127.06 mg/kg, pH 6.86。供试草莓(*Fragaria ananassa* Duch.) 选用 1 a 生匍匐茎苗, 品种为幸香。硅肥和钾肥分别为化学纯硅酸钾和分析纯硫酸钾试剂。

1.2 田间试验

试验设 6 个处理, 4 次重复, 各处理随机区组排列。每 667 m² 施硅量(以 SiO₂ 计)分别为: 1.08 kg (Si1)、2.16 kg (Si2)、3.24 kg (Si3)、4.32 kg (Si4) 和 5.40 kg (Si5), 另设对照(CK)处理(即无硅处理)。硅肥作为基肥一次性施入, 用硫酸中和硅酸钾的碱性, 各处理间硫和钾的差异以硫酸钾补齐。草莓定植前施入腐熟农家肥 5 000 kg/667m² 和氮磷复合肥 50 kg/667m²。施肥整地后划定试验小区。小区长 2 m, 宽 1.5 m, 面积为 3.0 m², 草莓株行距为 25 cm。每区栽种草莓 40 棵, 整个生育期按常规方法管理。

Blueberry Rabbit Anti-browning Explants Technology

TIAN Ru-ying¹, LIU Yan², QI Xiang², WANG Ji-hong²

(1. Guizhou Tongren Vocational and Technical College, Tongren, Guizhou 554300, China; 2. Guizhou Province Institute of Biology, Guiyang, Guizhou 550009, China)

Abstract: In this paper, first systematically studied the rabbit eye blueberry explants early browning problem. It could reduce pollation rate by soaking explants into fungicide before cuttins the explants. With soaking the explants into ascorbil acid, the browning rate was 0 after ino culated 1 to 2 days. When added with anti-oxidants and increasins the agar concentration in medium, it could reduce the browning rate below 10% in the process of inducing bud explants.

Key words: Rabbit eye blueberry; Explant culture; Anti-browning

1.3 试验方法

土壤性状采用常规方法测定^[9]。草莓果实成熟后,每隔 1 d 采收 1 次,单株计产,每次测产时,记录各处理单果重、病果数和畸形果数,最后统计单株总产量、总病果数、总畸形果数和总果数,根据公式计算:病果率=单株病果数/单株总果数×100%;畸形率=单株畸形果数/单株总果数×100%。草莓生长旺盛期测定各处理叶片的光合特性,利用 Li-6400 型光合测定系统测定叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)与胞间 CO₂ (Ci)和蒸腾速率,每次测定 5 株以上,每株重复 3~5 次。

2 结果和分析

2.1 硅肥对草莓叶片光合特性的影响

表 1 是施硅对草莓叶片光合特性的影响,可以看出,各处理叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)与胞间 CO₂(Ci)浓度的变化规律相类似,即各施硅处理的草莓叶片光合特性指标都明显高于对照,并随施硅量的增加呈先升高后降低的变化趋势。各施硅处理叶片净光合速率比对照增加 9.32%~20.15%,气孔导度增加 18.31%~28.43%,胞间 CO₂ 浓度增加 11.37%~24.54%,但施硅后能降低草莓叶片蒸腾速率(Tr),各施硅处理叶片蒸腾速率比对照降低 9.93%~16.44%。蒸腾速率的降低,有利于提高植株对水分的利用,水分利用率用 Pn/Tr 表示^[7],该试验中 Pn/Tr 从 1.80 上升至 2.35~2.40,这说明施硅可提高草莓植株对水分的利用。

表 1 施硅对草莓叶片光合特性的影响

处理	净光合速率 /mol·m ⁻² s ⁻¹	气孔导度 /molH ₂ O·m ⁻² s ⁻¹	胞间 CO ₂ 浓度 /μL·L ⁻¹	蒸腾速率 /gH ₂ O·m ⁻² s ⁻¹
CK	5.26b	108.7c	222.5d	2.92a
Si1	5.78a	130.5b	247.8b	2.45c
Si2	6.17a	139.6a	256.7b	2.63b
Si3	6.32a	145.4a	277.1a	2.69b
Si4	6.03a	132.3b	265.7a	2.51b
Si5	5.75a	128.6b	252.5b	2.44c

注:不同字母间差异达 5%显著水平,下同。

2.2 硅肥对草莓结果情况的影响

表 2 是施硅对草莓结果情况的影响,可以看出,施硅可以显著地提高草莓单株果数和平均果重,降低畸形率和病果率。施硅处理的单株结果数比对照处理增加 5.53%~13.50%,平均单果重增加 5.24%~11.89%,畸形率降低 12.30%~31.45%,病果率降低 9.43%~30.35%,这说明施硅能够有利于提高草莓坐果率,降低果实发病率,提高草莓产量。

2.3 硅肥对草莓产量的影响

图 1 是施硅对草莓产量的影响,可以看出,草莓产量与施硅量之间呈显著的二次相关关系($r=0.9698^{**}$, $n=6$),即随着硅用量的增加,草莓产量逐渐增加,当达到峰值后,继续增施硅肥,产量则呈下降趋势。在该试

验中,当施硅量为 2.93 kg/667m² 时,将获得最高产量 231.18 g/株;与对照处理相比,施硅增产幅度为 10.28%~29.24%。

表 2 施硅对草莓结果情况的影响

处理	单株果数/个	平均果重/g	畸形率/%	病果率/%
CK	20.12b	9.04b	18.54a	6.36a
Si1	21.05b	10.07a	15.82b	5.46b
Si2	22.58a	10.14a	12.71c	4.43d
Si3	22.91a	10.26a	14.27b	4.54c
Si4	21.09b	9.55b	16.26b	5.41b
Si5	21.02b	9.54b	14.37b	5.76b

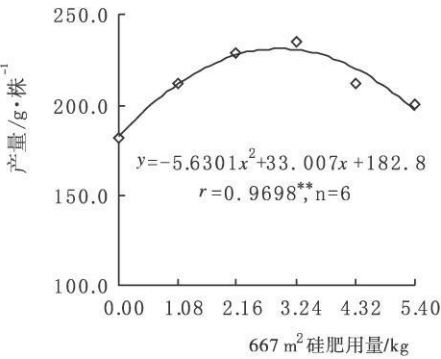


图 1 施硅对草莓产量的影响

3 讨论

关于硅对植物生长发育的作用, Epstein^[8] 认为硅在植物生物学中的作用非常重要,营养液配方中应包括硅。许多研究表明,硅通过影响生态环境,增强植物抗逆性来影响植物^[9],如通过改善作物的光能利用能力和水分代谢而影响作物的生长发育。Mang 等^[10] 对草莓等园艺作物的研究表明,加硅可大幅度提高叶绿素含量,梁永超^[11] 研究表明硅能降低植物的水分蒸腾。

光合作用是植物生长发育的物质和能量的主要来源,光合作用加强,光能利用率的提高,会使碳源和能源积累速率加快。水分代谢是衡量植物生理功能和生长发育的重要指标,施硅后可使植株蒸腾速率下降,使叶片含水量升高。水分利用率的提高,有利于植物维持较高水势,减少水分丧失,为增加代谢、加速合成有效物质提供了良好的条件。另外,硅使作物水分利用率提高,还可增强作物的抗旱能力。从该研究的结果来看,施硅能增强草莓植株的光合作用,降低蒸腾速率,促进了植物的生长发育,进而显著提高草莓单株果数、平均果重,获得了明显的增产效果。

露地草莓畸形果产生的最主要原因是花期授粉受精不充分而引起的。气候原因、品种特性、病虫害和用药不当以及栽培管理措施不当也会引起畸形果。若草莓生长过程对矿质元素的不合理吸收会产生畸形果

硅可促进作物对营养元素的吸收和运转,改善作物的营养状况^[12],因此,施硅可以减少草莓畸形果的产生。

硅提高作物的抗病性有以下几种机理:一是硅沉积假说。该假说认为沉积在乳突体、表皮层或受真菌侵染部位、伤口处的硅能增加植物细胞壁的机械强度,起到天然的“机械或物理屏障”的作用^[13];二是认为硅参与了寄主与病原菌作用的代谢过程,硅使植物产生一系列对病原菌的抗性反应,增强植物器官的抗病性^[14];三是认为硅可以诱导植株产生抗毒素^[15],有效提高作物的抗病性。该试验中施硅可降低草莓的病果率,可能是硅参与了草莓植株的代谢和生理活动,增强抗病性有关。

现仅对施硅条件下草莓叶片光合作用、蒸腾速率以及产量等进行了初步探讨,有关硅促进草莓生长发育、提高产量和减少病害发生的机理尚待深入研究。

参考文献

- [1] 宫海军,陈坤明,王锁民,等.植物硅营养的研究进展[J].西北植物学报,2004,24(12):2385-2392.
- [2] 梁永超,丁兴瑞,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.
- [3] 刘鸣达,张玉龙,陈温福.土壤供硅能力评价方法研究的历史回顾与展望[J].土壤,2006,38(1):11-16.
- [4] 邵洪家,徐祖祥,鲍琴书.大棚草莓施用硅素有机肥的增产效果[J].

浙江农业科学,2002(2):54-56.

- [5] 蔡德龙,钱发军,邓挺,等.草莓施用硅肥效果研究[J].地域研究与开发,1999,18(2):69-71.
- [6] 南京农业大学.土壤农化分析[M].2版.北京:农业出版社,1992.
- [7] 卢钢,曹家树.硅对甜瓜早熟性及光合特性的影响[J].园艺学报,2001,28(5):421-424.
- [8] Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Science USA, 1994, 91: 11-17.
- [9] 李清芳,马成仓.土壤有效硅对黄瓜种子萌发和幼苗生长的影响[J].园艺学报,2002,29(5):433-437.
- [10] Mang S Y, Galletta G J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants[J]. Plant Nutr, 1998, 21(1): 151-167.
- [11] 梁永超,张永春,马同生.植物的硅素营养[J].土壤学进展,1993,21(3):7-14.
- [12] 任军,郭金瑞,刑秀琴,等.硅肥对玉米的增产效果及增产机理初探[J].玉米科学,2002,10(2):84-86.
- [13] Samuels A L, Glass A D M, Eheret D L, et al. The effect of silicon supplementation on cucumber fruit; Changes in rface surface characteristics[J]. Ann Bot, 1993, 72:433-440.
- [14] 魏国强,朱祝军,钱琼秋,等.硅对瓠瓜酚类物质代谢的影响及与抗白粉病的关系[J].植物保护学报,2004,31(2):185-189.
- [15] Wilfried R B, James G M, Richard R B. Silicon induces antifungal compounds in powdery mildew-infected wheat[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2005, 66(3): 108-115.

Effects of Silicon Enrichment on Photosynthetic Characteristics and Yield of Strawberry

WANG Yao-jing¹, LIU Ming-da², LI Dong³

(1. College of Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. College of Land and Environmental Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 3. Department of Forestry, Liaoning Forestry Vocation-technical College, Shenyang, Liaoning 110101, China)

Abstract: In this study, field experiment and lab analysis were combined to study the effect of silicon application on photosynthetic characteristics, yield of open cultivated straw berry. These studies had provided results to suggest that silicon supplied to strawberry can increase leaf net photosynthetic rate (Pn), stomata conductance (Gs) and intercellular CO₂ (Ci); and also decreased transpiration rate (Tr), promoted the water use efficiency of straw berry. By silicon offered to strawberry, it can advance the fruit number individual and mean fruit weight; debase the number of malformed fruit and diseased fruit, then enhanced the straw berry yield obviously. The yield increasing range of these different treatments was 10.28%~29.24% more than control; when the amount of silicon application reached 2.93 kg/667m², could get the peak output.

Key words: Silicon; Straw berry; Photosynthetic characteristics; Quality