

硅对大豆碳代谢及产量形成的影响

沈雪峰^{1,2}, 李召虎², 段留生², 李建民²

(1. 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要:以中黄 35 和垦鉴豆 43 为材料, 采用 4 个硅肥水平处理的完全随机试验设计, 研究了大田条件下施硅处理对大豆碳代谢及其产量形成的影响。结果表明: 施硅处理提高了大豆叶片的叶绿素含量, 增加了叶片的光合能力, 改变了叶片可溶性糖和淀粉的含量, 改善了大豆产量构成因子, 促进了产量提高。施有效硅 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 对垦鉴豆 43 增产效果达显著水平, 增产幅度为 $8.1\% \sim 8.5\%$, 施有效硅 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 对中黄 35 增产效果达显著水平, 增产幅度为 $10.2\% \sim 12.9\%$ 。

关键词: 碳代谢; 光合速率; 硅; 大豆; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)02-0193-04

Effect of Silicon on Carbon Metabolism and Yield of Soybean

SHEN Xue-feng^{1,2}, LI Zhao-hu², DUAN Liu-sheng², LI Jian-min²

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Field experiment was conducted to investigate the effect of silicon (Si) on the carbon metabolism and the yield of Kenjiandou 43 and Zhonghuang 35 and to provide a basis for using silicon to the soybean production. The result showed that the chlorophyll content was increased, the photosynthesis was improved, and the soluble sugar and starch were changed with the application of Si. The soybean yield was increased with Si, especially the yield of Kenjiandou 43 and Zhonghuang 35 were significantly increased by $8.1\% \sim 8.5\%$ and $10.2\% \sim 12.9\%$ with 150 and $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ Si, respectively.

Key words: Carbon metabolism; Net photosynthetic rate; Silicon; Soybean (*Glycine max* L.); Yield

大豆 (*Glycine max*, L.) 是我国主要的粮食作物和油料作物之一。作物生长发育与产量形成的过程是碳水化合物积累、分配和转移并贮存的过程^[1]。对于大豆等固氮作物来说, 碳水化合物的积累则取决于整个冠层的光合能力^[2]。硅作为对植物生长有益的营养元素, 能够改善植物的生长状况^[3], 改善水稻功能叶着生姿态, 能够提高光合生产率^[4]。硅在水稻茎叶表皮细胞与角质之间沉积形成角质与硅的二层结构, 抑制蒸腾^[5], 提高千粒重、有效穗数和每穗实粒数^[6], 进而提高水稻、小麦等禾本科作物产量^[7-8]。硅是地壳中含量最丰富的元素之一^[3], 但土壤中的硅都以难溶形态存在, 所以能为植物所利用的土壤有效含量一般比较低。虽然硅对作物具有明显的增产效应, 但其营养生理功能尚未确切阐明。而关于硅在大豆等双子叶作物上的研究报道较少^[9]。因此, 现以大豆为材料, 在田间条件下, 探讨硅对大豆碳代谢和产量的影响, 揭示硅的营养生理功能, 为大豆生产中硅肥的合理施用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 和 2009 年在中国农业大学上庄试验站进行。供试大豆品种为中国农业科学院大豆课题组提供的中黄 35 和黑龙江八一农垦大学郑殿峰老师提供的垦鉴豆 43。试验地土壤基本理化性质为: 有机质 $18.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $0.53 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $60.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $147.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH5.96。

硅 (CaSiO_4) 施用量设 4 个水平: 0, 90, 120 和 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 记为 S_0 、 S_1 、 S_2 和 S_3 。小区面积 $4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 行距 35 cm、株距 13 cm。试验为完全随机区组设计, 4 次重复。

1.2 测定项目与方法

采用 LI-6400 (LI-COR, USA) 便携式光合仪, 选择生长一致且受光良好的中部功能叶片, 于晴天上午 9:00 ~ 11:00 进行气体交换参数的测定。测定时使用开放式气路, CO_2 浓度为 $390 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 左右, 选择红蓝光光源叶室, 设定光量子密度 (PAR) 为 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 空气相对湿度为 60%, 叶温为 30°C 左右。每处理测定 5 株, 每株重复 3 次, 取

收稿日期: 2012-12-20

基金项目: 广东省自然科学基金 (S2012040007707); 华南农业大学校长基金 (4100-k11138)。

第一作者简介: 沈雪峰 (1982-), 男, 博士, 讲师, 主要从事大豆栽培与逆境生理研究。E-mail: xuefengshen@126.com。

通讯作者: 李建民 (1958-), 男, 博士, 教授, 主要从事作物栽培生理研究工作。E-mail: ljmsmylny@cau.edu.cn。

均值作为观测结果^[10]。

分别于五叶期(V5)、初花期(R1)、盛荚期(R4)上午9:00取第3片完全展开叶,测定叶绿素含量、可溶性糖含量和淀粉含量。收获后各小区取10株进行考种,并测产。

叶绿素含量测定参照 Arnon^[11]的方法,采用80%丙酮进行浸提与计算。采用恩酮比色法测定叶片中可溶性糖和淀粉含量^[12]。

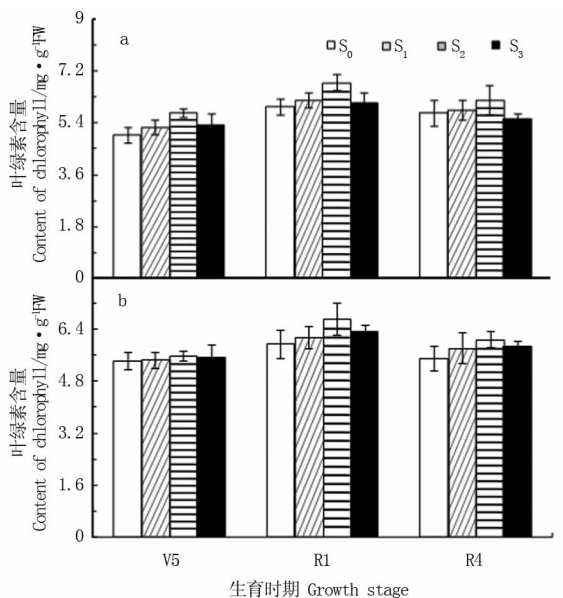
1.3 数据分析

试验结果为4次重复的平均值,使用 Excel 2007 对试验数据进行分析与作图,应用 SAS 8.2 统计分析处理间差异显著性($P \leq 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 施硅处理对大豆叶片叶绿素含量的影响

如图1所示,与对照相比,施硅处理均能在一定程度上提高2个品种的叶绿素含量,其中同一测定时期施硅量为 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时效果最佳;不同测定时期相比,叶片的叶绿素含量以 R1 期最高, R4 期其次, V5 期最低。



a: 中黄 35; b: 垦鉴豆 43; 图采用 2009 年数据; 下同。

a: Zhonghuang 35; b: Kenjiandou 43; the data in figure are collected from 2009; the same below.

图 1 硅处理对大豆叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effect of silicon on the chlorophyll content in soybean leaf-blades

2.2 施硅处理对大豆叶片光合速率的影响

如图2所示,与对照相比,施硅均能在一定程度上提高2个品种叶片的光合速率,其中同一测定时期施硅水平量为 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 效果最明显;不同测定时期相比,叶片的光合速率以 R1 期最高, R4 期次之, V5 期最低。

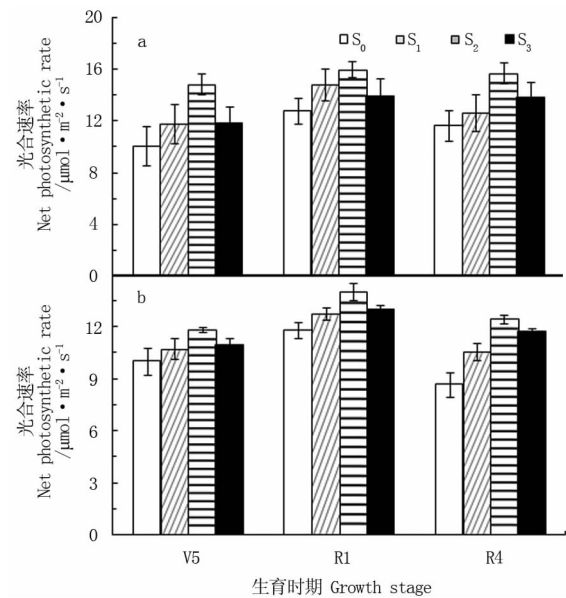


图 2 施硅处理对大豆叶片光合速率的影响

Fig. 2 Effect of silicon on the net photosynthetic rate in soybean leaf-blades

2.3 施硅处理对大豆叶片可溶性糖含量的影响

如图3所示,随着生育时期的推进,中黄 35 和垦鉴豆 43 的可溶性糖含量呈增加趋势,施硅处理对二者的可溶性糖含量影响较大。与对照相比,除 R1 期外,施硅处理均提高了中黄 35 的可溶性糖含量(图3 a);与对照相比,除 V5 期外,施硅处理提高了垦鉴豆 43 叶片的可溶性糖含量(图3 b);各施硅处理相比,施硅水平量为 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时效果较好;不同测定时期相比,中黄 35 和垦鉴豆 43 的可溶性糖含量均以 R4 期最高, R1 期次之, V5 期最低;两个品种相比,垦鉴豆 43 的可溶性糖含量高于中黄 35。

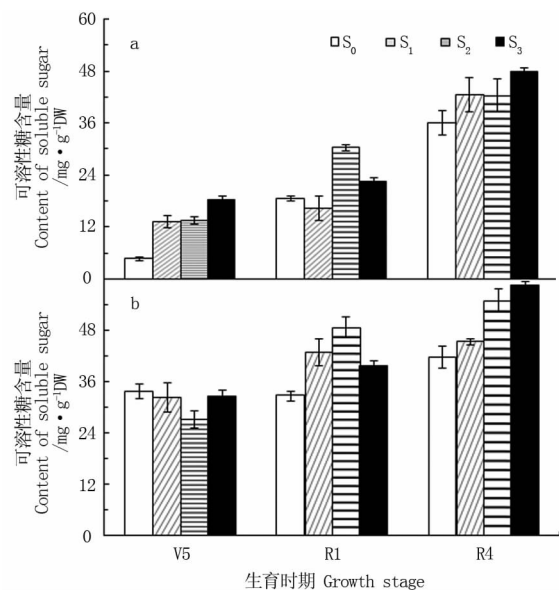


图 3 施硅处理对大豆叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effect of silicon on soluble sugar content in soybean leaf-blades

2.4 施硅处理对大豆叶片可溶性淀粉含量的影响

随着生育时期的推进,可溶性淀粉含量中黄 35 呈先增加后降低的趋势(图 4);与对照相比,随着硅浓度增加,中黄 35 可溶性淀粉含量呈降低趋势(V5 期除外),垦鉴豆 43 无明显规律;与对照相比,施硅降低了中黄 35 和垦鉴豆 43 叶片的可溶性淀粉含量(垦鉴豆 43 V5 期除外);2 个品种相比,垦鉴豆 43 的可溶性淀粉含量高于中黄 35(R1 期除外)。

2.5 施硅处理对大豆产量构成因素及产量的影响

由表 1 可以看出,施硅增加了中黄 35 的单株荚数、单株粒数和百粒重,从而提高了大豆产量,但百粒重提高没有达到显著水平。各施硅处理相比,施硅水平为 120 kg·hm⁻² 时增产效果显著,增产率达 10.2% ~ 12.4%。

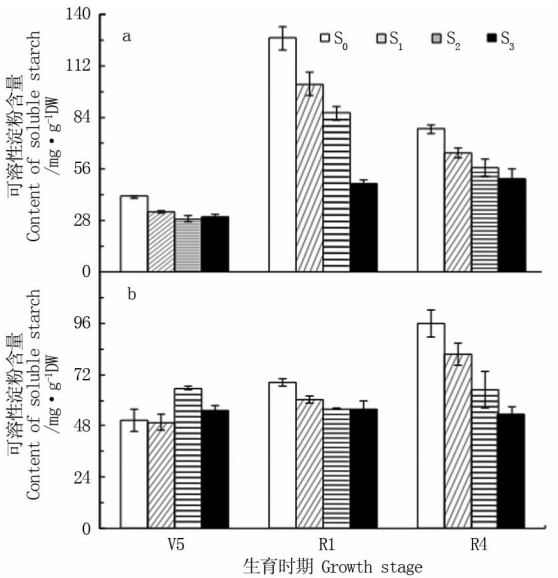


图 4 施硅处理对大豆叶片可溶性淀粉含量的影响
Fig. 4 Effect of silicon on soluble starch content insoybean leaf-blades

表 1 施硅处理对中黄 35 产量及其构成因素的影响
Table 1 Effect of silicon on the yield and yield components of Zhonghuang 35

年份	硅肥水平	单株荚数	单株粒数	百粒重	产量	增产率
Year	Levels of silicon /kg·hm ⁻²	Pods per plant	Seeds per plant	100-seed weight/g	Yield/kg·hm ⁻²	Increasing rate/%
2008	0	34.0 b	78.4 b	17.8 a	3090.0 b	—
	90	40.5 ab	83.6 ab	18.6 a	3226.4 ab	5.4
	120	44.1 a	88.9 a	19.5 a	3406.0 a	10.2
	150	39.6 ab	81.4 ab	18.5 a	3305.3 ab	7.0
2009	0	34.4 b	80.5 b	18.2 a	3100.7 b	—
	90	40.1 ab	86.6 ab	18.4 a	3285.9 ab	5.9
	120	48.1 a	96.6 a	19.6 a	3485.5 a	12.4
	150	38.6 ab	81.7 ab	18.2 a	3306.0 ab	6.6

同年同一指标后不同字母代表处理间差异显著(P<0.05),下同。
The same index of the same year followed by different letters indicate significant difference(P<0.05), the same below.

由表 2 可知,施硅增加了垦鉴豆 43 的单株荚数、单株粒数和百粒重,从而提高了大豆产量,但单株荚数和百粒重提高未达到显著水平。各施硅处

理相比,施硅水平为 150 kg·hm⁻² 时效果最明显,增产率达 8.1% ~ 8.5%。

表 2 施硅处理对垦鉴豆 43 产量及其构成因素的影响
Table 2 Effect of silicon on the yield and yield components of Kenjiandou 43

年份	硅肥水平	单株荚数	单株粒数	百粒重	产量	增产率
Year	Levels of silicon /kg·hm ⁻²	Pods per plant	Seeds per plant	100-seed weight /g	Yield/kg·hm ⁻²	Increasing rate/%
2008	0	25.0 a	61.0 b	16.8 a	2434.6 b	—
	90	27.9 a	69.3 b	17.2 a	2545.1 ab	4.3
	120	28.5 a	72.9 ab	17.9 a	2579.2 ab	5.6
	150	29.4 a	77.1 a	18.3 a	2647.8 a	8.1
2009	0	26.1 a	60.8 b	17.0 a	2540.5 b	—
	90	27.3 a	65.6 b	17.5 a	2651.6 ab	4.2
	120	28.4 a	70.9 ab	18.0 a	2679.8 ab	5.5
	150	28.8 a	73.8 a	18.4 a	2777.7 a	8.5

3 结论与讨论

相关研究表明,施硅能够提高玉米植株的净光合速率和叶绿素含量^[5]。本试验中,田间条件下施硅处理提高了中黄 35 和垦鉴豆 43 叶片的叶绿素含量,增加了植株的净光合速率,其中,施硅水平为 120 kg·hm⁻²时效果最佳。

牟英辉等^[9]研究表明,田间条件下硅肥能够增加大豆总荚数、有效荚数、百粒重,降低无效荚数,使大豆产量显著增加 11.97%~32.56%。这与本研究结果一致。但硅肥对大豆产量的影响因品种而异。试验中选用的中黄 35 和垦鉴豆 43 亲缘关系较远,二者在氮、磷、钾肥施用量相同的情况下,施用硅肥都增加了大豆产量,其中,施有效硅 150 和 120 kg·hm⁻²分别使垦鉴豆 43 和中黄 35 增产效果达到显著水平。

参考文献

- [1] Saratha K, Hume D J, Godfrey C. Genetic improvement in short season soybeans: Dry matter accumulation, partitioning and leaf area duration[J]. Crop Science, 2001, 41: 391-398.
- [2] Liu X B, Jin J, Herbert S J, et al. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in northeast China[J]. Field Crops Research, 2005, 93: 85-93.
- [3] Ma J F, Yamaji N. Silicon uptake and accumulation in higher plants[J]. Trends in Plant Science, 2006, 11(8): 392-397.
- [4] Liang Y C, Zhu J, Li Z J, et al. Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 64: 286-294.
- [5] 李清芳, 马成仓, 李韩平, 等. 土壤有效硅对大豆生长发育和生理功能的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1): 73-76. (Li Q F, Ma C C, Li H P, et al. Effects of soil available silicon on growth, development and physiological functions of soybean[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(1): 73-76.)
- [6] 徐呈祥, 刘兆普, 刘友良. 硅在植物中的生理功能[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(6): 753-757. (Xu C X, Liu Z P, Liu Y L. The physiological function of silicon in plants[J]. Plant Physiology Communications, 2004, 40(6): 753-757.)
- [7] 邵长泉, 张翠珍, 邵长荣. 小麦施用硅肥的效果及适宜用量的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2006(4): 51-53. (Shao C Q, Zhang C Z, Shao C R. Effect and fit quantity of application silicon fertilizer on wheat[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2006(4): 51-53.)
- [8] 商全玉, 张文忠, 韩亚东, 等. 硅肥对北方粳稻产量和品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(6): 661-664. (Shang Q Y, Zhang W Z, Han Y D, et al. Effect of silicon fertilizer application on yield and grain quality of japonica rice from Northeast China[J]. China Journal of Rice Science, 2009, 23(6): 661-664.)
- [9] 牟英辉, 陈志梁, 程艳波, 等. 硅肥对大豆农艺性状、产量及品质的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(4): 625-629. (Mu Y H, Chen Z L, Cheng Y B, et al. Effects of silicon fertilization on agronomic traits, yield and quality of soybean[J]. Soybean Science, 2012, 31(4): 625-629.)
- [10] 云菲, 刘国顺, 史宏志. 光氮互作对烟草气体交换和部分碳氮代谢酶活性及品质的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(3): 508-516. (Yun F, Liu G S, Shi H Z. Interaction effects of light intensity and nitrogen supply on gas exchange, some enzyme activities in carbon-nitrogen metabolism and quality in flue-cured tobacco[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(3): 508-516.)
- [11] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. Plant Physiology, 1949, 24: 1-15.
- [12] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990. (Zhang Z L. A guide of physiological experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 1990.)

科学出版社生物分社新书推介

普通高等教育“十二五”规划教材·食品科学与工程系列教材

《农产品贮藏加工学》

编著者: 秦文, 李梦琴

初版时间: 2013 年 1 月

书号: 9787030345325

定价: 40.00 元



普通高等教育“十二五”规划教材·食品科学与工程系列教材: 农产品贮藏加工学》以农产品贮藏和加工的基本理论为主要线索, 融农产品贮藏的加工原理与技术于一体, 系统介绍了农产品贮藏保鲜原理与技术、粮食油脂产品加工技术、果蔬产品加工技术、副产物综合利用等内容。全书共 8 章, 包括农产品品质、农产品贮藏保鲜基本原理、农产品贮藏技术、农产品加工基本原理、油脂加工、果蔬加工、农产品加工副产物的综合利用等章节。

购书指南

网上购书: 淘宝商城科学出版社旗舰店 <http://kxcbs.tmall.com/>

电话购书: 联系人: 贾海涛; 电话: 010-64017321