

DOI:10.11937/bfyy.201706011

# 硅对设施厚皮甜瓜弱光胁迫的调控效果

苗 锦 山

(潍坊科技学院 园艺科学与技术研究所, 山东 寿光 262700)

**摘 要:**以“维科厚甜2号”甜瓜为试材,5 000 lx弱光条件下在培养箱中对厚皮甜瓜幼苗喷施0.7~2.8 mmol·L<sup>-1</sup>硅素,研究了叶面喷施硅素对甜瓜苗期生长和相关生理指标的影响。结果表明:在弱光环境下,叶面喷施0.7~2.8 mmol·L<sup>-1</sup>硅素可促进甜瓜功能叶片硝酸还原酶活性提高和可溶性蛋白质含量增加,从而促进了光合性能提升。叶面喷施1.4~2.8 mmol·L<sup>-1</sup>硅素可显著抑制弱光下幼苗徒长,表现为甜瓜株高、节间长和下胚轴长度显著降低,茎粗和根叶干物质积累增加,但以1.4 mmol·L<sup>-1</sup>硅素促壮效果最佳。因此,1.4 mmol·L<sup>-1</sup>硅素可作为早春茬棚室甜瓜苗期叶面喷施硅肥的参考指标。

**关键词:**硅;设施;厚皮甜瓜;弱光逆境;壮苗培育

**中图分类号:**S 645.627 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0052-04

甜瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科甜瓜属一年生茎草本蔓生植物,原产于非洲几内亚。甜瓜是喜光作物,生长期需要充足的光照强度和光照时间可正常生育。其光合作用的光补偿点与光饱和点分别为4 000 lx和55 000~60 000 lx,光照不足时植株生长矮小,坐果率低,品质差,果实含糖量降低<sup>[1]</sup>。甜瓜生育期内正常每天需要10~12 h的日照时间,但不同类型的甜瓜对光照需求不同,一般厚皮甜瓜喜强光,不耐弱光。

甜瓜生产在我国园艺产业中占据重要地位。目前我国甜瓜年均栽培面积约为25万hm<sup>2</sup>,栽培面积和产量均居世界首位<sup>[2]</sup>。甜瓜冬春茬或早春茬保护地生产是周年生产中效益最好的茬口,但在生产实践中低温弱光环境常造成植株徒长,不利于壮苗培育,导致甜瓜减产和品质下降。

硅元素在自然界中含量丰富,有植物营养学家将其列为氮磷钾之后的第四大营养元素,可广泛应用于促进植物生长,提高其生物胁迫和非生物胁迫

抗性水平以及缓解金属毒害等,并最终促进作物增产<sup>[3]</sup>。目前关于硅缓解作物逆境胁迫研究多涉及干旱、低温、盐碱、金属毒害等<sup>[4-7]</sup>,而其对作物弱光逆境的调控作用尚鲜见报道。该试验以厚皮甜瓜为试材,研究不同用量硅素对弱光逆境下甜瓜根叶功能的影响,以期进一步完善甜瓜低温弱光逆境的调控技术应用,为甜瓜壮苗培育提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“维科厚甜2号”甜瓜由潍坊科技学院园艺科学与技术研究所提供;NaSiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O由青岛高喜宝生物技术有限公司提供。

### 1.2 试验方法

试验于2015年3—5月在潍坊科技学院园艺科学与技术研究所实验室光照培养箱(SPS-250B-G)内进行。根据叶面喷施硅素浓度不同设置3个处理,T1:叶面喷施0.7 mmol·L<sup>-1</sup>Si;T2:叶面喷施1.4 mmol·L<sup>-1</sup>Si;T3:叶面喷施2.8 mmol·L<sup>-1</sup>Si;CK:喷等量清水。采用PVC花盆(上口径25 cm,高16 cm)混合基质(草炭:蛭石:珍珠岩=6:1:2)育苗,每处理播种18盆,随机排列,重复6次。2015年3月5日选择籽粒饱满、大小一致的甜瓜种子播种后,将花盆置于光照培养箱内,每盆播2粒。光照培养箱设置:光照强度5 000 lx,光照(14 h)/黑暗

**作者简介:**苗锦山(1972-),男,博士,副教授,现主要从事蔬菜育种与生物技术等研究工作。E-mail:lnmjs@163.com.

**基金项目:**国家星火科技支撑计划资助项目(2011GA740072);潍坊科技学院自然科学重大专项资助项目(W13K002);山东省软科学研究计划资助项目(2015RKC35001)。

**收稿日期:**2016-12-12

(10 h),白天温度(28 ℃)/夜间温度(15 ℃)。出苗后每盆留长势一致的壮苗1株,视墒情每6 d左右浇水1次。至幼苗第1片真叶完全展开后叶面喷施不同浓度硅素,对照喷等量清水,以叶面不滴落水滴为准。叶面处理7 d后取第1片真叶和根系测定相关生理指标,25 d后测定植株地上部和根系生长指标。

### 1.3 项目测定

叶绿色含量采用 Arnon 法<sup>[8]</sup>测定;光合速率指标采用 LI-6400 型光合仪测定,水分利用效率采用净光合速率( $\text{CO}_2$ )与蒸腾速率( $\text{H}_2\text{O}$ )的比值表示,单位为  $\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ <sup>[9]</sup>;硝酸还原酶(NR)活性采用磺胺比色法<sup>[9-10]</sup>测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝比色法<sup>[11]</sup>测定;根系活力采用 TTC 法<sup>[11]</sup>测定。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS 14.0 软件对试验数据进行差异显著性分析。

表 1 硅对厚皮甜瓜叶片光合作用的影响

Table 1 Effects of silicon on photosynthesis of thick-skinned melon

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content /( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )	净光合速率 Photosynthesis rate /( $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	气孔导度 Stomatal conductance /( $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 Intercellular $\text{CO}_2$ concentration /( $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	蒸腾速率 Transpiration rate /( $\text{H}_2\text{O mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	水分利用效率( $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ ) Water use efficiency /( $\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ )
CK	1.02c	12.34c	178c	261c	4.68a	2.64c
T1	1.08c	12.47c	187b	268c	3.78d	3.30b
T2	1.44a	14.29a	204a	281a	4.19b	3.41a
T3	1.34b	13.41b	191a	275b	3.95c	3.39a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same as below.

### 2.2 硅对甜瓜叶片可溶性蛋白质含量、硝酸还原酶活性和根系活力的影响

二磷酸核酮糖羧化酶是植物叶片蛋白质的主要存在形式,叶片衰老期间可溶性蛋白质含量的变化基本上反映了 RuBP 羧化酶活性的变化,在一定程度上反映了叶片净光合速率的高低<sup>[12]</sup>。由表 2 可知,甜瓜喷施硅元素后,T1、T2 和 T3 处理叶片可溶性蛋白质含量分别为 3.92、5.35、4.61  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ ,均显著高于对照。其中 T2 处理可溶性蛋白质含量最高,较对照增加 40.41%。功能叶片可溶性蛋白质含量的增加为弱光环境下光合性能提升提供了物质基础。

硝酸还原酶是植物体内氮同化关键酶,其活性的高低直接关系到植株对无机氮的利用率,进而影响到作物的产量和品质。从表 2 可以看出,施用硅素后甜瓜叶片氮同化水平增加。其中,T2 和 T3 处理硝酸还原酶活性分别为 12.12、11.04  $\text{NO}_2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,显

## 2 结果与分析

### 2.1 硅对甜瓜叶片光合指标的影响

甜瓜早春茬弱光环境与幼苗光合性能密切相关,进而影响壮苗培育。从表 1 可以看出,施硅处理 T1、T2 和 T3 叶绿素含量分别为 1.08、1.44、1.34  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ ,T2 和 T3 处理叶绿素含量显著高于 T1 处理和对照。光合色素含量的增加促进了功能叶片光合速率的提升,T2 和 T3 处理净光合速率分别为 14.29、13.41  $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,显著高于 T1 处理与对照,而 T1 处理与对照间差异未达显著水平。施硅处理后甜瓜幼苗叶片蒸腾速率呈不同程度下降,其中,T1、T2 和 T3 处理蒸腾速率分别较对照下降 19.23%、10.47%和 15.60%,处理间差异显著。T1、T2 和 T3 处理水分利用效率分别为 3.30、3.41、3.39  $\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ ,均较对照呈不同程度增加。

著高于 T1 处理与对照,而 T1 处理与对照间差异未达显著水平。

根系是植物同化、转化、合成物质的重要器官,根系活力是衡量根系功能的主要指标之一。从表 2 还可以看出,施硅后 T1、T2 和 T3 处理根系活力分别为 12.85、15.39、14.92  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$ ,均显著高于对照。施硅处理间差异显著,以叶面喷施 1.4  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}\text{Si}$  素处理效果最佳。

### 2.3 硅对甜瓜苗期植株生长的影响

从表 3 可以看出,施硅后甜瓜幼苗在弱光环境下的徒长现象得到不同程度抑制。其中,T2 和 T3 处理的株高、节间和下胚轴长度分别为 12.08、11.69 cm,4.21、4.00 cm,7.65、7.75 cm,均显著低于其它处理,而茎粗则较对照显著增加。施硅处理 T1、T2 和 T3 处理地上部鲜质量分别为 0.39、0.47、0.39  $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ,对照为 0.38  $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ,处理间比较以 T2 处理地上部植株质量增加最为明显。T1、T2、T3 处理和对照的根

表 2 硅对厚皮甜瓜叶片可溶性蛋白质含量、硝酸还原酶活性和根系活力的影响

Table 2 Effects of silicon on soluble protein content, nitrate reductase and root activities of thick-skinned melon

处理	可溶性蛋白质含量	硝酸还原酶活性	根系活力
Treatment	Soluble protein content/(mg · g <sup>-1</sup> FW)	Nitrate reductase activity/(NO <sub>2</sub> μg · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	Root activity/(μg · g <sup>-1</sup> FW · h <sup>-1</sup> )
CK	3.81d	10.61c	11.24d
T1	3.92c	10.63c	12.85c
T2	5.35a	12.12a	15.39a
T3	4.61b	11.04b	14.92b

表 3 硅对厚皮甜瓜苗期植株形态指标的影响

Table 3 Effects of silicon on plant and root growth of thick-skinned melon seedling

处理	株高	茎粗	节间长	下胚轴长	地上部鲜质量	根鲜质量
Treatment	Plant height/cm	Stem diameter/cm	Internode length/cm	Hypocotyl length/cm	Plant fresh weight/(g · 株 <sup>-1</sup> )	Root fresh weight/(g · 株 <sup>-1</sup> )
CK	14.37a	0.33b	4.66a	8.45a	0.38b	3.91d
T1	14.06a	0.33b	4.71a	8.34a	0.39b	4.43c
T2	12.08b	0.35a	4.21b	7.65b	0.47a	4.81a
T3	11.69b	0.35a	4.00c	7.75b	0.39b	4.52b

鲜质量分别为 4.43、4.81、4.52、3.91 g · 株<sup>-1</sup>, 各处理间差异显著。

### 3 讨论与结论

硅作为一种重要的营养元素近年来日益受到重视,已广泛应用于作物代谢过程调控,从而达到优质高产的生产目的。李清芳等<sup>[13]</sup>发现在 0~2.5 mmol · L<sup>-1</sup> 范围内,随施用硅浓度升高,小麦幼苗叶片细胞内硝酸还原酶活性增大,蛋白质含量也有所增加,当浓度高于 2.5 mmol · L<sup>-1</sup> 时硝酸还原酶活性则有降低趋势。张国芹<sup>[14]</sup>研究硅对生姜生长的影响时发现 1.5~2.0 mmol · L<sup>-1</sup> 浓度范围内随硅浓度增加,生姜硝酸还原酶活性逐渐增加,幼苗氮同化能力增强,但当硅浓度高于 2.0 mmol · L<sup>-1</sup> 后硝酸还原酶的活性则不再升高。该研究发现在弱光环境下,叶面喷施 0.7、1.4、2.8 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素均可促进甜瓜功能叶片硝酸还原酶活性提高,可溶性蛋白质含量亦呈不同程度增加,但以施 1.4 mmol · L<sup>-1</sup> 效果最佳,说明苗期叶面喷施 1.4 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素可显著促进甜瓜碳氮代谢水平。

北方早春甜瓜生产环境多低温与弱光并行发生,导致根叶功能下降,植株徒长或生长不良,最终导致甜瓜减产或品质下降。前人研究表明,施硅可显著提高作物叶绿素含量,减轻光合“午休”程度,增加光合产物积累,从而促进了作物的生长发育<sup>[15-16]</sup>。该研究发现,在高于甜瓜光补偿点的光强下,叶面喷施 0.7~2.8 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素可在一定程度上促进功能叶片光合性能增强,但水分蒸腾速率呈不同程度下降,因此施硅可以促进甜瓜水分利用率的提高。光合性能增加有助于弱光下甜瓜壮苗的培育,表现

为甜瓜株高、节间长和下胚轴长呈不同程度降低,茎粗和茎叶干物质积累增加,从而在一定程度上克服了甜瓜生产上高脚苗现象的发生。

从施用硅素浓度分析,叶面喷施 0.7~2.8 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素均可在一定程度上抑制幼苗徒长,但以 1.4 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素促壮效果最佳。此外,该试验发现叶面喷施 2.8 mmol · L<sup>-1</sup> 硅素时叶片下缘易产生轻微药害,进而对幼苗正常生长造成一定的影响,因此硅素的施用因作物和施用时期不同应有其指标上限。综上,早春茬甜瓜叶面喷施 1.4 mmol · L<sup>-1</sup> 硅可作为苗期硅肥施用的参考指标。

### 参考文献

- [1] 苗锦山,沈火林. 棚室甜瓜高效栽培[M]. 北京:机械工业出版社,2015.
- [2] BI Y, GE Y H, WANG C L, et al. Melon production in China[J]. Acta Hort, 2007, 731(1): 493-500.
- [3] 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.
- [4] 曹逼力,李炜蕾,徐坤. 干旱胁迫下硅对番茄叶片光合荧光特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 495-501.
- [5] 朱佳,梁永超,丁燕芳,等. 硅对低温胁迫下冬小麦幼苗光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1780-1788.
- [6] 刘媛,王仕稳,殷俐娜,等. 硅提高黄瓜幼苗抗盐能力的生理机制研究[J]. 西北植物学报, 2014, 34(5): 988-994.
- [7] 史新慧,王贺,张福锁. 硅提高水稻抗镉毒害机制的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(5): 1112-1116.
- [8] 中国科学院上海植物生理研究所,上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指导[M]. 北京:科学技术出版社,2004.
- [9] RAWSON H M, TURNER N C, BEGG J E. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. IV. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of leaves[J]. Aust J Plant Physiol, 1978(5): 195-209.

- [10] 华东师范大学植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,1980.
- [11] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社,2004.
- [12] 李向东,王晓云,万勇善,等. 花生叶片衰老的初步研究[J]. 中国油料作物学报,2000,22(1):61-64.
- [13] 李清芳,周秀杰,马成仓. 硅对小麦幼苗几项生理生化性质的影

- 响[J]. 淮北煤师院学报(自然科学版),2001,22(4):37-40.
- [14] 张国芹. 硅对生姜生长及生理特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2008.
- [15] 崔德杰,王月福,高静,等. 硅钾肥对不同水分条件下冬小麦光合日变化的影响[J]. 土壤通报,1999,30(1):38-39.
- [16] 高熙,武华文. 硅对草莓品质和产量的影响研究[J]. 现代农业科技,2010(16):122-123.

## Regulation Effect of Silicon on Facility Thick-skinned Melon(*Cucumis melo* L.) Under Low Light Stress

MIAO Jinshan

(Institute of Horticultural Science and Technology, Weifang College of Science and Technology, Shouguang, Shandong 262700)

**Abstract:** Thick-skinned melon used as material,  $0.7-2.8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  silicon were sprayed on seedlings in the incubator of 5 000 lx and effects of silicon on the growth and related physiological parameters under low light stress were conducted. The results showed that under light stress, spraying  $0.7-2.8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  silicon on leaves promoted nitrate reductase activities and soluble protein contents, resulting in photosynthetic performance improvement. Spraying  $1.4-2.8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  silicon on leaves inhibited seedling spindly growth and seedling plant height, internode length and hypocotyl length reduced significantly, while stem diameter and root and leaf matter accumulations increased. Spraying  $1.4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  silicon on leaves was the best to cultivate strong seedlings. So spraying  $1.4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  silicon on leaves could be the reference index during melon seedling period of early spring greenhouse crop cultivation.

**Keywords:** silicon; facility; thick-skinned melon; low light stress; strong seedling cultivation

## 欢迎订阅 2017 年《北方园艺》

全国自然科学(中文)核心期刊

中国农业核心期刊

中国北方优秀期刊

2015、2016 年期刊数字影响力 100 强

美国化学文摘社(CAS)收录期刊

全国优秀农业期刊

黑龙江省优秀科技期刊

黑龙江省农家书屋推荐目录

本刊内容丰富、栏目新颖、技术实用、信息全面。涵盖园艺学的蔬菜、果树、瓜类、花卉、植保等研究领域的新成果、新技术、新品种、新经验。欢迎全国各地科研院所人员、大专院校师生, 各省、市、县、乡、镇农业技术推广人员、农民科技示范户等踊跃订阅。邮发代号:14-150、半月刊、每月 15、30 日出版; 单价:15.00 元, 全年:360.00 元。

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号《北方园艺》编辑部

邮编:150086

电话:0451-86674276

信箱:bfyybjb@163.com

网址:www.haasep.cn