

# 硅对遮荫处理草坪草可溶性糖和氨基酸含量的影响\*

甄畅迪 喻敏\*\* 萧洪东 王惠珍 谢海生 曾雪峰

广东省佛山科学技术学院园艺系, 佛山 528000

**摘要** 采用基质培养法, 设自然光照条件下不遮荫和遮荫 2 个处理, 每处理设不施硅和施硅 2 个硅水平, 测定草坪草矮脚虎和海滨雀稗可溶性糖、游离氨基酸和脯氨酸含量, 研究施硅对草坪草耐荫性的影响。结果显示: 遮荫处理后, 矮脚虎和海滨雀稗可溶性总糖、蔗糖和还原糖含量显著下降, 游离氨基酸总量显著升高。施硅后, 遮荫处理与不遮荫处理的矮脚虎和海滨雀稗可溶性总糖、蔗糖及游离氨基酸总量差异减少。施硅显著提高脯氨酸含量, 遮荫处理对脯氨酸影响较小。海滨雀稗可溶性总糖、蔗糖、游离氨基酸和脯氨酸含量低于矮脚虎, 施硅和遮荫处理对海滨雀稗影响大于矮脚虎。结果表明: 遮荫处理后草坪草非结构性碳水化合物含量下降, 而施硅后硅的沉积, 促进了草坪草对有限光能的利用, 缓解了草坪草非结构性碳水化合物含量的下降, 而提高了草坪草的耐荫性。矮脚虎耐荫性高于海滨雀稗。

**关键词** 硅; 遮荫; 可溶性糖; 游离氨基酸; 游离脯氨酸; 矮脚虎; 海滨雀稗

**中图分类号** S 143.7<sup>+</sup>1 : S 688.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)03-0317-04

草坪草是指构成草坪植被的草本植物, 大多数为禾本科植物。依据气候与草坪草适应性相结合分类法, 将草坪草分为冷季型草坪草和暖季型草坪草。矮脚虎(*Cynodon dactylon* × *C. transvaanensis*)和海滨雀稗(*Paspalum vaginatum* Swarfz)属暖季型草坪草, 原产中心为非洲、南美洲及亚洲<sup>[1]</sup>, 主要分布于热带、亚热带和暖温带地区, 我国主要分布于长江流域及长江以南地区。由于草坪与树木的相伴相生的关系, 很多地方的草坪在不同程度上受到树木遮荫的影响。城市中绿地多处于建筑物包围之中, 使 50% 以上的绿地处于荫蔽环境中。因此, 研究草坪对遮荫的耐性和适应性, 采取一些措施提高草坪草耐荫性, 充分发挥草坪在园林建设和城市绿化中的作用具有重要的现实意义和实际应用价值。

目前, 草坪养护中 N、P、K 配施已形成共识<sup>[2]</sup>, 而草坪草对硅的需求常常被忽略。对大田作物施硅, 可使作物表皮细胞硅质化, 使作物茎、叶挺直, 减少遮荫<sup>[3-5]</sup>; 笔者所在课题组的研究也发现, 光照时间不足时硅沉积提高了草坪对有限光能的利用, 弥补了光照不足引起的可溶性糖含量的降低, 提高了

草坪对光照时间不足的耐性<sup>[6]</sup>。本研究采用基质培养法, 设不施硅和施硅及不遮荫和遮荫处理, 测定草坪草矮脚虎和海滨雀稗可溶性糖、游离氨基酸和脯氨酸含量, 探讨施硅对草坪草耐荫性的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 草坪种植

供试草种为矮脚虎(*Cynodon dactylon* × *C. transvaanensis*)和海滨雀稗(*Paspalum vaginatum* Swarfz), 采用蛭石和珍珠岩以等比例混合作为基质, 用聚乙烯盆栽培。每盆草植入等量的带根草种, 并浇水湿透。草坪稳定生长 2 周后开始进行试验处理。

### 1.2 试验设计

设自然光下不遮荫(CK)和遮荫的 2 种处理, 各处理设 0(不施硅, -Si)和 2 mmol/L(施硅, +Si) 2 个硅水平。重复 4 次。草坪种植 2 周后开始分别浇灌含 0 和 2 mol/L  $K_2SiO_3$  营养液。其他各元素水平为: N 2.5 mmol/L, P 1 mmol/L, K 2.05 mmol/L, Mn 2  $\mu$ mol/L, Zn 4  $\mu$ mol/L, Cu 0.5  $\mu$ mol/L, Fe 0.1 mmol/L, B 2  $\mu$ mol/L, Mo 1  $\mu$ mol/L。营养液在配制

收稿日期: 2009-04-22; 修回日期: 2009-09-12

\* 广东省自然科学基金项目(06029643)、广东省佛山市科技发展专项(0102010A)和佛山市产学研专项(2006A061)资助

\*\* 通讯作者。E-mail: yumin@fosu.edu.cn

甄畅迪, 男, 1953 年生, 副教授。研究方向: 植物生理学。E-mail: zcd\_zfy@yahoo.com.cn

时用稀硫酸调 pH 值至 5.5 左右。每 2 d 换 1 次培养液,每次每盆营养液为 350 mL。施硅处理 30 d 后,进行不遮荫(CK)和遮荫(shading)2 种处理。以自然光照强度为不遮荫处理,透光率 100%,即 100%的自然光强。以遮阳网为遮光材料,用 JD-3 型照度计测得遮荫处理透光率为 6%,即 6%的自然光强。处理时间为 2 周,处理结束取样测定游离氨基酸、可溶性糖和游离脯氨酸含量。

### 1.3 游离氨基酸提取测定

取第 2、3 片完全展开叶用 10%乙酸研磨提取,采用茚三酮显色法<sup>[7]</sup>测定氨基酸的含量。

### 1.4 可溶性糖的提取测定

可溶性糖的提取测定参考喻敏等<sup>[8]</sup>的方法。植株 105 °C 杀青 30 min 后,60 °C 恒温烘干、磨碎,用 80%乙醇提取可溶性糖,采用蒽酮法测定可溶性总糖的含量,3,5-二硝基水杨酸法测定还原糖的含量,间苯二酚比色法测定蔗糖的含量。

### 1.5 游离脯氨酸的提取测定

游离脯氨酸的提取测定参考喻敏等<sup>[8]</sup>的方法。取第 2、3 片完全展开叶,采用茚三酮法提取,酸性茚三酮比色法测定游离脯氨酸的含量。

### 1.6 数据分析方法

利用 Excel 2003 与 SAS6.12 对试验数据进行处理与分析。

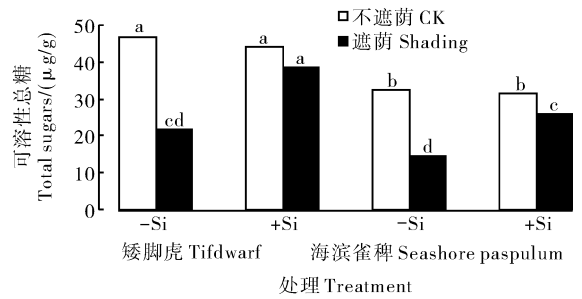
## 2 结果与分析

### 2.1 硅对遮荫处理草坪草可溶性糖含量的影响

1)可溶性总糖。与不遮荫处理相比,遮荫处理后矮脚虎和海滨雀稗可溶性总糖含量明显降低;其中不施硅处理下降均达差异显著水平,施硅后遮荫处理与不遮荫处理差异缩小,仅海滨雀稗的 2 个处理间差异达显著水平。遮荫处理后施硅矮脚虎和海滨雀稗可溶性总糖含量显著升高。矮脚虎可溶性总糖含量显著高于海滨雀稗(图 1)。

2)蔗糖。与不遮荫处理相比,遮荫处理后矮脚虎蔗糖含量明显降低;其中不施硅处理下降显著,施硅后遮荫处理与不遮荫处理差异缩小,差异未达显著水平。海滨雀稗不施硅时遮荫处理蔗糖含量明显下降,施硅后遮荫处理蔗糖含量显著高于不遮荫处理。矮脚虎蔗糖含量显著高于海滨雀稗(图 2)。

3)还原糖。与不遮荫处理相比,遮荫处理后不管施硅与否,矮脚虎和海滨雀稗还原糖含量均显著



图中不同小写字母表示各处理间差异达显著水平,  $P < 0.05$ ,下同 Different lowercase letter indicates significant ( $P < 0.05$ ) differences among the treatments. The same in the following figures.

图 1 施硅对遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗可溶性总糖含量的影响

Fig.1 Influences of Si application on the content of total sugars in Tifdwarf and Seashore paspalum

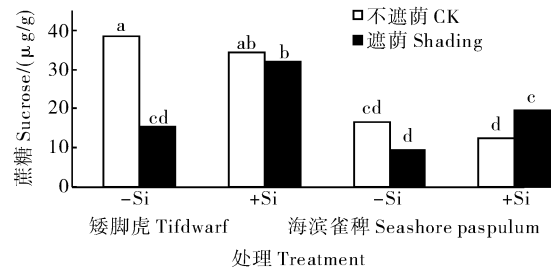


图 2 施硅对遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗蔗糖含量的影响

Fig.2 Influences of Si application on the content of sucrose in Tifdwarf and Seashore paspalum

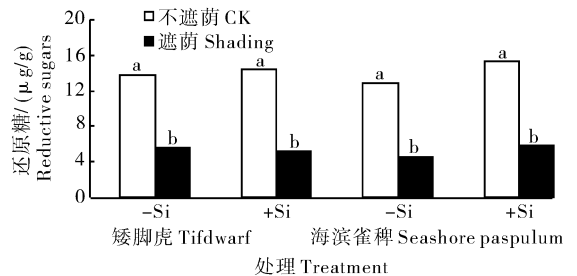


图 3 施硅对遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗还原糖含量的影响

Fig.3 Influences of Si application on the content of reductive sugars in Tifdwarf and Seashore paspalum

下降。施硅与不施硅还原糖含量无差异。矮脚虎还原糖含量与海滨雀稗无明显差异(图 3)。

### 2.2 硅对遮荫处理草坪草游离氨基酸总量的影响

与不遮荫处理相比,遮荫处理后矮脚虎和海滨雀稗游离氨基酸总量明显升高;矮脚虎游离氨基酸总量无论施硅与否显著升高,海滨雀稗游离氨基酸总量仅在缺硅时显著升高,施硅后遮荫与不遮荫处理差异缩小,差异未达显著水平。矮脚虎游离氨基

酸总量显著高于海滨雀稗,且遮荫后施硅游离氨基酸总量显著下降(图 4)。

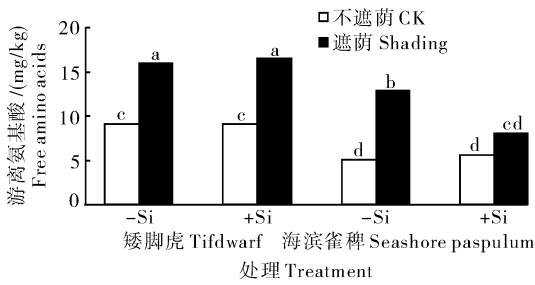


图 4 施硅对遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗游离氨基酸总量的影响

Fig. 4 Influences of Si application on the content of free amino acids in Tifdwarf and Seashore paspalum

### 2.3 硅对遮荫处理草坪草游离脯氨酸含量的影响

与不遮荫处理相比,遮荫处理后矮脚虎和海滨雀稗游离脯氨酸含量无论施硅与否均有降低的趋势,其中施硅后遮荫处理条件下海滨雀稗游离脯氨酸含量显著下降。不遮荫处理和遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗的游离脯氨酸含量均是施硅显著高于不施硅。矮脚虎游离脯氨酸含量显著高于海滨雀稗(图 5)。

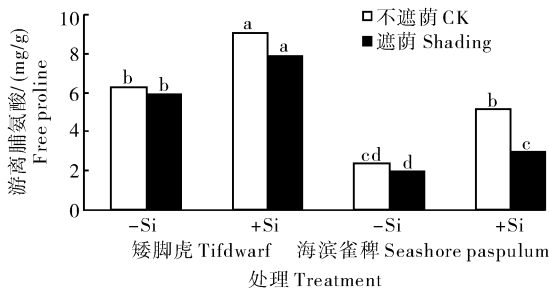


图 5 施硅对遮荫处理矮脚虎和海滨雀稗游离脯氨酸含量的影响

Fig. 5 Influences of Si application on the content of free proline in Tifdwarf and Seashore paspalum

## 3 讨论

遮荫处理下,草坪草海滨雀稗和矮脚虎可溶性总糖含量明显减少,还原糖含量急剧下降,蔗糖在不施硅时也显著下降。遮荫处理下海滨雀稗脯氨酸含量显著下降,游离氨基酸总量却显著升高。这可能是由于遮荫处理下,植物处于低光强胁迫,光合能力下降,因而碳水化合物合成速率下降,直接体现在还原糖含量的急剧下降上。光合能力的下降还影响了脯氨酸和蔗糖的积累。如在遮荫条件下,由于光合

速率的降低,非结构碳水化合物的浓度通常显著下降,在荫地生长的狗牙根,其可利用的碳水化合物减少,而木质素显著增加<sup>[9]</sup>。非结构性碳水化合物的减少,对植物氮代谢产生一定影响,导致体内游离氨基酸总量在遮荫下升高。有研究发现遮荫时植物贮藏的碳水化合物含量下降、C/N 下降、蒸腾速率降低、组织中含水量增加、渗透压下降<sup>[10]</sup>。这些生理指标的变化,表明遮荫使草坪处于逆境状态。因而如何提高植物耐遮荫能力,是草坪养护中的一个重要问题。

施硅提高了海滨雀稗和矮脚虎可溶性总糖及蔗糖含量,特别是在遮荫下效果更明显;同时施硅还明显抑制海滨雀稗遮荫处理下游离氨基酸含量的升高:表明遮荫条件下施硅可以改善草坪草非结构性碳水化合物的含量及组分,明显提高草坪草耐遮荫能力。由于矮脚虎的非结构性碳水化合物含量高于海滨雀稗,耐遮荫能力较强;海滨雀稗由于耐遮荫能力较弱,因而对施硅的反应更明显。因此,施硅对草坪草尤其是海滨雀稗耐荫性的提高与硅的吸收和在体内的沉积有关。笔者所在课题组的前期研究<sup>[6]</sup>表明施硅后草坪草海滨雀稗硅细胞发育完好、哑铃形突出,细胞数量和体积相对增大,同时由于硅细胞的“过度”发育,已难于观察到栓细胞。硅细胞和栓细胞是沿叶片纵向连续排列的短细胞,对于维持叶的挺立形态十分重要。充满硅的细胞可以帮助植物捕获光能因而能够促进光合作用<sup>[11]</sup>,提高非结构性碳水化合物含量。同时硅也会在叶片除硅细胞以外的其他细胞壁沉积,增加了细胞壁的刚性和弹性<sup>[2]</sup>。由于硅在叶细胞内沉积,保证了叶片的挺立,而叶片的挺立可以保证叶片吸收更多的光照,以进行正常的光合作用,形成更多的光合产物。硅细胞的这种作用在遮荫时光照不足的情况下尤为重要,因而施硅提高了草坪草的耐荫性。遮荫与自然光照条件下施硅处理对草坪草蔗糖含量的不同效应,也表明光线不足时硅的沉积对草坪光能的捕获和利用有显著的促进作用。在光照时间不足时施硅,由于硅在叶片的沉积,提高了植株对有限光能的利用<sup>[11]</sup>,弥补了光照不足引起的光合作物产物可溶性糖含量的降低,也提高了草坪草对短日照光强不足的耐性<sup>[3]</sup>。因而,施硅是提高草坪草耐遮荫的一项有效措施,由于施硅还可以提高植物水分利用率、耐热性、耐盐性和抗病性<sup>[12-17]</sup>,因而在草坪养护中要特别重视硅的施用。

## 参 考 文 献

- [1] 胡林,边秀举,阳新玲. 草坪科学与管理[M]. 北京:中国农业大学出版社,2001.
- [2] 郭和蓉,吴淑龙,卢小良,等. 氮形态对兰引3号结缕草(*Zoysia japonica* cv. lanyin No. 3)生长及草坪质量的影响[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):59-64.
- [3] 王荔军,郭中满,李铁津,等. 生物矿化纳米结构材料与植物硅营养[J]. 化学进展,1999(2):119-128.
- [4] 王荣萍,李淑,张育灿,等. 在2种蔬菜土壤上铜钼硅对苦瓜产量和品质的影响研究[J]. 华中农业大学学报,2007,26(1):59-62.
- [5] 曾宪录,梁计南,谭中文. 硅肥对甘蔗一些光合特性的影响[J]. 华中农业大学学报,2007,26(3):330-334.
- [6] 王惠珍,喻敏,萧洪东,等. 施硅对硅细胞的发育及不同光照时间处理海滨雀稗可溶性糖含量的影响[J]. 华中农业大学学报,2007,26(5):482-485.
- [7] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [8] 喻敏,萧洪东,陈跃进,等. 硼、钼对低温下海滨雀稗可溶性糖和游离脯氨酸含量的影响[J]. 作物学报,2004,30(8):847-848.
- [9] BURTON G W, JACKSON J E, KNOX F E. The influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon*) [J]. Agronomy Journal, 1959, 51: 534-542.
- [10] BOARDMAN N K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants[J]. Annual Reviews of Plant Physiology, 1977, 28: 355-377.
- [11] NEETHIRAJAN S, GORDON R, WANG L. Potential of silica bodies (phytoliths) for nanotechnology[J]. Trends in Biotechnology, 2009, 27: 461-467
- [12] GAO X, ZOU C, WANG L, et al. Silicon improves water use efficiency in maize plants [J]. Journal of Plant Nutrition, 2004, 27(8): 1457-1470.
- [13] WANG L J, NIE Q, LI M, et al. Biosilicified structures for cooling plant leaves: a mechanism of highly efficient midinfrared thermal emission [J]. Applied Physics Letters, 2005, 87: 194105-194107.
- [14] LIANG Y C, CHEN Q, LIU Q, et al. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160: 1157-1164.
- [15] LIANG Y C, SUN W C, SI J, et al. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus* [J]. Plant Pathology, 2005, 54: 678-685.
- [16] 萧洪东,喻敏,王惠珍. 硅化物处理对草坪草弯孢霉叶枯病的抗性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 351-354.
- [17] 王荔军,王运华,周益林,等. 纳米结构 SiO<sub>2</sub>与植物真菌病害发生的关系[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(6): 87-91.

## Influences of Silicon on Content of Soluble Sugars, Amino Acids in Turf-grasses under Shading Stress

ZENG Chang-di YU Min XIAO Hong-dong WANG Hui-zhen XIE Hai-sheng ZENG Xue-feng  
*Department of Horticulture, Foshan University, Foshan 528000, China*

**Abstract** Soluble sugars, free amino acids and proline were determined in tiftwarf (*Cynodon dactylon* × *C. transvaanensis*) and seashore paspulum (*Paspalum vaginatum* Swarfz) under Si addition and shading treatments in media culture to study the influences of Si on the shading tolerances of turfgrasses. The results showed that content of total soluble sugars, sucrose and reductive sugars were significantly ( $P < 0.05$ ) decreased, while free amino acids were significantly ( $P < 0.05$ ) increased after shading treatment in tiftwarf and seashore paspulum. The differences between CK and shading decreased after Si application. Content of proline was significantly ( $P < 0.05$ ) increased by Si application but decreased less by shading. The content of total soluble sugars, sucrose, free amino acids and proline were significantly ( $P < 0.05$ ) higher in tiftwarf than that in seashore paspulum. Less effect was observed in tiftwarf than that in seashore paspulum after Si addition and shading treatments. These results indicated that the non-structural carbohydrates dropped under shading stress which was restored by the higher energy utility induced by Si deposition, thus Si enhanced the shading tolerance of turfgrass. The results also showed that the shading tolerance of tiftwarf was higher than that of seashore paspulum.

**Key words** silicon; shading; soluble sugars; free amino acids; free proline; tiftwarf; seashore paspulum

(责任编辑:张志钰)