

文章编号: 1674-7054(2013)02-0165-04

钠钾离子替代对椰苗叶片糖类及其代谢酶活性的影响

黄少刚^{1 2 3} 孙程旭^{1 3} 杨伟波^{1 3} 唐龙祥^{1 3}

(1. 中国热带农业科学院 椰子研究所 海南 文昌 571339; 2. 海南大学 农学院 海南 海口 570228;

3. 海南省热带油料作物生物学重点实验室 海南 文昌 571339)

摘 要: 对沙培环境中的椰子苗进行钠替代钾试验,结果表明:在 Na^+ 和 K^+ 总浓度为 $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的情况下 25% 和 50% 的钠替代钾处理中,蔗糖含量、可溶性糖含量以及蔗糖合成酶(SS)、蔗糖磷酸合成酶(PS)的酶活性变化趋势与对照相似,试验后期均趋于平稳且差异不显著($P > 0.05$);而在 75% 和 100% 的钠替代钾处理中,除蔗糖磷酸合成酶(PS)的酶活性变化趋势与对照基本一致外,蔗糖含量、可溶性糖含量以及蔗糖合成酶(SS)活性均呈逐步下降的趋势。

关键词: 椰子; 钠钾替代; 蔗糖; 可溶性糖; 蔗糖合成酶; 蔗糖磷酸合成酶

中图分类号: S 667.4

文献标志码: A

一直以来,人们都认为 NaCl 既是一个胁迫因子,也是导致植物盐害的主要因素。然而,近年来的研究表明,高浓度的 NaCl 虽对植物有毒害作用,但植物生长确实也需要一定量的 Na^+ 和 Cl^- [1-2]。低浓度的 NaCl 对植物生长非但无害,相反还对植物生长有利。因为一些植物必须有钠的存在才能获得最大生物量,并且钠在某些方面还能替代钾 [3]。研究认为, $\text{K}^+ - \text{Na}^+$ 替代效应的实质是一种养分离子替代另一种养分离子的生理功能。 Na^+ 作为 K^+ 最大优势的替补阳离子,在缺钾的情况下,加入钠可以使植物体内的总阳离子浓度保持稳定,从而维持液泡的正常膨压,减少了缺钾造成的渗透势变化带来的不利影响 [4]。还有人把钠定义为有益元素,认为钠对某些植物是必需的,对某些植物不是必需的但对生长有刺激作用 [5]。实验亦证实钠对许多植物如甜菜、海蓬子、马铃薯、棉花以及某些藻类的品质、产量或生长发育都有促进作用 [2]。此外,低浓度的 NaCl 还对植物的光合途径也具有积极作用 [6]。盐分可促进椰子生长的研究已有报道 [7],但椰子抗盐机理以及 K^+ 、 Na^+ 替代作用对椰子的生理效应研究鲜有报道。笔者通过对椰子叶片光合产物蔗糖含量及其合成酶活性的变化进行研究,探讨 K^+ 、 Na^+ 替代作用对椰子苗光合产物合成能力的影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料 供试椰子幼苗取自中国热带农业科学院椰子研究所科研试验基地。椰子苗选取标准为:约 7 个月苗龄,有 3~4 片全裂叶并有新叶抽生,长势良好且基本一致,已脱离椰果自身营养供给的海南本地高种椰子苗。整个试验在该基地遮荫棚中进行。

1.2 实验设计 以河沙为培养基质,先将河沙经过过滤筛,再用清水反复冲洗以去除沙质中的杂质和养

收稿日期: 2013-01-31

基金项目:公益性(农业)行业科技项目(200903026);农业部物种保护专项资助(1251216314012)

作者简介:黄少刚(1985-),男,湖北大冶人,海南大学农学院 2010 级硕士研究生。

通信作者:唐龙祥(1964-),男,研究员,硕士生导师,主要从事土壤农化及植物营养机理研究。E-mail: tlx@china.cn

分,用清水冲洗椰苗根部基质,然后定植于直径 30 cm、高度 40 cm 且底部带孔的塑料桶中。用 Hoagland 营养液浇灌进行恢复生长,每 5 d 浇 1 次营养液。桶口用白色塑料膜遮盖以防止雨水渗入。营养液的配方为:4 mmol · L⁻¹ KCl,1 mmol · L⁻¹ Ca(NO₃)₂ · 4H₂O,2 mmol · L⁻¹ NH₄H₂PO₄,1 mmol · L⁻¹ MgSO₄ · 7H₂O,2 mmol · L⁻¹ NH₄NO₃。恢复生长 1 个月后开始试验处理。

试验共 5 个处理,每处理 5 个重复,各处理中 Na⁺ 和 K⁺ 总浓度均为 4 mmol · L⁻¹。处理 1 为对照 (CK):4 mmol · L⁻¹ KCl;处理 2:3 mmol · L⁻¹ KCl + 1 mmol · L⁻¹ NaCl;处理 3:2 mmol · L⁻¹ KCl + 2 mmol · L⁻¹ NaCl;处理 4:1 mmol · L⁻¹ KCl + 3 mmol · L⁻¹ NaCl;处理 5:4 mmol · L⁻¹ NaCl。分别于试验的第 0、20、40、60、80 天采集叶片,5 个重复每次分别采样测定。采集时间为上午 9:00 ~ 11:00,采集部位为正常展开叶的第 9 ~ 14 裂叶。

1.3 测定指标与方法 蔗糖含量测定参考占达东^[8]的方法。蔗糖合成酶(sucrose synthase, SS)、蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase, SPS)提取参照王永章和张大鹏^[9]的方法,二者酶活性(蔗糖合成酶活性为合成方向)测定参照於新建^[10]的方法。可溶性糖含量按李合生等^[11]的方法测定。

1.4 数据处理 采用 Excel 软件整理数据与作图,利用 SPSS 13.0 的 One-way ANOVA 和 LSD 最小显著差数法进行平均数间的多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同钠替代钾条件下椰子苗体内蔗糖含量的变化 由图 1A 可知,处理 2 和处理 3 与对照蔗糖含量变化趋势基本一致,整个试验期间,蔗糖含量变化幅度不大,趋于平稳;第 80 天处理 2 和处理 3 的蔗糖含量略高于对照组,但差异不显著($P > 0.05$)。

另外,处理 4 和处理 5 的蔗糖含量变化趋势相似,一直呈下降的趋势。与对照相比,从第 40 天开始处理 4 和处理 5 的降幅分别达到了 60.27%、33.77%、58.49% 和 37.30%、37.58%、53.31%,差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

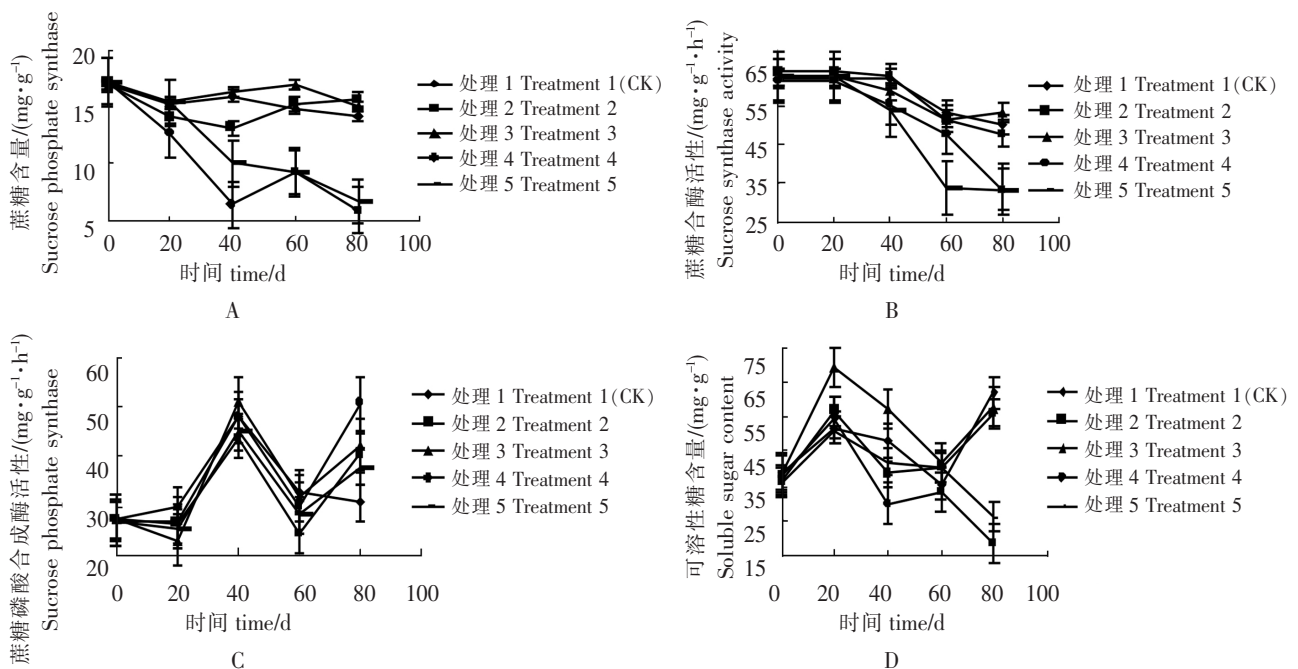


图 1 不同钠替代钾条件下椰子苗叶片蔗糖含量 (A)、SS 活性 (B)、SPS 活性 (C)、可溶性糖含量 (D) 的变化

Fig.1 The change of sucrose content (A), sucrose synthase activity (B), sucrose phosphate synthase activity (C), soluble sugar content (D) under the condition of the different proportional replacement of potassium by sodium in the coconut seedling leaves

2.2 不同钠替代钾条件下椰子苗体内 SS 活性的变化 由图 1B 可知,整个试验期间,处理 2 和处理 3 的 SS 活性变化趋势与对照基本保持一致,表现为稳中有降,且第 40 天后各处理内酶活性差异不显著

($P > 0.05$) 这说明三者的酶活性均趋于平稳。对3组数据进行进一步分析发现, 随着时间的推移, 各处理间的酶活性差异不显著($P > 0.05$)。另外, 处理4和处理5的SS活性变化趋势基本一致, 均呈现逐步下降的变化, 处理5的下降幅度更大; 与对照进行比较分析发现, 前40 d, 二者与对照的SS活性基本相当, 差异不显著($P > 0.05$); 但从第40天开始, 处理4和处理5的酶活性开始低于对照, 第80天酶活性均降到最低, 分别为33.44%、33.72%, 与对照相比, 差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.3 不同钠替代钾条件下椰子苗体内SPS活性的变化 由图1C可知, 各处理SPS活性变化趋势基本一致, 表现为先上升后缓慢下降再缓慢回升的变化, 总体上基本稳定。进一步分析发现, 前60 d各处理间的酶活性差异不显著($P > 0.05$), 第80天各处理的酶活性均高于对照且差异达到极显著水平($P < 0.01$); 其中处理4的酶活性最大, 处理2和处理3次之, 处理5最小。

2.4 不同钠替代钾条件下椰子苗体内可溶性糖含量的变化 由图1D可知, 处理2和处理3与对照组的可溶性糖含量变化趋势基本一致, 呈现先上升后缓慢下降再缓慢回升的变化。进一步分析发现, 总体上处理2略低于对照, 处理3却相反。另外, 处理4与处理5的可溶性糖含量变化趋势相似, 呈现先上升后逐步下降的变化。第80天, 二者的可溶性糖含量均降到最低, 分别为69.85%、57.65%, 与对照相比, 差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

3 讨论

3.1 处理中SS活性的变化与蔗糖、可溶性糖含量的变化具有一致性 SS是一种糖基转移酶, 可调节对库端的供应能力^[12]。蔗糖处于碳同化产物的中心位置, 是源组织中碳同化、库组织中氮利用的结合点。可溶性糖是植物糖类运输的主要形式, 其含量高低既标志着源端对同化物的供应能力, 也反映出库端对同化物的利用转化能力^[13]。

试验后期, 25%和50%的钠替代钾条件下, SS活性、蔗糖和可溶性糖含量变化趋势相似并逐渐趋于稳定; 而替代比例上升到75%和100%时, 三者均呈现逐渐下降的变化。这说明钠替代钾处理对于调节椰子源库具有重要作用, 且三者可能具有同步性。

3.2 Na^+ 对 K^+ 的替代作用具有可变性 在 Na^+ 和 K^+ 总浓度为 $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的条件下, 25%和50%的钠替代钾处理对SS活性、蔗糖和可溶性糖含量没有产生影响, 说明 Na^+ 对 K^+ 的部分替代效应相当于甚至大于全钾效应, 仍然可以为椰子苗碳代谢提供稳定的碳来源。其原因可能是钠钾低浓度时, 二者之间具有协同和交互效应, Na^+ 作为 K^+ 最大优势的替补阳离子, 在供钾离子浓度降低的同时, 钠离子的增加取代了钾离子在细胞中的非专性功能, 甚至钠离子起的作用比钾离子更大^[3]。在一定程度上, 只是降低了钾离子的临界浓度, 对椰子苗的生长没有产生影响。

当钠替代比例上升到75%和100%时, SPS活性虽不受影响, 但蔗糖、可溶性糖含量以及SS活性表现出下降趋势, 说明在高盐环境中SS活性更易受影响, 而蔗糖积累代谢不仅是单个酶在起作用, 而且是几种酶共同作用的结果; 另一方面说明高比例的钠钾替代效应低于全钾效应, 对植物的生理代谢产生不利影响。其原因可能是高浓度的钠离子对钾离子产生拮抗作用, 从而抑制了钾离子的吸收^[14], 或者更主要的原因是钾在细胞质中的作用是专一的, 不能为任何其他离子所代替^[15]。

本试验结果表明, 部分钠替代钾处理对椰苗叶片的蔗糖、可溶性糖含量及其相关酶活性并没有产生影响, 甚至可以为椰子苗碳代谢提供稳定的碳来源。因此, 从光合产物蔗糖的积累与代谢过程看, 海南本地高种椰子苗所需的钾离子能够被钠离子部分替代, 而且不会影响植物的正常生长。

参考文献:

- [1] 邹邦基. 植物的营养[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 264–270.
- [2] 邹邦基. 植期施用含氯化肥对土壤性质和作物产量品质的影响[M]//胡思农. 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用. 北京: 农业出版社, 1985: 292–296.
- [3] SUBBARAO G V, ITO O, BERRY W L, et al. Sodium—a functional plant nutrient[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2003, 22(5): 391–416.
- [4] 慕成功. 钾素营养及施肥技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 4.

- [5] 马斯纳 H. 高等植物的矿质营养[M]. 曹一平,译. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 282 – 286.
- [6] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 91 – 98.
- [7] REMISON S, IREMIREN G, THOMAS G. Effect of salinity on nutrient content of the leaf of coconut seedling[J]. Plant and Soil, 1988, 109(1): 135 – 138.
- [8] 占达东. 紫外分光光度法测定蔗糖含量[J]. 理化检验: 化学分册, 2005, 41(5): 363 – 365.
- [9] 王永章, 张大鹏. 乙烯对成熟期红星苹果果实碳水化合物代谢的调控[J]. 园艺学报, 2000, 27(6): 391 – 395.
- [10] 於新建. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 48 – 149.
- [11] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [12] 宋建民, 田纪春, 赵世杰. 小麦光合碳氮代谢平衡调节酶研究进展[J]. 麦类作物, 1997, 17(6): 52 – 55.
- [13] 刘淑云. 不同施肥制度对夏玉米产量与品质形成的影响及其生理机制[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [14] FRANCISCO R. Sodium-driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKTI and mutations conferring salt tolerance[J]. Science, 1995, 270: 1660 – 1663.
- [15] 姜理英, 杨肖娥, 石伟勇. 钾钠替代作用及对作物的生理效应[J]. 土壤通报, 2001, 32(1): 28 – 31.

Effect of the Replacement of Potassium by Sodium on the Sugar Content and the Activity of Related Metabolic Enzymes in the Coconut Leaves

HUANG Shaogang^{1,2,3}, SUN Chengxu^{1,3}, YANG Weibo^{1,3}, TANG Longxiang^{1,3}

(1. Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang 571339, China;

2. College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China;

3. Hainan Key Biological Laboratory of Tropical Oil Crops, Wenchang 571339, China)

Abstract: In order to study the change of sucrose content and related metabolic enzymes activity under the condition of the different proportional replacement of potassium by sodium in the coconut leaves, a test was attempted in which the replacement of potassium by sodium in the coconut leaves was carried out under the sand culture. The result showed that: in a condition of which the total concentration of potassium and sodium was $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the change of the content of sucrose and soluble saccharide, as well as the activity of sucrose synthase and sucrose phosphate synthase, was similar to the control in the treatments of 25% and 50% replacement of potassium by sodium; not only the tendency was gradually steady and but also the difference between them was not significant in the later period ($P > 0.05$). However, compared to the control, the contents of sucrose and soluble saccharide and the activity of sucrose synthase reduced gradually in the treatments of 75% and 100% replacement of potassium by sodium, except that the change of the activity of sucrose phosphate synthase was as similar as the control. The results of the study expound that the partial replacement of potassium by sodium had no effect on the contents of sucrose and soluble sugar and the activity of related enzymes in coconut seedlings, which provides stable carbon sources for carbon metabolism, so as to ensure the normal growth of plants.

Key words: coconut; Na_K replacement; sucrose; soluble sugar; sucrose synthase; sucrose phosphate synthase