

李 佳,刘立云,周焕起. 不同产量水平下槟榔叶片碳氮代谢特征的差异比较[J]. 江苏农业科学,2018,46(21):152-154.
doi:10.15889/j. issn. 1002-1302. 2018. 21. 037

不同产量水平下槟榔叶片碳氮代谢特征的差异比较

李 佳,刘立云,周焕起
(中国热带农业科学院椰子研究所,海南文昌 571339)

摘要:采用田间调查与实验室分析相结合的方法,探讨海南地区不同产量水平槟榔碳氮代谢产物及其相关酶活性的变化规律。结果表明,不同产量水平间槟榔叶片总糖含量、蔗糖含量和淀粉含量差异显著,高产槟榔叶片总糖含量和淀粉含量显著高于中产和低产槟榔,而蔗糖含量显著低于中产和低产槟榔;高产槟榔叶片蔗糖合成酶活性显著高于低产槟榔,与中产槟榔差异不显著;不同产量水平的槟榔叶片蔗糖磷酸合成酶的活性差异不明显;高产槟榔的全氮含量和游离氨基酸含量显著高于低产槟榔,与中产槟榔差异不显著;高产槟榔叶片硝酸还原酶活性、谷氨酰胺合成酶活性和谷氨酸合成酶活性显著高于中产和低产槟榔。可见,高产槟榔叶片对碳的同化、干物质的积累及无机氮的同化能力显著高于低产槟榔,其产量的提升可能是通过碳氮代谢过程来实现的。

关键词:槟榔;产量水平;碳氮代谢;酶活性

中图分类号:S792.910.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)21-0152-03

槟榔(*Areca catechu* L.)为槟榔科槟榔属多年生植物,因其具有助消化、抗氧化和抗菌等重要的药用价值而被称为“四大南药”之首^[1]。近年来,槟榔产业带来的经济效益已是海南东部、中部和南部山区 200 多万农民的主要收入来源。然而,海南多数农户对槟榔种植管理粗放,单位面积产量仍处于较低水平。据报道和笔者调查,海南高产槟榔产量可达 40 kg/株,而低产却不足 1 kg/株,甚至无产量。碳、氮代谢是植物体内重要的代谢过程,与植物的生长发育、产量、品质密切相关^[2]。作物体内的碳氮代谢是紧密相连的,氮代谢须要依赖碳代谢提供的碳源和能量,而碳代谢又须要氮代谢提供酶和光合色素,二者须要共同的还原力、腺嘌呤核苷三磷酸和碳骨架^[3]。有关作物叶片碳氮代谢规律在水稻、玉米、大豆、花生和烟草等作物上研究报道较多^[4-8]。前人对槟榔的研究大多集中在产量和氮、磷、钾等营养元素关系的研究^[9],而对于槟榔碳氮代谢规律的研究尚少见报道。因此,本研究从产量水平入手,研究不同产量水平槟榔叶片碳氮代谢物质及其

相关酶活性的变化规律,重点探讨高产水平下槟榔碳、氮代谢规律,以期为高产栽培技术研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

研究区位于海南省文昌、琼中、万宁、保亭、三亚、陵水、白沙、乐东等槟榔主产区,该地区雨量充沛,年降水量为 2 200 ~ 4 000 mm,年蒸发量为 2 400 mm,相对湿度为 80% ~ 90%,年平均气温为 22.4 ~ 24.3 ℃,属热带湿润季风性气候。土壤类型主要有砖红壤、赤红壤、黄壤、滨海沙土。种植槟榔的土壤养分状况见表 1。

1.2 试验设计

设为 3 个产量水平:高产为 20 ~ 25 kg/株、中产为 7 ~ 10 kg/株、低产为 0 ~ 2 kg/株。槟榔为常规栽培,2017 年 9 月 1—10 日采样,9 月份采样能更准确地反映全年的营养代谢水平^[10]。

表 1 槟榔土壤养分状况

土层 (cm)	pH 值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	有效磷含量 (g/kg)	有效钾含量 (g/kg)	有效镁含量 (g/kg)
0 ~ 20	5.86 ~ 7.71	15 ~ 20	0.6 ~ 1.0	0.025 ~ 0.045	0.025 ~ 0.040	0.010 ~ 0.025
20 ~ 40	5.92 ~ 7.59	12 ~ 14	0.4 ~ 0.6	0.020 ~ 0.038	0.020 ~ 0.035	0.010 ~ 0.025

植物样品的采集:每个槟榔产量水平组选取 5 个不同区域的槟榔园,每个槟榔园取样 5 株,每株树选择第 5 张叶复叶的中部小叶^[11],去掉中脉,剪去基部和末端,保留 20 cm 长的中段叶片,擦净后一部分于 80 ℃烘干,用于测定全氮含量;另

一部分于液氮中速冻保存,用于测定酶活和糖类含量等。

1.3 测定指标与方法

叶绿素含量采用 SPAD502 叶绿素仪测定,对每张叶片的 5 个部位进行测定,取平均值作为此张叶片的最终 SPAD 值;总糖和淀粉含量测定采用高俊风的方法^[12];蔗糖含量测定采用刘以前的方法^[13];采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase,简称 SPS)和蔗糖合成酶(sucrose synthase,简称 SS)的活性,以生成 1 μmol/(mg · min)蔗糖为 1 个酶活力单位(U)。全氮和可溶性蛋白质含量测定参照鲍士旦的方法^[14];游离氨基酸含量的测定采用茚三酮比色法^[15]。采用北京索莱宝科技有限公司

收稿日期:2017-11-13
基金项目:海南省自然科学基金面上项目(编号:317284);海南省重点研发计划(编号:ZDYF2017069);中国热带农业科学院院级创新团队项目(编号:17CXTD-14)。
作者简介:李 佳(1984—),女,湖北咸宁人,硕士,助理研究员,主要从事槟榔栽培生理研究。E-mail:lijiali027@163.com。

生产的试剂盒测定硝酸还原酶(nitrate reductase,简称 NR)、谷氨酰胺合成酶(glutamine synthetase,简称 GS)和谷氨酸合成酶(glutamate synthase,简称 GOGAT)的活性。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010、SPSS 19.0 软件对数据进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同产量水平槟榔叶片碳代谢的差异

叶绿素是植物进行光合作用的重要色素,其含量与植物光合速率和同化物的形成具有直接关系^[16]。由表 1 可以看出,高产槟榔叶片的 SPAD 值显著高于低产槟榔,比低产槟榔高 10.89%,与中产槟榔差异不显著。

糖在碳运输、转化、代谢过程中起到非常重要的作用,而淀粉是碳代谢的最终产物,因此,糖与淀粉的含量可分别作为碳转化和碳积累的重要指标^[17]。由表 1 可以看出,不同产量水平槟榔叶片中总糖含量、蔗糖含量及淀粉含量存在明显差异,高产槟榔叶片的总糖含量和淀粉含量显著高于中产和低产槟榔,总糖含量分别比中产和低产槟榔高 16.84%、38.02%,淀粉含量分别比中产和低产槟榔提高 43.16%、

60.43%;蔗糖含量则相反,高产槟榔叶片蔗糖含量分别比中产与低产槟榔降低 19.43%、29.86%。

表 1 不同产量水平槟榔叶片 SPAD 值、总糖含量、蔗糖含量及淀粉含量的差异

槟榔产量水平	SPAD 值	总糖含量 (mg/g)	蔗糖含量 (mg/g)	淀粉含量 (mg/g)
低产	70.72 ± 6.28b	50.92 ± 0.21c	24.36 ± 1.64a	8.87 ± 0.45b
中产	75.48 ± 6.01a	60.15 ± 0.38b	21.20 ± 1.18b	9.94 ± 0.54b
高产	78.42 ± 5.06a	70.28 ± 0.13a	17.08 ± 0.57c	14.23 ± 0.49a

注:同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。表 2 同。

2.2 不同产量水平槟榔叶片蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(PPS)活性的差异

SS 和 PPS 是蔗糖代谢过程中的 2 种关键酶,PPS 是控制叶片中蔗糖合成的关键酶,调节叶片中光合产物在淀粉和蔗糖之间的分配。SS 分解蔗糖生成腺苷二磷酸葡萄糖和果糖,用来合成淀粉等碳水化合物^[18]。由图 1 可知,高产槟榔叶片 SS 活性显著高于低产槟榔,较低产槟榔提高 34.93%,而与中产槟榔差异不显著;不同产量水平的槟榔叶片 PPS 活性差异不明显。

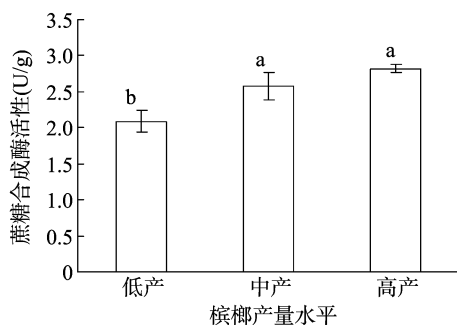


图 1 不同产量水平槟榔叶片碳代谢酶的活性

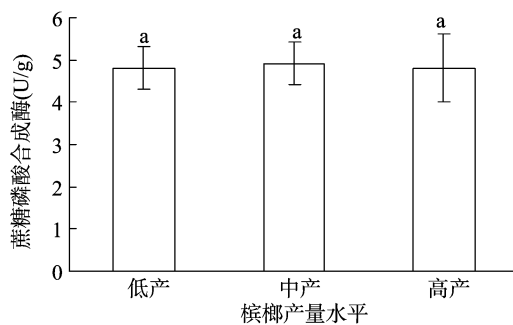


图 2 不同产量水平槟榔叶片蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(PPS)活性的差异

2.3 不同产量水平槟榔叶片全氮含量、可溶性蛋白含量及游离氨基酸含量的差异

由表 2 可知,高产槟榔叶片的全氮含量比低产槟榔提高 22.43%,与中产槟榔差异不显著。可见,高产与中产槟榔对氮素的吸收效率比低产槟榔高。蛋白质是氮代谢的终产物,氨基酸是合成蛋白质的主要原料,也是蛋白质降解的主要产物。从表 2 可以看出,高产槟榔叶片的游离氨基酸含量比低产槟榔提高 32.94%,与中产槟榔差异不显著;高产槟榔叶片的可溶性蛋白含量较低产槟榔提高 40.85%,中产与低产槟榔叶片中的可溶性蛋白含量差异不显著。

表 2 不同产量水平槟榔叶片全氮含量、可溶性蛋白含量及游离氨基酸含量的差异

槟榔产量水平	全氮含量 (mg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	游离氨基酸含量 (mg/g)
低产	21.58 ± 2.99b	2.35 ± 0.28b	35.49 ± 2.46b
中产	25.02 ± 1.46a	2.52 ± 0.32b	45.45 ± 2.65a
高产	26.42 ± 1.84a	3.31 ± 0.17a	47.18 ± 3.55a

2.4 不同产量水平槟榔叶片硝酸还原酶活性、谷氨酰胺合成酶活性和谷氨酸合成酶活性的差异

NR 是植物对硝态氮同化过程中关键的限速酶和调节

酶^[19]。由图 2 可知,不同产量水平槟榔叶片 NR 活性差异显著,高产水平槟榔叶片 NR 活性比中产和低产槟榔分别提高 12.37%、33.49%。GS 在催化氮同化中起着关键作用,高等植物 95% 以上的 NH_4^+ 都是通过 GS/GOGAT 循环同化的, GOGAT 是该途径中的限速酶^[20]。高产槟榔叶片的 GS 活性和 GOGAT 活性分别比低产槟榔的提高 66.32%、33.12%,中产槟榔叶片的 GS 活性和 GOGAT 活性也明显高于低产槟榔。

3 结论与讨论

植物碳代谢是植物体内最基本的代谢之一,包括 3 个阶段:无机碳通过光合作用转化为有机碳;磷酸丙酮糖合成蔗糖并进一步转化为单糖的碳水化合物的运输与转化;以淀粉等碳水化合物积累为主要标志碳的积累代谢^[17]。作物高产不仅要求功能叶片有较强的光合生产能力,而且要求光合器官中形成的光合产物能够合理地分配与运输。蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶是碳代谢的 2 种关键酶,与光合产物的积累和转化密切相关^[21-22]。本试验结果表明,高产槟榔叶片的 SPAD 值、SS 活性显著高于低产槟榔,间接反映出高产槟榔叶片对无机碳的同化能力较强,而高活性的 SS 分解蔗糖形成尿苷二磷酸葡萄糖,并进一步转化为合成淀粉的底物腺苷二磷

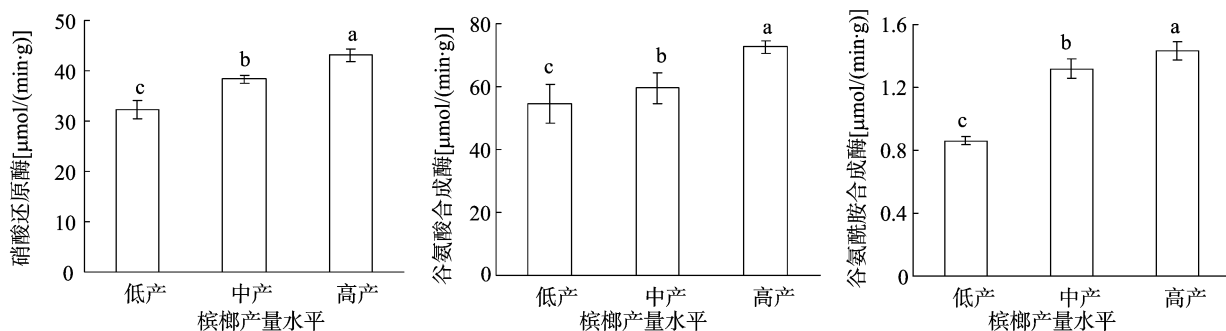


图2 不同产量水平槟榔叶片氮代谢酶的活性

酸葡萄糖,从而促进淀粉的合成,因此,高产槟榔叶片的总糖与淀粉含量显著高于低产槟榔。研究发现,高产槟榔叶片中的蔗糖含量显著低于中产和低产槟榔,并不是高产槟榔蔗糖的合成能力较低所致,而是高产槟榔的蔗糖转化成其他碳水化合物,如淀粉等。

氮代谢是植物体内合成氨基酸和蛋白质的主要途径^[18],其生物合成主要是在硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶等一系列酶催化下完成的,其活性的高低直接影响槟榔对无机氮的利用^[2]。本试验结果表明,高产槟榔叶片具有较高的NR活性,说明高产槟榔对硝态氮的同化能力较强。GS/GOGAT偶联形成的循环反应是高等植物氮代谢的主要途径,在氨态氮转化为氨基酸和蛋白质的过程中发挥着关键作用^[24]。本研究高产槟榔叶片中可溶性蛋白和游离氨基酸含量显著高于低产槟榔,可能与GS/GOGAT活性较高有关。

综上所述,在高产农田生态条件下,高产槟榔叶片的SS、NR、GS和GOGAT活性均得到了显著提高,并在这些酶的共同作用下,使叶片的光合能力和干物质的积累增加,无机氮的同化能力、氨基酸和蛋白质的合成能力增强,从而促进了槟榔有效花的形成,为果实的形成和产量的提高奠定了基础。

参考文献:

- [1] Peng W, Liu Y J, Wu N, et al. *Areca catechu* L. (Arecaceae): A review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2015, 164: 340 – 356.
- [2] 柴小清, 印莉萍, 刘祥林, 等. 不同浓度的 NO_3^- 和 NH_4^+ 对小麦根谷氨酰胺合成酶及其相关酶的影响[J]. *植物学报*, 1999, 38 (10): 803 – 808.
- [3] 史宏志, 韩锦峰, 官春云, 等. 红光和蓝色对烟叶生长、碳氮代谢和品质的影响[J]. *作物学报*, 1999, 25 (2): 215 – 220.
- [4] 王国莉, 郭振飞. 水稻不同耐冷品种碳代谢有关酶活性对冷害的响应[J]. *作物学报*, 2007, 33 (7): 1197 – 1200.
- [5] 刘淑云, 董树亭, 赵秉强, 等. 长期施肥对夏玉米叶片氮代谢关键酶活性的影响[J]. *作物学报*, 2007, 33 (2): 278 – 283.
- [6] 陈煜, 朱保葛, 张敬, 等. 不同氮源对大豆硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性及蛋白质含量的影响[J]. *大豆科学*, 2004, 23 (2): 143 – 146.
- [7] 赵长星, 鲁成凯, 王信宏, 等. 不同产量水平下花生功能叶片氮素

代谢特征的研究[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21 (5): 561 – 565.

- [8] 王冠, 周清明, 杨宇虹, 等. 烤烟碳氮代谢及其关键酶研究进展[J]. *作物研究*, 2012, 26 (2): 189 – 192.
- [9] 卢丽兰, 甘炳春, 魏建和, 等. 不同生长条件下槟榔叶片氮、磷、钾含量及其比例的研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2011, 17 (1): 202 – 208.
- [10] 张少若, 招康赛, 杜海群, 等. 槟榔营养特性与营养诊断方法的研究[J]. *热带作物学报*, 1990, 11 (1): 69 – 80.
- [11] 刘立云, 陈东良, 董志国, 等. 槟榔不同叶序 K、Ca、Na、Mg 含量的测定与变化规律[J]. *江西农业学报*, 2009, 21 (8): 73 – 75.
- [12] 高俊凤. *植物生理学实验指导* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 144.
- [13] 刘以前. 番茄叶片和果实中糖代谢及其遗传研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005: 14 – 15.
- [14] 鲍士旦. *土壤化学分析* [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 62.
- [15] 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: 199.
- [16] 陈芳泉, 邵惠芳, 贾国涛, 等. 保水剂对烟草光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. *中国农业科技导报*, 2016, 18 (5): 157 – 163.
- [17] 宁宇, 邓惠惠, 李清明, 等. 红蓝光质芹菜碳氮代谢及其关键酶活性的影响[J]. *植物生理学报*, 2015, 51 (1): 112 – 118.
- [18] 唐秀梅, 钟瑞春, 揭红科, 等. 间作花生对木薯碳氮代谢产物及其关键酶活性的影响[J]. *中国农学通报*, 2011, 27 (3): 94 – 98.
- [19] 常思敏, 马新明, 张贵龙, 等. 钾对烤烟碳氮代谢及其产量和品质的影响[J]. *植物生态学报*, 2006, 30 (4): 682 – 688.
- [20] 腾祥勇, 李彩凤, 谷维, 等. 甜菜谷氨酰胺合成酶活性与块根产量、含糖率的相关性分析[J]. *中国土壤与肥料*, 2012 (3): 65 – 69.
- [21] 张智猛, 戴良香, 胡昌浩, 等. 氮素对不同类型玉米蛋白质及其组分和相关酶活性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11 (3): 320 – 326.
- [22] Champigny M L, Foyer C. Nitrate activation of cytosolic protein kinases diverts photosynthetic carbon from sucrose to amino acid biosynthesis: basis for a new concept[J]. *Plant Physiology*, 1992, 100 (1): 7 – 12.
- [23] 莫良玉, 吴良欢, 陶勤南. 高等植物 GS/GOGAT 循环研究进展[J]. *植物营养与肥料学报*, 2001, 7 (2): 223 – 231.