

槟榔叶片产量水平、生长年限、黄化病对叶片微量元素含量的影响

卢丽兰, 甘炳春, 魏建和, 许明会

(中国医学科学院 北京协和医学院, 药用植物研究所 海南分所, 海南省南药资源保护
与开发重点实验室, 海南 万宁 571533)

摘要: 以海南东中部正常结果与黄化槟榔叶片为试验材料, 采用田间调查与实验室分析相结合, 分析 4 个产量水平(高产组、中高产组、中产组、低产组)中 4 个生长年限(10、15、20、25 年)正常结果与黄化槟榔叶片 Cu、Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量变化。结果表明: 黄化槟榔叶片 Cu 含量最高, 比中产组和高产组的高, 但差异不大, 高产组的最低。低产组槟榔叶片 Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量分别比高产组的低 47.7%、22.5%、49.0%、40.8%、58.8%。黄化组槟榔叶片 Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量比高产组分别低 44.8%、30.6%、54.4%、50.9%、62.6%。而比低产量的低 5.3%、10.4%、10.7%、17.0%、9.2%。高产组与中高产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限有所降低, 但差异不显著。中产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限无直线变化规律。4 个产量水平槟榔叶片 Zn、B、Mo、Fe 含量随着生长年限呈降低趋势, 4 个产量水平中不同生长年限槟榔叶片 B、Mo 含量差异不显著, 其含量随着生长年限无明显直线变化趋势。结论: 黄化槟榔叶片 Cu 含量较高, 受生长年限影响不明显。槟榔产量水平、黄化病对叶片 Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量的影响较大。高产组槟榔叶片 Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量较高。带有黄化槟榔叶片 Zn、B、Mo、Fe、Mn 含量最低。槟榔生长年限对叶片 Zn、Fe、Mn 含量有一定影响。而对 B、Mo 含量变化无明显影响。

关键词: 槟榔叶片; 微量元素; 产量水平, 生长年限

中图分类号: S792.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)增刊-0160-05

Effects of Yield Level, Growth Years and Yellow Leaf Disease on Trace Elements(Cu, Zn, B, Mo, Fe, Mn) of Arecanut Leaves

LU Li-lan, GAN Bing-chun, WEI Jian-he, XU Ming-hui

(Hainan Branch Institute of Medicinal Plant Hainan Provincial Key Laboratory of Resources Conservation and Development of Southern Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College Wanning 571533 China)

Abstract The normal arecanut leaves of Hainan and the ones with yellow leaf disease were chosen as the experimental materials. By combination of a field investigation and laboratory to analyze the content dynamic of trace elements (such as Cu, Zn, B, Mo, Fe, Mn) of the normal arecanut leaves of Hainan in different yield level and different growth years and the ones with yellow leaf disease. The results of study showed that the Cu content of the arecanut leaves in middle-high yield group (MHYG) was the lowest and that of the arecanut leaves in low yield group (LYG) was the highest and higher than those of middle and high yield group (MYG and HYG), but the difference among them was not significant. The Cu content of arecanut leaves with yellow leaf disease was high than those of the normal fruit-bearing arecanut. The Zn, B, Mo, Fe, Mn contents of the arecanut leaves in low yield group were 47.7%, 22.5%, 49.0%, 40.8% and 58.8% lower than those of the arecanut leaves in high yield group. The Zn, B, Mo, Fe, Mn contents of the arecanut leaves with yellow leaf disease were lower than those of high yield group with 44.8%, 30.6%, 54.4%, 50.9%, and 62.6% decrease, respectively and lower than those of low yield group with 5.3%, 10.4%, 10.7%, 17.0%, 9.2% decrease, respectively.

收稿日期: 2010-10-20

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题 (2007BA127B03); 海南自然科学基金 (310107)

作者简介: 卢丽兰 (1981-), 女, 海南海口人, 研究实习员, 硕士, 主要从事土壤化学、植物营养研究。

通讯作者: 甘炳春 (1956-), 男, 海南琼海人, 副研究员, 主要从事南药资源研究。

10.7%, 17.0% and 9.2%, respectively. The Cu content of arecanut leaves in high yield group and middle-high yield group decreased with the growth years but the difference between them was not significant and the Cu content of leaves in middle yield group showed no a linear trend. The Zn, Mn, Fe contents of arecanut leaves in different yield group showed a decrease trend with the growth years but had no significant difference. The B, Mo contents of arecanut leaves among different yield levels had no significant difference, and had no distinct linear change trend with the growth ages increasing.

Key words Aracanut leaves; Trace element; Yield level; Growth years

槟榔 (*Areca catechu* L.) 是一种棕榈科作物, 是我国四大南药之一, 槟榔种子中含有多种生物碱, 主要成份为槟榔碱, 是很好的收敛剂, 有固齿杀菌、消化积食、去水肿、消脚气等功效。近年槟榔种植业在海南发展迅速, 已成为第二大支柱产业^[1-4]。槟榔叶片中含有多种金属元素, 如 Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo 等^[5,6]。这些元素在植物体内虽然含量很少, 但它对植物的生长发育起着至关重要的作用, 它是植物体内酶或辅酶的组成部分, 具有很强的专一性, 是作物生长发育不可缺少的和不可相互代替的。因此当植物缺乏任何一种微量元素的时候, 生长发育都会受到抑制, 导致减产和品质低。植物在微量元素充足的情况下, 生理机能就会十分旺盛, 这有利于作物对大量元素的吸收与利用, 还可改善细胞原生质的胶体化学性质, 从而使原生质的浓度增加, 增强作物对不良环境的抗逆性^[7]。因此, 在种植槟榔过程当中一定要重视微肥的施用, 而且研究不同生长条件槟榔微量元素含量及变化规律, 是作为科学施肥理论依据。目前关于不同生长条件下槟榔叶片微量元素含量分析很少, 只有少数研究报道关于槟榔叶片中金属元素测定方法研究^[8]。本研究旨在通过对不同产量水平及不同生长年限槟榔叶片 Cu, Zn, B, Mn, Fe, Mn 元素测定及变化规律分析, 正常结果与黄化病槟榔叶片 Cu, Zn, B, Mn, Fe, Mn 含量对比, 为规范化栽培和制定科学方法提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究地区概况

研究区域位于海南屯昌、琼海、万宁、陵水、定安、三亚主要槟榔产区, 土壤类型主要包括砖红壤、赤红壤、黄壤、滨海沙土、水稻土。采用 GPS 定位: 北纬 18°12.139'~19°20.455', 东经 109°26.225'~110°27.037', 海拔高度为 18~171 m, 隶属海南岛东中部, 气候温和、东部温差小, 偏中部地区温差相对较大些、雨量充沛, 温度范围在 14~37°C, 年平均气温 22.9~23.4°C, 年积温 8 800~9 000°C 左右, 太阳总辐射量 29.8 千卡/cm², 日照 4 364.3 h, 年降雨

量为 2 200~4 000 mm, 年蒸发量 2 400 mm, 相对湿度 80%~90%, 属热带湿润季风型气候环境, 夏秋高温多雨、冬春暖和干旱。

1.2 野外调查及样品采集

调查研究槟榔种植区土壤肥力状况: pH 4.64~7.71; 有机质 5.10~24.47 g/kg, 全氮 0.42~1.48 g/kg, 碱解氮 12.95~203.35 mg/kg, 全磷 0.02~0.64 g/kg, 速效磷 1.30~64.30 mg/kg, 全钾 0.95~21.18 g/kg, 速效钾 23.71~260.39 mg/kg, 有效铜 0.623~8.59 mg/kg, 有效锌 0.914~19.60 mg/kg, 有效锰 11.23~39.73 mg/kg, 有效铁 66.65~238.60 mg/kg, 有效硼 0.038~0.666 mg/kg, 有效钼 0.027~0.184 mg/kg。生产管理水平包括高产组 (槟榔年产量 ≥16 500 kg/hm²)、中高产组 (槟榔年产量 ≥12 375 kg/hm²; <16 500 kg/hm²)、中产组 (槟榔年产量 ≥8 250 kg/hm²; <12 375 kg/hm²)、低产组 (槟榔年产量 <8 250 kg/hm²)、黄化组 (轻) (发病初期, 年产量 <1 650 kg/hm²) 和黄化组 (重) (发病后期, 年产量几乎为 0), 除槟榔黄化病组 (槟榔从发病到植株死亡时间为 6~8 年), 采样点不按生长年限而确定外^[9], 其他不同产量组皆选取生长年限为 10, 15, 20, 25 年生槟榔种植地作为采样试验基地, 槟榔采用常规栽培技术, 种植密度为 2 m × 3 m, 供试槟榔植株为正常结果树和黄化病树。植物样点组域: 高产组: 10 年 (n=4, n 代表采样组域数); 15 年 (n=4); 20 年 (n=4); 25 年 (n=4); 中高产组: 10 年 (n=4); 15 年 (n=4); 20 年 (n=4); 25 年 (n=4); 中产组: 10 年 (n=4); 15 年 (n=54); 20 年 (n=4); 25 年 (n=4); 低产组: 10 年 (n=4); 15 年 (n=4); 20 年 (n=4); 25 年 (n=4); 黄化组 (n=15)。采样时间 2009 年 9 月 1~29 日, 9 月份采样 (槟榔叶片) 能取得更准确的结果和能较好地反映全年的营养水平^[10]。

采样方法 植株样品: 每个选定槟榔组取植株 5 株, 每株树选择第 3 片复叶的中部小叶, 混合后制样备用, 因为第 3 片复叶的中部小叶作为诊断采样的部位具有较好代表性, 小叶中部养分含量的离均

差和标准差都接近最小值和小叶养分含量的平均值。较好地反映整片小叶的养分水平同时,取中段也有利于控制样品的一致性^[10]。因此,在处理叶片分析样品时,一律去掉中脉,剪去基部和末端,保留30 cm长的中段叶片作为化学分析样品。植物样共79个。

土壤样品:按S型在每个选定槟榔组取5个点,深度分别为0~40 cm,将土壤混匀,用四分法取0.5 kg左右作为供试土样。土样共174个。风干后,研磨过筛、备用。

1.2 方法

1.2.1 样品处理 叶片:把叶片样品用湿布擦净后进行杀青处理(80~90℃烘30 min,然后60~70℃烘24 h),将干燥的叶片研细,过筛(0.25 mm),贮存待用。

土壤:将土壤样品放在阴凉处,摊开风干,剔除植物残体、石块及其他杂物。将风干土样采用四分法分成2份,分别过1 mm和0.25 mm筛,贮存待用。

1.2.2 测定项目及方法 叶片中铜、锌、铁、锰含量测定^[11]:样品干灰化。采用原子吸收分光光度法测定,测定所用仪器为AA-320原子吸收分光光度计。叶片中B、Mo含量测定用催化极谱仪法。

土壤:测定全氮、碱解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾和有机质含量以及土壤pH值。其中,全氮采用KDY-9820凯氏定氮法;碱解氮采用碱解扩散法;全磷采用高氯酸-浓硫酸消解,钼锑抗比色法;速效磷采用氟化铵-盐酸溶液(0.03 mol/L NH₄F, 0.025

mol/L HCl)提取-钼锑抗比色法;全钾采用NaOH熔融-原子吸收分光光度法;速效钾采用乙酸铵溶液(1 mol/L NH₄OAc)提取-原子吸收分光光度法;有机质采用重铬酸钾-外加热法,然后用硫酸亚铁滴定法;pH值采用电位法;有效铜、有效锌、有效铁、有效锰含量测定:0.1 mol/L HCl 150 mL浸提过滤。采用原子吸收分光光度法测定;有效硼和钼:样品浸提过滤后用极谱仪催化法测定^[11]。

1.2.3 数据处理 利用Excel软件进行原始数据处理,利用DPS、SAS软件进行统计和相关性分析,Origin软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同产量水平槟榔叶片微量元素(Cu Zn B Mo Fe Mn)含量

从图1可知,槟榔叶片微量元素大小依次顺序为Fe>Mn>Zn>B>Cu>Mo。从不同产量水平槟榔叶片Cu含量变化水平来看(图1-A),中高产组槟榔叶片Cu含量最低,中高产组槟榔叶片Cu比高产组的低约17%,然而,中产组槟榔叶片Cu含量比中高产组的高,高约25%。低产组槟榔叶片Cu含量比中产组和高产组的高,但差异不大。槟榔叶片Zn、B、Mo、Fe、Mn含量随着产量水平降低而呈明显低(图1),低产组槟榔叶片Zn、B、Mo、Fe、Mn含量分别比高产组的低47.7%、22.5%、49.0%、40.8%和58.8%。

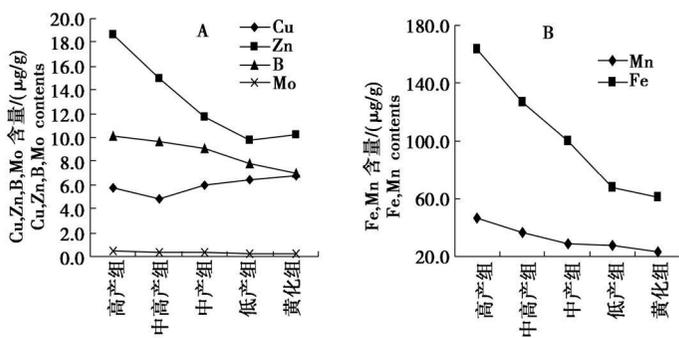


图1 不同产量水平槟榔叶片微量元素含量变化

Fig 1 Change of trace element by arecanut leaves in different yield levels

2.2 正常结果与黄化槟榔叶片微量元素(Cu Zn B Mo Fe Mn)含量

正常结果与黄化槟榔叶片微量元素(Cu Zn B Mo Fe Mn)含量有明显差异(图1),黄化组槟榔叶片Cu含量比高产组和中高产组的分别高17.3%和25.0%。而比低产量的高5.3%,由此可见,低产组和黄化组间的槟榔叶片Cu差异不大。黄化组槟

榔叶片Zn含量比高产量组低44.8%,比低产组的高5.5%。黄化组槟榔叶片B、Mo、Fe、Mn含量比高产量组分别低30.6%、54.4%、50.9%、62.6%。而比低产量的低10.4%、10.7%、17.0%、9.2%。由此可见,黄化组与高产组槟榔叶片B、Mo、Mn、Fe含量差异很大,而与低产组的有所差异,但差异相对较小。

2.3 不同生长年限槟榔叶片微量元素 (Cu Zn B, Mo Mn Fe) 含量

高产组与中高产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限有所降低, 但差异不显著。中产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限无直线变化规律, 低产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限有所, 中产组和低产组除了 25 年生的叶片 Cu 含量与 10 15 20 年生的呈显著差异, 10 15 20 年生的叶片 Cu 含量间无显著差异。不同产量水平槟榔叶片 Zn 含量随着生长年限呈降低趋势, 高产组、中高产组、中产组各生长年限槟榔叶片 Zn 含量差异不显著, 而低产组 25 年生的

叶片 Zn 含量与 10 15 20 年生的呈显著差异, 10 15 20 年生的叶片 Zn 含量间无显著差异。不同产量水平中不同年限槟榔叶片 B Mo 含量差异不显著, 其含量随着生长年限无明显直线变化规律。槟榔叶片 Mn Fe 含量随着生长年限皆呈降低趋势, 高产组、中产组、低产组各生长年限槟榔叶片 Mn 含量差异不显著, 中高产组 10 年生的叶片 Mn 含量与 25 年生的差异显著, 其他年生的无显著差异。高产组、中产组、低产组中 10 年生的叶片 Fe 含量皆与 20 25 年生呈显著差异。中高产组各年限槟榔叶片 Fe 含量差异不显著 (表 1)。

表 1 4 个产量水平槟榔叶片微量元素平均养分含量

Tab 1 A verage contents of trace element of arecanut leaves in 4 yield levels

微量元素 (干质量) Trace element	年限 Year	高产组 HYG	中高产组 MHYG	中产组 MYG	低产组 LYG
Cu/(μ g/g)	10	6.000 \pm 0.12aA	5.278 \pm 0.11aA	6.083 \pm 0.12aA	5.287 \pm 0.11aA
	15	5.906 \pm 0.12aA	4.980 \pm 0.10aA	5.387 \pm 0.11aA	5.916 \pm 0.12aA
	20	5.658 \pm 0.11aA	4.769 \pm 0.09aA	5.413 \pm 0.10aA	6.077 \pm 0.10aA
	25	5.633 \pm 0.10aA	4.215 \pm 0.08aA	7.177 \pm 0.14bA	8.558 \pm 0.17bB
Zn/(μ g/g)	10	19.128 \pm 0.38aA	16.801 \pm 0.34aA	13.070 \pm 0.26aA	11.129 \pm 0.22aA
	15	18.602 \pm 0.37aA	15.340 \pm 0.31aA	11.812 \pm 0.24aA	10.402 \pm 0.21aA
	20	18.441 \pm 0.35aA	14.055 \pm 0.28aA	11.055 \pm 0.22aA	9.868 \pm 0.20aA
	25	18.249 \pm 0.36aA	13.562 \pm 0.27aA	10.986 \pm 0.21aA	7.556 \pm 0.15bA
B/(μ g/g)	10	10.012 \pm 0.20aA	9.556 \pm 0.19aA	9.076 \pm 0.18aA	8.055 \pm 0.16aA
	15	9.995 \pm 0.19aA	9.766 \pm 0.20aA	9.031 \pm 0.15aA	7.978 \pm 0.15aA
	20	10.411 \pm 0.20aA	9.228 \pm 0.18aA	9.065 \pm 0.19aA	7.554 \pm 0.15aA
	25	10.221 \pm 0.21aA	9.888 \pm 0.20aA	9.045 \pm 0.17aA	7.891 \pm 0.14aA
Mo/(μ g/g)	10	0.456 \pm 0.01aA	0.312 \pm 0.01aA	0.286 \pm 0.01aA	0.213 \pm 0.00aA
	15	0.411 \pm 0.01aA	0.297 \pm 0.01aA	0.304 \pm 0.01aA	0.233 \pm 0.01aA
	20	0.487 \pm 0.02aA	0.304 \pm 0.01aA	0.293 \pm 0.01aA	0.247 \pm 0.01aA
	25	0.437 \pm 0.01aA	0.289 \pm 0.01aA	0.300 \pm 0.02aA	0.221 \pm 0.00aA
Mn/(μ g/g)	10	54.384 \pm 1.09aA	45.667 \pm 0.91aA	34.927 \pm 0.70aA	31.515 \pm 0.63aA
	15	52.582 \pm 1.05aA	40.475 \pm 0.81abA	32.554 \pm 0.65aA	30.702 \pm 0.61aA
	20	49.055 \pm 0.98aA	37.958 \pm 0.76abA	31.804 \pm 0.64aA	28.536 \pm 0.57aA
	25	46.712 \pm 0.93aA	36.376 \pm 0.73bA	29.282 \pm 0.59aA	27.661 \pm 0.55aA
Fe/(mg/kg)	10	224.283 \pm 4.49aA	153.596 \pm 3.07aA	129.194 \pm 2.58aA	91.688 \pm 1.83aA
	15	201.957 \pm 4.04abA	130.569 \pm 2.61aA	125.365 \pm 2.51abA	84.501 \pm 1.69abA
	20	178.580 \pm 3.57bA	128.269 \pm 2.57aA	101.950 \pm 2.04bA	70.889 \pm 1.42bA
	25	163.468 \pm 2.27bA	126.597 \pm 2.53aA	99.960 \pm 2.00bA	67.370 \pm 1.35bA

注: 采用 Duncan's 新复极差法检验差异; 小写字母代表 5% 显著水平; 大写字母代表 1% 极显著水平。

Note: By Duncan's test Lowercase letters represent 5% significant level. Capital letters represent 1% level.

3 讨论

以 4 个产量水平槟榔叶片为研究材料, 中高产组与高产组相比, 槟榔叶片 Cu 含量减少了, 然而, 中产组槟榔叶片 Cu 含量比中高产组的增加, 低产组槟榔叶片 Cu 含量比中产组有所增加, 但增加幅度不大。从研究结果表明低产组槟榔叶片 Cu 含量稍高于高产组的, 中高产组的低于高产组的, 槟榔叶片 Cu 含量在适合范围内促进槟榔提高产量, 但槟榔叶片中 Cu 过量了, 会影响槟榔生长和产量的提高。槟榔叶片 Zn B Mo Mn Fe 含量随着产量水平

降低而呈明显低。这表明了槟榔叶片 Zn B Mo Mn Fe 含量与槟榔产量有密切相关, 低含量 Zn B Mo Mn Fe 可能会影响槟榔生长和产量。正常结果与黄化槟榔叶片 Zn B Mo Mn Fe 含量有明显差异, 黄化组槟榔叶片 Cu 含量比正常结果槟榔的高, 但低产组和黄化组间的槟榔叶片 Cu 差异不大。Cu 含量高低影响槟榔生长状况和产量, 黄化槟榔叶片 Cu 含量高可能是由于槟榔种植地 Cu 含量影响, Cu 含量可能影响槟榔抵抗病害能力。黄化组槟榔叶片 Zn 含量比高产量组低 44.8%, 比低产组的高 5.5%。黄化组槟榔叶片 B Mo Mn Fe 含量比高产

量组低。也比低产量的低,黄化组与高产组槟榔叶片 B, M, Q, M, N, Fe 含量差异很大,而与低产组的有所差异,但差异相对较小。锌在植物体内主要参与生长素的合成,它是多种酶的组成成分,特别在氮素代谢中,锌能很好地改变植物体内有机氮和无机氮的比例,大大提高抗干旱、抗低温的能力,促进枝叶健康生长和植物产量、品质,植物缺锌生长发育会现停顿。铁是叶绿素形成不可缺少的重要元素,它在植物体内很难转移,另外铁对植物的光合作用、呼吸作用都有影响。锰是叶绿体的结构成分,是维持叶绿体结构所必需的元素之一。植物缺锰时,叶绿体结构解体,叶片脉间有坏死斑点,根系不发达,开花结实少。硼能参与叶片光合作用中碳水化合物合成,有利其向根部输送,它比较集中于植物的茎尖、根尖、叶片和花器官中,能促进花粉萌发和花粉管的伸长,故而对作物受精有着神奇的影响。作物缺硼一个重要的症状是子叶不能正常发育,甚至不能形成,从而影响产量。硼可提高豆科作物根瘤菌的固氮活性,增加固氮量。如果植物缺硼,其含糖量就会降低,影响品质,硼还能提高植物的抗逆性。钼是豆类作物固氮酶的组成部分,钼肥充足能大大提高固氮能力,提高蛋白质含量,能提高作物产量和品质^[7]。由此可以看出,微量元素虽然需要量很少,但对植物的生长发育却起着至关重要的作用。槟榔中缺少微量元素,会阻碍槟榔生长和影响产量和品质。过度缺乏这些元素,会降低槟榔抵抗病害能力。在一定程度上,槟榔种植地土壤微量营养退化,是槟榔黄化病的发生和恶化的一个重要原因,是导致槟榔容易遭受病毒袭击的入切口。另外,生长发育不佳和病态槟榔对土壤养分吸收能力也减弱,也可引起槟榔养分含量大幅度降低。因此槟榔微量元素含量与槟榔产量有密切相关。适合微量养分含量可促进槟榔产量提高。

从不同产量水平中 4 个生长年限槟榔叶片微量元素含量分析结果表明:高产组与中高产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限有所降低,但差异不显著。

中产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限无直线变化规律,低产组槟榔叶片 Cu 含量随着生长年限有所增加。4 个产量水平中不同年限槟榔叶片 B, Mo 含量差异不显著,其含量随着生长年限无明显直线变化规律。槟榔 4 个产量水平槟榔叶片 Zn, Mn, Fe 含量随着生长年限呈降低趋势。在槟榔种植过程中,随着槟榔长年生长和收获,槟榔生长消耗与果实带走的养分,导致槟榔种植地土壤退化。这就导致退化的土壤无法满足槟榔正常生长所需 Zn, Mn, Fe 等养分。

参考文献:

- [1] 广东省植物研究所. 海南植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1977: 169-170
- [2] 全国中草药汇编编写组. 全国中草药汇编 (上册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1978: 898
- [3] 农业部发展南亚热带作物办公室. 农业部热带、南亚热带作物生产情况 (2007) [M]. 2008: 39
- [4] 农业部种植业管理司, 全国农业技术推广服务中心. 测土配方施肥技术问答 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 39-41
- [5] 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
- [6] 王汀忠, 唐树梅, 张永发, 等. 海南槟榔结果树的营养特性 [J]. 热带作物学报, 2009, 30(7): 933-938
- [7] 浙江农业大学. 植物营养与肥料 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1991: 43-100
- [8] 刘立云, 王萍, 冯美利, 等. 火焰原子吸收法测定海南槟榔叶片中金属元素的研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2008, 28(12): 2989-2992
- [9] 范海阔, 刘立云, 余凤玉, 等. 槟榔黄化病的发生及综合防控 [J]. 中国南方果树, 2008, 37(4): 42-43
- [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] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第 3 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 263-271