

槟榔花苞不同发育阶段雌雄花营养元素的含量变化

李东霞¹, 永林俊², 李悦², 王林凯¹, 刘立云^{1*}

(1. 中国热带农业科学院椰子研究所/文昌热带棕榈作物资源与环境海南省野外科学观测研究站, 海南文昌 571339; 2. 云南农业大学热带作物学院, 云南普洱 665099)

[摘要]为给优化槟榔促花保花营养调控策略提供理论依据,以“热研1号”槟榔树佛焰苞为材料,通过比较3个不同发育阶段佛焰苞的形态指标及其雌花、雄花中的11种营养元素含量,以了解雌花和雄花中营养元素含量的动态变化规律。结果表明:从第三佛焰苞到第一佛焰苞(从幼嫩到逐渐成熟),佛焰苞的纵径、横径、鲜样质量均逐渐增加;雌花、雄花中的水分质量分数,氮、磷、钾、钙、镁、硼、锰元素含量均极显著降低($P < 0.01$),氮、钾、钙元素含量均排在前3位,其中钾元素的变异系数最小,仅为14.69%;铁元素含量先降低后增加,锌元素含量始终均大于硼元素含量。相关性分析结果显示,氮、磷、钾、钙、镁、锰、铜、锌、硼元素含量之间均呈显著正相关($P < 0.05$)。基于雌花、雄花对营养元素含量的需求特性,建议在槟榔促花、保花施肥管理中保障氮、钾、钙肥的供应,降低磷肥的投入,适当增加微量元素锌肥的补充。研究结果对优化槟榔栽培管理策略、提升养分利用效率及促进产业提质增效具有重要实践指导意义。

[关键词] 槟榔; 雌花; 雄花; 营养元素; 发育阶段

中图分类号: S567.1; S184 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)01-0046-06

Changes of Nutrient Elements Content in Male and Female Flowers at Different Stages of Arecanut Spathe

LI Dongxia¹, YONG Linjun², LI Yue², WANG Linkai¹, LIU Liyun^{1*}

1. Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/Wenchang Tropical Palm Crop Resources and Environment, Hainan Observation and Research Station, Wenchang 571339, China;

2. College of Tropical Crops, Yunnan Agricultural University, Pu'er 665099, China

Abstract: In order to provide a theoretical basis for optimizing the nutritional regulation strategy of arecanut flower-promoting and flower-protecting, the spathe of 'Reyan No.1' arecanut was used as the material. By comparing the morphological indexes of spathe at three different developmental stages and the contents of 11 nutrient elements in male and female flowers, the dynamic changes of nutrient elements in female and male flowers were understood. The results showed that the longitudinal diameter, transverse diameter and fresh weight of the spathe gradually increased from the third spathe to the first spathe (from young to mature). The contents of water, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, boron and manganese contents in male and female flowers were significantly decreased ($P < 0.01$). However, the contents of nitrogen, potassium and calcium were ranked in the top three, among which the coefficient of variation of potassium was the smallest, only 14.69%. The content of iron decreased first and then increased, and the content of zinc was always greater than that of boron. The results of correlation analysis showed that the contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and boron were significantly positively correlated ($P < 0.05$). It is suggested that the supply of nitrogen, potassium and calcium fertilizers should be guaranteed, the input of phosphate fertilizer should be reduced, and the supplement of trace element zinc fertilizer should be appropriately increased based on the demand characteristics of female and male flowers for nutrient content in the fertilization management of arecanut flower promotion

收稿日期: 2025-09-01

作者简介: 李东霞(1987—),女,副研究员,研究方向为植物营养生理学。E-mail:lixia.311@163.com

*通信作者: 刘立云(1972—),男,研究员,研究方向为槟榔资源收集保存、高产栽培与推广。E-mail:lly1995@126.com

and flower preservation. The results of the study have important practical guiding significance for optimizing arecanut cultivation management strategies, improving nutrient utilization efficiency, and promoting industrial quality and efficiency.

Key words: *Areca catechu* L.; female flower; male flower; nutrient element; developmental stage

槟榔 (*Areca catechu* L.) 位列“四大南药”, 是海南省重要的热带经济作物之一, 在海南省精准扶贫和做强做优热带特色高效农业中发挥着重要作用^[1]。花苞期是槟榔植株生长的重要阶段, 对养分需求较高。王汀忠等^[2]研究发现槟榔在花苞生长阶段对钾元素的需求量大, 施用镁肥和铜肥可以提高槟榔单串果数量; 施用硼肥有助于提高坐果率, 但施用过量化可能导致坐果太多, 果实反而偏小, 总产量下降^[3]。陈才志^[4]测定了海南省4个市县槟榔树在越冬期、花苞期、花期和果期时根、茎、叶、雌花、雄花及果实的营养元素含量, 发现花苞期雌花和雄花组织中大、中量元素含量顺序为氮>钾>钙>镁>磷, 认为越冬期是花苞期养分累积的重要阶段。王熙^[5]测定了槟榔花从分化期到分化后期5个不同发育阶段花苞外叶片的营养元素含量, 发现氮元素呈现下降的趋势, 磷、钾元素呈现先增高后大幅下降的趋势, 铁元素为先下降后升高, 钙、镁元素在性别分化时期升高。但目前尚不清楚槟榔花苞不同发育阶段雌花、雄花中营养元素含量的动态变化特征。本研究以3个槟榔花苞不同发育阶段的雌花、雄花为试验材料, 通过测定比较11种营养元素含量, 以期明确花苞期槟榔雌花、雄花中营养元素含量的动态变化特征, 为槟榔科学合理施肥提供重要理论依据, 促进槟榔科学栽培与产业提质增效。

1 材料和方法

1.1 试验材料

于2024年1月25日, 从海南省文昌市槟榔高产示范园(19° 55' N, 110° 77' E)中树龄为8a的生长健康的1株‘热研1号’槟榔树, 选取其上不同发育阶段的佛焰苞进行解剖并取样: 分别选取从外往里数的3个佛焰苞(最外面的佛焰苞最成熟, 越靠里面, 花苞越幼嫩), 按照《南药种质资源描述规范》^[6]对槟榔花序描述方式, 依次将由外向内的佛焰苞命名为第一佛焰苞(1st S)、第二

佛焰苞(2nd S)和第三佛焰苞(3rd S), 其中第一佛焰苞位于槟榔茎干表面的最外侧, 第二佛焰苞位于第1片叶基部下, 第三佛焰苞位于第2片叶基部下。

前期调查数据表明, 该槟榔种植区土壤肥力状况为: pH 5.70~6.90, 有机质含量 1.06%~1.68%, 碱解氮含量 43.37~63.51 mg/kg, 有效磷含量 188.637~275.49 mg/kg, 速效钾含量 27.97~57.35 mg/kg, 交换性钙含量 1.37~4.01 cmol/kg, 交换性镁含量 0.21~0.71 cmol/kg, 有效铁含量 13.47~26.82 mg/kg, 有效锌含量 1.98~6.78 mg/kg。

1.2 试验方法

观测佛焰苞形态指标, 并对佛焰苞中位于花轴基部的雌花、位于花轴中部与顶部的雄花的水分质量分数和营养元素含量进行测定。

1.2.1 佛焰苞形态特征指标测定

将佛焰苞置于平台上, 用不锈钢卷尺卡在顶端点, 读取基部点的数据, 获得佛焰苞的纵径; 垂直于纵径, 测量花苞宽度最大的位置, 获得佛焰苞的横径。采用百分之一天平测定佛焰苞的鲜样质量。

1.2.2 水分质量分数和营养元素含量测定

分别选取第一、第二和第三佛焰苞中的雌花和雄花, 先采用百分之一天平测定鲜样质量, 再置于烘箱 105 °C 杀青 30 min, 75 °C 烘干至质量恒定, 分别测定雌花和雄花的干样质量, 计算其新鲜样品中水分的质量分数, $\omega(\text{H}_2\text{O}) = (\text{鲜样质量} - \text{干样质量}) / \text{鲜样质量} \times 100\%$, 3个重复。

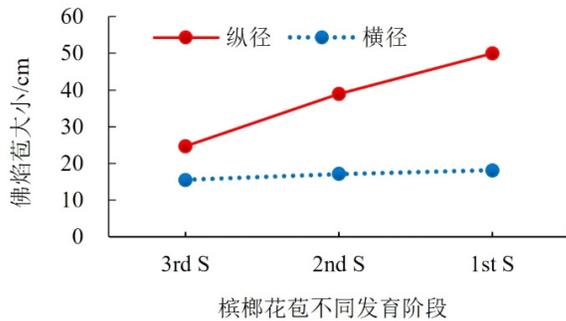
将烘干至恒重的样本分别采用磨样机进行充分粉碎, 过孔径 0.15 mm 筛子后进行营养元素含量的测定。氮、磷、钾的含量测定均先用浓硫酸和过氧化氢消煮, 氮含量采用连续流动分析仪(型号: Auto Analyzer 3 System, SEAL Analytical GmbH 公司)一靛酚蓝比色法测定, 磷含量采用连续流动分析仪一钼锑抗比色法测定。样品中全量钾、钙、钠、镁、铁、锌、锰、铜、硼含量的测定均

是先用硝酸—过氧化氢消煮和定容后再利用电感耦合等离子体质谱仪 ICP-MS (型号: Agilent 7700x, 美国 Agilent Technologies 公司) 测定, 3 个重复。

1.3 数据统计分析

采用 WPS 2019 软件对原始试验数据进行分析 and 绘图, 数据均为均值 (Mean) ± 标准差 (STDEV)。采用 OriginPro 9.1 软件进行 LSD 单因素方差分析 ($P < 0.01$) 和 Person 相关性分析 ($P < 0.05$)。采用 TBtools- II v2.313 软件绘制相关性热图。

2 结果与分析



2.1 槟榔花苞不同发育阶段佛焰苞形态变化

由图 1 可知, 随着槟榔佛焰苞的逐渐成熟, 佛焰苞的纵径和横径都逐渐增加, 第一佛焰苞的纵径是第三佛焰苞纵径的 2.03 倍, 第一佛焰苞的横径是第三佛焰苞横径的 1.17 倍, 纵径的增加幅度大于横径的增加幅度。随着佛焰苞的不断成熟, 佛焰苞鲜样质量的增长速度逐渐加快。在第三佛焰苞阶段, 佛焰苞的鲜样质量仅为 296.50 g, 而在第二佛焰苞阶段, 佛焰苞的鲜样质量达到 593.00 g, 在第一佛焰苞阶段, 佛焰苞的鲜样质量高达 1 167.79 g, 第一佛焰苞的鲜样质量是第三佛焰苞的 3.94 倍。

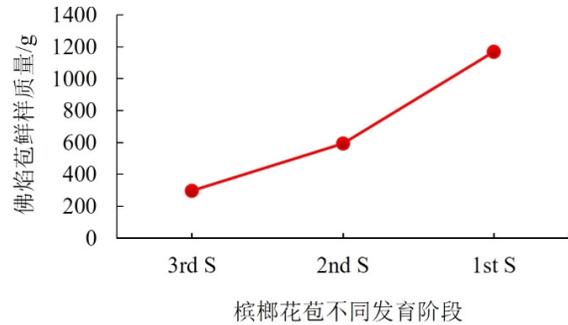


图 1 槟榔花苞不同发育阶段佛焰苞形态变化

2.2 槟榔花苞不同发育阶段雌花、雄花水分质量分数的变化特征

由图 2 可知, 从第三佛焰苞到第一佛焰苞, 即由幼嫩到不断成熟, 新鲜雌花、雄花的水分质量分数均逐渐降低。在第三佛焰苞阶段 (花苞幼嫩阶段), 雌花、雄花的水分质量分数最高, 可达到 88% 以上。在第一佛焰苞阶段 (佛焰苞刚裂开时), 其雌花、雄花的平均水分质量分数分别为 84.53% 和 82.50%, 显著低于第一和第二佛焰苞上雌花、雄花的水分质量分数。结果表明, 在花苞发育过程中, 槟榔雌花和雄花的水分质量分数逐渐降低。

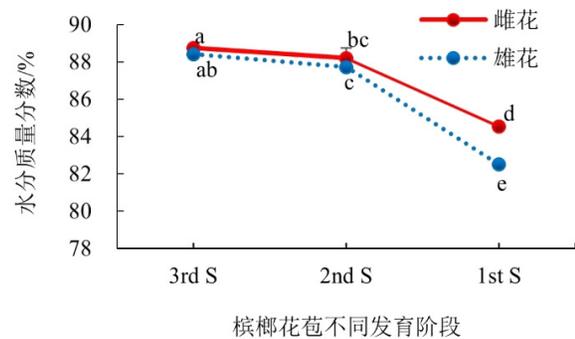


图 2 槟榔花苞不同发育阶段雌雄花水分质量分数变化

2.3 槟榔花苞不同发育阶段雌花中营养元素含量变化特征

随着佛焰苞的发育, 雌花 (烘干) 氮、磷、钾、钙、镁、锰、铜、锌、硼含量的变化规律均为第三佛

焰苞 > 第二佛焰苞 > 第一佛焰苞, 且均存在极显著差异 (表 1)。雌花钠含量的变化规律是先增高后降低, 即第二佛焰苞雌花钠含量最高, 极显著大于第一佛焰苞的。第二佛焰苞的雌花铁含量最低, 极显著低于第一佛焰苞和第三佛焰苞的。大中量元素含量顺序: 第三与第二佛焰苞阶段为氮 > 钾 > 钙 > 磷 > 镁, 第一佛焰苞阶段则为钾 > 氮 > 钙 >

磷≈镁,同一发育阶段微量元素含量的梯度分布均为铁>锌>硼>铜。以上结果表明,雌花发育过

程中,大部分大量、中量和微量元素含量逐渐降低。

表 1 槟榔花苞不同发育阶段雌花营养元素含量变化

发育阶段	氮/(g·kg ⁻¹)	磷/(g·kg ⁻¹)	钾/(g·kg ⁻¹)	钙/(g·kg ⁻¹)	镁/(g·kg ⁻¹)	钠/(mg·kg ⁻¹)
第三佛焰苞雌花	38.81±0.32a	6.67±0.13a	30.29±0.62a	13.41±0.75a	4.18±0.16a	128.64±11.79ab
第二佛焰苞雌花	27.60±0.08b	4.86±0.02b	27.55±0.17b	7.89±0.27b	3.05±0.01b	148.23±2.19a
第一佛焰苞雌花	16.37±0.07c	2.55±0.00c	21.23±0.74c	4.44±0.16c	2.21±0.08c	116.47±3.01b
发育阶段	铁/(mg·kg ⁻¹)	锰/(mg·kg ⁻¹)	铜/(mg·kg ⁻¹)	锌/(mg·kg ⁻¹)	硼/(mg·kg ⁻¹)	
第三佛焰苞雌花	79.59±5.05a	145.94±5.94a	13.83±0.87a	71.08±0.87a	28.64±2.13a	
第二佛焰苞雌花	55.98±8.78b	107.98±0.70b	11.25±0.11b	41.26±8.42b	22.58±0.25b	
第一佛焰苞雌花	95.94±8.00a	40.32±1.36c	8.92±0.25c	22.87±2.96c	16.46±0.27c	

注: 同列数据中不同小写字母表示花苞不同发育阶段同一营养元素含量差异具有极显著性 ($P < 0.01$), 下同。

2.4 槟榔花苞不同发育阶段雄花中营养元素含量变化特征

随着佛焰苞的生长发育,雄花(烘干)氮、磷、钾、钙、镁、锰、硼含量的变化规律均为第三佛焰苞>第二佛焰苞极>第一佛焰苞,且均存在极显著差异(表2)。不同佛焰苞的雄花钠含量差异未达极显著水平。第一佛焰苞和第三佛焰苞的雄花

铁含量较高,极显著高于第二佛焰苞的。在幼嫩状态下,即第三佛焰苞的雄花锌和铜含量最高,极显著高于第一佛焰苞和第二佛焰苞的。大量元素含量顺序:第三与第二佛焰苞阶段为氮>钾>钙>磷>镁,第一佛焰苞阶段则为钾>氮>钙≈磷>镁,同一发育阶段微量元素的梯度分布均为铁>锌>硼>铜。结果表明,雄花发育过程中,大部分大量、中量和微量元素含量逐渐降低。

表 2 槟榔花苞不同发育阶段雄花营养元素含量变化

发育阶段	氮/(g·kg ⁻¹)	磷/(g·kg ⁻¹)	钾/(g·kg ⁻¹)	钙/(g·kg ⁻¹)	镁/(g·kg ⁻¹)	钠/(mg·kg ⁻¹)
第三佛焰苞雄花	40.30±0.33a	7.66±0.08a	29.14±1.21a	12.52±1.20a	4.08±0.16a	116.98±11.24a
第二佛焰苞雄花	28.04±0.11b	5.05±0.02b	24.00±0.52b	6.67±1.14b	2.62±0.07b	110.84±0.14a
第一佛焰苞雄花	18.93±0.23c	3.42±0.03c	21.00±0.36c	3.42±0.25c	1.76±0.02c	132.40±5.46a
发育阶段	铁/(mg·kg ⁻¹)	锰/(mg·kg ⁻¹)	铜/(mg·kg ⁻¹)	锌/(mg·kg ⁻¹)	硼/(mg·kg ⁻¹)	
第三佛焰苞雄花	74.87±4.44a	159.64±6.91a	13.43±0.85a	72.30±0.81a	29.19±2.44a	
第二佛焰苞雄花	45.07±0.02b	118.19±0.26b	10.79±0.13b	39.14±2.46b	23.39±0.24b	
第一佛焰苞雄花	86.61±7.26a	49.34±0.69c	9.99±0.10b	32.60±5.41b	14.99±0.22c	

2.5 槟榔花苞不同发育阶段花的水分质量分数和营养元素含量的变异情况

由表3可知,在花苞不同发育阶段,佛焰苞的雌花、雄花的钙含量、锰含量和锌含量的变异系数最大,均在40%以上,钠含量的变异系数最小,仅为10.96%。不同发育阶段佛焰苞内雌花、雄花营养元素含量的变异系数按照从大到小的排列顺序为钙>锰>锌>磷>氮>镁>铁>硼>铜>钾>钠。以上结果表明,雌花、雄花的花苞发育过程中对不同营养元素需求存在差异,钙、锰、锌含量受生长发育阶段的影响强烈,钠含量受生长发育阶段的影响较小。

表 3 槟榔花苞不同发育阶段花的水分质量分数和营养元素含量的变异情况

指标	均值	标准差	最小值	最大值	变异系数/%
水分质量分数/%	86.68	2.50	82.36	90.13	2.89
氮含量/(g·kg ⁻¹)	28.34	9.25	16.29	40.57	32.65
磷含量/(g·kg ⁻¹)	5.04	1.80	2.55	7.76	35.78
钾含量/(g·kg ⁻¹)	25.45	3.74	20.42	31.01	14.69
钙含量/(g·kg ⁻¹)	8.06	3.93	3.14	14.15	48.72
镁含量/(g·kg ⁻¹)	2.96	0.91	1.74	4.33	30.62
钠含量/(mg·kg ⁻¹)	126.14	13.83	107.36	149.98	10.96
铁含量/(mg·kg ⁻¹)	73.21	18.44	45.05	102.72	25.19
锰含量/(mg·kg ⁻¹)	104.84	45.35	38.81	167.32	43.26
铜含量/(mg·kg ⁻¹)	11.38	1.84	8.64	15.04	16.17
锌含量/(mg·kg ⁻¹)	46.63	19.58	19.94	73.23	41.98
硼含量/(mg·kg ⁻¹)	22.54	5.53	14.79	32.00	24.53

2.6 槟榔花苞不同发育阶段花相关指标的相关性分析

对3个槟榔花苞不同发育阶段雌花、雄花水分质量分数和营养元素含量的相关性分析见图3。结果显示:水分质量分数与氮、磷、钾、钙、镁、锰、铜、锌、硼含量呈显著正相关,与铁含量呈显著负相关;除钠含量与铁含量外,其他营养元素氮、磷、钾、钙、镁、铜、锌、硼含量互相之间均显著正相关。以上结果表明,水分充足时,代谢活跃,元素需求增加,元素含量上升。多数元素含量形成同升同降的关系,但钠元素与其他元素相关性较小。

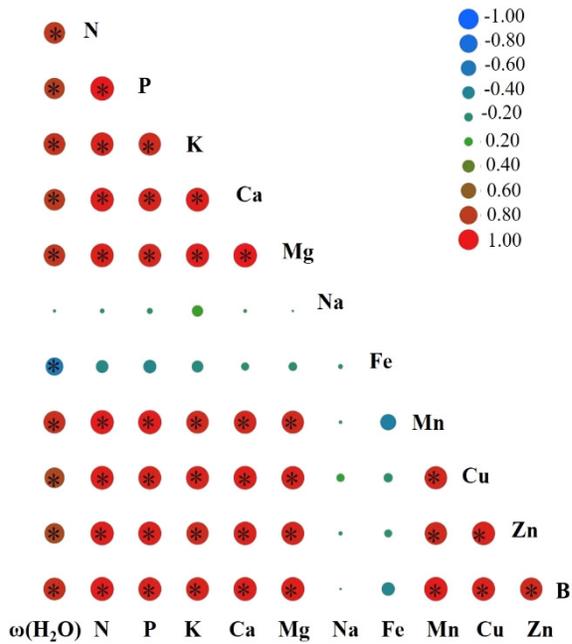


图3 槟榔花苞不同发育阶段雌雄花水分质量分数和营养元素含量的相关性分析热图

注: *表示相关性达到统计学显著水平 ($P < 0.05$)。

3 讨论

本研究系统分析了性别分化后开放前花苞发育过程中槟榔雌花、雄花的形态指标、鲜样的水分质量分数及雌花、雄花中营养元素的含量变化,结果显示:随着花苞发育逐渐成熟,花苞横径、纵径和鲜样质量呈递增趋势,雌花、雄花中的水分质量分数持续下降,除铁元素含量呈“先降后升”外,其它营养元素含量以递减为主。花苞

形态指标变化趋势与王熙^[5]对槟榔花苞形态发育过程的研究结果一致。植物养分需求随发育进程呈动态变化^[7],槟榔花器官发育过程中营养元素含量的变化规律与其他植物存在共性与差异。本研究雌花、雄花中的氮、磷、钾、钙、镁、锰、铜、锌、硼元素含量均随成熟度的上升而下降,铁元素含量呈先降后升的趋势,其中磷、镁、锰、铜、锌、铁元素含量的变化规律与茶树(*Camellia sinensis*)花发育过程的一致,钾和钙元素含量存在差异^[8],而氮含量下降趋势与穗花牡荆(*Vitex agnus-castus*)花芽分化规律相似^[9]。

槟榔花苞生殖器官(雌花、雄花)与营养器官(花苞苞叶)的营养元素在花苞不同发育阶段的分配表现出组织特异性。前期有研究表明,从雄花分化期到分化后期,花苞营养器官(花苞苞叶)的氮、磷、钾、锌元素含量逐渐降低,铁和镁含量元素无显著差异,钙含量则呈增加趋势^[5]。两者间的差异主要体现在钙、镁、铁等元素的动态变化上:钙元素含量在雌花、雄花中随成熟度下降,而在苞叶中则呈上升趋势;铁元素含量在雌花、雄花中先降后升,而在苞叶中变化不显著。表明槟榔不同组织在发育进程中对矿质元素的需求特征与分配策略存在差异。

槟榔花器官营养元素含量在发育过程呈动态变化,具有明确的发育阶段特异性。本研究中,营养元素含量与水分质量分数呈显著正相关,表明幼嫩花器官(细胞分裂旺期)对矿质元素需求高于成熟阶段,且氮、磷、钾等9种元素含量峰值均出现于第三佛焰苞期(幼嫩阶段)。大量元素方面,在3个不同花苞发育阶段,雌花、雄花中氮、钾元素含量均较高,钙元素含量稳居第三,陈才志^[4]同样发现,花苞期时,槟榔花器官中的氮、钾元素占主导地位,钙元素次之。此外,郑淑琳等^[10]也发现茶树花中大中量营养元素含量为钾>钙>磷>镁。而霍光华等^[11]研究发现,桃花花粉成熟时,雄蕊和雌蕊中大中量营养元素含量为氮>钾>磷>钙>镁,与上述规律不同。在微量元素方面,第三佛焰苞阶段雌花、雄花中元素含量为锰>钠>铁>锌>硼>铜,第二佛焰苞阶段雌花为钠>锰>铁>锌>硼>铜(雄花不变),第一佛焰苞阶段雌

花、雄花中均为钠>铁>锰>锌>硼>铜, 差异主要体现在钠、锰、铁元素的动态变化上, 但3个阶段均表现为锌>硼>铜, 这与前人研究的结果一致^[4]。

探究雌花、雄花中营养元素含量的动态变化对科学施肥具有指导意义。磷虽为大量元素, 但是在第三和第二佛焰苞阶段, 雌花、雄花中的磷元素含量均小于氮、钾、钙元素含量, 可能表明雌花、雄花对磷元素的需求也较低。磷肥过量施用可能影响槟榔树对锌元素的吸收。有研究发现, 过量施用磷肥在抽穗期降低小麦 (*Triticum aestivum*) 根穗锌吸收比例, 成熟期则抑制锌吸收并阻碍锌向穗转移^[12]。水稻 (*Oryza sativa*) 中磷与锌存在拮抗互作效应, 锌抑制磷在新叶分配及向地上部转运, 磷则抑制根系对锌的吸收能力^[13]。海南槟榔种植过程中存在较为严重的磷肥过量施用问题, 磷盈余现象突出, 磷肥减量潜力达70.85%^[14]。结合雌花、雄花对磷元素的需求远低于氮、钾元素, 元素间拮抗作用以及海南槟榔磷肥施用总体过量情况, 未来需关注磷肥减施措施。同时, 考虑到磷肥过量施用易与锌元素产生拮抗作用, 降低锌的有效性, 实际生产中还需关注槟榔是否出现缺锌症状, 并结合植株生长情况适量补充锌肥, 以保障营养均衡。在槟榔花苞不同发育阶段, 雌花与雄花中氮、钾、钙元素含量始终排在前3位且含量较高, 磷元素含量低于氮、钾、钙元素含量, 微量元素中锌元素含量大于硼元素含量。这提示在槟榔促花保花施肥管理中, 需增加氮、钾、钙肥的供应, 降低磷肥的投入, 适当增加微量元素锌肥的补充。

4 结论

本研究主要分析了槟榔花苞不同发育阶段雌花、雄花营养元素含量的变化规律, 结果表明, 随佛焰苞的生长发育, 雌花、雄花中大多数营养元素含量呈显著降低的趋势, 微量元素含量梯度分布呈发育阶段特异性。本研究相关结果为在槟榔促花保花施肥管理中基于雌花、雄花对营养元

素含量的需求特性调控肥料元素配比提供了重要理论支撑, 对优化槟榔栽培管理策略、提升养分利用效率及促进产业提质增效具有重要实践指导意义。

参考文献:

- [1] 陈君, 刘立云, 周焕起, 等. 近年海南槟榔鲜果收购价格分析[J]. 热带农业科技, 2025, 48(4): 61-66.
- [2] 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.
- [3] 王锋堂. 大中微量元素对海南槟榔果产量与品质影响[D]. 海口: 海南大学, 2019.
- [4] 陈才志. 槟榔养分分布规律及推荐施肥技术研究[D]. 海口: 海南大学, 2020.
- [5] 王熙. 槟榔花性别分化规律及化学调控技术研究[D]. 海口: 海南大学, 2022.
- [6] 王祝年. 南药种质资源描述规范[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [7] XIA GH, CHENG LL, LAKSO A, et al. Effects of nitrogen supply on source-sink balance and fruit size of 'gala' apple trees[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2009, 134(1): 126-133.
- [8] JIA SS, WANG Y, HU JH, et al. Mineral and metabolic profiles in tea leaves and flowers during flower development[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2016, 106: 316-326.
- [9] 易仁知, 秦俊, 黄清俊. 穗花牡荆花芽分化过程中形态和生理指标变化[J]. 西北植物学报, 2023, 43(10): 1760-1769.
- [10] 郑淑琳, 石玉涛, 王飞权, 等. 不同茶树种质资源花器矿物质元素含量分析与综合评价[J]. 中国农业科技导报, 2023, 25(4): 178-188.
- [11] 霍光华, 罗来水, 肖德兴, 等. 桃花器官发育后期营养元素含量与雄性育性的关系[J]. 园艺学报, 2000(5): 364-366.
- [12] 尹恩. 不同磷锌配比对小麦生长、产量及养分吸收的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2009.
- [13] 刘露. 不同水稻品种中磷锌互作效应及机制的差异研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.
- [14] 朱镛, 李婷玉, 洪秀杨, 等. 海南岛主要作物磷肥需求及减量潜力分析[J]. 热带生物学报, 2024, 15(5): 639-649.