



槟榔核心资源品质鉴定和特异种质筛选

黄丽云, 齐兰, 杨耀东, 周焕起, 刘立云

引用本文:

黄丽云, 齐兰, 杨耀东, 周焕起, 刘立云. 槟榔核心资源品质鉴定和特异种质筛选[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(2): 171-178.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4421>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于表型性状和SSR标记的57份辣椒种质遗传多样性分析](#)

Genetic Diversity Analysis of 57 Germplasm of *Capsicum annuum* Based on Phenotypic Traits and SSR Markers

热带亚热带植物学报. 2020, 28(4): 356-366 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4185>

[火龙果种质资源果实特性的遗传多样性分析](#)

Genetic Diversity Analysis of Fruit Traits of *Hylocereus undatus* Germplasm Resources

热带亚热带植物学报. 2019, 27(4): 432-438 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4007>

[木豆种质资源形态与农艺性状的多样性分析](#)

Diversity Analysis of Morphological and Agronomic Traits in *Cajanus cajan*

热带亚热带植物学报. 2017, 25(1): 51-56 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3633>

[橄榄种质资源花序表型性状遗传多样性研究](#)

Studies on Genetic Diversity on Inflorescence Phenotypic Characteristics of *Canarium album* Germplasm Resource

热带亚热带植物学报. 2019, 27(1): 1-10 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3940>

[黑木相思优良无性系叶片数量性状与生长评价](#)

Leaf Quantitative Traits and Growth Evaluation in *Acacia melanoxylon* Excellent Clones

热带亚热带植物学报. 2017, 25(5): 465-471 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3731>

[向下翻页，浏览PDF全文](#)

槟榔核心资源品质鉴定和特异种质筛选

黄丽云, 齐兰, 杨耀东, 周焕起, 刘立云

(中国热带农业科学院椰子研究所, 槟榔研究中心, 海南 文昌 571339)

摘要: 为培育槟榔(*Areca catechu*)优良新品种, 对 10 份核心资源品质进行鉴定和相关性分析。结果表明, 不同种质资源的品质性状存在显著差异, 9 个性状的变异系数为 7.00%~190.13%, 其中, 表儿茶素含量的变异系数最大, 鲜果横径的最小。相关性分析表明, 鲜果纵径与槟榔碱含量呈极显著正相关, 与没食子酸含量呈显著负相关。基于 SSR 分子标记的遗传聚类分析可将 10 份资源分为 3 组, I 组为 S-J18-06、Z-J18-01、S-J18-08、Z-J18-05、S-J18-16、S-J18-15 和 S-J18-22; II 组为 S-J18-19 和 S-J18-13; III 组为 S-J18-25, I 组资源的果形均为海南加工企业需求类型。III 组资源 S-J18-25 的表儿茶素含量高、含特异生物碱成分, 可在槟榔育种研究中加以挖掘利用。

关键词: 槟榔; 核心资源; 特异种质; 鉴定评价; 筛选

doi: 10.11926/jtsb.4421

Quality Identification of Core Resources and Specific Germplasm Screening of *Areca catechu*

HUANG Liyun, QI Lan, YANG Yaodong, ZHOU Huangqi, LIU Liyun

(Coconut Research Institute, Arecanut Research Center, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wenchang 571339, Hainan, China)

Abstract: In order to cultivate excellent new varieties of *Areca catechu*, the quality identification and correlation analysis of 10 core resources were studied. The results showed that there were significant differences in quality traits among different resources. The variation coefficients of 9 traits, including equatorial diameter, transverse diameter, single fruit, arecoline, arecaidine, fructose, glucose, gallic acid and epicatechin, ranged from 7.00% to 190.13%, among which the variation coefficient of epicatechin content was the largest and that of horizontal diameter of fresh fruit was the smallest. Correlation analysis showed that the longitudinal diameter of fresh fruit was significantly positively correlated with arecoline content, while significantly negatively correlated with gallic acid content. Base on the SSR marker, 10 core resources could be divided into 3 groups, group I included S-J18-06, Z-J18-01, S-J18-08, Z-J18-05, S-J18-16, S-J18-15 and S-J18-22, group II had S-J18-19, S-J18-13, and S-J18-25 into group III. The fruit shapes of the resources in group I were all demand types of Hainan processing enterprises. The germplasm resource (group III) S-J18-25 of *A. catechu* contains high epicatechin content and specific alkaloids, which could be exploited and utilized in breeding.

Key words: *Areca catechu*; Core resources; Specific germplasm; Identification and evaluation; Screening

槟榔(*Areca catechu*)为棕榈科(Arecaceae)槟榔属多年生热带木本植物, 中国大陆约 95% 以上种植面积集中在海南, 已发展成海南第一大热带经济作

物。槟榔的主要用途为药用和食用, 槟榔是我国重要的传统药材, 位列我国四大南药(槟榔、砂仁、益智和巴戟)之首, 槟榔含有的生物碱、多酚、多糖等

收稿日期: 2021-04-29

接受日期: 2021-06-02

基金项目: 海南省自然科学基金项目(321RC1103); 海南省现代农业产业技术体系项目(HNARS-1-G2); 物种资源保护项目(2022NWB048)资助

This work was supported by the Project for Natural Science in Hainan (Grant No. 321RC1103), the Project for Modern Agricultural Industry Technology System in Hainan (Grant No. HNARS-1-G2), and the Project for Germplasm Resources Protection (Grant No. 2022NWB048).

作者简介: 黄丽云(1980~), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向为槟榔资源与育种。E-mail: hyunl2003@126.com

成分具有杀虫、消积、行气、利水、截疟等功效, 据统计以槟榔入药的中药成品有 200 多种。另外, 槟榔作为嚼食嗜好品是目前我国槟榔最主要的消费方式, 占比为槟榔鲜果总产量的 98% 以上。我国槟榔的食用方式有 2 种, 即鲜果(添加荖叶、贝壳粉、香料等)直接食用和加工成干果嚼食, 据统计, 槟榔果实作为嚼食嗜好品, 在全球已有 10~12 亿人食用, 市场前景广阔。

受种植区域限制, 槟榔种业研究基础薄弱, 目前主要集中在中国热带农业科学院、海南大学及海南师范学院等。2003—2005 年杜道林等^[1-3]对槟榔品种资源进行了初步评价; 2008 年晏小霞等^[4]提出槟榔资源按果形和产地进行划分; 任军方等^[5-9]开展了槟榔分子标记反应体系与遗传多样性分析等研究; 黄丽云等^[10-12]针对海南槟榔鲜果特性开展槟榔种质资源鉴定评价; 押辉远等^[13]开展了槟榔果实转录组特征分析。但将槟榔资源鲜果外观、品质指

标与分子标记等的关联分析尚未见报道。本文基于中国热带农业科学院椰子研究所槟榔种质资源圃保存的 113 份资源^[14], 挑选核心资源开展鲜果鉴定评价, 为槟榔加工业优质原料供给提供理论基础, 为发掘优良槟榔资源, 选育优质新品种提供理论依据及物质基础。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料来源于海南省文昌市文城镇(110°46' E, 19°33' N)中国热带农业科学院椰子研究所槟榔种质资源圃的核心种质资源, 槟榔(*Areca catechu*)树龄为 14 a, 树势较为一致, 产量高, 具有明显的当地资源特色(表 1, 图 1)。按栽培技术规程进行水肥管理, 长势良好, 无病虫害。于授粉后 120 d 采收果实并研磨待用。

表 1 槟榔种质资源基本信息

Table 1 Basic information of germplasm resources of *Areca catechu*

序号 No.	编号 Code	产量 (kg) Yield	果色 Fruit color	节间 Internode	茎秆 Stem	果形 Fruit shape	来源 Origin
1	Z-J18-01	9.6	绿色 Green	短 Short	细 Slender	椭圆形, 大 Big oval	琼海 Qionghai
2	Z-J18-05	8.1	浓绿色 Dark green	稍短 Shortish		椭圆形 Oval	文昌 Wenchang
3	S-J18-06	6.5	浓绿色 Dark green	稍短 Shortish	中等 Medium	椭圆形 Oval	琼海 Qionghai
4	S-J18-08	8.2	绿色 Green	稍短 Shortish	中等 Medium	椭圆形 Oval	乐东 Ledong
5	S-J18-13	8.6	绿色 Green	稍短 Shortish	中等 Medium	近圆形 Oval	临高 Lingao
6	S-J18-15	7.6	绿色 Green	稍短 Shortish	中等 Medium	长椭圆形 Oblong	万宁 Wanning
7	S-J18-16	9.3	绿色 Green	稍长 Longish	稍粗 Thick	长椭圆形 Oblong	屯昌 Tunchang
8	S-J18-19	8.9	浓绿色 Dark green	稍短 Shortish	中等 Medium	锥形 Conical	文昌 Wenchang
9	S-J18-22	6.7	浓绿色 Dark green	稍短 Shortish	中等 Medium	卵形 Ovoid	万宁 Wanning
10	S-J18-25	5.6	绿色 Green	稍长 Longish	细 Slender	枣形 Jujube	文昌 Wenchang

1.2 主要仪器和试剂

主要仪器 Waters e2695 型高效液相色谱(美国 WATERS 公司), Waters 2998 PDA 检测器(美国 WATERS 公司), UV2600 紫外分光光度计(日本岛津), 3300 ELSD 蒸发光检测器(美国格雷斯有限公司), KS-8892 型超声波提取仪(宁波海曙科生超声设备有限公司), NanoDorp 2000 微量紫外分光光度计(美国 NanoDorp 公司), 100~1 000 μ L 移液枪(德国 Eppendorf 公司), MASTER-D UV 超纯水系统(上海和泰仪器有限公司)。

试剂 氢溴酸槟榔碱(加拿大 TRC 公司产品), 氢溴酸槟榔次碱(加拿大 TRC 公司产品), 甲醇, 没

食子酸, 表儿茶素, 果糖, 葡萄糖, 钨酸钠, 磷钼酸, 磷酸, 碳酸钠, 乙腈, 三乙胺, 甲醇、DNA 提取试剂盒(上海生工)等。乙腈、三乙胺、甲醇为色谱纯, 水为超纯水, 其余试剂为分析纯。

1.3 方法

生物碱含量测定 依利特色谱柱[Supersil SAX (250 mm \times 4.6 mm, 5 μ m)], 流动相: 甲醇-水-磷酸(60:40:0.3, 氨试液调为 pH 3.8); 检测波长: 215 nm; 柱温: 室温; 进样量: 10 μ L; 流速: 1 min/mL。精确称取氢溴酸槟榔碱、氢溴酸槟榔次碱, 加甲醇溶解并定容, 精确移取 1 mL 于 5、10、25、50、100、

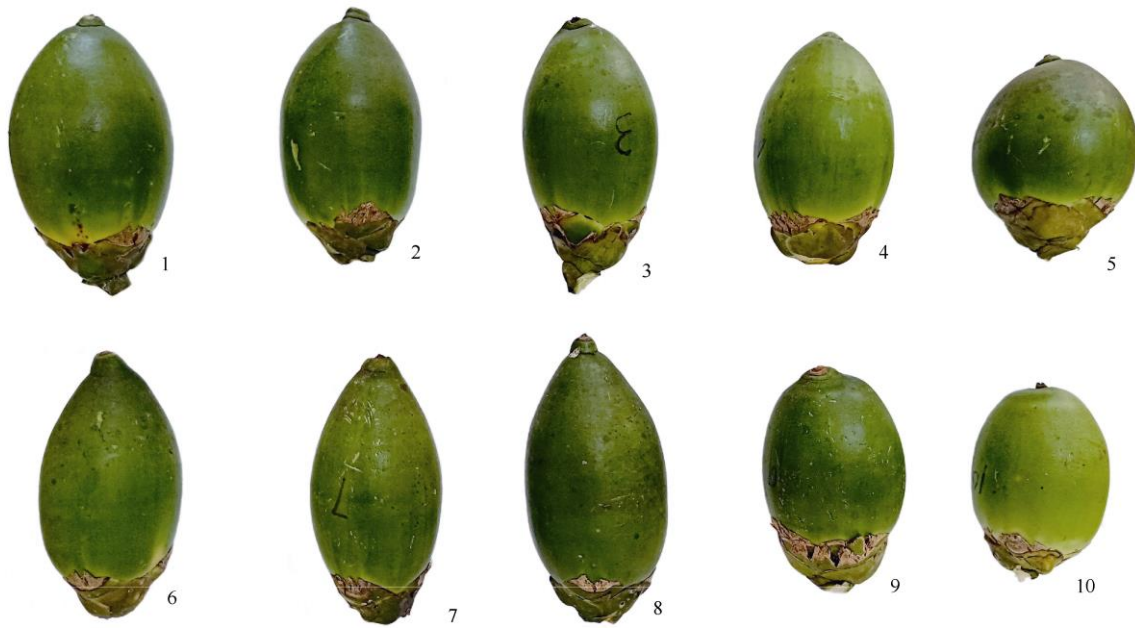


图 1 槟榔核心资源。1~10 见表 1。

Fig. 1 Core Resources of *Areca catechu*. 1-10 see Table 1.

250 mL 容量瓶中, 加 40% 甲醇定容至刻度, 摇匀, 作为混合对照品备用。称取 0.5 g 鲜样(干样取 0.2 g), 加入 40% 甲醇 3 mL, 冰水超声 30 min, 11 100×g 离心 5 min, 取上清液, 提取 3 次, 合并上清液。经 0.2 μm 滤膜过滤, 上机检测, 根据标准曲线计算样品溶液中的生物碱浓度。

糖含量测定 XBrindge™ Amide 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 3.5 μm); 流动相: 乙腈-水(75:25, V/V), 在水相中加入 0.2% 的三乙胺, 平衡 pH; 柱温为 30 °C, 进样量为 10 μL。乙腈和水为 75:25 (V/V), 流速为 1 mL/min。蒸发光检测器: 气体流速 2 L/min, 漂移管的温度为 85 °C, 增益值为 2。取 1 g 样品, 加入 5 mL 80% 乙腈提取 30 min, 11 100×g 离心 10 min, 共提取 3 次, 蒸干, 加入 5 mL 80% 乙腈, 取上清液过 0.22 μm 有机滤膜, 上机检测, 进样量 10 μm, 根据标准曲线求出试样溶液中的糖含量。

多酚含量测定 依利特色谱柱: Agilent C18 (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相 A: 5% 甲醇(含有 0.1% 乙酸), 流动相 B: 80% 甲醇(含有 0.1% 乙酸), 洗脱程序: 0 min, 90%A; 5 min, 78%A; 17 min, 73%A; 25 min, 70%A; 90%A。检测波长: 280 nm; 柱温: 室温; 进样量: 10 μL; 流速 1 min/mL。取样品约 0.5 g, 加入 80% 乙醇 3 mL, 冰水超声 30 min, 11 100×g 离心 5 min, 取上清液, 提取 3 次, 合并上清液。经 0.2 μm 滤膜过滤, 上机检测, 根据标准曲线计算样

品溶液中的多酚含量。

SSR 分子标记 以植株叶片为材料, 参照齐兰等^[9]的方法进行 SSR 标记并分析。

1.4 数据的统计分析

数据分析采用 SPSS 19.0 和 Excel 软件; 分子标记试验结果采用 Ntsys 2.11^[15]软件分析, 利用 Clustering 中的 SAHN 程序中的非加权类平均法 (UPGMA) 进行聚类分析, 通过 Tree-plot 程序生成遗传聚类图。

2 结果和分析

2.1 鲜果品质性状

由表 2 可见, 果实表型性状中鲜果纵径显著差异度比较大, 10 份资源表现为 6 组差异度, 鲜果横径显著差异度较小, 仅为 3 组, 单果质量介于两者之间。10 份资源鲜果化学成分表现为多组别差异显著, 特别是表儿茶素含量, 10 份资源间均为显著差异, 最大值为 521.13 mg/kg, 最小值为 4.97 mg/kg, 两者间相差 104.85 倍。其次为没食子酸含量显著差异组别为 8 组, 槟榔碱、槟榔次碱、葡萄糖均为 7 个显著差异组别, 果糖的显著差异组值最低, 为 6 个。在生物碱中, 1~9 号资源槟榔碱含量均比槟榔次碱含量高, 槟榔次碱与槟榔碱的比值为 0.12~

表 2 槟榔鲜果品质性状

Table 2 Quality characters of fresh fruits

序号 No.	纵径 (cm) Equatorial diameter	横径 (cm) Transverse diameter	质量 Weight (g)	槟榔碱含量 Arecoline (g/kg)	槟榔次碱含量 Arecaidine content (g/kg)	果糖含量 Fructose content (g/kg)	葡萄糖含量 Glucose content (g/kg)	没食子酸含量 Gallic acid content (mg/kg)	表儿茶素含量 Epicatechin content (mg/kg)
1	5.50 ± 0.02c	3.22 ± 0.03c	29.34 ± 0.88cde	1.61 ± 0.04c	0.22 ± 0.01c	11.57 ± 0.08e	15.90 ± 0.22f	0.65 ± 0.03b	4.97 ± 0.12a
2	5.52 ± 0.16cd	3.26 ± 0.11c	31.55 ± 2.71e	1.65 ± 0.06cd	0.33 ± 0.01d	12.74 ± 0.06f	16.87 ± 0.13g	1.90 ± 0.08d	19.30 ± 0.17d
3	5.19 ± 0.07bc	2.90 ± 0.04ab	23.04 ± 1.01ab	1.16 ± 0.04b	0.24 ± 0.01c	10.02 ± 0.02c	12.09 ± 0.09b	4.04 ± 0.03g	9.69 ± 0.13b
4	5.06 ± 0.11b	2.85 ± 0.08a	21.93 ± 1.74ab	1.74 ± 0.03d	0.18 ± 0.01b	9.92 ± 0.06c	12.14 ± 0.06b	2.79 ± 0.04e	20.43 ± 0.13e
5	4.51 ± 0.09a	3.29 ± 0.09c	24.22 ± 1.05ab	1.06 ± 0.05b	0.13 ± 0.01a	11.81 ± 0.05e	16.89 ± 0.05g	4.66 ± 0.07h	75.10 ± 0.10i
6	5.87 ± 0.14de	2.86 ± 0.14ab	23.81 ± 1.78ab	1.95 ± 0.03e	0.34 ± 0.01d	9.63 ± 0.05c	13.52 ± 0.04d	2.01 ± 0.03d	68.31 ± 0.05h
7	5.99 ± 0.10ef	2.92 ± 0.05ab	25.90 ± 1.68bc	2.22 ± 0.03f	1.60 ± 0.01h	9.20 ± 0.05b	12.59 ± 0.17c	1.01 ± 0.05c	37.35 ± 0.07f
8	6.34 ± 0.16f	3.08 ± 0.04bc	31.37 ± 2.64de	2.52 ± 0.04g	1.48 ± 0.02g	8.14 ± 0.02a	10.79 ± 0.16a	0.74 ± 0.04b	59.34 ± 0.13g
9	5.10 ± 0.22b	3.21 ± 0.05c	26.55 ± 0.98bcd	1.99 ± 0.04e	0.94 ± 0.01f	10.80 ± 0.40d	14.48 ± 0.09e	0.39 ± 0.07a	6.89 ± 0.15c
10	4.67 ± 0.11a	2.82 ± 0.07a	20.98 ± 1.22a	0.37 ± 0.02a	0.74 ± 0.03e	11.65 ± 0.06e	16.56 ± 0.07g	3.58 ± 0.04f	521.13 ± 0.07j

同列数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Data followed different letters within column indicate significant difference at 0.05 level.

0.72, 但 10 号资源槟榔次碱比槟榔碱含量高, 比值为 2.02。

2.2 品质性状的变异分析

从表 3 可见, 10 份槟榔核心资源鲜果 9 个性状的变异程度不同, 其中, 表儿茶素含量的变异系数最大, 为 190.13%, 其次为槟榔次碱含量 > 没食子酸含量 > 槟榔碱含量 > 葡萄糖含量 > 果糖含量 > 单果重含量 > 鲜果纵径, 变异系数为 10.40% ~ 89.09%,

鲜果横径的变异系数最小, 仅为 7.00%。

2.3 相关分析

槟榔鲜果品质性状的相关性分析表明(表 4), 纵径与槟榔碱含量呈极显著正相关, 与没食子酸呈显著负相关。横径与单果重呈显著正相关, 重量与没食子酸呈显著负相关, 槟榔碱与果糖、表儿茶素呈显著负相关, 与没食子酸呈极显著负相关。

表 3 槟榔鲜果性状的变异分析

Table 3 Variation analysis among fruit traits of *Areca catechu*

	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 / % Variation coefficient
纵径 Equatorial diameter	6.47	4.42	5.37	0.56	10.40
横径 Transverse diameter	3.39	2.70	3.04	0.21	7.00
质量 Weight	34.06	19.02	25.56	3.28	12.85
槟榔碱含量 Arecoline content	2.52	0.37	1.63	0.63	38.58
槟榔次碱含量 Arecaidine content	1.60	0.13	0.62	0.55	89.09
果糖含量 Fructose content	12.81	8.11	10.55	1.41	13.37
葡萄糖含量 Glucose content	17.00	10.63	14.18	2.27	15.98
没食子酸含量 Gallic acid content	4.73	0.32	2.18	1.53	70.14
表儿茶素含量 Epicatechin content	521.19	4.85	82.25	156.38	190.13

2.4 聚类分析

利用 SSR 标记检测基因型数据进行聚类分析, 构建亲缘关系聚类图(图 2)。可见, 遗传相似系数矩阵(GS)为 0.69~0.91。在遗传相似系数 0.74 处可将

S-J18-25 与其他资源分开。在遗传相似系数 0.85 处, 可将 S-J18-06、Z-J18-01、S-J18-08 和 Z-J18-05 与其他资源分开。根据离散程度, 将供试资源分为 3 组, I 组为 S-J18-06、Z-J18-01、S-J18-08、Z-J18-05、

表 4 槟榔果实性状的相关性分析

Table 4 Correlation analysis among fruit traits of *Areca catechu*

	纵径 Equatorial diameter	横径 Transverse diameter	质量 Weight	槟榔碱 含量 Arecoline	槟榔次碱含量 Arecaidine content	果糖含量 Fructose content	葡萄糖含量 Glucose content	没食子酸含量 Gallic acid content	表儿茶素含量 Epicatechin content
纵径 Equatorial diameter	1	-0.334	0.463	0.793**	0.583	-0.579	-0.518	-0.687*	-0.371
横径 Transverse diameter		1	0.652*	-0.047	-0.110	0.535	0.549	-0.091	-0.244
质量 Weight			1	0.543	0.349	0.075	0.097	-0.686*	-0.477
槟榔碱含量 Arecoline content				1	0.514	-0.637*	-0.613	-0.771**	-0.682*
槟榔次碱含量 Arecaidine content					1	-0.571	-0.421	-0.559	0.105
果糖含量 Fructose content						1	0.942**	0.303	0.224
葡萄糖含量 Glucose content							1	0.252	0.356
没食子酸含量 Gallic acid content								1	0.364
表儿茶素含量 Epicatechin content									1

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

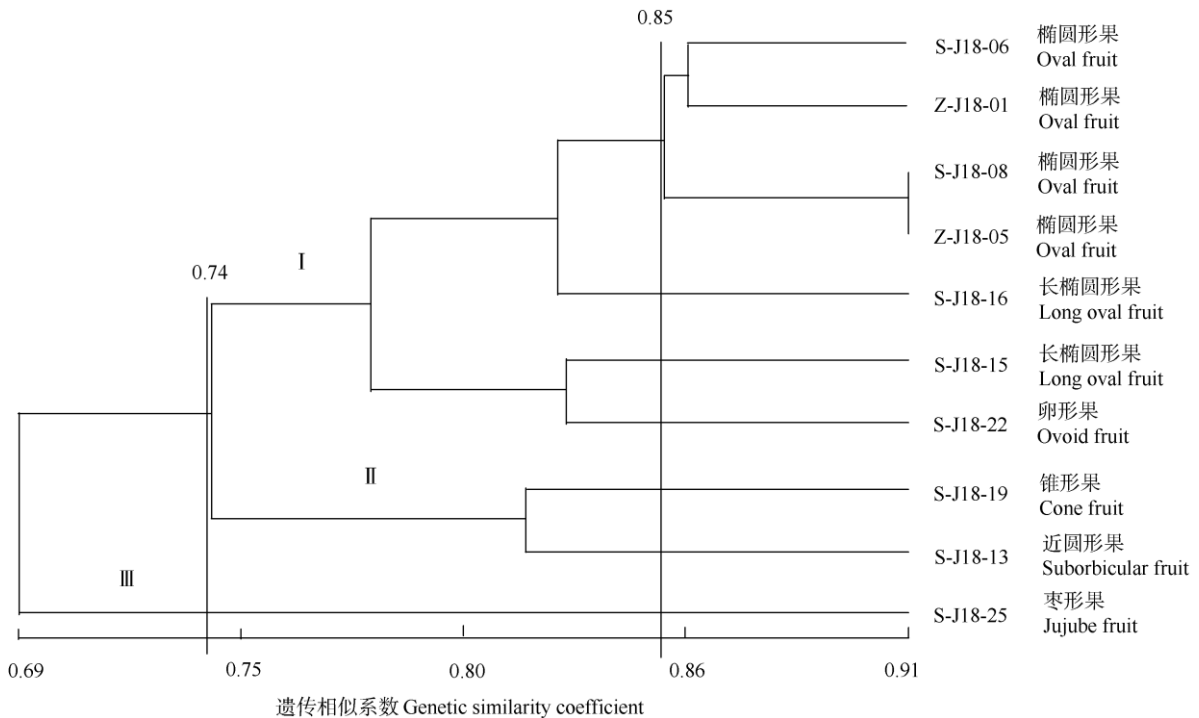


图 2 基于 SSR 标记的核心资源遗传聚类图

Fig. 2 Genetic cluster map of core resources based on SSR molecular markers

S-J18-16、S-J18-15 和 S-J18-22, II 组为 S-J18-19 和 S-J18-13, III 组为 S-J18-25。

3 结论和讨论

植物表型性状是遗传物质多样性的具体表现^[16], 内在化学成分含量是重要的决定性因素。本研究对 10 份核心槟榔种质的表型特征与主要化学成分含量及其变异特征进行了分析, 结果表明, 10

份资源的品质性状表现出丰富的遗传变异性, 变异系数为 7.00%~190.13%, 其中表儿茶素含量的变异系数最大, 主要原因是 S-J18-25 种质的表儿茶素含量特别高, 为其他资源的 7.63~104.85 倍, 说明表儿茶素性状具有丰富的遗传信息和选择潜力, 在育种上具有较大的改良空间。相比之下, 槟榔表型性状如鲜果横径、纵径和单果质量的变异系数较小, 这与张涛等^[17]的研究结果相似, 表明果实表型性状遗传相对稳定, 在现有种质的基础上

可改良的空间较小。

槟榔成熟期为授粉后 11~12 个月,加工适时采摘期为授粉后(120±10) d,本研究材料的采集时间与康效宁等^[18]的研究较为一致。果实形状是槟榔种质资源鉴定评价的重要指标,在黄丽云等^[11]的研究中均有提及,也是槟榔收购商甄别商品果优劣的重要评判依据。相关性分析表明,果实纵径与槟榔碱和没食子酸存在极显著相关性,纵径与槟榔碱呈极显著正相关,与没食子酸呈显著负相关,由此可依据鲜果表型性状初步判断槟榔碱和没食子酸含量的高低。这与杜道林等^[2]提出的“同品种槟榔中槟榔碱含量与其果实外形无显著相关性”的观点不一致。张春江等^[19]认为槟榔碱是嚼食产生欣快感的主要化学物质,通过走访调研,槟榔鲜果嚼食者认为长型果槟榔劲道足,产生的欣快程度高于偏圆果,卵形果劲道稍弱但口感较甜,这与本研究生物碱和多糖含量两者呈负相关的结果相吻合。

槟榔的遗传聚类分析表明,椭圆形果、卵形果和长椭圆形果聚为一类,锥形果、近圆形果聚为一类,枣形果单独一类,这与齐兰等^[9]的研究结果一致。而在长期的生产实践中,椭圆形、卵形和长椭圆形是海南本地槟榔群体的主要果形,也是加工企业首选的槟榔果形。另外锥形果、近圆形果和枣形果由于果形不符合加工需求,所占种植比例很小。本研究通过分子标记手段可将相近果形区分聚类,可能是因为果实外形与果实内在品质性状、以及加工特性具有密切相关性,这有待进一步研究证实。

种质资源是作物遗传育种的基础,优良种质资源的开发和利用会进一步推动育种工作的开展^[20-21]。本研究中 S-J18-25 种质是极具特色的槟榔种质资源,其生物碱组成中槟榔次碱比槟榔碱高 2.02 倍,而其余 9 份槟榔却是槟榔碱比槟榔次碱高约 1.4~9.5 倍。S-J18-25 的表儿茶素含量极显著高于其他资源,达 521.13 mg/kg,是平均值的 6.33 倍,是 Z-J18-01 的 104.85 倍,可开发成高纯度表儿茶素的保健替代品。槟榔是我国重要的南药作物,生物碱、酚类等是槟榔重要的化学组成成分,也是非常重要的药理活性物质^[22-28]。S-J18-25 资源的化学特异性可成为槟榔优质品种培育及杂交培育优良后代优异的育种材料,也为挖掘槟榔生物碱、多酚等相关基因及其功能验证、探索合成机理等研究提供很好的试验素材。

参考文献

- [1] DU D L, ZHOU H P, FU B, et al. A comparative study of 3 main nutritions and fruit characteristics of common breeds of *Areca catechu* L. in Hainan [J]. *J Hainan Norm Univ (Nat Sci)*, 2003, 16(4): 47-53. doi: 10.3969/j.issn.1674-4942.2003.04.011.
杜道林, 周海鹏, 符碧, 等. 海南槟榔常见品种果实性状及三大营养成分比较研究 [J]. *海南师范学院学报(自然科学版)*, 2003, 16(4): 47-53. doi: 10.3969/j.issn.1674-4942.2003.04.011.
- [2] DU D L, WANG X Y, GAN B C, et al. Comparison study on the characteristics of fruit and content of arecoline in different *Areca catechu* strains [J]. *Guihaia*, 2004, 24(5): 432-436. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2004.05.011.
杜道林, 王小英, 甘炳春, 等. 不同品种槟榔果实性状及其槟榔碱含量的比较研究 [J]. *广西植物*, 2004, 24(5): 432-436. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.2004.05.011.
- [3] DU D L, GAN B C, WANG Y S, et al. Primary studies on the evaluation of *Areca catechu* germplasm [J]. *China Seed Ind*, 2005(7): 37-38. doi: 10.3969/j.issn.1671-895X.2005.07.020.
杜道林, 甘炳春, 王有生, 等. 槟榔种质初步评价研究 [J]. *中国种业*, 2005(7): 37-38. doi: 10.3969/j.issn.1671-895X.2005.07.020.
- [4] YAN X X, WANG Z N, WANG J R. Survey of germplasm resources of *Areca catechu* [J]. *China Trop Agric*, 2008(5): 34-36. doi: 10.3969/j.issn.1673-0658.2008.05.014.
晏小霞, 王祝年, 王建荣. 槟榔种质资源研究概况 [J]. *中国热带农业*, 2008(5): 34-36. doi: 10.3969/j.issn.1673-0658.2008.05.014.
- [5] REN J F. Genetic diversity of *Areca catechu* L. from Baoting of Hainan Province detected with ISSR markers [D]. Haikou: Hainan University, 2010: 1-57.
任军方. 利用 ISSR 标记对海南保亭槟榔遗传多样性的研究 [D]. 海口: 海南大学, 2010: 1-57.
- [6] REN J F, TANG L X. Extraction of genomic DNA of *Areca catechu* L. and optimization of its ISSR-PCR system [J]. *Hunan Agric Sci*, 2010(9): 1-4. doi: 10.3969/j.issn.1006-060X.2010.09.001.
任军方, 唐龙祥. 槟榔基因组 DNA 提取及 ISSR 反应体系的优化 [J]. *湖南农业科学*, 2010(9): 1-4. doi: 10.3969/j.issn.1006-060X.2010.09.001.
- [7] ZHAN Q Q, ZHOU Y Q, YANG Y, et al. Establishment of SSR reaction system for *Areca catechu* [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2012, 24(9): 60-62. doi: 10.3969/j.issn.1001-8581.2012.09.016.
战晴晴, 周亚奎, 杨云, 等. 槟榔 SSR 反应体系的建立 [J]. *江西农业学报*, 2012, 24(9): 60-62. doi: 10.3969/j.issn.1001-8581.2012.09.016.
- [8] QI L, HUANG L Y, WANG Z, et al. Optimization of SSR-PCR system

- by orthogonal design and primers screening for *Areca catechu* L. [J]. *Mol Plant Breed*, 2019, 17(4): 1264–1269. doi: 10.13271/j.mpb.017.001264.
- 齐兰, 黄丽云, 王泽, 等. 正交设计优化槟榔 SSR-PCR 反应体系及引物筛选 [J]. *分子植物育种*, 2019, 17(4): 1264–1269. doi: 10.13271/j.mpb.017.001264.
- [9] QI L, WANG S Z, HUANG L Y, et al. Genetic diversity analysis of *Areca catechu* varieties from Hainan based on SSR markers [J]. *Chin J Trop Crops*, 2021, 42(5): 1297–1304.
- 齐兰, 王世正, 黄丽云, 等. 基于 SSR 标记的海南栽培槟榔遗传多样性分析 [J]. *热带作物学报*, 2021, 42(5): 1297–1304.
- [10] HUANG L Y, LI H S, CAO H X, et al. Current situation of *Areca catechu* resources and breeding in China [J]. *China Trop Agric*, 2011(2): 60–62. doi:10.3969/j.issn.1673-0658.2011.02.020.
- 黄丽云, 李和帅, 曹红星, 等. 我国槟榔资源与选育种现状分析 [J]. *中国热带农业*, 2011(2): 60–62. doi: 10.3969/j.issn.1673-0658.2011.02.020.
- [11] HUANG L Y, LIU L Y, LI Y, et al. Evaluation of the fresh fruit of the predominantly cultivated arecanut (*Areca catechu* L.) varieties in Hainan Province [J]. *Chin J Trop Crops*, 2014, 35(2): 313–316. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2014.02.017.
- 黄丽云, 刘立云, 李艳, 等. 海南主栽槟榔品种鲜果性状评价 [J]. *热带作物学报*, 2014, 35(2): 313–316. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2014.02.017.
- [12] ZHOU H Q, HUANG L Y, LIU L Y, et al. Texture profile analysis for fresh fruit resource of arecanut (*Areca catechu* L.) [J]. *SW Chin J Agric Sci*, 2016(29): 147–150.
- 周焕起, 黄丽云, 刘立云, 等. 槟榔资源鲜果的质构评价研究 [J]. *西南农业学报*, 2016(29): 147–150.
- [13] YA H Y, CHEN Y, ZHANG Y S, et al. Analysis of transcriptome characteristics of *Areca* at different developmental stages [J]. *Chin J Trop Crops*, 2020, 41(7): 1279–1287. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.07.001.
- 押辉远, 陈叶, 张岩松, 等. 槟榔不同发育时期果实转录组特征分析 [J]. *热带作物学报*, 2020, 41(7): 1279–1287. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.07.001.
- [14] HUANG L Y, ZHANG Y F, YANG Y D, et al. Research on the *Areca* nut fiber [J]. *China Trop Agric*, 2020(2): 76–80. doi: 10.3969/j.issn.1673-0658.2020.02.020.
- 黄丽云, 张玉锋, 杨耀东, 等. 槟榔纤维研究进展 [J]. *中国热带农业*, 2020(2): 76–80. doi: 10.3969/j.issn.1673-0658.2020.02.020.
- [15] ROHLF F J. NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.1 [M]. New York: Applied Biostatistics, 2000.
- [16] JING L X, BU C Y, LI C N, et al. Genetic diversity of phenotypic traits in 25 *Jasminum* germplasm resources [J]. *Chin J Trop Crops*, 2020, 41(9): 1762–1769. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.09.006.
- 荆玲侠, 卜朝阳, 李春牛, 等. 25 份素馨属种质资源的表型性状遗传多样性研究 [J]. *热带作物学报*, 2020, 41(9): 1762–1769. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.09.006.
- [17] ZHANG T, HE P, SONG H Y, et al. Evaluation of 30 species of *Clausena anisum-olens* (Blanco) Merr. germplasm resources based on factor analysis and cluster analysis [J]. *Chin J Trop Crops*, 2020, 41(7): 1326–1334. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.07.007.
- 张涛, 贺鹏, 宋海云, 等. 基于因子分析和聚类分析的 30 份山黄皮种质资源评价 [J]. *热带作物学报*, 2020, 41(7): 1326–1334. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.07.007.
- [18] KANG X N, WANG S P, DAI J H, et al. Dynamic changes of shape, texture and pericarp composition of *Areca* fruits during growing period [J]. *Stor Proc*, 2021, 21(1): 80–84. doi: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.01.013.
- 康效宁, 王世萍, 代佳慧, 等. 槟榔生长期果实形态、质构及果皮成分动态变化规律研究 [J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(1): 80–84. doi: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.01.013.
- [19] ZHANG C J, LÜ F J, TAO H T. Research progress on active components and functional effects of *Areca catechu* L. [J]. *Food Nutri China*, 2008(6): 50–53. doi: 10.3969/j.issn.1006-9577.2008.06.015.
- 张春江, 吕飞杰, 陶海腾. 槟榔活性成分及其功能作用的研究进展 [J]. *中国食物与营养*, 2008(6): 50–53. doi: 10.3969/j.issn.1006-9577.2008.06.015.
- [20] KANG Z M, XU X Y, ZHENG K B, et al. Diversity analysis of morphological and agronomic traits in *Cajanus cajan* [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2017, 25(1): 51–56. doi: 10.11926/jtsb.3633.
- 康智明, 徐晓俞, 郑开斌, 等. 木豆种质资源形态与农艺性状的多样性分析 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2017, 25(1): 51–56. doi: 10.11926/jtsb.3633.
- [21] ZHANG Q Q, LIANG S, WANG Y, et al. Genetic diversity analysis of 57 germplasms of *Capsicum annuum* based on phenotypic traits and SSR markers [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2020, 28(4): 356–366. doi: 10.11926/jtsb.4185.
- 张强强, 梁赛, 王艳, 等. 基于表型性状和 SSR 标记的 57 份辣椒种质遗传多样性分析 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2020, 28(4): 356–366. doi: 10.11926/jtsb.4185.
- [22] TANG M M, CHEN H, WANG H, et al. Anti-fatigue effects of polyphenols extracted from *Areca catechu* L. husk and determination of the main components by high performance capillary electrophoresis [J]. *Bangladesh J Bot*, 2016, 45(4): 783–790.

- [23] YANG W Q, WANG H C, WANG W J, et al. Chemical constituents from the fruits of *Areca catechu* [J]. *J Chin Med Mat*, 2012, 35(3): 400–403. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2012.03.023.
杨文强, 王红程, 王文婧, 等. 槟榔化学成分研究 [J]. *中药材*, 2012, 35(3): 400–403. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2012.03.023.
- [24] LI L C, ZHAO X, DAI L M, et al. Research progress of *Areca* nut [J]. *Technol Innov Appl*, 2016(24): 64.
李连闯, 赵玺, 代立梅, 等. 槟榔的研究进展 [J]. *科技创新与应用*, 2016(24): 64.
- [25] WANG C C, LIN Y R, LIAO M H, et al. Oral supplementation with areca-derived polyphenols attenuates food allergic responses in ovalbumin-sensitized mice [J]. *BMC Comple Altern Med*, 2013, 13: 154. doi: 10.1186/1472-6882-13-154.
- [26] QI J, HUANG Y L, CHEN W J, et al. Review on the physiological activity of polyphenols of betel nut [J]. *Chin J Trop Crops*, 2010, 31(6): 1050–1055. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2010.06.033.
祁静, 黄玉林, 陈卫军, 等. 槟榔酚类物质生理活性研究进展 [J]. *热带作物学报*, 2010, 31(6): 1050–1055. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2010.06.033.
- [27] YANG Y J, KONG W J, SUN L, et al. Research progress on chemical composition and pharmacological effect and clinical application of *Areca catechu* [J]. *World Sci Technol Mod Trad Chin Med*, 2019, 21(12): 2583–2591. doi: 10.11842/wst.20180819003.
杨雅蛟, 孔维军, 孙兰, 等. 槟榔化学成分和药理作用及临床应用研究进展 [J]. *世界科学技术 中医药现代化*, 2019, 21(12): 2583–2591. doi: 10.11842/wst.20180819003.
- [28] ZENG Q, LI Z H, YUAN L J, et al. Review on the actuality and prospect of areca alkaloids [J]. *Food Mach*, 2006, 22(6): 158–161. doi: 10.3969/j.issn.1003-5788.2006.06.049.
曾琪, 李忠海, 袁列江, 等. 槟榔生物碱的研究现状及展望 [J]. *食品与机械*, 2006, 22(6): 158–161. doi: 10.3969/j.issn.1003-5788.2006.06.049.