

万继锋, 曾辉, 杨为海, 等. 澳洲坚果种质资源花序表型多样性研究 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (11): 1255–1261.

WAN J F, ZENG H, YANG W H, et al. Phenotypic Diversity on Inflorescence of *Macadamia* spp. Germplasms [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34 (11): 1255–1261.

澳洲坚果种质资源花序表型多样性研究

万继锋, 曾辉, 杨为海, 张汉周, 陆超忠, 陈倪, 陈菁, 罗炼芳

(中国热带农业科学院南亚热带作物研究所/农业农村部热带果树生物学重点实验室, 广东 湛江 524091)

摘要:【目的】对澳洲坚果种质资源花序表型性状进行多样性分析, 为澳洲坚果种质资源的鉴定评价以及创新利用提供参考。【方法】花序表型性状的观测和描述方法参照《澳洲坚果种质资源描述规范和数据标准》和《澳洲坚果种质资源鉴定技术规范》, 数据统计分析应用聚类分析和主成分分析的方法。【结果】40份供试澳洲坚果种质资源中90%种质小花为乳白色、50%种质小花自花序轴基部向顶端依次开放、77.5%种质无批次开花; 花序长度的变异系数最大为26.30%, 小花长度的变异系数最小为8.60%。聚类分析将40份种质资源在欧氏距离为4.79时分为2个组群, 组群内的种质资源以花序长度和小花数量聚类; 主成分分析结果将6个表型性状简化为3个主成分(花量、花色、开花顺序因子), 解释的总变异为71.752%, 更为直观地展现了花序表型特点, 其结果与聚类分析基本一致。【结论】澳洲坚果种质资源的花序表型性状存在丰富的多样性, 花序长度、小花数量、小花颜色和小花开放顺序是花序表型性状多样性构成的主导因子。

关键词: 澳洲坚果; 种质资源; 花序; 表型性状; 多样性

中图分类号: S 664.9

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2019) 11-1255-07

Phenotypic Diversity on Inflorescence of *Macadamia* spp. Germplasms

WAN Ji-feng, ZENG Hui, YANG Wei-hai, ZHANG Han-zhou, LU Chao-zhong, CHEN Ni, CHEN Jing, LUO Lian-fang

(Key Laboratory of Ministry of Agriculture and Rural Affairs for Tropical Fruit's Biology, South Subtropical Crop Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524091, China)

Abstract: 【Objective】Phenotypic diversity of inflorescence from a collection of 40 *Macadamia* spp. was determined to evaluate and better utilize the resources. 【Method】Using the “Standards for Description and Data Analysis on *Macadamia*” and the “Techniques and Codes for Evaluating *Macadamia* Germplasms” as references, this study was conducted. Data were subjected to cluster and principal component analyses. 【Result】The inflorescence characteristics of the plants showed that 90% of the germplasms had creamy white flowerets, 50% of the flowerets opened sequentially from the base to the top of inflorescence axis, and 77.5% of them did not flower in batch. The maximum coefficient of variation on inflorescence length was 26.30%, and the minimum 8.60%. The cluster analysis based on 6 phenotypic characteristics of the inflorescence divided the 40 germplasms into two groups at an euclidean distance of 4.79. The categorization was mostly determined by the inflorescence length and floweret count. The 6 phenotypic characteristics composed of 3 independent principal components (i.e., floweret count, floweret color, and flowering sequence) constituting 71.752% of the total variance. The principal component analysis directly demonstrated the phenotypic characteristics of inflorescence which basically agreed with the results obtained by the cluster analysis. 【Conclusion】The phenotypic diversity of macadamia inflorescence was abundant among the germplasms. The inflorescence length, floweret count, floweret color, and opening order of floweret were the dominant factors constituted to the diversity on the inflorescence.

Key words: *Macadamia* spp.; germplasms; inflorescence; phenotypic characteristics; diversity

收稿日期: 2019-07-30 初稿; 2019-09-10 修改稿

作者简介: 万继锋 (1983-), 男, 助理研究员, 研究方向: 果树种质资源与栽培育种 (E-mail: wanjifeng2002@163.com)

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (1630062017028、1630062018004、1630062019007); 农业农村部热作技术试验示范项目 (15162130106232002); 广东省科技创新战略专项 (2018B020402)

0 引言

【研究意义】被誉为“坚果之王”的澳洲坚果 *Macadamia* spp. 原产澳大利亚，为山龙眼科 Proteaceae 澳洲坚果属 *Macadamia* F. Mull 常绿乔木果树，栽培历史仅 160 多年，因其果实营养保健与经济价值高，已成为热带地区新兴的果树^[1-2]。我国最早于 20 世纪初引进澳洲坚果，直到 20 世纪 70 年代末才开始引种试种澳洲坚果，20 世纪 80 年代末才开始商业种植澳洲坚果^[3]，近年来我国云南、广西、贵州、广东等地掀起一股种植热潮，西藏林芝地区也在积极引种试种。据统计，2018 年我国澳洲坚果栽培面积约占世界总栽培面积的 60%，居世界第一，产量居世界第五^[4]。鉴定评价是种质资源研究的重要内容，而表型性状的鉴定和描述是种质资源研究的最基本方法^[5]。花序表型性状是鉴定评价澳洲坚果种质资源、鉴别澳洲坚果品种资源的重要性状，深入研究其多样性的意义重大。【前人研究进展】Aradhyia 等^[6]对澳洲坚果 4 个种 45 份种质资源进行了同工酶分析，发现这些种质资源拥有明显不同的同工酶指纹；贺熙勇等^[7]对 64 份澳洲坚果种质资源遗传多样性进行了分析，发现这些种质资源的形态性状存在丰富的变异；杨为海等^[8]对 28 份澳洲坚果种质资源果实数量性状的多样性进行了分析，发现这些种质资源果实数量性状变异丰富；曾辉等^[9]对 28 份澳洲坚果种质资源果实品质的多样性进行了分析，发现这些种质资源果实品质的性状变异丰富且存在多向性；万继锋等^[2]对 86 份澳洲坚果种质资源叶片表型性状多样性进行了分析，发现这些种质资源的叶片表型性状存在丰富的多样性，叶序、嫩叶颜色、叶尖形状、叶缘形状、叶缘刺、叶柄长度、叶形指数等 7 个性状是构成叶片表型性状差异的主导因子；宫丽丹等^[10]对 38 份不同来源澳洲坚果种质品质性状进行了多样性分析，发现这些种质的品质性状存在丰富的变异，脂肪、总糖、蛋白、棕榈酸、油酸、二十碳烯酸等 6 个性状是构成品质性状差异的主要因素。【本研究切入点】目前对澳洲坚果种质资源表型多样性研究主要涉及叶片、果实等形态性状及同工酶，尚未对澳洲坚果种质资源花序表型性状多样性进行深入的系统研究分析。【拟解决的关键问题】在系统考察的基础上，分析澳洲坚果种质资源花序表型性状多样性，以期为澳洲坚果种质资源的鉴定评价及创新利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以位于广东省湛江市的中国热带农业科学院南亚热带作物研究所国家热带果树种质资源圃内的 40 份澳洲坚果种质资源为试验材料，其中 HAES246、HAES294、HAES333、HAES344、HAES660、HAES695、HAES741、HAES780、HAES783、HAES788、HAES800、HAES812、HAES814、HAES826、HAES842、HAES861、HAES900、HAES915、A₄、A₁₆、B₃₋₇₄、DAD、H₂、NG₁₈、O.C.、Own venture、Winks、Yonik 为从美国夏威夷、澳大利亚、以色列引进的品种，南亚 1 号、南亚 2 号、南亚 3 号、南亚 12 号、南亚 116 号、桂热 1 号为我国自主选育的优良品种以及 24、114、A、B、D、G 为我国自主选育的优良单株。供试种质均为 10~12 年嫁接成年树，常规管理，其名称、来源及类型见表 1。

1.2 花序表型性状观测

每份种质选取生长正常 3 株树，每株树从树冠内膛东、南、西、北部各选取 1 个盛花期花序进行观测。采用观察法确定小花颜色、小花开放顺序、批次开花并赋值，采用测量法确定花序长度、小花长度、小花数量（表 2），小花颜色及其开放顺序示意图见图 1 和图 2。花序表型性状的观测和描述方法参照《澳洲坚果种质资源描述规范和数据标准》^[11]和《澳洲坚果种质资源鉴定技术规范》^[12]。

1.3 数据统计分析

原始数据经标准化处理后，采用系统聚类的方法作出 40 份澳洲坚果种质资源分类的树系图。作主成分分析时，根据特征值和累计贡献率确定主成分数量，并根据特征向量的绝对值选择性状。所有数据的统计分析均在 SPSS 22.0 统计分析软件上操作完成。

2 结果与分析

2.1 澳洲坚果种质资源花序表型描述性状评价

澳洲坚果种质小花颜色具有 3 种形式，供试材料中以乳白色为主，约占供试材料的 90%；小花开放顺序具有 3 种形式，供试材料中以“自花序轴基部向顶端依次开放”的开放形式居多，约占供试材料的 50.00%；77.5% 种质无批次开花现象（表 3）。说明供试澳洲坚果种质的小花颜色、小花开放顺序、有无多次开花等表型描述性状差异较为明显。

2.2 澳洲坚果种质资源花序表型数量性状评价

40 份澳洲坚果种质的花序长度、小花长度、小

表 1 澳洲坚果种质资源名称、来源及类型
Table 1 Names, origins and types of *Macadamia* spp. in collection

编号 No.	种质名称 Name of materials	来源 Source	种质类型 Germplasm types	编号 No.	种质名称 Name of materials	来源 Source	种质类型 Germplasm types
1	HAES246	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	21	B ₃₋₇₄	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
2	HAES294	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	22	DAD	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
3	HAES333	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	23	H ₂	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
4	HAES344	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	24	NG ₁₈	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
5	HAES660	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	25	O.C.	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
6	HAES695	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i> /M. <i>tetraphylla</i> Hybrids	26	Own venture	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
7	HAES741	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	27	Winks	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i>
8	HAES780	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	28	Yonik	以色列 Israel	<i>M. integrifolia</i>
9	HAES783	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	29	南亚1号 Nanya 1	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
10	HAES788	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	30	南亚2号 Nanya 2	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
11	HAES800	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	31	南亚3号 Nanya 3	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
12	HAES812	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	32	南亚12号 Nanya 12	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
13	HAES814	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	33	南亚116号 Nanya 116	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
14	HAES826	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	34	桂热1号 Guire 1	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
15	HAES842	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	35	优株 Elite plant 24	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
16	HAES861	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	36	优株 Elite plant 114	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
17	HAES900	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i> /M. <i>tetraphylla</i> Hybrids	37	优株 Elite plant A	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
18	HAES915	夏威夷 Hawaii	<i>M. integrifolia</i>	38	优株 Elite plant B	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
19	A ₄	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i> /M. <i>tetraphylla</i> Hybrids	39	优株 Elite plant D	中国 China	<i>M. integrifolia</i>
20	A ₁₆	澳大利亚 Australia	<i>M. integrifolia</i> /M. <i>tetraphylla</i> Hybrids	40	优株 Elite plant G	中国 China	<i>M. integrifolia</i>

表 2 鉴定性状、鉴定部位及记载标准
Table 2 Properties, parts and standards for identifications

编号 No.	性状 Characters	鉴定部位 Identification parts	记载标准 Description of grading
1	小花颜色 Floweret color	花序中开放小花的颜色 The color of opening floweret in the inflorescence	1=乳白色 Creamy white, 2=淡粉色 Light pink, 3=粉红色 Pink
2	小花开放顺序 Floweret opening order	花序中小花的开放顺序 Floweret opening order in the inflorescence	1=自花序轴基部向顶端依次开放 Floweret opening sequentially from the base of inflorescence axis to the top, 2=由花序轴中部向两端依次开放 Floweret opening sequentially from the middle of inflorescence axis to the both ends, 3=自花序轴顶端向基部依次开放 Floweret opening sequentially from the top of inflorescence axis to the base
3	批次开花 Flower in batches	开花期有无分批次开花 Whether flower in batches or not	1=有 Yes, 2=无 Not
4	花序长度/cm Inflorescence length	花序主轴长度 the length of inflorescence axis	
5	小花长度/mm Floweret length	将要开放小花基部到顶部的长度 Length from base to top of floweret being to open	
6	小花数量/朵 Floweret number/Flower	每个花序上着生小花的数量 Floweret number in the inflorescence	



图 1 小花颜色
Fig. 1 Color of floweret



图 2 小花开放顺序
Fig. 2 Order of floweret opening

表 3 3 个描述性状多样性统计分析

Table 3 Statistical analysis on diversity based on 3 descriptive characteristics

性状 Characters	评价 Evaluation	种质份数 Germplasm copies/份	百分比 Percentage/ %
小花颜色 Floweret color	乳白色 Creamy white	36	90.00
	淡粉色 Light pink	2	5.00
	粉红色 Pink	2	5.00
小花开放顺序 Floweret opening order	自花序轴基部向顶端依次 开放 Floweret opening sequentially from the base of inflorescence axis to the top	20	50.00
	由花序轴中部向两端依次 开放 Floweret opening sequentially from the middle of inflorescence axis to the both ends	6	15.00
	自花序轴顶端向基部依次 开放 Floweret opening sequentially from the top of inflorescence axis to the base	14	35.00
批次开花 Flower in batches	有 Yes	9	22.50
	无 Not	31	77.50

花数量分别为 11.7~29.0 cm、6.6~9.4 mm、130~277 朵，变异系数分别为 26.30%、8.60%、20.96%（表 4）。说明供试澳洲坚果种质资源的花序表型数量性状的变异较为丰富。

2.3 澳洲坚果种质资源花序表型性状的聚类分析

40 份澳洲坚果种质资源在欧氏距离 4.79 处被明显划分为 2 个组群。组群 I 包含 HAES741、HAES861、O.C.、HAES246、HAES344、HAES788、优株 A、南亚 1 号、HAES780、优株 D、Winks、HAES660、Yonik、南亚 2 号、HAES783、HAES826、优株 B、HAES333、HAES800、Own venture、HAES900、H₂、NG₁₈、桂热 1 号、HAES294、HAES814、B₃₋₇₄、HAES842、DAD、HAES915、HAES812、优株 114 等 32 份种质，占总数的 80.00%，其花序长度为 11.7~19.6 cm，小花数量为 130~185 朵，该类群的花序较短及着生的小花较少，为短序少花型；组群 II 包含 A₄、A₁₆、HAES695、南亚 3 号、南亚 12 号、南亚 116 号、优株 24、优株 G 等 8 份种质，占总数的 20.00%，其花序长度为 21.8~29.0 cm，小花数量为 216~277 朵，该类群的花序较长及着生的小花较多，为长序多花型（图 3）。这些结果为今后对澳洲坚果种质资源的开发利用奠定了试验基础。

2.4 澳洲坚果种质资源花序表型性状的主成分分析

结果见表 5。第 1 主成分的贡献率为 33.577%，第 2 主成分的贡献率为 22.064%，第 3 主成分的贡献率为 16.112%，累积贡献率达到 71.752%。第 1 主成分的花序长度和小花数量具有较大的特征向量，主要反映了澳洲坚果种质资源花序长度及其着生小花数量情况，故可称第 1 主成分为花量因子；第 2 主成分中特征向量绝对值较大的为小花颜色，称第 2 主成分为花色因子；第 3 主成分中特征向量绝对值较大的为小花开放顺序，称第 3 主成分为开花顺序因子。

以前 2 个主成分的分值作出 40 份澳洲坚果种质资源花序表型性状的二维坐标分布图（图 4）。I 类

表 4 3 个数量性状多样性统计分析
Table 4 Statistical analysis on diversity based on 3 quantifiable characteristics

性状 Characters	平均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	标准差 SD	极差 R	变异系数 CV/%
花序长度 Inflorescence length/cm	18.06	29.0	11.7	4.75	17.3	26.30
小花长度 Floweret length/mm	8.02	9.4	6.6	0.69	2.8	8.60
小花数量 Floweret number/朵 Flower	177.0	277	130	37.10	147	20.96

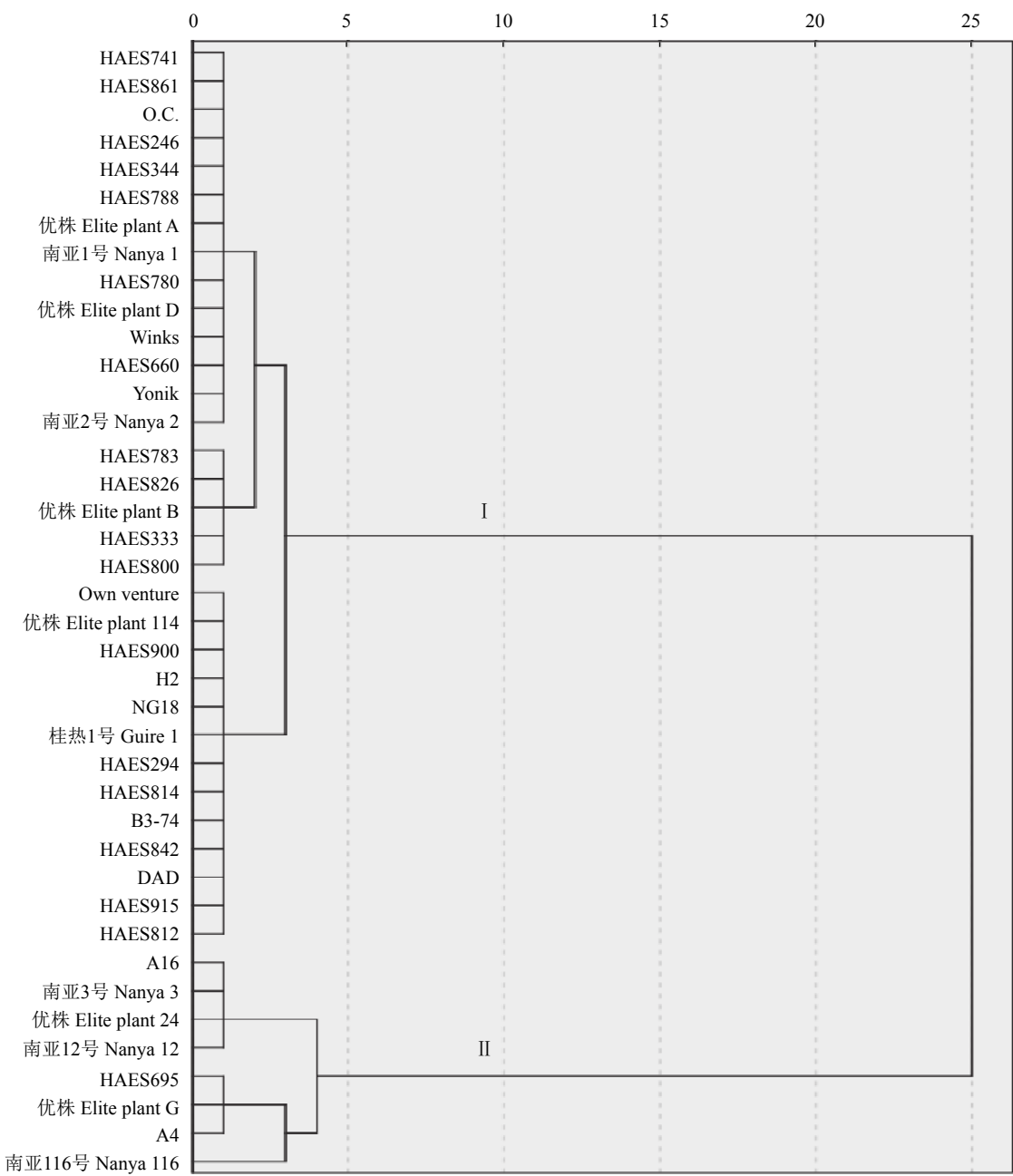


图 3 聚类分析

Fig. 3 Dendrogram of cluster analysis

群种质绝大多数集中分布在纵坐标的左侧，种质数量最多，其花序较短、花序上着生的小花较少，属于短序少花类型；Ⅱ类群种质位于纵坐标的右侧，其花序较长、花序上着生的小花较多，属于长序多

花类型。绝大多数种质集中分布在横坐标的两侧，其小花颜色均为乳白色；Ⅰ类群中有 3 份种质（HAES900、优株 A、优株 D）分布于横坐标的最上方，其中优株 A 和优株 D 的小花颜色为淡粉色，

表 5 主成分的特征向量、特征值、贡献率和累积贡献率
Table 5 Eigenvectors, latent roots, single and accumulative contributor ratios of principal components

性状 Characters	主成分1 Principal component 1	主成分2 Principal component 2	主成分3 Principal component 3
小花颜色 Floweret color	0.299	0.631	0.237
小花开放顺序 Floweret opening order	-0.182	-0.548	0.654
批次开花 Flower in batches	-0.161	0.604	0.602
花序长度 Inflorescence length	0.940	-0.061	-0.038
小花长度 Floweret length	-0.327	0.494	-0.336
小花数量 Floweret number	0.936	0.031	0.076
特征值 Latent root	2.015	1.324	0.967
贡献率 Contributor ratio	33.577	22.064	16.112
累积贡献率 Accumulative contributor ratio	33.577	55.640	71.752

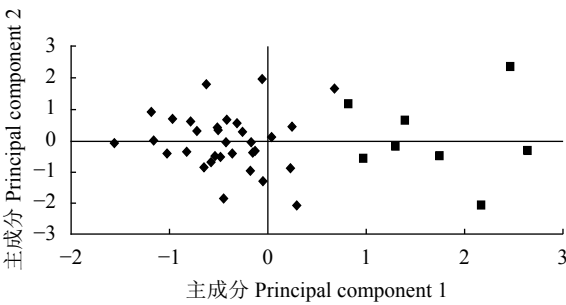


图 4 40 份澳洲坚果种质资源花序表型性状主成分分布
Fig. 4 Principal component distribution on phenotypic characteristics in inflorescence of 40 *Macadamia* germplasms

HAES900 的小花颜色为粉红色；Ⅱ类群中有 1 份种质（HAES695）分布于横坐标的最上方，其小花颜色为粉红色。

3 讨论

植物表型性状受其自身的遗传因素和所处的生态环境影响，表型多样性是遗传多样性与生态环境多样性互作的结果^[13-14]。在本研究中，40 份澳洲坚果种质资源花序表型性状存在丰富的变异；描述性性状各类型分布频率差异较大，小花乳白色、小花自花序轴基部向顶端依次开放、无多次开花等 3 种描述类型居多（≥50%），其中小花乳白色最多（≥90%）；数量性状变异系数为 8.60%~26.30%，其中小花长度变异系数最小，花序长度变异系数最大。表型性状变异是遗传变异的表征，表型性状变异越丰富，可能存在的遗传变异也越丰富^[15]。因此，澳洲坚果花

序表型性状的丰富变异，为育种材料的选择和种质资源的创新利用提供了可能性。

澳洲坚果的花序为总状花序，着生于花序上的小花为雌雄同花^[16]。在本研究中，澳洲坚果种质的小花开放顺序存在着 3 种形式：自花序轴基部向顶端依次开放、由花序轴中部向两端依次开放、自花序轴顶端向基部依次开放，分别占供试材料的 50%、15% 和 35%。植物的花朵开放顺序受其品种特性及其所处环境因素（温度、光照和湿度等）影响^[17-18]。因此，澳洲坚果种质资源小花开放顺序存在的差异性，可能是由其遗传特性及其所处生态环境所致。

澳洲坚果商业种植品种主要为光壳种、粗壳种及两者的杂交种^[19]。本研究在综合分析花序描述性状和数量性状基础上，利用聚类分析将 40 份澳洲坚果种质资源在欧氏距离 4.79 处从花序长度、小花数量上分为短序少花和长序多花 2 大类群，从美国夏威夷、澳大利亚、以色列引进的品种与我国自主选育的优良品种及优良单株交错在一起。这可能受不同地域间品种交流以及长期栽培的演化过程影响。利用主成分分析将澳洲坚果种质资源的 6 个花序表型性状简化成 3 个主成分，3 个主成分的累计贡献率达 71.752%，花序长度、小花数量、小花颜色、小花开放顺序对花序表型多样性构成起主要作用。花是植物的生殖器官，花器官性状差异对其授粉坐果、果实性状以及产量都产生重要的影响^[20]。因此，花序表型性状的鉴定评价是品种鉴别和分类的方法，也是筛选某些育种材料的手段，可将小花数量、花序长度、小花颜色、小花开放顺序作为鉴定评价澳洲坚果种质资源和鉴别澳洲坚果品种资源的重要性状。

4 结论

澳洲坚果种质资源的小花颜色、小花开放顺序、批次开花、花序长度、小花长度、小花数量等花序表型性状存在丰富的多样性，花序长度、小花数量、小花颜色、小花开放顺序是花序表型性状多样性构成的主导因子。

参考文献：

[1] 张汉周, 王维, 杨为海, 等. 21 份澳洲坚果种质开花结果物候期的变异分析 [J]. 热带作物学报, 2015, 36 (11): 2039-2043.
ZHANG H Z, WANG W, YANG W H, et al. Variation analysis of blooming and fruiting phenophase of *Macadamia* spp. germplasm resources [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2015, 36 (11): 2039-2043. (in Chinese)

- [2] 万继锋, 杨为海, 曾辉, 等. 澳洲坚果种质资源叶片表型多样性分析及其数量分类研究 [J]. *热带作物学报*, 2017, 38 (6): 990–997.
WAN J F, YANG W H, ZENG H, et al. Leaf Character Diversity Analysis and Numerical Classification of *Macadamia* spp. Germplasm Resources [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2017, 38 (6): 990–997. (in Chinese)
- [3] 陆超忠, 肖邦森, 孙光明, 等. 澳洲坚果优质高效栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [4] 云南省人民政府. 2018年第八届国际澳洲坚果大会新闻发布会[EB/OL]. (2018-06-16). http://ynxwfb.yn.gov.cn/html/2018/wangqihuigu_0616/260.html.
- [5] 万继锋, 吴如健, 韦晓霞, 等. 橄榄种质资源叶片表型性状多样性分析 [J]. *热带作物学报*, 2012, 33 (6): 975–980.
WAN J F, WU R J, WEI X X, et al. Diversity analysis of the leaf phenotypic characters of Chinese olive germplasm resources [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2012, 33 (6): 975–980. (in Chinese)
- [6] ARADHYA M K, YEE L K, ZEE F T, et al. Genetic variability in *Macadamia* [J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1998, 45 (1): 19–32.
- [7] 贺熙勇, 倪书邦, 陈国云, 等. 澳洲坚果种质资源形态性状的遗传多样性分析 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26 (3): 206–215.
HE X Y, NI S B, CHEN G Y, et al. Morphological characteristics analysis on genetic diversity of *Macadamia*(*Macadamia* spp.) germplasm resources [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26 (3): 206–215. (in Chinese)
- [8] 杨为海, 王维, 曾辉, 等. 澳洲坚果不同种质果实数量性状的研究 [J]. *热带作物学报*, 2011, 32 (8): 1434–1438.
YANG W H, WANG W, ZENG H, et al. Fruit quantitative characters of various *Macadamia* germplasms [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2011, 32 (8): 1434–1438. (in Chinese)
- [9] 曾辉, 杨为海, 张明楷, 等. 澳洲坚果种质果实品质性状的多样性分析 [J]. *经济林研究*, 2013, 31 (1): 70–74.
ZENG H, YANG W H, ZHANG M K, et al. Diversity analysis of fruit quality characters in *macadamia* [J]. *Nonwood Forest Research*, 2013, 31 (1): 70–74. (in Chinese)
- [10] 宫丽丹, 倪书邦, 马静, 等. 不同来源澳洲坚果种质品质性状多样性分析 [J]. *中国南方果树*, 2019, 48 (1): 32–35, 40.
GONG L D, NI S B, MA J, et al. Diversity of quality characters of *Macadamia* germplasm from different sources [J]. *South China Fruits*, 2019, 48 (1): 32–35, 40. (in Chinese)
- [11] 陆超忠, 杜丽清. 澳洲坚果种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [12] 邹明宏, 陆超忠, 梁李宏, 等. NY/T 1687-2009澳洲坚果种质资源鉴定技术规范[S]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [13] 江锡兵, 龚榜初, 刘庆忠, 等. 中国板栗地方品种重要农艺性状的表型多样性 [J]. *园艺学报*, 2014, 41 (4): 641–652.
JIANG X B, GONG B C, LIU Q Z, et al. Phenotypic diversity of important agronomic traits of local cultivars of Chinese chestnut [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2014, 41 (4): 641–652. (in Chinese)
- [14] 刘国彬, 曹均, 兰彦平, 等. 板栗总苞与坚果表型多样性及其相关关系研究 [J]. *经济林研究*, 2014, 32 (2): 28–33.
LIU G B, CAO J, LAN Y P, et al. Phenotypic diversity of involucre and nut in *Castanea mollissima* and their relationship [J]. *Nonwood Forest Research*, 2014, 32 (2): 28–33. (in Chinese)
- [15] ZENELI G, KOLA H, DIDA M. Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania [J]. *Scientia Horticulturae*, 2005, 105 (1): 91–100.
- [16] TRUEMAN S J. The reproductive biology of *macadamia* [J]. *Scientia Horticulturae*, 2013, 150: 354–359.
- [17] 顾蕴洁, 王忠, 高煜珠. 环境因素对水稻颖花开闭影响的机理 [J]. *植物生理学报*, 1993, 19 (4): 345–352.
GU Y J, WANG Z, GAO Y Z. An investigation on the effect of environmental factors on the opening and closure of florets in rice [J]. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 1993, 19 (4): 345–352. (in Chinese)
- [18] 李靖, 李庆军. 小桐子花的性别与开花时间的相互关系 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2009, 17 (1): 1–4.
LI J, LI Q J. The relationship between flowering sequence and floral gender in the inflorescence of *Jatropha curcas* L.(Euphorbiaceae) [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2009, 17 (1): 1–4. (in Chinese)
- [19] UPOV. *Macadamia: M. integrifolia* Maiden et Betche, *M. tetraphylla* L.A.S. Johnson. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability[M]. Geneva: International Union for the Protection of New Varieties of Plant, 1987.
- [20] 王鑫, 伍涛, 陶书田, 等. 梨花序不同序位坐果对果实发育及品质的影响 [J]. *西北植物学报*, 2010, 30 (9): 1865–1870.
Wang X, Wu T, Tao S T, et al. Pear Fruit Development and Quality at Different Fruit Positions of Inflorescence [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30 (9): 1865–1870. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)