

# 澳洲坚果种质果实数量性状分析与综合评价

谭秋锦, 韦媛荣, 潘贞珍, 环秀菊, 潘浩男, 许鹏, 韦哲君, 郑树芳, 王文林

(广西南亚热带农业科学研究所, 龙州 532400)

**摘要:**以100份澳洲坚果种质为研究材料,通过相关性分析、聚类分析和主成分分析等方法对12个果实数量性状进行综合评价分析。结果表明:12个数量性状变异系数介于9.66%~23.62%,单果重和果仁重的变异程度较大。相关性分析表明单果重与果仁重呈极显著正相关,是选育大果的重要参考。聚类分析分为2大类,I类果实外观品质较差:果小、出种率与出仁率相对低,属于育苗种质资源类型;II类果实外观品质较好:果大、出种率与出仁率较高,符合市场及选育需求。主成分分析把12个果实数量性状分为4个主成分,累计贡献率为79.902%。主成分1特征值最大,为4.280,贡献率最高,为35.667%,主要与果实外观性状大小有关;主成分2的贡献率为20.177%,主要反映了果仁性状;主成分3的贡献率为13.026%,主要反映了出种率;主成分4的贡献率为11.032%,主要反映了出仁率。果实性状综合评价得分为-2.333~0.983,筛选出综合性状前10的优异种质:花纹、SS14、壮圆1号、临沧47号、桂热1号、南亚2号、A4、B2、临沧1号、贵3;并筛选出单果重最大的FS3、果仁最重的桂热1号、出种率最高的选育8号、出仁率最高的A4。通过这些综合评价数据及筛选出的种质,为后期选育或杂交提供重要参考。

**关键词:**澳洲坚果;种质资源;果实性状;综合评价;数量

## Analysis and Comprehensive Evaluation of the Fruit Quantitative Traits for *Macadamia* Germplasms

TAN Qiujin, WEI Yuanrong, PAN Zhenzhen, HUAN Xiuju, PAN Haonan, XU Peng, WEI Zhejun,

ZHENG Shufang, WANG Wenlin

(Guangxi South Subtropical Agricultural Science Research Institute, Longzhou 532400)

**Abstract:** The *macadamia* nut fruits have rich diversity on their single fruit weight, seed yield, and kernel yield. In order to indentify the *Macadamia* germplasms with the best performance applicable for breeding programs, 100 *macadamia* germplasms were investigated in this study, and a comprehensive evaluation analysis was conducted on 12 fruit quantitative traits through statistics methods such as correlation, cluster analysis, and principal component analysis, etc. The results showed that the coefficient of variation of the 12 quantitative traits ranged from 9.66% to 23.62%, with a significant degree of variation on the traits of single fruit weight (23.62%) and kernel weight (21.20%), respectively. There was a highly significant positive correlation between single fruit weight and kernel weight, which is the important reference for selecting large fruits. Cluster analysis separated the 100 germplasms into two groups, with group I having poor appearance of the fruits quality, such as small fruit size, relatively low seed rate and kernel yield rate; while group II have good appearance of the fruits quality, such as large fruit size, high seed rate and kernel yield rate, which meets the market demands. Principal component analysis divided the 12 quantitative traits into 4 principal components, with a cumulative contribution

收稿日期: 2023-04-27 修回日期: 2023-05-25 网络出版日期: 2023-06-19

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230427001>

第一作者研究方向为热带果树种质资源评价鉴定与育种, E-mail: 13481146175@163.com

通信作者: 王文林, 研究方向为果树栽培与遗传育种, E-mail: 22312595@qq.com

基金项目: 崇左市科技计划项目(崇科2022QN1220); 广西农业科学院科技发展基金项目(桂农科2022JM95, 桂农科2021YT156, 桂农科2023YM42, 桂农科盟202404-08)

**Foundation projects:** Science and Technology Planning Projects of Chongzuo(Chongke2022QN1220); Science and Technology Development Fund Project of Guangxi Academy of Agricultural Science(Guinongke2022JM95, Guinongke2021YT156, Guinongke2023YM42, Guinongke League202404-08)

rate of 79.902%. The initial eigenvalues and the cumulative contribution of the first principal component were 4.280 and 35.667%, respectively, and the components were mainly associated with the size of the fruit traits; the cumulative contribution of the second principal component was 20.177% and they were mainly associated with the kernel traits; the cumulative contribution of the third and the fourth principal component was 13.026% 11.032%, respectively, and they were mainly associated with the seed and kernel yield of the fruit, respectively. The comprehensive evaluation score of the fruit traits ranged from -2.333 to 0.983, and the top 10 excellent germplasms were identified as the following sequence, Pattern, SS14, Zhuangyuan 1, Lincang 47, Guire No. 1, Nanya 2, A4, B2, Lincang 1, and Gui 3. Notably, the FS3 was identified with the largest single fruit weight, the Guire No. 1 was identified with the heaviest kernel, the Breeding 8 was identified with the highest seed yield, and the A4 was identified with the highest kernel yield, respectively. These comprehensive evaluation data and identified excellent germplasms provide important references for future conventional or hybrid breeding in *Macadamia*.

**Key words:** *macadamia* nuts; germplasm resources; fruit traits; comprehensive evaluation; quantity

澳洲坚果(夏威夷果)(*Macadamia spp.*),原产澳大利亚,属山龙眼科(Proteaceae)、澳洲坚果属(*Macadamia* F. Mull),是具有经济效益和生态效益的常绿乔木果树,含油量约70%~80%、蛋白质约9%,富含多种人体必需的氨基酸、矿物质和维生素,具有“干果皇后”之称<sup>[1]</sup>。我国于20世纪70年代末才开始引种试种,经过40多年的发展,目前主要分布在云南、广西、广东、贵州等,截止2021年底,全球种植面积约达44.19万hm<sup>2</sup>,国内种植面积32.70万hm<sup>2</sup>,国内占比70.40%,居世界第一位,广西4.30万hm<sup>2</sup>,国内种植排名第二<sup>[2]</sup>。但是,中国果仁年产量仅3万吨,远低于南非等国家种植面积少的产量,仅占全球市场果仁量的13.04%。低产量严重制约着国内澳洲坚果产业高效发展。加大对澳洲坚果果实数量性状的研究,对澳洲坚果产业的发展具有重要意义。

科研工作者在种质资源的植物学特征、农艺性状和营养品质等方面做了大量研究,挖掘出许多优异资源<sup>[3-5]</sup>。白雪花等<sup>[6]</sup>对298份苧麻种质资源纤维产量性状进行综合评价,共筛选出14个优质品种;杨露等<sup>[7]</sup>对贵州低热河谷区油茶种质15个主要果实性状进行分析与评价,筛选出综合性状最优种质5份。赵盟等<sup>[8]</sup>通过对155份不同时期大麦育成品种的产量相关性状进行鉴定评价,得到高秆多粒组、中矮秆组、长穗高千粒重组、长粒稀穗组4类,反映了不同大麦产区的主要品种特征;而Mao等<sup>[9]</sup>通过野生近缘种质为水稻雄性不育系的选育打开突破口,选育的东乡野生稻耐冷性极强,为水稻品种耐寒性提供了丰富的基因资源。在澳洲坚果种质资源评价方面,张汉周等<sup>[10]</sup>研究澳洲坚果种质资源的开花结果物候期,发现21份种质的开

花物候期存在差异,以时间段筛选出3类物候期。宫丽丹等<sup>[11]</sup>对38份澳洲坚果种质品质性状进行多样性分析,获得高脂肪、高蛋白、高棕榈酸及高精氨酸类群。谭秋锦等<sup>[12]</sup>对澳洲坚果种质果实性状与营养成分进行分析,综合筛选出3份高产、4份优质、1份高产优质种质,为今后产量的品种选育和实际生产利用提供参考。

澳洲坚果果实数量性状的评价通常以单果重、出种率和出仁率为主,这些性状具有丰富的多样性差异<sup>[13]</sup>。因此,解决澳洲坚果产业发展面临的瓶颈问题,应从收集保存的澳洲坚果种质材料入手,建立适用的评价体系进行鉴定与评价,实现高质澳洲坚果品种的科学筛选,最终选育出高产优质的澳洲坚果品种。广西南亚热带农业科学研究所澳洲坚果研究团队经过近40年来对澳洲坚果的研究,已收集保存了早实高产特异澳洲坚果种质资源400余份。本研究在前期45份的基础上,继续以果实数量性状为切入点,加大种质份数到100份,经过2021与2022年的连续2年观测,采用主成分分析进行综合评价,以期筛选出综合表现优良的种质作为品种选育的候选资源,为澳洲坚果优良品种选育与杂交育种提供科学依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

试验所用澳洲坚果种质共100份(表1),收集于澳大利亚、美国与中国的云南、贵州、广西、广东等,均以嫁接方式田间保存于广西南亚热带农业科学研究所澳洲坚果种质资源圃,每份种质保存3~5株,常规管理。

表1 供试澳洲坚果种质资源基本情况

Table 1 Basic situation of tested macadamia germplasm resources

序号 No.	名称/编号 Name/Code	来源 Origin	序号 No.	名称/编号 Name/Code	来源 Origin	序号 No.	名称/编号 Name/Code	来源 Origin	序号 No.	名称/编号 Name/Code	来源 Origin
M001	桂热1号	中国广西	M026	800	美国	M051	A16	澳大利亚	M076	951	美国
M002	P2	中国广西	M027	南亚1号	中国广东	M052	344	美国	M077	906	美国
M003	壮圆2	中国广西	M028	D	澳大利亚	M053	P6	中国广西	M078	百刺	南非
M004	B7	中国广东	M029	B1	中国广东	M054	P7	中国广西	M079	广西1号	中国广西
M005	B4	中国广东	M030	B2	中国广东	M055	A4	澳大利亚	M080	508	美国
M006	P15	中国广西	M031	B6	中国广东	M056	C3	中国广东	M081	壮圆1号	中国云南
M007	P9	中国广西	M032	B5	中国广东	M057	选育6号	中国广西	M082	南亚116号	中国广东
M008	B3	中国广东	M033	B8	中国广东	M058	选育5号	中国广西	M083	826号	中国广东
M009	P12-2	中国广西	M034	842	美国	M059	选育4号	中国广西	M084	特1	中国云南
M010	南亚2号	中国广东	M035	A38	澳大利亚	M060	选育1号	中国广西	M085	盈8	中国云南
M011	南亚3号	中国广东	M036	849	美国	M061	选育8号	中国广西	M086	A203	澳大利亚
M012	实生13	中国广西	M037	788	美国	M062	选育2号	中国广西	M087	780	美国
M013	中良1号	中国广西	M038	900	美国	M063	选育7号	中国广西	M088	特2	中国云南
M014	JW	中国广西	M039	OV	澳大利亚	M064	选育3号	中国广西	M089	854	美国
M015	791	美国	M040	660	美国	M065	Yoink	中国广东	M090	特4	中国云南
M016	FS0	中国广西	M041	246	美国	M066	P2-1	中国广西	M091	盈357	中国云南
M017	FS1	中国广西	M042	814	美国	M067	贵3	中国贵州	M092	南亚12	中国广东
M018	FS4	中国广西	M043	294	美国	M068	贵1	中国贵州	M093	龙边1号	中国广西
M019	FS5	中国广西	M044	203	美国	M069	SS14	中国广西	M094	大叶桂1	中国广西
M020	FS6	中国广西	M045	783	美国	M070	花纹	中国广西	M095	TG1	中国广西
M021	FS3	中国广西	M046	NG18	中国广东	M071	临沧47号	中国云南	M096	正成1	中国云南
M022	FS7	中国广西	M047	DAD	中国广东	M072	临沧1号	中国云南	M097	正成2	中国云南
M023	695	美国	M048	B3/74	中国广东	M073	南都	中国云南	M098	Nelmak2	南非
M024	741	美国	M049	OC	澳大利亚	M074	special	中国广东	M099	翠羽	中国广西
M025	H2	澳大利亚	M050	816	美国	M075	948	美国	M100	红凤凰	中国广西

## 1.2 试验方法

种质资源圃位于广西龙州县彬桥乡,属于广西西南部,在 $22^{\circ}8' \sim 22^{\circ}44'N$ 、 $106^{\circ}33' \sim 107^{\circ}12'E$ 之间,海拔130 m,年平均气温 $22.3 \sim 23^{\circ}C$ ,无霜期达350 d以上,年均降水量1304.1 mm,集中在6-9月份,年平均空气相对湿度 $81\% \sim 87\%$ 。西北高,中南低,以喀斯特地形石山为主,很多独立的小山峰陡而散碎,属二迭纪岩层风化而成的石灰土,典型的亚热带季风气候区。

本研究调查的果实性状包括果实纵径、果实横径、壳果纵径、壳果横径、果皮厚度、果壳厚度、果仁纵径、果仁横径、单果重、果仁重、出种率和出仁率12个产量性状,试验选取稳定性较好的2021年和2022年的数据平均值。

在果实成熟期(成熟度判断:果皮内表面由白色变成褐色,果仁由粉感变成油感)进行性状调查,每份材料选取30~50个具有代表性的果实进行测定。用电子天平测定单果重与果仁重,取平均值,

精确到 0.01 g。用游标卡尺测量单果纵横径、壳果纵横径、果仁纵横径,出种率=(壳果重/单果重)×100%;出仁率=(每果果仁重/壳果干重)×100%,遗传变异系数  $CV(\%) = \text{标准差} / \text{性状平均值} \times 100\%$ 。

壳果重:单果去皮后即即为壳果,其重量即壳果重。

果仁重:在 45 °C 下干燥 48 h、55 °C 下干燥 72 h,当壳果里的果仁含水量为质量的 1%~2% 时,把干燥的壳果冷却降温称重,去壳后,称果仁重。

果皮厚度与果壳厚度:用切割机把果实切成两半,再用游标卡尺对 4 个位置的厚度(底部、顶部、中上部和 中下部),取平均值。

### 1.3 数据处理方法

运用 WPS Office 2020 软件对数据进行分析和处理,运用 SPSS25.0 软件进行 Pearson 相关性分析及主成分分析,聚类分析利用 R 语言进行。

根据公式(1)计算各主成分的权重系数  $P$ ,

$$P = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad i=1,2,3,4,\dots,n \quad (1)$$

式中, $C_i$  为第  $i$  个主成分的贡献率。

根据公式(2)计算各澳洲坚果种质的综合得分  $Y$ ,

$$Y = \sum_{i=1}^n P_i Z_i \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (2)$$

式中, $P_i$  为第  $i$  个主成分的权重系数<sup>[7]</sup>, $Z_i$  为该澳洲坚果种质的第  $i$  个主成分得分。

## 2 结果与分析

### 2.1 澳洲坚果种质果实主要数量性状变异分析

对 100 份澳洲坚果果实 12 个数量性状进行变异分析,结果如表 2 所示。变异系数为 9.66%~23.62%,可见变异丰富,其中单果重变异系数最大,为 23.62%,其次是果仁重、果皮厚度、果仁纵径与果壳厚度,变异系数分别为 21.20%、17.80%、17.72% 与 16.65%,表明澳洲坚果种质在单果重、果仁重、果皮厚度与果壳厚度等方面具有较高的改良潜力,有利于选育特异种质。果实横径变异系数最小,为 9.66%,其次是出种率,变异系数为 9.70%,在果实 12 个数量性状中变异系数低于 10%,表明果实横径与出种率的性状表现较稳定,改良潜力较小。衡量澳洲坚果种质是否优异主要为单果重、果仁重、出种率与出仁率这 4 个指标<sup>[14]</sup>,在本研究中平均值分别为 22.90 g、2.53 g、31.18% 与 25.53%,最大值分别为 33.12 g、3.76 g、59.66% 与 43.67%,最小值分别为 10.22 g、1.23 g、28.48% 与 18.14%。

表 2 澳洲坚果种质果实数量性状变异分析

Table 2 Analysis on variation degree of fruit quantitative traits of macadamia germplasms

性状 Traits	最小值 Minimum	最大值 Maximum	极差 Range	均值 Mean	标准差 SD	变异系数(%) CV
果实纵径(mm)FLD	26.64	55.02	37.11	28.38	5.50	14.81
果实横径(mm)FTD	24.00	38.52	30.97	14.52	2.99	9.66
壳果纵径(mm)SLD	13.82	32.92	24.80	19.10	3.20	12.92
壳果横径(mm)STD	14.64	39.11	24.67	24.47	3.31	13.40
果皮厚度(mm)PT	2.24	5.10	3.52	2.86	0.63	17.80
果壳厚度(mm)ST	1.95	4.91	2.74	2.96	0.46	16.65
果仁纵径(mm)KLD	5.91	28.68	15.37	22.77	2.72	17.72
果仁横径(mm)KTD	6.91	29.05	18.82	22.14	2.61	13.87
单果重(g)SFW	10.22	33.12	19.52	22.90	4.61	23.62
果仁重(g)SKW	1.23	3.76	2.46	2.53	0.52	21.20
出种率(%)SP	28.48	59.66	48.65	31.18	4.72	9.70
出仁率(%)KP	18.14	43.67	31.68	25.53	4.51	14.25

FLD: Fruit longitudinal diamete; FTD: Fruit transverse diamete; SLD: Seed longitudinal diamete; STD: Seed transverse diameter; PT: Pericarp thickness; ST: Seed thickness; KLD: Kernel longitudinal diameter; KTD: Kernel transverse diameter; SFW: Single fruit weight; SKW: Single kernel weight; SP: Seed percentage; KP: Kernel percentage; The same as below



## 2.2 澳洲坚果种质果实数量性状相关性分析

澳洲坚果果实数量性状之间存在明显的相互作用关系(表3),单果重与果实纵径( $r=0.574$ )、果实横径(0.704)、壳果纵径(0.660)、壳果横径(0.453)、果皮厚度(0.421)、果壳厚度(0.295)、果仁纵径(0.390)、果仁横径(0.345)、果仁重(0.446)呈极显著正相关,与出仁率(0.030)呈正相关,与出种率(-0.078)呈负相关,说明单果重是评价果实外观品质的重要指标。果仁重与果实横径(0.339)、壳果纵径(0.332)、壳果横径(0.365)、果仁纵径(0.410)、果

仁横径(0.431)呈极显著正相关,总体看来,单果重、果仁重与果型相关性较大,说明这两种性状是高质量澳洲坚果种质选育的重要数量性状。出种率与壳果横径(0.323)呈极显著正相关,与果皮厚度(-0.443)呈极显著负相关;出仁率与果仁重(0.389)呈极显著正相关,与果壳厚度(-0.528)呈极显著负相关。由此可以推断,优良单株选育时,应充分考虑性状间的相互制约,除了考虑单果重与果仁重外观表型,还需考虑降低果皮厚度与果壳厚度这两个性状指标。

表3 澳洲坚果种质果实数量性状相关性分析

Table3 Correlation analysis of fruit quantitative traits in macadamia germplasms

性状 Traits	果实纵径 FLD	果实横径 FTD	壳果纵径 SLD	壳果横径 STD	果皮厚度 PD	果壳厚度 ST	果仁纵径 KLD	果仁横径 KTD	单果重 SFW	果仁重 SKW	出种率 SP	出仁率 KP
果实纵径 FLD	1											
果实横径 FTD	0.798**	1										
壳果纵径 SLD	0.647**	0.772**	1									
壳果横径 STD	0.395**	0.640**	0.750**	1								
果皮厚度 PD	0.584**	0.533**	0.267**	0.131	1							
果壳厚度 ST	0.382**	0.368**	0.278**	0.185	0.243*	1						
果仁纵径 KLD	0.080	0.152	0.103	0.107	0.022	-0.115	1					
果仁横径 KTD	0.051	0.150	0.068	0.082	-0.074	-0.189	0.869**	1				
单果重 SFW	0.574**	0.704**	0.660**	0.453**	0.421**	0.295**	0.390**	0.345**	1			
果仁重 SKW	0.153	0.339**	0.332**	0.365**	-0.070	-0.006	0.410**	0.431**	0.446**	1		
出种率 SP	-0.066	0.031	0.197*	0.323**	-0.443**	-0.051	0.049	0.173	-0.078	0.221*	1	
出仁率 KP	-0.039	0.050	0.040	0.106	0.010	-0.528**	0.064	0.073	0.030	0.389**	0.095	1

\*,\*\*分别表示 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 时的显著性;下同

\*,\*\* represent significance differences at  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$  level, respectively; the same as below

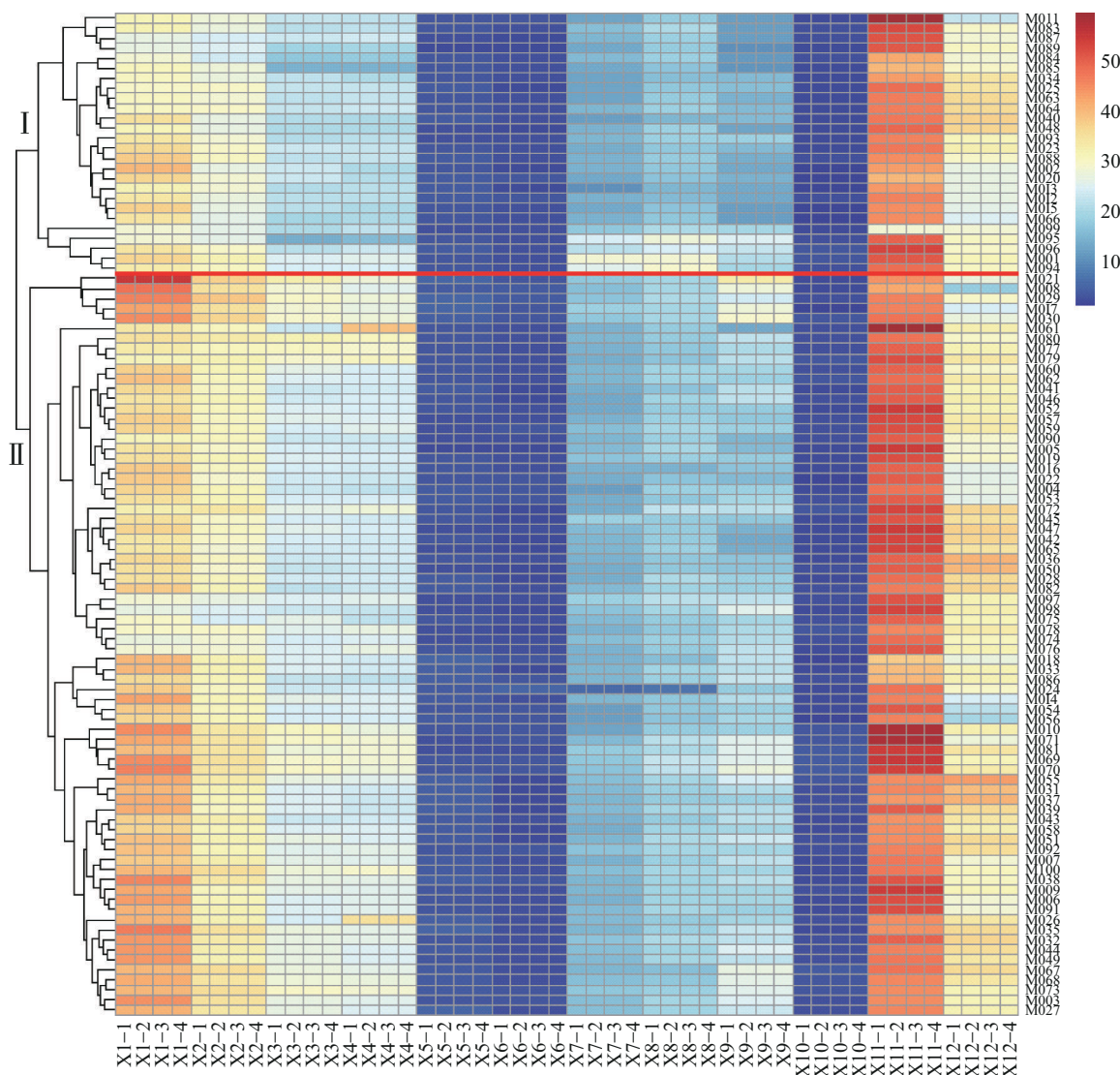
## 2.3 澳洲坚果种质果实数量性状聚类分析

对100份澳洲坚果种质的12个果实数量性状进行聚类分析,分为2个大类群(图1),并进行统计分析(表4)。I类群包括26份澳洲坚果种质,该类群果实偏小,单果重小、果仁重小,出种率相对低,符合市场育苗的需求,即相同的重量得到更多的颗粒数。II类群包括74份澳洲坚果种质,该类群属于果实偏大,单果重与果仁重大,属于果实外观品质较好的种质类型,符合良种选育及市场需求。

## 2.4 澳洲坚果种质果实数量性状主成分分析及综合评价

对100份澳洲坚果种质资源的12个果实数量性状进行主成分分析(表5、图2)。图2较直观反应了各种质在前两个主成分中的分布情况,提取特征

值大于1的主成分,前4个主成分特征值的累计贡献率达79.902%,包含了12个果实数量性状的大部分信息(表5)。第1主成分的特征值为4.280,相应的贡献率为35.667%,果实横径(0.920)、壳果纵径(0.851)、单果重(0.844)与果实纵径(0.792)的特征向量较高,说明第1个主成分与外观果实性状有关,主要反映了果实外观因子。第2主成分特征值为2.421,贡献率为20.177%,果仁横径(0.750)、果仁纵径(0.679)与果仁重(0.584)的特征向量较高,说明第2个主成分与果仁性状有关,主要反映了果仁因子。第3主成分特征值为1.563,贡献率为13.026%,出种率(0.690)的特征向量最大,说明第3主成分主要反映了出种率因子。第4主成分特征值为1.324,贡献率为11.032%,出仁率(0.794)的特征向量最大,说明第4主成分主要反映了出仁率因子。



X1:果实纵径; X2:果实横径; X3:壳果纵径; X4:壳果横径; X5:果皮厚度; X6:果壳厚度; X7:果仁纵径; X8:果仁横径; X9:单果重; X10:果仁重; X11:出种率; X12:出仁率; -1, -2是2021年的两个测量值; -3, -4是2022年的两个测量值; 两年4个值作为一个处理, 下同  
X1:FLD; X2:FTD; X3:SLD; X4:STD; X5:PT; X6:ST; X7:KLD; X8:KTD; X9:SFW; X10:SKW; X11:SP; X12:KP; -1, -2 are two measurements in 2021; -3, -4 are two measurements in 2022; The four values are treated as one; The same as below

图1 100份澳洲坚果种质聚类分析图

Fig. 1 Cluster analysis of 100 macadamia germplasms

表4 聚类分析的两大类群12个性状的平均值

Table 4 The average of 12 traits of two species groups in cluster analysis

类群 Group	果实纵径 (mm) FLD	果实横径 (mm) FTD	壳果纵径 (mm) SLD	壳果横径 (mm) STD	果皮厚度 (mm) PT	果壳厚度 (mm) ST	果仁纵径 (mm) KLD	果仁横径 (mm) KTD	单果重 (g) SFW	果仁重 (g) SKW	出种率 (%) SP	出仁率 (%) KP
I	32.77	27.97	21.26	21.40	3.32	2.63	15.68	19.17	15.20	2.27	46.82	30.40
II	38.64	32.02	26.04	25.82	3.59	2.78	15.28	18.70	21.04	2.52	49.28	32.13

在主成分分析的基础上,结合各主成分得分权重和得分系数,最后计算各品种综合得分与综合评价。得分越高,说明该种质的综合性状越好。由表6可知,在100份种质中,综合得分排名前10的范围在0.586~0.983,种质依次是花纹、SS14、壮圆1号、

临沧47号、桂热1号、南亚2号、A4、B2、临沧1号、贵3号,属于聚类中的第II类群,其中桂热1号、南亚2号、A4为选育品种,是广西、广东和云南的主栽品种。综合得分排名后10位范围在-1.101~-0.639,种质分别为854、P2、翠羽、741、FS6、791、特1、P2-1、中

良1号、盈8,属于聚类中的第I类群,其中854、741、791是国外引进品种,其他为地方特色种质。再根据各主成分的单项得分可知,第1主成分排名前5的种质及得分是:FS3(2.388)>B1(1.892)>B2(1.867)>花纹(1.761)>SS14(1.605),反应了这5个种质的外观果实性状较好,尤其是单果重突出;第2主成分排名前5的种质及得分是:桂热1号(4.094)>TG1(4.092)>大叶桂1(3.714)>正成1号(2.419)>正

成2号(1.311),反应了这5个种质的果仁性状较好,尤其是种质桂热1号与TG1的果仁重突出;第3主成分排名前5的种质及得分是:选育8号(2.501)>临沧47号(2.002)>南亚2号(1.774)>南亚3号(1.734)>780(1.662),反应了这5个种质的出种率较高;第4主成分排名前5的种质及得分是:A4(2.723)>788(2.245)>816(1.968)>B6(1.721)>OV(1.512),反应了这5个种质的出仁率较高。

表5 澳洲坚果种质资源性状的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of major agronomic traits in macadamia

性状 Traits	主成分 Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
果实纵径FLD	0.792	-0.328	-0.085	0.090
果实横径FTD	0.920	-0.166	0.047	0.085
壳果纵径SLD	0.851	-0.078	0.323	0.001
壳果横径STD	0.711	0.070	0.487	-0.018
果皮厚度PT	0.499	-0.465	-0.453	0.365
果壳厚度ST	0.378	-0.549	-0.005	-0.545
果仁纵径KLD	0.348	0.679	-0.509	-0.246
果仁横径KTD	0.309	0.750	-0.424	-0.269
单果重SFW	0.844	0.059	-0.212	-0.013
果仁重SKW	0.497	0.584	0.105	0.086
出种率SP(%)	0.077	0.415	0.690	-0.325
出仁率KP(%)	0.061	0.465	0.187	0.794
特征值Eigenvalues	4.280	2.421	1.563	1.324
贡献率(%)Contributions rate	35.667	20.177	13.026	11.032
累计贡献率(%)Accumulative contributions rate	35.667	55.844	68.871	79.902

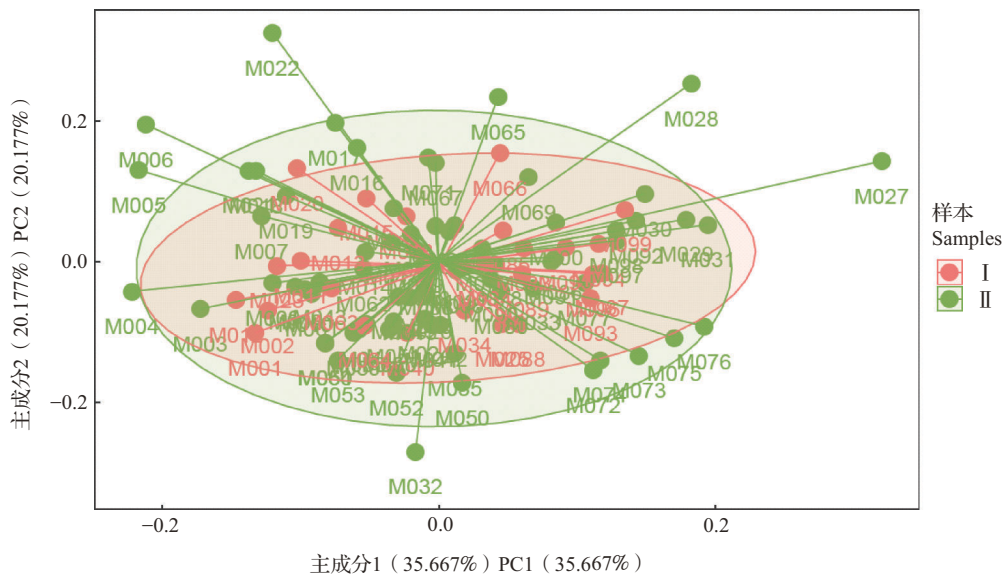


图2 澳洲坚果100份种质资源果实性状二维主坐标分布  
 Contribution rate of main components in parentheses

Fig. 2 Principal coordinate two-dimensional plot of 100 macadamia



表6 100份澳洲坚果种质果实综合得分

Table 6 Fruit comprehensive scores of 100 macadamia germplasm

编号 Code	综合 得分 Score	排名 Ranking	主成分得分 Principal component score				编号 Code	综合 得分 Score	排名 Ranking	主成分得分 Principal component score			
			PC1	PC2	PC3	PC4				PC1	PC2	PC3	PC4
M070	0.983	1	1.761	1.117	1.093	-0.124	M050	-0.011	51	-0.504	-0.516	0.429	1.968
M069	0.947	2	1.605	1.229	1.074	-0.120	M036	-0.016	52	-0.139	-0.652	0.004	1.489
M081	0.923	3	1.220	1.044	1.420	0.834	M058	-0.021	53	0.027	-0.182	-0.476	0.617
M071	0.817	4	1.494	0.762	2.002	-1.183	M028	-0.032	54	-0.218	-0.080	-0.561	1.221
M001	0.731	5	-0.217	4.094	0.155	-0.343	M082	-0.035	55	-0.145	0.030	-0.699	0.922
M010	0.609	6	1.556	-0.827	1.774	-0.096	M005	-0.039	56	-0.628	0.083	1.626	-0.393
M055	0.605	7	1.026	0.406	-1.097	2.723	M052	-0.039	57	-0.003	-0.704	0.863	-0.074
M030	0.601	8	1.867	0.758	-0.781	-1.050	M074	-0.048	58	-0.605	0.326	0.707	0.088
M072	0.592	9	0.630	0.305	1.233	1.317	M098	-0.079	59	-1.060	0.741	0.898	0.290
M067	0.586	10	1.452	-0.102	-0.299	1.157	M042	-0.083	60	-0.461	-0.616	0.633	1.116
M021	0.549	11	2.388	0.415	-1.888	-1.272	M019	-0.090	61	-0.180	-0.037	0.402	-0.641
M073	0.543	12	1.495	0.413	-0.328	-0.275	M043	-0.091	62	0.061	-0.234	-1.076	0.673
M068	0.537	13	1.347	0.192	-0.345	0.567	M090	-0.136	63	-0.646	-0.058	0.830	-0.014
M029	0.500	14	1.892	0.349	-1.074	-0.954	M053	-0.136	64	0.061	-0.377	0.333	-1.132
M061	0.496	15	0.830	-0.896	2.501	0.502	M033	-0.145	65	0.095	0.000	-1.922	0.653
M080	0.483	16	1.206	-0.295	1.029	-0.200	M041	-0.149	66	-0.145	-0.543	-0.252	0.406
M032	0.465	17	0.862	0.422	-0.046	0.706	M075	-0.155	67	-0.781	0.140	0.707	0.032
M079	0.457	18	0.975	-0.710	1.397	0.638	M014	-0.176	68	0.271	-0.309	-0.564	-1.241
M094	0.446	19	-0.710	3.714	0.173	-0.658	M064	-0.182	69	-0.652	-0.162	-0.040	0.801
M003	0.385	20	0.996	0.487	-0.394	-0.158	M065	-0.186	70	-0.747	-0.459	0.905	0.500
M026	0.373	21	1.193	-0.397	-0.281	0.578	M086	-0.204	71	-0.054	0.309	-1.866	-0.035
M044	0.337	22	0.882	0.258	-0.729	0.595	M095	-0.208	72	-2.416	4.092	-0.589	-0.865
M100	0.317	23	1.007	0.012	-0.175	-0.199	M087	-0.247	73	-1.376	0.060	1.662	0.139
M096	0.300	24	-0.549	2.419	0.121	-0.071	M083	-0.254	74	-1.171	0.423	0.628	-0.035
M077	0.288	25	0.716	-0.603	1.140	0.050	M054	-0.268	75	0.097	-0.732	0.618	-2.137
M049	0.284	26	0.609	0.305	-0.279	0.378	M088	-0.289	76	-0.472	-0.249	-0.517	-0.028
M09	0.273	27	0.396	-0.060	0.976	0.150	M025	-0.314	77	-0.572	-0.851	-0.313	0.928
M051	0.259	28	0.472	0.262	-0.810	1.297	M023	-0.338	78	-0.548	-0.643	-0.251	0.178
M035	0.254	29	1.340	-0.347	-1.853	0.796	M063	-0.343	79	-0.812	-0.740	0.155	0.684
M038	0.241	30	1.150	-0.183	-0.210	-0.948	M016	-0.345	80	-0.229	-1.006	0.295	-0.896
M059	0.223	31	0.142	0.349	1.075	-0.342	M093	-0.368	81	-0.947	0.048	-0.012	-0.350
M097	0.203	32	-0.614	1.311	1.321	-0.136	M004	-0.388	82	-0.224	-0.593	-0.359	-1.284
M027	0.200	33	0.756	0.267	-1.374	0.502	M022	-0.417	83	-0.438	-0.851	0.404	-1.286
M092	0.186	34	0.360	0.290	-0.115	0.124	M011	-0.454	84	-0.951	-0.678	1.734	-1.853
M060	0.171	35	0.152	0.242	0.697	-0.211	M018	-0.465	85	0.233	-0.587	-2.435	-1.014
M062	0.167	36	0.120	0.158	0.238	0.552	M048	-0.481	86	-1.512	-0.412	0.168	1.083
M017	0.165	37	1.088	0.645	-1.436	-1.507	M056	-0.505	87	-0.061	-0.832	-0.332	-2.471
M039	0.161	38	0.181	0.165	-0.797	1.512	M012	-0.522	88	-0.891	-0.467	-0.255	-0.695
M031	0.151	39	0.417	-0.076	-1.322	1.721	M040	-0.595	89	-0.921	-1.400	-0.801	1.097
M057	0.134	40	0.014	-0.214	1.095	0.269	M034	-0.637	90	-1.208	-0.891	-0.727	0.621
M047	0.133	41	-0.122	-0.460	1.247	0.970	M089	-0.639	91	-2.042	-0.381	1.224	0.065
M006	0.107	42	0.267	-0.131	0.680	-0.457	M002	-0.674	92	-1.131	-0.501	-0.904	-0.470
M078	0.094	43	-0.155	-0.146	0.640	0.870	M099	-0.695	93	-1.867	1.098	-1.682	-0.287
M091	0.072	44	0.137	0.049	0.693	-0.701	M024	-0.739	94	0.711	-3.837	0.019	-2.007
M046	0.069	45	-0.038	-0.168	0.313	0.684	M020	-0.800	95	-0.873	-0.841	-1.469	-1.156
M037	0.063	46	0.278	-0.377	-1.595	2.245	M015	-0.815	96	-1.316	-0.791	-0.504	-1.095
M007	0.047	47	0.383	-0.166	-0.297	-0.161	M084	-0.833	97	-2.165	0.398	-0.785	-0.355
M076	0.041	48	-0.174	-0.201	1.035	0.077	M066	-0.869	98	-1.639	-0.494	-0.558	-1.019
M045	0.015	49	-0.456	0.267	0.415	0.628	M013	-0.926	99	-1.255	-1.637	-0.790	-0.409
M008	0.005	50	1.152	0.548	-1.120	-3.363	M085	-1.101	100	-2.333	-0.297	-1.395	-0.243



### 3 讨论

#### 3.1 澳洲坚果种质果实数量性状变异及相关性分析

结合前期相关研究,将本研究的结果与之对比,在增加种质数量的情况下,种质表现出了更好的变异性,单果重与果仁重的变异系数超过20%,只有2个性状变异系数低于10%,体现出样本量大、性状丰富、代表性更强;而原45份种质中<sup>[15]</sup>,果仁的变异系数最大,仅为17.83%,有6个性状变异系数低于10%。澳洲坚果果实数量性状具有丰富的变异性,尤其是单果重的变异系数(23.62%),在性状中变异度最强,这与杜丽清等<sup>[16]</sup>的单果重(20.70%)、杨为海等<sup>[17]</sup>的单果重(20.39%)、万继锋等<sup>[18]</sup>的单果重(18.98%)研究相似。根据这一性状的变异性,能更有针对性的选育产量高的特异种质。

相关性分析显示,单果重与果实纵径、果实横径、壳果纵径、壳果横径、果皮厚度、果壳厚度、果仁纵径、果仁横径、果仁重这9个性状呈极显著正相关,说明这些性状很大程度上影响澳洲坚果种质的单果重。单果重与果仁重这两个性状是评判产量性状的重要指标,增大单果重与果仁重的同时,也增加大果的概率,是选育大果的标准<sup>[18]</sup>。优异资源的选育除了单果重与果仁重外,还需考虑出种率与出仁率,本研究中出种率与壳果横径呈极显著正相关,与果皮厚度呈极显著负相关,说明了壳果横径的增大有利于提高出种率,而果皮太厚则降低出种率;出仁率与果仁重呈极显著正相关,与果壳厚度呈极显著负相关,说明了果仁重与出仁率的相互促进关系,而壳果太厚降低果实的出仁率,这与杨为海等<sup>[17]</sup>、万继锋等<sup>[19]</sup>的研究结果一致。在筛选澳洲坚果优良种质资源过程中,不仅要关注单果重与果仁重的大小,也要关注出种率与出仁率等性状,同时结合果皮厚度与果壳厚度,在综合评价的基础上选育出种率与出仁率均高、果大皮薄的优异新种质。

#### 3.2 澳洲坚果种质果实数量性状综合评价

聚类分析是把分析的数据中具有相近相类似的元素归类<sup>[20]</sup>。本研究选取的种质来源于美国、澳大利亚、中国的云南与广西、广东等主要种植区,范围较广,将100份澳洲坚果种质分成2个类群,I类群果实外观品质较差:果小、出种率与出仁率相对低;II类群果实外观品质较好:果大、出种率与出仁率较

高,符合市场需求。这与杨为海等<sup>[17]</sup>基于16个果实性状、万继锋等<sup>[19]</sup>基于32个果实性状的分类结果相类似。聚类的结果未体现出各个种质性状特征,从图1可知,各种质间相互作用、多数性状表现两两相关,后期将结合分子手段,挖掘种质性状基因,为高效选育种质提高可靠数据。

主成分分析可利用降维将较多的变量综合为少数几个公共因子,直观表达种质主要性状<sup>[21]</sup>。本研究将12个果实数量性状进行主成分分析,前4个主成分累计贡献率高达79.902%,包含了性状的大部分信息。第1主成分与外观果实性状大小有关,第2主成分与果仁性状有关,第3主成分与果实出种率有关,第4主成分与果实出仁率有关。通过对比宫丽丹等<sup>[11]</sup>、万继锋等<sup>[19]</sup>研究结果,本研究所涉及的种质数更多,代表性更强。

关于梨<sup>[22]</sup>、李<sup>[23]</sup>、杧果<sup>[24]</sup>等果树种质的综合评价已有大量报道,但澳洲坚果种质果实数量性状的综合评价鲜有报道。本研究在主成分分析的基础上,对100份种质进行综合得分排名,筛选出排名靠前的10份种质:花纹、SS14、壮圆1号、临沧47号、桂热1号、南亚2号、A4、B2、临沧1号、贵3号,此类种质综合性状优异;同样筛选出排名靠后的10份种质:854、P2、翠羽、741、FS6、791、特1、P2-1、中良1号、盈8,此类种质综合性状较差。将单项主成分得分与综合评价对比,第1主成分得分较高的前5名:FS3、B1、B2、花纹、SS14,反应了这5个种质果大、果实外观品质较好;第2主成分得分较高的前5名:桂热1号、TG1、大叶桂1、正成1号、正成2号,反应了这5个种质果仁性状较好;第3主成分得分较高的前5名:选育8号、临沧47号、南亚2号、南亚3号、780,反应了这5个种质的出种率较高;第4主成分得分较高的前5名:A4、788、816、B6、OV,反应了这5个种质的出仁率较高。单项主成分高的种质影响着综合排名,如综合排名第1、2的花纹与SS14种质,在第1主成分排名第4、5,反应了果实大小,单果最大是FS3;选育品种桂热1号综合评价排名第5,但在单项第2主成分中得分最高,反应了果仁最大;选育种质临沧47号与选育品种南亚2号在综合评价排名第4、6,在单项第3主成分中得分排第2、3,反应了出种率较高,最高是选育8号;选育品种A4在综合评价排名第7,但在单项第4主成分中得分最高,说明了出仁率最高。但有些优异种质在综合评价或单项评价当中并不体现出来,需要结合行业标准与新植物品种保护权等方法评价。本研究

对澳洲坚果种质果实性状的综合得分与单项得分比较数据,可以为杂交育种筛选提供参考。

## 4 结论

澳洲坚果种质果实数量性状中单果重、果仁重、果皮厚度与果壳厚度高度变异,四者具有较高的改良潜力;果实横径与出种率具有较强的稳定性。相关分析表明单果重与果仁重呈极显著正相关,是选育大果的标准。聚类分成2大类,I类:果小、出种率与出仁率相对低;II类:果大、出种率与出仁率较高。通过综合评价筛选出综合性状优异种质:花纹、SS14、壮圆1号、临沧47号、桂热1号、南亚2号、A4、B2、临沧1号、贵3号;并筛选出单果重最大的FS3、果仁最重的桂热1号、出种率最高的选育8号、出仁率最高的A4,这些为后期选育或杂交提供了理论数据。

## 参考文献

- [1] 谭秋锦,王文林,何锐扬,覃振师,郑树芳,陈海生,许鹏. 土壤养分对澳洲坚果果实品质的影响. 经济林研究, 2017, 35(3): 219-223  
Tan Q J, Wang W L, He X Y, Qin Z S, Zheng S F, Chen H S, Xu P. Effects of soil nutrients on nut qualities in *Macadamia integrifolia*. Economic Forest Researches, 2017, 35 (3) : 219-223
- [2] 王文林,张涛,汤秀华,许鹏,韦媛荣,韦哲君,陆宇明. 中国澳洲坚果产业概况与发展模式探索. 农业研究与应用, 2022, 35(4): 44-50  
Wang W L, Zhang T, Tang X H, Xu P, Wei Y R, Wei Z J, Lu Y M. Overview and development model exploration of China's macadamia industry. Agricultural Research and Application, 2022, 35(4): 44-50
- [3] Pieruschka R, Schurr U. Plant phenotyping: Past, present, and future. Plant Phenomics, 2019, 1(3): 1-6
- [4] Cortinovis G, Vittori V D, Bellucci E, Bitocchi E, Papa R. Adaptation to novel environments during crop diversification. Current Opinion in Plant Biology, 2020, 56: 203-217
- [5] 王晓鸣,邱丽娟,景蕊莲,任贵兴,李英慧,李春辉,秦培友,谷勇哲,李龙. 作物种质资源表型性状鉴定评价: 现状与趋势. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1):12-20  
Wang X M, Qiu L J, Jing R L, Ren G X, Li Y H, Li C H, Qin P Y, Gu Y Z, Li L. Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm: Status and development. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1):12-20
- [6] 白雪花,王延周,魏忆萍,马永红,饶晶,高馨悦,扶雅芬,王满生,刘头明,朱四元. 298份苧麻种质资源纤维产量性状综合评价. 植物遗传资源学报, 2022, 23(1):106-122  
Bai X H, Wang Y Z, Wei Y P, Ma Y H, Rao J, Gao X Y, Fu Y F, Wang M S, Liu T M, Zhu S Y. Comprehensive evaluation of fiber yield traits of 298 *Ramie* germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1) : 106-122
- [7] 杨露,高超,廖德胜,龙莉,仇杰,王彪,郭之燕,周运超. 贵州低热河谷区油茶种质果实性状分析与评价. 植物遗传资源学报, 2022, 23(2):430-441  
Yang L, Gao C, Liao D S, Long L, Qiu J, Wang B, Guo Z Y, Zhou Y C. Analysis and evaluation on fruit characters of *camellia oleifera* in low thermal valley area of Guizhou. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(2):430-441
- [8] 赵盟,王春超,张仁旭,窦婷语,裴红红,郭爱奎,李姗姗,吴斌,刘敏轩,高佳,张京,邢国芳,王化俊,孟亚雄,郭刚刚. 中国大麦育成品种产量相关性状鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2022, 23(5):1371-1382  
Zhao M, Wang C C, Zhang R X, Dou T Y, Pei H H, Guo A K, Li S S, Wu B, Liu M X, Gao J, Zhang J, Xing G F, Wang H J, Meng Y X, Guo G G. Evaluation of the yield-related traits of Chinese barley cultivars. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(5):1371-1382
- [9] Mao D H, Yu L, Chen D Z, Li L Y, Zhu Y X, Xiao Y Q, Zhang D C, Chen C Y. Multiple cold resistance loci confer the high cold tolerance adaptation of Dongxiang wild rice (*Oryza rufipogon*) to its high-latitude habitat. Theoretical Applied Genetics, 2015, 128(7): 1359-1371
- [10] 张汉周,王维,杨为海,曾辉,邹明宏,陆超忠,万继锋. 21份澳洲坚果种质开花结果物候期的变异分析. 热带作物学报, 2015, 36(11): 2039-2043  
Zhang H Z, Wang W, Yang W H, Zeng H, Zou M H, Lu C Z, Wan J F. Variation analysis of blooming and fruiting phenophase of *Macadamia spp.* germplasm resources. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(11): 2039-2043
- [11] 宫丽丹,倪书邦,马静,贺熙勇. 不同来源澳洲坚果种质品质性状多样性分析. 中国南方果树, 2019, 48(1): 32-35  
Gong L D, Ning S B, Ma J, He X Y. Analysis of quality traits diversity of *macadamia* nuts from different sources. South China Fruits, 2019, 48(1): 32-35
- [12] 谭秋锦,韦媛荣,黄锡云,张涛,许鹏,宋海云,王文林,郑树芳. 10份澳洲坚果种质果实性状与营养成分分析. 果树学报, 2021, 38(5): 672-680  
Tan Q J, Wei Y R, Huang X Y, Zhang T, Xu P, Song H Y, Wang W L, Zheng S F. Analysis of fruit characteristics and nutrients of 10 accessions of *Macadamia integrifolia*. Journal of Fruit Science, 2021, 38(5): 672-680
- [13] 谭秋锦,许鹏,宋海云,黄锡云,汤秀华. 澳洲坚果主要农艺性状相关分析及产量因素的通径分析. 中国农学通报, 2016, 32(22):84-88  
Tan Q J, Xu P, Song H Y, Huang X Y, Tang X H. Correlation analysis of main agronomic traits and path analysis of yield factor in *Macadamia integrifolia*. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(22):84-88
- [14] 倪书邦,贺熙勇,刘建玲,陶丽,杜丽清,曾辉,徐斌,陶亮. NY/T 2667.7-2016热带作物品种审定规范 第7部分: 澳

- 洲坚果. (2016-11-01)[2023-04-27]. <https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=AEF005A224615A54E05397BE0A0A79F3>
- Ning S B, He X Y, Liu J L, Tao L, Du L Q, Zeng H, Xu B, Tao L. NY/T 2667.7-2016 Specification for the approval of tropical crop varieties-Part7: Macadamia. (2016-11-01)[2023-04-27]. <https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=AEF005A224615A54E05397BE0A0A79F3>
- [15] 谭秋锦, 王文林, 韦媛荣, 郑树芳, 黄锡云, 何毓扬, 陈海生. 澳洲坚果种质果实产量相关性状的多样性分析. 果树学报, 2019, 36(12): 1630-1637
- Tan Q J, Wang W L, Wei Y R, Zheng S F, Huang X Y, He X Y, Chen H S. Diversity analysis of fruit traits related to yield in *Macadamia* germplasms. Journal of Fruit Science, 2019, 36(12): 1630-1637
- [16] 杜丽清, 曾辉, 邹明宏, 陆超忠, 罗炼芳. 澳洲坚果种质资源果实性状的评价指标. 热带作物学报, 2006, 27(4): 14-18
- Du L Q, Zeng H, Zou M H, Lu C Z, Luo L F. Evaluation criteria for some fruit quantitative characters of macadamia (*Macadamia integrifolia*) germplasm. Chinese Journal of Tropical Crops, 2006, 27(4): 14-18
- [17] 杨为海, 王维, 曾辉, 邹明宏, 罗炼芳, 张汉周, 陆超忠. 澳洲坚果不同种质果实数量性状的研究. 热带作物学报, 2011, 32(8): 1434-1438
- Yang W H, Wang W, Zeng H, Zou M H, Luo L F, Zhang H Z, Lu C Z. Fruit quantitative characters of various macadamia germplasms. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(8): 1434-1438
- [18] 万继锋, 曾辉, 邹明宏, 陈菁, 宋喜梅, 杨倩, 罗炼芳, 陆超忠. 澳洲坚果种质资源果实表型多样性分析. 中国南方果树, 2022, 51(6): 134-140
- Wan J F, Zeng H, Zou M H, Chen J, Song X M, Yang Q, Luo L F, Lu C Z. Phenotypic diversity analysis of *Macadamia* germplasm resources. South China Fruits, 2022, 51(6): 134-140
- [19] 万继锋, 邹明宏, 陈菁, 宋喜梅, 杨倩, 罗炼芳, 曾辉. 澳洲坚果种质资源数量分类研究. 果树学报, 2022, 39(10): 1798-1812
- Wan J F, Zou M H, Chen J, Song X M, Yang Q, Luo L F, Zeng H. Study on numerical taxonomy of *Macadamia* spp. germplasm resources. Journal of Fruit Science, 2022, 39(10): 1798-1812
- [20] 李慧琴, 于娅, 王鹏, 刘记, 胡伟, 鲁丽丽, 秦文强. 270份陆地棉种质资源农艺性状与品质性状的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 903-910
- Li H Q, Yu Y, Wang P, Liu J, Hu W, Lu L L, Qin W Q. Genetic diversity analysis of the main agronomic and fiber quality characteristics in 270 upland cotton germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(4): 903-910
- [21] 徐泽俊, 齐玉军, 邢兴华, 童飞, 王幸. 黄淮海大豆种质农艺与品质性状分析及综合评价. 植物遗传资源学报, 2022, 23(4): 468-480
- Xu Z J, Qi Y J, Xing X H, Tong F, Wang X. Analysis and evaluation of agronomic and quality traits in soybean germplasms from Huang-Huai-Hai region. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(2): 468-480
- [22] 曾少敏, 陈小明, 黄新忠. 福建地方梨资源果实性状多样性分析及其数量分类研究. 园艺学报, 2019, 46(2): 237-251
- Zeng S M, Chen X M, Huang X Z. Fruit character diversity analysis and numerical classification of local pear germplasm resources in Fujian. Acta Horticulturae Sinica, 2019, 46(2): 237-251
- [23] 林存学, 杨晓华, 刘海荣. 东北寒地96份李种质资源表型性状遗传多样性分析. 园艺学报, 2020, 47(10): 1917-1929
- Lin C X, Yang X H, Liu H R. Genetic diversity analysis of 96 plum germplasm resources by phenotypic traits in northeast cold area. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(10): 1917-1929
- [24] 武红霞, 李星, 许文天, 郑斌, 马小卫, 苏穆清, 梁清志, 姚全胜, 王松标. 杧果‘金煌’×‘热农1号’后代果实性状遗传分析. 园艺学报, 2022, 49(2): 416-426
- Wu H J, Li X, Xu W T, Zheng B, Ma X W, Su M Q, Liang Q Z, Yao Q S, Wang S B. Genetic analysis of fruit traits in  $F_1$  progenies of ‘Chinhuang’ × ‘Renong1’ mango. Acta Horticulturae Sinica, 2022, 49(2): 416-426