

授粉源对澳洲坚果‘Keauhou’ 坐果率和果实性状的影响

陶 丽, 陈 丽 兰, 陶 亮, 倪 书 邦, 张 海 文, 贺 熙 勇

(云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100)

摘 要:以澳洲坚果品种‘Keauhou’为试材,采用 9 个澳洲坚果品种的花粉授粉,研究了花粉源对澳洲坚果品种‘Keauhou’的坐果率、果实大小和品质性状的影响,以促进该品种在农业生产上的应用推广。结果表明:不同授粉品种对‘Keauhou’的坐果率、壳果纵横径、单个果仁质量、出仁率及果仁中氨基酸组成、氨基酸总量、6 种氨基酸含量、油酸、7 种矿质元素含量、蛋白质、总糖、粗脂肪、水分及灰分等指标有显著或极显著影响。对品种‘Keauhou’壳果的果形指数、一级果仁率及除油酸外的其它脂肪酸组分含量等指标影响不显著。其中品种‘951’‘O. C’和‘Pahala’的花粉授粉效果表现良好,初步推荐可以作为‘Keauhou’的授粉品种。

关键词:澳洲坚果;授粉;坐果率;果实性状

中图分类号:S 664 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)16-0009-05

澳洲坚果原产于澳大利亚,是该国的标志性植物^[1],是世界上最好的坚果,被誉为“坚果之王”,其果仁可用于生产各类焙烤类小吃、巧克力夹心糖果、糕点和食用油,其中,澳洲坚果油也被用作于生产化妆品的基质。澳洲坚果果仁具有很高的市场价值^[2],产品经加工后,比较耐贮藏^[3]。

我国于 20 世纪 70 年代引进澳洲坚果品种试种,目前在广东、广西、云南、海南、福建、四川、贵州等省区均有分布,其中商业性种植主要在云南和广西。近年来我国澳洲坚果产业发展迅速,据农业部发展亚热带作物办公室统计,2014 年全国澳洲坚果种植面积 9.78 万 hm²,投产面积 1.02 万 hm²,产量为 9 777 t,产值达 2.48 亿元。品种是产业的基础,产业的快速发展对品种的使用提出了更高的要求。深入了解品种的授粉特性,是合理进行品种搭配的前提。

澳洲坚果品种‘Keauhou’,由美国夏威夷农业试

验站选育,试验编号为‘HAES246’,是最古老的夏威夷品种,于 1935 年选出,1948 年命名^[4]。‘Keauhou’树冠开张,圆形至阔圆形,分枝角度大,枝条强健,枝条细小至中等大,常向下弯曲,叶钝尖通常上卷,叶缘波浪形,叶刺中等多,叶片常扭曲。果实大、棕色。在夏威夷,壳果平均粒质量 7.2 g,果仁平均粒质量 2.8 g,出仁率 39%,一级果仁率 85%,高产^[5]。在澳大利亚,‘Keauhou’是高产品种,近 4 个收获季其产量都高于产业平均水平(36.5 kg·株⁻¹,出仁率 39.2%)^[6]。在我国,该品种于 2010 年通过云南省林木品种审定委员会审定,是早期生产上推广的品种之一,前期产量不高,10 龄后比其它品种丰产稳产,但抗风性比其它品种差^[6]。

‘Keauhou’在世界澳洲坚果产业中仍然是一个重要品种,国外早在 1969 年就对其杂交授粉进行了研究,ITO 等^[7]在 Waiakea、Keaau、Pahala 等地区,用‘Ikaika’‘Kau’‘Kakea’‘Keaau’的花粉对‘Keauhou’授粉,结果发现 3 个地区异花授粉的平均最初坐果率分别为 6.68%、6.87%、50.65%,是自花授粉的 1.31、5.72、6.58 倍,同一授粉组合在不同地区环境条件下坐果率差异巨大。1970 年 ITO 等^[8]对‘Keauhou’在混种和纯种的坐果和产量方面进行了研究,发现纯种的产量比混种的低 35.9%。‘Keauhou’有相对高的自交不亲和性,为了获得良好的产量和品质,有必要进行异花授粉^[9]。国外学者的研究表明,不同的环境、果园设计、品种搭配等对澳洲坚果的产量有显著影响。‘Keauhou’是国外育成

第一作者简介:陶丽(1972-),女,硕士,副研究员,现主要从事热带果树选育种和栽培技术等研究工作。E-mail: potatoham@163.com.

责任作者:贺熙勇(1973-),男,硕士,副研究员,现主要从事热带果树选育种和栽培技术等研究工作。E-mail: heda0691@163.com.

基金项目:农业部热带作物种质资源保护资助项目(16RZZY-201);云南省科研院所技术开发研究专项资助项目(2012CF014);云南省技术创新人才培养资助项目(2012HB082);云南省热带作物科技创新体系建设专项课题资助项目(RF2016-6)。

收稿日期:2016-04-21

品种,在我国对其授粉特性和品种搭配缺乏系统研究。为更好地发挥该品种的生产潜能,促进该品种在生产上的应用推广,课题组选取了9个品种的花粉对‘Keauhou’进行了人工授粉,研究不同花粉源对‘Keauhou’坐果率、果实大小和品质性状的影响。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2013—2014年在云南省热带作物科学研究所景哈澳洲坚果试验示范基地内进行,试验地海拔950 m,年均温21.3℃,月平均最高温35.5℃,月平均最低温1.1℃,年平均湿度77.45%,年降雨量1594.9 mm,年日照时数1716.6 h,年平均风速1.75 m·s⁻¹,红壤土,pH 4.5~5.5。

1.2 试验材料

供试品种为‘Keauhou’‘Kau’‘O. C.’‘Purvis’‘Pahala’‘HAES951’‘A4’‘Special’‘HAES816’‘HAES918’(注:下文略去HAES),树龄均为18年,‘Keauhou’选择9株树(其中3株作为自然授粉树)、其它品种各选择6株树,均选取生长基本一致、长势良好的树作为供试树种,试验期间每株树施有机肥20 kg,复合肥2 kg,其它管理按常规进行。

1.3 试验方法

1.3.1 组合选配 选择生长健壮、正常开花结果的‘Keauhou’优树为母树,以套袋不授粉(CK1)和自然授粉(CK2)为对照,根据花期一致的原则,设置9个授粉组合‘Keauhou×Kau’‘Keauhou×O. C.’‘Keauhou×Purvis’‘Keauhou×Pahala’‘Keauhou×951’‘Keauhou×A4’‘Keauhou×Special’‘Keauhou×816’和‘Keauhou×918’,共11个组合,每个组合授粉120个花序。

1.3.2 花粉采集与授粉 参照URATA^[10]的方法收集花粉与授粉。开花前,给花序套上防虫袋,开花后取袋授粉再套袋,并对每个被授粉花序挂牌标记,被授粉花序在母树上按东、南、西、北4个方位分配,同时在母树上按4个方位标记套袋不授粉和自然授粉的花序。

1.4 项目测定

1.4.1 坐果率、壳果纵横径及果形指数 授粉后5个月,当果实内果皮变为深褐色时采摘,记录每组合坐果数,坐果率为最终坐果数与总花朵数的百分率。及时去除果皮得到壳果,剔除发育不良的、裂的、霉的及双胞胎果后,每组合随机选取30粒壳果,用千分之一游标卡尺测量壳果纵横径,计算平均值,果形指数为壳果纵横径之比。

1.4.2 果仁品质测定 单个果仁质量、出仁率和一级果仁率采用贺熙勇等^[11]和STEPHENSON等^[12]的方法测定;对5个组合‘Keauhou×A4’‘Keauhou×Purvis’‘Keauhou×Kau’‘Keauhou×O. C.’‘Keauhou×951’的果仁进行内在品质测定,重复3次。脂肪酸和粗脂肪含量采用索氏抽提法测定,粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定,总糖含量采用滴定法测定,氨基酸含量采用高效液相色谱法测定,矿质元素含量采用等离子发射光谱法测定,水分和灰分含量采用电热干燥法测定。

1.5 数据分析

试验数据采用Excel和DPS处理系统分析,多重比较采用Duncan新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同授粉品种对母树‘Keauhou’坐果率的影响

由表1可以看出,11个组合间坐果率有极显著差异。9个授粉组合的坐果率均极显著高于套袋不授粉和自然授粉。以‘951’为父本授粉的组合坐果率最高,为2.22%,比自然授粉(0.25%)高出1.97个百分点。其次是‘816’‘Kau’‘Purvis’‘A4’‘O. C.’‘Special’‘Pahala’为父本授粉的组合,平均坐果率为1.29%,比自然授粉高出1.04个百分点。用‘918’授粉的坐果率一般,为0.82%,比自然授粉高出0.57个百分点。套袋不授粉的组合坐果率最低,为0.09%,比自然授粉极显著低0.16个百分点。说明‘Keauhou’自交亲和性低,生产上需要配置授粉树以提高产量。从坐果率看,9个授粉品种均可作为‘Keauhou’的授粉树,其中‘951’的花粉对‘Keauhou’授粉亲和性最好,‘918’的花粉对‘Keauhou’授粉亲和性最差。

表1 不同授粉品种对母树‘Keauhou’坐果率的影响

Table 1 Effect of different pollination cultivars on the fruit-setting rate of ‘Keauhou’

母本	父本 Male parent									自然授粉(CK1)	套袋不授粉(CK2)
Female paren	‘951’	‘816’	‘Kau’	‘Purvis’	‘A4’	‘O. C.’	‘Special’	‘Pahala’	‘918’	Spontaneous pollination	Bagging and without pollination
‘Keauhou’	2.22aA	1.44bB	1.40bB	1.36bB	1.27bB	1.22bB	1.17bBC	1.14bBC	0.82cC	0.25dD	0.09eE

注:不同小写字母表示5%水平差异显著,不同大写字母表示1%水平差异显著,以下同。

Note: Different lowercase letter show significant difference at 5% level, different capital letter show significant difference at 1% level, the same as below.

2.2 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果实性状的影响

2.2.1 对壳果纵径、横径及果形指数的影响 套袋不授粉的组合收获的果实少,不参与果实性状的分析。由表

2可以看出,不同授粉品种对母树‘Keauhou’壳果纵径有极显著影响,变幅为21.38~25.17 mm。其中‘951’为父本授粉的组合最高,为25.17 mm,比自然授粉(21.38 mm)

高出 3.79 mm,与‘A4’‘O.C.’‘Special’‘Pahala’为父本授粉的无显著差异。其次是‘816’为父本授粉,为 23.27 mm,比自然授粉极显著高出 1.89 mm,与‘Kau’‘Purvis’授粉无显著差异。‘918’为父本授粉和自然授粉最低,平均为 21.41 mm。不同授粉品种对母树‘Keauhou’壳果横径有极显著影响,变幅为 22.57~25.74 mm。除‘918’授粉的组合与自然授粉的无显著差异外,其它 8 个授粉组合的壳果横径均显著或极显著高于自然授粉。以‘951’‘A4’为父本授粉的组合壳果横径最高,平均为 25.58 mm,比自然授粉(22.57 mm)高 3.01 mm。其次是‘O.C.’‘Pahala’‘Special’为父本授粉,为 24.53 mm,比自然授粉高 1.96 mm。‘816’‘Purvis’‘Kau’为父本授粉的一般,平均为 23.69 mm。比自然授粉高 1.12 mm。‘918’为父本授粉与自然授粉的壳

表 2 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果实性状的影响

Table 2 Effect of different pollination cultivars on the fruit characteristics of ‘Keauhou’

授粉品种 Pollination cultivar	壳果纵径 Longitudinal diameter/mm	壳果横径 Transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index	单个果仁质量 Weight of kernel/g	出仁率 Kernel rate/%	一级果仁率 Percentage of first-grade kernel/%
‘951’	25.17aA	25.74aA	0.98aA	2.92aA	33.36aA	95.43aA
‘A4’	24.46abAB	25.42aAB	0.96aA	2.72abA	30.50abA	92.97aA
‘O.C.’	24.44abAB	24.97abABC	0.98aA	2.37bcAB	34.01aA	99.22aA
‘Special’	24.21abAB	24.28bcBCD	1.00aA	2.33bcAB	30.76abA	94.21aA
‘Pahala’	23.49abAB	24.35bcBCD	0.97aA	2.34bcAB	33.42aA	96.25aA
‘816’	23.27bAB	23.95cdCD	0.97aA	2.24bcAB	31.74abA	92.06aA
‘Kau’	22.76bcAB	23.38cdDE	0.97aA	1.72dB	28.65bA	92.48aA
‘Purvis’	22.64bcBC	23.75cdCDE	0.95aA	1.87cdB	30.25abA	93.57aA
‘918’	21.43cC	23.32deDE	0.92aA	2.36bcAB	33.34aA	91.82aA
自然授粉 Spontaneous pollination(CK1)	21.38cC	22.57eE	0.96aA	1.86cdB	34.18aA	92.81aA

2.2.3 对氨基酸组分含量的影响 由表 3 可知,5 个组合间氨基酸总量达显著差异。以‘A4’为父本的果仁中氨基酸总量最高,为 7.24%,比‘951’‘Kau’为父本的平均氨基酸总量(6.14%)高 1.1 个百分点,与‘Purvis’‘O.C.’为父本的无显著性差异;以‘A4’‘Purvis’‘O.C.’为父本授粉的果仁中检测出 16 种氨基酸,以‘Kau’‘951’为父本授粉的果仁中检测出 15 种氨基酸;对 5 个授粉组合均检测出的 15 种氨基酸组分进行方差分析,结果表明,5 个组合间,除了苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸、酪氨酸、胱氨酸、精氨酸、异亮氨酸、组氨酸、亮氨酸含量无显著性差异外,其它 6 种氨基酸组分含量组合间达显著或极显著差异。以‘A4’为父本的组合果仁中,除精氨酸含量外,其它 14 种氨基酸含量均是最高,其中赖氨酸、苏氨酸含量显著高于其它 4 个组合的。天门冬氨酸含量显著高于‘Kau’为父本的,与‘Purvis’‘951’‘O.C.’为父本的无显著差异。丝氨酸含量显著高于‘951’‘Kau’为父本的,与‘Purvis’‘O.C.’为父本的无显著差异。缬氨酸含量显著高于‘O.C.’‘951’‘Kau’为父本的,与‘Purvis’为父本的无显著差异。谷氨酸含量显著高于‘951’‘Purvis’‘Kau’为父本的,与‘O.C.’为父本的无显著性差异。

果横径最小,平均为 22.95 mm。10 个组合间壳果果形指数无显著性差异,变幅为 0.92~1.00。

2.2.2 对果仁经济性性状的影响 由表 2 还可以看出,10 个组合间单个果仁质量有极显著差异,变幅为 1.72~2.92 g。以‘951’‘A4’为父本授粉的组合单个果仁质量最大,平均为 2.82 g,其次是‘O.C.’‘918’‘Pahala’‘Special’‘816’为父本授粉的,平均为 2.33 g,以‘Purvis’‘Kau’为父本授粉的与自然授粉的单个果仁质量最小,平均为 1.82 g;10 个组合间出仁率达显著差异,变幅为 28.65%~34.18%。‘O.C.’‘Pahala’‘951’‘918’‘816’‘Special’‘A4’‘Purvis’为父本授粉的出仁率较高,平均为 32.17%,但与自然授粉的无显著差异。以‘Kau’为父本授粉的组合出仁率最低,为 28.65%;10 个组合间一级果仁率差异不显著,变幅为 91.82%~99.22%。

2.2.4 对脂肪酸组分含量的影响 5 个授粉组合的果仁中,以‘A4’为父本的组合不饱和脂肪酸含量最高为

表 3 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果仁氨基酸组成及含量的影响

Table 3 Effect of different pollination cultivars on the composition and content of amino acids in kernel of ‘Keauhou’ %

指标 Index	授粉品种 Pollination cultivars				
	‘A4’	‘Purvis’	‘Kau’	‘O.C.’	‘951’
赖氨酸 Lys	0.46aA	0.41bAB	0.40bAB	0.39bB	0.39bB
苏氨酸 Thr	0.28aA	0.21bA	0.21bA	0.20bA	0.19bA
天门冬氨酸 Asp	0.78aA	0.67abA	0.57bA	0.62abA	0.63abA
丝氨酸 Ser	0.34aA	0.32aA	0.27cA	0.31abA	0.28bcA
缬氨酸 Val	0.36aA	0.32abA	0.28bA	0.30bA	0.30bA
谷氨酸 Glu%	1.72aA	1.48bA	1.42bA	1.55abA	1.49bA
苯丙氨酸 Phe	0.25aA	0.24aA	0.23aA	0.24aA	0.23aA
丙氨酸 Ala	0.32aA	0.29abA	0.26bA	0.28abA	0.27abA
甘氨酸 Gly	0.39aA	0.34abA	0.32bA	0.37abA	0.32bA
酪氨酸 Tyr	0.33aA	0.30abA	0.28abA	0.31abA	0.27bA
胱氨酸 Cys	0.21aA	0.18abA	0.15bA	0.20abA	0.16abA
精氨酸 Arg	0.66aA	0.89aA	0.81aA	0.86aA	0.86aA
异亮氨酸 Ile%	0.25aA	0.25aA	0.22aA	0.23aA	0.21aA
组氨酸 His	0.20aA	0.19abA	0.17bA	0.17bA	0.18abA
亮氨酸 Leu	0.50aA	0.48aA	0.35aA	0.47aA	0.44aA
蛋氨酸 Met	0.01	0.01	未检出	0.01	未检出
氨基酸总量 Total amino acids	7.24aA	6.6abA	6.04bA	6.49abA	6.23bA

84.28%,其它4个组合的不饱和脂肪酸含量波动于79.67%~83.13%。‘A4’‘Kau’‘Purvis’‘O.C’为父本的果仁中油酸含量无显著差异,平均为60.26%,比‘951’为父本的组合高6.71个百分点。其它7个脂肪酸组分含量组合间均无显著性差异;γ-亚麻酸含量较低,送去检验的3个重复样中,‘O.C’‘951’‘Kau’‘A4’为父本的样中有2个样检测出γ-亚麻酸,‘Purvis’为父本的样中有1个样检测出γ-亚麻酸。

表4 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果仁脂肪酸含量的影响

Table 4 Effect of different pollination cultivars on the fatty acid content in kernel of ‘Keauhou’ %

指标 Index	授粉品种 Pollination cultivars				
	‘A4’	‘Kau’	‘Purvis’	‘O.C’	‘951’
油酸 Oleic acid	61.28aA	60.94aA	60.07aA	58.73aAB	53.55bB
十六碳烯酸 Hexadecenoic acid	16.76aA	16.68aA	18.09aA	17.46aA	20.3aA
廿碳烯酸 Eicosapentenoic acid	2.75aA	2.83aA	2.48aA	1.64aA	2.58aA
亚油酸 Linoleic acid	2.24aA	1.22aA	1.65aA	1.36aA	2.15aA
α-亚麻酸 Linolenic acid	0.97aA	0.54aA	0.69aA	0.44aA	0.83aA
γ-亚麻酸 Linolenic acid	0.28	0.27	0.15	0.15	0.26
棕榈酸 Palmitic acid	7.91aA	7.92aA	7.48aA	7.85aA	7.81aA
硬脂酸 Stearic acid	2.71aA	3.98aA	4.93aA	6.79aA	6.21aA
未知脂肪酸 Unknown fatty acid	5.19aA	5.70aA	5.02aA	5.76aA	6.40aA

2.2.5 对矿质元素含量的影响 由表5可以看出,5个授粉组合间,除了铁和钠无显著性差异外,其它元素达显著或极显著差异。以‘A4’为父本授粉的组合果仁中,钾元素含量极显著高于其它4个组合;镁元素含量显著高于‘Purvis’‘951’‘Kau’为父本授粉的组合,与‘O.C’为父本的组合无显著差异;磷元素含量极显著高于‘951’为父本授粉的,与‘Kau’‘O.C’‘Purvis’为父本授粉的组合无显著性差异。以‘Purvis’为父本授粉的组合果仁中,锰元素含量极显著高于其它4个组合的,钙元素含量极显著高于‘A4’‘951’为父本授粉的组合,与‘Kau’‘O.C’为父本的组合无显著差异。以‘951’为父本授粉的组合果仁中,铜元素含量显著高于‘Purvis’‘Kau’‘O.C’为父本授粉的,与‘A4’为父本授粉的组合无显著性差异。以‘Kau’为父本授粉的组合果仁中,锌元素含量显著高于‘A4’‘Purvis’‘O.C’为父本授粉的,与‘951’授粉的组合无显著性差异。

2.2.6 对蛋白质、总糖、粗脂肪等指标的影响 由表6可知,5个组合间蛋白质、总糖、粗脂肪、水分及灰分含量均达极显著差异。以‘Purvis’为父本授粉的组合果仁中,蛋白质含量显著高于其它4个组合;总糖含量极显著高于‘A4’‘951’‘O.C’为父本授粉的,与‘Kau’为父本授粉的组合无显著性差异;水分含量极显著高于‘Kau’‘951’‘O.C’为父本授粉的,与‘A4’为父本授粉的组合无显著差异。以‘A4’为父本授粉的组合果仁中,灰分含量极显著高于其它4个组合。以‘951’为父本授粉的组合

果仁中,粗脂肪含量最高,为78.08%,极显著高于‘Kau’‘Purvis’‘A4’为父本授粉的,与‘O.C’为父本授粉的组合无显著性差异。

表5 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果仁中矿质元素含量的影响

Table 5 Effect of different pollination cultivars on the mineral elements in kernel of ‘Keauhou’ mg·(100g)⁻¹

指标 Index	授粉品种 Pollination cultivars				
	‘A4’	‘O.C’	‘951’	‘Kau’	‘Purvis’
钾 K	469.00aA	375.33bB	356.67bCB	326.50cBC	279.83dC
镁 Mg	117.67aA	113.50abA	108.50bA	92.33cB	110.00bA
磷 P	259.67aA	249.50aAB	231.33bB	250.50aAB	245.83abAB
钠 Na	3.89aA	2.64abA	2.84abA	2.69abA	1.84bA
锰 Mn	0.98bBC	1.15bB	0.63cC	1.15bB	1.94aA
钙 Ca	34.03bBC	42.52abAB	23.72cC	46.63aAB	49.63aA
铜 Cu	0.47abAB	0.34bB	0.68aA	0.38bAB	0.45bAB
铁 Fe	1.85abA	1.62bA	2.45aA	2.08abA	2.17abA
锌 Zn	1.53bA	1.17cB	1.59abA	1.69aA	1.26cB

表6 不同授粉品种对母树‘Keauhou’果仁中蛋白质、总糖等指标的影响

Table 6 Effect of different pollination cultivars on the crude protein and total sugars, etc in kernel of ‘Keauhou’ %

指标 Index	授粉品种 Pollination cultivars				
	‘Purvis’	‘Kau’	‘A4’	‘O.C’	‘951’
粗蛋白质 Crude protein	9.72aA	9.19bAB	9.01bCB	8.64cB	8.57cB
总糖 Total sugar	5.49aA	5.20aA	4.48bB	3.53dD	4.01cC
粗脂肪 Crude fat	74.35bB	75.39bB	74.22bB	77.61aA	78.08aA
水分含量 Water	3.62aA	3.24bB	3.62aA	3.03cB	3.12bcB
灰分含量 Ash	1.12cB	1.19bcB	1.43aA	1.23bB	1.21bB

3 讨论

该试验结果表明,套袋不授粉的组合最终坐果率(0.09%)极显著低于自然授粉(0.25%)和9个授粉组合的(0.82%~2.22%),说明‘Keauhou’自交亲和性极低,生产上种植该品种有必要配置授粉树,并且筛选亲和性好的授粉品种才能获得理想的产量,这与国外学者研究结果一致^[8,13]。

该试验9个授粉组合在坐果率、壳果纵横径、单个果仁质量、出仁率等指标存在显著或极显著差异。以‘951’‘Purvis’‘Kau’‘O.C’‘A4’为父本授粉的5个组合果仁中,氨基酸总量和其中的6种氨基酸含量、粗脂肪总量和其中的油酸含量、7种矿质元素、蛋白质、总糖和灰分含量等存在显著或极显著差异。均说明父本花粉对母本的结实和果实品质存在一定影响。深入研究这些差异性影响,通过合理的品种搭配才能实现果园丰产优质的目标。

从坐果率看,9个授粉品种授粉后的坐果率均超过0.8%,均可作为‘Keauhou’的授粉树,其中‘951’的花粉对‘Keauhou’授粉亲和性最好,其次是‘816’‘Kau’‘Purvis’‘A4’‘O.C’‘Special’‘Pahala’的花粉,‘918’的花粉对‘Keauhou’授粉亲和性最差。从果仁的重要经济性状来

看,国内一般要求单个果仁质量 ≥ 2 g、出仁率 $\geq 31\%$ 、一级果仁率 $\geq 95\%$ 。按照此标准,该试验的9个授粉组合中,由于‘Kau’和‘Purvis’为父本的组合单个果仁质量小于2 g。单个果仁太小,显著增加加工成本,且焙烤时容易烤过火^[14],这2个品种不适合用作‘Keauhou’的授粉树。‘A4’和‘Special’为父本的出仁率低于31%,由于加工成本是固定的,生产同样的果仁需要更多的壳果^[15],也不推荐作为‘Keauhou’的授粉树。‘816’为父本的一级果仁率仅为92.06%,达不到规定的标准,不适合作‘Keauhou’的授粉树。‘918’除作为父本的授粉亲和性偏低外,一级果仁率仅为91.82%,亦不适合作‘Keauhou’的授粉树。因此,从坐果率和重要经济性状考虑,初步推荐品种‘951’‘O. C’和‘Pahala’作为‘Keauhou’的授粉树。

由于品种的选用关系到很长一段时间内果园的经济效益,试验数据仅有2年,数据可靠性和稳定性还有待提高,试验中涉及的品种组合在果园中的实际表现还需要大量的试验验证。因此,该试验的结果是初步的和阶段性的,仅为‘Keauhou’品种的应用推广提供参考。

(致谢:该试验承蒙景哈澳洲坚果试验示范基地场长周程、一队队长朱顺学的支持和协助,谨表谢忱!)

参考文献

- [1] HARDNER C M, PEACE C, LOWE A J, et al. Genetic resources and domestication of macadamia[J]. Horticultural Reviews, 2009, 35: 40-43.
- [2] STEPHENSON R A. Macadamia: Domestication and commercialization[J]. Chronica Hort, 2005, 45: 11-15.
- [3] WALL M M. Improving the quality and safety of macadamia nuts[M]//HARRIS L J(ed.) Improving the safety and quality of nuts. Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition. Cambridge: Woodhead Publ Ltd, 2013, 250: 274-296.
- [4] HAMILTON R A, ITO P J. Macadamia nut[C]//Crop improvement in Hawaii: Past, present, and future. Hawaii Agricultural Experiment Station, 1982: 28.
- [5] HAMILTON R A, FUKUNAGA E T. Hawaiian macadamia nut cultivars[M]. Journal Series No 1267 of the Hawaii Agr Exp Station, 1970: 319-322.
- [6] 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, 2009.
- [7] ITO P J, RICHARD A, HAMILTON. Initial nut set from cross- and self-pollination of six macadamia cultivars[R]. First Published in Hawaii Macadamia Producers Association Ninth Annual Meeting Proceedings, 1969: 31-35.
- [8] ITO P J, HUNTER J E, RICHARD A. Effect of cross-pollination on initial and final nut set and yields of macadamia cultivars[R]. Hamilton. First Published in Hawaii Macadamia Producers Association Tenth Annual Meeting Proceedings, 1970: 16-19.
- [9] ITO P J, HAMILTON R A. Quality and yield of ‘Keauhou’ macadamia nuts from mixed and pure block plantings[J]. Hort Science, 1980, 15: 307.
- [10] URATA U. Pollination requirements of macadamia[R]. Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin, 1954: 22.
- [11] 贺熙勇, 陶丽, 倪书邦, 等. 15个澳洲坚果品种在云南的产量及品质[J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1399-1407.
- [12] STEPHENSON R A, LAGADEC D L, MCFAYDEN M L, et al. Regional macadamia variety trials-series 2[R]. Department of Primary Industries, Queensland, 2006: 14-15.
- [13] TRUEMAN S J, TURNBULL C G N. Effects of cross-pollination and flower removal on fruit set in Macadamia[J]. Annals of Botany, 1994, 73(1): 23-32.
- [14] LEVERINGTON R E. Evaluation of macadamia nut varieties for processing[J]. Qld J Agr Sci, 1962(19): 33-46.
- [15] HARDNER C M, GREAVES B, COVERDALE C, et al. Application of economic modeling to support selection decisions in macadamia[C]. MERCER C F(ed.), Proceeding of the 13th Australasian Plant Breed Conference, 2006: 426-431.

Effect of Pollination Sources on Fruit Setting Rate and Fruit Characteristics of *Macadamia* Cultivars ‘Keauhou’

TAO Li, CHEN Lilan, TAO Liang, NI Shubang, ZHANG Haiwen, HE Xiyong
(Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong, Yunnan 666100)

Abstract: Taking *Macadamia* spp. cultivars ‘Keauhou’ as test material, 9 different *Macadamia* cultivars were used to pollinate ‘Keauhou’, the effect of pollening sources on fruit setting rate, the fruit size and quality characteristic of ‘Keauhou’ were studied. The results showed that there were significant differences ($P < 0.05$) in fruit setting rate, diameters, average kernel weight, kernel recovery, amino acid composition, and six contents of amino acids, oleic acid, seven mineral elements, crude proteins, total sugars, crude fat, water and ash between different pollinizers. However, there were no obvious effects on fruit shape index, percentages of first-grade kernel, fatty acids contents except oleic acid, and so on. Cultivars ‘951’ ‘O. C’ and ‘Pahala’ were recommended as pollinizers to ‘Keauhou’ because the effect of their pollination showed better.

Keywords: *Macadamia* spp.; pollination; fruit setting rate; fruit characteristics