

106份白肉枇杷种质资源果实性状分析与评价

陈秀萍,蒋际谋,邓朝军,许奇志,苏文炳

(福建省农业科学院果树研究所·福建省龙眼枇杷育种工程技术研究中心,福州 350013)

摘要:【目的】探讨白肉枇杷种质资源果实重要性状的多样性与相关性,发掘优异资源,以期为创新利用与育种亲本选择提供依据。【方法】以国家龙眼枇杷种质资源圃(福州)收集保存的白肉枇杷为试材,对单果质量、果实纵径、横径、侧径、果形指数、种子数、单粒种子质量、可溶性固形物含量、可食率等10个果实性状进行鉴定,并进行多样性、相关性和主成分分析以及不同来源地差异性分析。【结果】106份白肉枇杷种质资源10个果实性状的变异系数为9.3%~34.9%,多样性指数为2.64~2.95。不同来源地白肉枇杷种质资源果实主要性状存在差异,福建是大果优质白肉枇杷种质资源的主要来源地。相关性分析表明,单果质量与果实纵径、横径、侧径、果肉厚度、种子数、单粒种子质量均呈极显著正相关,可溶性固形物含量与单果质量、果实纵径、横径、果肉厚度、可食率呈极显著负相关,可食率与单果质量、果实纵径、横径、侧径、果形指数、果肉厚度呈极显著正相关;主成分分析表明,第一主成分贡献率达60.9%,体现果实大小性状的重要性。评价发掘出综合性状优良的种质资源8份,大果的资源3份,高可溶性固形物含量的资源9份,高可食率的资源3份,少核的资源2份。【结论】白肉枇杷种质资源果实性状多样性丰富,发掘出不同类型的优异种质资源25份。

关键词:白肉枇杷;种质资源;果实性状;多样性;相关分析;主成分分析

中图分类号:S667.3

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2025)01-0082-12

Analysis and evaluation of fruit traits of 106 white-flesh loquat germplasm resources

CHEN Xiuping, JIANG Jimou, DENG Chaojun, XU Qizhi, SU Wenbing

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Breeding Engineering Technology Research Center for Longan & Loquat, Fuzhou 350013, Fujian, China)

Abstract:【Objective】The study aimed to provide basis for efficient exploration and utilization of excellent white-flesh loquat [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.] resources as well as parent selection for breeding new variety through the investigation of diversity and correlation of main fruit traits of white-flesh loquat germplasm resources. 【Methods】106 white-flesh loquat resources conserved in the National Longan and Loquat Germplasm Resources Nursery (Fuzhou) were used, and ten fruit traits were measured, then coefficient of variation, correlation analysis and principal component analysis were performed among these traits. 【Results】The coefficient of variation of fruit traits ranged from 9.3% to 34.9% among the investigated white-flesh loquat resources, and the diversity index of these traits ranged from 2.64 to 2.95. The fruit weight ranged from 6.9 g to 64.6 g, the average was 34.7 g and the coefficient variation was 34.9%; the fruit longitudinal diameter ranged from 2.12 cm to 5.95 cm, the average was 4.08 cm and the coefficient variation was 17.1%; the fruit transverse diameter ranged from 2.11 cm to 4.68 cm, the average was 3.77 cm and the coefficient variation was 13.4%; the fruit shape index ranged from 0.86 to 1.38, the average was 1.08 and the coefficient variation was 9.3%; the fruit lateral diameter ranged from 2.07 cm to 4.60 cm, the average was 3.55 cm, and the coefficient variation

收稿日期:2024-06-28 接受日期:2024-10-06

基金项目:福建省农业种质资源创新专项(ZZZYCXZX202207);农业高质量发展超越“5511”协同创新工程(XTCXGC2021006);科技部、财政部国家科技资源共享服务平台项目(NHGRC2023-NH18-1);福建省农业科学院科技创新团队(CXTD2021004-1)

作者简介:陈秀萍,女,研究员,研究方向为龙眼、枇杷种质资源与育种。E-mail:cxp2516@126.com

was 13.8%; the number of seeds per fruit ranged from 1.74 to 6.60, and the average was 3.31, and the coefficient variation was 24.4%; the weight of seed ranged from 0.78 g to 3.26 g, and the average was 2.07 g, and the coefficient variation was 23.7%; the flesh thickness ranged from 3.65 cm to 11.95 cm, the average was 7.87 cm, and the coefficient variation was 18.9%; The soluble solid content ranged from 9.4% to 17.4%, the average was 12.5% and the coefficient variation was 14.1%, the edible rate ranged from 41.5% to 76.5%, the average was 67.0% and the coefficient variation was 9.9%. There was no significant difference in seed number among white-flesh resources of different origin. Moreover, no significant differences in fruit weight, flesh thickness, soluble solids content and edible rate among white-flesh resources from Fujian, Jiangsu, Zhejiang and Guangdong provinces. However, Fujian was the main origin of white-flesh loquat with large fruit and high quality. While Yunnan, Sichuan and Guizhou had few white-flesh loquat resources with small size fruit with thin flesh and low edible rate. The correlation analysis showed that fruit weight was positively correlated with the fruit longitudinal diameter ($r=0.90$), fruit transverse diameter ($r=0.95$), fruit lateral diameter ($r=0.91$), fruit flesh thickness ($r=0.79$), seed number ($r=0.58$), and seed weight ($r=0.63$); the content of soluble solids was negatively correlated with the fruit weight ($r=-0.46$), fruit longitudinal diameter ($r=-0.45$), fruit transverse diameter ($r=-0.49$), fruit lateral diameter ($r=-0.41$), thickness of flesh ($r=-0.55$) and edible rate ($r=-0.56$); the edible rate was positively correlated with the fruit weight ($r=0.69$), fruit longitudinal diameter ($r=0.75$), fruit transverse diameter ($r=0.74$), fruit lateral diameter ($r=0.69$), fruit shape index ($r=0.34$), weight of seed ($r=0.37$), and fruit flesh thickness ($r=0.80$). The principal component analysis (PCA) showed that the contribution rate of the first principal component factor was 60.9%, reflecting the importance of the fruit size. Twenty-five excellent resources were identified, among these: three accessions with fruit weight higher than 60.0 g, nine accessions with soluble solid content higher than 15.0%, three accessions with edible rate higher than 75.0%, two accessions with less than 2.0 seeds. More excitingly, eight of them showed advantages on fruit weight (≥ 40.0 g), soluble solid content ($\geq 12.0\%$) and edible rate ($\geq 68.0\%$) at the same time compared with the other white-flesh accessions. 【Conclusion】 The fruit traits of the white-flesh loquat resources were abundant, and twenty-five excellent resources of different types of white-flesh were screened out. This study would provide a basis for the exploration and utilization of the white-flesh loquat resources and the parent selection for loquat improvement in the future.

Key words: White-flesh loquat; Germplasm resources; Fruit trait; Diversity; Correlation analysis; Principal component analysis

枇杷是原产我国的特色常绿果树,有2000多年的栽培历史,种质资源丰富。枇杷依果肉颜色可分为白肉(白沙枇杷)和红肉(红沙枇杷)两种类型^[1],其中白肉枇杷肉质细嫩、汁多味甜、风味良好,深受广大消费者的青睐。随着人们生活水平的提高,对高品质白肉枇杷果品的需求也越来越大,“白肉”已成为枇杷育种的重要目标性状^[2-6]。尽管我国白肉枇杷品种丰富,但传统白肉主栽品种综合经济性状不佳^[1-2],如白梨、软条白沙、白玉等,与传统红肉主栽品种相比,普遍存在果小、肉薄、可食率低等问题,已经越来越难以在现代枇杷生产中大面积推广应用。

种质资源是新品种选育的重要物质基础,枇杷

育种史上的重大突破得益于优异资源的发掘利用^[7-8]。果实性状如单果质量、可食率、可溶性固形物含量等是枇杷的主要经济性状,是种质资源利用的重要依据,也是品种选育的重要考量指标。分析果实性状相关性和遗传多样性可以为遗传育种提供参考,也可以为果实性状QTL定位提供依据^[9-10],对提升育种效率具有重大意义^[11]。有关枇杷种质资源的果实性状如单果质量、可食率、可溶性固形物含量等分析评价已有较多报道^[12-21],其中虽涉及少量白肉种质资源,但针对白肉枇杷种质资源果实性状分析与评价的系统研究还未见报道。笔者所在课题组前期完成了国家龙眼枇杷种质资源圃(福州)中540多份

枇杷种质资源果肉颜色鉴定,发掘白肉种质资源106份,本研究继续开展白肉种质资源果实性状分析与评价,旨在为优异种质资源的发掘利用与育种亲本选择提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

以国家龙眼枇杷种质资源圃(福州)前期鉴定筛选的106份白肉枇杷种质资源为试材。土壤为砂壤土,管理条件一致。砧木为解放钟实生苗,生长结果正常,抽穗期疏花穗,不疏果,不套袋。106份白肉枇杷种质资源的来源地包括福建57份、江苏17份、浙江5份、广东8份、广西2份、云南6份、贵州1份、四川2份、重庆1份、江西2份、上海1份,以及国外4份。

1.2 果实性状测定及评价方法

参照《枇杷种质资源描述规范和数据标准》^[22]对单果质量、果实纵径、果实横径、果实侧径、果形指数、果肉厚度、种子数、单粒种子质量、可溶性固形物含量、可食率等性状进行鉴定。

为保证种质资源果实成熟度一致,取样由有经验的试验人员完成。根据往年经验结合果皮颜色观察、可溶性固形物含量测定和现场品尝,确定每份种质的成熟期^[22]。在树冠外围中上部中心枝果穗中取10个代表性成熟果实用于性状观测。用电子天平(1/100)称量果实质量、果皮质量、种子质量,用数显游标卡尺测量果实纵径、果实横径、果实侧径、果肉厚度,用ATAGO手持式数显折光仪测定果肉可溶性固形物含量(TSS),记录种子数。计算果形指数、

可食率、单粒种子质量,果形指数=果实纵径/果实横径,可食率/%=(单果质量-种子质量-果皮质量)/单果质量×100;单粒种子质量=种子质量/种子数;果实纵径、横径、侧径以cm表示,保留2位小数。每个性状以2 a(年)正常年份鉴定结果的平均值表示。根据NY/T 2021(农作物优异资源评价规范 枇杷)^[23]规定的优异性状指标及判定方法筛选优异资源。

1.3 数据统计分析

利用Excel2019对数据进行处理,按单果质量10.0 g、果径(纵径、横径、侧径)0.5 cm、果形指数0.1、可溶性固形物含量1.0%、果肉厚度0.5 cm、可食率5.0%、种子数1.0、单粒种子质量0.5 g的级差对果实性状进行分级并统计频数,绘制频数直方图。利用DPS 7.05数据处理系统(Data Processing System 7.05)进行变异系数、多样性指数、方差分析、相关性分析和主成分分析,变异系数(CV,%)=(S/X)×100,多样性指数采用Shannon-Weaver信息指数(H'),即 $H'=-\sum P_i \ln P_i$, P_i 为某性状第*i*个代码值出现的频率,将性状进行10级分类,1级<X-2S,10级≥X+2S,中间每级差0.5 S(X为平均值,S为标准差)^[24]。剔除份数少的贵州、重庆、上海的种质资源3份,对其余103份种质资源进行不同来源地果实性状的比较。

2 结果与分析

2.1 白肉枇杷种质资源果实性状变异分析

从表1可以看出,106份白肉枇杷种质资源单果质量、果实纵径、果实横径等10个果实性状变异系数为9.3%~34.9%,变异系数从高到低依次为单果质量>种子数>单粒种子质量>果肉厚度>果实纵

表1 106份白肉枇杷种质资源果实性状变异分析

Table 1 Variation analysis of fruit traits of 106 white-flesh loquat germplasm resources

性状 Trait	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性指数 Diversity index, H'
单果质量 Mass of single fruit/g	6.9	64.6	34.7	12.12	34.9	2.95
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit/cm	2.12	5.95	4.08	0.7	17.1	2.89
果实横径 Transverse diameter of fruit/cm	2.11	4.68	3.77	0.5	13.4	2.76
果形指数 Fruit shape index	0.86	1.38	1.08	0.1	9.3	2.85
果实侧径 Lateral diameter of fruit/cm	2.07	4.6	3.55	0.49	13.8	2.92
种子数 Number of seeds per fruit	1.7	6.6	3.3	0.81	24.4	2.75
单粒种子质量 Mass of single seed/g	0.78	3.26	2.07	0.49	23.7	2.95
w(可溶性固形物)TSS/%	9.40	17.4	12.5	1.75	14.1	2.94
果肉厚度 Thickness of flesh/mm	3.65	11.95	7.87	1.49	18.9	2.82
可食率 Edible rate/%	41.5	76.5	67.0	6.66	9.9	2.64

径>可溶性固形物含量>果实侧径>果实横径>可食率>果形指数,多样性指数为2.64~2.95。

2.2 果实性状的频数分布

2.2.1 单果质量 单果质量为枇杷果实三大经济性状之一,是衡量果实大小的重要指标。106份白肉资源的单果质量为6.9~64.6 g,平均34.7 g,变异系数34.9%。从图1可以看出,单果质量 $\geq 30.0\sim 40.0$ g的种质资源最多,34份,占32.1%;其次是 $\geq 20.0\sim 30.0$ g、 $\geq 40.0\sim 50.0$ g的资源,各25、23份,各占23.6%、21.7%; $\geq 50.0\sim 60.0$ g的资源有9份,占8.5%,均来源于福建; ≥ 60.0 g的种质资源有3份,占2.8%,也来源于福建,分别为PP451、PP282、P350304013; <10.0 g的种质资源4份,来源于四川、云南各2份。

2.2.2 果实纵径、横径与侧径 106份白肉枇杷种质资源的果实纵径为2.12~5.95 cm,平均4.08 cm,变异系数17.1%;果实横径为2.11~4.68 cm,平均3.77 cm,变异系数13.4%;果实侧径为2.07~4.60 cm,平均3.55 cm,变异系数13.8%。

从图2可以看出,果实纵径 $\geq 4.0\sim 4.5$ cm的种质资源最多,35份,占33.0%;其次是 $\geq 3.5\sim 4.0$ cm的资源,25份,占23.6%; <3.0 cm的种质资源6份,占5.7%; $\geq 5.0\sim 5.5$ cm的种质资源6份,占5.7%; ≥ 5.5 cm的种质资源仅2份,占1.9%。果实横径 $\geq 3.5\sim 4.0$ cm的种质资源最多,55份,占51.9%;其次是 $\geq 4.0\sim 4.5$ cm的种质资源,25份,占23.6%; <3.0 cm的种质资源有6份,占5.7%; ≥ 4.5 cm的种质资源6份,占5.7%。果实侧径主要分布在 $\geq 3.0\sim 4.0$ cm,共75

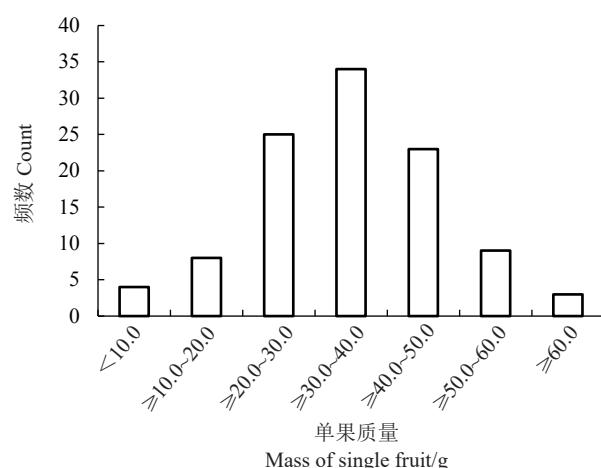


图1 单果质量频数直方图

Fig. 1 The frequency histogram of single fruit mass

份,占70.8%;其次是 $\geq 4.0\sim 4.5$ cm的种质资源,25份,占23.6%; <2.5 cm的种质资源有5份,占5.1%; ≥ 4.5 cm的种质资源1份,占1.0%。

2.2.3 果形指数 106份白肉枇杷种质资源的果形指数为0.86~1.38,平均1.08,变异系数9.3%。从图3可以看出,果形指数 $\geq 1.0\sim 1.1$ 的种质资源最多,48份,占45.3%;其次是 $\geq 1.1\sim 1.2$ 的种质资源,25份,占23.6%; ≥ 1.3 的种质资源5份,占4.7%; <0.9 的种质资源极少,仅1份。

2.2.4 可溶性固形物含量 106份白肉枇杷种质资源的可溶性固形物含量为9.4%~17.4%,平均12.5%,变异系数14.1%。从图4可以看出,可溶性固形物含量主要分布在 $\geq 11.0\% \sim 14.0\%$,共66份,占62.3%;分布在 $\geq 14.0\% \sim 15.0\%$ 的种质资源有9份,占8.5%; \geq

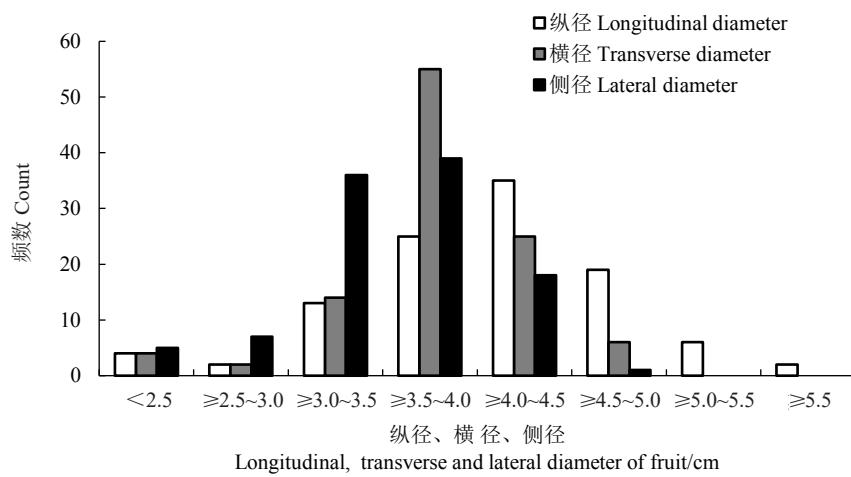


图2 果实纵径、横径、侧径频数直方图

Fig. 2 The frequency histogram of longitudinal, transverse and lateral diameter of fruit

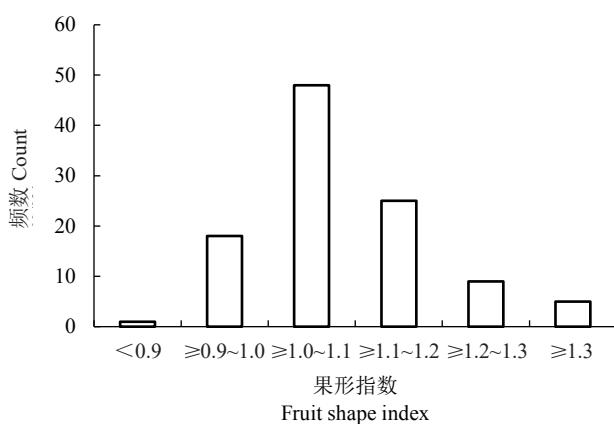


图 3 果形指数频数直方图

Fig. 3 The frequency histogram of fruit shape index

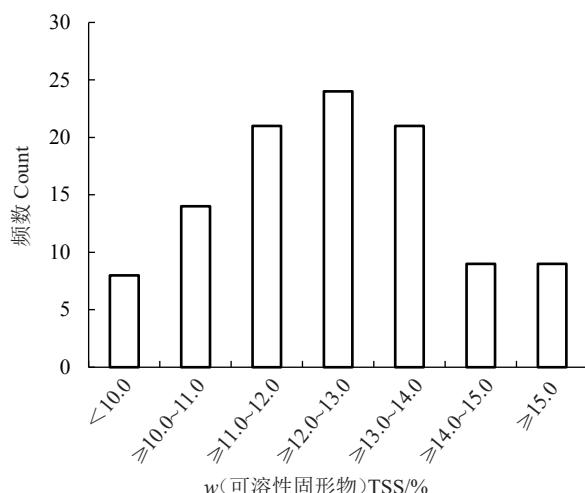


图 4 可溶性固形物含量频数直方图

Fig. 4 The frequency histogram of TSS

15.0%的种质资源有9份(占8.5%),来源于广西2份、四川2份、云南1份、江苏3份、福建1份,属高糖种质资源。

2.2.5 果肉厚度 106份白肉枇杷种质资源的果肉厚度为3.65~11.95 mm,平均7.87 mm,变异系数18.9%。从图5可以看出,果肉厚度在≥7.5~9.0 mm的种质资源最多,44份,占41.5%;其次是≥6.0~7.5 mm、≥9.0~10.5 mm的种质资源,各29、22份,各占27.4%、20.8%;≥10.5 mm的种质资源2份,占1.9%。

2.2.6 可食率 106份白肉枇杷种质资源的可食率为41.5%~76.5%,平均67.0%,变异系数9.9%。从图6可以看出,可食率主要分布在≥65.0%~75.0%,共75份,占70.8%;≥75.0%的种质资源有3份(占2.8%),分别是PP465、白梨3号、P350304013,均来源于福建,为高可食率特异种质资源。

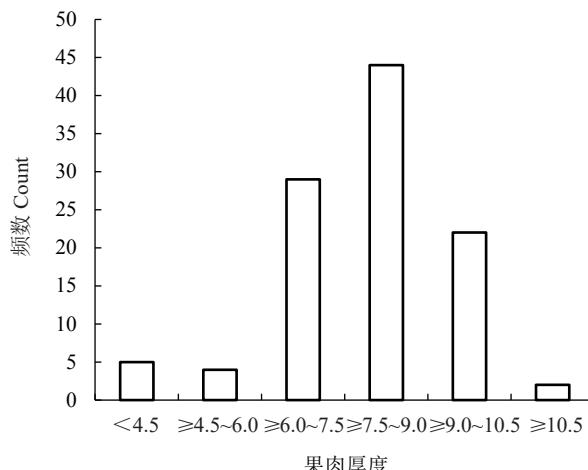


图 5 果肉厚度频数直方图

Fig. 5 The frequency histogram of thickness of flesh

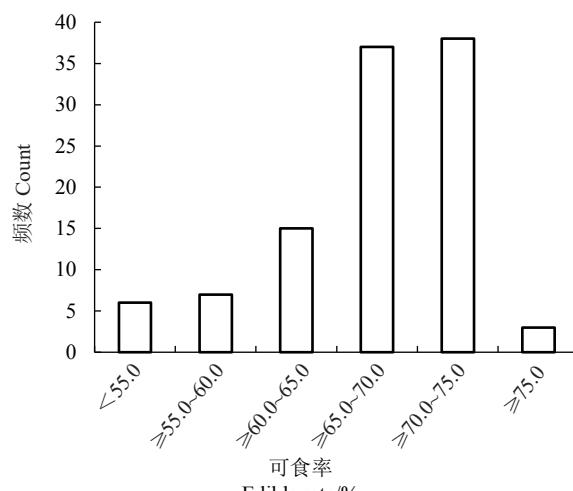


图 6 可食率频数直方图

Fig. 6 The frequency histogram of edible rate

2.2.7 种子数 106份白肉枇杷种质资源的种子数为1.7~6.6粒,平均3.3粒,变异系数24.4%。从图7可以看出,种子数3.0~4.0粒的种质资源最多,54份,占50.9%;其次是≥2.0~3.0粒,34份,占32.1%;<2.0粒的种质资源仅2份,占1.9%,分别为PP610、PP180,为少核的特异种质资源。

2.2.8 单粒种子质量 106份白肉枇杷种质资源的单粒种子质量为0.78~3.26 g,平均2.07 g,变异系数23.7%。从图8可以看出,单粒种子质量主要分布在1.5~3.0 g,共91份,占85.8%;≥3.0 g或<1.0 g的种质资源较少,各2、1份。

2.3 不同来源地白肉枇杷种质资源果实性状比较

从表2可以看出,不同来源地白肉枇杷种质资源的单果质量、可溶性固形物含量、果肉厚度、可食

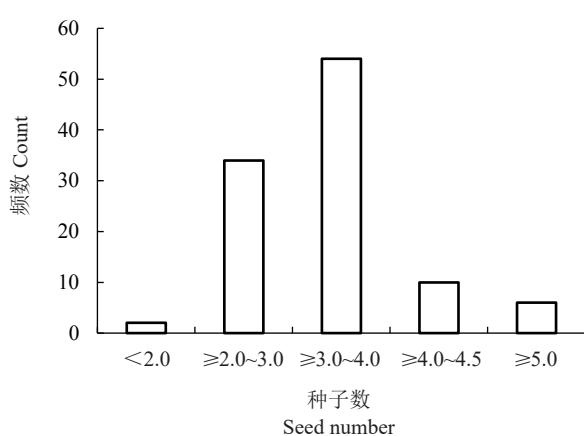


图7 种子数频数直方图

Fig. 7 The frequency histogram of seed number per fruit

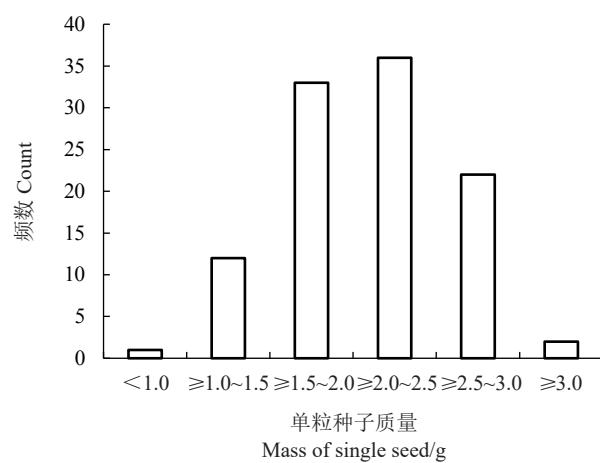


图8 单粒种子质量频数直方图

Fig. 8 The frequency histogram of single seed mass

表2 不同来源地白肉种质资源果实主要性状差异

Table 2 The main fruit characters values differences of white-fresh loquat germplasm resources from different origin regions

来源地 Sample source	种质份数 Number of accessions	单果质量 Mass of single fruit/g	种子数 Number of seeds per fruit	单粒种子质量 Mass of single seed/g	w(可溶性固形物) TSS/%	果肉厚度 Thickness of flesh/mm	可食率 Edible rate/%
福建 Fujian	57	40.4±10.83 a	3.7±0.69 a	2.21±0.45 a	12.0±1.36 b	8.33±1.10 a	68.4±4.46 a
浙江 Zhejiang	5	32.9±2.34 ab	3.0±0.43 a	1.83±0.16 ab	11.3±1.16 b	7.71±0.77 ab	72.1±2.78 a
江苏 Jiangsu	17	30.5±9.16 ab	2.7±0.60 a	2.07±0.48 a	12.8±2.38 b	7.99±1.66 a	67.9±4.56 ab
广东 Guangdong	8	30.2±8.06 ab	3.0±1.12 a	2.09±0.43 a	12.3±1.34 b	7.59±0.61 ab	67.0±3.72 ab
广西 Guangxi	2	27.6±8.41 ab	3.7±0.72 a	2.17±0.75 a	15.9±1.13 a	6.41±0.59 abc	57.8±4.81 c
江西 Jiangxi	2	18.8±0.42 bc	3.0±0.28 a	1.71±0.11 ab	12.8±2.19 b	6.06±0.09 bc	60.1±1.98 bc
四川 Sichuan	2	8.2±1.77 c	2.9±0.40 a	0.94±0.22 c	16.2±1.34 a	3.78±0.18 d	47.6±0.57 d
云南 Yunnan	6	17.1±11.39 bc	2.9±0.47 a	1.37±0.31 bc	13.8±1.46 ab	5.49±1.95 cd	54.9±14.05 cd
国外 Abroad	4	32.5±5.05 ab	2.9±0.47 a	2.17±0.09 a	13.3±0.59 b	8.19±0.90 a	69.2±1.52 a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference at 0.05 level.

率、种子质量等性状存在显著差异,种子数差异不显著。福建的种质资源果实最大,平均单果质量40.4 g,高出总样本平均单果质量的16.4%,显著高于江西、云南、四川的种质资源,与广东、广西、江苏、浙江及国外种质资源间的差异不显著;四川的单粒种子质量最小,显著小于福建、广东、广西、江苏、江西、浙江及国外的种质资源,与云南的资源差异不显著;四川、广西的种质资源可溶性固形物含量较高,显著高于福建、广东、江苏、江西、浙江及国外的种质资源,与云南的资源差异不显著。福建、江苏及国外的种质资源果肉较厚,与江西、云南、四川的资源呈显著差异。浙江、福建及国外的种质资源可食率显著高于广西、四川、江西、云南的种质资源,四川的可食率显著低于除云南外的其他地区。由此可见,福建、广

东、江苏、浙江及国外的种质资源果大、肉厚、可食率高,但种子大、可溶性固形物含量低;广西的种质资源果较大、可溶性固形物含量高,但可食率低;四川的种质资源可溶性固形物含量高、种子小,但果小、肉薄、可食率极低。

2.4 白肉枇杷种质资源10个果实性状的相关性与主成分分析

2.4.1 相关性分析 果实各性状间的相关性分析表明(表3),单果质量与果实纵径、横径、侧径、种子数、单粒种子质量、果肉厚度、可食率均呈极显著正相关;果形指数与单果质量、果实纵径、可食率呈极显著正相关;种子数、单粒种子质量与单果质量、果实纵径、横径、侧径、果肉厚度均呈极显著正相关,单粒种子质量与可食率呈极显著正相关;可溶

表3 白肉枇杷种质资源果实10个性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of main fruit characters of 106 white-flesh loquat germplasm resources

性状 Trait	单果质量 Mass of single fruit	果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	果实横径 Transverse diameter of fruit	果形指数 Fruit shape index	果实侧径 Lateral diameter of fruit	种子数 Number of seeds per fruit	单粒种子质量 Mass of single seed	可溶性固形物含量 TSS	果肉厚度 Thickness of flesh	可食率 Edible rate
单果质量 Mass of single fruit	1									
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	0.90**	1								
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.95**	0.85**	1							
果形指数 Fruit shape index	0.28**	0.63**	0.13	1						
果实侧径 Lateral diameter of fruit	0.91**	0.81**	0.95**	0.15	1					
种子数 Number of seeds per fruit	0.58**	0.48**	0.51**	0.11	0.55**	1				
单粒种子质量 Mass of single seed	0.63**	0.58**	0.68**	0.12	0.62**	-0.07	1			
可溶性固形物含量 TSS	-0.46**	-0.45**	-0.49**	-0.12	-0.41**	-0.22*	-0.13	1		
果肉厚度 Thickness of flesh	0.79**	0.73**	0.82**	0.17	0.75**	0.31**	0.47**	-0.55**	1	
可食率 Edible rate	0.69**	0.75**	0.74**	0.34**	0.69**	0.18	0.37**	-0.56**	0.80**	1

注: *表示显著相关($p<0.05$), **表示极显著相关($p<0.01$)。

Note: *means significant correlation($p<0.05$), ** means extremely significant correlation($p<0.01$).

性固形物含量与单果质量、果实纵径、横径、侧径、果肉厚度、可食率均呈极显著负相关,与种子数呈显著负相关;可食率与果实纵径、横径、侧径、单粒种子质量、果肉厚度均呈极显著正相关。可见,在106份白肉枇杷种质资源中,呈现果实越大,可食率越高,种子数也越多、可溶性固形物含量越低的趋势,果实增大是提高可食率的主要途径,要选育大果少核或大果高可溶性固形物含量的白肉枇杷品种比较困难。

2.4.2 主成分分析 主成分分析结果表明(表4),前4个主成分累积贡献率达92.7%。第1主成分贡献率为60.9%,特征向量绝对值较大的是果实横径、单果质量、果实纵径、果实侧径,其特征向量都在0.929以上,果肉厚度、可食率也有较大的载荷,代表果实大小因子,可溶性固形物含量有较大的负载荷,与果实大小有逆向作用;第2主成分贡献率为11.3%,特征向量绝对值较大的是果形指数,其特征向量为0.923;第3主成分贡献率为11.0%,特征向量绝对值较大的是单粒种子质量、种子数,其特征向量在0.669以上,其中种子数有较大的负载荷,与单粒种子质量有逆向作用;第4主成分贡献率为9.5%,特征向量绝对值大的是可溶性固形物含量,其特征向量为0.679。

表4 主成分的特征值、贡献率和累积贡献率

Table 4 The latent root, contributor ratio and accumulative contributor ratio of the principal component

性状 Trait	各主成分的特征向量 Eigenvectors of each principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
单果质量 Single fruit mass	0.959	-0.089	-0.046	0.175
果实纵径 Longitudinal diameter of fruit	0.933	0.314	-0.027	0.145
果实横径 Transverse diameter of fruit	0.967	-0.209	0.046	0.081
果形指数 Fruit shape index	0.335	0.923	-0.081	0.150
果实侧径 Lateral diameter of fruit	0.929	-0.230	-0.004	0.127
种子数 Number of seeds per fruit	0.498	-0.188	-0.767	0.340
单粒种子质量 Mass of single seed	0.625	-0.100	0.669	0.291
可溶性固形物含量 TSS	-0.572	0.012	0.201	0.679
果肉厚度 Thickness of flesh	0.867	-0.085	0.073	-0.254
可食率 Edible rate	0.819	0.166	0.087	-0.358
特征值 Eigen value	6.087	1.134	1.101	0.951
贡献率 Contributor ratio/%	60.9	11.3	11.0	9.5
累积贡献率 Accumulative contributor ratio/%	60.9	72.2	83.2	92.7

2.5 优异白肉枇杷种质资源的发掘

按照《农作物优异资源评价规范 枇杷》^[23]发掘出特异的白肉枇杷种质资源25份,其中单果质量≥60 g的3份、可溶性固形物含量≥15.0%的9份、可

食率≥75.0%的3份;兼具单果质量≥40.0 g、可溶性固形物含量≥12.0%、可食率≥68.0%的白肉种质资源8份(表5),果实成熟期集中在4月下旬至5月上旬。

表5 综合性状优异的白肉枇杷种质资源及其性状

Table 5 Excellent white-flesh loquat resources and their fruit characters

种质名称 Accession name	果实成熟期 Fruit maturity	果肉颜色 Flesh color	单果质量 Single fruit mass/g	种子数 Number of seeds	w(可溶性 固形物) TSS/%	果肉厚度 Thickness of pulp/mm	可食率 Edible rate/%
新白1号 Xinbai1	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	50.5	3.97	12.4	9.61	72.3
新白2号 Xinbai2	4月下旬 Late April	乳白 Milk- White	42.2	3.68	13.4	7.92	68.9
新白3号 Xinbai3	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	51.8	3.90	13.5	9.62	72.2
新白5号 Xinbai5	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	43.8	3.34	13.2	8.77	70.7
新白6号 Xinbai6	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	50.3	4.10	12.6	9.40	70.7
新白8号 Xinbai8	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	51.3	3.81	12.6	9.27	69.8
新白10号 Xinbai10	4月下旬 Late April	乳白 Milk-white	46.5	3.66	13.6	8.07	68.4
可山白蜜 Keshanbaimi	4月下旬至5月上旬 Late April to early May	黄白 Yellow-white	51.3	3.74	12.7	9.21	72.6

3 讨 论

3.1 白肉枇杷种质资源果实性状的多样性与相关性

白肉枇杷是肉色为乳白、黄白、黄色等种质资源的统称,与肉色橙黄、橙红等红肉种质资源共同组成枇杷基因资源库。白肉对红肉是隐性遗传^[25],白肉枇杷为EjPSY2A^d纯合型^[26-27],故在自然情况下白肉种质资源数量远不及红肉种质资源丰富^[1,28-30],但单果质量^[14]、可食率^[15]等性状的变异系数与红肉种质资源相当,在分子水平上也具有丰富的遗传多样性^[31]。

表型变异是遗传多样性和环境多样性的综合体现^[24,32-33],变异系数能够直接反映遗传多样性^[24]。通常认为,变异系数在10%以上,表型性状变异分化比较明显^[32-33]。张立杰等^[17]分析了224份枇杷种质资源单果质量、可溶性固形物含量、可食率等11个果实性状的变异系数为11.8%~48.9%,变异系数最大的是单果质量,最小的是果形指数。本研究系统分析了白肉枇杷资源果实性状的多样性,结果表明,106份白肉枇杷种质资源单果质量、果实纵径、果实

横径等10个果实性状的变异系数为9.3%~34.9%,多样性指数为2.64~2.95,除了果形指数和可食率,其他性状的变异系数均在10%以上,说明白肉枇杷种质资源的果实性状多样性较丰富,单果质量、果实纵径、可溶性固形物含量、果实侧径、果实横径、可食率、果形指数等性状的变异系数大小次序与张立杰等^[17]的研究结果基本一致,但变异系数均小于前人^[11,14-15]的研究结果,尤以单果质量的降幅最大。枇杷F₁代单果质量总体呈趋小遗传的变异趋势^[9,11],因此,在白肉枇杷选育时,宜选择大果红肉品种与白肉品种搭配,以提高选育大果白肉品种的概率。

枇杷果实不同性状间普遍存在相关性^[9,17]。本研究表明,单果质量与果实纵径、果实横径、种子数、单粒种子质量、果肉厚度均呈极显著正相关,可溶性固形物含量与单果质量、果实纵径、果实横径、果肉厚度均呈极显著负相关,这与前人^[9,17]的研究结果一致。主成分分析表明,第1主成分包括果实质量、纵径、横径、侧径等反映果实大小的性状,与前人^[12-13,20]的研究结果基本一致,突显了果实大小性状在枇杷分类和利用中的重要作用^[20],而可溶性固形物含量与果实大小有逆向作用,说明枇杷的大果和高可溶

性固形物含量较难共存^[9]。

3.2 不同来源地白肉枇杷种质资源果实性状的差异

不同来源地枇杷种质资源的单果质量、可食率、果径等果实性状存在较大差异^[8-12]。本研究发现,不同来源地白肉枇杷种质资源的单果质量、可溶性固形物含量、果肉厚度、种子质量、可食率也存在明显差异,呈特异性状区域化分布特点。我国福建、浙江、江苏、广东等省份作为枇杷高度进化类型栽培区^[1],地区间白肉枇杷种质资源的可溶性固形物含量差异不显著,果实大小、果肉厚度、可食率等性状明显优于其他省份,体现了人们对大果、优质白肉枇杷品种的需求和选择方向。福建的白肉种质资源数量最多、果实也最大,本研究单果质量 $\geq 50\text{ g}$ 的12份种质资源及综合性状优异的8份种质资源均来源于福建。福建是我国枇杷栽培的主产区,也是我国最大果型枇杷品种解放钟的原产地,枇杷栽培历史悠久,经长期的自然变异与人工选择,形成了丰富的白肉种质资源。而四川、云南、贵州等原生枇杷中心区和外围区的白肉种质资源不仅数量少,还表现果小、可食率低等特性^[1]。本研究中云南的6份白肉种质资源有2份系一果场从浙江引进的枇杷苗木中选出,后经鉴定为软条白沙类资源;而作为枇杷野生资源丰富区的贵州,也仅1份白肉种质资源(据当地群众介绍,该份种质资源系早期从江浙引进的苗木中选出,后经鉴定与浙江软条白沙相似),说明贵州白肉枇杷种质资源稀缺^[34]。白肉枇杷种质资源地域分布上的差异,不仅与遗传基础有关,还与长期的人为选择有关。

3.3 白肉枇杷优异种质资源的发掘与创新利用

《农作物优异资源评价规范 枇杷》^[23]规定了白肉枇杷优异种质资源单果质量、可溶性固形物含量、可食率、果肉厚度、种子数等性状的评价指标,为优异种质资源挖掘利用提供了标准规范。本研究通过系统鉴定,从106份白肉枇杷种质资源中发掘出在单果质量、可溶性固形物含量、可食率等单一性状特异的资源共15份,兼具单果质量、可溶性固形物含量、可食率等综合性状优异的种质资源8份,以及少核的种质资源2份(种子数<2)。这些白肉优异种质资源的发掘,为枇杷新品种选育奠定了基础,已直接创新利用选育出新品种4个,其中贵妃(新白3号)^[35]、新白1号(黄蜜)^[36]、新白8号通过了国家或省

级品种审(认)定,新白2号获植物新品种权;作为亲本材料杂交育成新品种7个,其中福建省农业科学院果树研究所郑少泉团队利用新白2号为父本与早钟6号^[8]杂交育成三月白^[37]、白雪早^[38]、早白香,利用贵妃(新白3号)作亲本杂交育成香妃^[8,39]、中白(白早钟8号)等白肉枇杷新品种,四川省农业科学院园艺研究所利用贵妃(新白3号)为亲本材料杂交育成西蜀2号^[40]、西蜀3号^[3]等枇杷新品种,推动了枇杷产业高质量发展。

4 结 论

106份白肉枇杷种质资源的单果质量、可溶性固形物含量、可食率等10个果实性状变异系数为9.3%~34.9%,多样性指数为2.64~2.95,遗传多样性丰富。不同来源地白肉枇杷资源单果质量、可溶性固形物含量、果肉厚度、种子质量、可食率等性状存在显著差异,福建、江苏、广东、浙江及国外的白肉枇杷资源果大、肉厚、可食率高,四川、云南的白肉资源果小、肉薄、可食率低。发掘出不同类型优异种质资源25份,其中单果质量 $\geq 60\text{ g}$ 的资源3份、可溶性固形物含量 $\geq 15.0\%$ 的资源9份、可食率 $\geq 75.0\%$ 的3份,兼具单果质量 $\geq 40.0\text{ g}$ 、可溶性固形物含量 $\geq 12.0\%$ 、可食率 $\geq 68.0\%$ 的白肉资源8份,以及种子数<2粒的资源2份。研究结果为枇杷优异资源的发掘利用和育种亲本的选择提供了理论依据。

参考文献 References:

- [1] 邱武陵,章恢志. 中国果树志-龙眼 枇杷卷[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
QIU Wuling, ZHANG Huizhi. China fruit records: Longan and loquat volume[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1996.
- [2] 郑少泉,蒋际谋,许家辉,陈秀萍,刘友接,李韬,张泽煌,郑文松,许奇志,许秀淡,黄金松. 优质大果晚熟白肉枇杷新品系: 新白1号、新白3号、新白8号[J]. 福建农业学报, 2006, 21(1):48-50.
ZHENG Shaoquan, JIANG Jimou, XU Jiahui, CHEN Xiuping, LIU Youjie, LI Tao, ZHANG Zehuang, ZHENG Wensong, XU Qizhi, XU Xiudan, HUANG Jinsong. New white flesh loquat strains Xinbai 1, Xinbai 3 and Xinbai 8 with large-type, high-quality and late-ripening traits[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2006, 21(1):48-50.
- [3] 宋海岩,孙淑霞,李靖,陈栋,涂美艳,王玲利,徐子鸿,银登贵,江国良. 中熟白肉枇杷新品种‘西蜀3号’[J]. 园艺学报, 2022, 49(增刊1):47-48.

- SONG Haiyan, SUN Shuxia, LI Jing, CHEN Dong, TU Meiyuan, WANG Lingli, XU Zihong, YIN Denggui, JIANG Guoliang. A new mid-maturing loquat cultivar 'Xishu 3'[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2022, 49(Suppl. 1):47-48.
- [4] 张展伟,阮贤聪,林顺权,陈健,冯瑞祥,杨向晖,徐社金.早熟白肉枇杷新品种‘早佳8号’[J].*园艺学报*,2022,49(增刊1):45-46.
- ZHANG Zhanwei, RUAN Xiancong, LIN Shunquan, CHEN Jian, FENG Ruixiang, YANG Xianghui, XU Shejin. A new early maturing white-flesh loquat cultivar 'Zaojia 8'[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2022, 49(Suppl. 1):45-46.
- [5] 李晓颖,徐红霞,葛航,陈俊伟.早熟枇杷新品种迎霜的选育[J].*果树学报*,2023,40(9):2029-2032.
- LI Xiaoying, XU Hongxia, GE Hang, CHEN Junwei. Breeding report of a new early-maturing loquat cultivar Yingshuang[J]. *Journal of Fruit Science*, 2023, 40(9):2029-2032.
- [6] 徐红霞,李晓颖,葛航,陈俊伟.晚熟白肉枇杷新品种迎雪的选育[J].*果树学报*,2023,40(10):2291-2295.
- XU Hongxia, LI Xiaoying, GE Hang, CHEN Junwei. Breeding report of a new loquat variety Yingxue[J]. *Journal of Fruit Science*, 2023, 40(10):2291-2295.
- [7] 黄金松,许秀淡,郑少泉.特早熟大果型枇杷新品种早钟6号[J].*中国果树*,1993(4):4-6.
- HUANG Jinsong, XU Xiudan, ZHENG Shaoquan. An extremely early-mature large size loquat cultivar 'Zaozhong 6'[J]. *China Fruits*, 1993(4):4-6.
- [8] 林顺权.新中国果树科学研究70年:枇杷[J].*果树学报*,2019,36(10):1421-1428.
- LIN Shunquan. Fruit scientific research in new China in the past 70 years: Loquat[J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, 36(10): 1421-1428.
- [9] 赵崇斌,郭乙含,李舒庆,徐红霞,黄天启,林顺权,陈俊伟,杨向晖.宁海白×大房枇杷F₁杂交群体果实性状的相关性及遗传分析[J].*果树学报*,2021,38(7):1055-1065.
- ZHAO Chongbin, GUO Yihan, LI Shuqing, XU Hongxia, HUANG Tianqi, LIN Shunquan, CHEN Junwei, YANG Xianghui. Correlation and genetic analysis of fruit traits in F₁ hybrid population of loquat generated from Ninghaibai × Dafang[J]. *Journal of Fruit Science*, 2021, 38(7):1055-1065.
- [10] PENG Z, ZHAO C B, LI S Q, GUO Y H, XU H X, HU G B, LIU Z L, CHEN X P, CHEN J W, LIN S Q, SU W B, YANG X H. Integration of genomics, transcriptomics and metabolomics identifies candidate loci underlying fruit weight in loquat[J]. *Horticulture Research*, 2022, 9:uhac037.
- [11] 朱启轩,李晓颖,武军凯,葛航,陈俊伟,徐红霞.枇杷F₁代果实性状遗传倾向分析及综合品质评价[J].*园艺学报*,2024,51(6):1201-1215.
- ZHU Qixuan, LI Xiaoying, WU Junkai, GE Hang, CHEN Junwei, XU Hongxia. Genetic tendency analysis and comprehensive evaluation of the fruit traits in loquat F₁ generation[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2024, 51(6):1201-1215.
- [12] BADENES M L, MARTÍNEZ-CALVO J, LLÁCER G. Analysis of a germplasm collection of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.)[J]. *Euphytica*, 2000, 114(3): 187-194.
- [13] MARTÍNEZ-CALVO J, GISBERT A D, ALAMAR M C, HERNANDORENA R, ROMERO C, LLÁCER G, BADENES M L. Study of a germplasm collection of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by multivariate analysis[J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2008, 55(5):695-703.
- [14] 章希娟,郑姗,魏秀清,张立杰,张小艳,谢丽雪,邓朝军,陈秀萍,黄爱萍,许奇志,郑少泉.枇杷种质资源果实单果重变异研究[J].*福建果树*,2009(4):25-30.
- ZHANG Xijuan, ZHENG Shan, WEI Xiuqing, ZHANG Lijie, ZHANG Xiaoyan, XIE Lixue, DENG Chaojun, CHEN Xiuping, HUANG Aiping, XU Qizhi, ZHENG Shaoquan. Study on the variability of fruit weight in loquat germplasm resources[J]. *Fujian Fruits*, 2009(4):25-30.
- [15] 郑姗,章希娟,张立杰,林旗华,邓朝军,谢丽雪,魏秀清,许奇志,陈秀妹,郑少泉.枇杷种质资源果实可食率变异研究[J].*福建果树*,2009(2):48-52.
- ZHENG Shan, ZHANG Xijuan, ZHANG Xiaoyan, ZHANG Lijie, LIN Qihua, DENG Chaojun, XIE Lixue, WEI Xiuqing, XU Qizhi, CHEN Xiumei, ZHENG Shaoquan. Study on variation of fruit edible rate in loquat germplasm resources[J]. *Fujian Fruits*, 2009(2):48-52.
- [16] 姜帆,黄爱萍,陈志峰,邓朝军,陈秀妹,陈秀萍,张小艳,张立杰,郑少泉.枇杷种质资源种子性状研究[J].*福建果树*,2009(4):19-24.
- JIANG Fan, HUANG Aiping, CHEN Zhifeng, DENG Chaojun, CHEN Xiumei, CHEN Xiuping, ZHANG Xiaoyan, ZHANG Lijie, ZHENG Shaoquan. Study on the seed traits in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) germplasm resource[J]. *Fujian Fruits*, 2009(4):19-24.
- [17] 张立杰,谢丽雪,陈秀萍,郑姗,邓朝军,胡文舜,姜帆,张小艳,魏秀清,许奇志,章希娟,林旗华,陈秀妹,郑少泉.枇杷种质资源果实若干性状及相关性研究[J].*福建果树*,2009(2):31-36.
- ZHANG Lijie, XIE Lixue, CHEN Xiuping, ZHENG Shan, DENG Chaojun, HU Wenshun, JIANG Fan, ZHANG Xiaoyan, WEI Xiuqing, XU Qizhi, ZHANG Xijuan, LIN Qihua, CHEN Xiumei, ZHENG Shaoquan. Variation and correlation of some fruit characters of loquat germplasm resources[J]. *Fujian Fruits*, 2009(2):31-36.
- [18] 张立杰,谢丽雪,姜帆,郑姗,陈秀萍,胡文舜,邓朝军,张小艳,章希娟,郑少泉.枇杷种质资源果径性状研究[J].*福建果树*,2009(3):22-29.
- ZHANG Lijie, XIE Lixue, JIANG Fan, ZHENG Shan, CHEN Xiuping, HU Wenshun, DENG Chaojun, ZHANG Xiaoyan, ZHANG Xijuan, ZHENG Shaoquan. Study on fruit diameter characters of loquat germplasm[J]. *Fujian Fruits*, 2009(3):22-29.

- [19] 蒋际谋,陈秀萍,胡文舜,姜帆,邓朝军,郑少泉.枇杷种质资源果实糖组分及含量特征[J].园艺学报,2015,42(9):1781-1788.
JIANG Jimou, CHEN Xiuping, HU Wenshun, JIANG Fan, DENG Chaojun, ZHENG Shaoquan. Characteristics of components and contents of soluble sugars in mature fruits of loquat germplasm[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2015, 42(9): 1781-1788.
- [20] 陈秀萍,黄爱萍,蒋际谋,郑少泉,邓朝军,魏秀清,胡文舜,姜帆.枇杷种质资源数量分类研究[J].园艺学报,2011,38(4):644-656.
CHEN Xiuping, HUANG Aiping, JIANG Jimou, ZHENG Shaoquan, DENG Chaojun, WEI Xiuqing, HU Wenshun, JIANG Fan. Numerical classification of the loquat germplasm[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(4): 644-656.
- [21] 赵双,尤伟忠,黄颖宏,郄红丽.基于主成分分析综合评价23个白沙枇杷品种果实品质[J].中国南方果树,2023,52(6):114-118.
ZHAO Shuang, YOU Weizhong, HUANG Yinghong, QIE Hongli. Comprehensive evaluation of fruit quality of 23 white flesh loquats based on principal component analysis[J]. South China Fruits, 2023, 52(6): 114-118.
- [22] 郑少泉.枇杷种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
ZHENG Shaoquan. Descriptors and data standard for loquat[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [23] 中华人民共和国农业部.农作物优异种质资源评价规范 枇杷:NY/T 2021—2011[S].北京:中国农业出版社,2011.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Evaluating standards for elite and rare germplasm resources Loquat [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.]: NY/T 2021—2011[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [24] 张辉,曹学仁,张蕾,李松刚,洪继旺,吴佶,张惠云,丁灿,罗心平,王家保.褐毛荔枝表型性状多样性研究[J].果树学报,2024,41(8):1546-1562.
ZHANG Hui, CAO Xueren, ZHANG Lei, LI Songgang, HONG Jiwang, WU Ji, ZHANG Huiyun, DING Can, LUO Xinping, WANG Jiabao. Study on the fruit phenotypic characters diversity of *Litchi chinensis* var. *fulvosus*[J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(8): 1546-1562.
- [25] 孙淑霞,谢红江,李靖,涂美艳,陈栋,江国良.枇杷果肉色泽深浅性状的分子标记鉴定[J].西南农业学报,2012,25(6):2227-2230.
SUN Shuxia, XIE Hongjiang, LI Jing, TU Meiyang, CHEN Dong, JIANG Guoliang. Molecular identification of fragments associated with fruit flesh color in loquat[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2012, 25(6):2227-2230.
- [26] FU X M, FENG C, WANG C Y, YIN X R, LU P J, GRIERSON D, XU C J, CHEN K S. Involvement of multiple phytoene synthase genes in tissue- and cultivar-specific accumulation of carotenoids in loquat[J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(16):4679-4689.
- [27] 胡文舜,邓朝军,许奇志,蒋际谋,姜帆,陈秀萍,郑少泉.19个枇杷杂交新品种(系)的 SSR 鉴定和指纹图谱构建[J].热带亚热带植物学报,2020,28(2):153-162.
HU Wenshun, DENG Chaojun, XU Qizhi, JIANG Jimou, JIANG Fan, CHEN Xiuping, ZHENG Shaoquan. Identification and fingerprint construction of 19 new hybrid varieties (lines) of loquat by SSR[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2020, 28(2):153-162.
- [28] 中国农业科学院果树研究所.果树种质资源目录-第一集[M].北京:中国农业出版社,1993.
Institute of Fruit, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Catalogue of fruit germplasm resources (Episode one)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993.
- [29] 中国农业科学院果树研究所.果树种质资源目录-第二集[M].北京:中国农业出版社,1998.
Institute of Fruit, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Catalogue of fruit germplasm resources (Episode two)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [30] 孙钧,李晓颖,徐红霞,张林,陈俊伟.基于 genic-SSR 标记的 MCID 法鉴定浙江白沙枇杷地方种质资源[J].果树学报,2018,35(5):539-547.
SUN Jun, LI Xiaoying, XU Hongxia, ZHANG Lin, CHEN Junwei. Identification of white flesh loquat germplasms of Zhejiang province with MCID strategy using genic-SSR markers[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(5): 539-547.
- [31] 谢丽雪,许家辉,张立杰,张小艳,郑姗,李韬.24份白肉枇杷种质资源的 ISSR 分析[J].福建农业学报,2012,27(3):261-266.
XIE Lixue, XU Jiahui, ZHANG Lijie, ZHANG Xiaoyan, ZHENG Shan, LI Tao. Genetic relationship analysis of 24 white-fleshed loquat (*Eriobotrya japonica*) germplasms by ISSR[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27(3): 261-266.
- [32] 刘娟,廖康,曼苏尔·那斯尔,赵世荣,刘欢,贾杨.新疆杏种质资源表型多样性研究[J].果树学报,2014,31(6):1047-1056.
LIU Juan, LIAO Kang, Mansur · Nasir, ZHAO Shirong, LIU Huan, JIA Yang. Research on phenotypic diversity of apricot germplasm resources in Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(6): 1047-1056.
- [33] 邓凤彬,罗立新,虎海防,欧阳叶青,袁雨婷,张锐.新疆野核桃坚果表型性状多样性分析[J].果树学报,2018,35(3):275-284.
DENG Fengbin, LUO Lixin, HU Haifang, OUYANG Yeqing, YUAN Yuting, ZHANG Rui. Analysis of phenotypic diversity of nuts in wild walnut (*Juglans cathayensis* Dode) in Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(3): 275-284.
- [34] 杨勇胜,王道静,陈阳松,范付华,魏椿,余桃,江旭升,李庆宏,李斌,陈树红.贵州枇杷种质资源分布及其产业发展概述[J].果树学报,2024,41(2):338-352.

- YANG Yongsheng, WANG Daojing, CHEN Yangsong, FAN Fuhua, WEI Chun, YU Tao, JIANG Xusheng, LI Qinghong, LI Bin, CHEN Shuhong. Overview of the distribution and industrial development of loquat germplasm resources in Guizhou[J]. Journal of Fruit Science, 2024, 41(2):338-352.
- [35] 郑少泉,蒋际谋,许家辉,陈秀萍,刘友接,李韬,张泽煌,黄爱萍,郑文松,余东,许奇志,张守梅,邓朝军,许秀淡,黄金松. 优质大果晚熟白肉枇杷新品种贵妃[J]. 福建果树, 2006(2):8-9.
- ZHENG Shaoquan, JIANG Jimou, XU Jiahui, CHEN Xiuping, LIU Youjie, LI Tao, ZHANG Zehuang, HUANG Aiping, ZHENG Wensong, YU Dong, XU Qizhi, ZHANG Shoumei, DENG Chaojun, XU Xiudan, HUANG Jinsong. A new high quality, large size, late-maturing white flesh loquat variety 'Guifei'[J]. Fujian Fruits, 2006(2):8-9.
- [36] 郑少泉,许家辉,蒋际谋,余东,陈秀萍,李韬,黄爱萍,魏秀清,邓朝军,郑文松,姜帆,陈志峰,郑姗,张立杰,谢丽雪,章希娟,张小艳,胡文舜,黄金松. 优质大果晚熟白肉枇杷新品种‘黄蜜’选育研究[J]. 福建果树, 2010(1):1-3.
- ZHENG Shaoquan, XU Jiahui, JIANG Jimou, YU Dong, CHEN Xiuping, LI Tao, HUANG Aiping, WEI Xiuqing, DENG Chaojun, ZHENG Wensong, JIANG Fan, CHEN Zhifeng, ZHENG Shan, ZHANG Lijie, XIE Lixue, ZHANG Xijuan, ZHANG Xiaoyan, HU Wenshun, HUANG Jinsong. Breeding of A new loquat variety 'Huangmi' with high quality, big fruit, late maturing and white pulp[J]. Fujian Fruits, 2010(1):1-3.
- [37] 郑少泉,蒋际谋,姜帆,邓朝军,陈秀萍,胡文舜,许家辉,许奇志,苏文炳. 特早熟优质大果白肉枇杷新品种‘三月白’[J]. 园艺学报, 2020, 47(增刊 2):2956-2957.
- ZHENG Shaoquan, JIANG Jimou, JIANG Fan, DENG Chaojun, CHEN Xiuping, HU Wenshun, XU Jiahui, XU Qizhi, SU Wenbing. A new extremely early ripening loquat cultivar 'Sanyuebai' with high quality, large size and white flesh[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(Suppl. 2):2956-2957.
- [38] 郑少泉,蒋际谋,邓朝军,姜帆,陈秀萍,胡文舜,许家辉,许奇志,苏文炳. 特早熟优质大果白肉枇杷新品种‘白雪早’[J]. 园艺学报, 2020, 47(增刊 2):2957-2958.
- ZHENG Shaoquan, JIANG Jimou, DENG Chaojun, JIANG Fan, CHEN Xiuping, HU Wenshun, XU Jiahui, XU Qizhi, SU Wenbing. A new extremely early ripening loquat cultivar 'Baixuezao' with high quality and large size[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(Suppl. 2):2957-2958.
- [39] 郑少泉,蒋际谋,邓朝军,姜帆,陈秀萍,胡文舜,许家辉,许奇志,苏文炳. 特晚熟优质大果白肉枇杷新品种‘香妃’[J]. 园艺学报, 2020, 47(增刊 2):2953-2954.
- ZHENG Shaoquan, JIANG Jimou, DENG Chaojun, JIANG Fan, CHEN Xiuping, HU Wenshun, XU Jiahui, XU Qizhi, SU Wenbing. A new extremely late ripening loquat cultivar 'Xiangfei' with high quality and large size[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(Suppl. 2):2953-2954.
- [40] 宋海岩,孙淑霞,陈栋,李靖,涂美艳,王玲利,徐子鸿,龚荣高,江国良. 枇杷新品种西蜀 2 号的选育[J]. 果树学报, 2022, 39(9):1733-1736.
- SONG Haiyan, SUN Shuxia, CHEN Dong, LI Jing, TU Meiyang, WANG Lingli, XU Zihong, GONG Ronggao, JIANG Guoliang. Breeding of a new loquat cultivar Xishu 2[J]. Journal of Fruit Science, 2022, 39(9):1733-1736.