

# 枇杷属植物落黄叶片颜色遗传多样性分析

单幼霞<sup>1</sup>, 邓朝军<sup>2,3</sup>, 胡文舜<sup>2,3</sup>, 陈俊伟<sup>4</sup>, 陈秀萍<sup>2,3</sup>, 秦巧平<sup>1,\*</sup>, 郑少泉<sup>2,3,\*</sup>

(<sup>1</sup>浙江省农产品品质改良技术研究重点实验室, 浙江农林大学农业与食品科学学院, 杭州 311300; <sup>2</sup>福建省农业科学院果树研究所, 福州 350013; <sup>3</sup>福建省龙眼枇杷育种工程技术研究中心, 福州 350013; <sup>4</sup>浙江省农业科学院园艺研究所, 杭州 310021)

**摘要:** 调查发现枇杷属 (*Eriobotrya*) 植物种质落黄叶片有红褐色、金黄色、紫红色等 24 种代表性色泽。通过便携式色差仪观测枇杷属 10 个种 176 份种质落黄叶片正面和背面的色泽参数, 探讨落黄叶片颜色的遗传多样性特征。结果表明: ①枇杷属植物落黄叶片正面和背面的色泽参数  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值变异系数差异较大, 变幅为 8.65%~185.30%, Shannon's 遗传多样性指数为 1.95, 说明落黄叶片色泽变异多样; ②不同种质类群间和不同来源地类群间的变异系数和 Shannon's 遗传多样性指数差异均较明显, 呈现出栽培驯化程度越高, 落黄叶片正面和背面的  $b$  值变异系数越小和  $a$  值变异系数越大的趋势; 云南、贵州、福建地区的类群多样性指数较高; ③系统聚类将落黄叶片正面色泽划分成 12 组, 背面分成 10 组, 且各组内所包含的枇杷种质类型差异大; ④ $L$  值、 $b$  值对落黄叶片正面和背面的系统聚类分析贡献率均较大, 落黄叶片正面  $L$  值与背面  $b$  值呈极显著正相关; ⑤落黄叶片颜色的遗传多样性可作为枇杷属植物形态学特征描述的补充, 为枇杷属植物的鉴别和利用提供新的参考, 对枇杷分类研究具有潜在价值。

**关键词:** 枇杷属; 种质资源; 落黄叶片; 叶片颜色; 遗传多样性

**中图分类号:** S 667.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2017) 04-0755-13

## Diversity Analysis of Loquat (*Eriobotrya*) Defoliation Color

SHAN Youxia<sup>1</sup>, DENG Chaojun<sup>2,3</sup>, HU Wenshun<sup>2,3</sup>, CHEN Junwei<sup>4</sup>, CHEN Xiuping<sup>2,3</sup>, QIN Qiaoping<sup>1,\*</sup>, and ZHENG Shaoquan<sup>2,3,\*</sup>

(<sup>1</sup>The Key Laboratory for Quality Improvement of Agricultural Products of Zhejiang Province, School of Agriculture and Food Science, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China; <sup>2</sup>Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; <sup>3</sup>Fruit Breeding Engineering Technology Research Center for Longan & Loquat, Fuzhou 350013, China; <sup>4</sup>Horticulture Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

**Abstract:** The investigation found that the defoliation color of *Eriobotrya* is abundant and various, including 24 kinds of representative colors such as red brown, golden yellow, purple red, etc. In this study, defoliation front and rear color parameters of 10 genera, 176 materials were determined by portable colorimeter in order to reveal the diversity characteristic of loquat defoliation color. Our results showed that: ①The coefficient range of variation ( $CV$ ) of the defoliation color parameters were 8.65% - 185.30%,

**收稿日期:** 2016-11-18; **修回日期:** 2017-04-01

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (31570679); 农业部热带作物种质资源保护项目 (15RZZY-15); 农业部物种资源保护项目 (2015NWB008); 浙江省果品新品种选育重大专项 (2016C02052-3)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: qinqp@zafu.edu.cn; zsq333555@163.com)

Shannon's diversity index reached to 1.95, which reveals the variance diversity of loquat defoliation color.

② Shannon's genetic diversity index and *CV* between different germplasm types and different origin groups were distinct obviously, color parameter *a* increased but *b* decreased with higher domestication; Shannon's diversity index of Yunnan, Guizhou and Fuzhou groups were relatively higher than others.

③ The front colors of defoliation were divided into 12 groups, and the rear colors were divided into 10 groups by systematic cluster analysis. And there are great differences among germplasm types within these groups.

④ Color parameter *L* and *b* make a greater contribution to the systematic cluster analysis. There was a very significant correlation between color parameter *L* and *b* of defoliation front and rear color.

⑤ Genetic diversity of defoliation color may be the complement of morphological feature description for loquat. Our results provide new reference for the identification and utilization of loquat resources and have potential value on loquat classification.

**Keywords:** *Eriobotrya*; germplasm resource; defoliation; leaf color; Shannon's diversity index

枇杷是蔷薇科 (Rosaceae) 枇杷属 (*Eriobotrya*) 植物, 起源于中国, 至少已有 2 000 多年的栽培历史 (邱武陵和章恢志, 1996)。形态特征的变异以植物自身的遗传为基础, 受遗传与环境、结构基因和调控基因等因素的综合调控, 常作为遗传变异的表征 (Brochmann et al., 1992)。叶片形态特征与植物的营养和其他生理、生态因子等密切相关 (Chechowitz et al., 1990), 是园艺植物种质资源鉴定的重要依据。关于叶片结构 (Zhang & Xia, 2007; 石祥刚 等, 2009)、叶脉 (岳明翠 等, 2010; 王永和何顺志, 2015)、叶柄 (宋文婵 等, 2011) 等遗传多样性研究已有较多报道, 而关于叶片颜色的相关研究还主要集中于观赏性园林植物, 应用于园艺作物的研究目前相对较少。本课题组已报道枇杷属种质资源秋梢叶片颜色、叶片长度、叶背茸毛等是枇杷属植物鉴定的重要形态特征之一 (胡文舜 等, 2009); 并将枇杷属植物的夏梢叶片正面颜色进行目测描述, 划分为黄绿色、浅绿色、绿色、深绿色、浅赤褐色等 5 类 (郑少泉, 2006)。目测是常规的叶色识别方法, 但主观误差大, 影响测定结果的稳定性和一致性; 采用便携式色差仪测定叶片色泽, 具有操作简单、快捷、无损伤测定的优点, 可数字化准确描述叶片色泽特征 (刘维信和娄艳, 2011; 马春晖 等, 2014)。但迄今为止, 还未见详尽描述枇杷属植物种质资源落黄叶片颜色特征以及利用色差仪对其遗传多样性进行分析的相关报道。

落黄叶片颜色是指枇杷成熟叶衰老至即将脱落时所呈现的可稳定遗传的色泽。本研究中利用色差仪观测枇杷属植物 176 份种质资源落黄叶片的颜色特征, 采用 CIE-*Lab* 表色系统数字化描述和统计分析枇杷属植物的落黄叶片颜色的遗传多样性, 并对落黄叶片代表性颜色进行描述, 为完善枇杷属植物资源的鉴定和分类研究提供科学参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

福建省农业科学院果树研究所国家果树种质福州枇杷圃位于福建省福州市晋安区新店镇涧田村埔党, 无霜期 300 d 以上, 1 月平均气温 11.6 °C、最低气温 - 2.2 °C, 7 月平均气温 28.9 °C、最高气温 38.6 °C, 全年平均温度 19.9 °C, 降雨量 1 000 mm 以上, 气候温暖湿润。2016 年 2—5 月从枇杷资源圃中选取有代表性的种质 10 个种 176 份, 种质来源于中国 (158 份)、日本 (8 份)、西班牙 (3 份)、美国 (3 份)、新西兰 (3 份)、南非 (1 份) 等 6 个国家, 其中中国种质来源于福建 (26

份)、浙江 (5 份)、江苏 (5 份)、安徽 (3 份)、江西 (2 份)、湖北 (3 份)、湖南 (1 份)、云南 (50 份)、贵州 (36 份)、四川 (11 份)、重庆 (1 份)、广东 (5 份)、广西 (8 份)、海南 (2 份) 等 14 个省市 (区), 种质类型包括栽培种 (主栽品种、地方品种、国外引种)、半野生种、野生种和野生近缘种等 (表 1); 种质树龄 10 年, 砧木为 ‘解放钟’ 实生苗, 栽培管理水平一致, 树势较好, 正常生长结果。选择完全褪绿, 代表该种质的落黄颜色特征, 轻轻触碰即脱落的落黄叶片, 每个种质随机采集 10 片。

## 1.2 测定方法

选取有代表性的落黄叶片, 采用便携式色差仪 HP-200 (深圳市汉普检测仪器有限公司) 测定其叶片正面和背面的色差值, 避开叶脉和叶片上的斑点区, 重复 3 次, 取平均值。记录的色泽参数如下: 颜色亮度 ( $L$ ), 取值范围 0 (黑色) ~ 100 (白色); 红绿色度 ( $a$ ), 取值范围 - 100 (偏绿色) ~ +100 (偏红色), 变化趋势为绿 → 灰 → 红, 绝对值越大颜色越深; 黄蓝色度 ( $b$ ), 取值范围 - 100 (偏蓝色) ~ +100 (偏黄色), 变化趋势为蓝 → 灰 → 黄, 绝对值越大颜色越深。

表 1 供试种质资源信息

Table 1 Information of loquat materials for defoliation leaves

种质类型 Germplasm type	来源地 Origin	序号 No.	种质名称 Germplasm name	种质类型 Germplasm type	来源地 Origin	序号 No.	种质名称 Germplasm name	
野生近缘种 Wild relative	云南 Yunnan	1	云南 130 号 Yunnan 130	半野生种 Semi-wild		30	蒙自 97 号 Mengzi 97	
		2	云南 132 号 Yunnan 132			31	云南野生枇杷	
		3	云南 46 号 Yunnan 46				Yunnan Yesheng Pipa	
		4	云南 153 号 Yunnan 153			32	文山野生 2 号	
		5	云南 162 号 Yunnan162				Wenshan Yesheng 2	
		6	云南 209 号 Yunnan 209			广西 Guangxi	33	小毛枇杷 Xiaomao Pipa
		7	云南 55 号 Yunnan 55				34	大毛枇杷 Damao Pipa
		8	云南 183 号 Yunnan 183				荔枝枇杷 Lizhi Pipa	
		9	云南 29 号 Yunnan 29			贵州 Guizhou	35	贵州野生 Guizhou Yesheng
		10	云南 83 号 Yunnan 83				36	酸枇杷 Suanpipa
		11	云南 128 号 Yunnan 128			海南 Hainan	37	海南野生 Hainan Yesheng
		12	麻栗坡枇杷 <i>E. malipoensis</i> Kuan				38	海南野生 Hainan Yesheng
		13	南亚狭叶枇杷 Nanya Xiaye Pipa			日本 Japan	39	豆枇杷 Doupipa
		14	南亚枇杷				40	大坡顶 2 号 Dapoding 2
			<i>E. bengalensis</i> (Roxb) Hook. f.	41	龙早 2 号 Longzao 2			
			南亚枇杷窄叶变型 <i>E. bengalensis</i> (Roxb) Hook. f. <i>forma angustifolia</i>	42	杨柳 4 号 Yangliu 4			
			倒卵叶枇杷	43	天星桥 3 号 Tianxingqiao 3			
			<i>E. obovata</i> W. W. Smith	44	布衣枇杷 Buyi Pipa			
	广西 Guangxi	17	大瑶山枇杷	45	龙早 1 号 Longzao 1			
			<i>E. dayaoshanensis</i> Chen.	46	杨柳白肉 Yangliu Bairou			
	贵州 Guizhou	18	小叶枇杷 <i>E. seguinii</i> Levl Card. Ex	47	罗甸枇杷 Luodian Pipa			
			Guillaumin	48	大坡顶 3 号 Dapoding 3			
	四川 Sichuan	19	栎叶枇杷	49	天星桥 1 号 Tianxingqiao 1			
			<i>E. prinoides</i> Rehd. & Wils.	50	碑林门 1 号 Beilinmen 1			
	四川 Sichuan	20	大花枇杷	云南 Yunnan	51	碑林门 2 号 Beilinmen 2		
			<i>E. cavaleriei</i> (Levl.) Rehd.		52	哨田枇杷 Shaotian Pipa		
	海南 Hainan	21	台湾枇杷	53	云南红肉 Yunnan Hongrou			
			<i>E. deflexa</i> (Hemsl.) Nakai	54	厚叶枇杷 Houye Pipa			
野生种 Wild	云南 Yunnan	22	兴安 1 号 Xing'an 1	55	重瓣枇杷 Chongban Pipa			
		23	兴安 4 号 Xing'an 4	56	以且枇杷 Yiqie Pipa			
		24	蒙自 92 号 Mengzi 92	57	沙锅野生 2 号 Shaguo Yesheng 2			
		25	蒙自 125 号 Mengzi 125	58	沙锅酸 Shaguosuan			
		26	蒙自 71 号 Mengzi 71	59	沙锅野生 3 号 Shaguo Yesheng 3			
		27	蒙自 231 号 Mengzi 231	60	沙锅甜 Shaguotian			
		28	蒙自 233 号 Mengzi 233	61	沙锅寨桥头			
		29	蒙自 76 号 Mengzi 76	62	Shaguozhai Qiaotou			
				62	沙锅寨野生 1 号			
					62	Shaguozhai Yesheng 1		

续表 1

种质类型 Germplasm type	来源地 Origin	序号 No.	种质名称 Germplasm name	种质类型 Germplasm type	来源地 Origin	序号 No.	种质名称 Germplasm name
栽培种 Cultivar	安徽 Anhui	63	安徽大红袍 Anhui Dahongpao		湖北 Hubei	122	湖北六二 Hubei Liu'er
		64	朝宝 Zhaobao			123	金福枇杷 Jinfu Pipa
		65	白花 Baihua			124	湖北早白 Hubei Zaobai
	福建 Fujian	66	雷公槌 Leigongchui		湖南 Hunan	125	湖南白沙 Hunan Baisha
		67	晚红 Wanhong		江苏 Jiangsu	126	霸红 Bahong
		68	隆兴本 Longxingben			127	富阳 Fuyang
		69	解放钟 Jiefangzhong			128	黄早 Huangzao
		70	太城无核 Taicheng Wuhe			129	冠玉 Guanyu
		71	多 12 号 Duo 12			130	黄皮 Huangpi
		72	皱本 Zhouben		江西 Jiangxi	131	杨梅洲 4 号 Yangmeizhou 4
		73	春绿 2 号 Chunlü 2			132	珠络红沙 Zhuluo Hongsha
		74	霞皋 20 号 Xiagao 20		美国 America	133	香槟 Champagne
		75	万坂 30 号 Wanban 30			134	先进 Sensin
		76	樟林单核 Zhanglin Danhe			135	黄金块 Goldstone
		77	多 7 号 Duo 7		南非 South Africa	136	四季枇杷 Siji Pipa
		78	乌躬白 Wugongbai				
		79	长红 3 号 Changhong 3		日本 Japan	137	天草早生 Tiancao Zaosheng
		80	白梨 3 号 Baili 3			138	瑞穗 Mizuho
		81	阡中 1 号 Qianzhong 1			139	福原早生 Fukuhara Hayasoua
		82	白枇杷 Baipipa			140	台湾茂木 Taiwan Motegi
		83	梅花霞 Meihuaxia			141	田中 Tanaka
		84	贵妃 Guifei			142	森尾早生 Moriowase
		85	南峰少核 Nanfeng Shaohe			143	阳玉 Yangyu
		86	闽矮 1 号 Min'ai 1		四川 Sichuan	144	朝天果 1 号 Chaotianguo 1
		87	红猴本 Honghouben			145	香纳 Xiangna
		88	云霄圆红 Yunxiao Yuanhong			146	大五星 Dawuxing
		89	荻芦早熟 Qiulu Zaoshu			147	光荣 1 号 Guangrong 1
		90	早钟 6 号 Zaozhong 6			148	龙泉 77 Longquan 77
		91	塘头醮核 Tangtou Jiaohu			149	纳溪早红 Naxi Zaohong
	广东 Guangdong	92	红种 Hongzhong			150	西羌 Xiqiang
		93	多宝 2 号 Duobao 2			151	七星 Qixing
		94	乌脐 Wuqi			152	常白 3 号 Changbai 3
		95	小乌脐 Xiaowuqi		西班牙 Spain	153	西班牙 5 号 Spain 5
		96	港口 8 号 Gangkou 8			154	西班牙 2 号 Spain 2
	广西 Guangxi	97	卓南 1 号 Zhuonan 1			155	西班牙 4 号 Spain 4
		98	龙门 1 号 Longmen 1		新西兰 New Zealand	156	新西兰红肉 New Zealand Hongrou
		99	蜜糖枇杷 Mitang Pipa			157	新西兰白肉 New Zealand Bairou
		100	白囊枇杷 Bainang Pipa			158	新西兰黄肉 New Zealand Huangrou
	贵州 Guizhou	101	笃山枇杷 2 号 Dushan Pipa 2				
		102	软枣枇杷 Ruanzao Pipa		云南 Yunnan	159	黄花岗枇杷 Huanghua Pipa
		103	钱相枇杷 Qianxiang Pipa			160	花箐枇杷 Huaqing Pipa
		104	埂坡枇杷 Gengpo Pipa			161	罗雄 2 号 Luoxiong 2
		105	埂坡 2 号 Gengpo 2			162	西邑枇杷 Xiyi Pipa
		106	埂坡黄花 Gengpo Huanghua			163	芷村 1 号 Zhicun 1
		107	笃山晚熟 Dushan Wanshu			164	罗雄枇杷 Luoxiong Pipa
		108	笃山软瓜 Dushan Ruanzhuo			165	莫别扁圆枇杷 Mobie Bianyuan Pipa
		109	丰都枇杷 Fengdu Pipa				
		110	笃山枇杷 Dushan Pipa			166	莫别大枇杷 Mobie Dapipa
		111	大坪枇杷 Daping Pipa			167	莫别圆枇杷 Mobie Yuanpipa
		112	软枣枇杷 3 号 Ruanzao Pipa 3			168	岔沟 1 号 Chagou 1
		113	小五角 Xiaowujiao			169	簸咪底 4 号 Bomidi 4
		114	大坪 3 号 Daping 3			170	先奇白 2 号 Xianqibai 2
		115	洋枇杷 Yangpipa		浙江 Zhejiang	171	塘栖迟红 Tangqi Chihong
		116	本地枇杷 Bendi Pipa			172	大红袍 Dahongpao
		117	农家乐 Nongjiale			173	宝珠 Baozhu
		118	光面软枣枇杷 Guangmian Ruanzao Pipa			174	细叶杨墩 Xiye Yangdun
		119	江岸枇杷 Jiang'an Pipa			175	宁海白 Ninghaibai
		120	红星枇杷 Hongxing Pipa		重庆 Chongqing	176	蜡烛 4 号 Lazhu 4
		121	大坪 2 号 Daping 2				

### 1.3 图片采集、颜色特征描述

在采集的试样中, 按不同颜色类别进行归类, 在各类别中选择有代表性的落黄叶片, 在自然光条件下采用佳能相机 (SX50 HS) 采集叶片正面和背面的标准化图像, 规格为 1 024 px × 768 px; 然后用国际标准色卡 RAL-K7 (德国) 比对描述颜色特征和记录对应颜色编号。

采用 Microsoft Excel 2010 整理数据, 计算变异系数 (*CV*) 和遗传多样性 Shannon-Weave 指数 *H'* (蒋会兵 等, 2013)。对所测定的落黄叶片正面和背面的色泽参数 *L*、*a*、*b* 值的数据输入 SPSS20.0 软件, 进行系统聚类分析, 绘制树状图, 聚类方式为组间联接法, 度量标准为平方 Euclidean 距离; 并对相关数据在 SPSS20.0 软件上进行主成分分析和相关性分析。

在 Adobe Photoshop CC 调色板上, 根据落黄叶片正面和背面色泽参数 *L*、*a*、*b* 值的聚类结果, 输入所测定的色泽参数 *L*、*a*、*b* 值, 即可生成相对应的叶片色域, 然后用国际标准色卡 RAL-K7 (德国) 比对描述其颜色特征和记录颜色编号。

## 2 结果与分析

### 2.1 枇杷属植物落黄叶片颜色特征多样性

枇杷属植物落黄叶片颜色见图 1。落黄叶片正面颜色包含有巧克力棕、红褐色、浅灰褐色、栗褐色、蜜黄色、金黄色、米褐色、绿黄色、黄橙色、朱红色、浅红橙、信号红、火焰红、宝石红、

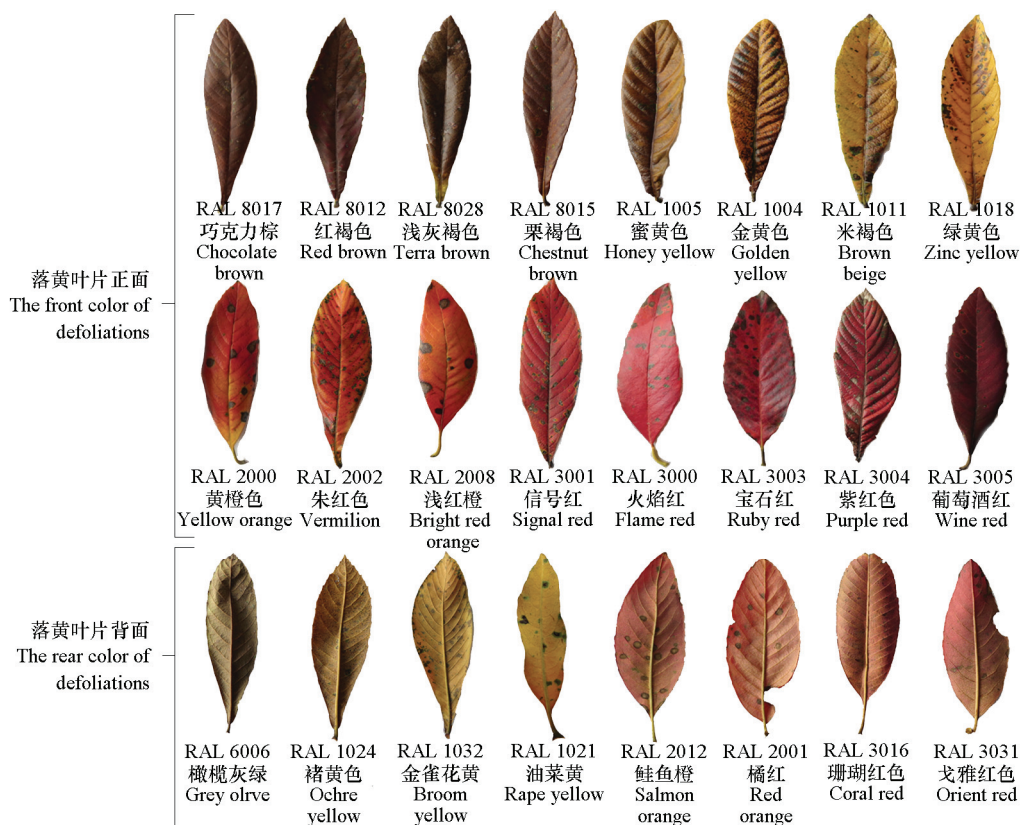


图 1 枇杷属植物落黄叶片正面和背面的颜色特征

Fig. 1 Front and rear color characteristics of loquat defoliation

紫红色、葡萄酒红等 16 类；落黄叶片背面颜色有橄榄灰绿、褚黄色、金雀花黄、油菜黄、鲑鱼橙、橘红、戈雅红色、珊瑚红等 8 类，表明枇杷属植物落黄正面和背面色泽均表现出极大的丰富性和遗传多样性。

176 份资源落黄叶片正面  $L$  值变幅为 27.94~63.70，平均 43.74； $a$  值变幅为 -8.74~54.6，平均 14.32； $b$  值变幅为 2.19~54.39，平均 21.74； $L$ 、 $a$ 、 $b$  值的变幅均较大，变异系数为 18.67%~85.27%，3 个色泽参数的多样性指数平均为 2.00，可见枇杷属植物种质间落黄叶片正面颜色亮度、红绿色度和黄蓝色度差异明显（表 2）。

落黄叶片背面  $L$  值变幅为 33.27~72.42，平均为 57.44； $a$  值变幅为 -8.43~33.44，平均为 3.09； $b$  值变幅为 5.43~40.59，平均为 25.25； $L$ 、 $a$ 、 $b$  值的变幅均较大，变异系数为 8.65%~185.30%，多样性指数平均值为 1.90，可见枇杷属植物种质间落黄叶片背面颜色亮度、红绿色度和黄蓝色度差异也非常明显（表 2）。

综上所述，落黄叶片正面和背面的颜色变幅和变异系数均较大，多样性指数平均值达 1.95，表明落黄叶片颜色的亮度、红绿色度和黄蓝色度出现不同程度分化，遗传差异明显。

表 2 176 份枇杷种质落黄叶片正面和背面色泽参数

Table 2 Statistical analysis of defoliation front and rear color parameters for 176 loquat germplasm resources

叶片 Leaf	色泽参数 Color parameter	平均值 $\bar{X}$	标准差 $SD$	最小值 Min.	最大值 Max.	变异系数/% $CV$	多样性指数 $H'$
正面 Front	$L$	43.74	8.17	27.94	63.70	18.67	2.03
	$a$	14.32	12.21	-8.74	54.60	85.27	2.02
	$b$	21.74	13.26	2.19	54.39	61.03	1.96
背面 Rear	$L$	57.44	4.97	33.27	72.42	8.65	1.91
	$a$	3.09	5.73	-8.43	33.44	185.30	1.78
	$b$	25.25	5.39	5.43	40.59	21.33	2.02

## 2.2 不同种质类型落黄叶片颜色特征的变异

从表 3 可知，不同种质类落黄叶片正面  $L$  值和  $b$  值变异系数最大的均为野生近缘种，最小均为栽培种，变幅分别为 17.93%~20.93%和 55.55%~82.88%，这表明野生近缘种间落黄叶片正面色泽的亮度和黄蓝色度差异较大，栽培种差异较小；而  $a$  值变异系数的变幅为 58.40%（野生近缘种）~86.69%（栽培种），由此可知，栽培种落黄叶片正面颜色的红绿色度差异大，而野生近缘种间差异相对较小。

表 3 不同种质类型的落黄叶片正面和背面的变异系数（ $CV$ ）和多样性指数（ $H'$ ）

Table 3 The coefficient of variance ( $CV$ ) and diversity index ( $H'$ ) of defoliation front and rear color parameters for different germplasm types

种质类型 Germplasm type	正面 Front						背面 Rear					
	$L$		$a$		$b$		$L$		$a$		$b$	
	$CV$ %	$H'$	$CV$ %	$H'$	$CV$ %	$H'$	$CV$ %	$H'$	$CV$ %	$H'$	$CV$ %	$H'$
野生近缘种 Wild relative	20.93	0.48	58.40	0.47	82.88	0.48	7.89	0.50	105.68	0.45	34.49	0.46
野生种 Wild	19.32	0.41	84.45	0.43	59.88	0.41	11.05	0.42	134.51	0.40	21.85	0.40
半野生 Semi-wild	20.15	0.53	65.90	0.52	72.15	0.50	8.07	0.44	116.49	0.49	15.32	0.52
栽培种 Cultivar	17.93	1.58	86.69	1.56	55.55	1.54	8.29	1.53	198.05	1.40	19.18	1.58
平均 Average	19.59	0.75	73.86	0.74	67.61	0.73	8.82	0.72	138.69	0.69	22.71	0.74

不同种质类型落黄叶片背面  $L$  值变异系数变幅为 7.89%（野生近缘种）~11.05%（野生种），说明野生种的落黄叶片背面色泽的亮度差异较大； $a$  值变异系数变幅为 105.68%~198.05%，这表明枇

杷属植物不同种质类型的落黄叶片背面红绿色度差异大, 类型比较丰富;  $b$  值变异系数从大到小依次为: 野生近缘种 > 野生种 > 栽培种 > 半野生种 (表 3), 表明栽培驯化程度越高, 枇杷种质落黄叶片背面的黄蓝色度差异越小, 反之黄蓝色度越为丰富。

除落黄叶片背面  $L$  值外, 叶片的正面和背面其他色泽参数的多样性指数大小变化顺序一致, 从大到小依次都为: 栽培种 > 半野生种 > 野生近缘种 > 野生种, 差异明显 (表 3)。

### 2.3 不同来源地类群落黄叶片颜色的遗传多样性

不同来源地的 13 个类群的落黄叶片正面颜色的  $L$  值、 $b$  值变异系数最大的为中国贵州类群, 最小的为美国类群, 而  $a$  值变异系数最大的是西班牙类群, 最小的是安徽类群; 说明贵州类群的落黄叶片正面的亮度和黄蓝色度变异最为丰富。叶片背面  $L$  值、 $b$  值变异系数最大的分别为安徽类群和西班牙类群, 最小的为新西兰类群, 而  $a$  值变异系数最大的是广西类群, 最小的是浙江类群; 说明安徽、西班牙、广西类群的落黄叶片背面的亮度、红绿色度、黄蓝色度的多样性突出 (表 4)。

从表 4 可见, 落黄叶片正面和背面色泽参数  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值的多样性指数较高的 5 个来源地, 从大到小依次均为: 云南 > 贵州 > 福建 > 四川 > 广西, 平均值分别为 0.87、0.71、0.54、0.27、0.21, 可见这 5 个地区种质的落黄叶片颜色的亮度、红绿色度、黄蓝色度遗传差异较大。

综上所述, 丰富的落黄叶片颜色类型以及野生枇杷的发现, 印证了云贵地区是枇杷的起源中心, 四川和广西是枇杷次生起源的核心地区, 而福建由于枇杷栽培面积大, 历史悠久, 导致当地枇杷的栽培演化类型极为丰富。

表 4 不同来源地类群的落黄叶片正面和背面色泽参数的变异系数 (CV) 和多样性指数 ( $H'$ )

Table 4 The coefficient of variance (CV) and diversity index ( $H'$ ) of defoliation front and rear color parameters for different origins

来源地类群 Origin group	正面 Front				背面 Rear							
	$L$		$a$		$b$		$L$		$a$		$b$	
	CV/%	$H'$	CV/%	$H'$	CV/%	$H'$	CV/%	$H'$	CV/%	$H'$	CV/%	$H'$
云南 Yunnan	19.91	0.92	71.33	0.85	70.14	0.86	8.21	0.90	141.55	0.87	20.65	0.84
贵州 Guizhou	20.71	0.72	53.81	0.72	74.74	0.71	10.70	0.67	130.30	0.67	21.15	0.74
福建 Fujian	17.61	0.58	146.88	0.50	49.39	0.53	11.27	0.56	787.63	0.52	24.36	0.53
安徽 Anhui	12.14	0.08	24.49	0.08	36.79	0.08	12.17	0.08	237.13	0.08	17.38	0.07
广东 Guangdong	11.17	0.14	53.44	0.14	38.09	0.14	4.41	0.14	413.77	0.13	9.15	0.12
广西 Guangxi	20.42	0.21	146.23	0.22	62.07	0.22	8.13	0.22	1134.39	0.21	26.61	0.20
江苏 Jiangxi	11.66	0.12	100.53	0.10	41.05	0.12	3.98	0.12	458.53	0.12	12.24	0.11
浙江 Zhejiang	15.83	0.03	27.10	0.03	54.21	0.03	4.98	0.03	65.89	0.03	12.51	0.03
四川 Sichuan	18.09	0.29	61.85	0.28	58.46	0.27	3.50	0.27	126.90	0.25	29.42	0.25
日本 Japan	14.24	0.21	85.94	0.22	43.48	0.21	5.02	0.20	94.71	0.21	23.07	0.21
西班牙 Spain	17.09	0.09	573.67	0.09	45.00	0.08	11.89	0.08	428.32	0.09	29.80	0.09
新西兰 New Zealand	15.12	0.09	165.84	0.08	40.55	0.08	2.58	0.09	186.75	0.09	5.31	0.09
美国 American	2.22	0.08	106.90	0.08	4.77	0.09	3.98	0.09	243.65	0.09	13.41	0.09
平均 Average	15.09	0.27	36.21	0.26	47.60	0.26	6.99	0.26	342.27	0.26	18.85	0.26

### 2.4 系统聚类分析

从系统聚类图可知, 根据平方欧式距离在 5.0 处划线, 可将 176 份种质落黄叶片正面颜色划分为 12 组, 编号为 Z1 ~ Z12, 背面颜色划分为 10 组, 编号为 B1 ~ B10; 在聚类结果基础上, 依据  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值在计算机调色板上生成各组对应的直观色域 (图 2, 图 3)。

Z1 组生成的落黄叶片正面色域为紫红色、红褐色, 有 37 份种质; 来源于日本、新西兰以及中国的福建、贵州、云南、广西等 8 个省(区); 包含大瑶山枇杷和南亚枇杷等 5 份野生近缘种、豆枇杷等 5 份野生种、哨田枇杷等 7 份半野生种、细叶杨墩等 20 份栽培种。Z2 组色域为葡萄酒红、橄榄棕色, 包含 18 份种质; 来源于贵州、云南、四川、广东、广西、福建、湖北等; 有大花枇杷、栎叶枇杷等 3 份野生近缘种、野生种酸枇杷 1 份、沙锅寨桥头等半野生种 3 份、农家乐等栽培种 10 份。Z3 组的色域为崧蓝紫色, 只有贵州的杨柳 4 号和布衣枇杷 2 份半野生种。Z4 组色域为米褐色, 共 30 份种质; 来源于日本、西班牙和中国的福建、广西、贵州、云南等 10 个省(区); 包含瑞穗等 21 份栽培种、荔枝枇杷等 6 份野生种以及沙锅酸等 3 份半野生种。Z5 组色域为玫瑰色, 有 4 份种质, 包括南亚枇杷窄叶变型等 2 份野生近缘种、半野生种天星桥 3 号和野生种蒙自 231 号。Z6 组色域为酒红紫, 共 10 份种质, 有南亚狭叶枇杷和倒卵叶枇杷等 7 份云南野生近缘种、江苏栽培种黄皮和钱相枇杷等 2 份贵州栽培种。Z7 组色域为金雀花黄, 共 3 份种质, 有福建栽培种雷公槌、野生近缘种云南 55 号和野生种蒙自 233 号。Z8 组的色域为褚黄色, 共 26 份种质, 包含云南野生近缘种麻栗坡枇杷、先进等 3 份美国栽培种、日本栽培种田中、栽培种西班牙 4 号、新西兰栽培种新西兰白肉和福建、四川、贵州、广西、江苏的共 14 份栽培种, 以及罗甸枇杷等 3 份半野生种和兴安 4 号等 2 份野生种。Z9 组色域为土棕褐色, 共 34 份种质, 有贵州野生近缘种小叶枇杷, 蒙自 71 号等 2 份野生种, 以及枇杷等 3 份半野生种, 天草早生等 2 份日本栽培种, 南非栽培种四季枇杷和中国安徽、福建、贵州、广东、湖北、湖南、四川、江苏、云南、浙江、广西的栽培种共 27 份。Z10 组色域为米灰色, 只有闽矮 1 号和万板 30 号 2 份福建栽培种。Z11 组色域为咖喱色, 共 9 份种质, 有海南野生近缘种台湾枇杷和半野生种大坡顶 3 号, 来源于日本、西班牙、新西兰和中国广西、云南的栽培种各 1 份以及福建的 2 份栽培种。Z12 组色域为浅米棕色, 只有贵州栽培种软枣枇杷。

B1 组生成的落黄叶片背面色域为褚黄色、橄榄黄色, 有 122 份种质, 包含香槟等 2 份美国栽培种、阳玉等 4 份日本栽培种、西班牙 2 号等 2 份西班牙栽培种、新西兰黄肉等 3 份新西兰栽培种和来源于中国安徽、福建、广东、广西、贵州、湖北、江苏、江西、四川、云南、浙江、重庆的共 78 份栽培种, 来源于云南、贵州的 19 份半野生种和来源于日本和中国的海南、贵州、云南、广西的共 10 份野生种, 以及小叶枇杷等 4 份野生近缘种。B2 组色域为米褐色、橄榄灰绿色, 有 35 份种质; 来源于美国、南非、西班牙、日本和中国的福建、广西、贵州、海南、湖南、江苏、四川、云南、浙江; 包含台湾枇杷、南亚枇杷和麻栗坡枇杷等 6 份野生近缘种, 文山野生 2 号等 6 份野生种、龙早 2 号等 2 份半野生种和黄金块等 21 份栽培种。B3 组色域为浅绿色, 只有贵州半野生种布衣枇杷、福建栽培种万板 30 号 2 份种质。B4 组(咖喱色)、B5 组(米红色)、B10 组(土灰黄)都只有 1 份种质, 分别为广西野生近缘种大瑶山枇杷、贵州半野生种天星桥 3 号、野生种云南野生枇杷。B6 组色域为鲑鱼粉红, 有南亚狭叶枇杷、倒卵叶枇杷等 3 份野生近缘种。B7 组色域为崧蓝紫色, 只有野生种贵州野生和野生近缘种栎叶枇杷 2 份种质。B8 组色域为鲑鱼橙, 有 7 个种质, 大花枇杷和南亚枇杷窄叶变型等 6 份野生近缘种, 以及栽培种罗雄枇杷。B9 组色域为绿灰色, 有福建栽培种隆兴本和贵州栽培种软枣枇杷。

综上所述, 落黄正面颜色 Z1 组(紫红色、红褐色)、Z4 组(米褐色)、Z8 组(褚黄色)、Z9 组(土棕褐色)的种质数之和为 128 份, 占 176 份种质资源的 72.73%, 表明这四个组的色域可代表大部分枇杷属植物落黄叶片正面的颜色特征; 落黄背面颜色 B1 组(褚黄色、橄榄黄色)、B2 组(米褐色、橄榄灰绿)的种质数目之和为 142, 占 176 份种质资源的 80.68%, 可见这两个组的色域象征绝大多数枇杷属植物落黄叶片背面的颜色特征。



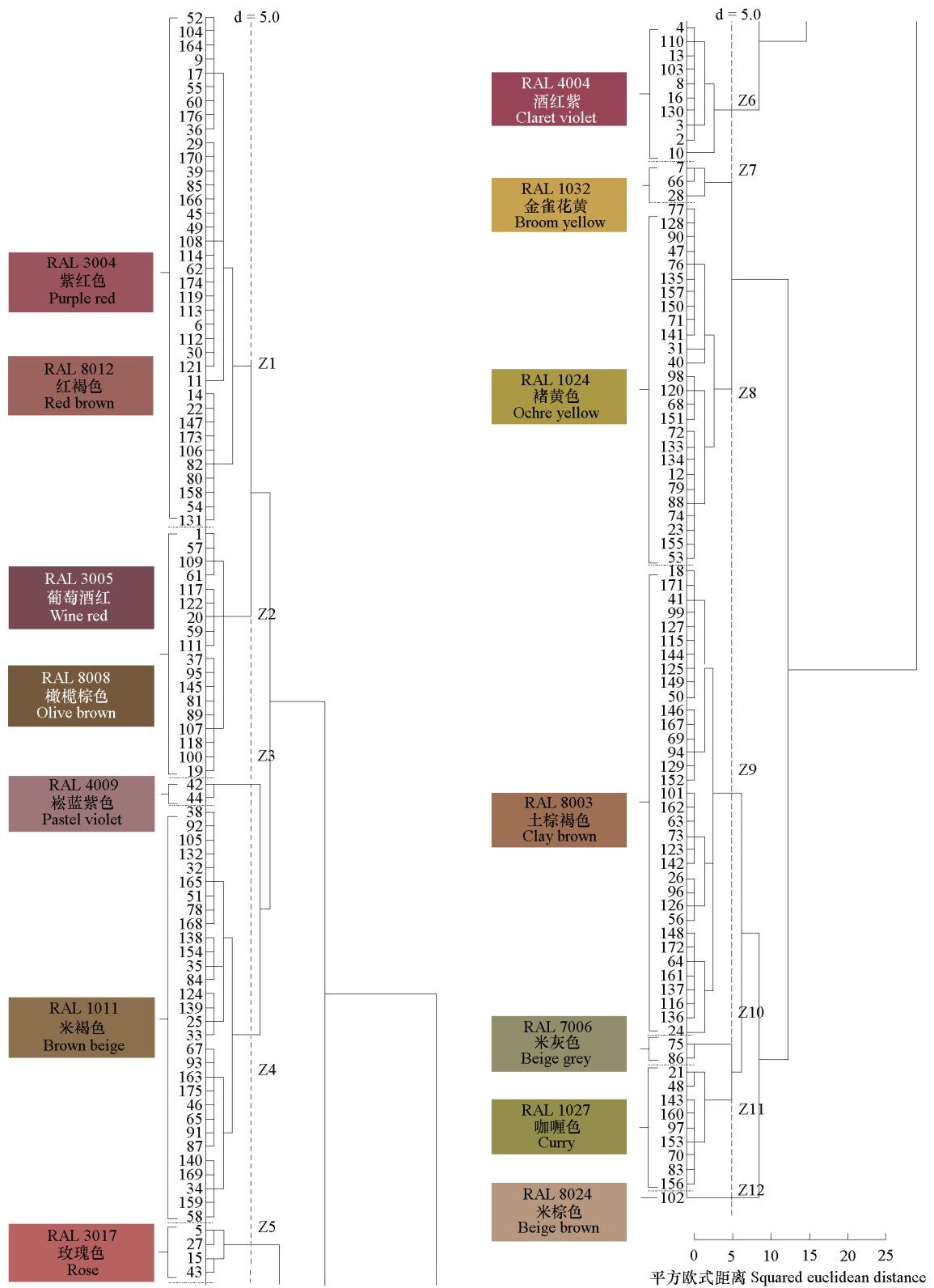


图 2 基于落黄叶片正面颜色参数的 176 份枇杷的种质资源的系统聚类  
 代号详见表 1。

Fig. 2 Dendrogram of 176 loquat germplasm resources based on front color parameters of defoliation  
 Code see in Table 1.

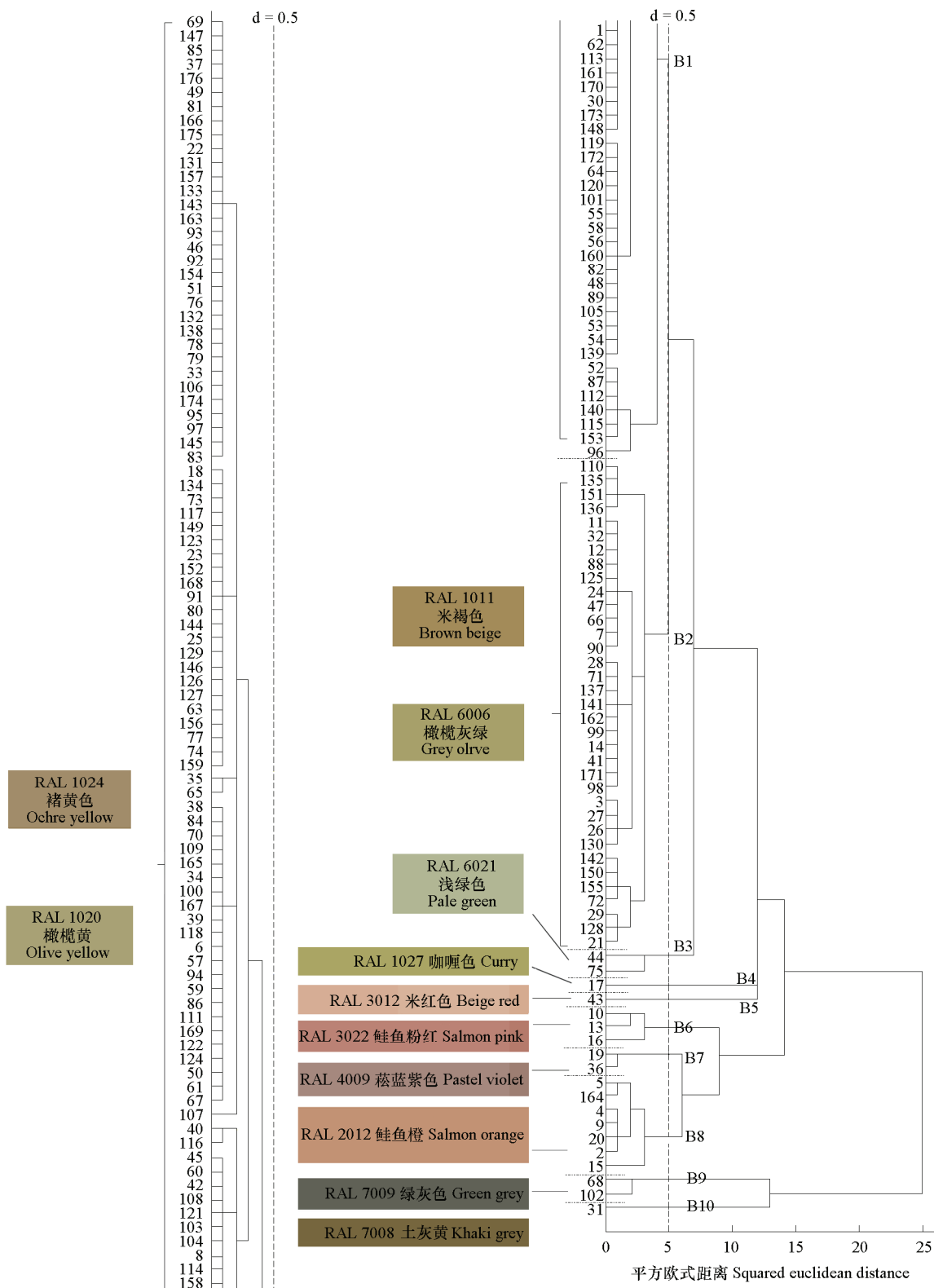


图3 基于落黄叶片背面颜色参数的176份枇杷的种质资源的系统聚类  
 代号详见表1。

Fig. 3 Dendrogram of 176 loquat germplasm based on rear color parameters of defoliation  
 Code see in Table 1.

## 2.5 落黄叶片正面和背面色泽的主成分分析和相关分析

落黄叶片正面色泽参数的主成分分析结果(表 5)显示, 前 2 个主成分的累积贡献率达到 98.2%; 第 1 主成分贡献率为 76.542%, 第 2 主成分贡献率为 21.660%, 特征向量绝对值较大的是  $L$  和  $b$ , 其特征向量绝对值都在 0.9 以上, 主要反映了色彩的亮度和黄蓝程度。

落黄叶片背面色泽参数的主成分分析结果(表 5)显示, 前 2 个主成分的累积贡献率达到 85.705%; 第 1 主成分贡献率为 53.517%, 第 2 主成分贡献率为 32.188%, 特征向量绝对值较大的是  $L$  和  $b$ , 其特征向量绝对值都在 0.7 以上, 主要反映了叶片背面颜色的亮度和黄蓝程度。

色泽参数的相关分析结果(表 6)显示, 落黄叶片正面  $L$  值与背面  $b$  值呈极显著正相关, 说明落黄叶片正面的亮度和背面的黄蓝色度明显相互影响; 落黄叶片正面  $a$  值与背面  $a$  值呈极显著正相关, 相关系数为 0.672, 可见落黄叶片正面和背面的红绿色度相互影响, 具有高度一致性; 落黄叶片正面  $a$  值与背面  $b$  值呈极显著负相关, 表明落黄正面的红绿色度越高, 落黄背面黄蓝色度越低, 反之亦然; 落黄叶片正面的  $b$  值与背面的  $b$  值呈极显著正相关, 显示落黄叶片正面和背面黄蓝色度具有一致性。

表 5 落黄叶片正面和背面颜色参数的主成分分析

Table 5 Principal component analysis of front and rear color parameters of defoliations

叶片 Leaf	主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	贡献率/% Contribution ratio	贡献累积率/% Accumulative contribution ratio
正面 Front	1	2.296	76.542	76.542
	2	0.650	21.660	98.202
	3	0.054	1.798	100.000
背面 Rear	1	1.606	53.517	53.517
	2	0.966	32.188	85.705
	3	0.429	14.295	100.000

表 6 落黄叶片的正面和背面色泽参数的相关分析

Table 6 Correlation coefficient between front and rear color parameters of defoliations

正面 Front	背面 Rear		
	$L$	$a$	$b$
$L$	0.121	-0.167	0.381**
$a$	0.091	0.672**	-0.196*
$b$	0.104	-0.237**	0.473**

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

## 3 讨论

枇杷的野生种质资源和地方品种资源十分丰富, 其形态学特征尤其是叶片性状的遗传差异明显, 叶背茸毛、叶形大小、锯齿形状、秋梢叶片颜色、叶柄长度等叶片特征常作为枇杷属植物种质鉴定和分类的重要依据(邱武陵和章恢志, 1996; 杨向晖等, 2007; 胡文舜等, 2009), 而落黄叶片颜色的多样性却一直被忽视。本结果揭示了枇杷属植物落黄叶片颜色具有丰富的遗传多样性, 落黄叶片正面有红褐色、栗褐色、蜜黄色、黄橙色、火焰红、紫红色等, 落黄叶片背面有橄榄灰绿、褚黄色、橘红、戈雅红、珊瑚红等。

枇杷属植物落黄叶片正面和背面色泽参数  $L$ 、 $a$ 、 $b$  值变异系数差异较大, 变幅为 8.65%~185.30%。不同种质类群的色泽参数变异系数差异明显, 并表现出栽培驯化程度越高, 落黄叶片正面和背面黄蓝色度( $b$ )变异系数越小和红绿色度( $a$ )变异系数越大的趋势; 不同来源地类群种质落黄叶片颜色的遗传变异特征也存在差异, 贵州是枇杷属植物的起源中心之一, 其类群落黄叶片正面的亮度和黄蓝色度变异最为丰富; 落黄叶片正面的  $a$  值变异系数最大是西班牙类群, 而落黄叶片背面 3 个色泽参数变异幅度相对较高是栽培种丰富的福建和为枇杷次生起源中心的广西。

邓朝军等(2009)根据果实性状对 172 份不同类型枇杷进行了遗传多样性分析, 平均遗传多样

性指数为 0.57, 远低于本研究中 176 份种质的 1.95, 这表明枇杷属落黄叶片颜色的遗传多样性突出。但不同种质类群间的遗传多样性存在差异, 以栽培种类群的遗传多样性指数平均值最高 ( $H' = 1.53$ ), 以野生种类群最低 ( $H' = 0.41$ ), 表现出栽培驯化程度越高, 落黄叶片正面和背面遗传多样性指数越高的趋势; 云南类群 ( $H' = 0.84$ )、贵州类群 ( $H' = 0.74$ )、福建类群 ( $H' = 0.54$ ) 的落黄叶片颜色遗传多样性指数相对较高, 说明这 3 个地区的枇杷种质类型落黄叶片颜色较丰富, 云贵地区是枇杷属植物重要的起源中心, 而福建由于枇杷栽培面积大和栽培历史悠久, 导致当地枇杷的栽培种演化类型极为丰富 (邱武陵和章恢志, 1996; 林顺权 等, 2004; 杨向晖和林顺权, 2007)。

系统聚类分析中, 米褐色、褚黄色、土棕褐色等色域可代表大部分枇杷属植物落黄叶片正面的颜色特征, 褚黄色、橄榄黄色、米褐色、橄榄灰绿色等色域可代表绝大多数落黄叶片背面的颜色特征, 而普通枇杷与野生近缘种、野生种、半野生种的落黄叶片正面和背面颜色特征存在差异, 在系统聚类结果中有一定程度分离, 如贵州半野生种杨柳 4 号和布衣枇杷依据落黄叶片正面颜色成为单独进化的一组 (Z3)、福建栽培种万板 30 号和闽矮 1 号依据落黄叶片正面颜色为单独进化的一组 (Z10)、广西野生近缘种大瑶山枇杷根据落黄叶背颜色成为单独进化的一组 (B4) 等, 表明落黄叶片颜色可作为鉴别种质的参考依据。落黄叶片的正面和背面的黄蓝色度与背面的红绿色度和黄蓝色度极显著正相关, 表明落黄叶片正面和背面衰老的色泽变化进程是高度一致的。

落黄叶片颜色的遗传多样性是对枇杷属植物形态学特征描述的补充, 而落黄叶片色泽的准确测定和描述可为枇杷属植物种质的鉴别和利用以及分类提供新的参考指标, 也可作为探讨各种及品种间的亲缘关系的依据。

## References

- Brochmann C, Soltis P S, Soltis D E. 1992. Recurrent formation and polyphyly of Nordic polyploids in *Draba* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 79 (6): 673 - 688.
- Chechowitz N, Chappell D M, Guttman S I, Weigt L A. 1990. Morphological, electrophoretic, and ecological analysis of *Quercus macrocarpa* population in the Black Hills of South Dakota and Wyoming. *Canadian Journal of Botany*, 68 (10): 2185 - 2194.
- Deng Chao-jun, Chen Zhi-feng, Zhang Xiao-yan, Zhang Li-jie, Xie Li-xue, Zheng Shan, Zhang Xi-juan, Lin Qi-hua, Wei Xiu-qing, Xu Qi-zhi, Chen Xiu-mei, Zheng Shao-quan. 2009. The diversity analysis of fruit description characteristics of loquat germplasm resources. *Fujian Fruits*, (2): 42 - 47. (in Chinese)
- 邓朝军, 陈志峰, 张小艳, 张立杰, 谢丽雪, 郑 珊, 章希娟, 林旗华, 魏秀清, 许奇志, 陈秀妹, 郑少泉. 2009. 枇杷种质资源果实描述性状多样性分析. *福建果树*, (2): 42 - 47.
- Hu Wen-shun, Chen Xiu-ping, Li Tao, Zhang Shou-mei, Lin Qi-hua, Deng Chao-jun, Zheng Shao-quan. 2009. Study of the numerical taxonomy for the germplasm collection of wild loquat (*Eriobotrya japonica*) in Yunnan Province. *Journal of Fruit Science*, 26 (3): 403 - 408. (in Chinese)
- 胡文舜, 陈秀萍, 李 韬, 张守梅, 林旗华, 邓朝军, 郑少泉. 2009. 云南部分野生枇杷种质资源的数量分类研究. *果树学报*, 26 (3): 403 - 408.
- Jiang Hui-bing, Tian Yi-ping, Chen Lin-bo, Liang Ming-zhi. 2013. Diversity of tea landraces based on agronomic and quality traits in Yunnan Province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 14 (4): 634 - 640. (in Chinese)
- 蒋会兵, 田易萍, 陈林波, 梁名志. 2013. 云南茶树地方品种农艺性状与品质性状遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 14 (4): 634 - 640.
- Lin Shun-quan, Yang Xiang-hui, Liu Cheng-ming, Hu You-li, He Ye-hua, Hu Gui-bing, Zhang Hai-lan, He Xiao-long, Liu Yue-xue, Liu Zong-li. 2004. Natural geographical distribution of genus *Eriobotrya* plants in China. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (5): 569 - 573. (in Chinese)
- 林顺权, 杨向晖, 刘成明, 胡又厘, 何业华, 胡桂兵, 张海岚, 何小龙, 刘月学, 刘宗莉. 2004. 中国枇杷属植物的自然地理分布. *园*

- 艺学报, 31 (5): 569 - 573.
- Liu Wei-xin, Lou Yan. 2011. Correlation and clustering analysis of leaf color parameters in *Brassica campestris* L. spp. *chinensis* (L.) Makino. *China Vegetables*, (4): 35 - 38. (in Chinese)
- 刘维信, 娄 艳. 2011. 白菜品种叶片色泽参数相关和聚类分析. *中国蔬菜*, (4): 35 - 38.
- Ma Chun-hui, Li Ding-li, Wang Ran. 2014. The diversity analysis of blade color of genus *Pyrus* in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 15 (6): 1232 - 1238. (in Chinese)
- 马春晖, 李鼎立, 王 然. 2014. 梨属植物叶片色泽多样性分析. *植物遗传资源学报*, 15 (6): 1232 - 1238.
- Qiu Wu-ling, Zhang Hui-zhi. 1996. *China fruit graphy: longan and loquat tomus*. Beijing: China Forestry Publishing House: 92 - 237. (in Chinese)
- 邱武陵, 章恢志. 1996. *中国果树志 (龙眼 · 枇杷卷)*. 北京: 中国林业出版社: 92 - 237.
- Shi Xiang-gang, Li Yun-qin, Li Cheng-ren, Song Xiao-hong, Ye Chuang-xing. 2009. Leaf architecture of *Eurya* and its taxonomic significance. *Bulletin of Botanical Research*, 29 (5): 517 - 523. (in Chinese)
- 石祥刚, 黎运钦, 李成仁, 宋晓虹, 叶创兴. 2009. 柃属植物叶宏观结构及其分类学意义. *植物研究*, 29 (5): 517 - 523.
- Song Wen-chan, Ning Wei, Zhao Xin, Li Hai-juan, Zeng Qing-yuan, Jia Qing-fei. 2011. Anatomical characteristics of petioles of eight species of *Taraxacum* and its taxonomic significance. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 31 (3): 468 - 474. (in Chinese)
- 宋文婵, 宁 伟, 赵 鑫, 李海娟, 曾庆园, 贾庆飞. 2011. 8 种蒲公英植物叶柄解剖学特征与分类学意义. *西北植物学报*, 31 (3): 468 - 474.
- Wang Yong, He Shun-zhi. 2015. Leaf venation of *Berberis* (Berberidaceae) in Guizhou. *Guihaia*, 35 (4): 476 - 486. (in Chinese)
- 王 永, 何顺志. 2015. 贵州小檗属植物 (小檗科) 叶脉序研究. *广西植物*, 35 (4): 476 - 486.
- Yang Xiang-hui, Lin Shun-quan. 2007. New ideas on the classification of loquat. *South China fruits*, 36 (3): 28 - 31. (in Chinese)
- 杨向晖, 林顺权. 2007. 枇杷属植物分类新探. *中国南方果树*, 36 (3): 28 - 31.
- Yang Xiang-hui, Liu Cheng-ming, Wu Jin-cheng, Lin Shun-quan. 2004. Yunnan *Eriobotrya* resources and their distribution. *Journal of Fruit Science*, 24 (3): 324 - 328. (in Chinese)
- 杨向晖, 刘成明, 吴锦程, 林顺权. 2007. 云南枇杷属植物资源及其分布. *果树学报*, 24 (3): 324 - 328.
- Yue Ming-cui, Li Fu-heng, Tan Da-hai, Liu Jin-yan, Huang Fu-shan. 2010. Study on quantitative characters of Cruciferae vegetable reticulate vein. *Jounml of Northeast Agricultural University*, 41 (4): 70 - 75. (in Chinese)
- 岳明翠, 李富恒, 谭大海, 刘锦妍, 黄福山. 2010. 十字花科蔬菜作物网状叶脉的数量性状研究. *东北农业大学学报*, 41 (4): 70 - 75.
- Zhang Xin-hua, Xia Nian-he. 2007. Leaf architecture of subtribe *Micheliinae* (Magnoliaceae) from China and its taxonomic significance. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 45 (2): 167 - 190.
- Zheng Shao-quan. 2006. Descriptors and data standard for loquat (*Eriobotrya* spp.). Beijing: China Agriculture Press: 19 - 20. (in Chinese)
- 郑少泉. 2006. 枇杷种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社: 19 - 20.