

枇杷属植物等位酶遗传变异及品种基因型指纹

蔡礼鸿^{1,2}, 李作洲², 黄宏文^{2*}, 章文才¹

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)

摘要: 利用超薄平板微型聚丙烯酰胺凝胶的等电聚焦电泳技术, 对国家枇杷种质资源圃所收集保存的 113 个枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 品种(或株系)和 4 个野生近缘种[栎叶枇杷 (*E. prinoides* Rehd. et Wils.), 大渡河枇杷 (*E. prinoides* var. *daduheensis* H. Z. Zhang), 齿叶枇杷 (*E. serrata* Vidal.), 大瑶山枇杷 (*E. dayaoshanensis* Chen.)], 共 117 份材料进行了等位酶遗传变异分析。在 12 个酶系中共检测到 24 个清晰位点和 59 个等位基因, 多态位点为 21 个, 位点最大等位基因数为 5, 体现出枇杷丰富的遗传种质多样性; χ^2 分析表明等位基因频率在不同产地品种群间存在明显差异, 在用于分析的 19 个多态位点中, 有 15 个位点达到显著或极显著水平; 且不同的种材料拥有各自特有等位基因, 如 *Dia-1^c*, *Dia-2^b*, *Dia-3^b* 只存在于大瑶山枇杷中, *Est-2^b*, *Est-3^a* 只存在于大渡河枇杷中, *Idh-1^d* 仅出现于枇杷品种荔枝枇杷中, 体现了枇杷物种间的遗传组成差异; 利用 11 个酶系统 22 个位点的 53 个等位基因所构建的枇杷品种(株系)等位酶基因型指纹可以将 113 个枇杷品种中的 111 个完全区分, 各品种均有自己独特的等位酶基因型指纹, 虽然进一步的分析表明, 目前所研究的酶系统位点和等位基因变异与枇杷品种果实园艺性状变异间缺乏关联, 但等位酶标记仍然不失为枇杷品种鉴别的一种有用工具。

关键词: 枇杷属; 同工酶; 等位酶; 遗传变异; 基因型指纹; 品种鉴定

中图分类号: Q943; S667.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2005)05-0406-11

Genotype Fingerprint of Loquat Cultivars and Allozymic Variation in *Eriobotrya*

CAI Li-Hong^{1,2}, LI Zuo-Zhou², HUANG Hong-Wen^{2*}, ZHANG Wen-Cai¹

(1. College of Horticulture and Forestry, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Wuhan Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Allozymic variation of 113 loquat cultivars of *Eriobotrya japonica* Lindl. and 4 wild related species (*E. prinoides* Rehd. et Wils., *E. prinoides* var. *danduheensis* H. Z. Zhang, *E. serrata* Vidal. and *E. dayaoshanensis* Chen) were investigated using isoelectric focuses in thin-layer polyacrylamide slab gel in present study. Fifty-nine alleles of 24 loci in 12 enzyme systems were detected 21 loci are polymorphic. The maxium number of alleles in a locus is five. The result demonstrated a rich genetic diversity in loquat germplasm. χ^2 tests for homogeneity of allele frequencies across different cultivar groups revealed 15 of 19 ploymorphic loci are significant different among the groups. Moreover, some specific alleles were detected in different species, such as *Dia-1^c*, *Dia-2^b*, *Dia-3^b* were only found in *E. dayaoshanensis* and *Est-2^b*, *Est-3^a* only in *E. prinoides* var. *daduheensis*, while *Idh-1^d* occurred in Lizhipipa, a cultivar of *E. japonica*. The result also indicated that genetic composition was highly differentiated among different species in genus *Eriobotrya*. Based on multi-locos genotype fingerprinting cultivars with 53 alleles at 22 loci, 111 of 113 loquat cultivars or selections were clear identified, and each cultivar has its unique allozyme genotypy fringerprint, suggesting allozyme is a useful marker for loquat cultivars identification, although

收稿日期: 2005-03-10, 修回日期: 2005-07-12。

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-104)。

作者简介: 蔡礼鸿(1949—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为果树种质资源。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: hongwen@public.wh.hb.cn)。

the fruit characteristics variations is independent of the isozyme genetic variations examined in a detailed analysis.

Key words: *Eriobotrya*; Isozyme; Allozyme; Genetic variation; Genotype fingerprint; Cultivar identification

枇杷属(*Eriobotrya*)植物隶属于蔷薇科(Rosaceae)苹果亚科(Maloideae),世界上现有枇杷属植物约30种,广布于东亚、东南亚的热带和亚热带区域。其中我国有枇杷属植物15种,分布于长江流域及其以南各省区,为重要的常绿果树资源^[1]。其中枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)在我国有着悠久的栽培历史,是我国南方特产的常绿果树和药用植物,秋萌冬花、春实夏熟,在百果中独具先天四时之气,被誉为独冠时新的嘉果珍味^[1]。我国不但培育出了大量栽培品种,而且还从日本等国引进了多种优质品种进行栽培,目前所拥有的栽培或半栽培枇杷品种(或株系)已达600个以上^[2]。长期以来不同地域间经常相互引种栽培,果农自行定名推广,导致枇杷品种出现同物异名或同名异物严重混乱的现象^[1]。这对于一个多年生果树产业而言,无疑会带来严重的影响。早期的苗木遗传鉴定尤显重要。枇杷品种及其近缘种的遗传评价和鉴定主要集中在形态性状方面^[3],其它方面少有涉及,难以解决枇杷品种鉴别,特别苗期鉴定问题。虽然RAPD标记已用于枇杷品种鉴定研究^[4-9],但因RAPD的重现性和稳定性问题而存在实际运用的局限性^[10]。等位酶是基因变异的一个表达标志,等位酶分析是研究生物遗传多样性的重要方法^[11,12],仍是迄今为止广为采用的分子标记技术之一,已广泛应用于果树遗传种质的研究^[13-15],近年来,国内也在板栗(*Castanea*)^[16,17]、湖北海棠(*Malus hupehensis*)^[18]、柚(*Citrus gran-dis*)^[19]等果树上开展了研究,尚未见国内外关于枇杷等位酶研究的报道。

为了保存我国枇杷种质资源,在福建农科院果树所建立了国家枇杷品种资源圃收集保存重要枇杷品种资源。本研究拟通过等位酶分子标记技术,对国家种质资源圃所收集的枇杷品种和近缘野生物种进行研究,目的是检测枇杷的等位酶遗传变异,并构建枇杷品种基因型指纹,为探索枇杷的遗传多样性、品种鉴定、资源保护保存和可持续利用提供基础数据和科学依据,同时为核心种质的构建以及基因库的建立奠定基础,限于篇幅,本文着重于酶谱变异分析和品种指纹基础数据的提供,其遗传多样性分析与品种间遗传关系等将另文发表。

1 材料和方法

1.1 材料

本研究所用植物材料,主要采自国家果树种质福州枇杷资源圃,少数采自华中农业大学果树标本园和中国科学院武汉植物园,品种名称、原产地及其果实园艺性状及近缘种材料详见表1。

所列材料除了齿叶枇杷(*E. serrata* Vidal.)、大瑶山枇杷(*E. dayaoshanensis* Chen)、栎叶枇杷(*E. prinoides* Rehd. & Wils.)、大渡河枇杷(*E. prinoids* var. *daduheensis* H. Z. Zhang)为野生近缘种外(材料编号为009~012),其余的均为普通枇杷(*E. japonica* Lindl.)的不同品种或单株,这些品种和单株按来源地的不同分为10个产区品种群。

1.2 电泳和同工酶染色

以成熟叶片作为同工酶分析试材,采用黄宏文^[20]改进的超薄平板微型聚丙烯酰胺凝胶等电聚焦电泳,酶液的提取和染色参照Huang等^[13]报道的方法。同工酶染色采用缩减1/2量的Wendel等^[21]的配方。共分析了12个酶系统:ACP(酸性磷酸酶, E. C. 3. 1. 3. 2)、AAT(天冬氨酸转氨酶, E. C. 2. 6. 1. 1)、DIA(还原型辅酶I心肌黄酶, E. C. 1. 6. 2. 2)、EST(酯酶, E. C. 3. 1. 1. -)、IDH(异柠檬酸脱氢酶, E. C. 1. 1. 1. 42)、MDH(苹果酸脱氢酶, E. C. 1. 1. 1. 37)、ME(苹果酸酶, E. C. 1. 1. 1. 40)、PRX(过氧化物酶, E. C. 1. 11. 1. 7)、PGI(磷酸葡萄糖异构酶, E. C. 5. 3. 1. 9)、PGM(磷酸葡萄糖变位酶, E. C. 5. 4. 2. 2)、PGD(6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶, E. C. 1. 1. 1. 44)、SKD(莽草酸脱氢酶, E. C. 1. 1. 1. 25)。

1.3 等位酶位点的确定

由于枇杷等位酶分析方面的资料尚未见报道,本次实验等位酶位点的确定是根据枇杷染色体的倍性(本实验所用材料除闽三号为同源四倍体外,其余均为二倍体 $2n=34$),各酶系统的亚基数目,以及酶谱表型与基因型的对应关系^[22],同时参考了其它物种等位酶位点确定的方法^[13,14]加以确定的。在对酶谱进行遗传学定义时,对有多个位点的酶,从阳极到阴极,依次用1,2...表示各个位点;对每个位点的不同等位基因,从阳极到阴极,用字母a,b,c...表示。

表1 枇杷品种(株系)的果实园艺性状及品种等位酶基因型指纹

Table 1 The fruit characteristics and allozyme genotype fingerprinting of loquat cultivars

品种 Cultivars	编号 No.	主要园艺性状(果实) Main horticultural characteristics (fruit)					等位酶位点与基因型 Isozyme loci and genotype																											
		果重 Weight (g)	果形 Shape	果色 Fruit color	肉质 Flesh	风味 Flavor	成熟期 Ripen date	Pgm-1	Pgm-2	Pgd-1	Acp-1	Acp-2	Acp-3	Acp-4	Dia-1	Dia-2	Dia-3	Idd-1	Mdh-1	Mdh-2	Mdh-3	Me-1	Aat-2	Aat-3	Eac-2	Eac-3	Pac-3	Ssd-1	Ssd-2					
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>																																		
1. 江苏品种群 Jiangsu group																																		
青种 Qingzhong	001	28.1	近圆	黄带青	柔软	浓甜	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	aa	aa	aa	ab	aa	ab	aa	bb	bb	ee	ee	bc	bb	bb	bb			
白玉 Baiyu	002	16.3	扁圆	黄	细嫩	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
照种 Zhaozhong	003	20.6	扁圆	橙红	细嫩	清甜爽口	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
富阳种 Fuyangzhong	022	25.2	近圆	橙红	稍软	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
李弄种 Biqizhong	097	31.0	椭圆	橙黄	微密	偏酸	5月中旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
木鱼 Muyu	098	26.7	倒卵	橙红	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
黄鱼 Huangyu	099	31.4	近圆	麦杆黄	细嫩	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
短柄照种 Duanbingzhaozhong	100	24.4	扁圆	麦杆黄	致密	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
鸡蛋白 Jidanbai	101	20.7	扁圆	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
早黄 Zaohuang	042	23.3	倒卵	橙黄	紧密	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
2. 浙江品种群 Zhejiang group																																		
软条白沙 Ruantiaobaisha	004	22.2	近圆	橙黄	细嫩	清甜爽口	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	aa	bb	bb	bb	bb			
洛阳青 Luoyangqing	016	28.6	椭圆	橙红	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
夹脚 Jiajiao	017	34.4	倒卵	橙黄	稍密	稍偏酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
大红袍 Dahongpao	018	25.9	近圆	橙红	微密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
大叶杨桃 Dayeyangtiao	073	27.4	倒卵	橙黄	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
塘栖种 Tangqizhong	074	26.3	椭圆	橙红	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
单边种 Duanbianzhong	075	23.6	近圆	橙黄	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
黄岩5号 Huangyan-5	076	31.1	椭圆	橙黄	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
细叶杨桃 Xiyeyangtiao	077	26.7	倒卵	橙红	细密	偏酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	aa	bb	bb	bb	bb			
宝珠 Baozhu	078	23.2	近圆	橙红	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	aa	bb	bb	bb	bb			
红毛五儿 Hongmaowuer	079	27.7	倒卵	橙红	致密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
塘栖早丰 Tangqizaozhong	080	36.6	倒卵	橙红	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
1-1-3	081	37.1	倒卵	橙红	致密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
少核大红袍 Shaohedahongpao	082	27.9	梨形	橙黄	紧密	甜酸适中	4月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
头早 Touzao	083	20.2	椭圆	橙黄	紧密	甜酸适中	4月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	aa	bb	bb	bb	bb			
塘栖迟红 Tangqichihong	084	33.3	椭圆	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
3. 桂黔品种群 Guizhou group																																		
荔枝枇杷 Lishi-pipa	007	18.3	圆形	棕黄	紧密	酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
贵州1号 Guizhou-1	008	33.2	梨形	橙红	细密	稍偏酸	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
木罗枇杷 Muluo-pipa	085	25.8	椭圆	橙红	稍粗	偏酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
卓南1号 Zhuonan-1	086	26.2	椭圆	橙黄	细密	甜多酸少	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
柳州光菜本 Liuzhouguangcaiben	087	30.9	圆形	浅橙红	稍融	偏酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
蜜糖枇杷 Mitang-pipa	088	16.0	圆形	橙红	柔软	清甜如蜜	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
小毛枇杷 Xiaomaopipa	089	16.2	扁圆	棕黄	紧密	极酸	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	aa	bb	bb	bb	bb			
白桑枇杷 Bainang-pipa	090	28.4	椭圆	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
柳州茂木 Liuzhoumaomu	091	30.4	倒卵	橙红	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
伊糖枇杷 Yitang-pipa	092	-	倒圆锥	橙黄	细嫩	清甜可口	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	bb	bb	bb	bb	bb			
大毛枇杷 Damaopipa	093	32.3	圆形	青黄	柔软	极酸	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
4. 安徽品种群 Anhui group																																		
光菜种 Guangcaizhong	023	26.9	近圆	橙红	致密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			
安徽大红袍 Anhuidahongpao	024	33.7	近圆	橙红	微密	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	ac	aa	bb	bb	bb	ab	ee	ee	bc	ab	bb	bb	bb	bb			

续表 1

品种 Cultivars	主要园艺性状(果实)					等位酶位点与基因型 Isozyme loci and genotype																											
	果重 Weight (g)	果形 Shape	果色 Fruit color	肉质 Flesh	风味 Flavor	成熟期 Ripen date	Pgm-1	Pgm-2	Pgd-1	Acp-1	Acp-2	Acp-3	Acp-4	Dia-1	Dia-2	Dia-3	Mdh-1	Mdh-2	Mdh-3	Mdh-4	Aad-1	Aad-2	Aad-3	Esd-1	Esd-2	Ssd-1	Ssd-2						
马腿 Manui	112	32.3	倒卵	橙红	稍粗	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	bb	ab	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
白花 Baihua	113	27.9	近圆	黄白	细嫩	甜酸适中	aa	ab	aa	aa	ab	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ab	bb	bb	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
短柄扁核 Duanbingbianhe	114	28.4	近圆	橙色	微密	甜酸适中	aa	ab	bb	aa	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ab	bb	bb	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
长柄扁核 Changbingbianhe	115	28.6	近圆	橙红	微密	甜酸适中	aa	ab	aa	aa	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ab	bb	bb	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
勒宝 ChaoBao	116	25.6	倒卵	橙黄	致密	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
5. 湘赣品种群 Xianggan group																																	
湖南白沙 Hunanbaisha	059	24.7	近圆	淡黄白	柔软	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bb	bb	ab	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
江西独核 Jiangxiduhe	060	22.3	倒卵	橙黄	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ab	ab	ab	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
珠球红砂 Zhuliuohongsha	062	26.55	扁圆	橙黄	柔软	甜多酸少	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ab	bb	ab	ab	de	bc	bb	ab	bb					
湖南田中 Hunanlianzhong	063	39.4	倒卵	橙黄	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
江西 2 号 Jiangxi-2	119	-	-	-	-	-	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
江西 1 号 Jiangxi-1	072	-	-	-	-	-	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bb	bb	aa	aa	de	bc	ab	ab	bb					
6. 广东品种群 Guangdong group																																	
青边种 Qingbianzhong	064	29.0	圆形	蜡白	细密	偏酸	aa	ab	bb	bb	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	bb	ab	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
港口 8 号 Gangkou-8	065	27.1	梨形	橙红	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	ab	ab	ab	ee	bc	bb	aa	bb					
乌脐 Wuqi	066	35.6	椭圆	淡橙红	细密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	ab	aa	aa	ee	bc	bb	aa	bb					
大乌脐 Dawuqi	067	54.9	椭圆	淡橙红	细密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	bb	bb	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
多宝 2 号 Duobao-2	068	24.3	梨形	黄白	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
白槽种 Baizangzhong	069	23.9	扁圆	淡白	细密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
小乌脐 Xiaowuqi	070	26.6	椭圆	淡橙红	细密	甜酸适中	aa	ab	ab	bb	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	de	bc	ab	aa	bb					
港口 11 号 Gangkou-11	071	18.0	短圆形	黄白	柔软	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	de	bc	ab	aa	bb					
7. 湖北品种群 Hubei group																																	
华宝 3 号 Huabao-3	094	27.2	圆形	橙黄	稍粗	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	ab	bb	ab	ee	bc	aa	aa	ab					
早白 Zaobai	095	26.4	倒卵	淡橙红	稍粗	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	cc	ab	bb	ab	ee	bc	bb	aa	ab					
湖北六二 Hubei Liu'er	096	24.6	椭圆	橙红	紧密	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	ab	bb	ab	ee	bc	bb	aa	ab					
华宝 7 号 Huabao-7	117	25.9	长卵	橙黄	紧密	甜酸适中	aa	ab	aa	aa	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	ab	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
华宝 2 号 Huabao-2	118	30.3	倒卵	橙黄	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	aa	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	ab	bb	ab	ee	bc	bb	ab	ab					
8. 福建品种群 Fujian group																																	
白梨 Baili	005	24.8	近圆	麦杆黄	细嫩	清甜爽口	aa	ab	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ab	bb	aa	aa	de	bc	aa	bb	bb					
乌脐白 Wugongbai	006	36.6	倒卵	橙黄	稍粗	甜酸适中	aa	ab	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	bb	aa	ab	ee	bc	ab	aa	bb					
闽三号 Min-3 (4x)	013	34.3	梨形	橙红	细密	偏酸	aaaa	abbb	bbbbb	bbbbb	bbbbb	aaaa	aaaa	abbb	aaacc	aaacc	cccc	aaaa	aaaa	abbb	aaaa	abbb	aaaa	cccc	abcc	abbb	bbbb	bbbb					
解放种 Jiefangzhong	019	60.0	倒卵	橙黄	柔软	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	cc	bb	ab	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
长红 3 号 Chang Hong-3	020	39.4	梨形	橙黄	柔软	甜偏淡	aa	ab	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bb	bb	ab	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
太城四号 Taicheng-4	021	35.7	倒卵	橙红	微密	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
香樟 10 号 Xiangzhong-10	025	42.9	椭圆	橙红	细密	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
九玉本 Jiuyuben	026	38.0	倒卵	橙黄	稍粗	甜酸适中	aa	ab	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
早桃 Zao tao	027	28.6	扁圆	橙黄	微密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	ab	ab	ab	ee	bc	aa	ab	bb					
鹰蛋白鹰 Xialoubaimei	028	25.6	近圆	淡白色	细密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	ab	ab	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
鸭蛋本 Yadanben	029	32.5	近圆	淡橙红	柔软	甜酸适中	aa	ab	ab	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	ab	aa	aa	de	bc	ab	bb	bb					
和丰本 Hechenben	030	41.1	倒卵	浓橙黄	柔软	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
红柑本 Hongganben	031	29.4	扁圆	橙红	微密粗	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
太城白鹰 Taichengbaimei	032	33.8	近圆	蜡白	柔软	甜酸适中	aa	ab	ab	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
坑本 Kengben	033	27.5	扁圆	橙红	微密	甜酸适中	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb				
龙才白 Longcaibai	034	28.2	近圆	白色	细嫩	清甜爽口	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	ab	bb	bb					
金荔枝 Jinlizhi	035	27.9	扁圆	橙红	微密	甜酸适中	aa	ab	bb	bb	bb	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	cc	bb	bb	ee	bc	ab	aa	bb					

续表 1

编号 No.	品种 Cultivars	主要园艺性状(果实)					等位酶位点与基因型 Isozyme loci and genotype																												
		果重 Weight (g)	果形 Shape	果色 Fruit color	肉质 Flesh color	风味 Flavor	成熟期 Ripen date																												
036	鲜美 Xianmei	27.1	近圆	橙红	橙红	细嫩	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	bb	ab	ab	ee	bc	ab	ab	bb					
037	香坤 25 号 Xiangzhong-25	57.7	近圆	橙红	淡橙黄	细嫩	浓甜	4月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	bb	bb	bb	de	cc	bb	ab	bb				
038	黄早 Huangzao	30.6	扁圆	橙黄	黄白	细嫩	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	bb	bb	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	bb	bb	bb	de	bc	aa	bb	bb					
039	尖嘴白 Jianzhuibai	26.9	近圆	麦秆黄	白色	细嫩	清甜爽口	4月下旬	aa	ab	ab	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	aa	aa	cc	bc	ab	ab	bb				
040	宝元白 Baoyuanbai	31.3	倒卵	橙黄	白色	稍粗	稍酸	5月中旬	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ee	bc	ab	ab	bb					
041	山里本 Shanliben	30.8	近圆	橙红	橙红	微细	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	ab	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ee	bc	ab	ab	bb					
043	香甜 Xiangtian	33.0	近圆	橙红	橙红	细嫩	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	ab	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	bb	de	bc	ab	ab	bb					
044	雷公槌 Leigongchui	25.2	近圆	橙黄	橙黄	稍粗	偏酸	5月中旬	aa	ab	ab	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	bc	ab	ab	de	bc	ab	ab	bb					
045	山牌 3 号 Shanpai-3	33.6	近圆	橙红	橙红	柔软	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	bb	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	bc	bb	aa	ee	bc	bb	ab	bb					
046	霞巢 20 号 Xiagao-20	32.1	梨形	橙红	淡橙红	柔软	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	bc	bb	bb	ab	de	bc	bb	ab	bb					
047	建新白沙 Jianxinbaisha	32.1	椭圆	橙黄	橙红	细嫩	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	bb	ab	de	bc	bb	ab	bb					
048	红紫本 Hongzuben	33.3	倒卵	橙红	橙红	微密	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
049	大种 Dazhong	35.6	倒卵	橙黄	橙黄	细密	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	ab	ab	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	ab	ab	aa	ee	bc	ab	ab	bb					
050	早坤 6 号 Zaozhong-6	33.8	椭圆	橙黄	橙红	细密	甜酸适中	4月中旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	aa	bb	ee	bc	bb	bb	bb					
053	香坤 11 号 Xiangzhong-11	41.2	圆形	橙红	橙红	稍粗	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	ab	ab	ee	cc	ab	ab	bb					
055	算盘只 Suanpanzhi	24.5	圆形	橙红	橙红	细密	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	bb	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	ab	ab	de	bc	ab	aa	bb					
057	梅花霞 Meihuaxia	31.7	近圆	橙红	橙红	嫩密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	cc	bb	ab	de	bc	ab	aa	bb					
9. 美国品种群 American group																																			
014	黄金块 Gold stone	51.9	椭圆	橙红	橙红	细密	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	cc	aa	bb	ab	ee	bc	bb	ab	bb				
061	香槟 Champagne	37.2	倒卵	浅橙红	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	aa	ab	ab	ee	bc	bb	ab	bb					
10. 日本品种群 Japan group																																			
015	茂木 mogi	30.7	倒卵	橙红	橙色	致密	浓甜	4月下旬	aa	ab	bb	ab	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ab	ee	bc	bb	bb	Bb					
051	汤川 Yukawa	28.8	倒卵	橙黄	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	aa	bb	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ab	ab	ab	ab	ee	bc	ab	ab	bb					
058	台湾茂木 Taiwanmogi	25.1	倒卵	橙黄	橙黄	致密	浓甜	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ab	bb	ab	ee	bc	ab	ab	bb					
102	先进 Sensin	29.7	倒卵	橙黄	橙黄	细密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	bb	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	aa	bb	ee	bc	bb	bb	bb					
103	田中 Tanaka	35.6	倒卵	橙红	橙黄	稍粗	甜酸适中	5月上旬	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	bb	bb	ee	bc	bb	bb	bb					
104	大房 Oobusa	31.0	倒卵	橙红	橙色	细密	甜酸适中	5月中旬	aa	ab	aa	ab	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bc	bb	bb	ee	bc	bb	bb	bb					
105	津云 Tsukumo	34.7	倒卵	橙红	橙黄	致密	甜酸适中	5月下旬	aa	ab	aa	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	ab	bb	ee	bc	ab	aa	bb					
106	瑞穗 Mizuho	31.6	倒卵	橙红	橙黄	微密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	aa	bb	ab	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	ab	bb	ee	bc	ab	aa	bb					
107	土肥 Tohi	50.5	椭圆	橙红	橙黄	柔软	稍偏酸	5月上旬	aa	ab	aa	bb	bb	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	bb	bb	ab	ee	bc	aa	ab	bb					
108	户越 Togoshi	19.5	倒卵	橙红	橙黄	致密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	aa	bb	aa	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ee	bc	ab	aa	bb					
109	森本 Morimoto	26.6	倒卵	橙黄	橙黄	致密	甜酸适中	4月下旬	aa	ab	aa	aa	bb	bb	ab	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	bc	aa	bb	ee	bc	aa	aa	bb					
110	天草早生 Tesoowase	45.0	倒卵	橙黄	橙黄	稍粗	偏酸	4月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	bb	bb	ee	bc	bb	aa	bb					
111	楠 Kusumoki	50.0	近圆	橙黄	橙黄	柔软	味甜	5月下旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	aa	ab	ac	aa	cc	aa	aa	ac	aa	bb	ee	bc	ab	ab	bb					
120	森尾早生 Moriowase	24.6	倒卵	橙红	橙红	稍粗	甜酸适中	4月上旬	aa	ab	aa	ab	bb	aa	aa	aa	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ac	ab	bb	ee	bc	bb	ab	Bb					
野生物种 wild species																																			
009	齿叶枇杷 E. serrata	-	卵球或梨形	绿色				aa	aa	aa	aa	bb	bb	ab	ab	ab	ac	ac	cc	aa	aa	ab	ab	aa	aa	aa	mn	bb	aa	bb					
010	大瑞山枇杷 E. dayaoshanensis	-						aa	bb	aa	aa	ab	aa	aa	cc	bb	bc	bc	aa	aa	aa	ab	aa	ab	aa	ad	mn	bb	bb	bb					
011	栋叶枇杷 E. prinoides	-	卵形	暗褐		苦涩		aa	aa	aa	aa	aa	aa	ab	ab	ab	ac	ac	ab	aa	aa	ab	bb	aa	aa	cd	mn	ab	ab	bb					
012	大渡河枇杷 E. prinoides var. daduheensis	-	卵形	暗褐		苦涩		aa	ab	aa	aa	ab	ab	ab	ab	ab	ac	aa	bc	aa	aa	ab	ab	ab	ab	bc	ac	bb	ab	bb					

2 结果与分析

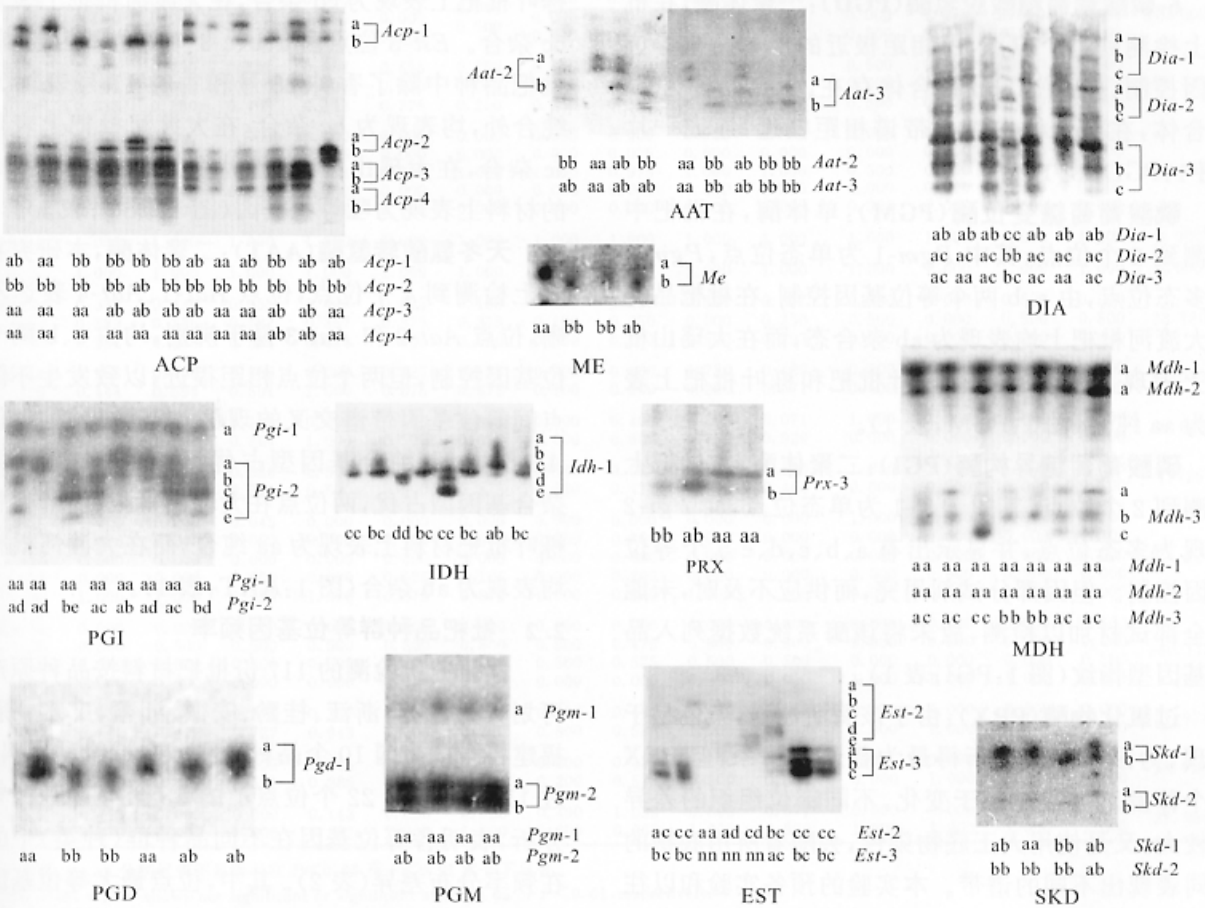
2.1 枇杷等位酶遗传变异

通过 24 个酶系统的预备实验,筛选了 12 个酶系统对来自 10 区域品种群的 113 个枇杷品种(株系)和 4 种野生枇杷属植物共 117 个样本进行了等位酶遗传变异检测,在 12 个酶系统的 24 个位点上共检测到 59 个等位基因(表 1,图 1)。等位基因数在枇杷不同材料上的表现富于多样性特点,兹按不同的酶系统分述如下。

异柠檬酸脱氢酶(IDH):为二聚体,在枇杷属植物上仅检测到 1 个位点,但有 5 个等位基因控制。在枇杷品种中,共检测出 a、b、c、d 等 4 个等位基因,其中等位基因 c 为主等位基因,在绝大多数品种中表现为 cc 纯合,b 等位基因为低频率等位基因在极少数品种中表现,等位基因 a、d 为稀有等位基因,等位基因 d 仅以纯合体出现在品种荔枝枇杷,等位基因 a 则以 ac 杂合仅出现于品种青种枇杷。等位基因 c

仅在齿叶枇杷中检测出,并体现为 ce 杂合,在柞叶枇杷中检测到 a、b 两等位基因,为 ab 杂合,在大渡河枇杷和大瑶山枇杷中检测到 b、c 两等位基因,均为 bc 杂合(图 1;IDH;表 1)。

还原型辅酶 I 心肌黄酶(DIA):单体、二聚体或四聚体酶,在枇杷中检测到 3 个位点,其中 *Dia-1*、*Dia-2* 表现为单体结构,*Dia-3* 表现为二聚体结构。位点 *Dia-1* 由 a、b、c 3 个等位基因控制,c 等位基因仅出现在大瑶山枇杷中,并表现为 cc 纯合,a 和 b 出现在枇杷品种和其他 3 个近缘种中,均表现为 ab 固定杂合;位点 *Dia-2* 同样由 a、b、c 3 个等位基因控制,b 等位基因仅出现在大瑶山枇杷中,表现为 bb 纯合,而等位基因 a 和 c 出现在其余的枇杷样本中,均为 ac 杂合体;而二聚体酶位点 *Dia-3* 变化相对较大,同样由 a、b、c 3 个等位基因等位基因控制,等位基因 b 仅出现在大瑶山枇杷中,表现为 bc 杂合,等位基因 a 为主导基因存在于其余的所有样本中,表现为 aa 纯合或 ac 杂合(图 1;DIA;表 1)。



图中的字母与表 2 中的字母相对应,阳极在图上方
The letters in the figures correspond to those in Table 1. The anode is at the top of the figures

图 1 枇杷的同工酶位点和等位基因
Fig. 1 Isozyme locus and alleles in loquat

酸性磷酸酶(ACP):单体或二聚体,在枇杷中表现为单体结构,共有4个位点,每位点分别由a、b两个等位基因控制,第2位点以b等位基因为主体,3、4位点则以a等位基因为主(图1:ACP;表1)。

莽草酸脱氢酶(SKD):单体酶,在枇杷中有2个位点,每个位点分别由a、b两个等位基因控制,其中Skd-2以bb纯合为主(图1:SKD;表1)。

苹果酸脱氢酶(MDH):为存在于细胞液、线粒体和微粒体中的二聚体酶。在枇杷上,检测到3个表达清晰的位点,其中位点Md-1、Md-2明显表现为单态位点,而Md-3则为多态位点,有a、b、c 3个等位基因控制,变化较多,其二聚体特性表现典型(图1:MDH;表1)。

苹果酸酶(ME):四聚体酶,在枇杷上检测到1个位点。由a、b两个等位基因控制,由于a、b两等位基因的等电聚焦位置较近,以致于杂合体的5条谱带连在一起成为一片,其基因型既有aa纯合,又有bb纯合,ab杂合状态亦比较常见(图1:ME;表1)。

6-磷酸葡萄糖酸脱氢酶(PGD):二聚体酶,在枇杷上检测到1个位点,由相距极近的a、b两个等位基因控制,多以aa、bb纯合体存在,少数品种为ab杂合体,在杂合体中3条带谱相距极近,连成一片(图1:PGD;表1)。

磷酸葡萄糖变位酶(PGM):单体酶,在枇杷中检测到2个位点,其中Pgm-1为单态位点,Pgm-2为多态位点,由a、b两个等位基因控制,在枇杷品种和大渡河枇杷上均表现为ab杂合态,而在大瑶山枇杷上表现为bb纯合,在齿叶枇杷和栎叶枇杷上表现为aa纯合(图1:PGM;表1)。

磷酸葡萄糖异构酶(PGI):二聚体酶,在枇杷上检测到2个位点,其中Pgi-1为单态位点,而Pgi-2表现为多态位点,并显示出有a、b、c、d、e 5个等位基因控制。但因部分试剂用完,而供应不及时,未能对全部试材加以检测,故未将该酶系统数据列入品种基因型指纹(图1:PGI;表1)。

过氧化物酶(PRX):由于该酶活性强,染色易于显现,为国内以往分析得最为普遍的酶系,但PRX在个体发育过程中易于变化,不同部位组织的差异也较大,又是使用人工底物染色,会随着所用底物的不同表现出不同的谱带。本实验的预备实验和以往作者的实验都表明,枇杷PRX分析以枝皮为试材最佳,但由于不可能专门为PRX去磨枝皮的酶液,故本次结果仍从成熟叶磨样的酶液得出。据报道PRX为单体或二聚体,存在于细胞液和细胞壁中。本实验

的检测结果表明在枇杷叶片上PRX表现为单体酶结构,至少有3个位点,Prx-1、Prx-2两位点表达不太清晰,Prx-3位点清晰可辨,由a、b两个等位基因所控制(图1:PRX;表1)。

酯酶(EST):单体或二聚体,亦为以往分析得最为普遍的酶系之一,所用染料有 α -萘乙酸和 β -萘乙酸等。实验表明,仅用 α -萘乙酸时,酶谱显现黑色;单用 β -萘乙酸则显现浅红色,混用时为棕色,染色时间长,则可显现较多的谱带。为了易于辨识并统一起见,本实验染色时间控制在半小时左右。本实验在枇杷属植物上检测到4个位点,均表现为单体酶结构,Est-1和Est-4在部分样本中表达不清晰,未作进一步分析。Est-2和Est-3位点清晰可辨,均表现为多态位点,用作基因型指纹分析,其中Est-2位点共由a、b、c、d、e 5个等位基因控制,在枇杷品种中呈现单态,均多以ee纯合体出现,仅品种荔枝枇杷表现为ae杂合,少数品种表现为de杂合;但在齿叶枇杷上表现为aa纯合,在大瑶山枇杷上表现为ad杂合,在栎叶枇杷上表现为cd杂合,在大渡河枇杷上表现为bc杂合。Est-3位点由a、b、c 3个等位基因控制,在枇杷品种中除了香钟25号和香钟11号表现为cc纯合外,均表现为bc杂合;在大渡河枇杷上表现为ac杂合,在大瑶山枇杷、齿叶枇杷和栎叶枇杷3种的材料上表现为哑等位基因(图1:EST;表1)。

天冬氨酸转氨酶(AAT):二聚体酶,本研究在枇杷上检测到4个位点,位点Aat-1、Aat-4表达不清晰,位点Aat-2和Aat-3易于辨别,均由a、b两个等位基因控制,但两个位点相距很近,以致发生不同位点间等位基因带谱交叉的现象,在枇杷品种中位点Aat-2以bb纯合基因型占优,位点Aat-3则以ab杂合基因型占优,两位点在大瑶山枇杷、齿叶枇杷和栎叶枇杷材料上表现为aa纯合,而在大渡河枇杷上均表现为ab杂合(图1:AAT;表1)。

2.2 枇杷品种群等位基因频率

本研究所检测的117份枇杷材料按品种原产地可划分为江苏、浙江、桂黔、安徽、湘赣、广东、湖北、福建、日本、美国10个品种群和4个近缘种材料。通过11个酶系统22个位点上的53个等位基因频率分析,表明各等位基因在不同品种群(种类)中的存在频率分布差异(表2)。其中,位点最大等位基因数为5,按照等位基因出现的频率小于或等于0.95为多态位点的标准,11个酶系统22个位点中的Pgm-1、Md-1、Md-2所有样本均为单态位点。并且,部分位点在各品种群中表现不一,如Acp-4在江苏、

表 2 枇杷各品种群和近缘种不同基因位点上的等位基因频率
Table 2 Allele frequencies of different loci in loquat cultivar groups and related species

位点和等位基因 Locus and allele	品种群 Cultivar groups (<i>E. japonica</i>)										物种 Species				χ^2
	江苏 Jiangsu	浙江 Zhe-jiang	桂黔 Guiquan	安徽 Anhui	湘赣 Xiang-gan	广东 Guang-dong	湖北 Hubei	福建 Fujian	美国 America	日本 Japan	齿叶枇杷 <i>E. ser-rata</i>	大瑶山 枇杷 <i>E. dayao-shanensis</i>	栎叶枇杷 <i>E. pri-noides</i>	大渡河 枇杷 <i>E. pri-noides</i> var. <i>da-duheensis</i>	
样本数N	9	16	11	7	4	8	5	40	2	14	1	1	1	1	
<i>Pgm-1a</i>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000 ^{NS}
<i>Pgm-2a</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.000	1.000	0.500	5.984 ^{NS}
<i>-2b</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.000	1.000	0.000	0.500	
<i>Pgd-1a</i>	0.444	0.813	0.773	0.857	1.000	0.500	1.000	0.575	1.000	0.786	1.000	1.000	1.000	1.000	32.807 ^{**}
<i>-1b</i>	0.556	0.188	0.227	0.143	0.000	0.500	0.000	0.425	0.000	0.214	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>Acp-1a</i>	0.278	0.594	0.237	0.786	0.500	0.125	0.700	0.375	0.500	0.643	1.000	1.000	1.000	0.500	38.282 ^{**}
<i>-1b</i>	0.722	0.406	0.773	0.214	0.500	0.875	0.300	0.625	0.500	0.357	0.000	0.000	0.000	0.500	
<i>Acp-2a</i>	0.167	0.281	0.182	0.357	0.000	0.000	0.200	0.075	0.000	0.107	0.000	0.500	1.000	0.500	33.848 ^{**}
<i>-2b</i>	0.833	0.719	0.818	0.643	1.000	1.000	0.800	0.925	1.000	0.893	1.000	0.500	0.000	0.500	
<i>Acp-3a</i>	0.944	0.813	0.636	0.929	0.750	0.500	0.700	0.775	0.750	0.893	0.000	1.000	0.500	0.500	25.918 [*]
<i>-3b</i>	0.056	0.188	0.364	0.071	0.250	0.500	0.300	0.225	0.250	0.107	1.000	0.000	0.500	0.500	
<i>Acp-4a</i>	1.000	0.906	0.773	1.000	1.000	0.875	0.800	0.913	0.750	0.964	0.500	1.000	0.500	0.500	22.954 [*]
<i>-4b</i>	0.000	0.094	0.227	0.000	0.000	0.125	0.200	0.087	0.250	0.036	0.500	0.000	0.500	0.500	
<i>Dia-1a</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.000	0.500	0.500	240.000 ^{**}
<i>-1b</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.000	0.500	0.500	
<i>-1c</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
<i>Dia-2a</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.0500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	240.000 ^{**}
<i>-2b</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	
<i>-2c</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.000	0.500	0.500	
<i>Dia-3a</i>	0.667	0.750	0.591	0.857	0.625	0.750	0.700	0.650	0.750	0.643	0.500	0.000	0.500	1.000	126.748 ^{**}
<i>-3b</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	
<i>-3c</i>	0.333	0.250	0.409	0.143	0.375	0.250	0.300	0.350	0.250	0.357	0.500	0.500	0.500	0.000	
<i>Idh-1a</i>	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	137.913 ^{**}
<i>-1b</i>	0.000	0.031	0.045	0.286	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.500	
<i>-1c</i>	0.944	0.969	0.864	0.714	1.000	1.000	1.000	0.975	1.000	1.000	0.500	0.500	0.000	0.500	
<i>-1d</i>	0.000	0.000	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>-1e</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	
<i>Mdh-1a</i>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000 ^{NS}
<i>Mdh-2a</i>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000 ^{NS}
<i>Mdh-3a</i>	0.389	0.438	0.455	0.429	0.625	0.188	0.400	0.287	0.500	0.357	0.500	1.000	0.500	0.500	28.180 ^{NS}
<i>-3b</i>	0.389	0.125	0.182	0.357	0.375	0.313	0.100	0.350	0.000	0.250	0.500	0.000	0.500	0.500	
<i>-3c</i>	0.222	0.438	0.364	0.214	0.000	0.500	0.500	0.363	0.500	0.393	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>Me-1a</i>	0.556	0.406	0.409	0.000	0.125	0.125	0.900	0.400	0.750	0.429	0.500	0.500	0.000	0.500	33.030 ^{**}
<i>-1b</i>	0.444	0.594	0.591	1.000	0.875	0.875	0.100	0.600	0.250	0.571	0.500	0.500	1.000	0.500	
<i>Aat-2a</i>	0.000	0.000	0.136	0.000	0.500	0.313	0.000	0.400	0.250	0.071	1.000	1.000	1.000	0.500	66.033 ^{**}
<i>-2b</i>	1.000	1.000	0.864	1.000	0.500	0.688	1.000	0.600	0.750	0.929	0.000	0.000	0.000	0.500	
<i>Aat-3a</i>	0.500	0.469	0.636	0.500	0.500	0.625	0.500	0.587	0.500	0.536	1.000	1.000	1.000	0.500	7.725 ^{NS}
<i>-3b</i>	0.500	0.531	0.364	0.500	0.500	0.375	0.500	0.412	0.500	0.464	0.000	0.000	0.000	0.500	
<i>Est-2a</i>	0.000	0.000	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.500	0.000	0.000	426.470 ^{**}
<i>-2b</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	
<i>-2c</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	
<i>-2d</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.125	0.000	0.200	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.000	
<i>-2e</i>	1.000	1.000	0.955	1.000	0.875	0.875	1.000	0.800	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>Est-3a</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	360.118 ^{**}
<i>-3b</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.475	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>-3c</i>	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.525	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.500	
<i>-3d</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	
<i>Prr-3a</i>	0.333	0.563	0.273	0.357	0.000	0.250	0.200	0.463	0.000	0.357	0.000	0.000	0.500	0.000	21.974 ^{NS}
<i>-3b</i>	0.667	0.438	0.727	0.643	1.000	0.750	0.800	0.538	1.000	0.643	1.000	1.000	0.500	1.000	
<i>Skd-1a</i>	0.278	0.594	0.409	0.714	0.750	0.875	0.800	0.425	0.500	0.607	1.000	0.000	0.500	0.500	28.726 ^{**}
<i>-1b</i>	0.722	0.406	0.591	0.286	0.250	0.125	0.200	0.575	0.500	0.393	0.000	1.000	0.500	0.500	
<i>Skd-2a</i>	0.111	0.000	0.000	0.143	0.000	0.000	0.400	1.038	0.000	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	32.384 ^{**}
<i>-2b</i>	0.889	1.000	1.000	0.857	1.000	1.000	0.600	0.962	1.000	0.929	1.000	1.000	1.000	1.000	

注: NS、*、** 分别代表不显著和在 $P \leq 0.05$ 及 $P \leq 0.01$ 水平下显著。
Note: NS, *, ** shows not significant or significant at $P \leq 0.05$ or $P \leq 0.01$, respectively.

安徽、湘赣品种群表现为单态位点,在其它品种群中表现为多态位点, *Idh-1* 在江苏、桂黔、安徽品种群及齿叶枇杷、大瑶山枇杷、栎叶枇杷和大渡河枇杷中表现为多态位点,在其它品种群中表现为单态位点。
 χ^2 检测发现,在各品种群(种类)间等位基因频率差异达到显著水平的有 *Acp-3*、*Acp-4*, 达到极显著水

平的有 *Pgd-1*、*Acp-1*、*Acp-2*、*Dia-1*、*Dia-2*、*Dia-3*、*Idh-1*、*Me-1*、*Aat-2*、*Est-2*、*Est-3*、*Skd-1* 和 *Skd-2*，表明等位基因频率在品种间的分布存在显著差异，并且不同的种和品种群具有地方性的特有等位基因，如 *Dia-1^c*、*Dia-2^b*、*Dia-3^b* 只存在于大瑶山枇杷中，*Est-2^b*、*Est-3^a* 只存在于大渡河枇杷中，普通枇杷的桂黔品种群中(荔枝枇杷)，还发现稀有等位基因 *Idh-1^d*。这些近缘物种和地方品种群特有等位基因的存在既反映了种和品种群的遗传组成的差异，同时对枇杷品种保育计划策略的制定具有重要的参考价值。

2.3 枇杷品种的等位酶基因型指纹

在分析枇杷等位酶变异的基础上，将各品种或物种材料的 11 个酶系统的 22 个位点的等位酶基因型组合便构成了各品种的基因型指纹(表 1)，在品种基因型指纹检测中，我们曾对霞楼白蜜、建新白沙和鸭蛋本 3 品种的不同植株进行了检测，同一品种的不同植株等位酶基因型指纹一致，表明等位酶基因型指纹具有稳定性。在本研究中，除了安徽的马腿和原产日本的天草早生两品种基因型指纹相同外，其它 111 个品种(株系)和 4 份近缘野生种材料均有自己特定的基因型指纹，表明等位酶基因型指纹可用作枇杷品种(株系)区分与鉴定的依据。在品种(株系)基因型指纹中，早钟 6 号与先进、宝珠和华宝 2 号、宝珠与华宝 7 号、大房与津云、白花与长柄扁柄等品种对间仅在一个位点存在基因型差异；江西独核与港口 8 号、台湾茂木与湖南田中、洛阳青与土肥、夹脚与楠、塘西种与户越、华宝 7 号与华宝 2 号、富阳种与江西 2 号、黄金块与白囊枇杷、白玉与鲜美等品种对间存在两个位点的基因型差异，其它品种间至少存在 3 个位点以上的基因型差异，黔桂枇杷品种荔枝枇杷还在 *Idh* 位点表达特有等位基因 *d*，为 *dd* 纯合基因型(表 1)。将枇杷品种(株系)的果实园艺性状与各位点基因型相比，未能发现与果实园艺性状相关联的等位酶位点与基因型变异(表 1)。

3 讨论

关于枇杷属植物的表型多样性，仅据国家枇杷资源圃和“枇杷志”的记载^[1]及作者掌握的形态学、生物学、生态学方面的资料看就已非常丰富。如植株高低从几米到近二十米，叶片长短从十几厘米到六十厘米以上，花序大小从每花序十几朵到二百五十朵之多，果实重量从单果重不足 5 g 到 170 g 以上，果形由扁圆、近圆、卵圆、长圆到梭形，果肉色泽从纯白、黄白、淡黄、黄、橙黄直至橙红，种子粒重由 0.2 g

到 3 g 以上，生态分布南起海南尖峰岭，北至秦岭淮河一线，东起台湾及东海沿岸，西至云贵高原西缘的大渡河流域及高黎贡山一线，开花期则既有秋冬开花者，又有春季开花者，甚至还有四季开花者，如此等等。仅“枇杷志”所记载的枇杷品种或株系就已达 397 份之多^[1]。

我国已建成国家级果树种质资源圃 15 个，收集种质资源 1.1 万份。面对如此种类繁多、数量庞大、性状复杂、变异广泛的种质资源，如何进行全面客观的评价是一个极其重要而复杂的任务。国际植物遗传资源委员会(IBPGR)自 1974 年建立以来，推动了全球不同区域植物资源的考察和保存，帮助组织国际和区域性资源工作网络，在植物种质资源工作中取得了很大成功。在果树方面，IBPGR 组织各国专家，陆续编制和发表了苹果、桃、杏、葡萄、草莓等主要果树的《评价系统》，作为能为全球普遍接受和理解的标准版本在世界范围内推广试用。为了国家果树种质资源圃评价的需要，同时也是为配合 IBPGR 的工作，以便尽快与国际接轨，在中国农业科学院果树研究所的主持下，编写了《果树种质资源描述符——记载项目及评价标准》^[23]。无论在 IBPGR 的《评价系统》还是在国内的《种质资源描述符》中，都明确将“同工酶”列为一级编号。由此可见，在评价植物遗传资源方面，同工酶具有其重要的地位。但由于种种原因，国家枇杷资源圃虽然对保存的材料进行了形态鉴定、观察记载和经济性状的比较研究等大量工作，取得了很大的成绩，但在遗传标记方面研究较少，仅潘新法等^[4,5]和陈义挺等^[6]各自分别对十多个枇杷品种进行了 RAPD 分析，Vilanova 等^[7]、Fukuda 等^[8]和 Badenes 等^[9]也分别用 RAPD 标记 33 份、69 份和 47 份枇杷种质进行了区分鉴定，在 Vilanova 等^[7]和 Badenes 等^[9]的研究中，RAPD 标记未能区分全部的样本，借助于共显性的 SSR 标记方能进一步区分，而且因稳定性与重现性问题使 RAPD 标记的实用性受到限制。Degani 和 Blumenfeld^[24]用 PRX、SKD 和 PGI 成功地鉴别了 3 个枇杷品种，方德秋^[25]利用 PRX 同工酶变异仅能区分 14 个枇杷品种中的 2 个品种，Uzun 等^[15]用 ADH、GOT 等 5 个酶系统对日本的 16 个枇杷品种进行了鉴定，认为同工酶是枇杷品种鉴定的有用标记。本次实验采集了国家枇杷种质资源圃所收集保存的枇杷种质 113 份(品种或株系)以及 4 份野生近缘种材料，利用 12 个同工酶系统进行了分析研究，共在 24 个位点上检测到 59 个等位基因，其单态位点仅有 3

个(*Pgm-1*、*Mdh-1* 和 *Mdh-2*),表明枇杷具有丰富等位酶遗传变异。位点平均等位基因数为 2.46,单位点最大等位基因数达到 5, χ^2 检测表明等位基因频率在品种群间的存在显著差异(表 2),体现出枇杷种质的高度遗传多样性。由于试剂的短缺和供应问题,PGI 酶未能用于全部样本的检测,最后用 11 个酶系统 22 个位点的 53 个等位基因构建了枇杷品种(株系)等位酶基因型指纹,根据该指纹可将 113 份枇杷品种种质的 111 份完全区分开,仅有安徽的马腿和原产日本的天草早生两品种不能区分。同时,同一品种的不同植株的等位酶基因型指纹一致而稳定,主要优良品种均有自己独特的等位酶基因型指纹与其它试材区别,可见等位酶分析为鉴定枇杷品种提供了一个实用技术。

本研究试图寻找枇杷果实园艺性状变异与等位酶变异的关联,但未能成功。基因型指纹相近的品种果实园艺性状并不相近,基因型指纹相差较大的品种的果实园艺性状有时又较近,表明等位酶变异不能作为品种园艺性状选择的标记,究其原因首先可能是由于枇杷果实园艺性状大多为数量性状,受多个位点控制,如枇杷品种一般根据果肉颜色分为红肉枇杷和白肉枇杷,但细观枇杷品种的果肉存在从洁白、黄白、浅黄、橙黄到橙红一系列的色泽变异(表 1),表明其应为典型的数量性状。数量性状变异难以用少数几个位点标记关联。其次等位酶标记为中性标记,本身与品种果实园艺性状没有选择关联性。本研究中几对基因型相近的品种,部分是红肉品种与白肉品种配对,如白肉品种白玉和红肉品种鲜美、白肉品种港口 8 号和红肉品种江西独核、白肉品种白花和红肉品种长柄扁核等仅在一个位点或两个位点存在基因型差异。尽管如此,等位酶基因型指纹仍不失为枇杷品种的区分鉴定标记。本研究中,有两个品种(马腿和天草早生)样本的基因型指纹完全一致,未能区分,而据资料记载这两个品种的成熟期相距甚远,就产地而言一个选自安徽,一个引自日本,两者不可能为同物异名^[1]。其等位酶基因型的一致性原因,可能是目前所检测的酶系统和酶位点还不够多,其遗传差异还未检测到,少数几对品种间基因型指纹仅存在一个或两个位点基因型差异也说明所检测的多态位点偏少,可能适当增加酶系统的检测,就能将其区分开来。PGI 酶系统在枇杷中存在丰富的遗传变异(图 1 PGI),有可能增加枇杷品种的区分度,可惜的是因试剂缺乏而未能检测完所有枇杷品种的 PGI 酶遗传变异,未能列入枇杷品种基因型

指纹中。当然,对于基因型指纹未能区分的两个品种,我们也不排除在资源圃的引种定植过程中,两个品种的多株样本混淆而发生标记错误的可能,增加检测酶系统和位点可能有助于解决该问题。

参考文献:

- [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. 87-259.
- [2] 刘国强,林志清,林文忠,赖钟雄. 我国枇杷种质资源及选育种研究进展[J]. 亚热带植物通讯,2000,29(2):65-70.
- [3] 刘权,王桂荣,吕均良,沈德绪. 枇杷品种资源的数量分类[J]. 果树科学,1993,10(3):137-141.
- [4] 孟祥勋,潘新法,曹广力,李蒙英. 枇杷栽培种的随机扩增 DNA 多态性(RAPD)研究[J]. 生物技术通报,2003,14(4):33-37,41.
- [5] 潘新法,孟祥勋,曹广力,徐春明. RAPD 在枇杷品种鉴定中的应用[J]. 果树学报,2002,19(2):136-138.
- [6] 陈义挺,赖钟雄,郭志雄,郭玉琼,蔡英卿,陈菁瑛,陆修闻,吴金寿. 枇杷主要种类的 RAPD 分析[J]. 江西农业大学学报,2003,25(2):258-261.
- [7] Vilanova S, Badenes M L, Martinez-Calvo J, Liacer G. Analysis of loquat germplasm (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by RAPD molecular markers[J]. *Euphytica*, 2001, 121(1):25-29.
- [8] Fukuda S, Nagato J, Yamamoto T, Hiehata N, Terai O. Cultivar identification in loquat assessed by RAPD analysis[J]. *J Japan Soc Hort Sci*, 2002, 71(6):826-828.
- [9] Bandenes M L, Canyamás T, Romero C, Soriano J M, Liacer G. Genetic diversity in European collection of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) [J]. *Acta Horti*, 2003, 620:169-174.
- [10] 汪小全,邹喻萃,张大明,张志宪,洪德元. RAPD 应用于遗传多样性和系统学研究中的问题[J]. 植物学报,1996,38(12):954-962.
- [11] 王中仁. 植物遗传多样性和系统学研究中的等位酶分析(1) [J]. 生物多样性,1994,2(1):38-43.
- [12] 王中仁. 植物遗传多样性和系统学研究中的等位酶分析(2) [J]. 生物多样性,1994,2(2):91-95.
- [13] Huang H, Dane F, Norton J D. Genetic analysis of 11 polymorphic isozyme loci in chestnut species and characterization of chestnut cultivars by multi-locus allozyme genotypes[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1994, 119:840-849.
- [14] Huang H, Layne D R, Peterson R N. Isozyme polymorphisms for identification and assessment of genetic variation in cultivated pawpaws [*Asimina triloba* (L.) Dunal] [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1997, 122:504-511.
- [15] Uzun H I, Polat I, Demir S. Identification of loquat cultivars by fruit, leaf and endosperm isozymes[J]. *Acta Horti*, 2003, 598:173-180.
- [16] 郎萍,黄宏文. 栗属中国特有种居群的遗传多样性及地域差异[J]. 植物学报,1999,41(1):651-657.
- [17] 暴朝霞,黄宏文. 板栗主栽品种的遗传多样性及其亲缘关系分

- 析[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 13-19.
- [18] 康明, 黄宏文. 湖北海棠的等位酶变异和遗传多样性研究[J]. 生物多样性, 2002, 10(4): 376-385.
- [19] 张太平, 彭少麟, 王峥峰, 凌定厚. 柚品种的等位酶变异研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(1): 55-62.
- [20] 黄宏文. 超薄平板微型聚丙烯酰胺凝胶的等电聚焦电泳方法[J]. 武汉植物学研究, 2000, 18(3): 224-228.
- [21] Wendel J F, Weeden N F. Visualization and interpretation of plant isozymes[A]. In: Soltis D E, Soltis P S eds. Isozyme in Plant Biology[M]. Oregon: Dioscorides Press, 1989. 5-45.
- [22] 王中仁. 植物等位酶分析[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [23] 蒲富慎主编. 果树种质资源描述符——记载项目及评价标准[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- [24] Degani C, Blamenfeid A. The use of isozyme analysis for differentiation between loquat cultivars[J]. Hortscience, 1986, 21(6): 1457-1458.
- [25] 方德秋, 章恢志. 枇杷属植物过氧化物酶同工酶研究[J]. 华中农业大学学报, 1989, 8(2): 144-150.

第三届世界植物园大会将在中科院武汉植物园举行

第三届世界植物园大会将于2007年4月20日至25日在中国武汉召开,由中国科学院和湖北省、武汉市人民政府三方共同主办,中科院武汉植物园承办。

“世界植物园大会”是公认的世界植物园界最重要的国际会议,由国际植物园保护联盟(BGCI)组织,每三年举办一次。与会者包括世界主要植物园及网络成员、世界植物研究专家及学者。“世界植物园大会”为植物学专家学者提供了一个广泛交流与合作的平台,将对国际植物园议程、生物多样性公约的实施情况进行总结和回顾,明确植物园在植物保护、环境教育、可持续发展等方面的任务和目标。

本次大会的主题是“人类与植物的和谐与可持续发展(Plants and Human Life in Sustainable Harmony)”。会议研讨的内容包括:生物多样性保护、植物园与可持续发展、民族植物学与文化遗产、环境教育与公共意识、园艺,以及评价世界各地植物园关于《全球植物保护战略规划》和《国际植物园保护议程》的履行情况;提出2007~2010年世界性的植物物种保护目标和中心要点。

本次大会恰逢国际植物园保护联盟(BGCI)成立20周年和中国科学院武汉植物园建园50周年庆典,届时,将吸引100多个国家和地区的近1000名植物学家、园艺学家和一批高层专家学者出席。

中国科学院武汉植物园 李璐瑶

2005年10月