



枇杷叶片性状与单果质量的遗传规律研究

郭乙含, 赵崇斌, 李舒庆, 徐红霞, 黄天启, 林顺权, 陈俊伟, 杨向晖

引用本文:

郭乙含, 赵崇斌, 李舒庆, 徐红霞, 黄天启, 林顺权, 陈俊伟, 杨向晖. 枇杷叶片性状与单果质量的遗传规律研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(1): 62–68.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4563>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

优良单株家系辣木叶的表型性状分析

Analysis on Leaf Phenotypic Traits of Excellent Single Plant Family *Moranga oleifera*

热带亚热带植物学报. 2020, 28(2): 185–191 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4096>

油橄榄品种间叶片性状及总黄酮含量分析

Analysis of Leaf Characteristics and Content of Total Flavonoids among Varieties of *Olea europaea* L.

热带亚热带植物学报. 2017, 25(4): 379–386 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3708>

狗尾草属5种植物叶片的形态特征

Leaf Morphological Characteristics of Five *Setaria* Species

热带亚热带植物学报. 2015(5): 501–510 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.05.004>

黔中喀斯特9种木质藤本叶功能性状研究

Studies on Leaf Functional Traits of Nine Woody Lianas in the Karst Area of Central Guizhou Province

热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 455–464 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4328>

星油藤蒴果及种子的性状变异研究

Study on Phenotype Variations of Capsules and Seeds in *Plukenetia volubilis* L.

热带亚热带植物学报. 2017, 25(3): 264–270 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3683>

向下翻页, 浏览PDF全文

枇杷叶片性状与单果质量的遗传规律研究

郭乙含¹, 赵崇斌^{1*}, 李舒庆¹, 徐红霞², 黄天启¹, 林顺权¹, 陈俊伟^{2**},
杨向晖^{1**}

(1. 华南农业大学园艺学院, 农业农村部华南地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 广州 510642; 2. 浙江省农业科学院园艺研究所, 杭州 310021)

摘要: 为了解枇杷(*Eriobotrya japonica*)叶片性状和单果质量的遗传多样性及其相关性, 对‘宁海白’与‘大房’杂交组合的 F₁ 群体(123 株)的 7 个叶片性状与单果质量进行相关分析。结果表明, 叶片的长度、宽度、厚度和叶柄长度及单果质量 5 个性状在后代中均呈现连续性较好的正态分布, 其中单果质量、叶片的长度、宽度和厚度呈趋小遗传趋势, 叶柄长度呈趋中变异趋势。F₁ 杂交群体叶面形态主要以“稍皱”为主, 叶片形状以“椭圆形”为主, 叶基形状以“楔形”为主。单果质量与叶柄长度、叶片长度、叶片宽度、叶片厚度均表现出极显著的正相关性。因此, 叶柄长度可考虑作为早期筛选大果优株的参考指标之一。

关键词: 枇杷; 叶片; 单果质量; 遗传规律

doi: 10.11926/jtsb.4563

Study on Inheritance Patterns of Leaf Traits and Fruit Weight in Loquat

GUO Yihan¹, ZHAO Chongbin^{1*}, LI Shuqing¹, XU Hongxia², HUANG Tianqi¹, LIN Shunquan¹,
CHEN Junwei^{2**}, YANG Xianghui^{1**}

(1. Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (South China), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Institute of Horticulture, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: In order to understand the genetic diversity and correlation of leaf traits and fruit weight in loquat (*Eriobotrya japonica*), the correlation between 7 leaf traits and fruit weight in F₁ population (123 individuals) of ‘Ninghaibai’ and ‘Dafang’ hybrid were analyzed. The results showed that the five traits, including length, width and thickness of leaf, petiole length, and fruit weight, inhibited normal distribution with good continuity in offspring. The genetic trend of fruit weight, leaf length, width and thickness was smaller, while petiole length tended to moderate variation. For the F₁ hybrid population, the leaf surface morphology was mainly “rugulose”, the leaf shape was mainly “elliptic”, and the leaf base shape was mainly “cuneate”. The fruit weight had significant positive correlation with petiole length and length, width and thickness of leaf. Therefore, petiole length could be considered as one of the indicators for early screening of excellent plants with large fruits.

Key words: *Eriobotrya japonica*; Leaf; Single fruit weight; Genetic inheritance

植物叶片是植物与外界环境最先接触的部位, 产生与之对应的生物学特性^[1]; 此外, 植物果实营
随着外界一系列生物与非生物胁迫因子的影响, 而 养物质的补充、矿质元素的吸收都与叶片的生物学

收稿日期: 2021-11-12 接受日期: 2022-03-01

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1000900); 浙江省果品新品种选育重大科技专项重点项目(2016C02052-3)资助

This work was supported by the National Key Research and Development Program of China (Grant No. 2019YFD1000900), and the Key Project for New Variety Breeding in Agriculture of Zhejiang Province (Grant No. 2016C02052-3).

作者简介: 郭乙含(1994 年生), 女, 硕士研究生, 研究方向为果树种质资源与遗传育种。E-mail: 1324339273@qq.com

* 为共同第一作者

** 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gzyxh@scau.edu.cn; chenjunwei@zaas.ac.cn

特征密切相关^[2-4]。有研究表明果实的商品价值和果树的产量极大地受到叶面积及叶长、叶宽的影响^[5-6]。沈德绪等^[7]提出叶片的某些性状与果树的丰产性及果实的某些经济性状有关, 可以作为杂种实生苗早期的鉴定依据, 这在番茄(*Lycopersicon esculentum*)^[3]、杏(*Armeniaca vulgaris*)^[8]、李(*Prunus*)^[9-10]等植物中都有相关报道。因此, 开展叶、果性状之间的遗传规律和相关性研究可在杂交育种中为果实优良性状的早期鉴定提供参考。

枇杷(*Eriobotrya japonica*)是蔷薇科(Rosaceae)枇杷属植物, 为常绿果树, 原产于中国^[11], 距今已有 2 000 多年栽培历史^[12]。我国枇杷栽培总面积约 $1.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 年产量约 $1.0 \times 10^6 \text{ t}$, 目前是世界上最大的枇杷生产国^[13]。目前对枇杷性状多样性及遗传规律的研究主要集中在果实^[13-19]或叶片^[20-24]上, 而关于叶片性状与单果重的遗传规律及二者相关性分析的研究鲜见报道。

为进一步丰富和完善目前关于枇杷叶片与单果重遗传规律及相关性分析的研究, 本试验以枇杷品种‘宁海白’为母本, ‘大房’为父本, 对其 F_1 杂交群体的叶片与单果重进行多样性分析, 以期了解枇杷叶、果性状的遗传规律及其相互关系, 为杂交亲本选择和优良性状的早期鉴定提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为枇杷(*Eriobotrya japonica*)品种‘宁海白’×‘大房’的杂交后代群体, 杂交工作于 2011 年在浙江省农业科学院杨渡科研创新基地展开, 2012 年定植, 2017 年始果。2020 年, 经真假杂种鉴定, 选择已稳定开花结果的 123 株杂种后代作为试验材料, 进行叶、果性状的调查。

1.2 数量性状的测定

2020 年 5 月从 F_1 杂交群体实生树中进行单果重调查, 在树冠外围中上部随机采摘 30 个成熟果

实, 测量单果质量; 同年 12 月每个单株选取树冠外围正常发育的 1 a 生成熟夏梢中部 30 片叶, 进行叶片性状的调查。

叶片性状和单果质量调查参考《枇杷种质资源描述规范和数据标准》^[25]。用电子天平(1/100)称量单果质量; 用直尺测定叶片长度、宽度、叶柄长度; 用数显游标卡尺测量中部叶缘的厚度, 每 10 片叶 1 组, 分 3 次, 共测 30 片叶, 最后换算成单片叶厚度。

1.3 质量性状的测定

参考《枇杷种质资源描述规范和数据标准》^[25], 采用目测法确定叶片形状、叶基形状、叶面形态 3 个表型质量性状(表 1)。

1.4 数据统计和分析

运用 Excel 2016 进行数据整理与表格、频率直方图的绘制, 运用 IBM SPSS Statistics 25.0 进行正态性检验、相关分析与回归分析, 具体参考赵崇斌等^[26]的研究方法进行遗传分析。

2 结果和分析

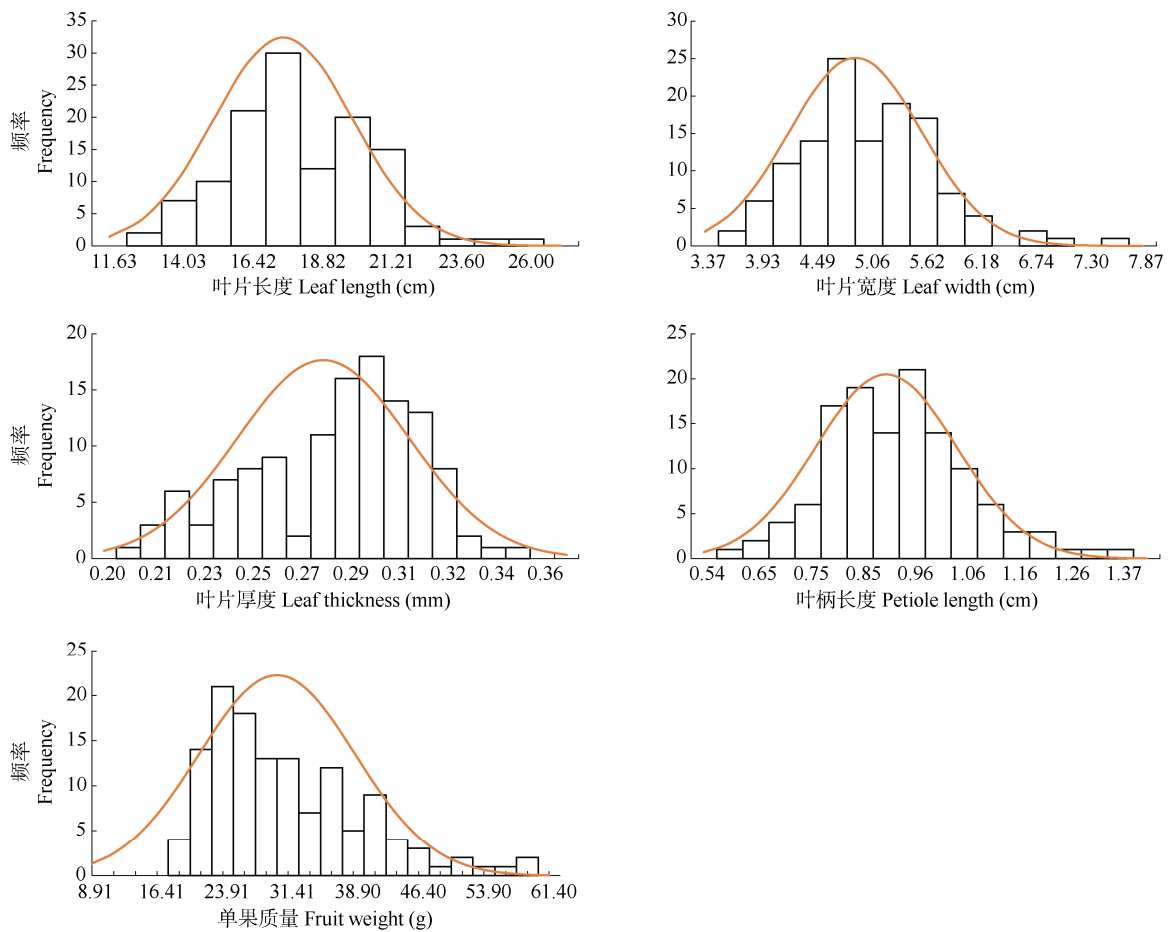
2.1 F_1 代数量性状遗传分析

由图 1, 表 2 可知, 杂交 F_1 代的叶片长度、宽度和厚度、叶柄长度、单果质量等 5 个性状都表现为较典型的正态分布, 应是属于由多个基因控制的数量性状。5 个性状在杂交 F_1 代中普遍出现较大的性状分离, 变异系数为 11.58% (叶片厚度)~29.47% (单果质量); 遗传传递力为 75.68% (叶片厚度)~93.51% (单果质量), 而优势率则是-24.32% (叶片厚度)~-6.49% (单果质量)。其中杂交后代的叶片长度、宽度、厚度及单果质量 4 个性状的平均值都低于中亲值甚至低于低亲值, 低低亲率为 61.79% (单果质量)~93.50% (叶片厚度), 杂种优势表现并不明显, 呈现较强烈的趋小变异遗传倾向。而叶柄长度的超高亲率仅为 1.63%, 低低亲率也只有 39.84%, 有 58.53% 的子代叶柄长度介于双亲之间, 表现出趋中遗传的变异趋势。

表 1 叶片质量性状

Table 1 Qualitative traits of leaf

叶面形态 Leaf blade	叶片形状 Leaf shape	叶基形状 Shape of leaf base	赋值 Assignment
平展 Flat	披针形 Lanceolate	狭楔形 Narrowly cuneate	1
稍皱 Rugulose	椭圆形 Elliptic	楔形 Cuneate	2
皱 Rugose	倒卵形 Obovoid	宽楔形 Broadly cuneate	3

图 1 F₁ 代叶片与果实性状的频度分布Fig. 1 Frequency distribution of leaf and Fruit traits in F₁表 2 F₁ 代数量性状杂种优势表现Table 2 Heterosis of quantitative traits in F₁

项目 Item	叶片长度 (cm) Leaf length	叶片宽度 (cm) Leaf width	叶片厚度 (mm) Leaf thickness	叶柄长度 (cm) Petiole length	单果重 (g) Fruit weight
‘大房’ ‘Dafang’	21.36	5.82	0.41	1.25	33.65
‘宁海白’ ‘Ninghaibai’	19.82	5.83	0.32	0.86	31.75
中亲值 Midparent value	20.59	5.82	0.37	1.06	32.70
杂交后代 Hybrid progenies	17.62	4.91	0.28	0.90	30.58
分离范围 Separation range	12.14~24.82	3.54~7.39	0.20~0.35	0.57~1.36	17.36~57.83
变异系数 Coefficient of variation (CV) /%	13.58	13.84	11.58	15.40	29.47
遗传传递力 Genetic transmitting ability (Ta) /%	85.56	84.39	75.68	85.66	93.51
优势率 Heterotic rate (H) /%	-14.44	-15.61	-24.32	-14.34	-6.49
超高亲率 Super-high parent rate (HH) /%	4.07	7.32	0.00	1.63	33.33
低低亲率 Super-low parent rate (L) /%	82.11	92.68	93.50	39.84	61.79
峰度 Kurtosis	0.00~0.99	0.87	-0.46	0.66	0.43
偏度 Skewness	0.17	0.62	-0.48	0.48	0.90

2.2 F₁ 代质量性状遗传分析

枇杷 F₁ 杂交群体 3 个质量性状的频度分布如表 3, 其中叶面形态主要以“稍皱”为主, 占总数的 85.37%, 平展形叶面形态占 8.94%, 皱形叶面形态

占 5.69%; 叶片形状以“椭圆形”为主, 占总数的 60.98%, 披针形占 8.94%, 倒卵形占 5.69%; 叶基形状以“楔形”为主, 占总数的 57.72%, 狭楔形占 34.15%, 宽楔形占 4.88%。

2.3 F₁ 代叶片数量性状与单果质量的相关性分析

‘宁海白’与‘大房’杂交 F₁ 代 4 个叶片数量性状与单果质量的相关性分析表明(表 4), 单果质量与叶柄长度、叶片长度、宽度和厚度呈极显著正相关, 其

中单果质量与叶柄长度的相关性最大, 相关系数为 0.496; 而与叶片厚度的相关性最小, 相关系数为 0.306。枇杷杂交育种中或可在早期对杂交后代单果质量进行预测。

表 3 F₁ 叶片质量性状频度分布

Table 3 Frequency distribution of leaf quality traits in F₁

质量性状 Qualitative trait	亲本 Parent		频度 Frequency /%		
	母本 Female	父本 Male	1	2	3
叶面形态 Morphology of leaf surface	1	2	30.08	57.72	12.20
叶片形状 Leaf shape	3	2	8.94	85.37	5.69
叶基形状 Shape of leaf base	2	2	34.15	60.98	4.88

1~3 见表 1。

1-3 see Table 1.

表 4 F₁ 代叶片与果实性状的相关系数和回归方程

Table 4 Correlation coefficient and regression equation between leaf and fruit traits in F₁

性状 Character	单果质量 Fruit weigh	回归方程 Regression equation
叶片长度 Leaf length	0.467**	$y = -0.396 + 1.758x$
叶片宽度 Leaf width	0.378**	$y = 5.973 + 5.007x$
叶片厚度 Leaf thickness	0.306**	$y = 6.784 + 85.354x$
叶柄长度 Petiole length	0.496**	$y = 1.546 + 32.118x$

** : $P < 0.01$

3 结论和讨论

3.1 枇杷 F₁ 代性状遗传多样性分析

对枇杷 7 个叶片性状及单果质量进行遗传多样性分析, 结果表明, F₁ 杂交群体叶面形态主要以“稍皱”为主, 叶片形状以“椭圆形”为主, 叶基形状以“楔形”为主, 这与邓群仙等^[21]在‘龙泉 5 号’枇杷小种子株系的叶片形态一致。而叶片的 4 个数量性状变异程度依次为叶柄长度>叶片宽度>叶片长度>叶片厚度, 变异系数均大于 10%, 为 11.58%~15.40%, 其中叶片厚度的变异系数最小, 为 11.58%; 叶柄长度的最大, 为 15.40%; 其变异系数为 10%~20%, 属于中变异^[27], 遗传多样性丰富, 选择潜力大。广泛的性状分离为其遗传分析提供了良好的遗传差异基础^[28]。此外, 杂交 F₁ 代叶片表型的数量性状具有良好连续性的正态分布, 符合多基因控制的数量性状的遗传特征。这也验证了—旦基因重组后, 非加性效应解体^[29]。这与前人对欧李(*Cerasus humilis*)^[30]、柿(*Diospyros kaki*)^[31]、苹果(*Malus domestica*)^[32]等的研究结果基本一致。‘宁海白’与‘大房’杂交 F₁ 后代中, 叶片厚度、叶片宽度、叶片长度、叶柄长度的

中亲优势率为-24.32%~-14.34%, 均为负值, 遗传传递力为 75.68%~85.66%, 均低于 100%, 叶片长度、叶片宽度、叶片厚度、叶柄长度 4 个性状都表现为平均值低于中亲值, 任玉琴等^[30]的研究表明欧李杂交后代的叶片长度、叶片宽度平均值低于亲本中亲值, 刁松锋等^[31]的研究表明柿杂交后代的叶片长度、叶片宽度、叶柄长度、叶片厚度平均值都低于亲本中亲值, 与本研究结果一致。其中叶片长度、叶片宽度、叶片厚度平均值低于中亲值且低于低亲值, 杂种优势表现并不明显, 遗传倾向表现为趋小遗传趋势, 多数杂交后代出现性状衰退现象, 说明这些在基因重组中非加性效应的解体而使多数个体性状劣于亲本性状^[33], 这可能导致杂种优势的利用受到限制^[34]。而叶柄长度的平均值虽低于中亲值, 但高于低亲值, 叶柄长度介于双亲之间的子代占 58.53%, 表现出趋中遗传的变异趋势。

单果质量的遗传规律表明, 单果重均值低于中亲值且低于低亲值, 遗传传递力为 93.51%, 优势率-6.49%, 表现为低低亲遗传变异, 经济效益退化明显, 这与前人对梨(*Pyrus spp.*)^[35]、越橘(*Vaccinium*)^[36]、

杏^[37]、龙眼(*Dimocarpus longana*)^[38]、苹果^[39]的研究结果相一致。单果质量的变异系数为 29.47%，为强变异^[27]，选择潜力大。此外，单果质量呈良好的正态分布，为多基因控制的数量性状。

总的来说，‘宁海白’与‘大房’杂交 F₁ 代 5 个数量性状普遍都表现出较广泛的性状分离现象，遗传变异丰富，有选育优良枇杷种质的选择潜力，这与前人^[26]的研究结果类似。

3.2 枇杷 F₁ 代叶片与单果重的相关性分析

枇杷 F₁ 代群体中叶片与单果质量间存在复杂的相关性，本研究结果表明，单果质量与叶柄长度、叶片长度、叶片宽度、叶片厚度均呈极显著正相关，其中，叶柄长度与单果质量的相关性最高。前人的研究也表明叶片性状与果实大小存在相关性，张绪萍等^[40]对香梨(*Pyrus sinkiangensis*)杂种后代叶片与果实性状间相关性分析表明，单果质量与叶柄长度具有极显著的正相关性；柠檬(*Citrus limon*)的果实质量与叶片长度、叶片宽度均呈极显著正相关^[41]；对核桃(*Juglans regia*)的研究也表明，坚果质量与叶片宽度呈极显著正相关^[42]；而王冬梅等^[43]的研究表明苹果杂种后代果实质量与叶片长度具有极显著的正相关性，与叶片宽度也呈显著正相关性，但果实质量与叶柄长度却呈显著的负相关性，与本研究结果并不完全一致，可能是因为不同树种间存在差异而导致。

3.3 相关性验证

叶柄长度与单果质量呈极显著正相关，相关系数最大(0.496)，因此，我们在田间随机选取了 10 个大果品种(单果质量 ≥ 50 g)与 10 个小果品种(单果质量 ≤ 35 g)，对叶柄长度和单果质量的相关性进行了田间验证，调查发现，叶柄长的品种，其果实也较大，相符度高达 80%；尽管仅选取了 20 个枇杷品种进行验证，其结果有一定的局限性，但从本研究结果来看，叶片性状与果实大小之间的相关性，可为枇杷杂交育种的早期选择提供参考，进而提高选择效率。

本研究表明枇杷单果质量变异系数最大而叶片厚度变异系数最小；叶片厚度、叶片宽度、叶片长度和单果质量倾向于趋小变异遗传而叶柄长度为趋中变异倾向；叶片以椭圆形、叶面稍皱、叶基楔形类型居多；叶柄越长的品种往往单果质量也越大，可考虑作为早期筛选大果优株的参考指标之一。

参考文献

- [1] QI J, LU W H, LI P, et al. Genetic variation patterns in leaf morphology on *Eucalypts* and their hybrids [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2018, 26(6): 589–596. [齐杰, 卢万鸿, 李鹏, 等. 桉树及其杂交种叶片形态的遗传变异特征 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2018, 26(6): 589–596. doi: 10.11926/jtsb.3882.]
- [2] IGLESIAS D J, CERCÓS M, COLMENERO-FLORES J M, et al. Physiology of *Citrus* fruiting [J]. *Braz J Plant Physiol*, 2007, 19(4): 333–362. doi: 10.1590/S1677-04202007000400006.
- [3] MORGAN K T, ROUSE R E, ROKA F M, et al. Leaf and fruit mineral content and peel thickness of ‘Hamlin’ orange [J]. *Proc Fla State Hort Soc*, 2005, 118: 19–21.
- [4] ROWLAND S D, ZUMSTEIN K, NAKAYAMA H, et al. Leaf shape is a predictor of fruit quality and cultivar performance in tomato [J]. *New Phytol*, 2020, 226(3): 851–865. doi: 10.1111/nph.16403.
- [5] ZHAO Q F, MA X H, DONG Z G, et al. Investigation and analysis about botanical characters of ‘QiuHongbao’ grape [J]. *Tianjin Agric Sci*, 2013, 19(6): 84–86. [赵旗峰, 马小河, 董志刚, 等. 秋红宝葡萄植物学特征的杂种优势分析 [J]. *天津农业科学*, 2013, 19(6): 84–86. doi: 10.3969/j.issn.1006-6500.2013.06.022.]
- [6] ARUNACHALAM V, VAINGANKAR J D, KEVAT N. Foliar traits in papaya plants intercropped in coconut [J]. *Natl Acad Sci Lett*, 2021, 44(3): 267–270. doi: 10.1007/s40009-020-00981-5.
- [7] SHEN D X, LIN B N. *Juvenile and Early Fruiting of Fruit Trees* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989: 1–182. [沈德绪, 林伯年. *果树童期与提早结果* [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989: 1–182.]
- [8] XU L, FENG J R, ZHANG S K. Correlation analysis between shape characteristic parameters of apricot fruit and leaf from central Asia sinusia in Xinjiang [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2020, 57(1): 120–126. [徐乐, 冯建荣, 章世奎. 新疆中亚生态群杏品种果实与叶片形态特征相关性 [J]. *新疆农业科学*, 2020, 57(1): 120–126. doi: 10.6048/j.issn.1001-4330.2020.01.014.]
- [9] ZHAO M Z, GUO H, ZHOU J T, et al. A preliminary study on correlation between fruit, kernel and leaf of plum varieties [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 1992, 17(4): 52–53. [赵密珍, 郭洪, 周建涛, 等. 李品种果实、果核及叶片相关性研究初报 [J]. *江苏农业科学*, 1992(4): 52–53.]
- [10] JING C J, CHEN X F, JI W Z, et al. Analysis of leaf difference and its correlation with single fruit of three plum varieties [J]. *Hebei Fruits*, 2020(2): 16. [景晨娟, 陈雪峰, 季文章, 等. 三个李子品种叶片差异及与单果重相关性分析 [J]. *河北果树*, 2020(2): 16. doi: 10.19440/j.cnki.1006-9402.2020.02.009.]
- [11] BLASCO M, DEL MAR NAVAL M, ZURIAGA E, et al. Genetic

- variation and diversity among loquat accessions [J]. *Tree Genet Genom*, 2014, 10(5): 1387–1398. doi: 10.1007/s11295-014-0768-3.
- [12] QIU W L, ZHANG H Z. *Fruit Flora of China: Loquat* [M]. Beijing: China Forestry Press, 1996: 98–117. [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: 98–117.]
- [13] HUANG X, WANG H K, QU S C, et al. Using artificial neural network in predicting the key fruit quality of loquat [J]. *Food Sci Nutr*, 2021, 9(3): 1780–1791. doi: 10.1002/fsn3.2166.
- [14] ZHENG S Q, XU X D, HUANG J S, et al. Study on heredity of several characters in loquat: I. Genetic tendency of fruit agronomic characters [J]. *J Fujian Acad Agric Sci*, 1993, 8(1): 19–26. [郑少泉, 许秀淡, 黄金松, 等. 枇杷若干性状的遗传研究 I. 果实性状的遗传倾向研究 [J]. 福建省农科院学报, 1993, 8(1): 19–26. doi: 10.19303/j.issn.1008-0384.1993.01.004.]
- [15] XU J H, YU D, WEI X Q, et al. Genetic analysis of fruit agronomic characters in reciprocal hybrid progeny of loquat [J]. *J Yunnan Agric Univ*, 2008, 23(5): 663–667. [许家辉, 余东, 魏秀清, 等. 枇杷正反交杂种后代果实性状遗传分析 [J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(5): 663–667. doi: 10.3969/j.issn.1004-390X.2008.05.017.]
- [16] SONG H Y, HE X L, QIAO Y C, et al. Hybridization of ‘Zaozhong No. 6’ and big-fruit Spanish loquat cultivars and fruit evaluation of the hybrids [J]. *J S China Agric Univ*, 2015, 36(1): 65–70. [宋红彦, 何小龙, 乔燕春, 等. ‘早钟 6 号’与西班牙大果枇杷品种杂交及其后代果实品质评价 [J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(1): 65–70.]
- [17] ZHANG L J, XIE L X, CHEN X P, et al. Variation and correlation of some fruit characters of loquat germplasm resources [J]. *Fujian Fruits*, 2009(2): 31–36. [张立杰, 谢丽雪, 陈秀萍, 等. 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. doi: 10.3969/j.issn.1004-6089.2009.02.006.]
- [18] LIN Q H, XU Q Z, ZHENG S, et al. Analysis on the diversity and correlation of fruit bearing in loquat germplasm resources [J]. *Fujian Fruits*, 2009(1): 4–10. [林旗华, 许奇志, 郑姗, 等. 枇杷种质资源坐果的遗传多样性及其相关分析 [J]. 福建果树, 2009(1): 4–10. doi: 10.3969/j.issn.1004-6089.2009.01.002.]
- [19] YE W Q, SUN Y F, TANG Y J, et al. Biocontrol potential of a broad-spectrum antifungal strain *Bacillus amyloliquefaciens* B4 for post-harvest loquat fruit storage [J]. *Postharv Biol Technol*, 2021, 174: 111439. doi: 10.1016/j.postharvbio.2020.111439.
- [20] CHEN X P, JIANG J M, DENG C J, et al. Diversity analysis of the leaf characters of loquat wild germplasm resources from Yunnan Province [J]. *Fujian Fruits*, 2009(2): 59–62. [陈秀萍, 蒋际谋, 邓朝军, 等. 云南枇杷野生种质资源叶片性状多样性分析 [J]. 福建果树, 2009(2): 59–62. doi: 10.3969/j.issn.1004-6089.2009.02.011.]
- [21] DENG X Q, WANG Y Q, TAO L, et al. Genetic diversity analysis of leaf phenotypic traits in loquat small seed strains [C]// The Loquat Branch of Chinese Society for Horticultural Science. Fifth National Symposium on Loquat (abstracts). Ya’an: CSHS, 2011: 52–55. [邓群仙, 王永清, 陶炼, 等. 枇杷小种子株系叶片表型性状遗传多样性分析 [C]// 中国园艺学会枇杷分会. 第五届全国枇杷学术研讨会论文集 (摘要). 雅安: 中国园艺学会枇杷分会, 2011: 52–55.]
- [22] TAO L, XIE H J, YANG W Y, et al. Study on diversity of leaf morphological traits of plants regenerated from ‘miniature seeds’ in loquat [J]. *SW China J Agric Sci*, 2016, 29(8): 1958–1961. [陶炼, 谢红江, 杨文渊, 等. 基于叶形态学的枇杷小种子植株遗传多样性研究 [J]. 西南农业学报, 2016, 29(8): 1958–1961. doi: 10.16213/j.cnki.scjas.2016.08.037.]
- [23] ZHENG S Q, JIANG J M, XU J H, et al. Studies on heredity of several of several characters in loquat: II. Genetic tendency in fruit mature period and resistance to leaf spot [J]. *J Fujian Acad Agric Sci*, 1997, 12(2): 36–39. [郑少泉, 蒋计谋, 许家辉, 等. 枇杷若干性状的遗传研究: II. 果实成熟期及叶片抗叶斑病的遗传倾向研究 [J]. 福建省农科院学报, 1997, 12(2): 36–39. doi: 10.19303/j.issn1008-0384.1997.02.008.]
- [24] SHAN Y X, DENG C J, HU W S, et al. Diversity analysis of loquat (*Eriobotrya*) defoliation color [J]. *Acta Hort Sin*, 2017, 44(4): 755–767. [单幼霞, 邓朝军, 胡文舜, 等. 枇杷属植物落黄叶片颜色遗传多样性分析 [J]. 园艺学报, 2017, 44(4): 755–767. doi: 10.16420/j.issn.0513-353x.2016-0576.]
- [25] ZHENG S Q, CHEN X P, XU X D, et al. Descriptors and Data Standard for Loquat (*Eriobotrya* spp.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 3–85. [郑少泉, 陈秀萍, 许秀淡, 等. 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: 3–85.]
- [26] ZHAO C B, GUO Y H, LI S Q, et al. Correlation and genetic analysis of fruit traits in F₁ hybrid population of loquat generated from Ninghaibai × Dafang [J]. *J Fruit Sci*, 2021, 38(7): 1055–1065. [赵崇斌, 郭乙含, 李舒庆, 等. 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. doi: 10.13925/j.cnki.gsx.20210076.]
- [27] ZHANG J, YANG R D, CHEN R, et al. Relationship between contents of mineral elements and quality of hot pepper grown in Zunyi, Guizhou Province [J]. *Food Sci*, 2018, 39(10): 215–221. [张建, 杨瑞东, 陈蓉, 等. 贵州遵义辣椒矿质元素含量与其品质相关性分析 [J]. 食品科学, 2018, 39(10): 215–221. doi: 10.7506/spkx1002-6630-201810033.]
- [28] ZHANG F, CHEN F D, FANG W M, et al. Heterosis and major gene plus polygene mixed genetic analysis for vegetative traits in *Chrysanthemum* [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, 47(2): 46–52. [张飞, 陈发棣, 房伟民,

- 等. 菊花营养性状杂种优势表现与主基因+多基因混合遗传分析 [J]. 林业科学, 2011, 47(2): 46–52.]
- [29] PENG H, CHEN F D, FANG W M, et al. Heterosis and mixed genetic analysis of branch traits of cut chrysanthemum [J]. Acta Hort Sin, 2013, 40(7): 1327–1336. [彭辉, 陈发棣, 房伟民, 等. 切花小菊分枝性状杂种优势表现与遗传分析 [J]. 园艺学报, 2013, 40(7): 1327–1336. doi: 10.16420/j.issn.0513-353x.2013.07.013.]
- [30] REN Y Q, XU D, GUO J M, et al. Genetic diversity of vegetative organs in F₁ generation of Chinese dwarf cherry hybrid plants [J]. Nonwood For Res, 2021, 39(1): 129–137. [任玉琴, 徐豆, 郭晋鸣, 等. 欧李杂交 F₁ 代植株营养器官的遗传多样性 [J]. 经济林研究, 2021, 39(1): 129–137. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2021.01.015.]
- [31] DIAO S F, LI F D, DUAN W, et al. Genetic diversity of phenotypic traits of leaves in F₁ progeny of persimmon [J]. J China Agric Univ, 2017, 22(2): 32–44. [刁松峰, 李芳东, 段伟, 等. 柿杂交 F₁ 代叶表型遗传多样性研究 [J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(2): 32–44. doi: 10.11841/j.issn.1007-4333.2017.02.04.]
- [32] LÜ T X, WANG M, YI K. Study on genetic trends of leaf traits in apple hybrid seedling [J]. N Hort, 2013(14): 8–10. [吕天星, 王铭, 伊凯. 苹果杂种实生苗叶片性状遗传趋势研究 [J]. 北方园艺, 2013(14): 8–10.]
- [33] SHEN D X. Fruit Breeding [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1992: 99–135. [沈德绪. 果树育种学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 99–135.]
- [34] PETERSEN G. Meiosis of intergeneric hybrids between polyploid species of *Hordeum* and *Secale* [J]. Hereditas, 1992, 116(1/2): 101–105. doi: 10.1111/j.1601-5223.1992.tb00211.x.
- [35] ZHAO Y N, OU C Q, WANG F, et al. Genetic analysis and correlation study on pear fruit characteristics in F₁ generation [J]. Acta Agric Boreali-Occid Sin, 2018, 27(12): 1811–1818. [赵亚楠, 欧春青, 王斐, 等. 梨 F₁ 代群体果实性状的遗传分析及相关性研究 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(12): 1811–1818. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2018.12.014.]
- [36] LIU Y, LIU H N, DENG Y, et al. Genetic predisposition of some traits of blueberry in hybrid progenies [J]. J Jilin Agric Univ, 2019, 41(1): 35–41. [刘月, 刘海楠, 邓宇, 等. 越橘正反交后代部分性状的遗传倾向 [J]. 吉林农业大学学报, 2019, 41(1): 35–41. doi: 10.13327/j.jjlau.2018.4101.]
- [37] ZHAO X P, MA Z S, XUAN L F, et al. Study on the genetic variation of the fruit traits of apricot filial generation [J]. J Hebei Agric Sci, 2005, 9(1): 28–31. [赵习平, 马之胜, 宣立锋, 等. 杏杂交后代果实性状的遗传变异研究 [J]. 河北农业科学, 2005, 9(1): 28–31. doi: 10.3969/j.issn.1088-1631.2005.01.007.]
- [38] HUANG A P, DENG C J, CHEN X P, et al. Study on the genetic variation of the fruit traits of longan filial generation [J]. Fujian J Agric Sci, 2006, 21(4): 342–345. [黄爱萍, 邓朝军, 陈秀萍, 等. 龙眼杂交后代果实性状遗传变异研究 [J]. 福建农业学报, 2006, 21(4): 342–345. doi: 10.3969/j.issn.1008-0384.2006.04.011.]
- [39] LIU Z Z, FAN H K, GAO H, et al. Analysis on the genetic variation of fruit characters in apple hybrids [J]. N Hort, 2012(5): 5–8. [刘振中, 樊红科, 高华, 等. 苹果杂交后代果实性状遗传变异分析 [J]. 北方园艺, 2012(5): 5–8.]
- [40] ZHANG X P, ZHANG Q, ZHANG J L, et al. Study on correlation between leaf character and fruit character of hybrid pear [J]. Acta Agric Jiangxi, 2009, 21(4): 53–54. [张绪萍, 张琦, 张金兰, 等. 香梨杂种后代叶片与果实性状的相关性研究 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(4): 53–54. doi: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2009.04.017.]
- [41] YOU G C, LIN W Z, WU J C, et al. Analysis genetic diversity of lemon germplasm resources with phenotypic traits [J]. S China Fruits, 2020, 49(6): 34–39. [尤桂春, 林文忠, 武竞超, 等. 柠檬种质资源表型性状遗传多样性分析 [J]. 中国南方果树, 2020, 49(6): 34–39. doi: 10.13938/j.issn.1007-1431.20200465.]
- [42] WANG J X, PAN G, WANG H, et al. The phenotypic polymorphism of walnut leaves and nuts and their correlations in Tibet [J]. For Res, 2012, 25(2): 236–240. [王金星, 潘刚, 王滑, 等. 西藏核桃叶片和坚果表型多样性及其相关关系研究 [J]. 林业科学研究, 2012, 25(2): 236–240. doi: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2012.02.009.]
- [43] WANG D M, YI K, LIU Z, et al. Study on relativity of leaf and fruit in apple hybrid trees [J]. N Fruits, 2004(S1): 72–73. [王冬梅, 伊凯, 刘志, 等. 苹果杂种叶片与果实相关性的研究 [J]. 北方果树, 2004 (S1): 72–73. doi: 10.16376/j.cnki.bfgs.2004.s1.028.]