

# 杏果核与种仁数量性状的遗传多样性分析

章秋平, 张玉萍, 马小雪, 刘威生, 刘宁, 徐铭, 刘硕, 张玉君

(辽宁省果树科学研究所, 辽宁熊岳 115009)

**摘要:**【目的】探究杏果核与种仁数量性状的遗传变异, 筛选特异种质, 为仁用杏遗传改良提供理论依据。【方法】以195份杏种质资源为材料, 连续2 a(年)调查了果核与种仁17个数量性状的变化。【结果】17个表型性状的变异系数范围为9.61%~36.88%, 杏群体内存在丰富的变异, 其中果核破裂力的变异系数最大, 核木质素含量的变异系数最小。通过相关性分析, 发现出仁率性状与仁侧径、单仁质量之间存在着极显著的正相关性, 而与核厚度、破裂力和硬度之间存在着极显著的负相关性。通过主成分分析, 将17个性状划分为4个综合因子, 两年的累计贡献率均达到81%以上, 第1主成分包括果核或种仁的纵径、横径以及质量等性状, 代表了核/仁大小性状; 第2主成分代表了果核形状; 第3和第4主成分分别代表了果核硬度与木质素含量。基于树形聚类图, 当遗传距离为15时, 将本研究的杏种质资源划分为5个类群: 第I和II类群分别由绿萼山杏和露仁普通杏组成; 大多数大扁杏种质聚类在III类群; 第IV类群由薄核且出仁率高的普通杏组成; 当遗传距离为10时, 第V类群被进一步划分为6个亚群, 这些亚群中均由山杏种质和普通杏种质混合组成。【结论】杏果核与种仁的数量性状存在着丰富的遗传变异, 增加种仁侧径有利于提高仁用杏的出仁率; 筛选出6份优异种质和21份特异种质材料, 可以作为仁用杏遗传改良的亲本材料。

**关键词:** 杏; 种质资源; 果核; 种仁; 数量性状; 遗传多样性

中图分类号: S662.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2023)02-0193-13

## Genetic diversity analysis of quantitative traits of fruit stone and kernel in apricot

ZHANG Qiuping, ZHANG Yuping, MA Xiaoxue, LIU Weisheng, LIU Ning, XU Ming, LIU Shuo, ZHANG Yujun

(Liaoning Institute of Pomology, Xiongyue 115009, Liaoning, China)

**Abstract:** 【Objective】The kernel-using apricot is a unique apricot resource in China, which includes Siberian apricot (*Armeniaca sibirica* L.), common apricot (*A. vulgaris* L.) and *A. cathayana* D. L. Fu et al. Although apricot germplasm resources in China are very rich, the available materials in the breeding of kernel-using apricot are very few. The evaluation of stone and kernel related quantitative traits of apricot is the basis for the effective breakthrough of genetic improvement and breeding in kernel-using apricots. 【Methods】Based on the phenotypic data of 195 apricot germplasm resources in the two consecutive years, the variation coefficient analysis, principal component analysis, correlation analysis and cluster analysis were carried out on the 17 traits of stone and kernel using Origin 9.0 software. 【Results】The coefficients of variation of the 17 quantitative traits ranged from 9.61% to 36.88%, and the coefficient of variation of the stone breaking force (SBF) was largest, and the coefficient of variation of the stone lignin content (SLC) was smallest. The result of the Shapiro-Wilk test showed that those data were normally distributed except for SBF and SLC traits. The evaluation data in two consecutive years was stable and well repeatable. The coefficient of variation of the stone dry weight (SDW), kernel dry weight (KDW), stone hardness (SH) and kernel weight ratio (KR) were all over 20%, indicating that 195 accessions of germplasm resources had abundant genetic diversity. The distribution of the SH

收稿日期: 2022-07-21

接受日期: 2022-08-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31972365); 国家园艺作物种质资源基础平台(NICGR2021-056); 辽宁省农业科学院学科建设计划(2019DD164823)

作者简介: 章秋平, 男, 研究员, 博士, 主要从事果树种质资源与遗传育种研究。Tel: 13941786260, E-mail: lbzhangqiuping2@163.com

ranged from 305.31 to 1 573.37 N, with an average of 902.32 N. The distribution of the KR ranged from 12.83% to 51.20%, with an average of 27.88%, indicating that there was a great potential for genetic improvement in the SH and KR traits. There was a significant correlation between the size and weight of the stone and kernel. In particular, the correlation coefficient between the stone length (SL) and the kernel length (KL) was as high as 0.899 indicating that the kernel size was closely related to the size of the stone. The positive correlation between the KR and kernel thickness (KT) trait ( $r=0.395$ ) or kernel weight (KW) trait ( $r=0.377$ ) was extremely significant, and the negative correlation between the KR and the SH trait ( $r=-0.551$ ) or SBF trait ( $r=-0.346$ ) or stone shell thickness (SST) ( $r=-0.570$ ) was very significant. This result indicated that the KR could be increased by enlarging the KT or decreasing the SH. The principal component analysis showed that the 17 traits could be integrated into four main factors, and the accumulative contribution rate was over 81% in two years. The first principal component, accounted for 32.37%, was composed of the SL, stone width (SW), SDW, KL, KW, and KDW, and represented the size of stone or kernel. The second principal component, accounted for 26.43%, was composed of the stone thickness (ST), SL/SW, SL/ST, KT, KL/KT, and KL/KT traits, and represented the shape of stone or kernel. The third (14.87%) and fourth (7.86%) principal component represented the SH and SLC traits, respectively. The 195 accessions were grouped into 5 major clusters by cluster analysis when the genetic distances were 15. Cluster I only included one accession of Siberian apricot (Lve), and cluster II comprised of one common apricot accession (Luren) collected from Liaoning province. The most varieties of the *A. cathayana* apricot, usually with thin stone shell, slightly juice and astringent flesh and large sweet kernel, were clustered into the cluster III. The cluster IV was composed of 27 varieties, most of them had the traits of thin stone shell and high kernel ratio. The cluster V was further divided into 6 subgroups when the genetic distance was 10. In the Va subgroup, four accessions were included, with oval shape stone and the great hardness in stone. The Vb subgroup was composed of four accessions with the hard stone. The accessions in the Vc subgroup were consisted of 29 accessions with full kernels and high kernel ratio, such as Dashanxin, Kelala, Boxing, and Liaomei, and so on. The Vd subgroup were consisted of 12 accessions with oblate stone and long transverse diameter. the Ve subgroup comprised of seven accessions, for example Caotancaoxing, Zhanggongyuan, Mituo lu, and Hongyu, etc. These accessions had large stone, poorly developed kernels and low kernel yield. The remaining 90 accessions were constituted the Vf subgroup, accounting for 46.15% of the total accessions. The stone or kernel traits of these accessions were intermediate types. Except for the group III, the other groups are different types of germplasm of common apricots and Siberian apricots. 【Conclusion】 The quantitative traits of apricot stone or kernel had abundant genetic diversity, and the improvement of the SL or KL trait would be beneficial to the increase of kernel yield in the breeding of kernel-using apricot. The 6 excellent and 21 specific germplasms, especially the common apricot germplasm such as Tianren Huangkouwai, Dapiantou, Kuerdaisheke and Saimati, could be used as important breeding parents to increase the genetic diversity of kernel-using apricot.

**Key words:** Apricot; Germplasm resources; Fruit stone; Seed kernel; Quantitative traits; Genetic diversity

杏可以划分为肉用杏和仁用杏。仁用杏以收获杏核、加工杏仁为目的,大部分种植在干旱、寒冷、土壤贫瘠的“三北”(东北、华北和西北广阔的荒漠化边缘)地区<sup>[1]</sup>,是我国北方生态脆弱地区重点发展的经

济林树种之一。据中国园艺学会李杏分会统计,我国仁用杏种植面积约95.7万 $\text{hm}^2$ ,主要包括山杏(*Armeniaca sibirica* L.)和大扁杏(*Armeniaca cathayana* D. L. Fu et al.)。但是,我国仁用杏生产存在良种化

程度低、品种混杂和遗传基础狭窄等多种问题。究其原因主要是种质资源评价与利用不足。

我国仁用杏种质资源类型非常丰富,根据植物学特征可将仁用杏划分为山杏、大扁杏和普通杏(*Armeniaca vulgaris* L.)3个类群<sup>[2]</sup>,其中仁用普通杏数量很少。大多数山杏人工林以种子实生为主,导致种仁大小不均、产量低等问题,严重影响了农民的经济收入。虽然近年来已经筛选出一些新品种<sup>[3-4]</sup>,但是这些品种多由野生山杏复壮纯化而成,仍存在种仁较小、经济效益低等问题。基于陕北黄土高原区域的山杏不同性状间的相关性分析,认为叶面积、叶柄长、单果质量可以作为高产山杏选种的主要指标<sup>[5]</sup>;在比较不同山杏无性系的经济性状差异之后,刘明国等<sup>[6]</sup>则认为单果质量、单核质量、单仁质量等9个数量性状能够很好地区分66份山杏无性系。董胜君等<sup>[7]</sup>比较不同来源地山杏株系的数量性状差异,认为山杏果实、核与种仁的变异非常丰富,并将125份山杏种质划分为6个类群。王丹等<sup>[8]</sup>比较了不同杏种仁的粗脂肪和苦杏仁苷差异;张倩茹等<sup>[9]</sup>在检测不同杏种质的种仁脂肪酸组成之后筛选出4份含油率高的材料;尹明宇等<sup>[10]</sup>对内蒙古地区10个不同来源的山杏果核大小、种仁大小以及种仁的脂肪酸、蛋白质等的含量进行了评价,筛选出5个不同特征的育种利用群。根据果核和种仁的性状变异,在70份新疆南部普通杏种质中筛选出2份可以改良仁用杏的优良亲本材料<sup>[11]</sup>。大扁杏是我国特有的杏种质资源类群<sup>[12]</sup>,属于栽培程度较高、经济效益高的类型。然而,该类群主要栽培品种由一窝蜂和龙王帽地方品种实生选育而成<sup>[13-15]</sup>,遗传多样性极差<sup>[16]</sup>。基于多种分子标记讨论以上3类仁用杏的起源之后,认为具有大果核普通杏可能对大扁杏优良特性的形成具有重要贡献<sup>[17]</sup>。

系统评价杏果核、种仁性状的遗传多样性,筛选特异种质,能够加快仁用杏遗传改良进程。长久以来,仁用杏评价工作一直局限于不同山杏类群的筛选或少量大扁杏性状评价,缺乏不同类群杏果核、种仁表型数量性状的整体评价。笔者对国家果树种质资源熊岳李杏圃保存的195份杏种质资源进行了系统鉴定评价,筛选出特异或优良的杏种质材料,为仁用杏育种和遗传改良提供可靠依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

195份杏品种均来自国家果树种质熊岳李杏圃,其中大扁杏22份(样品编号为1-22)、山杏9份(为23-31)、普通杏160份(为32-191)、辽杏[*Armeniaca mandshurica* (Maxim.) Skv.]2份(分别为192和193)、紫杏[*Armeniaca dasycarpa* (Ehrh.) Borkh, 编号为194]和梅(*Armeniaca mume* Sieb., 编号为195)各1份(表1)。所有品种树龄20 a,均以山杏实生苗为砧木。果园株行距为5 m×5 m,栽培条件及管理水平较为一致。每品种随机选取2~4株树,并采集树冠外围果实进行调查。

### 1.2 性状调查

试验于2019年和2020年夏季果实成熟时期进行,从树冠外围随机选取100个有代表性的果实。样品采集与调查方法参见刘宁等<sup>[18]</sup>的《杏种质资源描述规范和数据标准》。从果实中取出果核,洗净、晾干,以备调查。共调查或测定7个果核、种仁性状,具体方法如下:

果核大小性状调查按照章秋平等<sup>[2]</sup>描述的方法进行,每个样品随机取30粒杏核,用游标卡尺测量果核纵径(SL)、核横径(SW)和核侧径(ST),并计算样品的核纵/横比(SL/SW)、核纵/侧比(SL/ST)。将杏核敲开后,用游标卡尺测量果核中部最薄处的厚度,即为壳厚度(SST)。利用TMS-PRO物性分析仪(美国Food Technology Corporation公司生产)中的TPA模块和2500 N探头(直径35 mm)测定果核破裂力(SBF)与硬度(SH),具体方法与参数设置与吕春晶等<sup>[19]</sup>的方法描述相同。

将所有果核样品粉碎,过60目(0.25 mm)的网筛。按Klason法<sup>[20]</sup>测定果核中酸不溶性木质素含量(SLC),每个品种重复测定3次。

利用游标卡尺测量种仁的纵径(KL)、横径(KW)和侧径(KT),并计算仁纵/横径比(KL/KW)、仁纵/侧径比(KL/KT),每品种测量30个。利用电子天平称量核干质量(SDW)与单仁质量(KDW),均为100粒的平均值。计算100粒果核的杏仁出仁率(KR)。

### 1.3 数据分析

利用Excel 2010软件对数据进行整理,计算各样品的平均值。然后,利用Origin 9.0软件对所有性状的数据进行基本描述统计、相关性分析、主因子分析以及聚类分析。

表 1 195 份杏种质资源的基本信息

Table 1 Basic information of 195 accessions in apricot

编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin
1 79C13	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	66 串枝白 Chuanzhibai	河北景县 Jingxian, Hebei	131 苹果杏 Pinggongxing	山东烟台 Yantai, Shandong
2 80A03	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	67 馍馍杏 Momoxing	河北景县 Jingxian, Hebei	132 马村杏 Macunxing	山西 Shanxi
3 80B05	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	68 串枝红 Chuanzhihong	河北巨鹿 Julu, Hebei	133 扁杏 Bianxing	山西大同 Datong, Shanxi
4 80D05	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	69 子荷 Zihe	河北石家庄 Shijiazhuang, Hebei	134 白水 Baishui	山西太谷 Taigu, Shanxi
5 白玉扁 Baiyubian	北京海淀 Haidian, Beijing	70 水白 Shuibai	河北蔚县 Yuxian, Hebei	135 沙金红 Shajinhong	山西太谷 Taigu, Shanxi
6 超仁 Chaoren	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	71 黄甜核 Huangtianhe	河北蔚县 Yuxian, Hebei	136 曹杏 Caoxing	陕西草滩 Caotan, Shaanxi
7 串铃扁 Chuanlingbian	河北涿州 Zhuolu, Hebei	72 棒锤杏 Bangchuxing	河北邢台 Xingtai, Hebei	137 梅杏 Meixing	陕西草滩 Caotan, Shaanxi
8 丰仁 Fengren	河北涿州 Zhuozhou, Hebei	73 水白 Shuibai	河南郑州 Zhengzhou, Henan	138 胭脂红 Yanzhihong	陕西草滩 Caotan, Shaanxi
9 国仁 Guoren	河北涿州 Zhuozhou, Hebei	74 野生甜仁 WildTianren	河南灵宝 Lingbao, Henan	139 张公园 Zhanggongyuan	陕西草滩 Caotan, Shaanxi
10 迟梆子 Chibangzi	陕西华县 Huaxian, Shaanxi	75 龙垦5号 Longken No.5	黑龙江宝清 Baoqing, Heilongjiang	140 白沙 Baisha	陕西大荔 Dali, Shaanxi
11 黄尖嘴 Huangjianzui	北京延庆 Yanqing, Beijing	76 龙垦8号 Longken No.8	黑龙江宝清 Baoqing, Heilongjiang	141 菜籽黄 Caizihuang	陕西大荔 Dali, Shaanxi
12 九道眉 Jiudaomei	河北张家口 Zhangjiakou, Hebei,	77 东宁2号 Dongning No.2	黑龙江东宁 Dongning, Heilongjiang	142 金丝甜仁 Jinsitianren	陕西大荔 Dali, Shaanxi
13 克拉拉 Kelala	陕西华县 Huaxian, Shaanxi	78 白杏 Baixing	黑龙江友谊 Youyi, Heilongjiang	143 苦仁红脸 Bitter Honglian	陕西大荔 Dali, Shaanxi
14 龙王帽 Longwangmao	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	79 杏梅 Xingmei	黑龙江友谊 Youyi, Heilongjiang	144 马串铃 Machuanling	陕西大荔 Dali, Shaanxi
15 三杆旗 Sanganqi	河北蔚县 Yuxian, Hebei	80 银白 Yinbai	黑龙江友谊 Youyi, Heilongjiang	145 甜仁红脸 Sweet Honglian	陕西大荔 Dali, Shaanxi
16 围选1号 Weixuan No.1	河北围场 Weichang, Hebei	81 早大黄 Zaodahuang	黑龙江友谊 Youyi, Heilongjiang	146 头窝接 Touwojie	陕西大荔 Dali, Shaanxi
17 新4号 Xin No.4	河北蔚县 Yuxian, Hebei	82 中白 Zhongbai	黑龙江友谊 Youyi, Heilongjiang	147 大接杏 Dajixing	陕西华县 Huaxian, Shaanxi
18 一窝蜂 Yiwofeng	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	83 房陵大杏 Fanglingdaxing	湖南房县 Fangxian, Hunan	148 草坯杏 Caopixing	陕西礼泉 Liqua, Shaanxi
19 优一 Youyi	河北蔚县 Yuxian, Hebei	84 大白桃 Dabaitao	吉林延边 Yanbian, Jilin	149 二转子 Erzhuanzi	陕西礼泉 Liqua, Shaanxi
20 油仁 Youren	河北蔚县 Yuxian, Hebei	85 Harcot	加拿大 Canada	150 银香白 Yinxiangbai	陕西临潼 Lintong, Shaanxi
21 长城1号 Changcheng No.1	河北张家口 Zhangjiakou, Hebei	86 Harlayne	加拿大 Canada	151 黑叶 Heiyexing	陕西眉县 Meixian, Shaanxi
22 木瓜杏 Muguaxing	河北涿鹿 Zhuolu, Hebei	87 白杏 Baixing	辽宁北镇 Beizhen, Liaoning	152 陕梅 Shaanmei	陕西眉县 Meixian, Shaanxi
23 B110-2	辽宁朝阳 Chaoyang, Liaoning	88 苦仁红袍 Bitter Hongpao	辽宁北镇 Beizhen, Liaoning	153 牛角黄 Niujiahuang	陕西长安 Chang'an, Shaanxi
24 B201-2	辽宁朝阳 Chaoyang, Liaoning	89 甜仁红袍 Sweet Hongpao	辽宁北镇 Beizhen, Liaoning	154 古渡杏 Guduxing	四川巴塘 Batang, Sichuan
25 C103-2	河北承德 Chengde, Hebei	90 沙金红 Shajinhong	辽宁东港 Donggang, Liaoning	155 姑咱杏 Guzaxing	四川康定 Sichuan, Kangding
26 C112-6	河北承德 Chengde, Hebei	91 嘎杏 Gaxing	辽宁东港 Donggang, Liaoning	156 王世中 Wangshizhong	四川泸定 Luding, Sichuan
27 C202-2	辽宁朝阳 Chaoyang, Liaoning	92 晚杏 Wanxing	辽宁东港 Donggang, Liaoning	157 香白 Xiangbai	天津蓟县 Jixian, Tianjin
28 垂枝杏 Chuizhixing	辽宁松源 Songyuan, Liaoning	93 核包杏 Hebaoxing	辽宁法库 Faku, Liaoning	158 Hacihaliloglu	土耳其 Turkey

表1(续) Table 1 (Continued)

编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin
29 大山杏 Dashanxing	辽宁熊岳 Xiongyue, Liaoning	94 银白 Yinbai	辽宁法库 Faku, Liaoning	159 Kabaasi	土耳其 Turkey
30 辽梅 Liaomei	辽宁北票 Beipiao, Liaoning	95 关爷脸 Guanyelian	辽宁盖州 Gaizhou, Liaoning	160 Soganci	土耳其 Turkey
31 绿萼 Lü'e	河北尚义 Shangyi, Hebei	96 光板杏 Guangbanxing	辽宁甘井子 Ganjingzi, Liaoning	161 Tyrinthos	希腊 Greece
32 巴斗 Badou	安徽砀山 Dangshan, Anhui	97 大红杏 Dahongxing	辽宁锦西 Jinxi, Liaoning	162 安加娜 Anjana	新疆和田 Hetian, Xinjiang
33 白玉巴达 Baiyubada	北京海淀 Haidian, Beijing	98 秋白 Qiubai	辽宁建平 Jianping, Liaoning	163 梨杏 Lixing	新疆和田 Hetian, Xinjiang
34 山黄 Shanhuang	北京昌平 Changping, Beijing	99 野银白 Yeyinbai	辽宁锦西 Jinxi, Liaoning	164 卡巴克西米西 Kabaximisi	新疆喀什 Kashgar, Xinjiang
35 蜜陀罗 Mituoluo	北京房山 Fangshan, Beijing	100 伯杏 Boxing	辽宁辽阳 Liaoyang, Liaoning	165 克孜朗 Kezilang	新疆柯坪 Keping, Xinjiang
36 苹果白 Pingguobai	北京海淀 Haidian, Beijing	101 红杏 Hongxing	辽宁辽阳 Liaoyang, Liaoning	166 苦曼提 Kumanti	新疆柯坪 Keping, Xinjiang
37 水晶 Shuijing	北京海淀 Haidian, Beijing	102 李子杏 Lizixing	辽宁辽阳 Liaoyang, Liaoning	167 毛拉肖 Maolaxiao	新疆柯坪 Keping, Xinjiang
38 麦黄 Maihuang	北京海淀 Haidian, Beijing	103 水李子 Shuilizi	辽宁辽阳 Liaoyang, Liaoning	168 阿扬洪来克 Ayanghonglaike	新疆库车 Kuche, Xinjiang
39 苦核白 Kuhebai	北京平谷 Pinggu, Beijing	104 露仁 Luren	辽宁凌源 Lingyuan, Liaoning	169 库车1号 Kuche No.1	新疆库车 Kuche, Xinjiang
40 五台扁 Wutaibian	北京延庆 Yanqing, Beijing	105 小拳杏 Xiaoquanxing	辽宁旅顺 Lvshun, Liaoning	170 库尔代克 Kuerdaisheke	新疆库车 Kuche, Xinjiang
41 苦核白 Kuhebai	北京延庆 Yanqing, Beijing	106 早熟杏 Zaoshuxing	辽宁沈阳 Shenyang, Liaoning	171 佳娜丽 Jianali	新疆轮台 Luntai, Xinjiang
42 沙金红 Shajinhong	北京延庆 Yanqing, Beijing	107 桃核杏 Taohexing	辽宁西丰 Xifeng, Liaoning	172 克孜阿恰 Keziaqia	新疆轮台 Luntai, Xinjiang
43 白杏 Baixing	朝鲜平壤 Pyongrang, North Korea	108 荷包榛 Hebaozhen	辽宁熊岳 Xiongyue, Liaoning	173 克孜克西米西 Kezikximixi	新疆轮台 Luntai, Xinjiang
44 白杏 Baixing	朝鲜惠阳 Huiyang, North Korea	109 Katy	美国 USA	174 乔儿胖 Qiaorpang	新疆莎车 Shache, Xinjiang
45 Bergeron	法国 France	110 Sundrop	美国 USA	175 白赛买提 Baisaimaiti	新疆叶城 Yecheng, Xinjiang
46 大偏头 Dapiantou	甘肃兰州 Lanzhou, Gansu	111 Sungold	美国 USA	176 大胡安娜 Dahuana	新疆叶城 Yecheng, Xinjiang
47 大接杏 Dajjexing	甘肃兰州 Lanzhou, Gansu	112 金杏 Jinxing	内蒙古 Inner Mongo	177 胡安娜 Huana	新疆叶城 Yecheng, Xinjiang
48 甜仁黄口外 Tianren Huangkouwai	甘肃兰州 Lanzhou, Gansu	113 双仁 Shuangren	内蒙古 Inner Mongo	178 莫克优系 Mokeyouxi	新疆叶城 Xinjiang, Yecheng
49 大红中沙 Dahongzhongsha	贵州贵阳 Guiyang, Guizhou	114 牛心杏 Niuxinxing	宁夏 Ningxia	179 晚熟红杏 Late Hongxing	新疆叶城 Yecheng, Xinjiang
50 大杏 Daxing	贵州凯里 Kaili, Guizhou	115 新水杏 Xinshuixing	宁夏 Ningxia	180 牙格勒克 Yageleke	新疆叶城 Yecheng, Xinjiang
51 桐梓杏 Tongzixing	贵州桐梓 Tongzi, Guizhou	116 山彩 Shancai	日本 Japan	181 北山 Beishan	新疆伊犁 Yili, Xinjiang
52 沙杏1号 Shaxing No.1	贵州遵义 Zunyi, Guizhou	117 斯里普斯 Silipusi	日本 Japan	182 卡拉玉吕克 Kalayulüke	新疆伊犁 Yili, Xinjiang
53 白果杏 Baiguoxing	河北昌黎 Changli, Hebei	118 信山丸 Xinshanwan	日本 Japan	183 野杏 Yexing	新疆伊犁 Yili, Xinjiang
54 大白杏 Dabaixing	河北昌黎 Changli, Hebei	119 大明杏 Damingxing	山东菏泽 Heze, Shandong	184 赛买提 Saimaiti	新疆英吉沙 Yingjisha, Xinjiang
55 大核白 Dahebai	河北昌黎 Changli, Hebei	120 关爷脸 Guanyelian	山东崂山 Laoshan, Shandong	185 Monaco	意大利 Italy
56 吨葫芦 Dunhulu	河北昌黎 Changli, Hebei	121 早橙 Zaocheng	山东崂山 Laoshan, Shandong	186 Pisana	意大利 Italy
57 红花接 Honghuajie	河北昌黎 Changli, Hebei	122 长个红 Changgehong	山东崂山 Laoshan, Shandong	187 晚甜杏 Wantianxing	云南 Yunnan

表 1 (续) Table 1 (Continued)

编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin
58 金黄杏 Jinhuangxing	河北昌黎 Changli, Hebei	123 白杏 Baixing	山东曲阜 Qufu, Shandong	188 源东杏 Yuandongxing	浙江金华 Jinhua, Zhejiang
59 倭瓜杏 Woguaxing	河北昌黎 Changli, Hebei	124 红玉 Hongyu	山东泰安 Tai'an, Shandong	189 仙居杏 Xianjuxing	浙江仙居 Xianju, Zhejiang
60 硬条 Yingtiao	河北昌黎 Changli, Hebei	125 海棠红 Haitanghong	山东泰安 Tai'an, Shandong	190 大佛杏 Dafuxing	浙江新昌 Xinchang, Zhejiang
61 广宗杏 Guangzongxing	河北广宗 Guangzong, Hebei	126 平黄 Pinghuang	山东泰安 Tai'an, Shandong	191 张村早杏 Zhangcunzaoxing	浙江张村 Zhangcun, Zhejiang
62 肉杏 Rouxing	河北广宗 Guangzong, Hebei	127 杨继元 Yangjiyuan	山东泰安 Tai'an, Shandong	192 朝鲜杏 Chaoxianxing	朝鲜 North Korea
63 官厅二黄 Guanting'erhuang	河北怀来 Huailai, Hebei	128 早麦黄 Zaomaihuang	山东泰安 Tai'an, Shandong	193 辽杏 09-5 Liaoxing 09-5	吉林长春 Changchun, Jilin
64 香白 Xingbai	河北怀来 Huailai, Hebei	129 白仁 Bairen	山东烟台 Yantai, Shandong	194 紫杏 Zixing	新疆库车 Kuche, Xinjiang
65 石片黄 Shipianhuang	河北怀来 Huailai, Hebei	130 观音脸 Guanyinlian	山东烟台 Yantai, Shandong	195 送春 Songchun	育成品种 Improved varieties

## 2 结果与分析

### 2.1 果核主要性状的描述性统计

对 195 份杏种质资源的果核/仁的主要性状进行描述性统计,如图 1 和表 2 所示。通过图 1 的箱式图可以看出,杏果核、种仁各性状的数据分布范

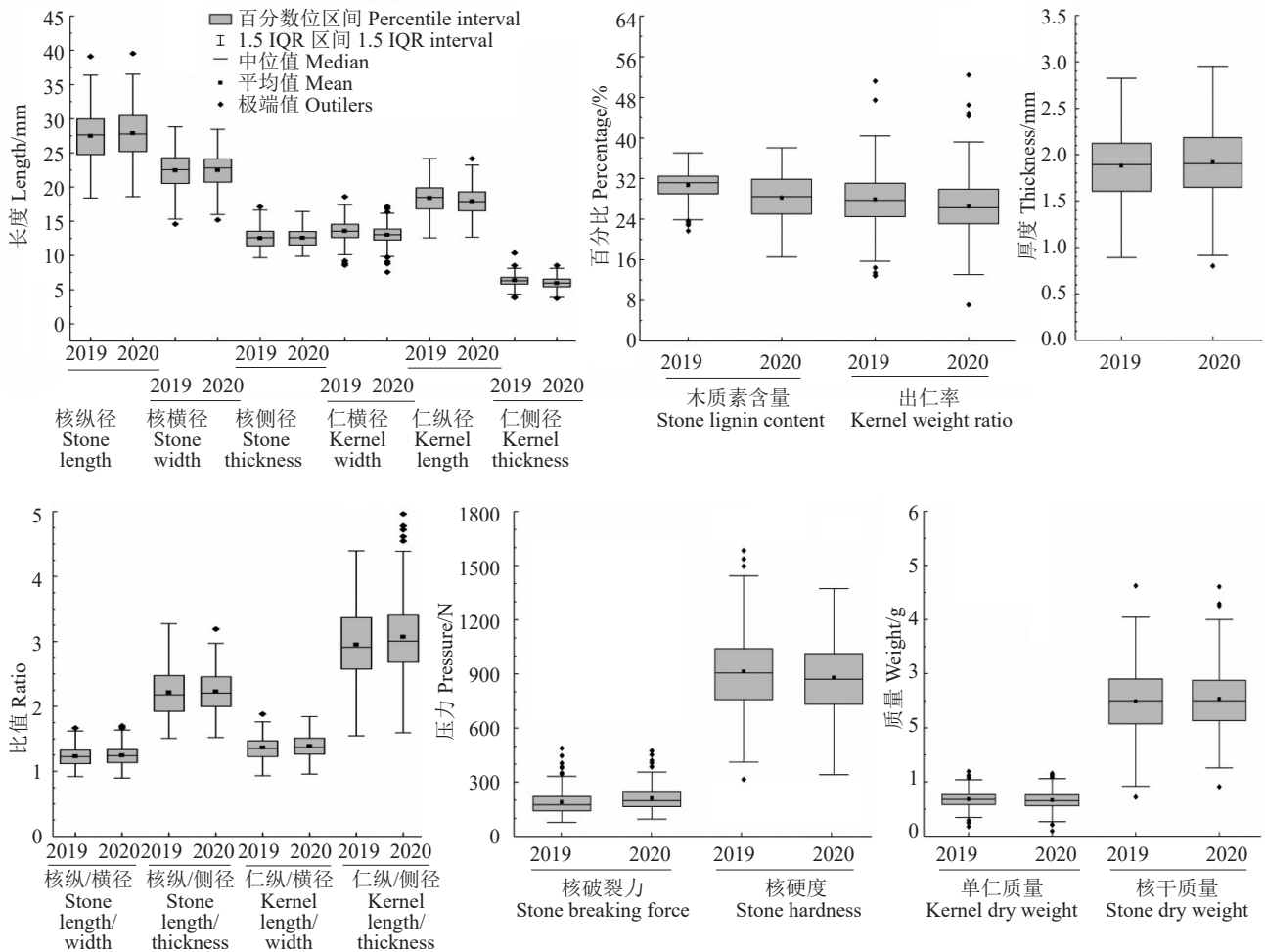


图 1 195 份杏种质资源果核性状分布的箱式图

Fig. 1 Box plot of frequency distribution of fruit stone related traits in 195 accessions of apricot

围较大,这表明本文中的杏种质资源具有广泛的遗传变异。

从表2可以看出,17个性状变异系数介于9.61%~36.88%之间,呈现出较大的变异幅度。在连续2 a的调查数据中,核破裂力性状的变异系数最大,为36.88%,变异幅度为84.87~495.56 N。其后依次为仁干质量、核干质量、核硬度、出仁率和核壳厚度等性状。通过Shapiro-Wilk检验,除核破裂力和木质素含量外,其余性状数据均符合正态分布。杏果核硬度的分布范围为305.31~1 573.37 N,

平均值为902.32 N;出仁率的分布范围为12.83%~51.20%,平均值为27.88%,这表明在破核取仁和提  
高种仁产量等方面具有较大的遗传改良潜力。核侧径的变异系数最小,2 a平均变异系数仅为10.8%,变异幅度为1.32~9.89 mm。而其余果核大小性状和种仁大小的性状指标为中等变异。一般认为,变异系数大于10%表示样本间差异较大<sup>[21-22]</sup>。在本研究中表型性状数据的变异系数均大于10%,表明这195份杏种质资源间存在很大的差异,具有丰富的遗传多样性。

表2 195份杏种质资源果核、种仁相关性状变异系数分析

Table 2 Analysis of variation coefficient of fruit stone related traits in 195 accessions of apricot

性状 Traits	年份 Years	平均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min.	最大值 Max.	变异系数 CV/%	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness	S-W检验 S-W test Sig.
核纵径 Stone length (SL)/mm	2019	27.47	3.81	18.42	39.09	13.86	-0.01	-0.01	0.38
	2020	27.86	3.84	18.58	39.52	13.79	-0.27	0.05	0.91
核横径 Stone width (SW)/mm	2019	22.44	2.61	14.58	28.81	11.63	-0.06	-0.22	0.42
	2020	22.48	2.54	15.18	28.44	11.29	-0.14	-0.18	0.47
核侧径 Stone thickness (ST)/mm	2019	12.53	1.40	9.68	17.10	11.15	-0.17	0.16	0.09
	2020	12.58	1.32	9.89	16.41	10.46	-0.37	0.13	0.26
核纵/横径 Stone length/ width (SL/SW)	2019	1.23	0.14	0.92	1.67	11.76	-0.16	0.29	0.52
	2020	1.24	0.15	0.90	1.70	12.00	0.11	0.25	0.38
核纵/侧径 Stone length/ thickness (SL/ST)	2019	2.21	0.34	1.51	3.27	15.42	-0.38	0.28	0.09
	2020	2.23	0.33	1.52	3.19	14.90	-0.24	0.27	0.54
核干质量 Stone dry weight (SDW)/g	2019	2.49	0.62	0.72	4.62	24.78	0.51	0.11	0.74
	2020	2.53	0.61	0.91	4.61	24.09	0.53	0.32	0.12
壳厚度 Stone shell thickness (SST)/mm	2019	1.88	0.38	0.89	2.82	20.04	-0.12	0.18	0.18
	2020	1.92	0.40	0.80	2.95	20.77	0.14	0.19	0.14
核破裂力 Stone breading force (SBF)/N	2019	196.75	72.56	84.87	495.56	36.88	1.98	1.31	0.00
	2020	218.23	70.30	102.37	481.18	32.21	2.00	1.22	0.00
核硬度 Stone hardness (SH)/N	2019	902.32	224.39	305.31	1 573.37	24.87	0.42	0.22	0.22
	2020	868.61	196.03	331.51	1 363.14	22.57	-0.02	0.02	0.84
木质素含量 Stone lignin content (SLC)/%	2019	30.69	2.95	21.68	37.03	9.61	0.29	-0.67	0.00
	2020	28.20	4.70	16.54	38.05	16.68	-0.56	-0.21	0.05
出仁率 Kernel weight ratio (KR)/%	2019	27.88	6.15	12.83	51.20	22.07	2.89	-0.19	0.67
	2020	26.48	6.11	7.11	52.40	23.06	2.24	0.59	0.07
仁纵径 Kernel length (KL)/mm	2019	18.42	2.29	12.57	24.16	12.46	0.09	0.05	0.39
	2020	17.93	2.16	12.68	24.15	12.07	0.14	0.17	0.60
仁横径 Kernel width (KW)/mm	2019	13.57	1.58	8.58	18.58	11.66	0.82	-0.05	0.39
	2020	13.00	1.51	7.57	17.13	11.59	0.99	-0.23	0.69
仁侧径 Kernel thickness (KT)/mm	2019	6.35	0.86	3.81	10.36	13.51	2.42	0.48	0.30
	2020	5.96	0.84	3.72	8.54	14.08	0.08	0.01	0.94
仁纵/横径 Kernel length/width (KL/KW)	2019	1.37	0.16	0.93	1.88	11.90	0.03	0.39	0.27
	2020	1.39	0.16	0.96	1.84	11.80	0.02	0.33	0.38
仁纵/侧径 Kernel length/thickness (KL/KT)	2019	2.95	0.53	1.55	4.39	18.02	-0.42	0.02	0.50
	2020	3.07	0.58	1.60	4.96	18.96	0.59	0.53	0.30
单仁质量 Kernel dry weight (KDW)/g	2019	0.68	0.18	0.17	1.19	26.10	1.38	-0.12	0.07
	2020	0.66	0.18	0.09	1.16	26.68	0.84	0.07	0.21





表3 杏果核相关性状的主成分分析  
Table 3 Principal component analysis of fruit stone related traits of apricot

性状 Trait	2019年 In 2019				2020年 In 2020			
	主成分 1 PC 1	主成分 2 PC 2	主成分 3 PC 3	主成分 4 PC 4	主成分 1 PC 1	主成分 2 PC 2	主成分 3 PC 3	主成分 4 PC 4
核纵径 SL	0.857	0.397	0.022	0.166	0.833	0.466	0.071	0.122
核横径 SW	0.812	-0.408	0.056	-0.129	0.843	-0.360	0.005	-0.207
核侧径 ST	0.534	-0.710	-0.106	0.207	0.596	-0.609	-0.200	0.241
核纵/横径 SL/SW	0.206	0.875	-0.050	0.348	0.153	0.890	0.058	0.358
核纵/侧径 SL/ST	0.399	0.854	0.084	0.005	0.361	0.856	0.192	-0.058
核干质量 SDW	0.933	-0.188	0.078	0.059	0.944	-0.142	0.087	0.027
壳厚度 SST	0.592	-0.401	-0.393	-0.204	0.634	-0.343	-0.499	0.036
核破裂力 SBF	0.472	-0.478	-0.261	0.059	0.575	-0.313	-0.210	0.090
核硬度 SH	0.333	-0.473	-0.510	0.413	0.393	-0.376	-0.513	0.400
木质素含量 SLC	-0.125	-0.214	-0.305	0.342	-0.208	-0.076	-0.213	0.098
出仁率 KR	-0.336	0.196	0.797	0.117	-0.440	-0.016	0.745	0.054
仁纵径 KL	0.834	0.450	0.143	0.081	0.809	0.450	0.269	0.082
仁横径 KW	0.693	-0.252	0.512	-0.327	0.702	-0.325	0.505	-0.329
仁侧径 KT	0.008	-0.462	0.587	0.595	-0.020	-0.481	0.613	0.583
仁纵/横径 KL/KW	0.179	0.746	-0.378	0.415	0.101	0.816	-0.242	0.429
仁纵/侧径 KL/KT	0.538	0.635	-0.336	-0.365	0.510	0.642	-0.302	-0.405
单仁质量 KDW	0.664	0.018	0.635	0.056	0.683	-0.097	0.638	0.030
特征值 Eigenvalue	5.503	4.493	2.528	1.336	5.815	4.253	2.511	1.233
贡献率 Contribution ratio/%	32.368	26.432	14.868	7.857	34.205	25.019	14.769	7.254
累计贡献率 Cumulative contribution ratio/%	32.368	58.800	73.668	81.525	34.205	59.224	73.992	81.246

注:性状的缩写见表2。

Note: Abbreviations of characters are shown in table 2.

年调查数据中,第1主成分特征值为5.503,贡献率为32.37%,果核和种仁的纵横侧等8个性状的特征值(绝对值)较大,可以看出这些性状主要描述核/仁大小、质量的性状。第2个主成分特征值为4.493,贡献率为26.43%,有6个性状的特征值绝对值较大,包括核侧径、核/仁的三径比值以及核破裂力,这表明在质构仪正面加压时果核的破裂与果核形状有直接关系。第3个主成分的特征值为2.528,贡献率为14.87%,由核硬度、仁侧径和出仁率3个性状组成。第4个主成分的特征值为1.336,贡献率为7.86%,果核木质素含量有较高的荷载量。2020年数据与2019年数据具有类似规律。

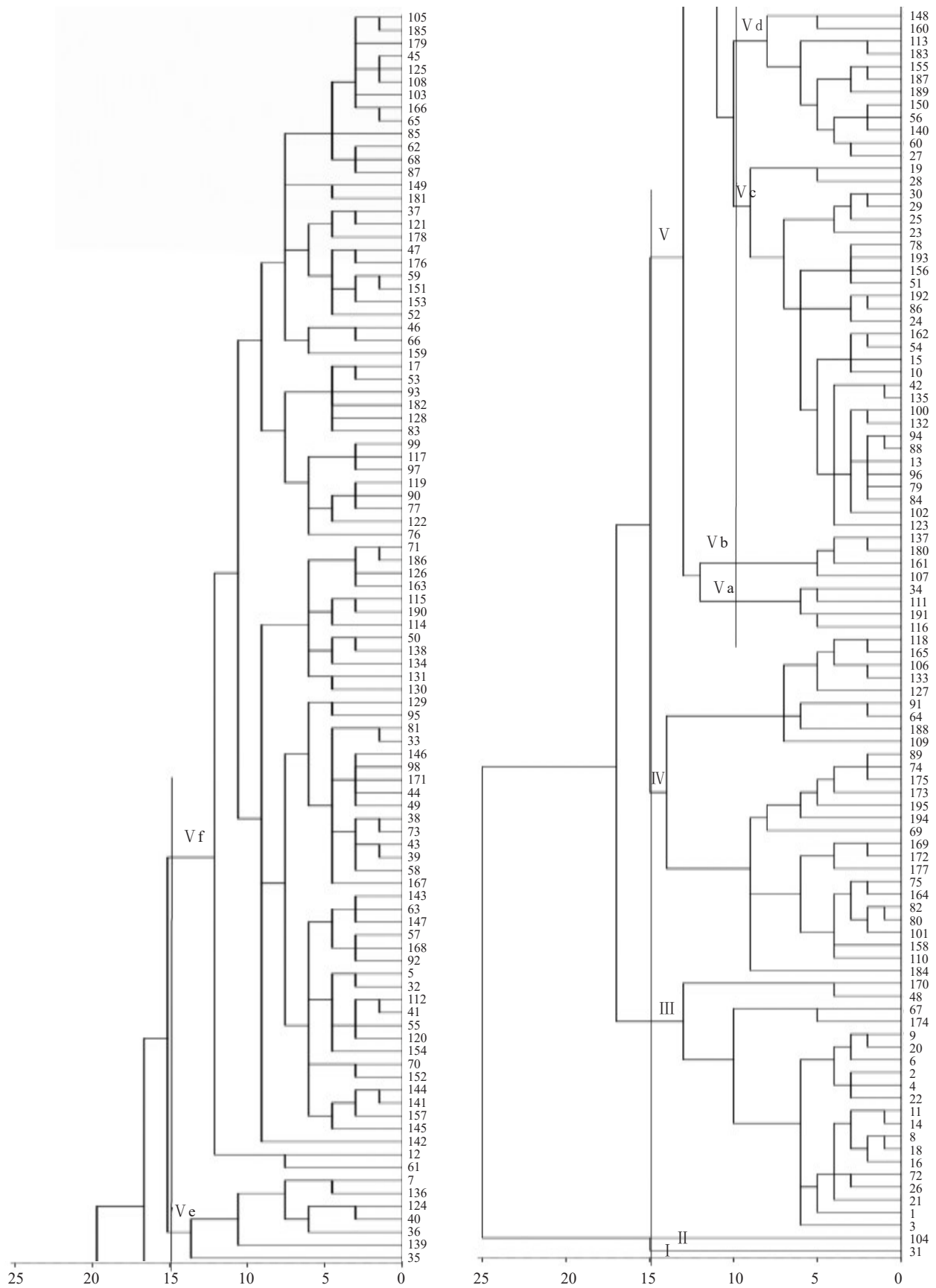
## 2.4 聚类分析与综合评价

根据38个形态性状数据和欧氏距离对195份杏种质资源进行聚类分析,由图4可以看出,当遗传距离为15时,可以分为6个类群。

第I和第II类群均为1份材料组成,分别是山杏绿萼和普通杏露仁杏。绿萼,具有果核三径小、近

球形,壳薄、种仁饱满且出仁率高等特点。露仁杏,属于杏种质资源中的珍稀材料,果核发育不完全,成熟时部分种仁与果肉直接连在一起<sup>[23]</sup>。第III类群由18份大扁杏和2份果核纵径较长的品种(库尔代什克和甜仁黄口外)组成,具有核/仁外观大等特点。第IV类群由27份普通鲜食杏材料组成,该组大部分种质具有核壳薄、出仁率高等特点。其余146份材料组成了第V类群,占总体材料的74.87%。

在遗传距离为10时,第V类群进一步被划分为6个亚群。在Va亚群中,包含4份种质,果核椭圆形且硬度较大。第Vb亚群由果核圆形且硬度较大的4份种质组成。第Vc亚群由种仁饱满、出仁率较高的29份种质组成,如辽梅、大山杏、伯杏、克拉拉等。第Vd亚群由12份果核横径较长的扁圆形种质组成,包括草坯杏、仙居杏、银香白等。第Ve亚群由草滩曹杏、张公园、蜜陀罗、红玉等7份种质组成,这些种质果核较大、种质发育较差,出仁率低。第Vf亚群,由90份种质材料组成,占整体材料的46.15%,



图中编号的样品名称见表 1。

The numbered sample names are shown in Table 1.

图 4 基于表型性状的树状聚类图

Fig. 4 Dendrogram of cluster analysis based on the phenotype characters in apricot

这些材料的果核、种仁性状均属于中间类型。除第Ⅲ类群以大扁杏为主以外,其余组群均由鲜食普通杏和山杏的不同类型组成。

通过主因子综合得分进行种质筛选是客观评价优异种质的一个重要方法<sup>[22]</sup>。根据表3中不同性状在各主成分中占比权重以及贡献率,计算不同品种的各主成分得分和综合因子得分。在195份杏种质资源果核/仁性状的综合得分中,综合排名前10名的种质材料分别为甜仁黄口外、丰仁、超仁、库尔代什克、一窝蜂、围选1号、优一、馍馍杏、国仁和大偏头。再结合不同聚类群中的性状特异性,分别筛选出6份性状优异的大扁杏(表4)与19份性状特异的大扁杏、普通杏或山杏种质资源(表5),尤其是甜

表4 性状优异种质

品种 Variety	核干质量 SDW	出仁率 KR/%	壳厚度 SST/mm	核破裂力 SBF/N	核硬度 SH/N	单仁质量 KDW/g
丰仁 Fengren	3.34	33.63	2.22	241.30	582.44	1.12
超仁 Chaoren	3.08	36.23	1.99	268.86	479.93	1.12
围选1号 Weixuan No.1	2.97	34.43	2.17	331.78	498.36	1.02
一窝蜂 Yiwofeng	2.78	36.06	2.09	290.06	494.19	1.00
优一 Youyi	2.53	36.76	1.59	154.14	646.35	0.93
国仁 Guoren	3.07	30.65	1.93	162.84	690.07	0.94

表5 性状特异种质

Table 5 Special germplasm in traits

特殊性状 Special traits	种质名称与数值 Germplasm name and values
干核质量SDW ≥4.0 g	馍馍杏(4.04),80D05(4.62) Momoxing(4.04),80D05(4.62)
单仁质量KDW ≥1.0 g	80D05(1.19),80A03(1.08),馍馍杏(1.04),新4号(1.04),龙王帽(1.00),甜仁黄口外(1.00) 80D05(1.19),80A03(1.08),Momoxing(1.04),Xin No.4(1.04),Longwangmao(1.00),Tianrenhuangkouwai(1.00)
出仁率 KR ≥40%	露仁杏(51.20),绿萼(42.47),B110-2(40.34),克孜克西米西(40.42) Luren(51.20),Lü'e(42.47),B110-2(40.34),Kezikeximixi(40.42)
壳厚度 SST ≤1.20 mm	克孜克西米西(1.00),绿萼(1.01),C202-2(1.14),B110-2(1.17) Kezikeximixi(1.00),Lü'e(1.01),C202-2(1.14),B110-2(1.17)
破裂力 SBF ≤110 N	克孜阿恰(96.92),垂枝杏(100.68),赛买提(101.95),C202-2(102.76),大山杏(106.83),克孜克西米西(109.61), Hacihaliloglu(109.64) Kezi' aqia(96.92),Chuzhixing(100.68),Saimaiti(101.95),C202-2(102.76),Dashanxing(106.83),Kezikeximixi (109.61),Hacihaliloglu(109.64)
核硬度 SH ≤460 N	辽梅(460.00),垂枝杏(452.75),白仁(443.68),80B05(432.41),B110-2(401.31),绿萼(351.31) Liaomei(460.00),Cuizhixing(452.75),Bairen(443.68),80B05(432.41),B110-2(401.31),Lü'e(351.31)

注:括号内为该性状的具体数值。

Note: The specific values of this trait are in parentheses.

仁黄口外、库尔代什克、克孜克西米西、赛买提等普通杏种质可以进一步筛选作为仁用杏育种的重要亲本材料。

### 3 讨论

我国山杏、普通杏种质资源非常丰富,存在许多变异类型<sup>[6,24]</sup>,但是由于在果核、种仁性状方面的评价不足,在仁用杏育种中很少能够利用这些种质资源。在本研究中,杏果核大小、种仁大小和出仁率等性状的遗传变异系数均高于10%,与以前的山杏<sup>[6-7,10]</sup>和普通杏<sup>[11,24]</sup>的多样性报道类似,这表明本研究所选材料存在着丰富的遗传变异。从核/仁形态来看,大扁杏的优点是果核大、平均单仁质量均显著高于其他品种群,在大扁杏类群中80D05杏的单

仁质量最大,达1.19 g。通过特异种质资源筛选,能够丰富仁用杏育种的亲本选择范围、以扩大遗传基础。笔者也从普通杏类群中筛选出甜仁黄口外和馍馍杏2份单仁质量超过1.0 g的特异种质资源。

通过相关性分析,发现本文中的出仁率与核仁侧径呈极显著的正相关,这表明杏核越鼓出仁率越高。因此,在仁用杏育种时增加种仁侧径可能是提高杏仁产量的一个重要途径。笔者也发现平均单仁质量与果核大小呈极显著的正相关,与果核厚度呈负相关,这表明在驯化选择大种仁大果核的过程中也连带增加了杏果核的厚度。大扁杏果核厚度增加,不仅降低了出仁率也加大了种仁加工过程的开核难度,因此,对于仁用杏的加工性状改良也需要新的种质引入到大扁杏的杂交育种中。在笔者所选杏

品种中,露仁杏果核极薄、发育不完整并且种仁饱满<sup>[23]</sup>是仁用杏育种的良好亲本材料。同时,在普通杏和山杏类群中也筛选出了克孜克西米西、绿萼、B110-2和C202-2等果核薄、出仁率高的特异种质资源。但是,这些种质的缺点是单仁质量较小,这可能需要通过多代杂交才能筛选出符合理想性状的株系。

木质化的杏核增加了种仁加工成本,因此易开核性状(壳硬度低)是仁用杏选育的一个重要育种目标。吕春晶等<sup>[19]</sup>认为杏的果核硬度与厚度存在极显著的相关性,本文结果与之相吻合。在本文中,除了调查果核厚度外,还检测了不同类群杏果核的硬度和开裂破裂力变化。杏核硬度的分布范围为305.31~1 573.37 N,平均值为902.32 N;杏核的开裂破裂力范围为84.87~495.56 N,平均值为196.75 N,变异多样性极为丰富。通过综合评价,认为克孜阿恰、克孜克西米西、赛买提、Hacihaliloglu、白仁等普通杏以及垂枝杏、大山杏、辽梅、绿萼、C202-2、B110-2等山杏的果核硬度小、易开核,这些种质材料可以用于易开核品种的选育。

主成分分析、聚类分析和综合因子得分等降维统计方法已被广泛应用于种质资源多样性评价和优良种质筛选等研究中<sup>[22]</sup>。笔者通过多种统计方法筛选,认为丰仁、超仁、围选1号、一窝蜂、优一、国仁等6个大扁杏品种是目前仁用杏栽培中综合性状表现优良的品种。另外,甜仁黄口外、库尔代什克、大偏头、馍馍杏等综合得分较高的鲜食普通杏可以作为仁用杏育种的亲本材料,而克孜克西米西、赛买提、绿萼、垂枝以及C202-2等种质资源是仁用杏出仁率和加工破壳性状改良的潜在亲本材料。

## 4 结 论

杏果核与种仁数量性状具有丰富的遗传变异,是仁用杏新品种改良的重要基础;增加种仁侧径长度可能是提高出仁率的重要方式。从195份杏种质资源中共筛选出6份优异种质和21份特异种质材料,这些种质在仁用杏遗传改良过程中具有较大潜力。

### 参考文献 References:

[1] 张加延,何跃.我国“三北”杏树产业带的发展现状[J].北方果树,2007(1):33-35.

ZHANG Jiayan, HE Yue. The development status of the ‘Three North’ apricot industrial belt in China[J]. Northern Fruits, 2007 (1):33-35.

[2] 章秋平,刘威生,刘宁,张玉萍,徐铭,刘硕.基于形态性状的仁用杏种质资源分类研究[J].果树学报,2015,32(3):385-392.

ZHANG Qiuping, LIU Weisheng, LIU Ning, ZHANG Yuping, XU Ming, LIU Shuo. Classification of kernel-using germplasm based on morphology in apricot[J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32 (3):385-392.

[3] 张立彬,王同坤,刘桂森,赵天永,吴学仁.山杏新品种‘绿萼山杏’[J].园艺学报,2004,31(5):700.

ZHANG Libin, WANG Tongkun, LIU Guisen, ZHAO Tianyong, WU Xueren. A new Siberia apricot variety ‘Lü’e shanxing’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 34(5):700.

[4] 王同坤,张立彬,刘桂森,赵天永,吴学仁.山杏新品种‘甜仁山杏’[J].园艺学报,2004,34(6):834.

WANG Tongkun, ZHANG Libin, LIU Guisen, ZHAO Tianyong, WU Xueren. A new Siberia apricot variety ‘Tianren shanxing’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 34(6):834.

[5] 李明,赵忠,杨吉安,卢斌,苗兴军.黄土高原山杏种质资源分类研究[J].西北林学院学报,2011,26(1):8-12.

LI Ming, ZHAO Zhong, YANG Ji’an, LU Bin, MIAO Xingjun. Classification on germplasm resources of *Armeniaca sibirica* in the Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(1):8-12.

[6] 刘明国,张欣,董胜君,吴月亮,梁海霞.西伯利亚杏优选无性系间数量性状的差异与重复力研究[J].沈阳农业大学学报,2015,46(5):548-554.

LIU Mingguo, ZHANG Xin, DONG Shengjun, WU Yueliang, LIANG Haixia. Differences and repeatabilities of quantitative characters of *Prunus sibirica* superior clones[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2015, 46(5):548-554.

[7] 董胜君,王力,刘立新,刘明国,吴月亮,陈建华,夏泽臻.不同种源西伯利亚杏无性系数量性状研究[J].经济林研究,2018,36(4):1-8.

DONG Shengjun, WANG Li, LIU Lixin, LIU Mingguo, WU Yueliang, CHEN Jianhua, XIA Zezhen. Study on quantitative characteristics in *Armeniaca sibirica* clones from different provenances[J]. Non-wood Forest Research, 2018, 36(4):1-8.

[8] 王丹,刘玉兰,张东东,杨金强.不同产地杏仁及其冷榨杏仁油的品质分析[J].中国粮油学报,2016,31(8):39-43.

WANG Dan, LIU Yulan, ZHANG Dongdong, YANG Jinqiang. Quality analysis of apricot and cold pressed apricot kernel oil from different areas[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2016, 31(8):39-43.

[9] 张倩茹,尹蓉,李捷,杨晓华,李小平,李鸿雁,王贤萍.不同杏品种果仁油脂的脂肪酸组成分析[J].中国粮油学报,2018,33(5):37-42.

ZHANG Qianru, YIN Rong, LI Jie, YANG Xiaohua, LI Xiaoping, LI Hongyan, WANG Xianping. Analysis position of fatty acid in kernel oil of different apricot varieties[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(5):37-42.

- [10] 尹明宇,刘慧敏,包文泉,赵罕,乌云塔娜. 内蒙古西伯利亚杏核仁表型变异及优株选择[J]. 林业科学研究,2017,30(6):961-968.  
YIN Mingyu, LIU Huimin, BAO Wenquan, ZHAO Han, WUYUN Tana. Phenotypic variation and superior individual selection of Siberian apricot (*Armeniaca sibirica*) in Inner Mongolia[J]. Forestry Research,2017,30(6):961-968.
- [11] 黄雪,图尔荪古丽·吾拉伊木,郭玲. 新疆南部杏种核表型性状与苦杏仁苷含量分析[J]. 经济林研究,2020,38(4):143-151.  
HUANG Xue, Tu'ersunguli·Wulayimu, GUO Ling. Phenotypic traits and amygdalin content of apricot seed kernels in southern Xinjiang[J]. Non-wood Forest Research,2020,38(4):143-151.
- [12] LIU W S, LIU N, YU X H, ZHANG Y P, SUN M, XU M, ZHANG Q P, LIU S. Kernel-using apricot resources and its utilization[J]. Acta Horticulturae,2012,966:189-191.
- [13] 高连祥. 仁用杏新品种‘围选1号’的选育[J]. 中国果树,2008(4):6-7.  
Gao Lianxiang. A new kernel-using apricot variety ‘Weixuan No. 1’[J]. China Fruits,2004,34(6):834-834.
- [14] 陈长春,苏春风,郭庆才. ‘长城1号’仁用杏引种试验初报[J]. 落叶果树,2006,38(2):18-19.  
CHEN Changchun, SU Chunfeng, GUO Qingcai. Primary report on cultivation of introduced kernel apricot variety ‘Changcheng 1’[J]. Deciduous Fruits,2006,38(2):18-19.
- [15] 刘宁,张加延,何跃. 仁用杏新品系选育报告[J]. 北方果树,1999(2):9-10.  
LIU Ning, ZHANG Jiayan, HE Yue. Selection of new apricot strains for kernel utilization[J]. Northern Fruits,1999(2):9-10.
- [16] ZHANG Q P, LIU D C, LIU S, LIU N, WEI X, ZHANG A M, LIU W S. Genetic diversity and relationships of common apricot (*Prunus armeniaca* L.) in China based on simple sequence repeat (SSR) markers[J]. Genetic Resources and Crop Evolution,2014,61(2):357-368.
- [17] ZHANG Q P, ZHANG D Y, YU K, JI J J, LIU N, ZHANG Y P, XU M, ZHANG Y J, MA X X, LIU S, SUN W H, YU X, HU W Q, LAN S R, LIU Z J, LIU W S. Frequent germplasm exchanges drive the high genetic diversity of Chinese-cultivated common apricot germplasm[J]. Horticulture Research,2021,8:215.
- [18] 刘宁,刘威生. 杏种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.  
LIU Ning, LIU Weisheng. Descriptors and data standard for apricot (*Armeniaca* Mill.) [M]. Beijing: China Agriculture Press,2006.
- [19] 吕春晶,章秋平,刘宁,张玉萍,徐铭,刘硕,马小雪,张玉君,刘威生. 杏果核物理特性与其主要化学组分的相关性分析[J]. 果树学报,2021,38(10):1717-1724.  
LÜ Chunjing, ZHANG Qiuping, LIU Ning, ZHANG Yuping, XU Ming, LIU Shuo, MA Xiaoxue, ZHANG Yujun, LIU Weisheng. Correlations between physical properties and major chemical components of shells in apricot[J]. Journal of Fruit Science,2021,38(10):1717-1724.
- [20] ALBA C M, FORCHETTI S M D, TIGIER H A. Phenoloxidase of peach (*Prunus persica*) endocarp: Its relationship with peroxidases and lignification[J]. Physiologia Plantarum,2000,109(4):382-387.
- [21] 郭禄芹,赵世豪,朱华玉,胡建斌,孙守如,马长生,杨路明. 167份西瓜种质材料的遗传多样性分析[J]. 中国瓜菜,2018,31(1):5-11.  
GUO Luqin, ZHAO Shihao, ZHU Huayu, HU Jianbin, SUN Shouru, MA Changsheng, YANG Luming. The genetic diversity analysis of 167 watermelon germplasm[J]. China Cucurbits and Vegetables,2018,31(1):5-11.
- [22] 于娅,李艳军,王飞,王娜,霍云龙,凤桐. 北方地区黄瓜种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 中国瓜菜,2020,33(12):29-34.  
YU Ya, LI Yanjun, WANG Fei, WANG Na, HUO Yunlong, FENG Tong. Principal component and cluster analysis of agronomic characters on cucumber germplasm resources in northern China[J]. China Cucurbits and Vegetables,2020,33(12):29-34.
- [23] ZHANG X, ZHANG L J, ZHANG Q P, XU J Y, LIU W S, DONG W X. Comparative transcriptome profiling and morphology provide insights into endocarp cleaving of apricot cultivar (*Prunus armeniaca* L.)[J]. BMC Plant Biology,2017,17(1):72.
- [24] 赵海娟,刘威生,刘宁,张玉萍,章秋平,刘硕. 普通杏(*Prunus armeniaca*)种质资源数量性状的遗传多样性分析[J]. 果树学报,2014,31(1):20-29.  
ZHAO Haijuan, LIU Weisheng, LIU Ning, ZHANG Yuping, ZHANG Qiuping, LIU Shuo. Genetic diversity analysis for the quantitative traits of common apricot (*Prunus armeniaca*) germplasm[J]. Journal of Fruit Science,2014,31(1):20-29.