

杏主要经济性状遗传分析

徐 铭¹, 刘威生^{1*}, 王爱德², 章秋平¹, 刘 宁¹, 张玉萍¹, 张玉君¹, 马小雪¹, 刘 硕¹

(¹辽宁省果树科学研究所, 辽宁熊岳 115009; ²沈阳农业大学, 沈阳 110161)

摘 要:【目的】分析杏主要经济性状遗传趋势,为亲本选择提供理论依据。【方法】以‘金太阳’为亲本的3个杏杂交组合F₁代作为试材,对花期、果实成熟期、单果质量、肉质类型、硬度、可溶性固形物含量、香气、黏离核、丰产性、仁味进行遗传分析。【结果】杏开花期后代分布范围窄,呈趋中变异;后代都有成熟期早于早熟亲本的个体,变异表现为偏向晚熟亲本的正态或偏态分布;平均单果质量分布范围趋向小果,呈明显的衰退趋势;果实平均硬度呈偏向于软肉亲本的连续变异;可溶性固形物含量超高亲本比例偏低,但遗传力高,亲本高糖性状遗传给后代的能力强;丰产性呈偏向于高亲亲本的连续变异,亲本的丰产性对后代影响大;果实硬溶质与软溶质、果实香气有无、黏离核和仁甜苦呈质量性状遗传。【结论】‘金太阳’作为亲本,其主要经济性状遗传力较强,在以早熟或晚熟、硬肉、丰产性为育种目标的新品种选育中具有广泛的应用前景。

关键词: 杏; 杂交后代; 经济性状; 遗传

中图分类号: S662.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2020)01-0001-10

Inheritance analysis of the main economic characters of apricot

XU Ming¹, LIU Weisheng^{1*}, WANG Aide², ZHANG Qiuping¹, LIU Ning¹, ZHANG Yuping¹, ZHANG Yujun¹, MA Xiaoxue¹, LIU Shuo¹

(¹Liaoning Institute of Pomology, Xiongyue 115009, Liaoning, China; ²Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, Liaoning, China)

Abstract: 【Objective】It was found that lack of good varieties with strong flavor and long storage life is one of the important factors restricting the development of apricot industry. Therefore, the Liaoning Institute of Pomology initiated the target breeding program to select apricot varieties with high eating quality, good storage life and attractive appearance. The inheritance trends of main economic characters of apricot was investigated using hybrid populations to provide the theoretical basis for selecting parents and formulating breeding strategy. 【Methods】The F₁ segregation progenies of 3 crossing combinations were used as materials, including 56, 50, and 89 individual seedlings derived from ‘Sungold’ × ‘Shajinhong’, ‘Saimaiti’ × ‘Sungold’ and ‘Sungold’ × ‘Jipin’, respectively. The seedling trees were planted in the field in 2009, 2009 and 2010, respectively. The phenotypes of 10 major economic traits were investigated to analyze the inheritance tendencies, including blooming data, fruit ripening time, fruit weight, flesh type, flesh firmness, soluble solid content, fruit aroma, cling/free stone, yielding ability, and kernel flavor in 2016, 2017, and 2018. The ripening time was recorded by the number of days after the first day of the year (January 1 as the first day), and the blooming date was determined when 50% of the flowers of the whole tree were fully open. The fruit ripening date was recorded when about 75% of the fruits changed color and the flesh was elastic with typical flavor. Chi-square test was used to determine the population segregation ratios of flesh type, cling or free stone, fruit aroma, and kernel fla-

收稿日期: 2019-07-28 接受日期: 2019-09-29

基金项目: 国家自然科学基金(31972365); 国家重点研发计划(2019YFD1000601); 农业部作物种质资源保护(2019NWB003); 李、杏种质资源基础条件平台(NICGR2019-056)

作者简介: 徐铭, 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事李、杏新品种选育工作。Tel: 15841761957, E-mail: dlxuming@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13941718335, E-mail: wsluilaas@163.com

vor of apricot. The heritability and coefficient of variation (CV) were calculated for fruit weight, fruit firmness, and soluble solids content. All the data were processed by SPSS 22.0 statistical analysis software. The flowering date and ripening date were plotted by Origin 9.5.【Results】The distribution range of the flowering period of apricot was narrow, lasting only two to four days and the average flowering date of the hybrid progenies tended to the value of the mid-parents. Transgressive segregation was found on flowering date and fruit maturity date in all three combinations. The distribution range of CV of the ripening period was significantly wider than that of the flowering period. The variations exhibited a normal or skewed distribution trend to the late-maturing parents. The average fruit weight of each hybrid progeny was lower than the value of the mid-parents, and the distribution range tended to small fruits, showing a significant declining trend but a high CV (31.4%-36.9%). The average flesh firmness value of each hybrid progeny was lower than the value of the mid-parents and the ratios of over high-parent were low, they were 1.1%, 12.5%, and 3.9%, respectively, while the ratios of over lower-parent were high, they were 30.3%, 39.3%, and 92.2%, respectively. The offspring showed a continuous variation trend to the soft flesh of parents. The soluble solids content (SSC) showed a continuous variation with low CV and low proportion of over high-parent, but high heritability (0.91-0.92), indicating that the ability of parents to inherit high-SSC trait to their progenies was strong. The yielding ability of hybrid progenies showed a continuous variation trend to the high-yield parents, and the yielding ability of the parents had a great influence on their progenies. Flesh type (hard-melting or soft-melting), stone adhere to flesh (free or clinging), fruit aroma (aroma or aroma-free), and kernel flavor of apricot (sweet or bitter) were quality traits. The flesh type was almost hard-melting in F_1 progenies of ‘Sungold’ $\times$ ‘Shajinhong’ and ‘Saimaiti’ $\times$ ‘Sungold’, the hard-melting/soft-melting ratio fitted on the 1:1 segregation for F_1 progenies of ‘Sungold’ $\times$ ‘Jipin’. Among the four hybrid parents, only ‘Jinpin’ was aromatic, and the aroma/aroma-free ratio fitted on the 1:1 segregation for F_1 progenies of ‘Sungold’ $\times$ ‘Jipin’. The freestone trait was dominant in the progenies of all the combinations, the free/clinging ratio fitted on the 3:1 segregation for ‘Sungold’ $\times$ ‘Jipin’. The sweet kernel flavor of apricot was controlled by a single dominant gene. ‘Saimaiti’, ‘Shajinhong’, and ‘Sungold’ were classified as homozygously dominant, heterozygous, and homozygously recessive, respectively.【Conclusion】‘Sungold’ would be a promising parent due to the strong heritability for some main economic traits.

Key words: Apricot; F_1 hybrids; Economic character; Inheritance

杏为蔷薇科(Rosaceae)杏属(*Armeniaca* Mill.)植物,原产于我国,种质资源丰富,地理分布广泛^[1]。虽然以其果实独特的风味、适宜糖酸比及浓郁的杏香被认为是最美味的温带果树之一,深受消费者的喜爱^[2],但也有些缺陷限制了产业发展,如中国杏地方品种大多果实较软、外观欠佳、不耐贮运;从国外引进的育成品种缺少中国杏浓郁的风味^[3]。此外,消费者往往对杏果实品质和早采成熟度不够感到不满,导致与其他夏季水果相比,消费所占比率偏低^[4]。为此,笔者研究室Liu等^[5]提出“中国品种 $\times$ 国外改良品种=新品种”(简称“W+E”模式),即利用国外商品性好的育成品种与国内风

味浓郁的地方品种,通过常规杂交,将优良性状在 F_1 代聚合,以选育硬肉、耐贮运、风味浓郁品种的育种目标改良品种。

了解杏的主要经济性状的遗传趋势,有助于正确选配亲本,通过筛选获得理想目标性状的新品种(优系)来缩短育种周期。关于杏主要经济性状遗传已有一些报道,Salazar等^[6]研究表明,杏花期和成熟期 F_1 代整体呈正态分布,年际变化受需冷量和其他气候条件差异的影响。孙猛等^[7]认为杏 F_1 代成熟期呈趋中变异,早熟性遗传力强,存在超亲遗传,偏早趋势明显;而在晚熟杏品种后代出现晚于晚熟亲本的个体,获得极晚熟个体、晚熟品种对 F_1 代影响

大^[8]。赵习平等^[9]研究表明,杏F₁代果实单果质量平均值明显小于亲本亲中值,表现为衰退现象,但有22.6%的个体超高亲,符合数量性状特点。García-Gómez等^[10]研究表明,杏F₁代果实可溶性固形物含量呈正态分布,平均值趋于亲本亲中值,为数量性状遗传。田建保等^[8]研究表明,杏F₁代个体平均果肉硬度级次接近于亲本,而杏亲本分别为离核和黏核,F₁代中离黏比呈3:1分离,表现为质量性状遗传。在杏上未见到有关果实肉质遗传报道,在其他果树上少量报道。王家珍等^[11]在梨上遗传研究表明,梨果实肉质类型脆肉对软肉为显性,表现为质量性状。Kostina^[12]研究表明,杏仁甜苦是由单基因控制的质量性状,苦仁是隐性性状;而Negri等^[13]认为5个非连锁基因控制杏仁味甜苦,涉及两个不同的生化途径。前人报道的研究对象多为欧洲杏品种杂交后代或国内地方品种杂交后代,未见国外育成品种与国内地方品种杂交后代性状遗传研究,为丰富杏树遗传研究内容,有必要对其遗传趋势进行研究。

笔者以国外商品性好的育成品种‘金太阳’(‘Sungold’)分别与中国的地方品种‘极品’(极早熟有香气)、“沙金红”(中熟大果优质)、“赛买提”(晚熟高可溶性固形物含量)杂交的后代遗传群体作为研究对象,连续3 a(年)对开花期、果实成熟期、单果质量、硬度(去皮)、肉质类型、可溶性固形物含量、香气、黏离核、仁甜苦、丰产性等10个主要经济性状进行遗传分析,探讨了各主要经济性状遗传趋势及亲本选择,旨在为杏亲本选择及相关功能标记开发提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试材

试验地点在辽宁省果树科学研究所国家果树种质熊岳李杏圃育种圃中。供试材料为:2009年定植‘金太阳’×‘沙金红’的杂交F₁代群体56株、‘赛买提’×‘金太阳’的杂交F₁代群体50株及2010年定植‘金太阳’×‘极品’的杂交F₁代群体89株,按1.0 m×3.5 m株行距定植,树形采用柱形,立地条件及管理水平一致。2012年各组合群体陆续开花结果,2014年全部结果并进入稳定期。

1.2 试验方法

连续3 a(2016—2018年)对花期、果实成熟期、

单果质量、肉质类型、硬度、可溶性固形物含量、香气、黏离核、丰产性、仁味进行调查,具体参照刘宁^[14]编写的《杏种质资源描述规范和数据标准》。开花期和果实成熟期以每年天数(1月1日起始计为第1天)来表示,全树50%的花朵完全开放来确定开花期;全树约有75%的果实,果面绿色完全褪去,果肉有弹性并表现出固有的风味,此日期即为果实成熟期^[14-15]。果实调查选取每个单株树冠外围10个成熟度一致的果实。

每年取F₁代果实单果质量、硬度、可溶性固形物含量、丰产性的平均值作为1次重复。对仁甜苦、香气有无、果实肉质类型硬溶质与软溶质、黏离核群体分离比例,进行卡平方检验。对果实单果质量、硬度、可溶性固形物含量计算广义遗传力(Broad-sense heritability)和变异系数(Coefficient of Variation, CV)^[16]。所有数据均采用统计分析软件SPSS 22.0进行计算处理,花期和果实成熟期用Origin 9.5软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 花期和成熟期遗传分析

如图1所示,各年份间杏花期和果实成熟期受气候影响而波动,呈数量性状遗传。

开花期受春季剧烈升温影响,表现为集中盛开,开花期分布窄,不同组合间分离幅度仅有2~4 d。以‘金太阳’为核心亲本的杂交组合中,开花期的遗传趋势有所不同,其中‘金太阳’与花期早的品种‘极品’和‘沙金红’杂交组合,后代大多表现为偏向于晚花亲本的偏态分布,晚花性遗传力较强,较易获得比亲本开花较晚的类型;而‘金太阳’与晚花品种‘赛买提’杂交组合,后代则多表现为偏向于早花亲本的偏态分布,早花性遗传力较强,较易获得比亲本开花较早的类型。以上现象表明,杏开花期的遗传存在一定程度的趋中变异,有早花亲本组合的后代开花偏晚,晚花亲本组合的后代开花偏早。

相比于花期,果实成熟期分布较广泛,且同样受温度影响。由于2016年6月中下旬气温骤降后迅速升温,‘金太阳’与极早熟品种‘极品’及与中熟品种‘沙金红’杂交组合,早熟后代成熟期较2017年和2018年波动较大,而与晚熟品种‘赛买提’杂交组合,后代各年份较稳定,说明早熟个体需要更多的

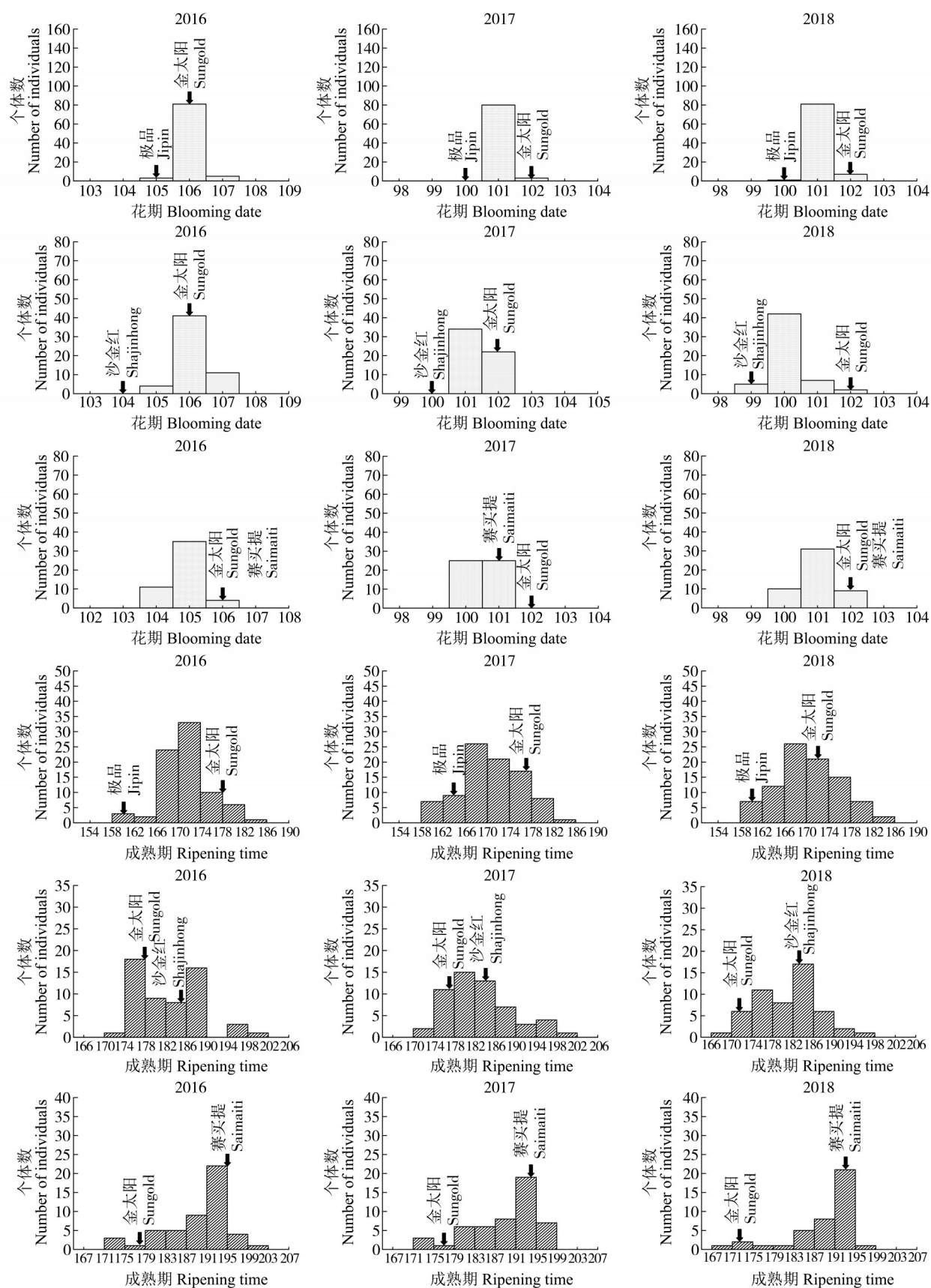


图 1 各杂交组合亲本和后代株系不同年份的花期和成熟期分布

Fig. 1 Blooming date and ripening time distributions of parents and offsprings of all hybrid combinations in different years

热量来成熟。据观察,参试的杂交组合在各年份的后代成熟期均出现超亲个体,2016超亲率分别为16.8%、33.3%、5.9%;2017年超亲率分别为18.0%、22.8%、5.9%;2018年超亲率分别为7.9%、12.3%、2.0%;晚熟品种‘赛买提’与‘金太阳’组合各年份均出现低于低亲个体,比例分别为9.8%、21.6%、27.5%。‘金太阳’×‘极品’和‘金太阳’×‘沙金红’杂交组合后代基本上呈偏向晚熟亲本‘金太阳’的正态分布,而‘赛买提’×‘金太阳’后代呈偏向晚熟亲本‘赛买提’偏正态分布。结果表明,‘金太阳’作为亲本,与极早熟品种杂交,F₁代出现早于早熟亲本个体;与晚熟品种杂交,出现晚于晚熟亲本的后代。

2.2 果实单果质量遗传分析

如表1所示,F₁代果实单果质量变异系数大,为31.4%~36.9%;各组合间广义遗传力差异较大,为0.48~0.85,‘金太阳’×‘沙金红’组合亲本亲中值最大(68.4 g),F₁代果实平均单果质量也最大(57.6 g),广义遗传力最高(0.85),而‘赛买提’×‘金太阳’组合亲本亲中值最小(49.1 g),F₁代果实平均单果质量最小(24.0 g),广义遗传力也最低(0.48)。各杂交后代

果实平均单果质量均低于亲本亲中值,分布范围趋向小果,试验中双亲都为大果品种‘金太阳’×‘沙金红’的后代有16.1%个体单果质量超高亲。各组合均分离出低于低亲个体,比例分别为100%、62.5%、94.1%,呈明显的衰退趋势,杏果实单果质量呈数量性状遗传。

2.3 果实肉质遗传分析

如表2所示,在参试组合中,双亲果实肉质类型均为硬溶质的杂交组合‘金太阳’×‘沙金红’和‘赛买提’×‘金太阳’,F₁代果实肉质类型几乎全部为硬溶质,所占比例分别为96.4%和100%。双亲果实肉质类型分别为硬溶质和软溶质的杂交组合‘金太阳’×‘极品’,F₁代果实肉质类型硬溶质与软溶质的分离比为39:50,卡平方检验分离比符合1:1。结果表明,杏果实肉质呈质量性状遗传,硬溶质可能为显性性状。

2.4 果实硬度遗传分析

试验结果(表3)表明,参试组合F₁代果实硬度变异幅度较大,变异系数为15.4%~30.0%;广义遗传力高,为0.71~0.72。杂交后代果实硬度平均值均低于亲本亲中值。但各组合均分离

表1 各杂交组合后代果实单果质量及遗传指标
Table 1 The fruit weight and genetic index of all hybrids

杂交组合 Cross combination	单果质量 Fruit mass/g		
	金太阳×极品 Sungold×Jipin	金太阳×沙金红 Sungold×Shajinhong	赛买提×金太阳 Saimaiti×Sungold
母本 Male	62.0	62.0	36.2
父本 Female	56.2	74.8	62.0
亲中值 Mid-parents	59.1	68.4	49.1
后代平均值 Offspring average	30.6±11.3	57.6±18.1	24.0±8.3
后代分布范围 Offspring distribution	12.8~55.7	25.3~85.9	12.6~45.5
超高亲率 Super-parent rate/%	0.0	16.1	0.0
低于低亲率 Lower-parent rate/%	100.0	62.5	94.1
变异系数 CV/%	36.9	31.4	34.6
遗传力 H _b ²	0.51	0.85	0.48

表2 各杂交组合后代果实肉质类型分离统计

Table 2 The segregation statistics about the flesh type of all hybrids

杂交组合 Cross combination	后代肉质类型 Offspring flesh type				期望比 Expectation proportion	χ^2
	硬溶质 Firm		软溶质 Soft			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		
金太阳(硬溶质)×极品(软溶质) Sungold (Firm)× Jipin (Soft)	39	43.8	50	56.2	1:1	1.36
金太阳(硬溶质)×沙金红(硬溶质) Sungold (Firm)× Shajinhong (Firm)	54	96.4	2	3.6	—	—
赛买提(硬溶质)×金太阳(硬溶质) Saimaiti (Firm)× Sungold (Firm)	51	100.0	0	0.0	—	—

表3 各杂交组合后代果实硬度及遗传指标

Table 3 The fruit firmness and genetic index of all hybrids

杂交组合 Cross combination	果实硬度 Fruit firmness/(kg·cm ⁻²)		
	金太阳×极品 Sungold×Jipin	金太阳×沙金红 Sungold×Shajinhong	赛买提×金太阳 Saimaiti×Sungold
母本 Male	1.6	1.6	1.8
父本 Female	0.8	1.2	1.6
亲中值 Mid-parents	1.2	1.4	1.7
后代平均值 Offspring average	1.0±0.3	1.2±0.3	1.3±0.2
后代分布范围 Offspring distribution	0.8~1.8	0.7~1.9	1.0~1.8
超高亲率 Super-parent rate/%	1.1	12.5	3.9
低于低亲率 Lower-parent rate/%	30.3	39.3	92.2
变异系数 CV/%	30.0	25.0	15.4
遗传力 H _b ²	0.71	0.71	0.72

出超亲和低于低亲的个体。超高亲的比率偏低,分别为1.1%、12.5%、3.9%;低于低亲的比例较高,分别为30.3%、39.3%、92.2%,F₁代呈偏向于软肉亲本的连续变异,杏果实硬度呈数量性状遗传。

2.5 果实可溶性固形物含量分析

如表4所示,F₁代可溶性固形物含量呈连续变异,变异幅度较小,组合间变异系数为10.3%~14.3%;各杂交后代可溶性固形物含量广义遗传力较高,广义遗传力为0.91~0.94。各参试组合后代可溶性固形物含量平均值都趋于亲本亲中值,F₁代中超亲率分别为42.7%、10.7%、0%,低于低亲比率为55.1%、7.1%、11.8%。结果表明,杏可溶性固形物含量呈数

量性状遗传。超高亲本比例偏低,但遗传力较强,说明高糖性状(可溶性固形物含量)遗传给后代的能力强。

2.6 果实香气遗传分析

杏香气是指成熟时不破坏果皮就能嗅到的果肉香气。在3个杂交亲本中,只有‘极品’有香气,其‘金太阳’×‘极品’(无×浓)杂交组合,F₁代有香气与无香气比为36:53,经卡平检验分离比符合1:1。结果表明,果实香气有无可能表现为质量性状,有香气为显性性状。

2.7 黏离核遗传分析

如表5所示,杂交双亲均为离核组合‘金太阳’×‘沙金红’和‘赛买提’×‘金太阳’,F₁代全部为离核;杂交双亲分别为离核和黏核组合‘金太阳’×‘极

表 4 各杂交组合后代可溶性固形物含量及遗传指标
Table 4 The soluble solid content and genetic index of all hybrids

杂交组合 Cross combination	w(可溶性固形物) Soluble solid content/%		
	金太阳×极品 Sungold×Jipin	金太阳×沙金红 Sungold×Shajinhong	赛买提×金太阳 Saimaiti×Sungold
母本 Male	11.0	11.0	16.8
父本 Female	11.0	14.0	11.0
亲中值 Mid-parents	11.0	12.5	13.9
后代平均值 Offspring average	11.0±1.5	12.6±1.3	13.3±1.9
后代分布范围 Offspring distribution	7.6~14.3	10.3~14.6	9.7~16.6
超高亲率 Super-parent rate/%	42.7	10.7	0.0
低于低亲率 Lower-parent rate/%	55.1	7.1	11.8
变异系数 CV/%	13.6	10.3	14.3
遗传力 H _b ²	0.91	0.94	0.92

表 5 各杂交组合后代黏离核分离统计
Table 5 The separation statistics about stone adherence to flesh of all hybrids

杂交组合 Cross combination	后代核黏离 Offspring stone adherence				期望比 Expectation proportion	χ^2
	离 Free		黏 Cling			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		
金太阳(离)×极品(黏) Sungold (Free)× Jipin (Cling)	67	75.3	22	24.7	3:1	0.01
金太阳(离)×沙金红(离) Sungold (Free)× Shajinhong (Free)	56	100.0	0	0.0	—	—
赛买提(离)×金太阳(离) Saimaiti (Free)× Sungold (Free)	51	100.0	0	0.0	—	—

品’,F₁代离黏比分为67:22,经卡平方检验分离比符合3:1。结果表明,杏果实黏离核为质量性状遗传,离核为显性性状,黏核为隐性性状。

2.8 丰产性遗传分析

试验对参试亲本和杂交后代的丰产性进行分级调查,分为丰产(5级)、一般(3级)、不丰产(1级)。分析结果(表6)表明,F₁代平均丰产等级高于亲本亲中值,遗传力高,为0.70~0.74;变异系数偏低,为4.3%~4.5%。双亲均为丰产的组合‘赛买提’×‘金太阳’,后代丰产性个体占的比率最高,为90.2%;亲本之一为丰产的组合‘金太阳’×‘极品’,后代丰产性个体的比例为83.1%;而亲本之一为不丰产组合‘金太阳’×‘沙金红’,后代丰产比率较低,仅为75%。结果表明,杏的丰产性呈数量性状遗传,

杂交后代呈偏向于高亲亲本连续变异,亲本的丰产性对后代影响大。试验中‘金太阳’自花授粉结实能力较强、丰产性较好,其杂交后代丰产性也较好。

2.9 仁甜苦遗传分析

如表7所示,试验中双亲均为苦仁‘金太阳’×‘极品’的杂交组合,后代群体全部为苦仁;双亲分别为苦仁和甜仁的杂交组合中,‘赛买提’×‘金太阳’的后代全部为甜仁,而‘金太阳’×‘沙金红’的后代,仁甜苦比为27:29,经卡平方检验分离比均符合1:1。结果表明,杏仁甜苦表现为单基因控制的质量性状遗传,甜仁为显性性状、苦仁为隐性性状。参试品种中‘沙金红’为显性杂合体,‘赛买提’为显性纯合体,‘金太阳’为隐性纯合体。

表 6 各杂交组合后代丰产等级及遗传指标
Table 6 The productivity level and genetic index of all hybrids

杂交组合 Cross combination	亲本丰产性等级 Parents productivity level			后代丰产性等级及比率 Offspring productivity level and ratio					
	母本 Male	父本 Female	亲中值 Mid-parents	1	3	5	平均	变异系数	遗传力
				%	%	%	Average	CV/%	H _b ²
金太阳×极品 Sungold×Jipin	5	1	3	5.4	19.6	75.0	4.4±0.2	4.5	0.70
金太阳×沙金红 Sungold×Shajinhong	5	3	4	4.5	12.4	83.1	4.6±0.2	4.3	0.73
赛买提×金太阳 Saimaiti×Sungold	5	5	5	0.0	9.8	90.2	4.8±0.2	4.2	0.74

表 7 各杂交组合后代仁甜苦分离统计
Table 7 The segregation statistics about kernel flavor in almond of all hybrids

杂交组合 Cross combination	后代仁味 Offspring kernel flavor				期望比 Expectation proportion	χ^2
	甜 Sweet		苦 Bitter			
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%		
金太阳(苦)×极品(苦) Sungold (Bitter)× Jipin (Bitter)	0	0.0	89	100	—	—
金太阳(苦)×沙金红(甜) Sungold (Bitter)×Shajinhong (Bitter)	27	48.2	29	51.8	1:1	0.07
赛买提(甜)×金太阳(苦) Saimaiti (Sweet)× Sungold (Bitter)	51	100.0	0	0.0	—	—

3 讨 论

3.1 杏花期和果实成熟期的遗传趋势及亲本选择

杏开花期和果实成熟期的遗传趋势较复杂,两者都属于数量性状遗传,但遗传趋势明显不同。杏杂交后代开花期的分离幅度较狭窄,不同组合间分离幅度仅有 2~4 d,此结果与杏品种间开花期的差异基本相符。在辽宁省果树科学研究所熊岳国家李杏资源圃的 700 余份种质资源中,开花期极早和极晚间相差 5 d,而绝大多数品种间仅相差 3 d。在我国北方杏是开花最早的木本果树之一,较易遭受早霜危害导致产量稳定性较差,所以晚花杏品种选育是一个较重要的育种目标。由于杏种质资源花期分布十分集中,杂交后代花期分离也很狭窄并存在趋中变异的现象,所以很难选育出理想的晚花类型(一般理想的晚花品种需要比现有品种晚至少 5 d)。

参试组合杂交后代果实成熟期的变异幅度明显大于开花期,几乎全部组合的杂交后代都有成熟期早于早熟亲本和晚于晚熟亲本的个体,所以通过有性杂交选育不同成熟期的品种具有较大的潜力。各杂交后代果实成熟期的变异基本上表现为偏向晚熟亲本的正态或偏态分布,与早期研究中杏后代成

熟期呈趋中变异,早熟性遗传力强,存在超亲遗传,偏早趋势明显的结论^[7]明显不同,而与田建保等^[8]的研究结论基本相符。在杏遗传性研究中不同结果存在明显差异可能与选择的亲本和组合不同,以及杏亲本品种均为遗传性高度杂和、杂交后代分离复杂、规律性较弱有关。

3.2 果实丰产性遗传趋势及亲本选择

本研究主要涉及了单果质量和单株产量两个最重要的产量性状。果实单果质量研究结果表明,参试组合 F₁ 代单果质量表现为趋向小果的连续变异,果实平均单果质量均低于亲中值呈明显的衰退趋势。此现象可能与杏栽培品种都是从原始群体中经较高选择压筛选出的高度杂合类型,在有性杂交时因非加性效应解体后代表现为趋向小果的“趋中变异”,较难从后代中筛选出大果类型。虽然杏杂交后代单果质量普遍偏小,但只要亲本选择选配得当,仍然能够选择出大果类型,如试验中双亲都为大果品种‘金太阳’×‘沙金红’的后代有 16.1% 的个体单果质量超高亲。此结果与赵习平等^[9]研究结果基本相符。在以大果为育种目标时,选择大果品种作亲本,选配适宜的杂交组合,并适当增加杂交后代群体的株数,就可能增加大果个体出现的概率,选育出大果

类型。

参试组合单株产量都表现为偏向于高产亲本的偏态分布,3个组合单株产量与高产亲本相近的个体比率分别为75%、83.1%、90.2%。此结果可能与自花授粉结实率高、丰产性好的‘金太阳’为核心亲本与其他品种杂交有关,这也说明在杏品种杂交育种时,只要选择适宜的高产亲本、选配适宜的杂交组合较容易选择出单株产量较高的类型。此结果与田建保等^[8]的研究结果相符。

3.3 果实品质遗传趋势及亲本选择

杏果实品质包括外观品质、风味品质、贮藏品质和加工品质等,而一般的果实品质主要指鲜果鲜食的感官品质或风味品质。本试验果实品质研究主要包括了果实香气、肉质、硬度、可溶性固形物含量等品质性状。杏果实品质研究涉及的性状多,不但性状间相互影响,还受到许多其他因素的影响,研究的难度较大。所以,有关杏果实品质遗传的研究报道较少,个别性状则很难找到有关报道。

杏果肉硬度易受果实成熟度影响并与肉质显著相关,肉质类型为硬溶质果实硬度较高,软溶质果实硬度偏低,但两者遗传性明显不同。杏果实肉质表现为质量性状遗传,而杏果实硬度表现为多基因控制的数量性状遗传,杂交后代果实硬度平均值均低于亲本亲中值,但各组合都能够分离出超高亲和低于低亲的后代。杏果实硬度较高的硬溶质品种果实耐贮运、货架期长,作为育种目标,杂交育种时双亲都应选择硬肉溶质品种才能获得较好的育种效果。

杏果实糖含量和香气有无对鲜食品质影响较大,含糖量高有香气的品种果实风味浓郁,鲜食品质好。研究结果表明,杏果实含糖量在杂交后代中呈偏向于亲本亲中值的连续变异,超高亲比例偏低,但遗传力较强,此结果与García-Gómez等^[10]报道的杏果实可溶性固形物含量呈趋于亲中值的正态分布结论一致。在参试的3个杂交亲本中‘极品’果实有较浓郁的香气,其杂交后代有香气与无香气的比例经卡平方检验符合1:1分离比;其余没有香气亲本的组合都没有分离出有香气的后代。在风味浓郁的优质品种育种时,应选择含

糖量较高、有香气的品种作亲本,并适当加大后代群体的数量,较易选出风味浓郁有香气的理想类型。

4 结 论

‘金太阳’作为亲本,其主要经济性状遗传力较强,在以早熟或晚熟、硬肉、丰产性为育种目标的新品种选育中具有广泛的应用前景。

参考文献 References:

- [1] 何天明. 中国普通杏(*Prunus armeniaca*)种质资源遗传多样性及紫杏(*Prunus dasycarpa*)起源研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
HE Tianming. Study on genetic diversity of Chinese common apricot (*Prunus armeniaca*) germplas and origin of purple apricot (*Prunus dasycarpa*) [D]. Tai'an: Shangdong Agricultural University, 2006.
- [2] FAUST M, SURANYI D, NYUJTO F. Origin and dissemination of apricot[M]. New York: Wiley-Blackwell, 1998: 369-371.
- [3] 刘威生. 最新李、杏新品种(系)简介[J]. 果农之友, 2017(5): 4-6.
LIU Weisheng. Brief introduction of new varieties (lines) of plum and apricot [J]. Fruit Growers' Friend, 2017(5): 4-6.
- [4] MOREAU-RIO M A. Perception and consumption of apricots in France[J]. Acta Horticulturae, 2006, 701: 31-37.
- [5] LIU W S, LIU N, ZHANG Y P, YU X H, SUN M, XU M, ZHANG Q P, LIU S. Apricot cultivar evolution and breeding program in China[J]. Acta Horticulturae, 2012, 966: 223-228.
- [6] SALAZAR J A, RUIZ D, CAMPOY J A, COMPOY J A, TARTARINI S, MARTINEZ-GÓMEZ P. Inheritance of reproductive phenology traits and related QTL identification in apricot[J]. Tree Genetics and Genomes, 2016, 2(4): 71.
- [7] 孙猛, 刘威生, 刘宁, 王晓松. 核果类果树主要性状遗传变异规律研究进展[J]. 北方果树, 2011, 11(6): 1-5.
SUN Meng, LIU Weisheng, LIU Ning, WANG Xiaosong. The review of studies on genetic development of main traits of stone fruit tree[J]. Northern Fruits, 2011, 11(6): 1-5.
- [8] 田建保, 籍小琴, NICOTRA, MOSER L. 杏基因性状遗传规律分析[J]. 山西农业科学, 1993, 21(4): 26-30.
TIAN Jianbao, JI Xiaoqin, NICOTRA, MOSER L. Inheritance analysis on genetic characters of apricot seedlings[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1993, 21(4): 26-30.
- [9] 赵习平, 马之胜, 宣立锋, 智福军, 刘占军. 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.
ZHAO Xiping, MA Zhisheng, XUAN Lifeng, ZHI Fujun, LIU Zhanjun. Study on the genetic variation of the fruit traits of apri-

- cot filial generation[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2005, 9(1): 28-31.
- [10] GARCÍA- GÓMEZ B E, SALAZAR J A, DONDINI L, MARTÍNEZ-GÓMEZ P, RUIZ D. Identification of QTLs linked to fruit quality traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) and biological validation through gene expression analysis using[J]. Molecular Breeding, 2019, 39(2): 28.
- [11] 王家珍, 李俊才, 刘成, 蔡忠民, 沙守峰. ‘苹果梨’杂交后代部分性状遗传倾向研究[J]. 中国农业通报, 2011, 27(13): 169-172.
- WANG Jiazhen, LI Juncai, LIU Cheng, CAI Zhongmin, SHA Shoufeng. Studies on genetic tendency of main characters of hybrid seedlings of ‘Pingguoli’ pear[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(13): 169-172.
- [12] KOSTINA K F. Breeding apricot in the southern zone of the USSR [Ukrainian SSR, Moldavian SSR][J]. Sadovodstvo, 1977, 7: 24-25.
- [13] NEGRI P, BASSI D, MAGNANINI E, RIZZO M, BAR-TOLOZZI F. Bitterness inheritance in apricot (*P. armeniaca* L.) seeds[J]. Tree Genetics & Genomes, 2008, 4(4): 767-776.
- [14] 刘宁. 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: 53-61.
- LIU Ning. Descriptors and data standard for apricot (*Ameniaca* Mill.)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006: 53-61.
- [15] 章秋平. 杏种质资源描述规范: NY/T 2925—2016 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- ZHANG Qiuping. Descriptors for Apricot germplasm resources: NY/T 2925—2016 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2016.
- [16] 沈德绪. 果树育种学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 183-193.
- SHEN Dexu. Fruit-tree breeding[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 183-193.

《果树学报》致谢全体审稿专家

我刊2019年来稿由以下专家审查。公布本名单(以姓氏汉语拼音字母顺序为序)以表示衷心的感谢!(如有遗漏, 容后补谢)

别之龙	蔡礼鸿	曹珂	曹尚银	陈炳旭	陈福如	陈汉杰	陈厚彬	陈锦永	陈俊伟	陈昆松
陈力耕	陈立平	陈清西	陈义挺	陈玉玲	程建徽	淳长品	丛佩华	邓烈	邓云	邓子牛
董文轩	董雅凤	段旭昌	段长青	樊巍	樊卫国	樊小林	樊秀彩	范敏	方金豹	房经贵
冯建灿	付俊范	傅建炜	高登涛	高志红	古勤生	关军锋	郭启高	郭文武	郭修武	郭印山
韩振海	郝玉金	何新华	何业华	洪霓	侯琿	胡承孝	胡桂兵	胡建斌	扈惠灵	花蕾
黄秉智	黄宏文	黄丽丽	黄卫东	江 东	姜存仓	姜帆	姜中武	蒋际谋	蒋跃明	焦必宁
焦中高	李保华	李登科	李广旭	李桂荣	李红叶	李华平	李建国	李疆	李林光	李明
李明军	李明章	李世访	李秀根	李亚东	梁国鲁	梁森苗	梁新红	林顺权	刘崇怀	刘聪利
刘凤之	刘继红	刘孟军	刘庆忠	刘三军	刘威生	刘文革	刘映红	刘永忠	卢晓鹏	鲁振华
栾非时	吕德国	马锋旺	马惠玲	聂继云	牛良	潘志勇	庞荣丽	彭磊	彭良志	蒲金基
齐红岩	齐秀娟	青玲	冉春	饶景萍	沙广利	施泽彬	司鹏	宋尚伟	苏明申	孙崇德
孙广宇	孙建设	孙雷明	孙小武	汤浩茹	陶建敏	滕元文	同延安	涂洪涛	汪良驹	王爱德
王晨	王贵禧	王国平	王海波	王红霞	王惠聪	王军	王丽	王龙	王然	王少敏
王世平	王松标	王同坤	王文辉	王西平	王小蓉	王新卫	王忆	王迎涛	王玉柱	王振平
魏钦平	吴国良	吴俊	吴伟坚	吴振先	伍小萌	向旭	谢江辉	谢鸣	谢深喜	徐建国
徐强	徐伟荣	徐小彪	徐阳春	徐永阳	徐志红	许益鏊	许勇	薛华柏	闫凤鸣	阎振立
杨广	杨国顺	杨向晖	杨欣	杨学虎	叶正文	易图永	尹燕雷	于金凤	俞明亮	苑兆和
曾文芳	詹儒林	张国珍	张恒涛	张红艳	张慧琴	张建光	张剑侠	张金智	张静茹	张开春
张立功	张林森	张荣意	张瑞萍	张显	张新忠	张颖	张玉星	张运涛	张志宏	张志华
章秋平	赵光伟	赵密珍	赵廷昌	赵卫星	赵政阳	郑少泉	郑先波	钟彩虹	周凤娇	周厚成
周增强	朱立武	庄伊美								