

黄土高原山杏种质资源分类研究

李明,赵忠*,杨吉安,卢斌,苗兴军

(西北农林科技大学 西部环境与生态教育部重点实验室,陕西 杨陵 712100)

摘要:采用形态学观测法对黄土高原不同县域山杏种质资源变异情况进行调查观测,结果表明:黄土高原陕西麟游县、甘肃灵台县、华池县、庆城县四地山杏叶片、果实、种核等存在显著变异,共收集变异类型 37 种。37 种类型间果重、叶面积、核重和出核率变异系数较大,达到 20% 以上,其余数量性状变异系数约 10%。山杏核、仁的数量性状以及叶柄长、叶形指数、叶面积、果重、果长度、果宽度、果厚度与核重、仁重等经济性状显著相关,可以作为高产山杏选种的主要数量指标。根据种质资源的主要生物学性状进行聚类分析,将 37 个类型聚为五大类,聚类趋势大致是按果型或者核型聚类,同类间具有较多共同的形态特征。

关键词:山杏;分类;种质资源;黄土高原

中图分类号:S662.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2011)01-0008-05

Classification on Germplasm Resources of *Armeniaca sibirica* in the Loess Plateau

LI Ming, ZHAO Zhong*, YANG Ji-an, LU Bin, MIAO Xing-jun

(Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China;

Ministry of Education; Northwest A&F University; Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Morphological observation method was used to investigate the mutation of *Armeniaca sibirica* germplasm resources in different county areas in Loess Plateau. Significant difference were observed in leaf, fruit and seed stone among four areas. Thirty seven mutation types were collected. The variation coefficient in fruit weight, leaf area, stone weight and stone rate were quite high among 37 types, and over 20%. The variation coefficients of other quantitative characters were about 10%. The quantitative characters of stone and kernel were significant with economic, such as the petiole length, leaf index, leaf area, fruit weight, fruit length, fruit width and fruit thickness. These characters can taken as major quantitative indicators for the selection of high-yielding *A. sibirica* varieties. The 37 types were classified into 5 groups with cluster analysis by the major biological characters; the same group had similar fruit shape, stone shape and so on.

Key words: *Armeniaca sibirica*; classification; germplasm resources; Loess Plateau.

山杏(*Armeniaca sibirica*)为蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)杏属(*Armeniaca*)植物^[1],原产我国及亚洲西部,是重要的经济林和水土保持林造林树种,在黄土高原广为分布^[2]。山杏仁脂肪和蛋白质含量高,具有丰富的营养价值和保健作用^[3],是食品、饮料和制药工业的重要原料,也是新的高级食用油料作物来源^[4]。

山杏是一个野生天然杂交种,由于长期的杂交变异以及不同地区间的相互引种,山杏产生了许多变异类型,种质资源极为丰富^[2]。

目前国内对山杏种质资源的研究较少,对黄土高原山杏种质资源情况缺少系统的调查,部分学者收集了一些特异山杏种质,如甜仁山杏^[6]、绿萼山杏^[7]等。本研究通过对黄土高原不同县域山杏的形

收稿日期:2010-01-07 修回日期:2010-03-24
基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项:仁用杏精深加工技术与开发(200904020)
作者简介:李明,男,在读硕士,主要从事森林培育研究,E-mail:limingly@126.com
* 通讯作者:赵忠,男,教授,博士生导师,主要从事半干旱地区植被恢复与重建研究。E-mail: zhaozh @nwsuaf.edu.cn

态学调查,研究山杏种质资源变异情况,分析山杏数量性状变异性、相关性,确定山杏选种的主要数量指标。对黄土高原山杏变异类型进行初选、分类,为培育山杏良种提供指导,为山杏种内分类和种质特征研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料采集

于 2009 年 7 月山杏成熟期,在黄土高原区山杏主产地的陕西省麟游县,甘肃省灵台县、华池县、庆城县,按不同方位分别选取 3 个山杏纯林。在每一山杏林分中设置 20 m×20 m 的样地 3 块,采集各样地内所有山杏(共 640 株)的叶片、果实和果核。

1.2 形态观测

采用形态学观测的方法,按照我国编制的《果树种质资源描述符、记载项目及评价指标》^[8] 的标准,结合植物志^[1,2,9] 以及文献记录的与杏资源评价相

关的数量指标^[10],观测山杏叶片、果实、杏核形态。观测项目有:

叶片 叶片颜色、表面粗糙状况(光滑、粗糙)、叶缘锯齿(有、无)、叶基形状(平截、楔形),测叶片长、叶宽、叶柄长,计算叶形指数(叶长/叶宽),叶面积。

果实 果型(圆、卵圆、椭圆)、果皮色泽(黄、粉红、红)、果顶(凹入、平、凸出)、缝合线(平、浅、深)、对称性(不对称、较对称、对称)、裂果(开裂、不开裂),粘着度(粘核、离核),测果实横径、纵径、侧径、果量。

杏核 核顶(平、突出)、尖端(有、无)、背基(平、突出)、翼纹(外凸、平、内凹)、核翅(窄、中、宽)、基部(聚合、不聚合)、对称性(不对称、较对称、对称),测核长、核宽、核厚、核重,计算核型指数(核长/核宽)、厚度指数(核厚/核宽)、破壳求出仁率。

对比各株山杏形态,共发现形态间存在明显区别的山杏变异表现型 37 类(表 1)。

表 1 37 个山杏类型质量性状表
Table 1 Questionnaire of qualitative character about 37 mutation types

类型	叶片			果实						杏核						
	叶基	叶面	锯齿	色泽	果顶	缝合线	对称性	裂果	粘离核	核顶	尖端	背基	翼纹	核翅	基部	对称性
1	平截	粗糙	有	黄, 粉红	凸	浅	较对称	不开裂	离核	突出	有	平	外凸	中	聚合	对称
2	平截	光滑	有	黄	平	浅	对称	不开裂	离核	平	有	平	外凸	中	聚合	较对称
3	楔形	光滑	有	黄	平	平	对称	不开裂	离核	平	有	平	内凹	中	聚合	不对称
4	楔形	粗糙	有	黄, 粉红	凸	浅	较对称	不开裂	粘核	平	有	突出	外凸	中	聚合	不对称
5	平截	光滑	有	黄	凹	平	对称	开裂	粘核	平	无	平	内凹	中	聚合	对称
6	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凹	浅	对称	不开裂	粘核	平	有	平	外凸	窄	聚合	较对称
7	楔形	光滑	有	黄	凸	浅	对称	不开裂	离核	平	有	突出	外凸	中	聚合	对称
8	平截	粗糙	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	无	平	外凸	中	聚合	较对称
9	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凹	平	较对称	不开裂	离核	平	无	平	内凹	中	聚合	不对称
10	楔形	粗糙	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	有	平	平	中	聚合	不对称
11	平截	光滑	有	黄	凸	平	对称	不开裂	离核	突出	无	平	外凸	中	聚合	对称
12	楔形	光滑	有	黄	平	浅	对称	不开裂	离核	平	无	平	外凸	中	聚合	较对称
13	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凸	浅	较对称	开裂	离核	平	无	平	平	中	聚合	较对称
14	平截	光滑	有	黄, 粉红	凹	平	对称	不开裂	离核	平	无	平	平	中	聚合	较对称
15	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	对称	不开裂	离核	平	无	平	外凸	窄	聚合	对称
16	平截	光滑	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	无	突出	平	窄	聚合	较对称
17	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	较对称	开裂	粘核	平	有	平	外凸	中	聚合	不对称
18	平截	光滑	有	黄, 粉红	平	平	对称	不开裂	离核	平	无	平	外凸	中	聚合	不对称
19	楔形	光滑	有	黄	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	有	平	内凹	窄	聚合	较对称
20	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凸	浅	对称	不开裂	离核	平	有	突出	外凸	中	聚合	较对称
21	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	无	平	平	窄	聚合	不对称
22	楔形	光滑	有	黄	凹	平	对称	不开裂	粘核	平	有	平	内凹	窄	聚合	较对称
23	楔形	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	对称	不开裂	离核	平	有	突出	内凹	中	聚合	对称
24	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	浅	对称	不开裂	离核	平	有	平	外凸	中	聚合	不对称
25	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	对称	不开裂	离核	平	有	平	平	窄	聚合	较对称
26	平截	光滑	有	黄	凸	平	较对称	不开裂	粘核	平	有	突出	内凹	窄	聚合	不对称
27	平截	光滑	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	粘核	平	无	平	内凹	窄	聚合	较对称
28	平截	光滑	有	黄	凸	浅	较对称	不开裂	离核	平	有	平	平	窄	聚合	不对称
29	平截	光滑	有	黄	凸	浅	对称	不开裂	离核	平	有	平	平	窄	聚合	对称
30	平截	光滑	有	黄	凸	浅	对称	开裂	离核	突出	有	突出	外凸	中	聚合	不对称
31	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	较对称	开裂	粘核	平	有	平	内凹	窄	聚合	不对称
32	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	对称	开裂	离核	平	无	平	平	窄	聚合	不对称
33	平截	光滑	有	黄, 粉红	平	平	对称	不开裂	离核	平	无	平	平	窄	聚合	不对称
34	平截	光滑	有	黄, 粉红	凹	浅	较对称	不开裂	离核	平	有	突出	外凸	中	聚合	对称
35	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	平	对称	不开裂	粘核	突出	有	平	外凸	中	聚合	较对称
36	平截	光滑	有	黄, 粉红	凸	浅	不对称	不开裂	粘核	平	有	平	内凹	中	聚合	较对称
37	平截	光滑	有	黄, 粉红	平	平	较对称	不开裂	离核	突出	有	平	外凸	中	聚合	对称

1.3 数据处理

运用 SPSS 和 DPS 分析山杏变异情况、性状相关性,并对 37 种类型进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同类型质量性状差异分析

在 37 种表现型中,山杏的 16 个质量性状调查结果表明:其质量性状总体上差异较大。具体来说,37 种类型的山杏叶片均有叶缘锯齿,表面多为光滑,叶基部多为平截型;果实色泽大多为黄色带粉红色,少数为黄色,大多数果实对称或较对称,不开裂,离核,杏核基部聚合,核顶、背脊较平,其余各性状表现在 37 类中均存在。

2.2 数量性状差异及分析

如表 2 所示,37 种山杏类型所调查的 19 个数量性状差异较大。变异系数的差异反映了性状在进化保守性或遗传可塑性方面的不同,群体内变异程度和变异幅度越大的性状,表明其对种内变异或品种的划分具有更大的贡献,从中易发现山杏群体内存在的变异类型。对 37 种山杏数量性状变异系数分析表明:山杏果重变异系数最大,达 30.4%;叶面积、核重和出核率的变异系数较大,分别达到 26.7%、26.0%、22.6%,都超过了 20%;其余各数量性状变异系数大多在 10%左右,均存在较大变异。这说明山杏种质资源丰富,变异类型多样,在品

种选育中改良果重、核重和叶面积的潜力较大,更易培育出大果型或核型山杏。

2.3 数量性状与经济性状相关性

山杏经济价值主要体现在杏仁的加工利用上,核重、仁重、出核率、出仁率是关系山杏仁产量的主要经济指标。研究经济性状与山杏数量性状相关性可以明确品种改良方向,提高选择效率^[11]。如表 3 所示:对 37 个类型,每一类型 30 个样本的数量指标统计表明,山杏核、仁的数量性状与核重、仁重的相关系数在 0.258** 以上,达到极显著水平,但它们属于直接指标,不能延长选择时间。要达到提高选种效率,延长选择时间的目的,就要借助于其他数量性状。叶柄长、叶形指数、叶面积、果重、果长度、果宽度、果厚度与核重显著相关,相关系数分别为 0.058*、-0.317**、0.492*、0.516**、0.530*、0.571*、0.338*。通过叶面积、叶形指数、叶柄长和果实性状的选择能实现果核选优的目的,选择叶面积大、长叶形、长叶柄、大果型山杏获得大核的优株或优系的概率高;与仁重显著相关的间接选种指标有叶形指数和果重,相关系数分别为-0.312*、和 0.392*,借助叶形指数小、果重大的植株更易选出大仁山杏。出核率与叶形指数显著相关,出仁率和叶柄长显著负相关,在优株选择是要综合考虑各项指标相关性,明确选种方向。

表 2 37 个山杏类型数量性状差异及分析

Table 2 Difference and variability of quantitative character about 37 mutation types

数量性状	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数	数量性状	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数
叶长/cm	5.640	8.947	6.987	0.741	0.106	果厚/果宽	0.782	0.945	0.864	0.038	0.044
叶宽/cm	3.727	6.780	5.633	0.731	0.130	出核率/%	10.46	27.52	16.85	3.81	0.226
叶柄长/cm	1.747	3.907	2.857	0.522	0.183	核重/g	0.671	2.377	1.543	0.401	0.260
叶形指数	1.039	1.570	1.251	0.107	0.086	核长/cm	1.570	2.474	2.008	0.231	0.115
叶面积/cm ²	15.234	38.869	25.743	6.872	0.267	核宽/cm	1.237	1.939	1.624	0.157	0.097
果重/g	4.361	19.052	9.434	2.872	0.304	核厚度/cm	0.821	1.307	1.055	0.094	0.089
果长/cm	2.237	3.324	2.714	0.288	0.106	核型指数	1.041	1.518	1.239	0.110	0.088
果宽/cm	2.134	3.515	2.705	0.266	0.098	核厚/核宽	0.559	0.728	0.651	0.041	0.063
果厚/cm	1.768	3.002	2.335	0.238	0.102	出仁率/%	22.67	32.32	27.51	2.09	7.58
果型指数	0.890	1.190	1.005	0.069	0.068						

表 3 山杏数量指标与经济指标相关性系数表

Table 3 Pertinence of quantitative and economic characters about *A. sibirica*

数量性状	核重	仁重	出核率	出仁率	数量性状	核重	仁重	出核率	出仁率
叶长	0.119	0.073	-0.176	-0.183	果型指数	0.014	-0.072	0.198	0.288
叶宽	0.174	0.193	-0.196	0.137	核重	1	0.572**	-0.101	-0.472**
叶柄长	0.058*	0.042	-0.103	-0.212*	核长度	0.527**	0.424**	-0.051	-0.052
叶形指数	-0.317**	-0.312*	0.412*	0.179	核宽度	0.529**	0.792**	0.185	0.147
叶面积	0.492*	0.104	0.122	-0.038	核厚度	0.258**	0.673**	0.046	0.102
果重	0.516**	0.392*	-0.083	0.025	核型指数	-0.254	-0.298*	0.014	0.538**
果长度	0.530*	0.082	-0.197	-0.094	出核率	-0.101	0.363*	1	0.604**
果宽度	0.571*	0.215	-0.137	0.042	仁重	0.572**	1	0.363*	0.478**
果厚度	0.338*	0.116	-0.242	-0.117	出仁率	-0.472**	0.478**	0.604**	1

2.3 各类型聚类分析

用 DPS 数据处理系统对 37 种山杏类型各性状数据进行聚类分析,由于各性状单位不同,对性质指标进行赋值,数量性状直接代入,数据进行标准差标准化变换,采用欧氏距离,聚类方法用离差平方方法,得出 37 种类型的聚类分析树状图。如图 1 所示,在阈值为 11.45 遗传距离处,分为五类:

图 1 山杏种质资源聚类分析图

Fig. 1 Clustered result of *A. sibirica* germplasm resource

第Ⅰ类包括类型 1、4、7、11、12、17、20、23、26、30、31、36 共 12 个。其共有的形态特征包括:果实顶部均为凸出,且全部果顶凸出的类型大多在此类中;果实长度在五类中最大;果型指数都大于 1,果型指数较大的 10 个类型有 8 个位于此类,因此第Ⅰ类为典型的长果型;果实厚度在五类中最小;种核长度远大于其余四类,种核长度最大 7 个类型都在此类;核型指数略小于第Ⅴ类(类型 19),但明显大于其余三类;核厚度宽度比为五类最小,杏核属于长扁核型;叶柄明显长于其余四类。

第Ⅱ类包括类型 5 和类型 6。这两个类型果顶凹、果实对称、粘核、核顶平、背脊平、核翅窄;果重最大,是 37 个类型中果重最大的两个,果实长度、宽度、厚度均较大,为大圆果型;种核较重,核长、核宽均较大,核厚度是 37 个类型中最大的,为大圆鼓核型;叶长、叶宽均为最大,叶形较大。

第Ⅲ类包括类型 2、3、8、9、10、13、14、16、18、21、24、27、28、29、34、37 共 16 个。此类中果实均不开裂(类型 13 例外);果实均为离核(类型 27 例外);

核顶平,种核厚度较大,核型指数五类中最小,杏核近圆形。

第Ⅳ类包括类型 15、22、25、32、33、35 共 6 个,此类中果实缝合线平,果实对称,核顶平;果重中最小,果实长度、宽度、厚度都为五类最小,是典型的小果型;核重五类最小,核长度也较小,但宽度和厚度并不小,核厚度宽度在五类中最大,是典型的小鼓核;叶柄较长。

第Ⅴ只有类型 19,果实宽度和种核宽度均较小,核厚度宽度比大,果型和核型均为梭鼓型。

3 结论与讨论

3.1 山杏种质资源的变异性

黄土高原山杏变异类型较多,种质资源丰富,主要是山杏自交不亲和性、以及地域间引种造成的多表现型现象。其次,环境因素的影响也较大,降雨量、地形、霜冻期、积温等因子对山杏形态影响较大^[12]。山杏数量性状的变异较为突出,其中果重、叶面积、核重、出核率的变异程度较大,说明山杏品种改良具有很大潜力,依托变异程度大的性状进行定向选择可以较好的实现山杏良种繁育的目的。研究中也发现山杏产量,抗冻能力,杏仁脂肪油含量与其种质存在相关性,因此,调查山杏资源,选育优良种质十分必要。

3.2 山杏良种选育

目前困扰山杏产业化的主要难题是产量底下,品种落后,利用山杏丰富的种质资源培育山杏良种,结合栽培管理提高山杏仁产量、质量是山杏目前的研究方向。山杏核、仁的数量性状以及叶柄长、叶形指数、叶面积、果重、果长度、果宽度、果厚度与核重、仁重等经济性状显著相关,结合相关选择和变异选择,山杏核、仁、果重、果型指标、叶面积、叶柄长可作为高产山杏选择的主要指标,选到核大、仁大、出核率和出仁率高的高产植株或类型的比率较大。

3.3 山杏种下类群分类

37 个山杏变异类型通过聚类分析分为五类,遗传距离较小,形态相似的类型聚为一类,同一类山杏具有较多的共同特征。类型Ⅰ为长果型、长扁核型;类型Ⅱ为大圆果型、大圆鼓核;类型Ⅲ为圆果型、圆鼓核,果、核大小中等;类型Ⅳ为小圆果型、小圆鼓核;类型Ⅴ为梭鼓型果核。聚类趋势大致是按果型或者核型聚类,说明山杏种下类群的分类差异主要存在于核型或者果型间,与其它核果类类似。山杏各类型间遗传距离较大,意味着亲缘关系较远,在育种中应根据品种选育的类型和用途,较多的利用不同大类间或者同类中遗传距离较大的类型做亲本进

行杂交,获得较大的杂种优势的概率大。

山杏种核的性状相对叶片、果实比较稳定,不同山杏类型间有较为稳定的核型指数和度宽度比率,可以作为类型鉴定的主要参考。聚类中有一些形态相近的类型没有聚到一起,一些形态特征差异明显的类型却聚到一起,这说明形态特征容易受环境的影响,可能造成分类误差,综合运用形态学、细胞学、蛋白质检测和分子标记等分子生物学方法,可得出更为准确可靠的结论。目前我国对山杏资源的利用只停留在直接利用阶段,深入系统的山杏种质资源调查仍没进行,选出的适合地区特性的优良品种不多,山杏生产中普遍存在的晚霜危害问题仍然没有解决。因此,应当利用山杏丰富的基因资源进行杂交育种,选择更多的优良品种为生产服务。

参考文献:

[1] 俞德浚. 中国植物志,第三十八卷[M]. 北京:科学出版社, 1986;24-31.

[2] 张加延,张钊. 中国果树志,杏卷[M]. 北京:中国林业出版社, 2003;93-559.

[3] 李科友,史清华,朱海兰,等. 苦杏仁主要营养成分研究[J]. 西北农业学报,2003,12(2):119-121.

LI K Y, SHI Q H, ZHU H L, *et al.* Study on main nutrient compositions of bitter almond [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2003, 12(2):119-121.

[4] 李科友,史清华,朱海兰,等. 苦杏仁的综合开发利用[J]. 西北林学院学报, 2003,18(3):63-65.

LI K Y, SHI Q H, ZHU H L, *et al.* Comprehensive exploitation and utilization of bitter almond [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18 (3):63-65.

[5] 杨庆仙. 我国山杏种质资源研究现状[J]. 北方园艺, 2008 (2): 44-47.

YANG Q X. The research situation of *Armeniaca sibirica* germplasm resources in China[J]. North Horticulture, 2008 (2): 44-47.

[6] 王同坤,张立彬,刘桂森,等. 山杏新品种-‘甜仁山杏’[J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 800.

WANG T K, ZHANG L B, LIU G S, *et al.* A new siberia a-pricot variety- ‘Tianren Shanxing’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(6): 800.

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

ZHANG L B, WANG T K, LIU G S,*et al.* A new siberia a-pricot variety-‘Luee Shanxing’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(5): 700.

[8] 蒲富慎. 果树种质资源描绘符、记载项目及评价标准[M]. 北京:农业出版社,1990;92-105.

[9] 傅坤俊. 黄土高原植物志[M]. 北京:中国林业出版社, 1992: 285-288.

[10] 何天明,陈学森,张大海,等. 中国普通杏种质资源若干生物学性状的频度分布[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 17-22.

HE T M, CHEN X S, ZHANG D H, *et al.* Frequency distribution of several biological characters in different apricot eco-geographical groups native to China[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34 (1): 17-22.

[11] 赵桂玲,刘明国,刘立新,等. 辽西高产山杏间接选种数量性状指标的确定[J]. 辽宁林业科技, 2004(2): 5-7.

ZHAO G L, LIU M G, LIU L X, *et al.* Determination of quantitative indicators of indirect selection of high-yield *Prunus sibirica* in western Liaoning[J]. Journal of Liaoning Forestry Science & Technology, 2004(2):5-7.

[12] 李丽锋,刘明国,李立新. 辽西地区山杏立地条件的主成分-数量化分析[J]. 生物数学学报, 2008,23(4): 687-694.

LI L F, LIU M G, LI L X. Study on the site condition of *Armeniaca sibirica* in western Liaoning province based on quantitative-theory[J]. Journal of Biomathematics, 2008,23(4): 687-694.