

山杏自然变异及其对产区间苦杏仁含油量的影响

卢 斌,赵 忠,李 明,苗兴军

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

【摘 要】 【目的】对山杏种下变异类型进行研究,分析山杏自然变异对苦杏仁脂肪油、精油含量的影响。【方法】在黄土高原残塬沟壑区,选择立地条件相似的山杏产区,采用野外随机取样法,测算杏核的外部形态特征,据此将山杏分为不同的种下变异类型,并分析比较了不同产区及不同种下变异类型山杏杏核的形态特征、千粒质量、出仁率及杏仁含油量。【结果】不同产区杏核的核长、核宽、核厚、核型指数、出仁率均存在极显著差异,千粒质量存在显著差异,相邻两产区间苦杏仁含油量差异达到极显著水平。根据杏核外部形态特征划分出 7 个山杏种下变异类型,其在核长、核宽、核厚、核型指数、千粒质量、出仁率、含油量等方面均有极显著差异。【结论】山杏自然变异是造成相邻产区间杏核形态特征和苦杏仁含油量差异的根本原因;综合考虑脂肪油和精油含量,以类型 2 即长梭型杏核为最佳;陕西麟游为苦杏仁的最佳产区。

【关键词】 山杏;种下变异类型;含油量;最佳产区

【中图分类号】 S662.202.4

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)08-0061-06

Natural variation of *Prunus armeniaca* and its influence on almond oil content between different producing areas

LU Bin, ZHAO Zhong, LI Ming, MIAO Xing-jun

(College of Forestry, Northwest A&F University, Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China, Ministry of Education, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The study was done to analyze the influence on fatty oil and essential oil content of natural variation of *Prunus armeniaca* through a study of infraspecific variation types. 【Method】 We chose adjacent producing areas with similar site on the loss Gulied-Hilly Area, adopted the random sampling survey method in field investigation, and calculated the external morphological characters of *Prunus armeniaca*. Hereby the characters were to divide the *Prunus armeniaca* to different variation types, and the differences were compared in morphological characteristics, thousand seed weight, kernel rate and oil content of different producing areas and variation types. 【Result】 With extremely significant difference on morphological characteristics, and significant differences on thousand seed mass of the almonds in different producing areas, as well as the almond oil content in adjacent producing areas, the almonds could be divided into 7 infraspecific variation types, which had extremely significant difference in length, width, thickness, ratio of length to width, thousand seed weight, and kernel rate as well as the almond oil content. 【Conclusion】 The natural variation of *Prunus armniaca* is the basic reason for the differences of almonds oil content in adjacent producing areas. Taking the content of fatty oil and essential oil into consideration, type 2: long fusiform is proved to be the best and Linyou in Shaanxi province is the best producing area.

* [收稿日期] 2010-01-15

[基金项目] 国家林业局 948 引进项目(2004-4-52)

[作者简介] 卢 斌(1981—),男,山东日照人,在读硕士,主要从事苦杏仁综合利用研究。E-mail: lubin1220@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 赵 忠(1958—),男,甘肃宁县人,教授,博士生导师,主要从事森林培育理论与技术研究。

E-mail: zhaozh@nwsuaf.edu.cn

Key words: *Prunus armeniaca*; infraspecific variation type; oil content; the best producing area

苦杏仁为蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)杏属(*Armeniaca* Mill)植物普通杏(*Armeniaca vulgaris* L.)、蒙古杏(*Armeniaca sibirica* L.,又名西伯利亚杏、山杏或小苦杏)和辽杏(*Armeniaca mandshurica* K.)的成熟种子^[1-3],在我国河北、辽宁、内蒙古、陕西、山西、甘肃等省区分布较为集中^[4-6]。苦杏仁富含脂肪油,其含量高达53%左右^[7],该脂肪油在食品、医药及工业等方面具有很大应用价值,并且是上好的高级食用油^[8-9]。苦杏仁中含有2%~4%的苦杏仁甙,其水解可产生具有强烈杏仁香气的苯甲醛,即苦杏仁精油的主要成分。苦杏仁精油可作为食品添加剂、化妆品中的提香剂、去污剂,还常作为中间体来合成药物制剂及化学试剂^[10],另外还可用于制备害虫熏蒸剂等^[11],具有很高的利用价值。

山杏是一个野生天然杂交种,具有自交不亲和性,由于长期的杂交变异以及不同地区、地域间的相互引种,山杏产生了许多变异类型,种质资源极为丰富^[12],形成了一个复杂的但只概括为一个“种”(A. *sibirica*)的群体。目前山杏繁殖更新基本上靠天然落种或萌芽来完成,山杏造林也基本靠混采杏核繁殖,因此造成山杏种质良莠混杂、稳定性差,且株间经济性状差异显著。本课题组在前期研究中发现,陕西、甘肃两省的不同产区,即使是立地相似的相邻县域,虽然气候差异较小,但是所产山杏的脂肪

油及精油含量与气候条件的相似性并不一致,而且差异显著^[7]。由此可见,各产区间苦杏仁含油量的差异可能是由于山杏的自然变异造成的。

本试验对黄土高原残塬沟壑区立地相似的相邻产区(陕西省麟游县和甘肃省灵台县、华池县、庆城县)的山杏种下变异类型进行研究,分析山杏自然变异对苦杏仁脂肪油、精油含量的影响,以期筛选出山杏的最佳变异类型,为黄土高原地区山杏种质资源库的建设及优良加工山杏的生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样地设置与样品采集

分别于2008-07和2009-07的山杏成熟期,在黄土残塬沟壑区山杏主产区,选择地理位置相邻、立地条件相似的陕西省麟游县和甘肃省灵台县、庆城县、华池县,在每个产区按不同方位选取3个林分。在每一林分中,选择地形比较平坦、杏树分布比较集中、生长和结实情况较好的地段,设置20 m×20 m的样地3块,共设置标准样地36块;记录每块样地的海拔、地势、坡向、坡度、坡位和土壤类型等。

2008年采样时采集每块样地内所有杏树上的果核;2009年按不同变异类型分别采集各样地内所有的山杏果实。各产区的地理位置及主要气候特征见表1。

表 1 山杏不同产区的地理位置及主要气候特征

Table 1 Geographic position, climate characteristic in different provenances of *Prunus armeniaca*

产 区 Producing area	东经 Longitude (E)	北纬 Latitude (N)	海拔/m Altitude	年日照/h Annual sunlight	年均 气温/℃ Mean temp	年降雨 量/mm Annual rainfall	无霜期/d Frost-free period	≥10℃ 积温/℃ Accumulated temp
陕西麟游 Linyou, Shaanxi	107°19′	34°33′	1 345	2 168	9.2	680.3	178	3 018
甘肃灵台 Lingtai, Gansu	107°00′	34°54′	1 250	2 453	8.6	650.4	159	2 804
甘肃庆城 Qingcheng, Gansu	107°16′	35°42′	1 380	2 250	9.0	537.0	169	2 839
甘肃华池 Huachi, Gansu	107°29′	36°07′	1 356	2 340	8.7	510.0	178	2 887

1.2 山杏变异类型的划分

在2008年采集的杏核样品中,从每个样地采集样品中随机选取100个杏核,洗净晒干后测量记录杏核的核长、核宽、核厚,计算核型指数(核长/核宽),并测定千粒质量和出仁率,其数据结果按产区取均值。在数据汇总的基础上,依据核长、核宽、核厚、核型指数及千粒质量和出仁率的差异,初步划分山杏变异类型。

2009年依据初步划分的变异类型,分别在各个

样地内按种下变异类型采集杏核,并记录不同产区各变异类型所占的大致比例。参考《果树种质资源描述符:记载项目及评价指标》中关于杏核形态观测的一系列指标,观测各变异类型杏核核顶、尖端、背基、翼纹、核翅、基部、对称性等外部形态特征;测量记录杏核核长、核宽、核厚,求出核型指数,并测定千粒质量和出仁率。结合杏核外部形态特征及核长、核宽、核厚、核型指数及千粒质量和出仁率的差异,进一步划分并确定样地内山杏的种下变异类型。

1.3 苦杏仁脂肪油及精油含量的测定

苦杏仁脂肪油及精油含量分别采用索氏提取法和水蒸气蒸馏法测定^[13-14]。对 2008 年采集的杏核,在完成形态观察和测定后,按不同样地分别测定杏仁脂肪油和精油含量,每个样地 3 个重复,最终结果按产区取平均值。对 2009 年采集的杏核,分别测定各个产区不同种下变异类型的脂肪油和精油含量。每一变异类型测定 3 个样品,结果取平均值。

1.4 数据统计与分析

采用软件 Excel 和 SPSS 进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同产区杏核形态特征及千粒质量、出仁率的比较

由表 2 可以看出,不同产区的杏核形态表现出不同的特点。方差分析结果表明,不同产区杏核的核长、核宽、核厚和核型指数均存在极显著差异。核长和核宽由大到小的顺序依次是甘肃灵台、庆城、华

池及陕西麟游;而核厚则以甘肃庆城最大,其他由大到小依次为陕西麟游及甘肃灵台、华池。从核型指数的大小可以看出,不同产区的杏核形态具有多样性。核型指数由大到小的顺序依次为甘肃华池、灵台、庆城和陕西麟游。综合分析核长、核宽、核厚和核型指数 4 个形态指标,可以看出不同产区杏核形态特征的变化特点没有明显的规律性,即使是地理位置相邻、立地条件相似的两个产区之间,杏核的形态特征也未表现出一致性。

表 2 数据还显示,甘肃庆城杏核的千粒质量最大,达 1 562.73 g;陕西麟游的最小,为 1 073.09 g。各产区间的杏核出仁率亦存在明显差异,而出仁率由大到小依次为甘肃华池、灵台、庆城和陕西麟游。方差分析结果表明,4 个产区间的杏核千粒质量存在显著差异,而杏核出仁率存在极显著差异。与杏核的形态特征一样,各产区杏核千粒质量和出仁率的变化亦无明显的规律性,相邻两个产区之间也未表现出一致性。

表 2 不同产区杏核形态特征、千粒质量和出仁率的比较

Table 2 Seed characters,thousand seed weight and kernel rate of *Prunus armeniaca* from different provenances

产 区 Producing area	核长/cm Length	核宽/cm Width	核厚/cm Thickness	核型指数 Length/width	千粒质量/g Kernel weight	出仁率/% Kernel rate
麟游 Linyou	1.91	1.55	0.98	1.24	1 073.09	22.36
灵台 Lingtai	2.19	1.68	0.97	1.31	1 304.22	25.87
庆城 Qingcheng	2.09	1.63	1.00	1.29	1 562.73	24.87
华池 Huachi	2.07	1.57	0.94	1.33	1 128.72	25.97
F 值 F value	81.28**	43.69**	13.31**	18.57**	87.04*	8.98**

注:标“*”表示差异显著,标“**”表示差异极显著。表 3,5,6 同。
Note:standard “*” express extremely significant difference,standard “**”express extremely significant difference. Table 3,5,6 are the same.

2.2 不同产区苦杏仁含油量的比较

由表 3 可以看出,4 个产区的苦杏仁脂肪油和精油含量存在明显差异,脂肪油和精油含量由高到低的顺序一致,依次是陕西麟游和甘肃庆城、华池、灵台。方差分析结果表明,不同产区苦杏仁精油含量存在极显著差异,脂肪油含量存在显著差异,即使地理位置相邻的产区之间,苦杏仁含油量差异亦均达到极显著水平。

2.3 山杏种下变异类型的划分

根据杏核的外部形态特征,将研究区的山杏划分为 7 个变异类型,结果如表 4 所示。由表 4 可知,类型 1~7 依次为:圆鼓型、长梭型、大椭圆状表面具网纹型、小圆鼓光滑型、扁圆状表面具网纹型、小尖鼓型、大圆状表面具粗网纹型。

表 3 不同产区苦杏仁脂肪油和精油的含量

Table 3 Content of fatty oil and essential oil of *Prunus armeniaca* from different provenances

产 区 Producing area	脂肪油/% Fatty oil	精油/% Essential oil
麟游 Linyou	48.24	1.05
灵台 Lingtai	41.04	0.81
庆城 Qingcheng	46.39	1.02
华池 Huachi	44.02	0.89
F 值 F value	414.24*	140.37**

对 7 种变异类型杏核的形态特征、千粒质量及出仁率进行分析,结果见表 5。由表 5 可以看出,7 个山杏种下变异类型杏核的核长、核宽、核厚、核型指数、千粒质量及出仁率均存在极显著差异。其中千粒质量以类型 3 最大,类型 4 最小;出仁率以类型 4 最大,类型 1 最小。相关性分析表明,千粒质量与出仁率之间呈极显著负相关。

表 4 不同山杏种下变异类型的杏核外部形态特征及所占比例
Table 4 Seed characters and proportion of variant types of *Prunus armeniaca*

变异类型 Variation type	集中分布地 Provenance	外观描述 Appearance description	核顶 Top	尖端 Tip	背基 Dorsum	翼纹 Stria	核翅 Wing	基部 Basal	对称性 Symmetric	所占 比例/% Proportion
1	陕西麟游下永安村 Xiayongan village, Linyou, Shaanxi	核型中,圆鼓状 Moderate karyotype, round drum-shaped	平 Flat	无 Absence	平 Flat	内凹 Inner concaved	窄 Narrow	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	21
2	陕西麟游崔木 Cuimu village, Linyou, Shaanxi	核型小,长梭状 Small karyotype, long fusiform 核型大,椭圆状,表面 具网状纹理 Large karyotype, ellipse, surface has netlike texture	突出 Outburst	有 Presence	平 Flat	微内凹 Shallow inner concaved	窄 Narrow	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	74
3	甘肃灵台百里林场 Baili forest farm, Lingtai, Gansu	核型中,圆鼓状, 表面光滑 Small karyotype, round drum-shaped, surface smooth	平 Flat	有 Presence	平 Flat	微内凹 Shallow inner concaved	中 Moderate	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	73
4	甘肃庆城周祖陵 Zhouzuling forest garden	核型小,圆鼓状, 表面具网状纹理 Moderate karyotype, oblate, surface has netlike texture	突出 Outburst	有 Presence	半凹裂 Half concave and cleft	外凸 Outer convexed	窄 Narrow	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	57
5	甘肃庆城太白梁 Taibailiang forest form, Qingcheng, Gansu	核型小,长鼓状 Small karyotype, long drum-shaped 核型大,椭圆状, 表面具明显网状纹理 Large karyotype, ellipse, surface has obvious netlike texture	微突 Outburst	有 Presence	平 Flat	内凹 Inner concaved	中 Moderate	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	29
6	甘肃华池李良子 Liliangzi village, Huachi, Gansu	核型小,长鼓状 Small karyotype, long drum-shaped 核型大,椭圆状, 表面具明显网状纹理 Large karyotype, ellipse, surface has obvious netlike texture	突出 Outburst	有 Presence	凹裂 Concave and cleft	外凸 Outer convexed	中 Moderate	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	35
7	甘肃华池店坪 Dianping village, Huachi, Gansu	核型小,长鼓状 Small karyotype, long drum-shaped 核型大,椭圆状, 表面具明显网状纹理 Large karyotype, ellipse, surface has obvious netlike texture	突出 Outburst	有 Presence	顶部凹裂 Concave and cleft top	深内凹 Deep inner concaved	中 Moderate	聚合 Poly- merized	对称 Symmetric	48

表 5 不同山杏种下变异类型杏核形态特征、千粒质量及出仁率的比较

Table 5 Comparison of seed characters, thousand seed weight and kernel rate of different variant types of *Prunus armeniaca*

变异类型 Variation type	产 区 Producing area	核长/cm Length	核宽/cm Width	核厚/cm Thickness	核型指数 Length/ width	千粒质量/g Kernel weight	出仁率/% Kernel rate
1	陕西麟游下永安村 Xiayongan village, Linyou, Shaanxi	2. 19	2. 12	1. 27	1. 04	2 149. 4	24. 06
2	陕西麟游崔木 Cuimu village, Linyou, Shaanxi	2. 20	1. 41	0. 87	1. 57	1 123. 2	29. 71
3	甘肃灵台百里林场 Baili forest farm, Lingtai, Gansu	2. 59	2. 01	1. 13	1. 29	2 197. 6	28. 88
4	甘肃庆城周祖陵 Zhouzuling forest garden, Qingcheng, Gansu	1. 64	1. 32	0. 93	1. 24	798. 67	43. 75
5	甘肃庆城太白梁 Taibailiang forest form, Qingcheng, Gansu	2. 34	1. 74	0. 98	1. 35	1 589. 53	29. 20
6	甘肃华池李良子 Liliangzi village, Huachi, Gansu	1. 95	1. 47	0. 99	1. 33	1 128. 3	35. 59
7	甘肃华池店坪 Dianping village, Huachi, Gansu	2. 53	2. 01	1. 16	1. 26	2 178. 47	24. 90
F 值 F value		467. 84 **	866. 07 **	132. 30 **	376. 70 **	2 143. 11 **	597. 67 **

2. 4 不同山杏种下变异类型苦杏仁含油量的比较

由表 6 可以看出,7 个山杏种下变异类型杏仁的脂肪油和精油的含量均存在极显著差异。其中脂肪油含量以变异类型 2 最高(49. 20%),类型 7 最低(39. 20%);精油含量以变异类型 1 最高(1. 19%),其次为类型 2(1. 17%),最低为类型 6(0. 78%)。综合考虑脂肪油和精油的含量,以类型 2 的经济性状最佳。

2. 5 不同产区同一山杏种下变异类型杏核形态特征及含油量的比较

对同一山杏种下变异类型杏核特征及含油量进行比较可知,产区对其影响很小。以脂肪油含量最高的类型 2 为例(表 7),该类型在陕西麟游崔木、甘肃灵台百里林场和甘肃华池店坪均有分布,其株数分别占产区调查样地总株数的 74%,8%和 3%。这 3 个产区该类型的核长、核宽、核厚、核型指数、千粒

质量、出仁率以及脂肪油和精油含量等基本一致,各指标均无显著差异。

表 6 不同山杏种下变异类型苦杏仁脂肪油和精油含量的比较

变异类型 Variation type	产 区 Producing area	脂肪油/% Fatty oil	精油/% Essential oil
1	陕西麟游下永安村 Xiyongan village,Linyou,Shaanxi	47. 13	1. 19
2	陕西麟游崔木 Cuimu village,Linyou,Shaanxi	49. 20	1. 17
3	甘肃灵台百里林场 Baili forest farm, Lingtai,Gansu	43. 02	0. 98
4	甘肃庆城周祖陵 Zhouzuling forest garden,Qingcheng,Gansu	48. 07	0. 86
5	甘肃庆城太白梁 Taibailiang forest farm,Qingcheng,Gansu	42. 47	1. 10
6	甘肃华池李良子 Liliangzi village,Huachi,Gansu	46. 67	0. 78
7	甘肃华池店坪 Dianping village,Huachi,Gansu	39. 20	0. 86
F 值 F value		34. 24* *	144. 72* *

表 7 不同产区同一山杏种下变异类型杏核形态特征及含油量的比较

变异类型 Variation type	产 区 Producing area	核长/cm Length	核宽/cm Width	核厚/cm Thick- ness	核型指数 Length/ width	千粒质量/g Kernel weight	出仁率/% Kernel rate	脂肪油/% Fatty oil	精油/% Essential oil	所占 比例/% Proportion
类型 2: 长梭型 Type 2: Long fusiform type	陕西麟游崔木 Cuimu village, Linyou,Shaanxi	1. 04	2. 20	1. 41	0. 87	1 123. 2	29. 71	49. 20	1. 17	74
	甘肃灵台百里林场 Baili forest farm, Lingtai,Gansu	1. 05	2. 23	1. 47	0. 90	1 130. 4	29. 96	48. 97	1. 10	8
	甘肃华池店坪 Dianping village, Huachi,Gansu	1. 09	2. 26	1. 46	0. 91	1 128. 5	30. 06	49. 13	1. 08	3

同一山杏种下变异类型在不同产区所占比例,直接影响到产区的苦杏仁含油量。类型 2 在陕西麟游所占比例远远大于其在甘肃灵台和华池的比例,导致陕西麟游的苦杏仁含油量远高于甘肃灵台和华池。类型 2 在陕西麟游所占比例高达 74%,陕西麟游的脂肪油和精油含量均最高,由此将陕西麟游定为苦杏仁的最佳产区。

综合分析以上结果不难看出,山杏的自然变异是导致相邻产区间苦杏仁脂肪油和精油含量差异的根本原因。陕西及甘肃两省山杏的栽培历史久远,但多处于野生、半野生状态,在长期的生长过程中形成了很多种下变异类型。这些变异类型在植株高矮、果实大小、产量、开花结果习性等方面有很大改变,株间经济性状差异显著,由此造成了不同产区间杏核形态特征及苦杏仁含油量的差异。

3 结 论

不同产区杏核的核长、核宽、核厚、核型指数和出仁率均存在极显著差异,而杏核千粒质量存在显著差异。不同产区杏核形态特征及千粒质量和出仁率的变化均无明显的规律性,即使是地理位置相邻、立地条件相似的两个产区之间,也未表现出一致性。

不同产区苦杏仁的精油含量存在极显著差异,脂肪油含量存在显著差异。4 个产区苦杏仁脂肪油

和精油的含量由高到低的顺序一致,依次是陕西麟游和甘肃庆城、华池、灵台。立地条件相似的相邻两个产区之间,杏核形态特征等指标以及苦杏仁含油量存在显著或极显著差异,说明立地条件对其的影响很小。而同一山杏种下变异类型在不同产区的杏核形态特征及含油量的一致性,也证实其受产区立地条件的影响很小。

山杏的自然变异是造成 4 个产区间杏仁脂肪油、精油含量存在差异的主要原因。7 个山杏种下变异类型在核长、核宽、核厚、核型指数、千粒质量、出仁率及脂肪油和精油含油量等方面均存在极显著差异。综合考虑脂肪油和精油含量,确定类型 2,即长梭型杏核为最优类型,该类型集中分布在陕西麟游,比例高达 74%,因此认定陕西麟游是苦杏仁的最佳产区。

[参考文献]

[1] 任仁安. 中药鉴定学 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1996: 383.
Ren R A. Science for identifying Chinese material medical [M]. Shanghai:Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1996:383. (in Chinese)
[2] 吴耕民. 中国温带果树分类学 [M]. 北京:中国农业出版社, 1984:185-187.
Wu G M. China temperate fruit trees taxonomy [M]. Beijing: China Agriculture Press,1984:185-187. (in Chinese)

[3] 孙云蔚. 中国果树史与果树资源 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1980:629.
Sun Y W. Resources and history for Chinese fruit trees [M]. Shanghai:Shanghai Scientific and Technical Publishers,1980:629. (in Chinese)

[4] 张建光,史聪平,刘玉芳. 河北省山杏资源的开发与利用 [J]. 河北农业大学学报,2003,26(增刊):97-100.
Zhang J G, Shi C P, Liu Y F. Development and utilization of *Armeniaca sibirica* resources in Hebei province [J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2003,26(Supl.):97-100. (in Chinese)

[5] 卢振宇. 山杏生产现状与发展对策 [J]. 北方果树,1998(4):28-29.
Lu Z Y. Production situation and development policies of *Armeniaca sibirica* [J]. Northern Fruits,1998(4):28-29. (in Chinese)

[6] 孙景琦,冯秀华,张学勤. 山杏仁油脂脂肪酸成分和理化特性的研究 [J]. 内蒙古农牧学院学报:自然科学版,1994,15(1):123-124.
Sun J Q, Feng X H, Zhang X Q. Studies of the properties and constituents of almond oil [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Science Edition,1994,15(1):123-124. (in Chinese)

[7] 马玉花,赵 忠,李科友,等. 不同产地苦杏仁油的含量及成分分析 [J]. 中国粮油学报,2009(11):70-73.
Ma Y H, Zhao Z, Li K Y, et al. Oil content and composition of almond from different producing area [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association,2009(11):70-73. (in Chinese)

[8] 张慧敏,孙容芳,于同泉,等. 超临界 CO₂ 流体萃取杏仁油的研究 [J]. 粮油食品科技,2001,1(9):29-41.
Zhang H M, Sun R F, Yu T Q, et al. The study on extracting almond oil with supercritical carbon dioxide [J]. Chinese Cereals and Oils Association,2001,1(9):29-41. (in Chinese)

[9] 中国科学院西北植物研究所. 秦岭植物志:第一卷,第二册 [M]. 北京:科学出版社,1974:392-427.
Northwest Institute of Plant, Chinese Academy of Sciences. Flora Tsinlingensis: Files one, Volume two [M]. Beijing: Science Press,1974:392-427. (in Chinese)

[10] 回瑞华,侯冬岩,李铁纯,等. 苦杏仁挥发油化学成分的微波-同时蒸馏萃取 GC-MS 分析 [J]. 分析测试学报,2003,22(1):55-57.
Hui R H, Hou D Y, Li T C, et al. Analysis of volatile components in semen armeniacae amarum by GC-MS with microwave radiation and SDE method [J]. Journal of Instrumental Analysis,2003,22(1):55-57. (in Chinese)

[11] 马玉花,赵 忠,江志利,等. 苦杏仁精油的熏蒸杀虫活性研究 [J]. 西北植物学报,2007,27(9):1879-1883.
Ma Y H, Zhao Z, Jiang Z L, et al. The fumigating activity of bitter almond oil for insects [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin,2007,27(9):1879-1883. (in Chinese)

[12] 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.
Zhang J Y, Zhang Z. Chinese fruit tree: Apricot [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,2003:93-559. (in Chinese)

[13] 张郁松. 索氏法提取杏仁油的工艺研究 [J]. 粮油加工,2007(10):70-72.
Zhang Y S. The technique of extracting the apricot kernel oil by SUO-SHI extractive way [J]. Cereals and Oils Processing,2007(10):70-72. (in Chinese)

[14] 马玉花,赵 忠,郭婵娟,等. 杏仁精油提取工艺研究 [J]. 中国食品学报,2007(1):89-94.
Ma Y H, Zhao Z, Guo C J, et al. Studies on the extraction technology of bitter almond essential oil [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology,2007(1):89-94. (in Chinese)