

我国苹果属 (*Malus Mill.*) 野生资源研究利用的现状分析

张新忠, 王 忆, 韩振海

(中国农业大学园艺植物研究所, 北京市果树逆境生理与分子生物学重点实验室, 北京 100193)

摘 要: 中国有着丰富的苹果野生资源, 但目前研究的系统性、深入程度以及开发利用等方面仍存在不少问题。通过对苹果野生资源集中分布区的考察调查, 对我国苹果野生资源研究现状和保护、利用情况进行了总结分析, 并对苹果野生资源遗传关系研究进行了详细阐述, 同时就我国苹果野生资源研究存在的问题和发展前景提出了建议。

关键词: 野生苹果; 资源; 保存保护; 抗性评价; 利用研究

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2010.03.02

中图分类号:S661.1.024

文献标识码:A

文章编号:1008-0864(2010)03-0008-08

Analysis on Present Research and Utilization Status of Wild Apple Germplasm Resources (*Malus Mill.*) in China

ZHANG Xin-zhong, WANG Yi, HAN Zhen-hai

(Stress Physiology and Molecular Biology for Fruit Tree, Key Laboratory of Beijing Municipality, Institute for Horticultural Plants, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: There are abundant wild apple germplasm in China, whereas many problems still exist in systematicness, study depth, exploitation and utilization. Through inspects and investigations on the concentrated distribution of wild apple germplasm, this paper summarizes and analyzes the research actualities, protection and utilization; elaborates the studies on genetic relationship of wild apple germplasm; meanwhile, puts forward suggestions for existing problems and research development prospect.

Key words: wild apple; germplasm; conservation and protection; resistance evaluation; utilization research

1990年以来,苹果产业的发展逐步转为产量质量并重的模式。苹果产业技术也因此由传统的丰产栽培技术改造为优质丰产栽培技术,果品质量较以前大幅度提高。2000年至今,市场对果品质量的需求越来越高,要保证苹果产业健康发展,一方面要实现栽培技术的原始创新,另一方面需要实现优质新品种的重大突破。由于现代技术的应用,将果树野生种质的优异基因引入到栽培品种已不是难题,因此,世界各国对野生种质资源愈加关注。

苹果在全世界约有35个种,我国约有27个

种,其中我国特有种约15个,是苹果属植物的起源中心和遗传多样性中心。在我国许多地方还保存着大规模天然的苹果属植物群落。建国以来,我国苹果资源工作者在苹果野生资源研究利用方面做了大量工作,取得举世瞩目的成就。但与发达国家相比,我国苹果野生资源研究的系统性和深入程度,以及开发利用等仍存在较大差距。本文在深入苹果野生资源集中分布区调查的基础上,对我国苹果野生资源研究利用的现状进行总结分析,为提高苹果种质资源研究利用效率提供参考。

收稿日期:2010-01-15;修回日期:2010-04-14

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(2008BAD92B07);农业部公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-24);岗位科学家资源创新与遗传改良实验室项目(08-01-01-02)资助。

作者简介:张新忠,教授,博士生导师,主要从事果树种质资源创新工作。Tel:010-62733758;E-mail:zhangxinzhong999@126.com。

通讯作者:韩振海,教授,博士生导师,主要从事果树分子生物学及种质资源创新工作。Tel:010-62732467;E-mail:rschan@cau.edu.cn

编者注:本文为首届中国(博鳌)农业科技创新论坛大会报告,经作者整理而成。

1 资源调查

1956 年国家提出对我国果树品种资源调查、收集、保存等任务,随后的 3 年多,对我国各地果树地方品种、野生果树资源进行了普查。到 20 世纪 60 年代初,完成了野外调查任务的省、市、自治区占到 60%^[1]。1980 年以后,配合国家果树种质资源圃建设,各地再次展开较大规模的野生资源调查、搜集、引进、整理和保存等研究工作。

1.1 我国苹果野生资源集中分布区

根据同行专家多年来对苹果野生资源的考察调查结果以及相关文献报道,我国苹果野生资源有 2 大集中分布区:新疆分布区和川滇黔藏分布区。

1.1.1 新疆分布区 新疆分布区属于苹果次生基因中心之一的中亚细亚西部地区的一部分^[2],包括我国境内的西天山山脉、塔尔巴哈台山、巴尔鲁克山、阿拉套山、帕米尔-阿赖山地等,呈条块状不连续分布,是苹果属重要野生资源—新疆野苹果 [*Malus sieversii* (Ldb.) Roem.] 的主要分布区;川滇黔藏分布区是苹果属另一次生基因中心—横断山脉地区的大部分,此区分布的苹果属种类最多,既有分类地位比较原始的苹果属种类,如沧江海棠 (*M. ombrophila*) 和滇池海棠 [*M. yunnanensis* (Franch.) Schneid.], 新分化的种类,如小金海棠 (*M. xiaojinensis* Cheng et Jiang), 也有中间过渡型种类,如陇东海棠 (*M. kansuensis* Schneid.)、三叶海棠 (*M. sieboldii* Rehd.) 等^[2]。

1.1.2 川滇黔藏分布区 川滇黔藏分布区向东延伸至鄂西北神农架山区。鄂西神农架自然保护区的自然条件适合苹果属植物生存,分布有山定子 [*M. baccata* (L.) Borkh.]、湖北海棠 [*M. hupehensis* (Pamp.) Rehd.]、垂丝海棠 (*M. halliana* Koehne)、陇东海棠及其变种光叶陇东海棠 [*M. kansuensis* Schneid. var. *calva* (Rehd.) T. C. Ku et Spongberg]、滇池海棠及其变种川鄂海棠 [*M. yunnanensis* (Franch.) Schneid. var. *veitchii* (Veitch) Rehd.] 等 7 个苹果属的种和变种。该地区在小千家坪、老君山冲坪、大九湖等地海拔 2 000 m 以上的高山草甸、沼泽中有数千公顷连片分布的天然湖北海棠林。在神农顶、老君山冲坪、九湖坪等

地 3 000 m 左右高山草甸有大规模的陇东海棠林^[3]。这其中著名的有:变叶海棠 [*M. toringoides* (Rehd.) Hughes], 主要分布于川西陇南和西藏东部海拔 1 500 ~ 3 700 m 的山地,为横断山脉地区特有种,是极珍贵的种质资源^[4]。小金海棠属于横断山脉地区植物区系特有种之一,自然分布于川西海拔高度在 2 500 m ~ 3 350 m 之间的高山,集中分布于四川省小金县,由西南农业大学成明昊等^[5]于 1983 年命名发表。

1.2 其他省区苹果野生资源的分布

除上述两大分布区外,我国大多数省市区都有苹果属野生资源分布。在东北华北地区,包括黑吉辽蒙晋冀京等省市区,区域广泛,地理纬度跨度大,自然条件差异大。苹果野生资源主要分布于该区域高山及河谷等地,资源分布特点是多种群混合分布,基因相互渗透现象明显;资源分布受人类活动影响相对较重,自然分布的主要种类较多。

1.2.1 河北 据河北省苹果志记载,河北省经调查确认的苹果属野生种有 24 个,其中毛山定子 (*M. mandshurica*)、山定子和河南海棠 (*M. honanensis* Rehd.) 在京津冀地区有野生分布。沙果 (*M. asiatica* Nakai)、海棠果 [*M. prunifolia* (Willd.) Borkh.] 等虽有千年以上栽培历史,但应该属于次级土著树种。

1.2.2 长白山区 长白山野生果树资源也十分丰富,苹果属野生种主要有毛山定子、山定子和山楂海棠 [*M. komarovii* (sarg.) Rehd.], 其中山楂海棠国内仅长白山自然保护区海拔 1 100 ~ 1 300 m 山地有少量分布,具有抗寒、抗苹果腐烂病的特性,可作苹果抗寒育种的亲本和矮化砧木^[6]。

1.2.3 山东 据《山东果树志》记载,山东苹果属资源有山定子、海棠果、西府海棠 (*M. micromalus* Makino)、湖北海棠、花红 (*M. asiatica* Nakai)、三叶海棠、大鲜果 (*M. souladii* Britt.)、河南海棠、新疆野苹果、垂丝海棠和海棠花 (*M. spectabilis* Borkh) 等共 12 个种。

1.2.4 青海山区 青海海拔 1800 ~ 3700m 的山区分布有苹果属野生种质资源有 6 个种,山荆子 [*M. baccata* (L.) Borkh.]、毛山荆子 [*M. manshurica* (Maxim.) Kom.]、陇东海棠、花叶海棠 [*M. transitoria* (Batal.) Schneid.]、三叶海棠、变叶海棠^[7]。

1.3 引种资源

除了我国原产的苹果属野生种质资源外,多年来从国外引入了许多苹果野生种质资源。王昆等^[8]报道,1990年以后引入国家种质资源圃保存12个种(亚种、变种):土库曼苹果(*M. turkmenorum* Juz. et. M. Pop.)、野香海棠(*M. coronaria* Mill.)、草原海棠(*M. ioensis* Britton.)、褐海棠[*M. fusca* (Raf.) Schneid.]、乔劳斯基海棠(*M. tschonoskii* Schneid.)、三裂叶海棠(*M. trilobata* Schneid.)、大果海棠(*M. platycarpa* Rehd.)、森林海棠(*M. sylvestris* Mill.)、塞威士苹果(*M. sieversii* Roem.)、东方苹果(*M. orientalis* Uglitz.)、佛罗伦萨海棠(*M. florentina* Schneid.)、圆叶海棠(*M. ringo* Asami)。

2 苹果野生资源的遗传多样性

苹果属野生种起源地或分布区域内常因环境隔离,种内分化出许多类型,表现为丰富的种内遗传多样性,种内遗传多样性继续分化即为亚种或变种。

新疆野苹果类型较多,主要有绿球果、黄球果、红球果、绿长果、黄长果、红长果等。刘静等^[9]对霍城新疆野苹果林调查发现,新疆野苹果树体、枝干、叶、果实等性状普遍存在多样性,遗传变异类型丰富。冯涛等^[10]对新疆野苹果伊犁3个种下居群果实形态多样性进行了调查。结果表明:新疆野苹果的果实形状、大小、颜色和果柄长度等形态性状表现出较丰富的遗传多样性;果肉组织Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mn等6种矿质营养元素含量遗传多样性丰富。新疆野苹果果实挥发性香味物质含量遗传多样性也极为丰富^[11]。

苹果属植物种间基本不存在生殖隔离,依靠不同起源地及不同分布区域地区之间的环境隔离保持种性,由于某些因素的改变,一旦环境隔离被打破,极易发生种间杂交,产生新的物种或新的类型,导致更加丰富的遗传多样性。苹果属的许多栽培种具由此产生,如沙果、海棠果等。

燕山太行山区分布有野生的山定子群落,而在野生群落与人类活动区域的交界地带,可以发现许多掺有海棠果、栽培苹果等性状的山定子中间类型,极有可能是它们的天然种间杂交种。本项目组在河北省围场县张家湾子乡巴头沟村考察

时搜集到7株性状差异明显的中间类型,如宿萼山定子、大果山定子、矮化山定子等。

河北省昌黎县碣石脚下的五峰山村山地果园颇多,配置授粉树不易,故自20世纪50年代果农就有人工辅助授粉的习惯,保持至今。最初人们采野生山定子、海棠花粉用于辅助授粉,但山定子、海棠花期过早,花粉保存困难,后果农将山定子、海棠等授粉的苹果种子播种育苗,栽于田埂坝阶,待这些杂种开花后用于采集花粉,花期恰好合适。本项目组在该地考察时收集到至少6种形态性状差异很大的种间杂种类型。

以往从形态性状研究苹果野生资源的遗传多样性,结果易生歧义,随着现代分子生物学技术的发展,DNA分子标记技术和蛋白质组技术将逐渐成为研究苹果野生资源遗传多样性的有力手段^[12]。

3 野生资源的保护与保存

由于受环境变化、过度开垦农田、过度放牧以及其他生物侵染等因素的影响,植物野生资源的破坏、损失与流失已经成为世界性问题。冯涛等^[10]2004-2005年考察发现,新疆伊犁野果林面积不足5000 hm²,较1959年总面积9300 hm²减少了46%。新疆野苹果是伊犁野果林的主体,当地居民过度放牧造成新疆野苹果固有的繁育体系被破坏,并由此导致新疆野苹果遗传多样性受到不同程度的破坏。另外,近几年苹果小吉丁虫(*Agilus mali* Matsumura)也是引起新疆野苹果死亡的主要原因之一。为有效保护生物遗传多样性,国家和地方采取了许多措施,收到了良好效果。

3.1 原生境保护

采取原生境保护是保护植物野生种质资源最理想的途径。1986年国家在神农架地区设立国家级森林与野生动物保护区,对区内的苹果野生资源及其他自然资源进行全面的保护。国家从2001年开始实施农业野生植物原生境保护区(点)建设以来,伊犁河谷野苹果林成为第一个被纳入原生境保护区(点)的野生植物,新源县野苹果林原生境保护点保护面积1500 hm²。

3.2 移地保存

建设国家级和地方果树种质资源圃,是果树种质资源进行移地保存最经济适用的方法。我国大规模的苹果种质资源收集、保存工作始于20世纪60年代,1988年建成国家果树种质苹果圃,收集、保存苹果属植物25个种,45个类型,共750份资源。同时公主岭寒地果树圃保存抗寒苹果资源12种1变种342份;新疆名特优果树及砧木圃保存41份;云南特有果树及砧木圃保存19份。全国种质圃共保存苹果属植物约1350份。

4 野生资源的评价

以国家果树种质资源圃为主,多年来全国有关单位在苹果野生资源评价方面做了大量细致的工作。获得大量评价数据,筛选出一大批有价值的优异种质资源。

4.1 经济性状评价

国家苹果种质资源圃对476份资源进行了农艺性状和品质性状鉴定;国家寒地果树圃对256份寒地苹果进行了农艺性状和果实品质性状鉴定发现野生种中陇东海棠、垂丝海棠等的维生素C含量相当于一一般野生种的2~5倍。

赵晓光和潘增光^[13]总结了无融合生殖类型苹果属资源的利用情况,全世界共发现10种具有无融合生殖能力,其中有6个种原产于我国,包括约23个类型。采用蕾期去雄套袋方法评价苹果属植物无融合生殖特性,同种内不同类型无融合生殖能力不同,无融合生殖能力强弱的顺序为:湖北海棠>小金海棠>丽江山定子>锡金海棠>变叶海棠>三叶海棠。用RAPD和SSR分子标记可以鉴定区分小金海棠F₁代杂种实生苗和无融合生殖实生苗^[14]。

4.2 抗病性评价

苹果属不同种的类型中,泰山海棠(*M. hupehensis*)、八棱海棠[*M. robusta* (Carr.) Rehd.]、兴山湖北海棠、陇东海棠、武山变叶海棠、吉林黄海棠等高抗果实轮纹病,而丽江山定子(*M. rockii*)、延安花叶海棠表现易感果实轮纹病。刘捍中等^[15]对17个种26个类型(种群)、2个变种、3个品种、4个杂交种,共35份种质材料抗腐烂病性进行造伤接种鉴定,表现“高抗”的种质材料有山

定子、东北黄海棠[*M. prunifolia* (Willd.) Borkh.]、林芝海棠(*M. rockii*)、雅江变叶海棠[*M. toringoides* (Rehd.) Hughes.]、德钦海棠[*M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne.]、泰山海棠和平邑甜茶(*M. hupehensis*)等7个种类;表现“抗”的有毛山定子,卢氏湖北海棠(*M. hupehensis*),表现“中抗”的有昆仑红三叶海棠(*M. sieboldii*)和陇东海棠;表现“中感”、“感病”和“高感”的有丽江山定子、海棠果、复县黄三叶海棠[*M. sieboldii* (Regel.) Rehd.]和海棠花等。胡小平等^[16]采用孢子悬液涂抹法评价苹果种质资源对苹果黑星病的抗病性,发现新疆野苹果表现为高抗,八棱海棠表现中抗。

4.3 抗逆性评价

苹果属植物抗寒能力强弱与其原产地密切相关,东北山定子(绿皮型)和东北黄海棠长期适应严寒气候环境,表现出极强的抗寒性。宋宏伟和林凤起^[17]对105份苹果种质资源进行了3种低温处理,鉴定其抗寒性,结果有11份无冻害发生,是极抗寒的种质资源,分别是红太平、五香果、白海棠、红海棠、四楞海棠、花红、小酸果、大鲜果、山定子、扎矮山定子和57-940。张冰冰等^[18]进行了寒地苹果资源抗性鉴定结果,抗寒能力最强的是山定子、毛山定子、山楂海棠、小酸果及含有山定子或毛山定子血缘的海棠果。抗病能力较强的是山楂海棠、扎矮山定子、小酸果、小黄海棠、大秋果等。

成明昊等^[19]对我国西南地区苹果属部分砧木种进行了耐涝性鉴定,发现不同种的砧木耐涝性差异显著,同种砧木的不同类型间耐涝性差异也显著,因此认为在同种的砧木中选育耐涝性较强的类型或单株具有可能性。其中三叶海棠、小金海棠耐涝性较强,河南海棠耐涝性最差。谭冬梅^[20]研究发现在干旱胁迫条件下,新疆野苹果先发生细胞程序性死亡应对干旱,耐旱性强于平邑甜茶。小金海棠属于耐盐性、耐热性、耐寒性最强,耐涝性、耐旱性较强的种类之一。小金海棠主根明显较深,须根极丰富,吸水能力极强。小金海棠、珠美海棠[*M. zumi* (Mats.) Rehd.]可以在含量至0.35%的盐碱地上栽培。

4.4 其他性状评价

龙秀琴^[21]研究了湖北海棠、丽江山定子和三

叶海棠的种子打破休眠所需的低温时数,结果表明湖北海棠和三叶海棠的种子解除休眠需要的3℃低温1200 h以上,丽江山定子需要1560 h以上。不同地区野生状况下的三叶海棠种子解除休眠需要的低温时数有一定差异。

任庆棉等^[22]评价了部分种质资源的致矮能力,在试验的苹果属7个野生种类中,河南海棠与矮化砧B9的矮化程度近似,而冬红果、柰子、小金变叶海棠、陇东海棠、樱桃叶海棠及红三叶海棠的矮化性能与半矮化砧MM106近似,因此可认为这些是我国野生的苹果矮化、半矮化种质资源。

4.5 关于野生资源抗性评价体系

苹果野生资源的繁殖方式一般为实生繁殖或者根蘖繁殖,并依实生繁殖保持种内十分丰富的遗传多样性,所以抗性性状必然存在于种内类型之间,实生单株之间的显著差异。

变叶海棠各类型的抗旱性、抗热性、耐盐性、耐涝性等都表现出了极丰富的多样性。其中有与花叶海棠相似的耐旱性、耐盐性极强的类型,也有与陇东海棠相似耐涝性较强的类型^[4]。

向碧霞等^[23]对16个种的苹果砧木资源抗旱性人工鉴定的数据显示,同一种内不同类型间抗旱性明显不同,变叶海棠中125表现为抗旱性最强,同种的118、120、121、122被列入抗旱性较强范围;花叶海棠中124表现抗旱性最强。而126则表现抗旱性最弱。另一项研究认为,在抗旱性、耐热性评价中变叶海棠122表现为抗旱性较弱,而120、121、125则表现出较强抗旱性,118表现为中等抗旱性;各个类型间耐热性亦表现出较大差异^[24]。而杨静慧等^[25]对6种苹果资源进行抗旱性评价,同样取材于西南农业大学,6个种的抗旱性由强到弱的顺序却是变叶海棠>新疆野苹果>花叶海棠>湖北海棠>小金海棠>三叶海棠。

许多文献报道小金海棠砧木及其嫁接树根系发达,抗旱性强^[23],但在盆栽耐旱性试验中,小金海棠表现为抗旱性较差,这是由于盆栽条件下根系范围小,未能发挥其根系发达,吸水能力强的优势^[24]。以往野生资源评价研究中,一般取种内某个或某几个单株进行评价,这样所获得的数据显然不能反映该野生种该性状的全貌,而以某野生种的实生群体或者从自然群落中广泛抽样研究的报道不多。因此,既不能以种内某单株的评价数据作为该野生种的抗性评价结果,也不能排除某

抗性较差的野生种中可以分离出抗性强的极端类型。

5 野生资源的利用研究

5.1 驯化与栽培利用

千百年来,人们通过世世代代的实生繁殖和持续不断的朴素选择将野生种逐渐驯化成栽培种。或者,具有不同优势性状的两个种或多个种偶然发生种间自然杂交而产生新种,使野生种得以改良。

由于新疆野苹果与栽培苹果的亲缘关系十分密切,新疆野苹果可直接驯化为地方品种进行生产应用,新疆各地的许多苹果古老品种均由本种选育而成。如克孜阿尔玛、冬白果、阿留斯坦、霍城白果子等。

据河北省苹果志记载,在京津冀地区有着上千年栽培历史的苹果属次级土著树种大多系野生种驯化、改良而来。沙果疑为新疆野苹果传入内地后长期实生繁殖驯化选择而来,而且逐渐分化衍生出1个变种槟子[*M. asiatica* var. *rinki* (Koidz.) Asami]。沙果是中国苹果的重要栽培种之一,经过长期栽培选择,沙果和槟子品种或类型很多,例如河北省北部地区较广泛栽培的槟子就有甜槟子、香槟子等类型,树体、叶片、果实性状差异很大,甜槟子又依果实性状和成熟期不同存在多种类型。在河北省怀来县、涿鹿县仍有大面积的香槟子园。

扁棱海棠[*M. rubusta* (Carr.) Rehd.]很可能是山定子与海棠果的杂种。不少优良栽培品种从扁棱海棠驯化而来,如八棱海棠、平顶海棠等,这些品种在河北省北部山区仍有大面积栽培,其中怀来县八棱海棠面积保持数百公顷以上,果实鲜食、加工均宜。大果海棠(*M. adstringens* Zabel)被认为是山定子与栽培苹果的杂交种;海棠果可能为山定子与栽培苹果杂交后又与栽培苹果回交所得。

5.2 砧木利用

我国苹果主要实生砧木分别为八棱海棠、新疆野苹果和山定子。与其他实生砧木相比,八棱海棠实生苗一致性好、整齐度高、嫁接亲和性强、耐盐碱,是优良的苹果实生砧木。河北省怀来、涿鹿是八棱海棠种子的集中产地,每年为全国提供

砧木种子数万斤。新疆野苹果适宜做栽培苹果的砧木,嫁接亲和力强,种源丰富,是我国西北地区及其他产区苹果主要砧木之一。山定子表现抗寒性强,与苹果嫁接亲和力强,也是我国苹果的主要实生砧木之一。

变叶海棠作苹果砧木,表现出嫁接亲和性好,嫁接树半矮化,进入结果期早,果实品质好^[4]。

以小金海棠作砧木,嫁接亲和性好,嫁接苗生长健壮,嫁接部位愈合良好,平整光滑,无大、小脚现象,植株直立生长,半矮化、提早结果作用及丰产能力均与 M7 相近。无融合生殖砧木 76-2,属小金海棠,具有较强的无融合生殖能力,半矮化,根系发达,侧根及须根量尤多,固地性好,耐瘠薄,且抗旱、抗寒、耐涝,耐盐。用作实生繁殖时苗木生长整齐一致,嫁接亲和力好,生长健壮。小金海棠抗苹果缺铁黄叶病能力较强。

平邑甜茶是湖北海棠中的一个优良类型,无融合生殖座果率 99.6%^[13]。青岛市农业科学院、山东农业大学等利用无融合生殖技术选育出苹果砧木新品系青砧一号、青砧二号和青砧三号,具有无融合生殖率高,嫁接亲和性好,矮化等特点。

5.3 加工利用

八棱海棠果实际采集种子外,果肉可主要用于制干、制果脯等加工品。河曲海红是楸子 [*M. prunifolia* (Willd.) Borkh.] 的一个类型,在山西忻州半栽培面积达 3 300 hm²,年产量 300 万 kg,果实近圆形,单果重 15.0 ~ 20.0 g,果皮紫红色或深红色,果肉棕黄色,可溶性固形物含量 18.0%;由于自花结实率高,盛果期树株产 200 ~ 300 kg,9 月下旬至 10 月上旬成熟。该品种抗旱、抗寒、适应性极强,抗苹果树腐烂病,可利用根蘖苗分株繁殖。其果实可用于加工成果丹皮、果酱、蜜饯、果酒、果汁、果脯等。新疆伊犁新源县、巩留县山区新疆野苹果可用于酿造苹果酒,酒体微黄带绿,晶亮透明,酸甜适口,醇和绵柔,具有浓郁的野苹果特有的果酒香气,果香、酒香协调。酒精体积分数 14% ~ 16%,总糖 80 ~ 120 g/L,总酸 6 ~ 8 g/L^[26]。

5.4 观赏与绿化

苹果野生资源中用于观赏的种也很多,依据叶、花、果实等主要观赏器官不同可分为许多品种或类型。海棠原产我国,亦被疑为次生种,是我国

华北地区常见观赏与城市绿化树种,花朵大,重瓣花,以花色分又有红花类型和白花类型两种。西府海棠原产我国,是世界著名的观赏树种,品种也甚多,被认为是山定子与海棠花的种间杂种。垂丝海棠原产我国西南,也是重要的观赏树种。

5.5 优异基因挖掘

苹果属珍贵矮化种质资源扎矮 76,携带显性矮化主基因 *Dw*,是苹果属植物发现第一个矮化主基因^[27]。张开春等^[28]用 BSA 法得到了 2 个与 *Dw* 基因连锁的 RAPD 标记 F04-800 和 F30-1150,遗传连锁距离分别为 14.3 cM 和 25.5 cM。

小金海棠是苹果属植物中的铁高效野生种^[29]。本项目组几年来分别从小金海棠中克隆到了 Fe 吸收相关基因 *MxIRT1*、*MxFRO*; Fe 运输相关基因 *MxSAMS*、*MxNAS1*、*MxYSL*; 转录因子 *MxMYB1*,并对相关基因的功能进行研究^[30~35]。

6 苹果属植物起源及遗传关系的研究

6.1 起源与演化的研究

李育农^[36]认为世界苹果属植物的起源演化中心位于中国西南川滇黔地区。苹果属现代大多数种都集中在该地区,其中含有古老的多胜海棠组的种,因此该地区是苹果属的初生基因中心。李育农对中亚地区进行了十多年的考察和分析,发现中亚的帕米尔山和天山山脉都有大规模的新疆野苹果的自然分布区,这些地方塞威士苹果 (*M. sieversii* Roem.) 的类型多达数十乃至数百种,是塞威士苹果的起源中心,也是栽培种苹果多样化的来源。塞威士苹果的形态具有西洋苹果的全部特征外,还具有起源于高加索的东方苹果和起源于东欧的森林苹果 [*M. sylvestris* (L.) Mill.] 的形态特征和生物学特性。在中亚的高加索及东欧至今有较大量的过渡性栽培种,多为东方苹果、森林苹果和塞威士苹果杂交的基因综合体^[37]。根据上述三点证据认为栽培苹果 (*M. domestica* Borkh.) 起源于中亚塞威士苹果,栽培苹果由其祖先种塞威士苹果与高加索的野生种东方苹果和东欧的森林苹果相互杂交形成了丰富多采的欧洲苹果品种,以后传至美洲形成欧洲苹果的次生中心,再传到亚洲。曹敏格^[38]利用 DNA ITS 序列和叶绿体 *matK* 序列进行系统发育树分析认为,栽培苹果与塞威士苹果、东方苹果、森林苹果和楸子均

存在亲缘关系,进一步证明了上述推断。

而中国苹果则是由塞威士苹果从新疆一带传入陕西,再传布西北、华北各地,直接驯化而来。高源等^[39]利用 SSR 分子标记技术对苹果野生种、地方品种和栽培品种进行聚类分析,新疆野苹果与地方品种的亲缘关系较近。新疆野苹果与其亚种吉尔吉斯苹果[*M. sieversii* (Led.) Roem. subsp. *kirghisorum* (Al.) Ponom.] 和其变型新疆红肉苹果[*M. sieversii* (Led.) Roem. f. *neidzwetzkyana* (Dieck) Langenf.] 具有更近的亲缘关系。绵苹果及其变种楸子与新疆野苹果的变型新疆红肉苹果聚在了一起,说明绵苹果起源于新疆野苹果。

成明昊等^[2]认为横断山地区是苹果属植物的主要演化中心之一,老挝林檎(*M. laosensis* Chev.) 由滇东南传至滇西北和川西南演化成滇池海棠系的种类,由滇池海棠和河南海棠继续向北传播在川西北演化成陇东海棠系和三叶海棠系的种类;由花楸苹果组的种类在川滇藏地区演化出山定子组的种类。

变叶海棠种群是变叶海棠与陇东海棠和花叶海棠 3 个种的杂交复合体,变叶海棠可能起源于陇东海棠与花叶海棠的正反交,杂种的全部或部分子代可育,子代又与双亲分别回交,形成复杂的类型多样性,这种类型多样性经过居群分化,自然选择,又分化形成了新种马尔康海棠(*M. maerkanges* Cheng, Zeng. et. Jin) 和小金海棠^[4]。

6.2 野生资源的遗传关系研究

张冰冰等^[40]对 17 个苹果属野生种进行 RAPD 聚类,将其归为 V 类:第 I 类,有毛山定子丽江山定子、山定子、湖北海棠、锡金海棠[*M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne.]、垂丝海棠等 6 个苹果属植物种,属山荆子组。第 II 类,只有三叶海棠 1 个种,与山荆子组亲缘关系较近。第 III 类,有新疆野苹果、东方苹果、森林苹果等 3 个种,属苹果组塞威士苹果系。第 IV 类,滇池海棠、小金海棠、陇东海棠、变叶海棠、河南海棠、褐海棠[*M. fusca* (Raf.) Schneid.] 等 6 个种。第 V 类只有山楂海棠 1 个种,与花楸苹果组陇东海棠系的其他种亲缘关系甚远。将山楂海棠列入花楸苹果组陇东海棠系似有不妥。

张宁等^[41]采用 AFLP 分子标记技术证明 24 个国外引进的观赏海棠品种中有 22 个与我国原产的苹果属植物亲缘关系较近。

高源等^[39]利用 SSR 分子标记技术对苹果野生种、地方品种和栽培品种进行聚类分析,证明中国彩苹、槟子、香果属于绵苹果品种群,黄甜果白属于沙果品种群。花红与中国彩苹,花红与楸子的具有近缘性,香果与槟子比绵苹果亲缘关系更近。变叶海棠的 2 个变种(小金变叶和雅江变叶海棠)与垂丝海棠和湖北海棠的亲缘较近。

冯涛等^[42]发现新疆野苹果与栽培苹果品种主要香气的种类和成分基本一致;但两个种分别检测到了各自的特征香气成分。

7 展望

根据本项目组考察调查的结果和对上述文献资料的分析,建议国家尽快组织全国范围的野生资源普查及濒危资源抢救行动,迅速摸清我国苹果野生资源的生存现状,对濒危的资源遗产实施抢救。在野生资源普查的基础上,按种构建核心种质,以种质圃与离体保存相结合的方式对优异资源加以重点保护。开展苹果野生资源抗病性、抗逆性系统评价,建立起一套抗病抗逆判定机制,同时利用该标准发掘一批优异基因资源,利用优异资源创新种质,为我国苹果产业的长期稳定发展奠定材料基础。

参 考 文 献

- [1] 贾定贤. 我国主要果树种质资源研究的回顾与展望[J]. 中国果树, 2007, 4: 58-60.
- [2] 成明昊, 张云贵, 李晓林. 苹果属植物区系地理学研究[J]. 园艺学报, 2000, 27(增刊): 469-474.
- [3] 刘莲芬, 钱关泽, 汤庚国, 等. 神农架苹果属(*Malus* Mill.) 野生资源调查报告[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2005, 18(3): 55-59.
- [4] 石胜友, 成明昊, 梁国鲁. 苹果优良砧木资源变叶海棠[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(1): 51-54.
- [5] 成明昊, 李晓林, 张云贵. 苹果优良砧木资源——小金海棠[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(5): 383-387.
- [6] 张冰冰, 刘慧涛, 宋洪伟, 等. 吉林省野生果树种质资源研究综述[J]. 吉林农业科学, 2005, 30(2): 51-54.
- [7] 郭书贤, 王冬梅, 周劲松. 青海蔷薇科野生果树种质资源的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(9): 128-132.
- [8] 王昆, 刘凤之, 龚欣, 等. 国外苹果资源引进保存与鉴定评价[J]. 烟台果树, 2007, 4: 28-30.
- [9] 刘静, 周庆和, 孙海伟, 等. 新疆野生苹果表型多样性的研究[J]. 果树学报, 2004, 21(4): 285-288.
- [10] 冯涛, 张红, 陈学森, 等. 新疆野苹果果实形态与矿质元素含量多样性以及特异性状单株[J]. 植物遗传资源学报,

- 2006,7(3):270-276.
- [11] Chen X, Feng T, Zhang Y, et al. Genetic diversity of volatile components in Xinjiang wild apple (*Malus sieversii*) [J]. J. Genet. Genomics, 2007,34(2):171-179.
- [12] 周志钦,李育农,王力超. 11 种野生苹果种质资源 RAPD 标记研究[J]. 西南农业大学学报,1998,20(1):34-37.
- [13] 赵晓光,潘增光. 我国无融合生殖类型的苹果属资源及其利用[J]. 山东林业科技,2002,3:33-34.
- [14] 唐建民,周世良,成明昊,等. 用 RAPD 和 SSR 分子标记鉴定小金海棠 F₁ 代杂种实生苗的研究[J]. 中国农学通报,2006,22(2):36-40.
- [15] 刘捍中,任庆棉,刘立军. 苹果属种质资源抗腐烂病性状鉴定研究果树科学[J]. 1990,7(2):65-70.
- [16] 胡小平,梁振宇,杨家荣,等. 我国主要苹果种质抗黑星病评价[J]. 中国生态农业学报,2008,16(5):1192-1196.
- [17] 宋洪伟,林凤起. 苹果种质资源抗寒性鉴定评价[J]. 吉林农业科学,1998,3:86-89.
- [18] 张冰冰,刘慧涛,宋洪伟,等. 寒地果树种质资源研究与利用进展[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(1):123-128.
- [19] 成明昊,李晓林,金强,等. 阿坝苹果砧木资源的耐涝性研究[J]. 中国南方果树,1996,25(3):43-44.
- [20] 谭冬梅. 干旱胁迫诱导新疆野苹果和平易甜茶细胞程序性死亡的研究[D]. 北京:中国农业大学,博士学位论文,2005.
- [21] 龙秀琴. 贵州主要野生苹果砧木种子解除休眠对低温的需求[J]. 种子,2003,3:8-9.
- [22] 任庆棉,刘捍中,刘立军. 我国苹果属部分种质资源矮化性状的鉴定[J]. 中国果树,1993,4:20-21.
- [23] 向碧霞,成明昊,李晓林,等. 苹果砧木资源的抗旱性研究[J]. 西南农业大学学报,1995,17(5):381-385.
- [24] 成明昊,李晓林,张云贵,等. 苹果砧木资源的抗旱性与抗热性研究[J]. 中国南方果树,1996,25(4):39-40.
- [25] 杨静慧,杨恩琴,杨焕婷. 苹果砧木资源抗旱性研究[J]. 华北农学报,1996,11(2):81-86.
- [26] 黄新贵. 塞威氏苹果野苹果酒的研制开发[J]. 酿造,2007,34(4):86-87.
- [27] 孟庆炎. 苹果属中发现及抗寒矮化种质资源[J]. 中国果树,1991,3:42.
- [28] 张开春,毕晓颖,李荣旗. 苹果属(*Malus*)显型矮化主基因 *Dw* 的 RAPD 分子标记[J]. 农业生物技术学报,1999,7(2):183-185.
- [29] Han Z H, Shen T, Korcak R F, et al. Screening for iron-efficient species in the genus *Malus* [J]. J. Plant Nutri., 1994,17:579-592.
- [30] 曹冬梅,韩振海,许雪峰. 苹果属小金海棠 Fe 转运蛋白基因的克隆和序列分析[J]. 农业生物技术学报,2004,12(3):345-346.
- [31] 戚金亮,卫功宏,黄勤妮,等. 小金海棠中抗缺铁相关基因的杂交分析[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1330-1332.
- [32] 戚金亮,韩振海,印莉萍,等. 小金海棠抗缺铁相关基因-*Nramp* 基因片段的克隆[J]. 园艺学报,2004,31(3):360-362.
- [33] 沈迎春,王忆,孔瑾,等. 小金海棠 Fe(II) 转运蛋白基因在拟南芥突变体中的功能分析[J]. 农业生物技术学报,2007,15(3):541-542.
- [34] 王忆,戚金亮,许雪峰,等. 苹果 *MxIrt1* 基因的克隆与原核表达[J]. 园艺学报,2007,34(4):999-1002.
- [35] 张芸,王忆,许雪峰,等. 小金海棠中三价铁螯合物还原酶基因的表达分析[J]. 植物生理学通讯,2007,43(1):57-60.
- [36] 李育农. 世界苹果属植物的起源演化研究新进展[R]. 中国园艺成立 70 周年纪念暨学术讨论会,1999a,95-98.
- [37] 李育农. 苹果起源演化的考察研究[J]. 园艺学报,1999,26(4):213-220.
- [38] 曹敏格. 新疆野苹果、绵苹果的分子系统进化关系研究[D]. 北京:中国农业大学,硕士学位论文,2008.
- [39] 高源,刘凤之,曹玉芬,等. 苹果属种质资源亲缘关系的 SSR 分析[J]. 果树学报,2007,24(2):129-134.
- [40] 张冰冰,梁英海,田彬彬,等. 17 个苹果属野生植物种的 RAPD 亲缘关系研究[J]. 中国果树,2008,2:42-44.
- [41] 张宁,沈红香,高遐虹,等. 苹果属部分观赏品种与中国野生种的亲缘关系[J]. 园艺学报,2007,34(5):1227-1234.
- [42] 冯涛,陈学森,张艳敏,等. 新疆野苹果与栽培苹果香气成分的比较[J]. 园艺学报,2006,33(6):1295-1298.