

中国苹果野生种自然地理分布、多型性及利用价值

王 昆,刘凤之,高 源,王大江,龚 欣,刘立军

(中国农业科学院果树研究所/农业部园艺作物种质资源利用重点实验室,辽宁兴城 125100)

摘要:中国苹果野生种遗传多样性丰富,具有极大的研究和利用价值。本文综合实地调查数据与文献资料,在苹果野生种的自然地理分布、多型性及利用价值等方面进行了总结与分析,并且对我国苹果野生种的收集、保护与利用进行了讨论,同时提出了建议。

关键词:苹果野生种;地理分布;多型性;利用

The Natural Distribution, Diversity, and Utilization of Wild Apple Species in China

WANG Kun, LIU Feng-zhi, GAO Yuan, WANG Da-jiang, GONG Xin, LIU Li-jun

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Science/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture, Xingcheng, Liaoning 125100)

Abstract: The genetic diversity of wild apple species was very abundant in China which showed great value of research and utilization. In the paper, we analyzed and summarized their natural geographical distribution, polytypism, and utilization value. Based on comprehensive survey data and literature materials, we also provided suggestions on their collection, protection, and utilization.

Key words: wild apple species; geographical distribution; polytypism; utilization

农作物种质资源是作物育种、种子产业及生物技术产业的物质基础,是关系人类生存发展的战略资源^[1]。随着分子生物学等新技术、新方法的广泛应用,栽培品种已不能满足研究和利用的需要,野生种具有复杂的遗传背景和特异的基因,利用野生种为试材,进行起源演化、基因挖掘与种质创新等逐渐被研究者所重视。农作物的野生种已成为当前收集、保存和研究的重要材料。

果树种质资源是农作物种质资源的重要组成部分,自1956年开始,我国即开展了果树种质资源调查、收集与保存等工作。国家果树种质兴城苹果圃是我国果树种质圃之一,主要从事苹果种质资源调查、收集、引进与鉴定评价等工作。近年来,资源圃组织开展了我国苹果野生种的野外考察、收集工作,陆续在云南滇西北、滇东南,山西泌源灵空山,吉林长白山,四川盐源,河北张家口,甘肃麦积山区、张家

川及新疆伊犁、巩留、霍城等地区进行了重点考察。通过野外调查,采集了许多特异苹果野生资源,并且积累了第一手资料。本研究综合前人的研究结果,并结合多年野外考察的数据进行分析总结,旨在为今后苹果野生种考察、收集工作提供参考。

1 苹果野生种的自然地理分布

1.1 苹果野生种密集分布区

中国植物资源十分丰富、复杂,不但起源古老而且是研究世界种子植物区系起源的关键地区之一^[2]。起源于我国的苹果野生种为17种,资源极为丰富,拥有许多原始种,并形成了天然的苹果野生群落,如新疆野苹果等^[3]。成明昊等^[4]认为经过地质历史的变迁,才导致了现今苹果属植物间断分布和替代分布格局。根据调查及文献资料,目前普遍认为我国苹果野生种有两大密集分布地区^[5],即新疆

分布区和横断山脉分布区。

1.1.1 新疆分布区 新疆野苹果在我国仅分布于新疆,形成了3个较为集中的分布区,包括伊犁地区的天山山区和塔城地区的塔尔巴哈台山、巴尔鲁克山及南天山的阿克苏地区,其中伊犁河谷地区的野苹果群落分布密集、连续,其他地区多为小面积或零星分布^[6]。

伊犁河谷位于天山山脉中部,气候温和,热量丰富,光照充足,形成了独特的生态环境,为野果林植物的生长发育创造了良好的生存条件,也是中亚地区野生植物资源最丰富的地区。新疆野苹果是组成野果林的主要树种,约占野果林的90%左右,海拔一般在900~1930 m。集中分布于4个地区,包括霍城县的大西沟、小西沟、大东沟、小东沟、果子沟及萨尔布拉克沟等,与野杏、杨树及小灌木等混生,面积约770 hm²;巩留县的大莫合、小莫合及核桃沟等地区,少数与核桃、松树等混生,大部分为单一树种,面积约3900 hm²;新源县交吾托海、那拉提及铁矿沟等,面积约3900 hm²;伊宁县曲里海沟、吉里格朗沟等,面积为370 hm²。其他各县少量、零星分布,上述4个地区之中尤以新源县交吾托海分布最为密集^[7]。

1.1.2 横断山脉分布区 横断山脉主要包括了四川、云南西部、贵州及西藏东南部地区,成明昊等^[4]认为这些地区是苹果属植物一个重要的发展中心,并以此中心向外进行演化辐射。此地区地理环境独特,造成了众多的苹果野生种及其种下类型,自然分布有丽江山荆子、西蜀海棠、滇池海棠及沧江海棠,为其他地区所没有;小金海棠^[8]、马尔康海棠^[9]等为近年发现的新种,分布海拔约在1500~3700 m之间;山荆子、湖北海棠、变叶海棠、陇东海棠、河南海棠及花叶海棠在此区也有大量分布,并呈混生状态。

四川已发现苹果野生种13种^[10],在盐源县^[11]和阿坝州^[12]等地区苹果资源分布调查较为明确。在盐源地区,丽江山荆子分布广泛,集中在元宝、盐塘区及平坝区,为当地主要砧木;湖北海棠零星分布,数量少;三叶海棠在盐塘区有集中分布区域,也用作砧木;沧江海棠常与三叶海棠混生;滇池海棠分布较广,集中分布于元宝、盐塘区。在阿坝州地区,湖北海棠集中分布于马尔康、南坪等地;小金海棠主要分布于小金县,为近年新发现的野生种;三叶海棠分布于茂县毛显坪、南坪等地区;陇东海棠分布于理县、马尔康、金川、黑水、松

潘、南坪、汶川、茂县、若尔盖等地区;花叶海棠分布于阿坝、若尔盖迭部等地区;河南海棠在南坪县勿角乡有零星分布;滇池海棠在茂县宝顶山、光明乡毛海坪及汶川有分布。

云南素有“植物王国”之称,苹果野生种有6~7个,以滇西北的丽江、迪庆的种类最多^[10]。在滇西北地区,丽江山荆子分布较广,在中甸、剑川、丽江、维西等地区均有分布;锡金海棠分布于丽江和德钦;滇池海棠主要分布于丽江;湖北海棠主要分布于腾冲;三叶海棠主要分布于维西;沧江海棠主要分布于贡山县;西蜀海棠在丽江及维西均有分布^[13]。

贵州有苹果野生种12种,在赫章地区调查发现6种,威宁地区有5种^[14],德江、册亨地区分布有2种^[15]。

西藏苹果野生种主要分布于藏南、藏东南,据调查约有7个野生种,集中分布于波密、昌都、察隅、米林、墨脱、亚东、日喀则、吉隆及林芝等地区^[16-17]。

1.2 苹果野生种其他分布地区

苹果属植物是一群干性中生植物,无论从其形态特征或者从其生物学特征来看,大部分具有较强的抗旱性能,同时要求较好的光照条件。苹果野生种在自然条件下,大部分分布于夏绿阔叶林带的边缘,或森林草原的梢林地带,有些种类分布于沟谷之中,并呈多种群混合分布。除了两大密集分布区外,据调查全国17个省或自治区均有苹果野生种的分布,其中山荆子分布最为广泛,其次为湖北海棠、三叶海棠及变叶海棠(表1)。

2 苹果野生种的多型性

苹果野生种之所以区别于栽培种,主要在于野生种有自然的分布群落,其分布的环境相对隔离,致使野生种分化出许多变种和众多的种下类型。由于分布区的不同,一些野生种的称谓不仅体现了地域性,也显示了民族性的特点,如甘肃、河南等地区称之为枣,云、贵等地区称之为棠梨、海子等,湖北、湖南等地区多称之为茶,野外调查时,在不同地区,咨询当地居民时可采用不同的称呼。

新疆野苹果有吉尔吉斯苹果亚种,红肉苹果变型,当地称其为野苹果、牙瓦阿尔玛(维语)。其类型极为丰富,据林培钧等^[59]研究,野苹果群落主要以种子自然繁殖,在果实大小、颜色、成熟期、植株高矮、树形等方面存在很大的变化,形成了84个种下类型。

表 1 苹果野生种其他分布地区

Table 1 The other distribution areas of wild apple species

序号 Serial no.	省份 Province	具体地区 Definite area	野生种 Wild species
1	辽宁	凤凰山 ^[18] ;建平小塘、奎德素、张家营子 ^[19] 大连复县	① ⑥
2	内蒙古	额尔古纳左旗 ^[20]	①
3	吉林	东部半山区、长白山区 ^[21]	①、③、⑨
4	黑龙江	黑龙江沿岸 ^[22]	①
5	河北	大兴安岭、小兴安岭、张广才岭及老岭 ^[23] 燕山 ^[24] ;太行山 ^[25] 赤城大海坨、承德北部、青龙都山、兴隆雾灵山 ^[26] 邢台 ^[27]	①、③ ③ ① ⑭
6	河南	鸡公山 ^[28] 伏牛山、大别山、桐柏山、嵩山 ^[29] 小五台山 ^[30]	④ ①、④、⑦、⑭ ①
7	山西	太宽河 ^[31] 泌源灵空山	①、④、⑭ ①
8	山东	平邑蒙山的龟蒙顶、泰山后石坞 ^[32] 青岛崂山、文登昆嵛山、荣成伟德山 ^[33]	④ ⑥
9	安徽	大别山 ^[34] 清凉峰 ^[35]	①、④、⑥ ⑥
10	浙江	泰县 ^[36] ;武义县 ^[37] 温岭市 ^[38]	④、⑩ ④
11	湖南	石门 ^[39] 永顺小溪 ^[40] 江华 ^[40]	⑭ ④ ⑩
12	湖北	神农架 ^[41]	④
13	陕西	秦岭、巴山、蒲河 ^[42] ;陇山林区 ^[43] 太白山北坡 ^[42] 子午岭 ^[43]	④ ①、③、⑥、⑦、⑪、⑫、⑭ ⑦
14	甘肃	西和、礼县、两当 ^[44] 兴隆山 ^[45] 老君山 ^[46] 天水 ^[44-45,47] 康县 ^[46] 麦积山 ^[48] ;清水 ^[49] 庆阳、陇南 ^[47] 平凉 ^[47] 小陇山林区 ^[50] 子午岭 ^[51] 临夏 ^[52]	①、④、⑦、 ⑧ ⑭、⑪ ①、④、⑥、⑦、⑭ ①、③、④、⑥、⑦ ①、④、⑦、⑭ ⑦ ①、③、④、⑥、⑦、⑧、⑭ ①、③、④、⑦、⑧、⑭ ③、④、⑦、⑧、
15	青海	循化孟达 ^[53-54] 海东及尖扎、同佳、班玛、玉树、祁连山 ^[54-55] 祁连山、乐都 ^[54] 大通河 ^[54]	①、③、⑥、⑦、⑧、⑪ ⑧ ⑦ ①
16	福建	尤溪九阜山 ^[56]	⑩
17	广东	信宜 ^[57] 连平、五华 ^[57] ;南岭 ^[58]	④ ⑩

①:山荆子 *M. baccata* (L.) Borkh., ②:丽江山荆子 *M. rockii* Schneid., ③:毛山荆子 *M. manshurica* (Maxim.) Komarov., ④:湖北海棠 *M. hupehensis* (Pamp.) Rehd., ⑤:锡金海棠 *M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne., ⑥:三叶海棠 *M. sieboldii* (Regel.) Rehd., ⑦:陇东海棠 *M. kansuensis* (Batal.) Schneid., ⑧:花叶海棠 *M. transitoria* (Batal.) Schneid., ⑨:山楂海棠 *M. komarovii* (Sarg.) Rehd., ⑩:小金海棠 *M. xiaojinensis* Cheng et Jiang, ⑪:变叶海棠 *M. toringoides* (Rehd.) Hughes., ⑫:滇池海棠 *M. yunnanensis* (Franch.) Schneid., ⑬:沧江海棠 *M. ombrophila* Hand., ⑭:河南海棠 *M. honanensis* Rehd., ⑮:西蜀海棠 *M. prattii* (Hemsl.) Schneid., ⑯:台湾林檎 *M. melliana* (Hang-Mazz.) Rehd., ⑰:新疆野苹果 *M. sieverii* (Led.) Roem.

山荆子有垂枝山荆子变型,昭觉山荆子、稻城海棠变种。河北称棠梨、梨子、林荆子、倒吊果等,类型有大果山定子、小果山定子。内蒙古称山丁子、野林檎子^[60];陕西称水秋子、酸酒酒。甘肃称武山黄石枣、铁石枣、老君山小石枣等;云南昭通称昭通山定子、圆叶海棠、中心海棠、大海棠、九支海山定子,类型有绿皮型、垂枝型;维西称之小海棠、维西山定子等。

毛山荆子在河北称辽山荆子、东北山荆子、棠梨木;甘肃称红石枣、棠梨;吉林称棠梨木。

丽江山荆子在云南称山定子,类型丰富,有梨形果山定子、长圆果山定子、小果形山定子、扁圆果山定子、短柄山定子、文海山定子、白沙山定子、大叶山定子、柳叶山定子及毛叶山定子等。

湖北海棠有平邑甜茶、泰山海棠及师宗小海棠变种。甘肃称小石枣;云南石屏、腾冲称野海棠;湖北称茶叶海棠、圆叶海棠、甜茶、花红茶及三片罐,类型有小叶型、大叶型。

垂丝海棠目前尚无发现有自然野生群落,笔者在甘肃调查时发现均为人工栽培,类型为倒挂珍珠,常做为砧木和观赏使用;陕西称铁杆海棠。

锡金海棠在云南称大沙铃果、雾露底海棠、文海海棠、光叶海棠、沙铃果等;西藏称林芝海棠;贵州称野花红;四川藏民称仇俚。

三叶海棠在甘肃称花叶小石枣、山茶果及野黄子^[45];山东称山茶果,类型有红果三叶、黄果三叶及阔叶型;云南有维西三叶、师宗大叶打枪果、师宗小叶打枪果;贵州称山楂子;四川称丁刺柴。

陇东海棠在河南称甘肃山楂、甘肃海棠、大石枣和小白石枣,类型有光叶型;陕西称麻叶杜梨、花叶杜梨及涩枣子等。

山楂海棠在东北称薄叶山楂,吉林称山苹果、高丽果^[61],在吉林长白山有自然群落,并建有自然保护区,其他地区仅见于文献记载。本种已列入我国重要保护野生植物名录。

花叶海棠在甘肃称兴隆山石枣子、庆阳马杜梨、细弱海棠、临洮白石枣、靖远哈思山野秋子^[45];四川类型有宿萼型、长圆果型、少毛叶型、多毛叶型。

变叶海棠在甘肃称大白石枣,类型有武山变叶;四川有雅江变叶、小金变叶、泡楸子^[62];西藏称大白石枣。

小金海棠在四川小金称铁楸子。

滇池海棠在西藏称少毛滇海棠,类型有光叶滇池海棠;四川称山梨儿;贵州称海巴棠梨。

河南海棠在河北称茶果、茶叶树;甘肃称山里锦^[45];四川称棠梨儿;河南称大叶毛楂;山西称冬绿茶。

台湾林檎在广西称山楂,古蝉子、乌蝉子(苗语),麻缺顿、墨鸡屯;台湾称撒多、撒两比^[63];云南有富宁林檎。

尖嘴林檎在广东称山楂,类型有光萼林檎等。

3 苹果野生种的利用价值

3.1 研究苹果的起源

全世界的苹果野生种有27个种,原产于我国的有17种^[3]。根据文献分析、调查研究及试验等证明,四川、贵州、云南和西藏东南部被认为是中国苹果野生种的遗传多样性中心^[64],其中四川14种、贵州和云南各10种、西藏8种,占我国苹果野生种数量的2/3,近年来,又发现了许多新种^[8-9],证明了上述地区野生种极为丰富,种下类型多样。

新疆野苹果群是我国最大的苹果野生种自然分布群落,研究者认为野苹果群落的形成与第四纪冰川200万~300万年的反复进退有关^[65]。新疆野苹果针刺较少,叶片长椭圆形,茸毛较多,锯齿细锐,果实肉质绵软,与内地的沙果、槟子性状相类似,亲缘较近^[66]。李育农^[67]研究认为,现代栽培种与新疆野苹果在表观形态、同工酶和染色体等方面极为接近,新疆野苹果应是现代栽培苹果的原生种。冯涛等^[68]分析了新疆野苹果果实形态,亦认为新疆野苹果在果实形状、色泽等性状具有栽培苹果的典型特征,支持新疆野苹果是栽培苹果的祖先种观点。

3.2 研究苹果演化与分类

多数苹果野生种为异花授粉植物,其基因高度杂合。在不同生态环境中,经过漫长的演变,从自然的原始群落演变成多个种、亚种、变种及变型,生态型极其复杂,种的分类目前仍是一个难以解决的问题。现在分类标准主要以形态学为依据,将叶在芽中是否卷曲、果萼是否宿存、叶片是否分裂作为主指标,将苹果属植物分为3组、5系、23种^[69]。随着研究的深入,现在已经认识到单以形态特征已不能对复杂的苹果野生种进行准确分类,因此,许多实验室手段应用到苹果属植物的分类及进化研究中,并取得了一定进展^[70]。分子生物学是当今世界上先进的试验分析手段之一,随着表观学与分子生物学等方法的进一步结合与深入,苹果野生种的分类体系

将会更加完善。

3.3 苹果野生种的遗传评价

刘孟军等^[71]对富士与山定子杂交 F_1 进行了 RAPD 标记,发现 F_1 符合孟德尔分离规律,并有 3 种分离方式:不分离、1:1 分离和 3:1 分离。高源等^[72]对野生种、地方品种及栽培品种进行了 SSR 聚类分析,发现地方品种与新疆野苹果的聚类相互交错,认为内地的绵苹果类群与新疆野苹果亲缘较近。张冰冰等^[70]对 17 个苹果野生种进行了 RAPD 标记,将其划分为 5 大类,并认为山楂海棠与陇东海棠亲缘关系较远,应单独分为一类。

平邑甜茶、扎矮山定子和小金海棠是我国特有的苹果野生资源,是基础和应用研究的良好材料。陈志娟等^[73]检测了平邑甜茶、扎矮山定子及皱叶矮生型株系的过氧化物同工酶酶谱带,发现皱叶矮生型株系的酶谱一致性较高,与平邑甜茶的酶谱区别较小,说明皱叶矮生型株系有可能具备与平邑甜茶相同的无融合生殖能力,但皱叶矮生型株系的无融合生殖能力弱于平邑甜茶。石琰璟等^[74]对平邑甜茶与 B9 的杂交群体进行 RAPD 标记,探讨预先选择矮化、抗寒的无融合生殖砧木的育种方法。扎矮山定子是山荆子种下的一个重要类型,携带了显性矮化基因 *Dw*^[75],毕晓颖等^[76]已得到了与 *Dw* 基因的连锁 RAPD 标记。小金海棠具有抗缺铁特性^[77],目前已相继克隆到了 Fe 吸收相关基因^[78-79]。

3.4 苹果种质创新与利用

苹果野生种有些种类不仅直接利用于生产,用作砧木,而且还有许多特异或优质资源,用于资源创新研究,有的具有极大的开发利用潜力。

苹果野生种直接用作砧木,充分体现了其根系庞大、抗性强等特点。山荆子适用于东北寒冷地区,新疆野苹果在西北地区不仅表现抗寒,也较耐盐碱,在西南地区常用丽江山荆子等,湖北海棠在华中、华南等地区用作砧木。

利用野生种强大的抗性,育出了许多表现优良的矮化抗性砧木。如从河南海棠实生苗中选出 S 系砧木,以国光和河南海棠为亲本,育出了 SH 系列砧木,从小金海棠实生苗中选出抗缺铁黄叶病的优良砧木中砧 1 号,利用无融合生殖特性,以平邑甜茶为材料,选出青砧系列砧木。

民间常有食用苹果野生种果实的习惯。在吉林、黑龙江农村,将充分成熟的山荆子果实用糖腌制后,口感酸甜,常用作冬天的小吃。在广西、湖南等地,以林檎作为生产原料,制做山楂饼、山楂糕等食

品,也有饮林檎茶的习惯和嗜好,并且发现林檎还具有药用价值^[63]。野生种的果实不仅维生素 C 的含量远高于栽培品种,其类黄酮的含量亦非常之高,可以作为培育高类黄酮品种的亲本材料^[80]。

4 讨论

近年来我国十分注重苹果野生种的调查与收集工作,笔者曾组织和参加了多次野外调查工作,但由于苹果野生种分布的地理环境复杂和地域范围广等原因,获得的信息量还相对较少。据发表的文献分析,除山荆子、新疆野苹果、湖北海棠等少数种类较为清楚外,大部分野生种的分布地区及数量调查结果仅见于早期的文献记载,完全没有涉及到种下类型,如西蜀海棠、沧江海棠和滇池海棠等,建议在苹果野生种密集分布地区开展专项调查工作,尤其是对列入濒危资源名录的资源^[81]进行调查,并利用核心种质的研究方法,对种下特异类型进行收集和编目,为进一步保护和利用提供决策依据。

4.1 苹果野生种的保护

作物种质资源的原生境保护和迁地保护是防止种质丢失的一项重要措施。我国苹果野生种的原生境保护有新疆伊犁州野苹果自然保护区和吉林长白山山楂海棠自然保护区。原生境保护虽然效果明显,但由于面积广,管理难度仍然很大,如新疆新源野苹果自然保护区,虽然建立了围栏,但当地人畜可以随意进出,另外野苹果林自我更新极慢,现存的群落都是 20 年以上树龄的老、弱植株,大部分幼苗在刚出土时就被牲畜啃食。

我国在辽宁兴城、吉林公主岭、新疆伦台及云南昆明建立了苹果种质的迁地保护圃,旨在保存不同生态型的苹果种质,但笔者对资源圃的苹果保存名录进行编目时发现,野生种的数量仅占保存总数量的 30% 左右,一些重要种质仅保存 1 个原始种,其种下类型没有或极少,如滇池海棠、山楂海棠等,大部分均为选育品种。

野生资源是不可再生的初级资源,一旦丢失,所携带的一切基因都将不复存在。因此,加强苹果野生种的原生境管理与维护,加大投资力度,同时开展保护生物学研究^[82],有必要选择一些特异类型进行迁地保护,特别是对自然分布极为零散的野生种更要进行迁地保护,防止优异基因流失。

4.2 苹果野生种的深入评价与创新利用

目前,已开展了苹果野生种的经济性状、抗病性、抗逆性及矮化性等方面鉴定评价,并且从中筛选

出了许多优异资源^[83]。但这些工作仅从表型层面对其进行了鉴定,而抗性机理、矮化机理及优异基因的挖掘与遗传规律仍然没有深入的研究,未能育种提出系统、具体、可靠的亲本选择依据。

苹果野生种不仅仅用于砧木,果实之中含有许多对人体有益的功能性成分,如维生素C、类黄酮及花青苷等,符合健康、绿色的食用要求;一些种类的花、果的观赏性极佳,是我国著名的观赏树种,在现代生活中发挥了重要作用。建议对苹果野生种的抗性、功能性成分等优异性状进行精准鉴定,建立科学、系统的鉴定评价标准,同时进行基因鉴定,发掘优异资源,为抗性、功能果品及观赏的种质创新或新品种选育提供有实用价值的基因资源。

参考文献

- [1] 卢新雄,陈叔平,刘旭,等.农作物种质保存技术规程[M].北京:中国农业出版社,2008:1
- [2] 吴征镒.论中国植物区系的分区问题[J].云南植物研究,1979,1(1):2-20
- [3] 李育农.苹果属植物种质资源研究[M].北京:中国农业出版社,2001:6-9
- [4] 成明昊,石胜友,周志钦,等.横断山区苹果属植物区系地理学研究[J].中国农业科学,2004,37(11):1666-1671
- [5] 张新忠,王忆,韩振海.我国苹果属(*Malus* Mill.)野生资源研究利用的现状分析[J].中国农业科技导报,2010,12(3):8-15
- [6] 阎国荣,许正.中国新疆野生果树研究[M].北京:中国林业出版社,2010:77
- [7] 侯博,许正.中国伊犁野生果树及近缘种研究[J].干旱区研究,2006,23(3):453-458
- [8] 成明昊,江宁拱,曾维光,等.苹果属一新种[J].西南农学院学报,1983,5(4):53-55
- [9] 成明昊,梁国鲁,李晓林.苹果属一新种——马尔康海棠[J].西南农业大学学报,1992,14(4):317-319
- [10] 中国农业科学院郑州果树研究所.果树砧木论文集[M].西安:陕西科学技术出版社,1985:62,81
- [11] 康厚生,李兴德.盐源县苹果资源调查报告[J].四川果树科技,1984(1):24-25,27
- [12] 金强,刘扬青,谢晓黎,等.阿坝州苹果属植物野生资源的调查研究[J].四川果树,1996(1):5-10
- [13] 李坤明,胡忠荣,陈伟.滇西北野生苹果种质资源及开发利用[C]//中国园艺学会第七届青年学术讨论会论文集.北京:中国园艺学会,2006
- [14] 樊卫国,康杏媛,范恩普,等.贵州苹果属植物资源调查报告[J].贵州农学院学报,1990,9(1):93-98
- [15] 樊卫国,朱维藩,范恩普,等.贵州野生果树种质资源的调查研究[J].贵州大学学报,2002,21(1):32-38
- [16] 郑惠章,李健,王守聪,等.西藏果树种质资源志[M].北京:中国农业出版社,2004:126-135
- [17] 梁玉璞.林芝苹果应用砧木种质资源概况[J].西藏农业科技,1981(2):58-60
- [18] 刘利.辽宁凤凰山主要野生果树种质资源初报[J].中国果树,2007(5):62
- [19] 石占林,任宝君,王桂明.建平县野生果树资源分布现状调查及其利用[J].现代农业科技,2010(10):39
- [20] 张桂表,任玉昌.对额尔古纳左旗境内主要野果物候期的调查[J].现代农业,1990(2):28
- [21] 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):51-54,60
- [22] 张静茹,陆致成,巩文红,等.黑龙江省野生果树种质资源[J].中国果树,2004(5):19-20
- [23] 孙薇.黑龙江省野生蔷薇科、榆科可食果实种质资源[J].高师理科学刊,2009,29(2):88-91
- [24] 陈桐庵,马来茹.河北野生果树种质资源[J].果树科学,1993,10(4):233-236
- [25] 程福厚,王建军,马克元,等.冀南太行山区野生果树资源调查[J].河北果树,1996(3):7-8
- [26] 河北省农林科学院昌黎果树研究所.河北省苹果志[M].北京:农业出版社,1985:47,49,52
- [27] 郝敏,赵旭,仰素琴,等.河北小五台山自然保护区野生观果植物调查[J].安徽农业科学,2010,38(35):20299-20311
- [28] 戴启金,李海涛,张照喜.河南省鸡公山自然保护区的野生果树资源及其特点[J].信阳师范学院学报:自然科学版,2004,17(4):440-443
- [29] 张允伟,许桂芳,张磊磊.河南新乡太行山区几种重要野生果树种质资源评价[J].山西果树,2008(3):29-30
- [30] 张奎文,杨天义.五台山地区野生果树种质资源的初步研究[J].落叶果树,2002(2):24-26
- [31] 陈莲芸,张若晨,王良民.山西太宽河自然保护区野生果树多样性研究[J].山西农业科学,2010,38(8):33-36
- [32] 张毅,杨兴华.山东果树种质资源[J].山东林业科技,1996(3):7-11
- [33] 谭淑玲,李庆国,温育岫,等.山东省野生果树种质资源及开发利用[J].经济林研究,2005,23(2):86-88
- [34] 刘鹏,吴国芳,谢中稳.安徽大别山的野生果树种质资源[J].华东师范大学学报:自然科学版,1997(2):111-112
- [35] 孙萍,宗宇,刘晶,等.基于SSR标记的清涼峰地区三叶海棠遗传多样性研究[J].果树科学,2013,30(1):8-15
- [36] 徐林娟,楼炉煊,钱百胜.泰顺县野生果树[J].浙江林学院学报,1994,11(4):419-428
- [37] 徐德法,李可追,郑国良,等.武义县野生果树资源[J].浙江林学院学报,1998,15(4):424-428
- [38] 张雷凡,季梦成,颜福彬,等.浙江省温岭市的野生果树[J].浙江林学院学报,2007,24(1):60-64
- [39] 彭友林,王文龙,万海清,等.湖南省野生果树名录[J].常德高等专科学校学报,1999,11(1):53-57
- [40] 张世鑫,陈珮珮,朱桂玉,等.湖南小溪国家级自然保护区野生果树资源调查[J].山地农业生物学报,2007,26(5):463-466
- [41] 张忠慧,王圣梅,黄宏文,等.湖北省的野生果树资源[J].园艺学报,2004,31(4):778-790
- [42] 张亮成,罗耀祖,杨永林.陕西秦巴山区的野生果树种质资源[J].园艺学报,1993,20(1):27-32
- [43] 白岗栓,杜社妮,姜峻,等.陕西渭北高原沟壑区野生果树资源[J].水土保持研究,2003,10(3):150-158
- [44] 张玉芹,宋加录.甘肃各地理区域适宜引种驯化的野生果树种类[J].经济林研究,2011,29(3):127-130
- [45] 李隐生,张小曼,欧阳珊.甘肃果树种质资源(一)[J].甘肃农业科技,1994(4):16-20
- [46] 陈西仓,李鸿杰,姚德生.甘肃康县野生果树资源[J].甘肃林业科技,1999,24(S):172-174
- [47] 张玉芹,宋加录.甘肃蔷薇科野生果树种质资源及开发利用[J].中国林副特产,2012,2(117):80-83
- [48] 陈西仓,王晓春,张建勇.甘肃积石山区野生果树种质资源[J].果树科学,1995,12(1):54-56
- [49] 刘晓娟.甘肃清水县野生木本果树资源初探[J].农业科技与信息,2008(19):37
- [50] 王彩霞.甘肃小陇山林区野生果树种质资源调查分析[J].经济林研究,2009,27(4):85-91
- [51] 王根旺,刘富顺.甘肃子午岭林区野生果树种质资源调查研究[J].甘肃林业科技,2006,31(2):9-10,28
- [52] 蒙唏,胡光先.临夏地区的野生果树种质资源[J].园艺学报,1991,18(1):1-8

- [53] 陈斌. 孟达自然保护区野生果树种质资源及其开发利用[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(36): 18395, 18400
- [54] 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
- [55] 杨津梅. 青海果树志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 2005: 66
- [56] 魏开炬, 陈巧明. 福建九阜山野生果树植物资源[J]. 亚热带植物科学, 2012, 41(2): 55-58
- [57] 吴志敏, 李镇魁, 冯志坚, 等. 广东省野生水果植物资源[J]. 广西植物, 1996, 16(4): 308-316
- [58] 李镇魁, 黄辉宁, 冯志坚, 等. 南岭国家级自然保护区野生水果资源研究[J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(1): 18-22
- [59] 林培钧, 崔乃然. 天山野果林资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 84
- [60] 内蒙古果树品种及野生资源编辑委员会. 内蒙古果树品种及野生资源[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989: 244
- [61] 林凤起. 长白山稀有抗寒果树资源——山楂海棠[J]. 吉林农业科学, 1986(2): 72-73
- [62] 成明昊, 李晓林, 王玫, 等. 变叶海棠变异类型的研究[J]. 园艺学报, 1992, 19(3): 233-239
- [63] 潘莹, 张林丽. 大果山楂的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(12): 2972-2973
- [64] 李育农. 世界苹果属植物的起源演化研究新进展[J]. 果树科学, 1999, 16(5): 8-19
- [65] 李育农. 苹果起源演化的考察研究[J]. 园艺学报, 1999, 26(4): 213-220
- [66] 河北省昌黎果树研究所. 河北省果树志[M]. 北京: 农业出版社, 1980: 33
- [67] 李育农. 世界苹果和苹果属植物基因中心的研究初报[J]. 园艺学报, 1989, 16(2): 101-107
- [68] 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
- [69] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 北京: 农业出版社, 1979: 88
- [70] 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
- [71] 刘孟军, Shin Y U, Yae B W. RAPD 标记在苹果属种间杂交一代的分离[J]. 园艺学报, 1998, 25(3): 214-219
- [72] 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
- [73] 陈志娟, 董文轩, 周攀, 等. 苹果属皱叶矮生型株系及其亲本和后代实生苗的过氧化物同工酶特性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(3): 347-350
- [74] 石琰璟, 沙广利, 黄粤, 等. RAPD 早期鉴定平邑甜茶与 B9 的杂交群体[J]. 生物技术, 2004, 14(5): 39-41
- [75] 孟庆炎. 苹果属中发现极抗寒矮种质资源[J]. 中国果树, 1991(3): 42
- [76] 毕晓颖, 吴禄平, 安利佳. 一个苹果属显性矮生主基因 *DW* 连锁的 RAPD 标记[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 1-4
- [77] Han Z H, Shen T, Korcak R F, et al. Screening for iron-efficient species in the genus *malus*[J]. J Plant Nutr, 1994(17): 579-592
- [78] 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
- [79] 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
- [80] 聂继云, 吕德国, 李静, 等. 22 种苹果种质资源果实类黄酮分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(21): 4455-4462
- [81] 董玉琛, 郑殿升. 国家重点保护农业野生植物要略[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 176-179
- [82] 郑殿升, 杨庆文. 中国的农业野生植物原生境保护区(点)建设[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(4): 386-388
- [83] 刘凤之, 王昆, 曹玉芬, 等. 我国苹果种质资源研究现状与展望[J]. 果树学报, 2006, 23(6): 865-870

欢迎订阅 2014 年《中国生态农业学报》

《中国生态农业学报》由中国科学院遗传与发育生物学研究所和中国生态经济学会主办。系中国期刊方阵双效期刊、中国科技精品期刊、中文核心期刊、RCCSE 中国权威学术期刊, 为中国学术期刊综合评价数据库、中国期刊全文数据库、中国科学引文数据库等多家数据库源刊, 并被国际农业生物学文摘(CABI)、美国化学文摘(CA)、哥白尼索引(IC)、美国乌利希国际期刊指南等国际数据库及检索单位收录。

主要报道全球环境变化与农业、农业生态系统与生态农业理论基础、农田生态系统与农业资源、生态农业模式和技术体系、农业生态经济学、农业环境质量及环境保护、农业有害生物的综合防治等领域创新性研究成果。适于从事农业生态学、生态学、生态经济学以及环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生、农业及环境管理工作者和基层从事生态农业建设的技术人员阅读与投稿。

国内外公开发行, 国内刊号 CN13-1315/S, 国际刊号 ISSN1671-3990。月刊, 国际标准大 16 开本, 128 页, 每期定价 35 元, 全年 420 元。邮发代号: 82-973, 全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至编辑部补订(需另加邮资 50.00 元)。

地址: (050022) 河北省石家庄市槐中路 286 号中科院遗传发育所农业资源中心中国生态农业学报编辑部

电话: 0311-85818007 传真: 85815093

网址: <http://www.ecoagri.ac.cn> E-mail: editor@sjziam.ac.cn