果　树　学　报　2025，42（11）：2531-2541
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250032

国家梨苹果种质资源圃（兴城）的苹果种质资源收集保存与创新利用进展

王大江，高　源，孙思邈，李连文，王　昆*

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

摘　要：我国是苹果属植物的起源演化中心之一，栽培历史悠久，早在2000年以前就有栽培苹果的文献记载。我国苹果种质资源丰富，原产我国的有17个种，为苹果产业发展提供了重要的物质保障。国家梨苹果种质资源圃（兴城）是我国苹果种质资源保存最多的单位，在苹果资源的保存、创新和利用方面具有重要的作用。截至2024年12月，收集保存苹果种质资源2300份，创制杂交后代3万余株，近10年提供共享利用6000余份次，为苹果属植物的起源演化、品质改良、抗性基因挖掘等基础研究提供了物质材料，推动了苹果产业的高质量发展，在乡村振兴中发挥了重要作用。本文介绍了国家梨苹果种质资源圃（兴城）苹果种质近10年的资源保存现状、在基础研究中的支撑作用，以及创新利用所取得的进展，展望了今后的研究重点，以期为苹果种质的高水平保护、高质量利用和产业支撑提供参考。

关键词：苹果；种质资源；收集；保存；创新利用

中图分类号：S661.1　　　**文献标志码**：A　　　**文章编号**：1009-9980(2025)11-2531-11

Progress of collection, conservation and innovative utilization of *Malus* resources in the National Pear and Apple Germplasm Repository (Xingcheng)

WANG Dajiang, GAO Yuan, SUN Simiao, LI Lianwen, WANG Kun*

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Horticulture Crops Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xingcheng 125100, Liaoning, China)

Abstract: Apple is a deciduous plant in the genus *Malus* of the Rosaceae family. Its origin and evolution differs due to different ecological geography. Generally, there are five gene centers with obvious boundaries in Southeast Asia, Central Asia, West Asia, Europe and North America. It has a long history of cultivation. As early as 2000 years ago, there were literary records about apple cultivation. China's *Malus* germplasm resources are abundant. There are 17 species native to China, which provides an important material guarantee for the development of apple industry. China attaches great importance to the collection and preservation of apple germplasm resources, and systematically investigated the *Malus* germplasm resources in Xinjiang, Sichuan and Guizhou in 1959, 1982—1984 and 1983—1989, respectively. China began to build a special apple conservation repository in 1979, "The National Pear and Apple Germplasm Repository (Xingcheng)". The repository was constructed by the Institute of Pomology of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, as a comprehensive apple protection repository, and was completed in 1989. In addition, four local special resource repositories have been set up in Kunming, Yili, Gongzhuling and Luntai. "The National Pear and Apple Germplasm Repository (Xingcheng)" has the most preserved *Malus* germplasm resources in China, and plays an important role in the preservation, innovation and utilization of apple resources. Since 2005, "The National Pear and

---

收稿日期：2025-01-16　　**接受日期**：2025-03-03

基金项目：国家园艺种质兴城苹果分库运行服务（NHGRC2024-NH02-2）；国家园艺种质资源库；中国农业科学院科技创新工程项目（CAAS-ASTIP-2021-RIP-02）

作者简介：王大江，男，副研究员，研究方向为苹果种质资源。E-mail：wangdajiang@caas.cn

*__通信作者__ Author for correspondence. E-mail：wangkun@caas.cn

Apple Germplasm Repository (Xingcheng)” has cooperated with the researchers from the above four repositories and organized at least one investigation of apple resources every year, and has collected more than 1000 apple accessions. By December 2024, 2300 *Malus* germplasm accessions had been collected and preserved. More than 20 excellent materials were selected through the evaluation of apple fire blight resistance, fruit polyphenol content, aroma substance and sugar and acid contents. Using the selected materials, more than 200 hybridization combinations have been performed in the past 10 years, and more than 30 000 hybrid offspring have been created. In terms of shared utilization, “The National Pear and Apple Germplasm Repository (Xingcheng)” has provided more than 6000 shared utilization times to Institutes of Crop Sciences of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, China Agricultural University, Northwest Agriculture and Forestry University, Shandong Agricultural University, Institute of Botany of the Chinese Academy of Sciences and other universities and research institutes, as well as cooperatives and enterprises in Liaoning, Shaanxi, Henan and other places. It has provided materials for basic research on the origin and evolution, quality improvement, and gene mining, promoted the high-quality development of apple industry, and played an important role in rural revitalization. In this paper, the conservation status of *Malus* germplasm resources in “The National Pear and Apple Germplasm Repository (Xingcheng)”, the supporting role in basic research, and the progress made in innovative utilization were introduced, and the future research focus was prospected, in order to provide reference for the high-quality protection, efficient utilization and industrial support of apple germplasm resources.

Key words: *Malus domestica* Borkh.; Germplasm resources; Collection; Conservation; Innovative utilization

苹果为蔷薇科(Rosaceae)苹果属(*Malus*)落叶植物,因其生态地理不同,起源和演化的先后亦各有不同,大体在东南亚、中亚、西亚、欧洲和北美洲按纬向界线形成明显分布的五大基因中心,中国是最大的基因中心。作为最大的基因中心,我国26个省、自治区均有苹果资源分布,其中以西南的四川、云南、贵州和西藏东南部的种类最多[1]。据统计,西藏有8个种,云南和贵州各有10个种,四川有14个种[2-10]。

现在的栽培大苹果最早是在1871年美国传教士倪维思从国外引入到烟台后开始种植的,随着不断引进国外苹果品种和国内选育,形成了目前的大苹果栽培结构[11-12]。在大苹果种植之前,我国的苹果栽培历史已有2200余年,古代称为‘奈’,果实肉质绵软、汁液少、香气浓郁,主要的类型有绵苹果、花红、沙果、八棱海棠和槟子等[13-14],可以作为蜜饯、砧木等应用[15]。上述中国栽培品种虽然无固定的分布区域,但具有集中的栽培区域,由于受人类活动影响较大,因此主要分布在沿丝绸之路的新疆、甘肃、陕西、宁夏以及河北一带,在河北的张家口地区现在仍有规模化种植,这些中国栽培苹果是除野生资源之外,我国重要的苹果资源构成部分[16-17]。

我国十分重视苹果种质资源的收集保存工作,先后于1959年[18]、1982—1984年[19]、1983—1989年[20]对新疆、四川和贵州的苹果资源进行了系统的考察。在1979年6月开始筹建国家果树种质资源圃[21],2019年建立了国家园艺种质资源库,其中苹果资源保存圃“国家梨苹果种质资源圃(兴城)”依托中国农业科学院果树研究所建立,为苹果综合保护圃,并于1989年完成验收。此外兼顾保存苹果资源的国家圃还有“国家新疆特有果树种质资源圃(轮台)”、“国家寒地果树种质资源圃(公主岭)”、“国家云南特有果树种质资源圃(昆明)”和“国家野生苹果种质资源圃(伊犁)”,分别侧重于保护新疆当地的名优苹果品种及砧木资源、我国寒地的耐寒小苹果资源、云南当地特有的苹果及砧木资源以及我国新疆野苹果资源。自2005年开始,“国家梨苹果种质资源圃(兴城)”联合以上4个资源圃的研究人员,每年至少组织1次苹果资源的考察,累计收集苹果资源1000份以上,全部进行了异地安全保存[17,22]。

本文总结和回顾了近10年来“国家梨苹果种质资源圃(兴城)”的苹果种质资源收集保存现状,以及创新和共享利用取得的进展,并提出了今后工作的展望,以期为我国苹果种质资源的高水平保护、高质量利用提供参考。

1　苹果种质资源的保存现状

1.1　苹果资源收集保存总体情况

早在20世纪50年代，我国即开展了果树种质资源的调查和征集工作。1963年，中国农业科学院果树研究所（果树所）保存苹果资源316份。由于十年动乱，流失一部分资源，在1979年建圃时，果树所仅保存苹果资源218份。此后，在建圃负责人贾定贤的领导下，通过资源圃国内资源征集和中国农业科学院作物研究所引种办公室主持的国外引种等手段收集国内外资源，至1989年建成苹果资源圃，保存苹果资源727份。2001年启动农作物种质资源保护与利用项目至今，在刘凤之和王昆的带领下，从我国西北的新疆、甘肃，华北的河北、山西，东北的黑龙江、吉林、辽宁，华东的山东等地新增收集保存苹果资源1573份，截至2024年12月31日，资源圃共保存苹果资源24个种2300份，其中栽培品种占32.22%，野生资源36.26%，地方品种31.52%（图1）。依照《苹果种质资源描述规范和数据标准》[23]规定的内容和方法，按基本信息、形态特征、农艺性状和果实性状等进行了整理编目，目前已经完成1419份苹果资源的编目入库工作。

图1　国家苹果种质资源圃

Fig. 1　The National Apple Germplasm Repository

1.2　发掘的优异种质

国家苹果种质资源圃主要围绕果实品质和抗逆性进行鉴定评价工作，果实品质方面主要包括果实多酚含量、糖酸含量和香气物质含量，抗性鉴定主要包括耐盐、抗火疫病等。通过488份资源的火疫病抗性筛选，获得高抗火疫病优异种质8份，主要是旭系品种和新疆野苹果资源[24]。通过200份以上苹果资源果实多酚含量的测定，获得7份高多酚含量优异种质，分别为来自河北的短枝磙子和板达峪冷磙子1#以及5份来源于新疆的野苹果资源，同时获得富含花色苷的红肉苹果红勋1号和富含山奈酚的新疆野苹果EM-3-2，对红肉和绿肉苹果多酚含量在果实发育的动态变化研究后，发现花后65 d前后是红肉型果皮、果肉中主要多酚组分积累的重要时期[25-29]。通过对比不同系谱苹果品质以及地方品种香气鉴定评价结果，获得香气浓郁的种质2份，并解析了其香气浓郁的生理基础[30-31]。通过田间和实验室鉴定，获得耐盐资源ZM-4，并解析了其耐盐的生理和分子基础[32-33]。此外，通过精准鉴定，获得了一批抗逆资源，如倒挂4号、三间房山荆子和下井沟平顶1号等；获得了营养类资源德钦花红、站选4号、五棱陇东海棠等（表1，图2）。

2　保存资源的创新利用

近10年来，国家苹果资源圃向中国农业科学院作物研究所、中国农业大学、西北农林科技大学、山东农业大学、中国科学院植物研究所等大学及科研院所和辽宁、陕西、河南等地的合作社和企业提供6764份次资源，用于开展基础研究、育种和产业发展，取得了显著的成效，支撑获批国家重点研发、国家自然科学基金等国家级项目7项；支撑在*Nature Communications*、*Genome Biology*等期刊发表高水平论文4篇；支撑种质创新配置杂交组合300个以上；支撑发展新果园300 hm^2以上，实现经济效益近亿元。

2.1　支撑基础研究

科研单位和大学通过向资源圃申请利用叶片、果实、枝条等方式，近10年主要聚焦在苹果资源的起源演化、遗传多样性、基因组组装、优异性状基因挖掘等方面的基础研究上。

在起源演化方面，山东农业大学陈学森团队对117份国内外苹果资源进行了重测序，通过遗传结构分析得出栽培苹果起源于哈萨克塞威士苹果；新疆塞威士苹果具有较好的同源背景，是更加原始的类型；中国苹果是哈萨克塞威士苹果与中国野生种质的杂交类型[34]。苹果资源圃科研人员重点对新疆野苹果和中国苹果及野生近缘种的亲缘关系进行了研究，发现新疆野苹果与苏联的栽培苹果亲缘关系较近，新疆野苹果和山荆子在中国苹果中均存在基因渗入，而且新疆野苹果与野生近缘种花红、楸子和

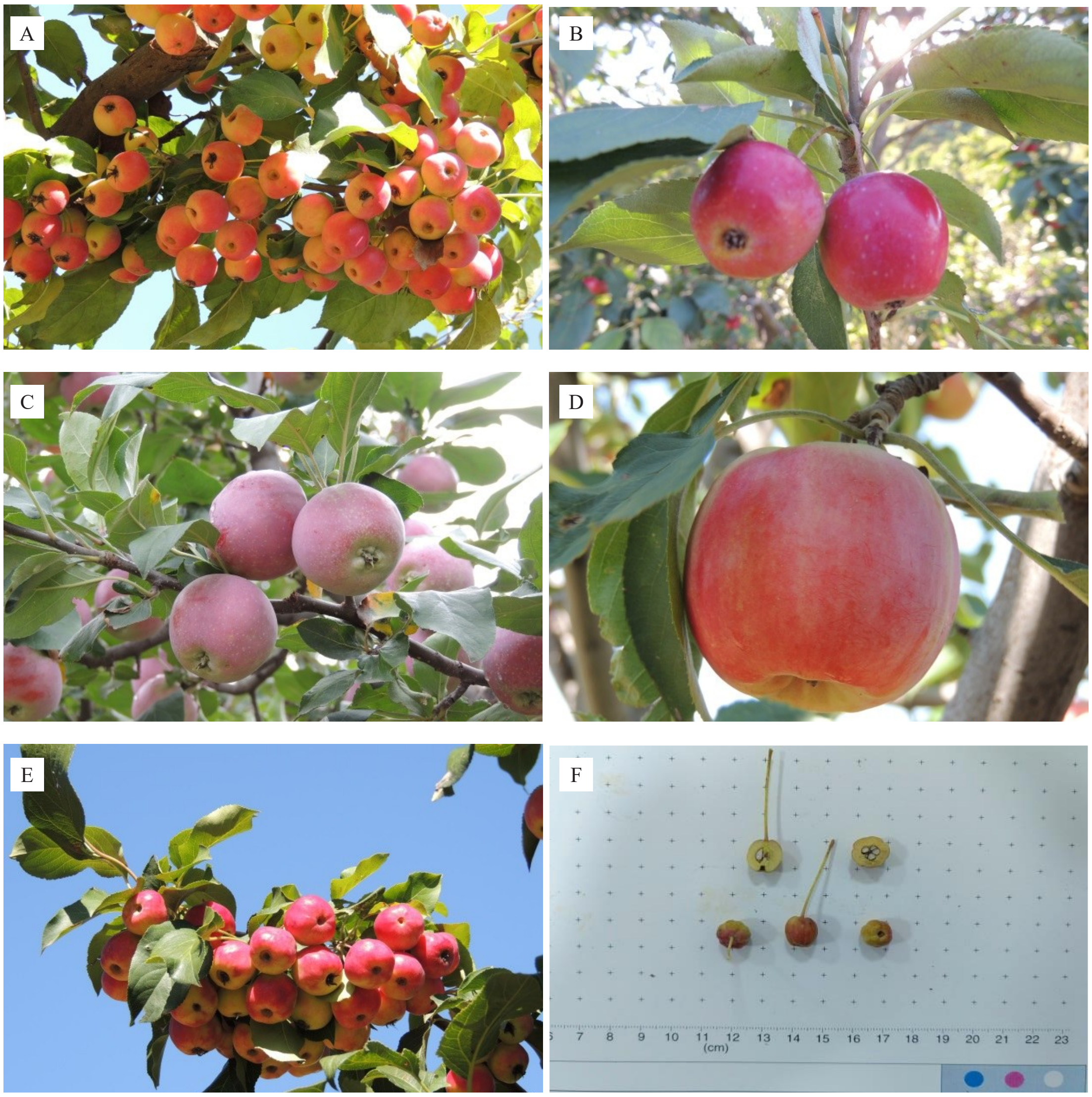
表 1 发掘的部分优异苹果种质

Table 1 Part of the excellent apple germplasm excavated

序号 No.	资源名称 Resource name	类型 Type	收集年份 Year of collection	主要特点 Main characteristic	利用价值 Utilization value
1	短枝磙子 Duanzhigunzi (*Malus robusta*)	地方品种 Landrace	2013	果实多酚物质含量较高 High content of polyphenols in fruit	可作为功能性果品开发或育种亲本 Can be used as functional fruit or breeding parent
2	板达峪冷磙子1# Bandayulenggunzi 1# (*Malus robusta*)	地方品种 Landrace	2013	果实多酚物质含量较高 High content of polyphenols in fruit	可作为功能性果品开发或育种亲本 Can be used as functional fruit or breeding parent
3	香果 Xiangguo (*Malus domestica* subsp. *chinensis* var. *xianggoe* Li. Y.N.)	地方品种 Landrace	2013	果实香味浓郁 Aromatic flavor of fruit	可作为香气浓郁品种选育亲本 Can be used as the breeding parent of fragrant varieties
4	槟子 Binzi (*Malus domestica* subsp. *chinensis* var. *binzi* Li Y.N.)	地方品种 Landrace	2013	果实贮藏后香味浓郁 Aromatic flavor of fruit after storage	可作为香气浓郁品种选育亲本 Can be used as the breeding parent of fragrant varieties
5	珠美海棠ZM-4 *Malus zumi* ZM-4 (*Malus zumi*)	野生资源 Wild species	2012	耐盐 Salt tolerance	可作为耐盐砧木或育种亲本 Can be used as salt-tolerant rootstock or breeding parent
6	倒挂4号 Daogua 4# (*Malus halliana*)	地方品种 Landrace	2009	抗逆性强 Strong stress resistance	可作为抗逆砧木或育种亲本 Can be used as resistant rootstock or breeding parent
7	三间房山荆子 Sanjiangfang *Malus baccata* (*Malus baccata*)	野生资源 Wild species	2007	抗逆，果实多酚物质含量较高 Stress resistance and high content of polyphenols in fruit	可作为抗逆砧木、功能性果品开发或育种亲本 can be used as stress resistant rootstock, functional fruit or breeding parent
8	下井沟平顶1号 Xiajinggoupingding 1# (*Malus robusta*)	地方品种 Landrace	2013	抗逆性强 Strong stress resistance	可作为抗逆砧木或育种亲本 Can be used as resistant rootstock or breeding parent
9	德钦花红 Denqin Huahong (*Malus asiatica*)	地方品种 Landrace	2005	果实维生素C含量高 High content of vitamin C in fruit	可作为功能性果品开发或育种亲本 Can be used as functional fruit or breeding parent
10	站选4号 Zhanxuan 4# (*Malus domestica*)	栽培品种 Cultivar	不详 Unknown	果实维生素C含量高 High content of vitamin C in fruit	可作为功能性果品开发或育种亲本 Can be used as functional fruit or breeding parent
11	五棱陇东海棠 Wulenglongdonghaitang (*Malus kansuensis*)	野生资源 Wild species	2009	果实维生素C含量高 High content of vitamin C in fruit	可作为功能性果品开发或育种亲本 Can be used as functional fruit or breeding parent

八棱海棠也存在一定的演化顺序[35-38]。通过对苹果资源自交不亲和基因*SFB*和*S*-RNase的克隆和分析，发现SFB_3和*S*-$RNase_3$的分布频率最高，在古老栽培苹果品种、现代栽培品种和野生资源中均存在，为古老的*SFB*基因，栽培苹果种的*S1*、*S29*和*S33*基因分别起源于塞威士苹果、湖北海棠和陇东海棠[39-40]。

在苹果种质资源多样性研究方面，通过荧光SSR分子标记，对来源7个不同地区的山荆子种质资源进行遗传多样性和群体结构分析，发现7个不同来源地区的山荆子遗传多样性均较高，以河北地区的遗传多样性最高，遗传变异和分化主要发生在群体内和个体内部；群体间有基因交流，以河北与其他地区的交流最频繁[41]。基于19对SSR引物对155份楸子进行遗传多样性分析，发现香农多样性指数为2.446，高于以往研究的苹果属植物，群体结构分析将155份楸子分成2个稳定的群体[42]。对山荆子8个种群和楸子9个种群遗传多样性研究发现，楸子的遗传多样性高于山荆子，遗传变异主要来自种群内，楸子和山荆子均为异交的混交类群，可能发生过基因交流，抵制了由基因漂变而导致的种群间遗传分化[43]。利用荧光SSR分子标记，对中国原产苹果属植物17个种798份种质资源的遗传多样性和遗传结构进行分析，发现17种苹果属植物的遗传多样性高于前人对苹果属植物野生种的研究，遗传分化主要存在于种群内，各种群间有基因交流，但同时又抵制了由于基因漂变而导致的种群间的遗传分化[44]。在细胞质遗传多样性方面，对15个种722份苹果资



A. 高多酚资源短枝磙子；B. 高多酚资源板达峪冷磙子 1#；C. 香气浓郁资源槟子；D. 香气浓郁资源香果；E. 高营养资源下井沟平顶 1 号；F. 高营养资源五棱陇东海棠。

A. Duanzhigunzi (High content of polyphenol); B. Bandayulenggunzi 1# (High content of polyphenol); C. Binzi (Aromatic resources); D. Xiangguo (Aromatic resources); E. Xiajinggoupingding 1# (High content of nutrient); F. Wulenglongdonghaitang (High content of nutrient).

图 2　部分苹果优异资源

Fig. 2　Part of apple characteristic resources

源的叶绿体DNA变异与遗传分化进行研究，发现中国原产苹果属植物在叶绿体DNA水平上具有较高的遗传多样性，遗传变异主要存在于种群内，种群间遗传变异也占较大比例[45]。

中国农业科学院果树研究所利用花粉培养的三倍体寒富，采用三代测序技术，组装了覆盖度较高的基因组。该组装注释了44 677个蛋白编码基因，其中4.29%位于2017版的gap区域，一定程度上对2017版基因注释进行了补充[46]，基因注释覆盖度达95.9%。同时，以不同着色的苹果资源为基础，结合组装的基因组，解析了苹果红皮的形成机制，携带转座子的*MdMYB1-1*基因是苹果红皮形成的主要转录调控因子，此基因启动子上游一段序列的插入导致了红色的形成，这段转座子的插入充当增强子的角色，通过降低光反应的阈值来调控红色形成[47]。

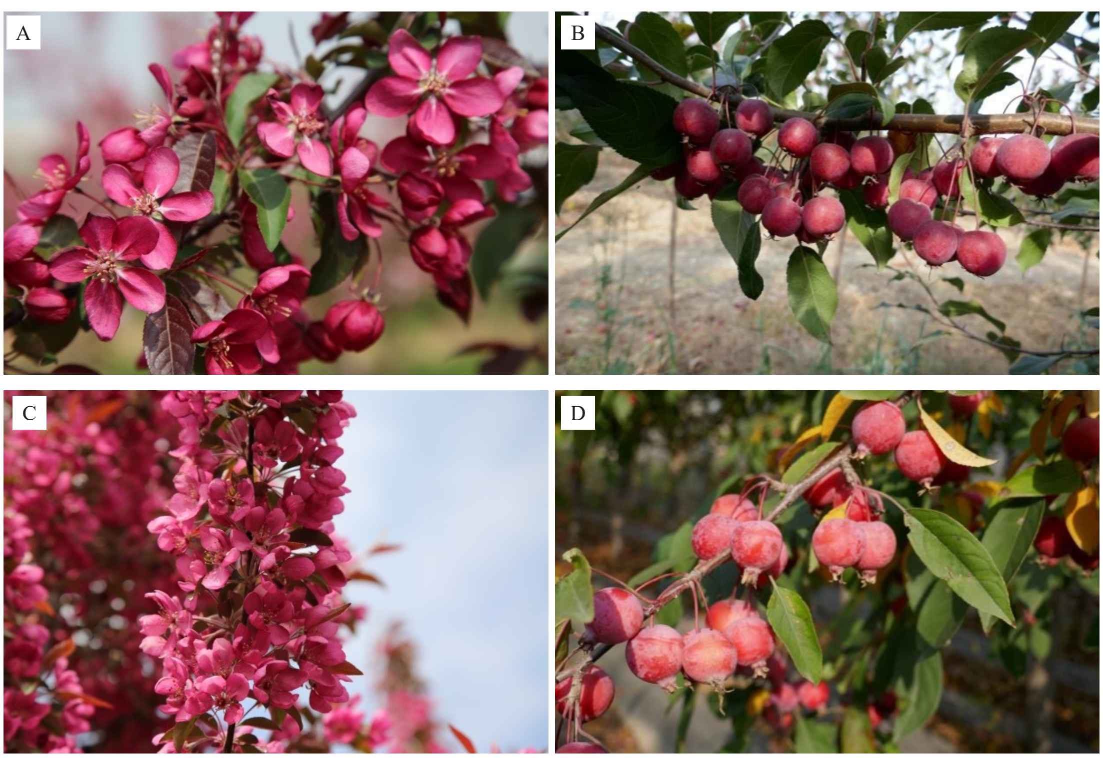
在果实品质方面，中国科学院武汉植物园韩月彭团队通过资源圃400余份资源的品质分析和基因定位，获得了苹果控制酸度的基因位点，并挖掘获得控制酸度的候选基因，命名为*Ma1*[48]。通过对甜点苹果和果汁用苹果的驯化分析，揭示了果实品质驯

化的分子机制，发现*Ma1*、*MdTDT*和*MdSOT2*基因突变分别降低了苹果的苹果酸、柠檬酸和山梨糖醇含量，*Ma1*基因对有机酸含量和糖酸比具有多效性[49]。中国农业科学院农产品加工研究所通过对资源圃200余份苹果资源的品质代谢及基因关联进行分析，发现从野生苹果到栽培苹果，单宁、有机酸、酚酸等物质数量减少，挖掘获得了单宁和酸度相关基因*Myb9-like*和*PH4*，与5号染色体3.41~3.76 Mb的果实质量位点fw1密切相关，此区域为驯化选择区域[50]。

2.2 支撑育种

种质是种业的芯片，苹果种质资源是苹果品种选育的物质基础。近10年来，苹果种质资源圃为国内大学和科研院所的育种团队提供了大量的花粉、枝条及杂交组合。在以中国农业科学院郑州果树研究所牵头的中新法苹果砧木选育项目中，以资源圃提供的20份苹果野生资源作为亲本材料，配置杂交组合近100个，获得杂交实生苗10 000余株，经过多年筛选，已经获得矮化的砧木优系，正在开展繁殖能力和苗圃特性鉴定，3~5个优系即将开展不同区域的田间表型鉴定。

中国农业科学院果树研究所苹果资源与育种团队以抗寒、观赏、抗轮纹病、功能性果品、抗逆矮化砧木等为目标，利用资源圃苹果资源为亲本，近10年配置杂交组合200个以上，获得杂交实生苗20 000株以上，选育了紫辰、紫丰、红韵、华优宝加、华优宝青等一批以观赏（图3）、红肉、中熟、晚熟等为主要特点的新品种[51-56]，紫辰、紫丰等观赏品种以幼叶红色、花紫红色、果实鲜红色为主要特点，可以媲美北美选育的系列观赏海棠，对我国观赏海棠的选育具有重要的意义；红韵是中国农业科学院果树研究所选育的第一个红肉苹果，果面浓红，果肉鲜红色，汁液丰富，口感酸甜不涩，适合喜酸人群鲜食和鲜榨；华优宝加和华优宝青分别为红色和绿色品种，可溶性固形物均在16%以上，维生素C含量均超过100 mg·kg^{-1}，适宜鲜食，华优宝青在一定程度上弥补了市场绿色苹果品种稀缺的缺口；此外，在苹果抗逆矮化砧木选育方面，抗盐矮化、抗寒矮化的砧木优系也已进行压条生根，即将进行田间表型鉴定。资源圃向中国农业大学、石家庄果树研究所、山东农业大学、云南大学、昭通绿健果蔬商贸有限公司等单位提供花粉、种子等进行品种选育工作。



A. 紫辰（花）；B. 紫辰（果实）；C. 紫丰（花）；D. 紫丰（果实）。

A. Zichen (Flower); B. Zichen (Fruit); C. Zifeng (Flower); D. Zifeng (Fruit).

图3 观赏海棠新品种

Fig. 3 New ornamental crabapple cultivars

2.3　支撑产业提升

果树在乡村振兴和脱贫攻坚中起到了重要的作用。资源圃以支撑产业发展为工作目标之一。葫芦岛韩家沟果树农场成立于2001年，以种植果树为主，自2009年，苹果种质资源圃开始进行品种引进和技术指导，引进华红、皮诺瓦、蜜脆等品种[57-61]，建立矮化中间砧示范园0.2 hm^2，带动发展苹果种植333 hm^2，实现经济效益近亿元。

钢屯镇位于辽西走廊，距兴城市35 km，1994年，伴随着钼矿产资源的开采，钢屯镇逐步成为了辽西比较富裕的乡镇，同时包括果园在内的农业生产逐渐荒废。然而随着2000年钼矿价格下降，在矿山打工的农民失去了挣钱的渠道，把目光和精力又投入到了果业生产发展上来，在钢屯镇政府果品产业布局的总体方案下，国家苹果种质资源圃提供优良苹果品种5个，建立示范基地1个，举办技术培训2次，协助推广面积33 hm^2以上，支撑了当地果业的发展。

除上述之外，资源圃还为云南昭通绿健果蔬商贸有限公司、绥中杨斌果业专业合作社、新疆农发集团、兴城市天学果树种植专业合作社、辽宁省铁岭市银川区铜钟街白塔社区、山东省烟台市栖霞市政府、承德县嘉沃生态农业科技有限公司等企业、政府、果农提供苹果资源枝条、苗木等，对当地苹果产业的发展起到了支撑作用，助力了乡村振兴和果农致富。

3　展　望

国家苹果资源圃自1989年建成验收以来，资源保存数量连年增长，目前苹果资源圃的资源保存数量已居世界前列。但是在收集保存、评价挖掘和共享利用方面仍存在问题，需要继续开展工作。

3.1　加强苹果种质资源收集保存

目前资源圃保存的苹果资源以栽培种、地方品种为主，虽然保存有24个种，但是仍有10多个种由于生态环境不适应未进行保存，且种下类型保存有限，仅山荆子和新疆野苹果种下类型保存数量较多[22]。此外，由于城市化进程，一些房前屋后和庭院种植的优异地方品种流失严重。因此，下一步需要重点开展以下工作：一是加强野生种资源种下类型的收集保存，特别是一些在《中国珍稀濒危植物名录》中被列为国家二级保护的物种[62]、被《国家重点保护农业野生植物要略》收录的重点保护野生种[63]、被IUCN（国家自然保护联盟）确定为濒危、易危以及考察过程发现的即将濒危野生种资源的抢救性收集和保护；二是进一步扩大对地方品种的搜集，特别是沿丝绸之路一带的新疆、甘肃、山西、陕西和宁夏等地，以及人类活动密集的河北等地，这些地方具有较长的苹果地方品种栽培历史，地方品种类型丰富，甚至现在仍有成片的栽培面积，需要加强对这些地区地方品种的收集保护；三是进一步加强苹果种质资源其他种的收集保存，比如台湾林檎、山楂海棠、沧江海棠等资源，这些资源虽然在兴城地区不能安全生长，但是可以通过其他手段进行保存，进一步完善苹果种质保存的全面性。

3.2　支撑苹果种质资源鉴定评价和挖掘利用

种质的利用前提在于性状特性的清晰。鉴定评价工作一直是苹果资源收集保存后的重要工作。随着消费者对果品需求的提升及生物育种和智慧育种时代的到来，之前的鉴定评价已经满足不了现状的需求。资源圃在前期工作的基础上，重点开展以下方面的工作：一是开展苹果种质资源的精准鉴定，在《苹果种质资源描述规范和数据标准》的基础上，制定苹果种质资源精准鉴定技术规范，以此为标准，完善并开展苹果种质资源的精准评价，精准摸清资源的性状本底，以便为育种服务；二是以消费者和销售者需求为导向，开展苹果种质资源的感官评价，摸清消费者和销售者关注的性状，重点对这些性状进行鉴定评价；三是开展表型性状和基因型的关联分析，组装特异资源的基因组，精准、深度挖掘特异或者关键性状的控制基因，解析其遗传学机制，开发连锁的分子标记，为生物育种和智慧育种提供支撑。

3.3　完善苹果种质资源保存技术和共享机制

目前苹果种质资源的保存以田间保存植株为主要的保存方式，易受到自然灾害的影响，保存方法存在风险。共享方面存在利用反馈不主动、共享互惠机制不够完善的情况。因此，资源圃接下来将重点开展以下工作：一是加强资源圃的动态监测，及时更新复壮老弱病残资源，加强基础设施的投入和建设，确保圃地资源的安全保存；二是开展苹果资源的DNA保存和野生资源种子保存，联合研究茎段、茎尖等组织的超低温保存，开展珍稀、非生态适应性资源瓶苗保存等多种保存技术研究，形成多方位的保存技术体系；三是完善苹果种质资源共享利用的申请和反馈体系，针对苹果资源制定相应的利用追踪

制度，及时提醒利用者进行反馈；四是针对不同的利用方式，制定相适应的互惠机制，商讨资源利用后产生的知识产权共享或者收益分配，确保资源工作者的利益。

3.4 加强人才培养及团队建设

苹果种质资源圃目前具有在职人员5人，其中研究员2人，副研究员1人，助理研究员1人，高级农艺师1人，人才梯队结构比较合理，但是人数较少。因此，依托中国农业科学院果树研究所的招聘，苹果资源圃将继续引进优秀人才，补充人才队伍，加强新引进人才关于种质资源工作相关的收集保存、鉴定评价和共享利用培训，确保苹果资源圃人才队伍的稳定、健康和可持续发展并壮大，为苹果资源圃的安全保存、鉴定评价和共享利用提供人才保障。

参考文献 References：

[1] 李育农. 苹果属植物种质资源研究[M]. 北京：中国农业出版社，2001：1-19.

LI Yunong. Researches of germplasm resources of *Malus* Mill.[M]. Beijing：China Agriculture Press，2001：1-19.

[2] 王昆，刘凤之，高源，龚欣，刘立军，王大江. 我国苹果种质资源基础研究进展[J]. 中国果树，2013(2)：61-64.

WANG Kun，LIU Fengzhi，GAO Yuan，GONG Xin，LIU Lijun，WANG Dajiang. Progress of basic research on germplasm resources of apple in China[J]. China Fruits，2013(2)：61-64.

[3] 成明昊，江宁拱，曾维光. 苹果属一新种：小金海棠[J]. 西南农学院学报，1983，5(4)：53-55.

CHENG Minghao，JIANG Ninggong，ZENG Weiguang. A new species of *Malus*：*Malus xiaojinensis* Cheng et Jiang[J]. Journal of Southwest Agricultural College，1983，5(4)：53-55.

[4] 邓家祺，洪建元. 苹果属一新种[J]. 中国科学院研究生院学报，1987，25(4)：326-327.

DENG Jiaqi，HONG Jianyuan. A new species of *Malus*[J]. Journal of Graduate School of Chinese Academy of Sciences，1987，25(4)：326-327.

[5] 李朝銮. 苹果属植物一新种[J]. 植物分类学报，1989(4)：301-303.

LI Chaoluan. A new species of *Malus*[J]. Acta Phytotaxonomica Sinica，1989(4)：301-303.

[6] 邓国涛，李大福，李玉堂. 云南苹果属植物一新种[J]. 四川农业大学学报，1991，9(1)：47-51.

DENG Guotao，LI Dafu，LI Yutang. A new species of *Malus* genus in Yunnan[J]. Journal of Sichuan Agricultural University，1991，9(1)：47-51.

[7] 江宁拱. 四川苹果属一新种[J]. 西南农业大学学报，1991，13(6)：599-600.

JIANG Ninggong. A new species of *Malus* (Rosaceae) from Sichuan[J]. Journal of Southwest Agricultural University，1991，13(6)：599-600.

[8] 成明昊，梁国鲁，李晓林，吴福寿，袁必贤，曾维光，金强，艾德仁. 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.

CHENG Minghao，LIANG Guolu，LI Xiaolin，WU Fushou，YUAN Bixian，ZENG Weiguang，JIN Qiang，AI Deren. A new species of *Malus*[J]. Journal of Southwest Agricultural University，1992，14(4)：317-319.

[9] 刘家培，袁唯，张文炳. 云南苹果属植物一新种[J]. 云南农业大学学报，1993，8(4)：322-324.

LIU Jiapei，YUAN Wei，ZHANG Wenbing. A new species of *Malus* genus from Yunnan[J]. Journal of Yunnan Agricultural University，1993，8(4)：322-324.

[10] 王昆，刘凤之，高源，王大江，龚欣，刘立军. 中国苹果野生种自然地理分布、多型性及利用价值[J]. 植物遗传资源学报，2013，14(6)：1013-1019.

WANG Kun，LIU Fengzhi，GAO Yuan，WANG Dajiang，GONG Xin，LIU Lijun. The natural distribution，diversity，and utilization of wild apple species in China[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2013，14(6)：1013-1019.

[11] 刘大亮，孙燕霞，张学勇，宋来庆，刘学卿. 倪维思引种西洋苹果品种性状考略[J]. 落叶果树，2023，55(2)：45-49.

LIU Daliang，SUN Yanxia，ZHANG Xueyong，SONG Laiqing，LIU Xueqing. A brief examination of the traits of western apple varieties introduced by John Livingston Nevius[J]. Deciduous Fruits，2023，55(2)：45-49.

[12] 董星光，田路明，齐丹，霍宏亮，张莹，徐家玉，刘超，王大江，王昆，曹玉芬. 我国果树资源保存与利用研究动态与趋势[J]. 中国果树，2022(10)：57-62.

DONG Xingguang，TIAN Luming，QI Dan，HUO Hongliang，ZHANG Ying，XU Jiayu，LIU Chao，WANG Dajiang，WANG Kun，CAO Yufen. Dynamics and trends of conservation and utilization research of fruit resources in China[J]. China Fruits，2022(10)：57-62.

[13] 陆秋农，贾定贤. 中国果树志-苹果卷[M]. 北京：中国林业出版社，1999.

LU Qiunong，JIA Dingxian. Chinese fruit tree · Apple[M]. Beijing：China Forestry Publishing House，1999.

[14] 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，1985：121-200.

Changli Institute of Pomology，Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences. Apple flora of Hebei Province[M]. Beijing：Agricultural Press，1985，121-200.

[15] 李芳红，杨瑞瑞，白露，王雪雪，李欣，王延秀，毕阳. 不同中间砧对富士苹果贮藏期表皮蜡质和角质的影响[J]. 果树学报，2024，41(8)：1604-1616.

LI Fanghong，YANG Ruirui，BAI Lu，WANG Xuexue，LI Xin，WANG Yanxiu，BI Yang. Effects of different intermediate rootstocks on epidermal wax and cuticle of Fuji apple fruits during storage[J]. Journal of Fruit Science，2024，41(8)：1604-1616.

[16] 王昆，李华孚，王大江，刘立军，高源，龚欣 . 河北怀来、涿鹿地区苹果地方品种资源考察与收集[J]. 中国南方果树，2014，43(5)：103-105.
WANG Kun，LI Huafu，WANG Dajiang，LIU Lijun，GAO Yuan，GONG Xin. Investigation and collection of apple local variety resources in Huailai and Zhulu areas of Hebei Province[J]. South China Fruits，2014，43(5)：103-105.

[17] 王大江，王昆，高源，赵继荣，刘立军，龚欣，李连文 . 我国苹果属资源现代分布调查初报[J]. 植物遗传资源学报，2017，18(6)：1116-1124.
WANG Dajiang，WANG Kun，GAO Yuan，ZHAO Jirong，LIU Lijun，GONG Xin，LI Lianwen. Preliminary investigation of modern distribution of *Malus* resources in China[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2017，18(6)：1116-1124.

[18] 张钊 . 1959 年新疆果树资源调查初报[J]. 中国果树，1959(6)：30-31.
ZHANG Zhao. Preliminary report on investigation of fruit resources in Xinjiang[J]. China Fruits，1959(6)：30-31.

[19] 李育农 . 四川苹果属种质资源的调查研究[J]. 农业科学导报，1986(4)：23-29.
LI Yunong. An investigation on the germplasm resources of *Malus* in Sichuan[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences，1986(4)：23-29.

[20] 成明昊，石胜友，周志钦，李晓林 . 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.
CHENG Minghao，SHI Shengyou，ZHOU Zhiqin，LI Xiaolin. Studies on the flora of the genus *Malus* Mill. in Hengduan mountainous region[J]. Scientia Agricultura Sinica，2004，37(11)：1666-1671.

[21] 王力荣，吴金龙 . 中国果树种质资源研究与新品种选育 70 年[J]. 园艺学报，2021，48(4)：749-758.
WANG Lirong，WU Jinlong. Review for the research of fruit tree germplasm and breeding of new varieties in the past seven decades in China[J]. Acta Horticulturae Sinica，2021，48(4)：749-758.

[22] 王大江，肖艳宏，高源，孙思邈，李连文，张飞，王昆 . 我国苹果属植物野生资源收集、保存和利用研究现状[J]. 中国果树，2021(10)：6-11.
WANG Dajiang，XIAO Yanhong，GAO Yuan，SUN Simiao，LI Lianwen，ZHANG Fei，WANG Kun. Current status of research on collection，conservation and utilization of wild *Malus* resources in China[J]. China Fruits，2021(10)：6-11.

[23] 王昆，刘凤之，曹玉芬 . 苹果种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2005.
WANG Kun，LIU Fengzhi，CAO Yufen. Descriptors and data standard for apple[M]. Beijing：China Agriculture Press，2005.

[24] 王大江，高源，张玉刚，张校立，孙思邈，路翔，郭绍霞，TURAKULOV K S，李连文，王昆 . 苹果种质资源火疫病抗性鉴定评价与筛选[J]. 植物遗传资源学报，2022，23(6)：1682-1695.
WANG Dajiang，GAO Yuan，ZHANG Yugang，ZHANG Xiaoli，SUN Simiao，LU Xiang，GUO Shaoxia，TURAKULOV K S，LI Lianwen，WANG Kun. Evaluation and screening of *Malus* germplasm resources with fire blight resistance[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2022，23(6)：1682-1695.

[25] WANG D J，WANG K，LI J，GAO Y，ZHAO J R，LIU L J，GONG X，DONG X G. Variation and correlation analysis of polyphenolic compounds in *Malus* germplasm[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology，2018，93(1)：26-36.

[26] WANG D J，WANG G Y，LU X，LIU Z，SUN S M，GUO H X，TIAN W，LI Z C，WANG L，LI L W，GAO Y，WANG K. Identification and mining of functional components of polyphenols in fruits of *Malus* germplasm resources based on multivariate analysis[J]. Foods，2024，13(21)：3465.

[27] 王大江，王昆，高源，赵继荣，刘立军，李连文，李静 . 河北省苹果地方品种果实多酚组分和含量特性及遗传背景分析[J]. 植物生理学报，2017，53(8)：1515-1522.
WANG Dajiang，WANG Kun，GAO Yuan，ZHAO Jirong，LIU Lijun，LI Lianwen，LI Jing. Analysis of genetic background and characteristics of polyphenol composition and content in fruits of apple landraces grown in Hebei Province[J]. Plant Physiology Journal，2017，53(8)：1515-1522.

[28] 王广艺，路翔，高源，孙思邈，王霖，李连文，王大江，王昆 . 27 份新疆苹果种质资源果实多酚组分及其含量分析[J]. 中国果树，2024(7)：58-66.
WANG Guangyi，LU Xiang，GAO Yuan，SUN Simiao，WANG Lin，LI Lianwen，WANG Dajiang，WANG Kun. Detection and analysis of polyphenol components and content in 27 *Malus* germplasms from Xinjiang[J]. China Fruits，2024(7)：58-66.

[29] WANG D J，WANG G Y，LU X，LIU Z，SUN S M，GUO H X，TIAN W，LI Z C，WANG L，LI L W，GAO Y，WANG K. Dynamic changes in polyphenols in fruit development of red flesh apple ‘Hongxun 2’[J]. Horticulturae，2024，10(11)：1125.

[30] 路翔，高源，王昆，孙思邈，李连文，李海飞，李青山，冯建荣，王大江 . 苹果栽培品种不同族系香气特征分析[J]. 中国农业科学，2022，55(3)：543-557.
LU Xiang，GAO Yuan，WANG Kun，SUN Simiao，LI Lianwen，LI Haifei，LI Qingshan，FENG Jianrong，WANG Dajiang. Analysis of aroma characteristics in different cultivated apple strains[J]. Scientia Agricultura Sinica，2022，55(3)：543-557.

[31] LU X，LIU Z，GAO Y，WANG K，SUN S M，GUO H X，TIAN W，WANG L，LI Z C，LI L W，FENG J R，WANG D J. Analysis of aroma characteristics of ‘Binzi’ and ‘Xiangguo’ apple-ancient cultivars in China[J]. Foods，2024，13(18)：2869.

[32] WANG D J，GAO Y，SUN S M，LU X，LI Q S，LI L W，WANG K，LIU J H. Effects of salt stress on the antioxidant activity and malondialdehyde，solution protein，proline，and chlorophyll contents of three *Malus* species[J]. Life，2022，12(11)：1929.

[33] WANG D J，WANG K，SUN S M，YAN P，LU X，LIU Z，LI Q S，LI L W，GAO Y，LIU J H. Transcriptome and metabolome

analysis reveals salt-tolerance pathways in the leaves and roots of ZM-4 (*Malus zumi*) in the early stages of salt stress[J]. International Journal of Molecular Sciences，2023，24(4)：3638.

[34] DUAN N B，BAI Y，SUN H H，WANG N，MA Y M，LI M J，WANG X，JIAO C，LEGALL N，MAO L Y，WAN S B，WANG K，HE T M，FENG S Q，ZHANG Z Y，MAO Z Q，SHEN X，CHEN X L，JIANG Y M，WU S J，YIN C M，GE S F，YANG L，JIANG S H，XU H F，LIU J X，WANG D Y，QU C Z，WANG Y C，ZUO W F，XIANG L，LIU C，ZHANG D Y，GAO Y，XU Y M，XU K N，CHAO T，FAZIO G，SHU H R，ZHONG G Y，CHENG L L，FEI Z J，CHEN X S. Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement[J]. Nature Communications，2017，8(1)：249.

[35] GAO Y，LIU F Z，WANG K，WANG D J，GONG X，LIU L J，RICHARDS C M，HENK A D，VOLK G M. Genetic diversity of *Malus* cultivars and wild relatives in the Chinese National Repository of Apple Germplasm Resources[J]. Tree Genetics & Genomes，2015，11(5)：106.

[36] 高源，王大江，王昆，丛佩华，李连文，朴继成. 苹果属植物种质多样性的 SLAF-seq 分析[J]. 园艺学报，2020，47(10)：1869-1882.
GAO Yuan，WANG Dajiang，WANG Kun，CONG Peihua，LI Lianwen，PIAO Jicheng. Analysis of genetic diversity of apple germplasms of *Malus* using SLAF-seq technology[J]. Acta Horticulturae Sinica，2020，47(10)：1869-1882.

[37] 高源，王大江，王昆，丛佩华，李连文，朴继成. 基于高密度 SNP 标记的苹果属 15 种植物资源的亲缘关系与遗传结构分析[J]. 中国农业科学，2020，53(16)：3333-3343.
GAO Yuan，WANG Dajiang，WANG Kun，CONG Peihua，LI Lianwen，PIAO Jicheng. Genetic relationship and structure analysis of 15 species of *Malus* Mill. based on SNP markers[J]. Scientia Agricultura Sinica，2020，53(16)：3333-3343.

[38] 高源，刘凤之，曹玉芬，王昆. 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.
GAO Yuan，LIU Fengzhi，CAO Yufen，WANG Kun. Analysis of genetic relationship for *Malus* germplasm resources by SSR markers[J]. Journal of Fruit Science，2007，24(2)：129-134.

[39] 刘昭，高源，王昆，冯建荣，孙思邈，路翔，李青山，李连文，王大江. 82 份苹果属资源 *SFB* 基因克隆及不同生态居群基因频率分析[J]. 植物遗传资源学报，2023，24(1)：215-225.
LIU Zhao，GAO Yuan，WANG Kun，FENG Jianrong，SUN Simiao，LU Xiang，LI Qingshan，LI Lianwen，WANG Dajiang. Isolation of *SFB* genes of 82 *Malus* germplasm resources and gene frequency analysis of different ecological populations[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2023，24(1)：215-225.

[40] LIU Z，GAO Y，WANG K，FENG J R，SUN S M，LU X，WANG L，TIAN W，WANG G Y，LI Z C，LI Q S，LI L W，WANG D J. Identification of S-RNase genotype and analysis of its origin and evolutionary patterns in *Malus* plants[J]. Journal of Integrative Agriculture，2024，23(4)：1205-1221.

[41] 高源，王昆，王大江，赵继荣，张彩霞，丛佩华，刘立军，李连文，朴继成. 7 个来源地区山荆子的遗传多样性与群体结构分析[J]. 中国农业科学，2018，51(19)：3766-3777.
GAO Yuan，WANG Kun，WANG Dajiang，ZHAO Jirong，ZHANG Caixia，CONG Peihua，LIU Lijun，LI Lianwen，PIAO Jicheng. The genetic diversity and population structure analysis on *Malus baccata* (L.) Borkh from 7 sources[J]. Scientia Agricultura Sinica，2018，51(19)：3766-3777.

[42] 高源，王昆，王大江，张彩霞，丛佩华，刘立军，李连文，朴继成. 苹果属栽培种楸子的遗传多样性与遗传结构分析[J]. 植物遗传资源学报，2019，20(1)：79-89.
GAO Yuan，WANG Kun，WANG Dajiang，ZHANG Caixia，CONG Peihua，LIU Lijun，LI Lianwen，PIAO Jicheng. The genetic diversity and population structure analysis of cultivated species *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh. of *Malus* Mill.[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2019，20(1)：79-89.

[43] 高源，王昆，王大江，刘立军，李连文，朴继成. 中国山荆子和楸子种质资源遗传多样性和遗传结构的荧光 SSR 分析[J]. 园艺学报，2019，46(7)：1225-1237.
GAO Yuan，WANG Kun，WANG Dajiang，LIU Lijun，LI Lianwen，PIAO Jicheng. Genetic diversity and genetic structure of *Malus baccata* and *Malus prunifolia* from China as revealed by fluorescent SSR markers[J]. Acta Horticulturae Sinica，2019，46(7)：1225-1237.

[44] 高源，王大江，王昆，丛佩华，李连文，朴继成. 基于荧光 SSR 分析中国原产苹果属植物 17 个种的遗传多样性和遗传结构[J]. 果树学报，2020，37(11)：1611-1622.
GAO Yuan，WANG Dajiang，WANG Kun，CONG Peihua，LI Lianwen，PIAO Jicheng. Genetic diversity and population structure of 17 species of *Malus* Mill. native to China based on fluorescent SSR analysis[J]. Journal of Fruit Science，2020，37(11)：1611-1622.

[45] 高源，王大江，王昆，丛佩华，李连文，朴继成. 苹果属 15 个种的叶绿体 DNA 变异与遗传分化[J]. 果树学报，2021，38(1)：1-12.
GAO Yuan，WANG Dajiang，WANG Kun，CONG Peihua，LI Lianwen，PIAO Jicheng. Genetic divergence and population structure of chloroplast DNA in fifteen species of *Malus* Mill.[J]. Journal of Fruit Science，2021，38(1)：1-12.

[46] DACCORD N，CELTON J M，LINSMITH G，BECKER C，CHOISNE N，SCHIJLEN E，VAN DE GEEST H，BIANCO L，MICHELETTI D，VELASCO R，DI PIERRO E A，GOUZY J，REES D J G，GUÉRIF P，MURANTY H，DUREL C E，LAURENS F，LESPINASSE Y，GAILLARD S，AUBOURG S，QUESNEVILLE H，WEIGEL D，VAN DE WEG E，TROGGIO M，BUCHER E. High-quality *de novo* assembly of the apple genome and methylome dynamics of early fruit development[J]. Nature Genetics，2017，49(7)：1099-1106.

[47] ZHANG L Y，HU J，HAN X L，LI J J，GAO Y，RICHARDS C M，ZHANG C X，TIAN Y，LIU G M，GUL H，WANG D J，

TIAN Y，YANG C X，MENG M H，YUAN G P，KANG G D，WU Y L，WANG K，ZHANG H T，WANG D P，CONG P H. A high-quality apple genome assembly reveals the association of a retrotransposon and red fruit colour[J]. Nature Communications，2019，10(1)：1494.

[48] MA B Q，LIAO L，ZHENG H Y，CHEN J，WU B H，OGUTU C，LI S H，KORBAN S S，HAN Y P. Genes encoding aluminum-activated malate transporter II and their association with fruit acidity in apple[J]. The Plant Genome，2015，8(3)：plantgenome2015.03.0016.

[49] LIAO L，ZHANG W H，ZHANG B，FANG T，WANG X F，CAI Y M，OGUTU C，GAO L，CHEN G，NIE X Q，XU J S，ZHANG Q Y，REN Y R，YU J Q，WANG C K，DENG C H，MA B Q，ZHENG B B，YOU C X，HU D G，ESPLEY R，KUI L W，YAO J L，ALLAN A C，KHAN A，KORBAN S S，FEI Z J，MING R，HAO Y J，LI L，HAN Y P. Unraveling a genetic roadmap for improved taste in the domesticated apple[J]. Molecular Plant，2021，14(9)：1454-1471.

[50] LIN Q，CHEN J，LIU X，WANG B，ZHAO Y Y，LIAO L，ALLAN A C，SUN C D，DUAN Y Q，LI X，GRIERSON D，VERDONK J C，CHEN K S，HAN Y P，BI J F. A metabolic perspective of selection for fruit quality related to apple domestication and improvement[J]. Genome Biology，2023，24(1)：95.

[51] 孙思邈，王昆，高源，王大江，李连文. 观赏海棠新品种‘紫辰’[J]. 园艺学报，2022，49(增刊 2)：267-268.
SUN Simiao，WANG Kun，GAO Yuan，WANG Dajiang，LI Lianwen. A new ornamental crabapple cultivar ‘Zichen’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2022，49(Suppl. 2)：267-268.

[52] 孙思邈，王昆，高源，王大江，李连文. 观赏海棠新品种‘紫丰’的选育[J]. 中国果树，2022(1)：77-78.
SUN Simiao，WANG Kun，GAO Yuan，WANG Dajiang，LI Lianwen. Breeding of a new ornamental crabapple cultivar ‘Zifeng’[J]. China Fruits，2022(1)：77-78.

[53] 张利义，江春阳. 红肉苹果新品种‘红韵’的选育[J]. 中国果树，2023(11)：108-109.
ZHANG Liyi，JIANG Chunyang. Breeding of a new red flesh apple cultivar ‘Hongyun’[J]. China Fruits，2023(11)：108-109.

[54] 周佳，刘肖烽，朱钰，李静，王强. 中晚熟苹果新品种‘华优宝加’[J]. 园艺学报，2024，51(增刊 2)：7-8.
ZHOU Jia，LIU Xiaofeng，ZHU Yu，LI Jing，WANG Qiang. A new mid-late ripening apple cultivar ‘Huayou Baojia’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2024，51(Suppl. 2)：7-8.

[55] 周佳，刘肖烽，朱钰，李静，王强. 中晚熟苹果新品种‘华优宝青’[J]. 园艺学报，2024，51(增刊 2)：9-10.
ZHOU Jia，LIU Xiaofeng，ZHU Yu，LI Jing，WANG Qiang. A new mid-late ripening apple cultivar ‘Huayou Baoqing’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2024，51(Suppl. 2)：9-10.

[56] 韩晓蕾，张彩霞，马松亚，康立群，李武兴. 晚熟苹果新品种‘中苹红蜜’[J]. 园艺学报，2024，51(增刊 2)：13-14.
HAN Xiaolei，ZHANG Caixia，MA Songya，KANG Liqun，LI Wuxing. A new late ripening apple cultivar ‘Zhongping Hongmi’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2024，51(Suppl. 2)：13-14.

[57] 王大江，王昆，高源，刘立军，龚欣. 苹果品种‘蜜脆’在辽宁葫芦岛的引种表现[J]. 中国果树，2013(6)：29-30.
WANG Dajiang，WANG Kun，GAO Yuan，LIU Lijun，GONG Xin. Performance of apple cultivar ‘Honeycrisp’ in Huludao，Liaoning[J]. China Fruits，2013(6)：29-30.

[58] 王大江，王昆，高源，龚欣，刘立军，张飞. ‘皮诺娃’苹果在辽宁葫芦岛的表现及栽培技术要点[J]. 中国果树，2015(2)：18-20.
WANG Dajiang，WANG Kun，GAO Yuan，GONG Xin，LIU Lijun，ZHANG Fei. Performance of ‘Pinova’ apple in Huludao，Liaoning[J]. China Fruits，2015(2)：18-20.

[59] 王大江，王昆，高源，刘立军，龚欣，赵继荣. 不同矮化中间砧对‘蜜脆’苹果植株生长及果实功能性成分含量影响的综合评价[J]. 果树学报，2016，33(6)：686-693.
WANG Dajiang，WANG Kun，GAO Yuan，LIU Lijun，GONG Xin，ZHAO Jirong. Comprehensive evaluation of the relationship between dwarfing interstocks and growth power and functional ingredients in the ‘Honeycrisp’ apple[J]. Journal of Fruit Science，2016，33(6)：686-693.

[60] 李青山，高源，王昆，孙思邈，路翔，李连文，冯建荣，王大江. 不同矮化中间砧对华红苹果果实中总酚及组分含量的影响[J]. 果树学报，2022，39(7)：1191-1202.
LI Qingshan，GAO Yuan，WANG Kun，SUN Simiao，LU Xiang，LI Lianwen，FENG Jianrong，WANG Dajiang. Effects of different dwarfing interstocks on the total phenols and polyphenol components in Huahong apple[J]. Journal of Fruit Science，2022，39(7)：1191-1202.

[61] LU X，GAO Y，WANG K，SUN S M，LIU Z，YAN P，FENG J R，LI Q S，LI L W，WANG D J. Dwarf interstocks improve aroma quality of ‘Huahong’ apple (*Malus* × *domestica*)[J]. Agriculture，2022，12(10)：1710.

[62] 国家环境保护局，中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危植物名录[EB/OL]. (1987-12-06)[2025-01-15]. https://www.iplant.cn/rep/news/32.
State Environmental Protection Administration，Institute of Botany，the Chinese Academy of Sciences. List of rare and endangered plants in China[EB/OL]. (1987-12-06)[2025-01-15]. https://www.iplant.cn/rep/news/32.

[63] 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.
DONG Yuchen，ZHENG Diansheng. National key protection of agricultural wild plants outline[M]. Beijing：China Meteorological Press，2005：176-179.