果 树 学 报 2025,42(11):2522-2530
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250262

国家山楂种质资源圃(沈阳)的山楂种质资源收集保存与创新利用进展

董文轩,张 枭,赵玉辉,侯亚莉,吕德国,秦嗣军,李作轩,刘月学*

(沈阳农业大学,沈阳 110866)

摘 要:中国是山楂属植物的原产地之一,山楂种质资源分布广泛。羽裂山楂大果变种是我国独有的温带落叶果树种类,品种丰富,有700多年的栽培历史,在我国的果树产业中占有一席之地,也为山楂育种和山楂产业发展提供了重要的物质保障。国家山楂种质资源圃(沈阳)是我国山楂种质资源最主要的保存单位,也是目前世界上保存山楂种质资源最多、最完整的种质资源圃。截至2024年12月,共收集、保存并编目山楂种质资源420份。国家山楂种质资源圃(沈阳)开展了山楂基因组解析和伏山楂起源及分子标记等基础研究,同时通过资源的共享利用等社会服务,在乡村脱贫致富和产业可持续发展中发挥了重要作用。本文介绍了国家山楂种质资源圃(沈阳)的发展历史和现状,论述了取得的主要成绩和贡献,并对今后的研究方向进行了展望,以期为未来我国山楂种质资源的有效利用和产业发展提供可供参考的信息。

关键词:山楂;种质资源;收集;保存;创新利用

中图分类号:S661.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1009-9980(2025)11-2522-09

Progress of collection, conservation and innovative utilization of hawthorn resources in the National Hawthorn Germplasm Repository (Shenyang)

DONG Wenxuan, ZHANG Xiao, ZHAO Yuhui, HOU Yali, LÜ Deguo, QIN Sijun, LI Zuoxuan, LIU Yuexue*

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China)

Abstract: China is one of the origin center of *Crataegus* plants, and the hawthorn germplasm resources in China are very rich. *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br. is a kind of unique temperate fruit tree with plenty of cultivars and has been cultivated for a long time (more than 700 years). It is essential for China's fruit tree industry, and can provide useful materials for hawthorn breeding and the development of hawthorn industry. The current national cultivation area of hawthorn is approximately 95 000 hm^2, with an output of about 1 million tons. Hawthorn fruits are primarily used as raw materials for processing rather than fresh consumption. They can be used for production of fruit wine, juice, fruit leather (e.g., hawthorn rolls), dried slices, and candied haws (Bingtanghulu) and other processed foods. Moreover, hawthorn is also can be used for manufacture of medicine. The fruit is rich in vitamin C and bioactive compounds such as flavonoids, organic acids, triterpenoids, and sterols which are beneficial for human health. The national hawthorn germplasm repository (Shenyang) was firstly built in 1982 and located on the campus of Shenyang Agricultural University. It serves as the primary unit for the preservation of hawthorn germplasm resources in China. Till the end of December 2024, the national hawthorn germplasm repository (Shenyang) has collected, preserved and catalogued 420 accessions of hawthorn germplasm resources, including 19 species of *Crataegus* and 13 accessions of foreign hawthorn

收稿日期:2025-05-19 **接受日期**:2025-06-26

基金项目:山楂和榛种质资源安全保存(19240449);国家园艺种质沈阳山楂分库运行服务(NHGRC2024-NH08)

作者简介:董文轩,男,教授,博士,研究方向为果树种质资源评价与利用。E-mail:wxdong63@126.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail:yuexueliu@syau.edu.cn

germplasm resources. Many researches have been carried out in the National Hawthorn Germplasm Repository (Shenyang) including the analysis of the hawthorn genome, the evolution analysis of *Crataegus bretschneideri* C. K. Schneid., and the molecular marker development. We associated with the researchers of other unit, provided a *de novo* chromosome-level genome sequence of the hawthorn cultivar Qiu Jinxing. The new high-quality reference genome provided a useful resource for the horticultural improvement of hawthorn. The germplasm evaluation works included developing SSR-based molecular IDs for hawthorn varieties, analyzing color-anthocyanin relationships in 51 accessions and decoding the flavonoid profiles in black hawthorn fruits. Using soft-fleshed accession Ruanrou 3 and conventional cultivar Qiujinxing as experimental materials, we demonstrated that fruit softening in hawthorn might be associated with the activities of polygalacturonase (PG), pectin methylesterase (PME) and cellulase (Cx). With the utilization about the hawthorn resources, the National Hawthorn Germplasm Repository (Shenyang) has played an important role in the rural poverty alleviation and sustainable industrial development. In recent years, we provided over 500 samples of germplasm resources and information services to research institutions, universities, and enterprises across China, with a high level of user satisfaction. In the future, the collection and preservation of hawthorn germplasm resources will be further enhanced to facilitate their systematic, evaluation and utilization researches. The efforts will focus on optimizing conservation techniques and establishing efficient sharing systerm. Additionally, biotechnological approaches will be explored for germplasm innovation, alongside the training of specialized research talents and development of technical teams. This review would offer useful information for the effective utilization of China’s hawthorn germplasm resources.

Key words: Hawthorn; Germplasm resources; Collection; Conservation; Innovative utilization

山楂属于蔷薇科，多为落叶乔木，在北纬20°~60°之间的亚洲、欧洲及美洲的广大地区广泛分布[1]。中国是山楂属植物的起源中心之一，种质资源特别是羽裂山楂大果变种的品种资源极其丰富，分布范围广泛[2]，《中国果树志-山楂卷》记载原产中国的山楂属植物有18个种和6个变种[3]，国家山楂种质资源圃（沈阳）（以下简称山楂资源圃）工作人员经进一步查阅文献后认定有20个种和7个变种[4-5]。

我国是世界上将山楂（主要是羽裂山楂大果变种）作为果树栽培的唯一国家，在史前时期就已开始采集山楂果实食用[6]，辞书之祖《尔雅》中记载的‘杭’即为山楂。目前全国山楂栽培面积约9.5万hm^2，产量约100万t[7]。其中栽培历史最长的是大果山楂变种，少量栽培的有伏山楂、云南山楂和湖北山楂[4]。

山楂果实除少量鲜食外，多数用于加工原料，可生产果酒、果汁、果丹皮、山楂片、冰糖葫芦等[8-10]。此外，山楂是第一批被列入卫生部药食兼用的水果，是公认的加工保健食品最佳原料之一[11-13]。山楂果实富含维生素C以及黄酮类、有机酸类、三萜类、甾体类等活性成分[14]，其花、果、茎、叶、根均可以干品入药或制备中成药[15-17]。《中华人民共和国药典》[18]记载，山楂果实具有消食健胃、行气散瘀之功效，山楂叶及其提取物对高血压、高血脂、冠心病和心绞痛等心血管疾病具有很好的防治功能。作为药用植物的山楂资源主要是大果山楂变种、羽裂山楂、湖北山楂、云南山楂和野山楂[19]。

1　山楂资源圃的发展历史及现状

追溯历史，早在1982年，沈阳农学院（现沈阳农业大学）园艺系（现园艺学院）张育明教授就带领山楂团队成员，从全国各地收集并保存山楂属资源，于学校植物园内初步建立了山楂资源圃，开展了山楂资源的评价和利用研究，同时参加全国山楂协作组工作，培训山楂栽培技术研发和相关从业人员，在全国山楂研究领域占有重要地位。

在上述工作基础上，山楂资源圃通过学校于1994年初向当时的农业部提出了建立国家级山楂种质资源圃的申请，并于1994年11月通过验收，正式命名为“国家果树种质沈阳山楂圃”[20]。

1995—2006年，李作轩教授负责山楂圃工作，先后主持国家科技基础条件平台项目中的“山楂种质资源收集、整理与保存”课题及农业部农作物种质资源

保护项目中的“山楂种质繁殖更新及数据库建立”等课题。2003年在农业部支持下，开展了山楂资源圃改扩建工程，山楂圃也在2004—2007年期间陆续搬迁至沈阳农业大学校内天柱山南麓。2006—2008年，由周传生副研究员负责资源圃具体工作。

2008—2022年，山楂资源圃原主任吕德国教授、副主任董文轩教授先后主编了《山楂种质资源描述规范和数据标准》《榛种质资源描述规范和数据标准》，主持制定了农业（农村）部行业标准《农作物种质资源鉴定评价技术规范 山楂》，种质资源的鉴定和评价工作进一步规范化。其间于2016年再次进行了资源圃改扩建工作，资源保存面积扩大至6.0 hm^2，改善了基础设施条件，提升了保存能力。2019年，入选国家园艺种质资源库分库单位。

2022年9月，农业农村部颁布第595号公告，确定第一批国家农作物种质资源库（圃）72个，山楂资源圃入选，并正式更名为“国家山楂种质资源圃（沈阳）”。

目前，山楂资源圃主管部门是农业农村部，依托单位是沈阳农业大学园艺学院。山楂资源圃设主任1人，由依托单位沈阳农业大学校长李斌教授兼任。刘月学教授任执行主任，全面负责资源圃的日常运行管理。资源圃现有工作人员7人，均具有种质资源相关研究或工作经历，其中高级职称5人，中级职称2人。资源圃工作人员岗位职责明确，分别负责圃内材料收集、鉴定、管理、保存、分发等各项日常工作，确保资源圃工作顺利运行。

2 山楂种质资源的保存现状

2.1 山楂资源收集保存总体情况

山楂资源圃主要任务是对国内外山楂种质资源进行有计划的收集、保存和鉴定评价，进而利用收集保存的资源开展相关基础研究，为优异种质的挖掘和利用提供理论支持；同时为全国山楂育种、生产和其他资源利用者提供所需材料。

目前，山楂资源圃占地6.0 hm^2（图1），配有山楂资源保存温室、低温贮藏室等基础设施，保存资源能力为1350份。截至2024年12月，山楂资源圃共保存并编目国内外山楂种质资源420份，其中国外资源13份，共涉及山楂属19个种（表1），是世界上保存山楂属资源最多、最完整的专业圃，也是中国山楂种质资源研究、教学及共享利用等的重要平台，还是农业资源多样性保护科普教育等的重要基地和窗口。

图1 国家山楂种质资源圃（沈阳）

Fig. 1 The National Hawthorn Germplasm Repository (Shenyang)

近6年，山楂资源圃向全国多家科研单位、大专院校及企业提供了种质资源实物和信息服务574份次（表2），获得了良好的社会满意度。

2.2 发掘优异种质

按照《农作物种质资源鉴定评价技术规范 山楂》[21]的标准，山楂资源圃内符合优异种质资源标准的资源有35份，包括软核类型资源3份：开原软籽、新宾软籽及西丰软籽；多倍性早熟资源4份：财红、左伏1号、吉伏1号及沈农伏山楂1号；大果丰产类型资源10份：山东大金星、蒙阴大金星、冯水1号、赣榆2号、磨盘山楂、大绵球、安泽大果、海棠山楂、白瓤绵、京短1号；各地主栽山楂资源6份：大旺、辽红、绛县山楂、红瓤绵、滦红、益都敞口；其他特殊资源12份：秋金星、金如意、红花山楂1号、雾灵紫肉、胜利紫肉、集安紫肉、粉色山楂、彰武山里红、卢龙短枝、平邑大红子、福山铁球、桓仁向阳山楂。

对其中的部分优异资源介绍和说明如下（图2）。

表1　山楂种质资源入圃保存概况

Table 1　Overview of preserving hawthorn germplasm resources in the repository

名称 Name	植物学名称 Botanical name	来源 Origin	资源份数 Accessions
羽裂山楂Yulie Shanzha	*Crataegus pinnatifida*	中国China	49
羽裂山楂大果变种Yulie Shanzha Daguo Bianzhong	*C. pinnatifida* Bge. var. *major*	中国China	315
湖北山楂Hubei Shanzha	*C. hupehensis*	中国China	8
云南山楂Yunnan Shanzha	*C. scabrifolia*	中国China	1
野山楂Ye Shanzha	*C. cuneata*	中国China	2
毛山楂Mao Shanzha	*C. maximowiczii*	中国China	2
毛山楂宁安变种Mao Shanzha Ningan Bianzhong	*C. maximowiczii* var. *ninganensis*	中国China	2
辽宁山楂Liaoning Shanzha	*C. sanguinea*	中国China	5
光叶山楂Guangye Shanzha	*C. dahurica*	中国China	1
伏山楂Fu Shanzha	*C. bretschneideri*	中国China	16
甘肃山楂Gansu Shanzha	*C. kansuensis*	中国China	1
准噶尔山楂Zhungaer Shanzha	*C. songorica*	中国China	2
阿尔泰山楂Aertai Shanzha	*C. altaika*	中国China	4
柔毛山楂Roumao Shanzha	*C. mollis*	捷克Czech Republic	3
绿肉山楂Lürou Shanzha	*C. chlorosarka*	俄罗斯Russia	1
虾夷山楂Xiayi Shanzha	*C. jozana*	日本Japan	1
红花山楂Honghua Shanzha	*C. laevigata*	英国UK	2
单子山楂Danzi Shanzha	*C. monogyna*	保加利亚Bulgaria	2
华盛顿山楂Huashengdun Shanzha	*C. phaenopyrum*	美国USA	1
鸡矩山楂Jiju Shanzha	*C. cruss-galli*	美国USA	1
欧楂Ou Zha	*C.* (*Mespilus*) *germanica*	捷克Czech Republic	1

表2　圃内保存资源共享利用概况

Table 2　Overview of sharing and utilization of resources preserved in the repository

年份 Year	共享利用资源及份数 The quantity and types of hawthorn resources shared and utilized	用户单位 Requesting organization	取得成效 Achievements
2019	平邑大红子、蒙阴大金星、清原磨盘等61份山楂资源 A total of 61 hawthorn resources, including Pingyi Dahongzi, Mengyin Dajinxing, and Qingyuan Mopan	中国农业科学院植物保护研究所、沈阳农业大学、河北省兴隆县山楂产业技术研究院等 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Shenyang Agricultural University; Xinglong County Hawthorn Industry Technology Research Institute of Hebei Province; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；支撑科研成果获辽宁省科技进步二等奖；服务兴隆县山楂产业，助力乡村振兴。 Supported national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Supported scientific research achievements and won the second prize for scientific and technological progress of Liaoning province; Served the hawthorn industry in Xinglong county and assist in rural revitalization.
2020	毛山楂1号，宁安山楂，阿尔泰山楂1号等46份山楂资源 A total of 46 hawthorn resources, including Mao Shanzha No. 1, Ning'an Shanzha, and Altay Shanzha No. 1	北京市农林科学院林业果树研究所、西北农林科技大学等 Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Northwest A & F University; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；服务山东乐华田园综合体特色山楂园建设，助力乡村振兴。 Supported the national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Served the construction of the characteristic hawthorn orchard in Shandong Lehua Rural Complex to boost rural revitalization.
2021	黄果山楂、太平山楂、佳甜等83份山楂资源 A total of 83 hawthorn resources, including Huangguo Shanzha, Taiping Shanzha, Jiatian	山东费县大门山山楂研究所、沈阳农业大学等 Shandong Feixian Damenshan Hawthorn Research Institute; Shenyang Agricultural University; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；服务山东费县大门山山楂研究所，助力乡村振兴。 Supported the national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Served the Shandong Feixian Damenshan Hawthorn Research Institute to advance rural revitalization.
2022	平邑大红子、费县大绵球、兴隆紫肉等85份山楂资源 A total of 85 hawthorn resources, including Pingyi Dahongzi, Feixian Damianqiu, and Xinglong Zirou	山东费县大门山山楂研究所、沈阳农业大学等 Shandong Feixian Damenshan Hawthorn Research Institute; Shenyang Agricultural University; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；服务山东费县大门山山楂研究所，助力乡村振兴。 Supported the national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Served the Shandong Feixian Damenshan Hawthorn Research Institute to advance rural revitalization.

表 2 （续） Table 2 (Continued)

年份 Year	共享利用资源及份数 The quantity and types of hawthorn resources shared and utilized	用户单位 Requesting organization	取得成效 Achievements
2023	林县上口、赣榆2号、辽红等143份山楂资源 A total of 143 hawthorn resources, including Linxian Shangkou, Ganyu No.2, and Liaohong	中国农业科学院加工研究所、山西省农业科学院等 Institute of Food Science and Technology Chinese Academy of Agricultural Sciences; Shanxi Academy of Agricultural Sciences; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；协助辽宁当地山楂产业园建设，助力乡村振兴。 Supported the national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Assisted in the construction of local hawthorn industrial orchards in Liaoning to advance rural revitalization.
2024	窄口、8321、银冶岭9号等156份山楂资源 A total of 156 hawthorn resources, including Zhaikou, 8321, Yinyeling No.9	内蒙古工业大学建筑学院、河北兴隆县农业农村局等 College of Architecture, Inner Mongolia University of Technology; Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Xinglong County, Hebei Province; etc.	支持国家级、省部级等科研项目及相关研究论文；协助辽宁当地山楂产业园建设，助力乡村振兴。 Supported the national and provincial-level scientific research projects and related research papers; Assisted in the construction of local hawthorn industrial orchards in Liaoning to advance rural revitalization.

红花山楂1号[22]：花瓣粉红色，多层。树形优美，花朵颜色艳丽，适于绿化、美化环境。在温暖湿润区域的园林绿化中有产业化前景。

金如意[23]：从小黄红子山楂中选育出的短枝型且早熟的芽变品种，丰产，果实黄色，含酸量低，黄酮含量高，鲜食品质优良，是目前主要推广的山楂品种。

山东大金星（大金星、临沂大金星）[24]：三倍体资源，丰产稳产，果实大，大小整齐，肉质细硬，果实品质中上，耐贮藏，是主栽的山楂品种之一。

雾灵紫肉[25]：也称兴隆紫肉，味酸稍甜，肉质细硬，果肉紫红色，富含花青苷，在果品加工和可食用色素提取中具有产业化前景。

沈农伏山楂1号：三倍体资源，果实早熟，丰产，肉质细软，酸甜适口，鲜食口感佳，可用于山楂观光采摘。

京短1号[26]：北京林果所选育的芽变品种，丰产，果实较大，扁圆形，果肉绿白色，甜酸，肉质细硬，果点明显，萼片开张直立，适于加工制作山楂拉菲儿饮料。

秋金星[27]：丰产，抗寒，适应性强。果实中等大小，果肉粉红色，酸甜适口，香气浓，肉细致密。果实的鲜食品质优良，其加工品特别是山楂汁的品质也表现优良，是主栽的山楂品种之一。

白瓤绵：三倍体品种，丰产，果实大，果点明显，果面微具蜡光，果肉绿白，质地致密，酸甜适口，可食率高。

A. 红花山楂 1 号；B. 金如意；C. 山东大金星（大金星、临沂大金星）；D. 雾灵紫肉；E. 沈农伏山楂 1 号；F. 京短 1 号；G. 秋金星；H. 白瓤绵。

A. Honghua Shanzha 1 Hao; B. Jinruyi; C. Shandong Dajinxing (Dajinxing, Linyi Dajinxing); D. Wulingzirou; E. Shennongfushanzha 1 Hao; F. Jingduan 1 Hao; G. Qiujinxing; H. Bairangmian.

图 2 部分山楂特色资源

Fig. 2 Several specific hawthorn resources

3　保存资源的创新利用

3.1　支撑基础研究

近年来，山楂资源圃支撑了5项国家自然科学基金项目的顺利开展，分别是：①CpMYB62 - CpSWEET1分子模块调控山楂果实糖积累的机制研究（32202428，2023—2025年）、②肠道微生物介导山楂果胶寡糖改善脂质代谢的作用机制与构效关系（32072225，2021—2024年）、③山楂属植物中苹果褪绿叶斑病毒基因组解析及其致病机制研究（31470678，2015—2018年）、④山楂软核性状形成的分子机制研究（31170635，2012—2015年）和⑤山楂黄酮性状的关联分析及功能标记研究（31101515，2012—2014年）。支撑了1项中国博士后科学基金-面上项目：DA-6通过ABA信号介导CpNAC25调控山楂果实类黄酮合成的分子机制（2024—2026年）。

此外，还支撑了省部级项目9项。包括3项农业（农村）部项目：山楂和榛种质资源安全保存及普查收集资源鉴定评价与繁殖编目入圃项目（2019—2022年，项目编号19221885、19210133、19200357、19190178）、山楂种质资源收集、鉴定、编目、更新和保存利用（2010—2018年）和山楂种质资源鉴定评价技术标准制定（2012年）；2项科技部、财政部联合下发的国家科技资源共享服务平台项目：国家园艺种质库沈阳山楂分库项目（2020—2022年，项目编号 NHGRC2022- NH08、NHGRC2021- NH08、NHGRC2020-NH08）和国家农作物种质资源共享服务平台-山楂种质资源共享服务子平台项目（2011—2019年）；1项辽宁省自然科学基金项目：基于2b-RAD技术的山楂高密度遗传图谱构建及黄酮性状的QTL精细定位（20170540804，2017—2019年）；3项辽宁省教育厅项目：miR828-CmMYB12调控山楂果实黄酮醇合成的机制研究（2023—2025年）、采后UV-C处理通过CpMYB15-CpAco3模块促进山楂果实柠檬酸降解的分子机制（2022—2025年，项目编号LJKMZ20221054）和液泡转化酶基因的克隆与鉴定（2017—2021年，项目编号LSNQN201719）。

3.2　近年获得的主要科研成果

经过多年的探索和研究，山楂圃工作人员取得了以下主要科研成果：

（1）山楂资源圃工作人员综合了前人研究结果，并经材料确认后认定中国有山楂属植物20个种7个变种，并强调 *Crataegus pinnatifida* 的中文名称应为羽裂山楂并进行了积极的推广应用[2-3]。

（2）山楂资源圃重视并实现了山楂种质资源保存技术规范化。先后组织人员编写了《山楂种质资源描述规范和数据标准》一书，制定了《农作物种质资源鉴定评价技术规范 山楂》、《山楂种质资源描述规范》等2个农业行业标准和《山楂种质资源的繁殖更新技术规程》，参与制定了国家级库（圃）管理规范和技术规程及林业行业标准《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 山楂属》（LY/T 3208—2020）。在资源的鉴定、保存等各环节都实现了规范化和标准化。

（3）山楂资源圃工作人员通过与张体操团队合作，首次完成了对山楂属植物羽裂山楂大果变种品种秋金星的初测序，并发表了相关文章。研究结果发现，秋金星山楂的基因组大小为823.41 Mb，共编码40 571个基因并将这些基因组装到17条染色体上[28]。

（4）开展了伏山楂起源研究。除羽裂山楂大果变种外，伏山楂是较广泛栽培的一个优异山楂种，具有明显早熟的特点，但其起源及分类地位前期并不明确。质体基因组（Plastome）作为植物细胞中的一个重要组成部分，其结构和序列变异对理解植物的进化历史和系统发育关系至关重要。通过核基因组的SLAF测序[29]和比较叶绿体单倍型及线粒体基因组[30-32]的保守性与结构变异，并利用系统进化分析基本确定了伏山楂的起源是以毛山楂或宁安山楂变种为母本、羽裂山楂为父本通过天然杂交形成的，而且伏山楂是一个多倍体种，只发现有三倍体和四倍体植株，没有发现二倍体植株。此外，伏山楂的分布区域不仅局限于辽宁省和吉林省，在黑龙江省也有分布。

（5）在资源鉴定评价方面，基于SSR分子标记构建了山楂种质资源分子身份证[33]，系统评价了51份山楂种质资源果实颜色与花青苷含量的关系[34]，深入解析了黑色山楂果实类黄酮物质的成分及含量[35]。

（6）在资源果实品质鉴定研究方面，测定了233份山楂种质资源果实的糖酸组分，发现94.7%的山楂为柠檬酸优势型，且大部分资源的葡萄糖含量较高，仅部分资源果实中蔗糖的含量较高[36]；以软肉资源软肉3号和常规栽培品种秋金星为研究材料，发现山楂

果实软化可能与多聚半乳糖醛酸酶、果胶甲酶酶和纤维素酶活性有关[37-38]。

（7）构建出2幅山楂高密度分子遗传图谱，开发了大量SNP分子标记，该图谱是国际上首次建立完成、最高密度的山楂分子遗传图谱[39-41]；在大绵球×秋金星群体中分别发掘了10个和27个与叶片类黄酮含量相关的QTL；共发掘了大绵球× 新宾软籽10个与叶片类黄酮含量相关的QTL；在大绵球×秋金星群体中获得了3个与山奈酚-鼠李糖苷和金丝桃苷含量相关的稳定QTL和3个单核苷酸多态性标记m2172、m516和f258。上述研究结果为山楂果实类黄酮性状的分子辅助育种提供了重要的理论参考。

3.3 支撑产业提升

在推动种质资源优势转化为产业优势和创新优势方面，山楂资源圃协助建立了山东省费县的山楂种质资源圃，协助辽宁省安邦山里红股份有限公司发展山里红（主推品种为秋金星山楂）种植产业，协助山东大门山山楂研究所的金如意山楂示范园区建设技术指导等工作。在筑牢种业振兴的种质资源根基、促进优异山楂种质资源的高效利用和推动山楂产业的可持续发展等方面都发挥了应有作用。

4 展 望

4.1 加强山楂种质资源收集保存

山楂野生种质资源繁多，除表1已列出的编目入圃山楂属各个种的资源外，近期山楂资源圃内也保存了第三次全国农业种质资源普查递交的陕西山楂，以及资源圃通过收集获得的滇西山楂和中甸山楂，这些资源正在鉴定繁殖中。

根据已有报道，还有6个国内分布的山楂种资源尚未获得，分别为山东山楂、北票山楂、光萼山楂、华中山楂、橘红山楂和裂叶山楂。资源圃工作人员将通过调查走访，进一步明确上述资源国内是否还有存留，在可能的情况下收集入圃。

同时，国外野生山楂资源更为繁多，山楂资源圃将加强国外资源，特别是重要资源的进一步引进和收集工作。

4.2 支撑山楂种质资源鉴定评价和挖掘利用

进一步完善伏山楂起源机制的研究，完成山楂资源的鉴定评价系统，挖掘重要性状特别是重要经济性状的控制机制和相关基因。

进一步挖掘山楂果实中对人体健康有益的功能成分，挖掘现有山楂属植物资源在园林绿化中的应用价值并开展推广工作。

4.3 完善山楂种质资源保存技术和共享机制

总结和完善山楂种质资源组织培养保存和超低温保存的技术和方法，使其实用化。此外，针对不耐寒资源还要进行温室保存技术研究。在共享利用方面，除了国家要求的方式和任务外，资源圃人员也要主动寻求其他更为有效的方式。

4.4 探索生物技术在山楂种质创新中的应用

山楂属植物具有一定的自花结实和无融合生殖能力，且其种仁率较低，种子萌发周期长，在很大程度上限制了通过常规杂交育种获得新品种的能力，目前基本无杂交培育获得的山楂品种。下一步将探索通过染色体加倍及胚挽救等生物技术方法辅助山楂新品种培育，推动山楂新品种的研发、推广和应用。

4.5 加强人才培养及团队建设

在人才队伍建设方面，山楂圃将进一步争取引进2名专职科研人员，以利于各方面工作更为顺利地开展，也有利于山楂资源研究团队的进一步壮大。由于山楂圃的主任由依托单位的相关领导担任，因此在团队成员的数量、学历和职称构成上能有保障并不断提升。

参考文献 References：

[1] PHIPPS J B. *Mespilus canescens*，a new rosaceous endemic from Arkansas[J]. Systematic Botany，1990，15(1)：26-32.

[2] 于丽艳，董文轩 . 我国山楂种质资源与育种研究进展[J]. 中国果树，2014(6)：64-67.
YU Liyan，DONG Wenxuan. Research progress of hawthorn germplasm resources and breeding in China[J]. China Fruits，2014(6)：64-67.

[3] 赵焕谆，丰宝田 . 中国果树志-山楂卷[M]. 北京：中国林业出版社，1996：160.
ZHAO Huanzhun，FENG Baotian. Chinese fruit trees：Hawthorn[M]. Beijing：China Forestry Publishing House，1996：160.

[4] 董文轩 . 中国果树科学与实践-山楂[M]. 西安：陕西科学技术出版社，2015.
DONG Wenxuan. Chinese fruit science and practice：Hawthorn[M]. Xi’an：Shaanxi Science & Technology Press，2015.

[5] 辛孝贵，张育明 . 中国山楂种质资源与利用[M]. 北京：中国农业出版社，1997：180.
XIN Xiaogui，ZHANG Yuming. Chinese hawthorn germplasm resources and utilization[M]. Beijing：China Agriculture Press，1997：180.

[6] 阎万英 . 山楂史考[J]. 农业考古，1993(3)：220-223.
YAN Wanying. Research on the history of hawthorn[J]. Agricul-

tural Archaeology，1993(3)：220-223.

[7] 董宁光，王燕，郑书旗，王尚德 . 我国山楂产业现状与发展建议[J]. 中国果树，2022(10)：87-91.
DONG Ningguang，WANG Yan，ZHENG Shuqi，WANG Shangde. Present situation and development suggestions of hawthorn industry in China[J]. China Fruits，2022(10)：87-91.

[8] 刘雪平，赵莉，王靖，崔晓梅，刘凌霄，黄莉 . 山楂加工及综合开发利用研究进展[J]. 保鲜与加工，2024，24(1)：83-89.
LIU Xueping，ZHAO Li，WANG Jing，CUI Xiaomei，LIU Lingxiao，HUANG Li. Research progress on processing and comprehensive development and utilization of hawthorn[J]. Storage and Process，2024，24(1)：83-89.

[9] 农玉萍，于洋 . 红枣山楂蓝莓复合饮料工艺优化及抗氧化活性分析[J]. 食品工业，2025，46(1)：1-7.
NONG Yuping，YU Yang. Process optimization and antioxidant activity analysis of jujube，hawthorn and blueberry compound beverage[J]. The Food Industry，2025，46(1)：1-7.

[10] 贾荣杰，张涵，金新晨，韩迎迎，杜金华 . 发酵和浸泡工艺对山楂酒安全指标的影响[J]. 酿酒，2024，51(1)：53-59.
JIA Rongjie，ZHANG Han，JIN Xinchen，HAN Yingying，DU Jinhua. Effect of fermentation and soaking on hawthorn wine security[J]. Liquor Making，2024，51(1)：53-59.

[11] 贾彬，麦子盈，陈启文，覃思意，王乐琪，严诗楷，李莎莎，肖雪 . 山楂药用价值与上市药品研究进展[J]. 中草药，2023，54(20)：6878-6888.
JIA Bin，MAI Ziying，CHEN Qiwen，QIN Siyi，WANG Leqi，YAN Shikai，LI Shasha，XIAO Xue. Research progress on medicinal value of *Crataegi Fructus* and related marketed drugs[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs，2023，54(20)：6878-6888.

[12] 张倩茹，尹蓉，梁志宏，王贤萍，王俊宇，茹建生，吕英忠 . 山楂功能性成分及其开发利用研究进展[J]. 农产品加工，2020(21)：94-97.
ZHANG Qianru，YIN Rong，LIANG Zhihong，WANG Xianping，WANG Junyu，RU Jiansheng，LÜ Yingzhong. Research progress on functional components and utilization of hawthorn[J]. Farm Products Processing，2020(21)：94-97.

[13] 高远，张立军 . 我国山楂加工产业的现状及发展建议[J]. 中国果菜，2020，40(9)：36-39.
GAO Yuan，ZHANG Lijun. The present situation and development suggestion of hawthorn processing industry in China[J]. China Fruit & Vegetable，2020，40(9)：36-39.

[14] NAZHAND A，LUCARINI M，DURAZZO A，ZACCARDELLI M，CRISTARELLA S，SOUTO S B，SILVA A M，SEVERINO P，SOUTO E B，SANTINI A. Hawthorn (*Crataegus* spp.)：An updated overview on its beneficial properties[J]. Forests，2020，11(5)：564.

[15] 詹琤琤，段时振，李杰 . 中药山楂的化学成分与药理作用研究概况[J]. 湖北中医杂志，2012，34(12)：77-79.
ZHAN Chengcheng，DUAN Shizhen，LI Jie. Overview of chemical constituents and pharmacological effects of hawthorn[J]. Hubei Journal of Traditional Chinese Medicine，2012，34(12)：77-79.

[16] 闫列娟，肖斌，肖霄，胡敏化，蒲国涛 . 山楂叶的药用保健作用与加工利用[J]. 安徽农业科学，2012，40(7)：4053-4054.
YAN Liejuan，XIAO Bin，XIAO Xiao，HU Minhua，PU Guotao. Medical function，health care function and processing use of hawthorn leaf[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2012，40(7)：4053-4054.

[17] 江海燕，黄健聪，付晓 . 药用山楂有效成分和药材与制剂质量分析概述[J]. 中国医药指南，2010，8(18)：59-60.
JIANG Haiyan，HUANG Jiancong，FU Xiao. Overview of the quality analysis of effective components，medicinal materials and preparations of medicinal hawthorn[J]. Guide of China Medicine，2010，8(18)：59-60.

[18] 国家药典委员会 . 中华人民共和国药典-三部 2020 年版[M]. 北京：中国医药科技出版社，2020.
Chinese Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People'S Republic of China-No. 3 Department—2020[M]. Beijing：China Medical Science Press，2020.

[19] 杨祎辰，王二欢，王继强，党艳妮，杨秀，张栏美，海波，马存德 . 药用山楂的历史沿革[J]. 亚太传统医药，2022，18(9)：157-163.
YANG Yichen，WANG Erhuan，WANG Jiqiang，DANG Yanni，YANG Xiu，ZHANG Lanmei，HAI Bo，MA Cunde. History of traditional Chinese medicine crataegi fructus[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine，2022，18(9)：157-163.

[20] 李作轩，张育明，周传生 . 山楂资源圃的建立与山楂种质资源研究概况[J]. 北方果树，2000(6)：4-6.
LI Zuoxuan，ZHANG Yuming，ZHOU Chuansheng. Establishment of hawthorn germ plasm resources nursery and survey of hawthorn germ plasm resources research[J]. Northern Fruits，2000(6)：4-6.

[21] 董文轩，吕德国，赵玉辉，江用文，鲁巍巍，马怀宇，秦嗣军，熊兴平，周传生，朱建淼，李作轩 . 农作物种质资源鉴定评价技术规范 山楂：NY/T 2325—2013[S]. 北京：中国农业出版社，2013.
DONG Wenxuan，LÜ Deguo，ZHAO Yuhui，JIANG Yongwen，LU Weiwei，MA Huaiyu，QIN Sijun，XIONG Xingping，ZHOU Chuansheng，ZHU Jianmiao，LI Zuoxuan. Technical code for evaluating crop germplasm resources—Hawthorn：NY/T 2325—2013[S]. Beijing：China Agriculture Press，2013.

[22] 刘江华 . 金链花和红花山楂扩繁技术和关键栽培技术研究[D]. 北京：北京林业大学，2006.
LIU Jianghua. Studies on propagation and key cultivation technologies of *Laburnum* × *watereri*‘Vossii’and *Crataegus laevigata*‘Paul's scarlet’[D]. Beijing：Beijing Forestry University，2006.

[23] 李朝阳，聂宗省，孙腾飞，吕慧，冉昆 .‘金如意’黄山楂新品种选育及优质高效栽培技术[J]. 果树资源学报，2021，2(2)：83-85.
LI Chaoyang，NIE Zongsheng，SUN Tengfei，LÜ Hui，RAN Kun. Breeding of‘Jinruyi’yellow hawthorn variety and high-

quality and efficient cultivation technology[J]. Journal of Fruit Resources，2021，2(2)：83-85.

[24] 张有功，齐志芹 .“大金星”山楂生长结果习性与栽培技术[J]. 山东林业科技，1982，12(4)：59-67.
ZHANG Yougong，QI Zhiqin. Growth and fruiting habits and cultivation techniques of ‘Da Jinxing’ hawthorn[J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology，1982，12(4)：59-67.

[25] 赵玉亮，金铁娟，梁义春，耿金川，陆凤勤，毕振良，夏文作 . 晚熟红肉山楂优良品种‘雾灵紫肉’的选育[J]. 河北林业科技，2016(2)：17-19.
ZHAO Yuliang，JIN Tiejuan，LIANG Yichun，GENG Jinchuan，LU Fengqin，BI Zhenliang，XIA Wenzuo. A new variety of fine，late-maturing and red-violet color Chinese hawthorn ‘Wuling Zirou’[J]. The Journal of Hebei Forestry Science and Technology，2016(2)：17-19.

[26] 王以莲，王敏，张锐，李荣旗 . 山楂新品系京短 1 号的选育[C]//中国园艺学会成立六十周年纪念暨第六届年会论文集（I果树）. 上海，1989：243-246.
WANG Yilian，WANG Min，ZHANG Rui，LI Rongqi. Breeding of a new hawthorn line Jingduan No.1[C]//China horticultural society proceedings of the 60th anniversary of the founding of the Chinese horticultural society and the 6th annual meeting (I fruit trees). Shanghai，1989：243-246.

[27] 陆凤勤，王海兵 . 秋金星山楂丰产栽培技术[J]. 河北果树，2007(3)：32-33.
LU Fengqin，WANG Haibing. High yield cultivation techniques of Qiu Jinxing hawthorn[J]. Hebei Fruits，2007(3)：32-33.

[28] ZHANG T C，QIAO Q，DU X，ZHANG X，HOU Y L，WEI X，SUN C，ZHANG R G，YUN Q Z，CRABBE M J C，VAN DE PEER Y，DONG W X. Cultivated hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major*) genome sheds light on the evolution of Maleae (apple tribe)[J]. Journal of Integrative Plant Biology，2022，64(8)：1487-1501.

[29] DU X，ZHANG X，BU H D，ZHANG T C，LAO Y C，DONG W X. Molecular analysis of evolution and origins of cultivated hawthorn (*Crataegus* spp.) and related species in China[J]. Frontiers in Plant Science，2019，10：443.

[30] YU L Y，WANG Z H，DU X，DONG W X. *Crataegus bretschneideri* (Rosaceae)，a separate species endemic to Northeast China[J]. Nordic Journal of Botany，2022，2022(3)：e03425.

[31] ZHANG X，LI P H，WANG J，FU D X，ZHAO B P，DONG W X，LIU Y X. Comparative genomic and phylogenetic analyses of mitochondrial genomes of hawthorn (*Crataegus* spp.) in Northeast China[J]. International Journal of Biological Macromolecules，2024，272(Pt 1)：132795.

[32] ZHANG X，SUN X Y，LI T，WANG J，XUE M L，SUN C，DONG W X. Chloroplast genomes and nuclear sequences reveal the interspecific relationships of *Crataegus bretschneideri* C. K. Schneid. and related species in China[J]. Tree Genetics & Genomes，2022，18(3)：24.

[33] 张枭，杜潇，孙馨宇，王键，董文轩 . 利用 SSR 标记构建部分山楂资源的基因身份证[J]. 沈阳农业大学学报，2021，52(2)：153-159.
ZHANG Xiao，DU Xiao，SUN Xinyu，WANG Jian，DONG Wenxuan. Construction of molecular identity for partial *Crataegus* resources based on SSR markers[J]. Journal of Shenyang Agricultural University，2021，52(2)：153-159.

[34] 李培富，孙馨宇，王键，付东旭，董文轩，刘月学，张枭 . 山楂种质资源果实颜色与花青苷含量的关系[J]. 植物遗传资源学报，2024，25(1)：72-83.
LI Peihao，SUN Xinyu，WANG Jian，FU Dongxu，DONG Wenxuan，LIU Yuexue，ZHANG Xiao. Relationship of fruit color and anthocyanin content of hawthorn germplasm resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2024，25(1)：72-83.

[35] 张枭，李培富，王键，付东旭，赵柏棚，董文轩，刘月学 . 黑色与红色毛山楂果实类黄酮化合物差异分析[J]. 沈阳农业大学学报，2023，54(4)：413-421.
ZHANG Xiao，LI Peihao，WANG Jian，FU Dongxu，ZHAO Baipeng，DONG Wenxuan，LIU Yuexue. Analysis of the difference in flavonoid compounds between black and red hawthorn fruits[J]. Journal of Shenyang Agricultural University，2023，54(4)：413-421.

[36] 黄闪闪 . 部分山楂种质资源重要果实性状的评价研究[D]. 沈阳：沈阳农业大学，2017.
HUANG Shanshan. Evaluation of the important fruit characters about hawthorn germplasm resources[D]. Shenyang：Shenyang Agricultural University，2017.

[37] XU J Y，ZHAO Y H，ZHANG X，ZHANG L J，HOU Y L，DONG W X. Transcriptome analysis and ultrastructure observation reveal that hawthorn fruit softening is due to cellulose/hemicellulose degradation[J]. Frontiers in Plant Science，2016，7(10)：1524.

[38] 王碧君，杨淮策，焦洋，李怒非，董文轩，侯亚莉 . 不同软化速率山楂果实软化相关酶活性分析[J]. 北方园艺，2023(9)：23-28.
WANG Bijun，YANG Huaice，JIAO Yang，LI Nufei，DONG Wenxuan，HOU Yali. Softening related enzymes activity analysis of hawthorn fruit with different softening progress[J]. Northern Horticulture，2023(9)：23-28.

[39] SU K，LI D H，LIU Y P，SHI X C，ZHAO Y H，GUO Y S. Quantitative trait locus mapping of hawthorn flavonoid content based on high-density linkage map[J]. Scientia Horticulturae，2024，331：113174.

[40] ZHAO Y H，SU K，WANG G，ZHANG L P，ZHANG J J，LI J P，GUO Y S. High-density genetic linkage map construction and quantitative trait locus mapping for hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge)[J]. Scientific Reports，2017，7：5492.

[41] ZHAO Y H，ZHAO Y D，GUO Y S，SU K，SHI X C，LIU D，ZHANG J J. High-density genetic linkage-map construction of hawthorn and QTL mapping for important fruit traits[J]. PLoS One，2020，15(2)：e0229020.