果 树 学 报 2025，42（11）：2511-2521
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250174

国家寒地果树种质资源圃（公主岭）的寒地果树种质资源收集保存与创新利用进展

李红莲，王珊珊，王利新，宋宏伟，张艳波，
李粤渤，王雪松，郭文荣，赵晨辉*，梁英海*

（吉林省农业科学院（中国农业科技东北创新中心）果树研究所，吉林公主岭 136100）

摘 要：国家寒地果树种质资源圃（公主岭）是我国保存抗寒果树种质资源种类最全、数量最多的区域性资源圃。截至2024年底，已收集保存14科25属95种共计1609份抗寒果树种质资源。资源共享利用为国内有关单位科研立项、品种选育、基础研究、标准制定及果树生产等提供了有力支撑，在助力品种优化及产业升级、脱贫致富和乡村振兴中发挥了重要作用。本文回顾了资源圃建设及发展历程，总结了近20年来寒地果树种质资源的收集保存及创新利用取得的成绩，并对未来研究方向进行了展望，以期为我国寒地果树种质资源的高效利用及产业可持续发展提供参考和指导。

关键词：寒地；果树资源；收集；保存；创新利用

中图分类号：S66　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1009-9980(2025)11-2511-11

Progress of collection, conservation and innovative utilization of Cold-region fruit tree resources in the National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling)

LI Honglian, WANG Shanshan, WANG Lixin, SONG Hongwei, ZHANG Yanbo, LI Yuebo, WANG Xuesong, GUO Wenrong, ZHAO Chenhui*, LIANG Yinghai*

（*Institute of Pomology, Jilin Academy of Agricultural Sciences (Northeast Agricultural Research Center of China), Gongzhuling 136100, Jilin, China*）

Abstract: Cold-region fruit trees encompass arbors and sub-arbors cultivated under open-field conditions in cold regions, as well as shrubs and vines that are capable of thriving, flowering, and fruiting normally with minimal winter protection measures. The cold region represents the northernmost area for fruit cultivation in China, distinguished by harsh climatic conditions. The annual average temperature ranges from 3.2 to 7.8 ℃, with summer (July) averages 22.9 ℃. In winter (January), temperatures plummet to −22.7 ℃, and extreme minimum temperatures can reach as low as −45 ℃. The frost-free period typically extends for 110 to 150 days. This region includes several northern provinces of China, covering approximately one-eighth of the country's total land area. The region spans Heilongjiang, Jilin, the northern area of Liaoning, the eastern four leagues of Inner Mongolia, the Bashang area of Hebei, the northern area of Ningxia, the northwestern of Gansu, and the northern area of Xinjiang. Cold-region fruit tree resources exhibit remarkable cold resistance, forming a critical material foundation for the development of novel cold-resistant fruit tree varieties. The National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling) serves as the most comprehensive regional repository in China for preserving cold-resistant fruit tree germplasm resources, with the widest spe-

收稿日期：2025-03-31　　**接受日期**：2025-05-06

基金项目：农业种质资源普查收集、保护鉴定服务（19240422）；国家科技资源共享服务平台项目（国家园艺种质公主岭寒地果树分库运行服务）（NHGRC2024-NH09）

作者简介：李红莲，女，副研究员，硕士，研究方向为抗寒果树资源。E-mail：lhl1129@126.com

*通信作者 Author for correspondence. E-mail：yinghailiang365@sina.com；E-mail：365308770@qq.com

cies and largest quantity. By December 2024, the genebank had collected a total of 1609 accessions of cold-resistant fruit tree resources, encompassing 14 families, 25 genera, and 95 species, including apples, pears, plums, apricots, hawthorns, cranberries, raspberries, gooseberries, seabuckthorns, kiwifruit, and others. As a key national platform, the National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling) has provided substantial support to domestic institutions in scientific research projects, application of achievements, variety breeding, academic publications, standard formulation, and fruit production, playing a pivotal role in variety optimization and industrial upgrading. It has also contributed significantly to rural poverty alleviation and industrial revitalization. Over the past two decades, the National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling) has offered resource sharing and data services to 182 users nationwide, including universities, research institutes, government agencies, enterprises, and farmers. It has cumulatively provided 4651 and 6865 instances of resource and information sharing services, respectively. These resources have primarily been utilized for foundational research, variety breeding, industrial development, rural revitalization, and science communication. The National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling) has supported more than 270 research projects, developed 49 novel fruit tree varieties, established 21 industry and local standards, obtained 5 national invention patents, published over 150 academic papers, and released 39 books. Additionally, it has received 22 provincial and ministerial-level scientific and technological awards. Furthermore, the National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling) has provided 12 specialized technical services, conducted 40 science communication activities involving 2181 participants, organized 52 technical training sessions for 3422 participants, and hosted 2195 visits and exchanges. The cumulative economic benefits generated exceed 130 billion CNY, significantly promoting technological progress and economic development in the cold-region fruit tree industry. This article presents a systematic review of the establishment and development history of the National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling), summarizes the current status of collection and conservation of cold-region fruit tree germplasm resources as well as achievements in innovative utilization over the past two decades, and outlines future research directions. It seeks to provide scientific references and guidance for the efficient utilization of cold-region fruit tree germplasm resources and the sustainable development of the industry in China.

Key words: Cold region; Fruit tree resources; Collection; Conservation; Innovative utilization

寒地果树指在寒冷地区露地栽培的乔木、亚乔木及简易防寒后可正常生长、开花结果的灌木及藤本类树种。寒地是我国果树栽培的最北区域，气候严寒，年平均气温介于3.2~7.8 ℃，夏季（7月）平均气温为22.9 ℃，而冬季（1月）则低至−22.7 ℃，极端最低气温为−45 ℃，无霜期为110~150 d。该区域包括我国北方多个省份，约占国土面积的1/8[1]，涵盖黑龙江、吉林、辽宁北部、内蒙古东四盟、河北坝上地区及宁夏北部、甘肃西北部、新疆北疆等地区[2]。寒地果树资源具有抗寒的重要特性，是抗寒果树新品种选育的重要物质基础。

国家寒地果树种质资源圃（公主岭）（以下简称“寒地果树圃”）位于吉林省公主岭市，依托单位为吉林省农业科学院（中国农业科技东北创新中心）。该院自1949年便启动了果树种质资源研究，由顾模先生牵头对东北地区果树资源进行了系统调查，共收集苹果、梨、葡萄、李、杏、草莓、树莓、醋栗等抗寒果树资源300多份，并编撰了《东北中部果树资源的调查》[3]。在此基础上，于1955年建立我国首个寒地果树原始材料圃，为后续寒地果树圃建设奠定了坚实基础。1979年，中国农业科学院于重庆市主持召开“全国果树科研规划会议”，明确了果树种质资源保存的全国统一规划，决定设立国家种质资源圃[4]，同年着手开展寒地果树资源圃建设；1986年，该圃通

过农业部验收；1987年“国家果树种质公主岭寒地果树圃”正式挂牌，占地6.89 hm^2，保存寒地果树种质资源达570份，成为首批国家16个果树资源圃之一。

寒地果树圃在1983—1986年的第二次全国农作物种质资源普查中，收集保存果树资源150余份；2020—2023年，参加第三次全国农作物种质资源普查，收集果树资源180份并入圃保存；寒地果树圃历经2003年、2014年两次改扩建，显著提升了基础设施和资源保存能力。2005年，被农业部命名为“公主岭寒地果树资源重点野外科学观测实验站”；2022年，国家寒地果树种质资源圃入选第一批国家农作物种质资源库圃（图1），累计收集保存资源达1560份。截至2024年底，寒地果树圃收集保存果树种质资源达1609份（图2），成为我国保存抗寒果树种质资源种类及数量最多的区域性资源圃。

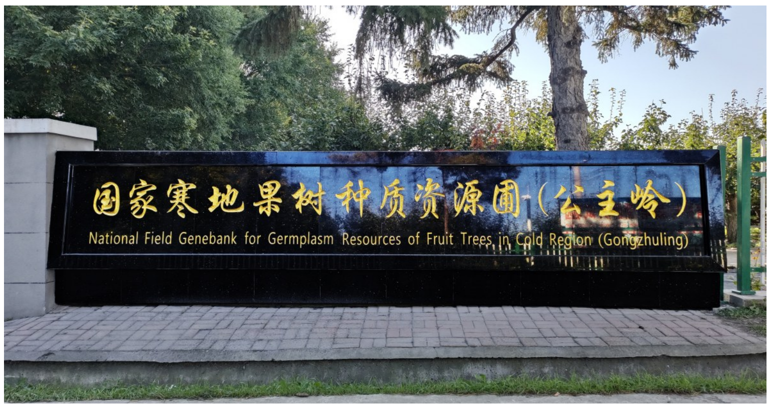

图1 国家寒地果树种质资源圃（公主岭）

Fig. 1 National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling)

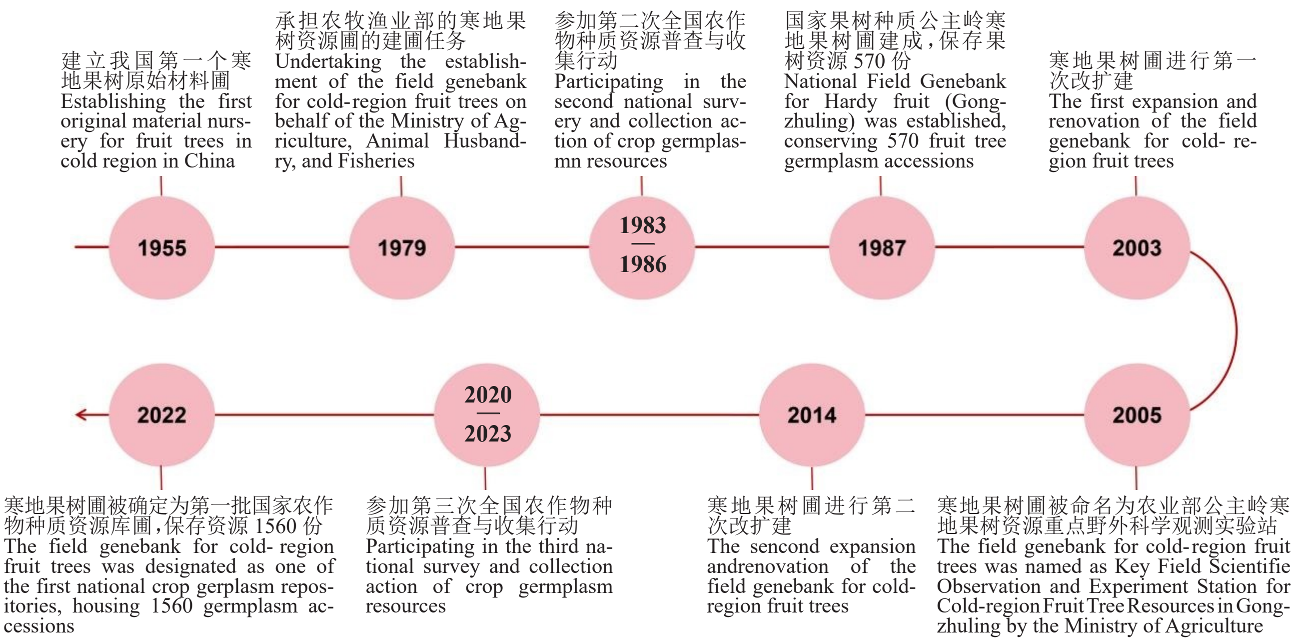

图2 国家寒地果树种质资源圃（公主岭）的建设与发展历程

Fig. 2 Construction and development history of National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling)

本文系统总结了近20年来寒地果树圃在资源收集保存及资源创新利用所取得的成绩，并对未来的研究方向进行了展望，以期为我国寒地果树种质资源的有效利用和产业发展提供参考和指导。

1 保存现状

1.1 寒地果树资源收集保存总体情况

寒地果树圃现保存资源14科25属95种1609份

（表1）。本圃是我国独有的遗传多样性极其丰富的抗寒果树种质资源库。其中，国内资源广泛收集于吉林、黑龙江、辽宁、内蒙古、新疆、河北等省区，占保存总量的79.3%，其中东北地区资源占比达到75.6%；国外资源收集于俄罗斯、波兰、美国、日本、加拿大等国家，共333份资源，占资源总量的20.7%。依照相关树种《种质资源描述规范和数据标准》[5-13]规定的内容和方法，对收集的抗寒果树资源按基本信息、形态特征、农艺性状及果实性状等进行系统鉴定和编目，目前已完成1260份资源的编目入库工作。

表1 国家寒地果树种质资源圃（公主岭）资源保存概况

Table 1 Summary of conservation status of germplasm resources at National Field Genebank for Germplasm Resources of Fruit Trees in Cold Region (Gongzhuling)

序号 No.	科 Family	属/亚属 Genus/Subgenus	树种 Tree species	种数量 Number of species	保存资源份数 Number of accessions	国内资源份数 Number of domestic resources	国外资源份数 Number of foreign resources
1	蔷薇科 Rosaceae	苹果属 *Malus*	苹果 Apple	12	507	430	77
		梨属 *Pyrus*	梨 Pear	4	249	242	7
		山楂属 *Crataegus*	山楂 Hawthorn	5	43	42	1
		李属 *Prunus* 李亚属 *Prunus*	李 Plum	6	198	194	4
		李属 *Prunus* 杏亚属 *Armeniaca*	杏 Apricot	3	90	90	0
		李属 *Prunus* 樱亚属 *Cerasus*	樱桃 Cherry	4	15	13	2
			欧李 Chinese dwarf cherry	1	21	21	0
		李属 *Prunus* 桃亚属 *Amygdalus*	桃 Peach	1	1	1	0
			扁桃 Almond	1	1	1	0
		李属 *Prunus* 稠李亚属 *Padus*	稠李 Bird cherry	1	2	2	0
		花楸属 *Sorbus*	花楸 Sorbus	1	3	1	2
		腺肋花楸属 *Aronia*	腺肋花楸 Chokeberry	1	13	1	12
		唐棣属 *Amelanchier*	唐棣 Serviceberry	1	1	0	1
		扁核木属 *Prinsepia*	扁核木 Prinsepia	1	1	1	0
		蔷薇属 *Rosa*	蔷薇 Rose	4	8	8	0
		悬钩子属 *Rubus*	树莓 Raspberry	9	58	14	44
		草莓属 *Fragaria*	草莓 Strawberry	6	29	27	2
		蛇莓属 *Duchesnea*	蛇莓 Mock strawberry	1	1	1	0
2	茶藨子科 Grossulariceae	茶藨子属 *Ribes*	穗醋栗 Currant	9	133	53	80
			醋栗 Gooseberry	1	3	2	1
3	胡颓子科 Elaeagnaceae	沙棘属 *Hippophae*	沙棘 Sea buckthorn	1	57	23	34
4	杜鹃花科 Ericaeae	越橘属 *Vaccinium*	越橘 Blueberry	5	45	3	42
5	猕猴桃科 Actinidiaceae	猕猴桃属 *Actinidia*	猕猴桃 Kiwifruit	3	35	35	0
6	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 *Lonicera*	蓝果忍冬 Blue honeysuckle	1	34	23	11
7	葡萄科 Vitaceae	葡萄属 *Vitis*	葡萄 Grape	3	20	14	6
8	桦木科 Betulaceae	榛属 *Corylus*	榛 Hazelnut	2	15	15	0
9	五福花科 Adoxaceae	荚蒾属 *Viburnum*	荚蒾 Viburnum	3	9	2	7
10	桑科 Moraceae	桑属 *Morus*	桑 Mulberry	1	8	8	0
11	胡桃科 Juglandaceae	胡桃属 *Juglans*	胡桃 Walnut	1	3	3	0
12	茄科 Solanaceae	枸杞属 *Lycium*	枸杞 Goji	1	3	3	0
13	五味子科 Schisandraceae	五味子属 *Schisandra*	五味子 Chinese magnolia vine	1	2	2	0
14	小檗科 Berberidaceae	小檗属 *Berberis*	小檗 Barberry	1	1	1	0
合计 Total				95	1609	1276	333

1.2 寒地果树特色资源

通过建立完整的种质资源鉴定评价体系，系统开展种质资源形态特征、生物学特性、果实品质特性、抗逆性等综合评价，挖掘了一批特色优异种质资源（图3）。

苹果野生资源——山楂海棠[*Malus komorovii*

A. 山楂海棠；B. 黄干核李；C. 单花梨；D. 库叶悬钩子；E. 狗枣猕猴桃；F. 笃斯越橘。

A. *Malus komorovii* (Sarg.) Rehd.; B. *Prunus salicina* Lindl.; C. *Pyrus ussuriensis* Maxim.; D. *Rubus sachalinensis* Lévl.; E. *Actinidia kolomikta* (Rupr. et Maxim.) Maxim.; F. *Vaccinium uliginosum* L..

图3　部分特色资源

Fig. 3　Some characteristic resources

（Sarg.）Rehd.]，列入国家重点保护野生植物名录，该资源抗寒、高抗苹果腐烂病，并具有矮生性状[14]；苹果矮化中间砧——GM256 [*Malus prunifolia*（Willd.）Barkh.]，抗寒、矮化。梨资源——单花梨（*Pyrus ussuriensis* Maxim.），抗寒，具有独特的花序单花特性。

李资源——黄干核李（*Prunus salicina* Lindl.）是含乌苏里李血缘的中国李农家品种，该资源极抗寒[15]、果实风味浓郁，是抗寒和风味育种的宝贵材料。杏资源——辽杏[*Armeniaca mandshurica*（Maxim.）Skv.]，作为东北原生种，是栽培杏的优良抗性砧木，其树体高大，花枝繁茂，观赏价值高。

小浆果资源——蓝果忍冬（*Lonicera caerulea* Linn. var. *edulis* Regel.），极抗寒，耐瘠薄。果实深蓝色，富含花青素；库叶悬钩子（*Rubus sachalinensis* Lévl.），是栽培种树莓的野生近缘种，抗寒、抗旱，耐瘠薄；狗枣猕猴桃[*Actinidia kolomikta*（Rupr. et Maxim.）Maxim.]，是最抗寒的野生猕猴桃种类之一，可耐受−45 ℃的低温，因叶片在生长期呈现绿、白、粉、褐色变化，极具观赏价值；笃斯越橘（*Vaccinium uliginosum* L.），是杜鹃花科越橘属中最抗寒的种，集中分布于中国长白山和大、小兴安岭地区。

2　创新利用

2.1　支撑基础研究

针对寒地果树圃种质资源，本研究团队开展了果树资源表型鉴定评价及优异资源筛选、香气成分分析、DNA指纹图谱构建及遗传多样性分析、抗寒性鉴定等方面的研究。

为规范开展寒地果树种质资源鉴定评价、优异资源筛选及共享利用信息服务，制定了穗醋栗、沙棘、树莓和越橘的《种质资源描述规范和数据标准》[5-8]，参与制定苹果、梨、山楂等《种质资源描述规范和数据标准》系列技术规范[9-13]。筛选出具有抗寒、抗旱、抗病、抗虫、红叶、重瓣、矮化、早熟及晚熟

等特征的优异资源120份[16-21]。开展品质性状鉴定，从李资源鉴定出63种香气成分[22]。利用SSR标记技术构建了悬钩子属资源DNA指纹图谱，通过UPGMA聚类揭示野生牛迭肚与栽培品种资源遗传距离较远，形成明显分化类群[23]。对苹果抗寒性鉴定发现，可溶性糖及束缚水/自由水比值与温度呈显著负相关，确立了半致死温度及电解质渗出率稳定阈值[24]；利用苹果一年生枝冰冻胁迫下转录组数据，通过加权基因共表达网络分析（WGCNA），发现共表达模块7中的基因与抗寒苹果金红冰冻胁迫密切相关，CBF转录因子在冻害胁迫中起重要作用[25]。此外，还揭示了甲硫氨酸和碳水化合物代谢在维持细胞膜稳态中起关键作用。这些发现为苹果一年生枝条表皮冻害耐受性的基因表达模式和转录调控提供了新的见解，为苹果抗寒分子机制研究提供了重要参考[25]。利用金冠苹果基因组数据，在金冠苹果中识别出17个脱水素基因（MD-DHN），结合枝条低温胁迫下转录组数据，发现11个MD-DHN响应苹果冷胁迫和冰冻胁迫，其中10个MD-DHN在抗寒金红苹果中高表达，为苹果抗寒逆境胁迫生理与脱水素基因功能研究奠定了基础[26]。

近20年来，寒地果树圃向科研单位和大学提供资源材料，支撑开展相关研究。Zhang等[27]对寒地小苹果资源进行香气成分的研究，共检测出92种香气成分，其中醇类、酯类、醛类、萜烯类构成主要香气特征。高源等[28-29]开展苹果属植物起源进化、亲缘关系及遗传多样性研究，结果发现，楸子遗传多样性指数（I=2.446）显著高于以往研究的苹果属植物，群体结构分析揭示中国苹果存在双系起源特征；寒地苹果群体分析进一步验证中国苹果与楸子遗传关系较近，栽培种间存在基因渗透[30]。李天忠团队[31]开展了苹果资源自交不亲和S基因型的研究，探讨了品种来源与S基因型的联系，为果树合理配置授粉树及杂交育种亲本选择提供科学依据。开展了梨资源矿质元素研究，结果表明果实K含量占12种矿质元素总量的79.1%，果皮Na和果肉Ca含量呈现最大变异[32]；利用ISSR标记检测到杏资源多态性位点比例达96.5%，同时证实了辽杏与普通杏遗传分化显著[33]；开展李资源遗传多样性及亲缘关系研究，发现吉林地区李资源遗传多样性最高，揭示地理分布与遗传结构存在一定的相关性[34]。

2.2 支撑新品种选育

截至目前，寒地果树圃已向全国25个育种团队提供优良亲本资源644份次。已成功选育出15个梨、13个李、13个苹果、4个草莓、2个杏以及2个醋栗在内的49个果树新品种[35-51]（图4）。这些果树品种中多数已成为寒地果树生产更新换代的主导品种，极大地促进了果树产业发展。

2.3 支撑其他科研工作

2005年以来，寒地果树圃为全国182个用户提

A. 寒红梨；B. 龙园洋红；C. 吉早黄李；D. 龙园早桃李；E. 一品丹枫；F. 红凤；G. 龙丰；H. 秋露。

A. Hanhongli; B. Longyuanyanghong; C. Jizaohuangli; D. Longyuanzaotaoli; E. Yipindanfeng; F. Hongfeng; G. Longfeng; H. Qiulu.

图4 部分果树新品种

Fig. 4 Some novel varieties of fruit trees

供了资源实物和数据共享服务，累计资源实物共享4651份次、信息共享6865份次。支撑科研立项270余项，制定行业及地方标准21项，授权国家发明专利5项，发表学术论文150余篇，出版著作39部；获省部级以上科技奖励22项。

2.4　支撑产业提升

利用优异资源选育的苹果（金红、塞外红）、梨（寒红）、李（吉胜）及梨地方品种（苹果梨、南果梨），在我国寒地的果树产区得到广泛的推广与应用。推广面积达33.3万hm^2，创造近千亿元的经济效益。近年来，塞外红、吉胜以及龙丰等品种展现出了强劲的发展势头，栽培面积迅速扩大，经济效益显著。

这些优良品种的广泛应用，极大地推动了寒地果树产业发展，增强了果品市场竞争力，还带动了果品加工、贮藏、运输等相关产业链发展，为当地经济注入了新的活力与增长点，有力支撑了乡村振兴。

2.5　科普培训服务情况

2005—2024年，寒地果树圃通过实施日常性服务、展示性服务、针对性服务、需求性服务、引导性服务及跟踪性服务等六种服务模式，为果树产业的繁荣发展奠定了坚实基础。科普教育与专业技术培训服务在此期间实现了从被动到主动的转变，推动了果树产业的科技进步与产业升级。

在科普服务领域，寒地果树圃策划并实施了40余项高质量科普活动，累计惠及2181人次。这些活动围绕寒地果树种质资源、栽培管理及病虫害综合防控等关键议题，采用通俗易懂的表达方式，激发了大众对果树科学的兴趣。科普活动持续实施加深了公众对寒地果树种质资源的了解，促进了种质资源科学知识的传播，为种质资源保护利用奠定了社会基础，赢得了社会广泛赞誉。

在专业技术培训方面，寒地果树圃成功举办52场专业研讨会与培训班，累计培训3422人次。培训涵盖寒地果树优异资源及品种推介、果树栽培与管理技术及病虫害绿色防控技术等重要内容。通过理论与实践结合的教学方式，采用现场示范、案例分析与互动讨论等形式，显著提升了参训人员的专业技能与理论素养，培养了一批高素质专业人才。

此外，积极开展寒地果树资源圃参观、来访及交流活动，接待来自国内外政府、高校、科研院所、企业、农民专业合作社等社会各界人士2195人次，增强了寒地果树圃国内外影响力，促进了寒地果树种质资源科学发展。

3　展　望

寒地果树圃自建立以来，在国家、吉林省有关部门的大力支持下，资源保存技术和圃地基础设施不断完善，保存资源不断丰富，为果树基础研究、育种、产业发展及科普宣传等提供了良好的物质基础和技术保障。但寒地果树产业的快速发展和市场需求的不断提升，对寒地果树资源工作提出了更高的要求。因此，寒地果树圃在确保种质资源安全保存的基础上，将从以下几个方面继续开展工作：

3.1　加强寒地果树种质资源收集保存

随着城镇化进程加速及新品种推广等因素影响，野生资源和地方品种面临严重消失风险。同时国外资源收集力度不足，种质资源的多样性不够丰富。针对这些问题，寒地果树圃将重点采取以下措施：一是进一步加强古老、珍稀、濒危的野生及地方品种资源的调查，全面掌握珍稀濒危资源的分布区域及生长条件，及时进行原生境保护和异地入圃保存，保障重要果树资源的安全；二是寒地果树圃保存的14科25属95个种资源，大部分为蔷薇科资源，还需要进一步收集杜鹃花科、胡颓子科、茶藨子科、猕猴桃科等资源野生近缘种及种下类型，丰富寒地果树种质资源遗传多样性；三是加大国外代表性或具重大利用潜力种质资源的收集力度，通过定期与不定期海外考察、依托国际学术会议及技术交流平台等渠道，多元化引进优异资源，进一步完善寒地果树资源圃建设，为产业可持续发展提供资源保障。

3.2　寒地果树种质资源鉴定评价和挖掘利用

寒地果树圃是我国保存抗寒果树种质资源种类最全、数量最多的资源圃，但种质资源规范性评价及研究仍有待深入。一是持续开展种质资源表型性状鉴定，建设寒地果树种质资源表型性状数据库，实现种质资源数字化管理与应用，提升种质资源分发利用共享服务水平；二是加强性状精准鉴定、分子标记及优异基因挖掘基础研究，从服务果树育种和产业发展角度，了解制约发展的“瓶颈问题”和“痛点问题”，针对果树产业缺乏抗寒、抗病、优质丰产、耐贮运、加工性能优良品种资源的现状，深入开展寒地小苹果、秋子梨等资源精准鉴定评价，挖掘符合需求的优异种质资源，创制具有多个优良性状聚合的种质，满足寒地果树育种和产业发展对优良种质迫切需

求。

3.3 完善寒地果树种质资源保存技术和共享机制

当前，寒地果树圃资源保存仍以田间保存为主，易受自然灾害威胁，保存风险较高；同时，共享利用机制不健全，反馈不积极，缺乏互惠性。为提升资源安全保存与高效利用水平，亟须优化保存技术并完善共享机制。为此，笔者将采取以下措施：一是采取多元化保存技术，强化圃内资源动态监测，防控重大病虫害，规范种质资源田间管理，及时更新复壮低活力种质，研究原位与异位保存技术，提高野生珍稀濒危资源活力；二是制定规范的种质资源共享机制，明确互惠原则，持续跟踪评估资源利用成效，促进寒地果树优异种质资源的高效共享与利用。

3.4 加强人才培养及团队建设

寒地果树圃现有固定科研人员10人，包括研究员2人、副研究员3人、助理研究员1人及研究实习员4人，形成了老中青相结合的人才梯队，能够胜任种质资源收集、鉴定评价、编目、繁殖更新与分发利用工作。然而，现代果树种质资源研究已从传统的表型鉴定向基因组学、生物信息学等前沿领域拓展，需要遗传学、生物技术、气象学、生态学、数据科学等多学科的深度融合，应引进生物信息学和数据分析专家，应对高通量组学数据爆炸式增长带来的挑战，提升种质资源数字化评价和利用效率，逐步考虑设立资源收集与保存、性状评价与基因挖掘、育种技术创新、栽培管理等若干研究小组；依托国家种质资源研究平台，整合果树学、分子生物学及人工智能等多领域专家，组建跨学科协同创新团队，针对种质资源创新及智能化管理等关键问题，开展系统性联合攻关。

参考文献 References：

[1] 束怀瑞 . 果树产业可持续发展战略研究[M]. 济南：山东科学技术出版社，2013.
SHU Huairui. Study on sustainable development strategy for fruit industry[M]. Jinan：Shandong Science & Technology Press，2013.

[2] 周恩 . 寒地果树栽培[M]. 上海：上海科学技术出版社，1982.
ZHOU En. Cold region fruit tree cultivation[M]. Shanghai：Shanghai Scientific & Technical Publishers，1982.

[3] 顾模 . 东北中部果树资源的调查[M]. 北京：科学出版社，1956.
GU Mo. Investigation of fruit tree resources in Central Northeast China[M]. Beijing：Science Press，1956.

[4] 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.

[5] 张冰冰，宋洪伟 . 穗醋栗种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
ZHANG Bingbing，SONG Hongwei. Descriptors and data standard for currant (*Ribes* L.)[M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[6] 宋洪伟，张冰冰 . 沙棘种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
SONG Hongwei，ZHANG Bingbing. Descriptors and data standard for seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.)[M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[7] 张冰冰，宋洪伟 . 树莓种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2013.
ZHANG Bingbing，SONG Hongwei. Descriptors and data standard for raspberry (*Rubus* L.) [M]. China Agricultural Science and Technology Press，2013.

[8] 宋洪伟，张冰冰 . 越橘种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2013.
SONG Hongwei，ZHANG Bingbing. Descriptors and data standard for blueberry (*Vaccinium* L.) [M]. China Agricultural Science and Technology Press，2013.

[9] 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.

[10] 曹玉芬，刘凤之，胡红菊，张冰冰 . 梨种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
CAO Yufen，LIU Fengzhi，HU Hongju，ZHANG Bingbing. Descriptors and data standard for pear (*Pyrus* spp.) [M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[11] 吕德国，李作轩 . 山楂种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
LÜ Deguo，LI Zuoxuan. Descriptors and data standard for hawthorn (*Crataegus* spp.) [M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[12] 郁香荷，刘威生 . 李种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
YU Xianghe，LIU Weisheng. Descriptors and data standard for plum[M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[13] 刘宁，刘威生 . 杏种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业出版社，2006.
LIU Ning，LIU Weisheng. Descriptors and data standard for apricot (*Armeniaca* Mill.) [M]. Beijing：China Agriculture Press，2006.

[14] 张冰冰，刘慧涛，宋洪伟，张艳波，陶蕊 . 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.

ZHANG Bingbing，LIU Huitao，SONG Hongwei，ZHANG Yanbo，TAO Rui. Progress in studies and utilization of hardy fruit germplasm resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2006，7(1)：123-128.

[15] 张静茹，陆致成，关述杰 . 东北高寒地区的李资源[J]. 中国果树，1997(4)：44-45.
ZHANG Jingru，LU Zhicheng，GUAN Shujie. Plum resources in the northeastern cold region[J]. China Fruits，1997(4)：44-45.

[16] 陶蕊，宋洪伟，李莉，梁应海，张冰冰 . 水分胁迫对山梨净光合速率和光合有效辐射的影响[J]. 现代农业科学，2008(12)：41-42.
TAO Rui，SONG Hongwei，LI Li，LIANG Yinghai，ZHANG Bingbing. The effect of water stress on net photosynthetic rate and photosynthetically active radiation (PAR) of sorb[J]. Modern Agricultural Sciences，2008(12)：41-42.

[17] 卢明艳，梁英海，赵晨辉，苏斯瑶，宋洪伟，张冰冰 . 山楂海棠杂交后代苹果腐烂病抗性评价[J]. 北方园艺，2014(6)：115-117.
LU Mingyan，LIANG Yinghai，ZHAO Chenhui，SU Siyao，SONG Hongwei，ZHANG Bingbing. Evaluation of resistance of *Malus komarovii* (Sarg.) Rehd. hybrid to *Valsa ceratosperma*[J]. Northern Horticulture，2014(6)：115-117.

[18] 卢明艳，赵晨辉，苏斯瑶，李锋，张艳波，张冰冰，宋宏伟，梁英海 . 李子幼苗水分亏缺下新梢生长与致死时间研究[J]. 吉林农业科学，2015，40(2)：97-100.
LU Mingyan，ZHAO Chenhui，SU Siyao，LI Feng，ZHANG Yanbo，ZHANG Bingbing，SONG Hongwei，LIANG Yinghai. Research on shoot growth and lethal time of plum seedling under water deficit stress[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences，2015，40(2)：97-100.

[19] 赵晨辉，梁英海，卢明艳，张艳波，李锋，张冰冰，宋宏伟 . 寒地李种质资源的虫果率调查与品质性状评价[J]. 吉林农业，2015(1)：62-63.
ZHAO Chenhui，LIANG Yinghai，LU Mingyan，ZHANG Yanbo，LI Feng，ZHANG Bingbing，SONG Hongwei. Investigation of insect-damaged fruit rate and evaluation of quality traits in plum germplasm resources from cold regions[J]. Agriculture of Jilin，2015(1)：62-63.

[20] 顾云娇，赵晨辉，宋宏伟，卢明艳，邵静，王珊珊，张冰冰，梁英海 . 穗醋栗种质资源表型多样性分析及鲜食资源评价[J]. 植物遗传资源学报，2018，19(5)：912-918.
GU Yunjiao，ZHAO Chenhui，SONG Hongwei，LU Mingyan，SHAO Jing，WANG Shanshan，ZHANG Bingbing，LIANG Yinghai. Phenotypic diversity analysis of currant germplasm and evaluation of fresh eating related traits[J]. Journal of Plant Genetic Resources，2018，19(5)：912-918.

[21] 王珊珊，张萍，张冰冰，赵晨辉，李红莲，宋宏伟，梁英海 . 寒地沙棘种质资源果实品质分析与综合评价[J]. 农业工程学报，2023，39(13)：281-289.
WANG Shanshan，ZHANG Ping，ZHANG Bingbing，ZHAO Chenhui，LI Honglian，SONG Hongwei，LIANG Yinghai. Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of seabuckthorn germplasm resources in cold region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2023，39(13)：281-289.

[22] 王珊珊，赵晨辉，李红莲，张冰冰，梁英海，宋宏伟 . 东北地区10 份李种质资源果实香气成分分析[J]. 中国农业科学，2021，54(11)：2476-2486.
WANG Shanshan，ZHAO Chenhui，LI Honglian，ZHANG Bingbing，LIANG Yinghai，SONG Hongwei. Analysis of fruit aromatic components of ten plum germplasm resources in Northeast China[J]. Scientia Agricultura Sinica，2021，54(11)：2476-2486.

[23] 王珊珊，耿佳麒，赵晨辉，宋宏伟，梁英海，李红莲，唐雪东，张冰冰 . 悬钩子属（*Rubus* L.）种质资源 DNA 指纹图谱构建及遗传多样性分析[J]. 分子植物育种，2020，18(22)：7600-7612.
WANG Shanshan，GENG Jiaqi，ZHAO Chenhui，SONG Hongwei，LIANG Yinghai，LI Honglian，TANG Xuedong，ZHANG Bingbing. Construction of DNA fingerprinting and analysis of genetic diversity for *Rubus* germplasm resources[J]. Molecular Plant Breeding，2020，18(22)：7600-7612.

[24] 邵静，李粤渤，王珊珊，顾云娇，冯闯，包振龙，赵晨辉，李红莲，宋宏伟，梁英海，张冰冰 . 苹果一年生枝条糖和水含量变化规律及其与温度相关性研究[J]. 东北农业科学，2020，45(3)：65-69.
SHAO Jing，LI Yuebo，WANG Shanshan，GU Yunjiao，FENG Chuang，BAO Zhenlong，ZHAO Chenhui，LI Honglian，SONG Hongwei，LIANG Yinghai，ZHANG Bingbing. Study on the variation of sugar and water in apple annual branch and their correlation with temperature[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences，2020，45(3)：65-69.

[25] LIANG Y H，WANG S S，ZHAO C H，MA X W，ZHAO Y Y，SHAO J，LI Y B，LI H L，SONG H W，MA H，LI H，ZHANG B B，ZHANG L S. Transcriptional regulation of bark freezing tolerance in apple (*Malus domestica* Borkh.)[J]. Horticulture Research，2020，7(1)：205.

[26] 冯闯，王珊珊，赵晨辉，李粤渤，宋宏伟，李红莲，张冰冰，梁英海 . 苹果脱水素基因生物信息学识别与表达分析[J]. 分子植物育种，2022，20(4)：1112-1118.
FENG Chuang，WANG Shanshan，ZHAO Chenhui，LI Yuebo，SONG Hongwei，LI Honglian，ZHANG Bingbing，LIANG Yinghai. Bioinformatics identification and expression analysis of dehydrin genes in *Malus domestica*[J]. Molecular Plant Breeding，2022，20(4)：1112-1118.

[27] ZHANG C Y，CHEN X S，SONG H W，LIANG Y H，ZHAO C H，LI H L. Volatile compound profiles of *Malus baccata* and *Malus prunifolia* wild apple fruit[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science，2017，142(2)：126-134.

[28] 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.

[29] 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.

[30] 刘畅，郭劲鹏，高源，胡颖慧，杨悦，宋宏伟，卜海东，于文全，王昆，顾广军 . 寒地苹果资源遗传多样性及群体结构的 SSR 标记分析[J]. 中国果树，2023(5)：15-22.
LIU Chang，GUO Jinpeng，GAO Yuan，HU Yinghui，YANG Yue，SONG Hongwei，BU Haidong，YU Wenquan，WANG Kun，GU Guangjun. Genetic diversity and population structure analysis of apple resources in cold region based on SSR markers[J]. China Fruits，2023(5)：15-22.

[31] 龙慎山，李茂福，韩振海，张冰冰，王昆，李天忠 . 苹果两个新 *S*-RNase 基因克隆与 46 个品种 S 基因型的 PCR 分析[J]. 农业生物技术学报，2010，18(2)：265-271.
LONG Shenshan，LI Maofu，HAN Zhenhai，ZHANG Bingbing，WANG Kun，LI Tianzhong. Characterization of two novel *S*-RNase genes and PCR analyzing of S-genotypes of 46 cultivars in *Malus domestica* Borkh.[J]. Journal of Agricultural Biotechnology，2010，18(2)：265-271.

[32] LIU C，LI H L，REN A H，CHEN G Y，YE W J，WU Y X，MA P，YU W Q，HE T M. A comparison of the mineral element content of 70 different varieties of pear fruit (*Pyrus ussuriensis*) in China[J]. PeerJ，2023，11：e15328.

[33] 谢佳，郭太君，李锋，张艳波，郑小一，赵晨辉 . 杏 92 份种质资源的 ISSR 分析[J]. 中国果树，2011(2)：14-18.
XIE Jia，GUO Taijun，LI Feng，ZHANG Yanbo，ZHENG Xiaoyi，ZHAO Chenhui. ISSR analysis of 92 apricot germplasm resources[J]. China Fruits，2011(2)：14-18.

[34] 王迦 . 李种质资源遗传多样性及亲缘关系分析[D]. 长春：吉林农业大学，2018.
WANG Jia. Genetic diversity and phylogenetic relationship analysis of plum germplasm resources[D]. Changchun：Jilin Agricultural University，2018.

[35] 张茂君，丁丽华，王强，冯美琦 . 梨抗寒新品种'寒红梨'[J]. 园艺学报，2004，31(2)：274.
ZHANG Maojun，DING Lihua，WANG Qiang，FENG Meiqi. A new hardy pear variety 'Hanhongli'[J]. Acta Horticulturae Sinica，2004，31(2)：274.

[36] 王晓祥，尹金凤，任爱华 . 三倍体梨新品种'龙园洋红'[J]. 园艺学报，2006，33(1)：211.
WANG Xiaoxiang，YIN Jinfeng，REN Aihua. A new triploid variety of pear 'Longyuan Yanghong'[J]. Acta Horticulturae Sinica，2006，33(1)：211.

[37] 王强，卢明艳，闫兴凯，张茂君 .'单花'梨的选育及栽培技术要点[J]. 中国南方果树，2018，47(增刊 1)：19-20.
WANG Qiang，LU Mingyan，YAN Xingkai，ZHANG Maojun. The breeding of 'Danhua Pear' and key points of cultivation techniques[J]. South China Fruits，2018，47(Suppl. 1)：19-20.

[38] 王强，张茂君，卢明艳，闫兴凯，武春昊，李红莲，丁丽华 . 梨新品种'吉香'[J]. 园艺学报，2021，48(2)：397-398.
WANG Qiang，ZHANG Maojun，LU Mingyan，YAN Xingkai，WU Chunhao，LI Honglian，DING Lihua. A new pear cultivar 'Jixiang'[J]. Acta Horticulturae Sinica，2021，48(2)：397-398.

[39] 张艳波，赵晨辉，梁英海，付立中，李锋，曹希俊，计秀杰 . 抗寒紫叶李新品种'北国红'的选育[J]. 北方园艺，2013(12)：168-169.
ZHANG Yanbo，ZHAO Chenhui，LIANG Yinghai，FU Lizhong，LI Feng，CAO Xijun，JI Xiujie. A new variety breeding of hardy purple-leaf plum 'Beiguohong'[J]. Northern Horticulture，2013(12)：168-169.

[40] 李锋，张艳波，赵晨辉，张静茹，陆致城 . 抗寒观赏鲜食兼用紫叶李新品种'一品丹枫'[J]. 东南园艺，2014，2(6)：79-80.
LI Feng，ZHANG Yanbo，ZHAO Chenhui，ZHANG Jingru，LU Zhicheng. 'Yipindanfeng'：A new cold resistant purple-leaf plum variety for ornament and fresh fruit[J]. Southeast Horticulture，2014，2(6)：79-80.

[41] 张艳波，梁英海，崔龙，李锋 . 抗寒李新品种'晚金玉'[J]. 河北果树，2014(6)：48-49.
ZHANG Yanbo，LIANG Yinghai，CUI Long，LI Feng. A new hardy plum cultivar 'Wanjinyu'[J]. Hebei Fruits，2014(6)：48-49.

[42] 张艳波，崔龙，陈蕾，刘翠兰，李锋 . 抗寒李新品种'吉中大'[J]. 北方果树，2017(1)：56.
ZHANG Yanbo，CUI Long，CHEN Lei，LIU Cuilan，LI Feng. New hardy plum cultivar 'Jizhongda'[J]. Northern Fruits，2017(1)：56.

[43] 李粤渤，赵晨辉，宋洪伟，李锋，张艳波，梁英海，张冰冰 . 苹果抗寒早熟新品种红风的选育[J]. 中国果树，2010(4)：1-3.
LI Yuebo，ZHAO Chenhui，SONG Hongwei，LI Feng，ZHANG Yanbo，LIANG Yinghai，ZHANG Bingbing. A new cold-resistant and early-maturing apple cultivar 'Hongfeng'[J]. China Fruits，2010(4)：1-3.

[44] 张冰冰，李粤渤，宋洪伟，赵晨辉 . 苹果抗寒矮化砧木新品种 GM310 的选育[J]. 中国果树，2011(6)：4-5.
ZHANG Bingbing，LI Yuebo，SONG Hongwei，ZHAO Chenhui. Breeding of a new hardy and dwarfing apple rootstock cultivar 'GM310'[J]. China Fruits，2011(6)：4-5.

[45] 李粤渤，张冰冰，宋宏伟，梁英海，赵晨辉，包振龙 . 苹果抗寒矮化砧木新品种'ZM-2000'的选育[J]. 中国果树，2016(3)：55-56.
LI Yuebo，ZHANG Bingbing，SONG Hongwei，LIANG Ying-

hai，ZHAO Chenhui，BAO Zhenlong. A new cold-resistant and dwarfing apple rootstock cultivar ‘ZM-2000’[J]. China Fruits，2016(3)：55-56.

[46] 于文全，郭金洪，顾广军，卜海东，刘畅，冯章丽，程显敏，林明极，周进华，董雪梅，邢星 . 苹果新品种‘龙帅’[J]. 园艺学报，2017，44(1)：193-194.

YU Wenquan，GUO Jinhong，GU Guangjun，BU Haidong，LIU Chang，FENG Zhangli，CHENG Xianmin，LIN Mingji，ZHOU Jinhua，DONG Xuemei，XING Xing. A new apple cultivar ‘Longshuai’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2017，44(1)：193-194.

[47] 邵静，李粤渤，包振龙，郭文荣，林泓成，张冰冰 . 抗寒小苹果新品种冰红的选育[J]. 果树学报，2024，41(9)：1903-1906.

SHAO Jing，LI Yuebo，BAO Zhenlong，GUO Wenrong，LIN Hongcheng，ZHANG Bingbing. Breeding report of a new high-cold-resistance apple cultivar Binghong[J]. Journal of Fruit Science，2024，41(9)：1903-1906.

[48] 郑亚杰，姚环宇，陈玉波 . 四季草莓新品种 3 公主的选育[J]. 中国果树，2009(5)：6-7.

ZHENG Yajie，YAO Huanyu，CHEN Yubo. Breeding of a new four-season strawberry cultivar ‘3 Gongzhu’[J]. China Fruits，2009(5)：6-7.

[49] 郑亚杰，陈玉波，姚环宇 . 四季草莓新品种 4 公主的选育[J]. 中国果树，2014(6)：1-2.

ZHENG Yajie，CHEN Yubo，YAO Huanyu. Breeding of a new four-season strawberry cultivar ‘4 Gongzhu’[J]. China Fruits，2014(6)：1-2.

[50] 张艳波，陈蕾，王雪松，赵晨辉，唐永川，崔龙，宋宏伟，张冰冰 . 抗寒早熟杏新品种吉露的选育[J]. 果树学报，2023，40(5)：1048-1050.

ZHANG Yanbo，CHEN Lei，WANG Xuesong，ZHAO Chenhui，TANG Yongchuan，CUI Long，SONG Hongwei，ZHANG Bingbing. A new cold resistant and early ripening apricot cultivar Jilu[J]. Journal of Fruit Science，2023，40(5)：1048-1050.

[51] 周文志，高庆玉，刘凤芝，张武杰，杨晓华，刘畅 . 大果丰产黑穗醋栗新品种‘丹江黑’[J]. 园艺学报，2013，40(9)：1846-1848.

ZHOU Wenzhi，GAO Qingyu，LIU Fengzhi，ZHANG Wujie，YANG Xiaohua，LIU Chang. A new big fruit and high-yield blackcurrant cultivar ‘Danjianghei’[J]. Acta Horticulturae Sinica，2013，40(9)：1846-1848.