

世界栽培榛发展现状及在我国的引种利用

马庆华^{1,2,3,4}, 杨 振^{1,2,3,4}, 姜 磊⁵, 王贵禧^{1,2,3,4}, 李 飞⁶, 赵天田^{1,2,3,4}, 梁丽松^{1,2,3,4}

(¹林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091; ²国家林业和草原局林木培育重点实验室/中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;

³国家林业草原榛子工程技术研究中心, 北京 100091; ⁴榛子产业国家创新联盟, 北京 100091; ⁵廊坊市农林科学院, 河北廊坊 065000;

⁶中榛(北京)农林科技有限公司, 北京 102211)

摘要: 榛子是重要的坚果和木本油料树种, 营养价值很高。榛属植物属于壳斗目桦木科植物, 世界上公认的榛属植物共有13个种, 其中欧洲榛是最具经济价值的栽培种, 主要在欧洲各国和美国的西部地区栽培。欧洲榛育种最早开始于20世纪初, 现代育种开始于1960年左右。经过几十年的品种选育, 欧洲榛中推出了很多具有优良性状的品种, 如具有高度抗逆性的仁用或带壳品种、专用授粉品种和观赏品种等。中国第一代榛子杂交育种始于20世纪80年代, 在数十个候选单株中先后推出15个优良品种, 自2000年后陆续在我国20余个省区引种栽培, 目前栽培面积11.2万hm²; 第二代榛子杂交育种自2006年开始, 育种的目的是在改良现有品种坚果性状的基础上培育高抗寒性、抗抽条性、抗旱性和耐热性品种, 以及专用授粉品种。目前世界榛树育种仍主要通过杂交手段实现, 对欧洲榛特异资源的引进和高效利用是加快我国榛树育种的有效途径。本文综述了世界欧洲榛栽培现状, 欧洲榛的主要性状及其遗传力, 欧洲榛品种选育的主要目标性状及其评价标准, 以及美国、意大利、西班牙和土耳其推出的主要栽培品种及其主要性状, 向国内学者更为全面、系统地介绍欧洲榛这一重要坚果树种; 同时, 总结了欧洲榛在我国的引种历史、科学研究、各单位资源收集和杂交利用现状; 分析了欧洲榛在我国引种和杂交利用中存在的问题, 并从引种工作的持续性、资源保护、杂交利用、人员交流和拓展经费来源等方面, 提出了欧洲榛资源利用的发展建议; 最后, 对我国榛子科研和产业发展进行了展望, 以期为我国榛树品种选育和栽培推广提供一定参考。

关键词: 欧洲榛; 种质资源; 栽培现状; 品种选育; 引种利用

Cultivation Status of European Hazelnuts and Their Introducing Utilization in China

MA Qing-hua^{1,2,3,4}, YANG Zhen^{1,2,3,4}, JIANG Lei⁵, WANG Gui-xi^{1,2,3,4}, LI Fei⁶,

ZHAO Tian-tian^{1,2,3,4}, LIANG Li-song^{1,2,3,4}

(¹State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091; ²Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of the State Forestry and Grassland Administration/Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091;

³Hazelnut Engineering and Technical Research Center of the State Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091;

⁴National Forestry and Grassland Innovation Alliance on Hazelnut, Beijing 100091; ⁵Langfang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Hebei Langfang 065000; ⁶Zhongzhen (Beijing) Agriculture and Forestry Science and

Technology Co. Ltd., Beijing 102211)

Abstract: Hazelnut (*Corylus*) is one of the important nut crops and woody oil species with highly nutritional values. The genus *Corylus* is a member of the birch family (Betulaceae) in the order Fagales, and

收稿日期: 2022-11-15 修回日期: 2022-11-15 网络出版日期: 2022-11-19

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20221115002>

第一作者研究方向为榛子资源收集与杂交育种, E-mail: mqhmary@sina.com

通信作者: 赵天田, 研究方向为榛子资源收集与杂交育种, E-mail: zhaotian1984@163.com

梁丽松, 研究方向为经济林果品生物学, E-mail: lianglscaf@126.com

基金项目: 国家重点研发项目(2022YFD2200405, 2022YFD1600404); 科技基础资源调查专项(2019FY100801-03); 河北省重点研发计划项目(21326804D); 校企合作横向课题(20210906)

Foundation projects: The National Key Research and Development Program of China (2022YFD2200405, 2022YFD1600404); The Special Investigation on Basic Resources of Science and Technology (2019FY100801-03); The Key Research and Development Program of Hebei Province (21326804D); The Academy-enterprise Cooperation Project (20210906)

includes 13 species identified to date around the world. The European hazelnut (*C. avellana* L.) is the species with commercial cultivation in the European countries and the west states of the United States. The earliest European hazelnut breeding appeared in the 1900s and the major modern breeding programs started in the United States in 1960's. After several decades of variety selection, many varieties were released with excellent characteristics, such as the varieties with highly stress resistance for the in-shell and the kernel markets, pollination varieties and ornamental varieties. In China, the first generation of hazelnut hybrid breeding performed in 1980's, a total of 15 cultivars have been released and widely cultivated in twenty-odd provinces of China from dozens of candidate seedlings since 2000. The planting area is about 112,000 hm² in China at present. The new generation hybrid breeding has been ongoing since 2006. New breeding projects and regional trials are mainly aiming to select cultivars with cold hardiness, branch shriveling resistance, drought resistance, heat resistance, and pollination varieties. Up to now, cross breeding is still a main method in hazelnut breeding. Therefore, to continuously introduce and efficiently utilize the special germplasm resources of European hazelnuts is an effective way to speed up the breeding work of hazelnut in China. Based on a large number of domestic and foreign literatures, the cultivation status of European hazelnuts, the traits of *C. avellana* L. and their narrow-sense heritabilities, main targeted traits of European hazelnut varieties for kernel market and their evaluating standard, as well as the main characteristics of new advanced varieties released in the United States, Italy, Spain and Turkey were listed in the review. Thus, the precious nut trees, European hazelnuts, can be comprehensively illustrated to the domestic readers and researchers. Also in this review, the introduction history, scientific research, germplasm collection and protection, as well as the cross breeding utilization of European hazelnuts in China were summarized at the same time. Meanwhile, the problems in the introduction, regional trials and cross breeding utilization of European hazelnuts in China were discussed. Aiming to the problems above, constructive suggestions were proposed in terms of sustainable introduction, germplasm protection, cross breeding utilization, research communication and the funding application. Finally, the prospective of scientific research and industry development in China was summarized at the end of this review. The authors sincerely hope this review could provide some references in hazelnut breeding research and cultivation promotion in China.

Key words: *Corylus avellana* L.; germplasm resources; cultivation status; variety selection; introducing utilization

榛(*Corylus* L.)是重要的坚果和木本油料树种,具有较高的营养和经济价值^[1]。榛属植物广泛分布于北半球温带地区,在世界范围内被广泛认可的13种榛属植物中,欧洲榛(*C. avellana*)是主要的栽培种^[2-3]。国际市场上,欧洲榛主要以去壳榛仁的形式销售给食品加工企业,用于生产榛子碎、榛子粉、榛子酱、糖果和各类烘焙食品等。随着市场需求量的与日俱增,世界榛子生产处于供不应求的状态^[4]。欧洲榛的品种选育最早采取实生选种的形式,自20世纪60年代起,各国陆续开展系统性的杂交育种工作。经过几十年的品种选育,世界主要生产国均有不同的主栽品种,在适应性、丰产性、出仁率、榛仁品质和榛仁脱皮性等方面表现优良。

我国育种学家自19世纪末开始榛属植物的引种工作,从零星的资源、观赏树种保存,到有计划、

小规模引种工作,目前已在我国不同纬度的10余个省区试种栽培^[1,5-6]。辽宁省经济林研究所1980-1985年期间利用国内野生平榛与国外欧洲榛进行种间杂交,开启了我国榛树的第一代杂交育种工作,成功培育了兼具母本抗寒性强、父本大果丰产特性的平欧杂种榛系列品种,2000年左右开始陆续推出品种^[1],2010年前后在全国开始推广种植,现有栽培面积约11.2万hm²,是目前国内主栽的栽培榛品种。随着栽培面积的扩大和销售市场的拓展,现有平欧杂种榛品种也表现出一定缺陷:(1)现有品种抗寒性较强,但抗抽条能力存在差异,需要培育抗抽条能力强的品种。(2)多数品种适于北部地区栽培,抗干热能力差,没有南方适栽的品种。(3)坚果经济性状,如坚果大小、果壳厚度、出仁率和榛仁脱皮率等方面存在缺陷,缺乏加工专用品种。(4)受

平榛母本灌木特性的影响,多数品种具有较强的萌蘖特性,给榛园增加了繁琐的除萌工序。(5)北京以南地区部分品种雄花序越冬前脱落,严重地区榛果产量受到影响,生产上急需雄花序多、越冬保存率高、散粉量大的授粉品种。(6)现有品种均以坚果生产为目的,尚无欧洲榛中存在的特殊观赏类型。针对上述问题,国内各榛树科研单位陆续开展了新一代的榛树杂交育种工作,现有平欧杂种榛良种、国内野生榛属资源和国外引进欧洲榛均是重要的亲本材料。

本课题组自2006年起开展榛树资源收集和品种选育工作,2012年起受各类项目资助,先后12人次出访土耳其、意大利、美国等世界榛子生产大国,学习欧洲榛品种选育和栽培管理技术,多次接待各国榛子专家来华访问。经过多年持续交流,对各国欧洲榛的科研和生产现状有了深入了解。本文综述了世界欧洲榛种质资源特点、品种选育研究进展和各国生产发展现状,全面、系统地介绍欧洲榛这一重要坚果树种;同时总结了欧洲榛在我国引种试种和杂交利用现状,以期为我国榛树品种选育和栽培推广提供参考。

1 欧洲榛种质资源和栽培现状

1.1 欧洲榛种质资源

榛为壳斗目(Fagales)桦木科(Betulaceae)榛属植物,主要分布于北半球温带地区,包括欧洲、亚洲和北美地区。目前,被世界范围内植物分类学家认可的榛属植物被分为4大类13个种:(1)具叶质果苞的灌木类型,包括欧洲榛、美洲榛(*C. americana*)、平榛(*C. heterophylla*)、川榛(*C. kweichowensis*)和滇榛(*C. yunnanensis*)。(2)具管状刚毛果苞的灌木类型,包括尖榛(*C. cornuta*)、加利福尼亚榛(*C. californica*)和毛榛(*C. sieboldiana*)。(3)乔木类型,包括土耳其榛(*C. colurna*)、喜马拉雅榛(*C. jacquemontii*)、华榛(*C. chinensis*)和绒苞榛(*C. fargesii*)。(4)具针刺状果苞的类型,包括刺榛(*C. ferox*)^{[1-2,4,7-10]①}。

野生榛属植物中蕴含着大量具有潜在育种价值的特异基因,如美洲榛、尖榛、平榛、毛榛和土耳其榛具有较强的抗寒性和环境适应性,土耳其榛、喜马拉雅榛、华榛和绒苞榛具有无萌蘖特性等,是进行杂交育种的重要材料^[2]。另外,为了有效

保护和持续利用榛属植物资源,多个榛子生产国建立了种质资源圃:美国农业部榛属植物资源圃(National Clonal Germplasm Repository)收集榛属植物12个种607份资源(包括欧洲榛品种和资源351份),俄勒冈州立大学收集11个种418份资源(包括欧洲榛品种和各国资源246份),土耳其吉雷松榛子研究所收集欧洲榛资源390份,西班牙农业与食品研究所(Institute of Agrifood Research and Technology)收集欧洲榛等4个种253份资源,意大利都灵大学收集欧洲榛资源86份,图西亚大学收集欧洲榛资源58份^[4]。

欧洲榛的自然分布非常广泛,向北分布于北纬68°的挪威和北纬61°的芬兰,向东穿过圣彼得堡直至北纬58°俄罗斯乌拉尔山脉,向南分布于北纬32°的摩洛哥,向西分布至大西洋沿岸^[2]。欧洲榛的广泛分布,表现了该种在遗传背景、形态特征和环境适应性的多样性。从商业栽培的角度,欧洲榛主要分布于欧洲的沿海地区、高加索地区、小亚细亚地区、美国西北太平洋地区,栽培区大多气候温和,海拔1500 m以上,临近大面积水源,具体国家包括:土耳其、意大利、阿塞拜疆、美国、西班牙、法国、伊朗、希腊、格鲁吉亚、俄罗斯等,南美洲的智利是新兴的引种栽培国^[4]。

欧洲榛是落叶大灌木或小乔木,自然生长树高可达3~7 m,单叶、互生;雌雄同株、异花,风媒传粉;雄花为柔荑花序,总状着生,圆柱状,每个花序由无数朵小花组成。雌花序为头状花序,着生于混合花芽中,开花时在芽顶端伸出一束红色柱头;花期存在雌雄同熟、雄先熟或雌先熟,具有孢子体自交不亲和性。每个果序一般1~7个坚果,每个坚果均由果苞包被,果苞形态变异较大;坚果在大小、性状、颜色和果壳厚度上具有较大差异^[4,11]。欧洲榛商业品种的坚果,具有个大、壳薄、条纹美观、营养丰富的特点,具有较高的商品价值。此外,欧洲榛的树形、枝叶形态、颜色等变化很大,包括:红叶/红果苞类型^[12-13]、裂叶类型^[14-15]、曲枝类型^[16-17]等特殊类型,适于观赏利用。

1.2 欧洲榛栽培现状

据联合国粮农组织(FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations)统计,截至2019年,世界榛树栽培面积100万hm²,坚果产量112万t;土耳其、意大利、阿塞拜疆、美国、智利、中国、格鲁吉

①文中*标注的7个榛种为中国原产种;#维西榛(*C. wangii*)由于仅在云南省西北部海拔3000 m的山林中分布,分布数量稀少,国内外研究和文献报道较少,因此世界榛属植物分类中认可度不高。

亚、伊朗、西班牙和法国,是世界榛坚果生产前十的国家;其中土耳其榛树的栽培面积和产量均占世界的70%左右,世界榛坚果的价格也因土耳其的产量而波动(FAO, 2021)。目前在世界市场上,93%的产量是以去壳榛仁的形式出售,用于榛子酱、糖果、烘焙等食品的加工,7%左右烘烤后用于带壳销售,鲜食榛子消费量极少。

土耳其的主栽品种有:萨姆松省、吉雷松省主栽的Tombul,奥尔杜省的Çakıldak和Palaz,特拉布宗省的Foşa,新品种Allahverdi, Giresun Melezi和Okay28等目前栽培面积较小。意大利的主栽品种有:西北部的Tonda Gentile delle Langhe,中部的Tonda Gentile Romana,中南部的Nocchione,南部的Camponica, Mortarella, San Giovanni;品种Tonda di Giffoni除了在意大利中南部栽培外,还在西班牙和智利栽培。美国的主栽品种有:Lewis, Clark, Sacajawea, Jefferson, Dorris, Wepster, McDonald, 主要在俄勒冈州栽培,东部的纽约州尚无商业化栽培;Yamhill和Tonda Pacifica不仅在美国俄勒冈州栽培,也引种至智利。西班牙品种Negret, Pauetet和Segorbe在西班牙和法国西南部地区栽培,Barcelona主要在美国俄勒冈州和智利栽培。法国品种Corabel® Fercoril和Hall's Giant主要在法国西南部地区栽培。

各地榛树品种的选择受多种因素影响,主要包括品种的环境适应性、地方传统和市场需求等^[4],品种的选择和持续更新,也始终围绕这几个因素展开。美国第一主栽品种Barcelona,具有坚果个大、适应性强和丰产的特点,曾占美国栽培面积的80%,其最致命的缺点是易感东部榛疫病(EFB, eastern filbert blight),同时面临加工市场的需求,其榛仁质量和经济性性状相对较差,正逐渐被Jefferson等新品种所取代^[11]。土耳其的主栽品种是Tombul,它是一个具有相似遗传背景的品种群,该品种近年来屡受春季晚霜危害,导致产量严重受损,部分榛园正在以从Tombul中筛选的优良类型和物候期较晚的Çakıldak、Foşa、Giresun Yabanisi和Yomra等品种进行逐步更新^[18]。

欧洲榛生长量大、树势旺盛,同时为了方便机械操作,除土耳其外,欧美国家的榛园一般选择单干树形,培育4~5个主枝,行距为5~6 m,株距在幼树期为2.5~3.0 m,种植8~12年后根据枝干生长的交叠情况,隔株移除,最终的株距也为5~6 m^[19]。土耳其的传统榛园多采用多干栽培,以株丛(ocak)为

单位,由6个基生干组成,直径1.0~1.5 m,株丛的株行距为4~6 m^[18]。每个株丛的主干可能来自同株的萌生根蘖,也可能是补植的其他单株,也可能是实生种子苗,因此品种的遗传背景并不完全一致。个别榛园株丛的主干数达到9个,导致榛树生长十分郁闭。

榛树授粉具有自交不亲和性,在遗传上受S位点基因控制,具有相同S基因型的品种间授粉不亲和^[20-22],因此,主栽品种必须配以一定数量的亲和授粉品种方可确保产量。美国推出的欧洲榛品种均配有清晰的S基因型的标注,其他国家的欧洲榛品种大多也进行了S基因型的鉴定^[23-24]。授粉品种的选择,要求雄花序多,越冬保存率高,与主栽品种授粉亲和,并且散粉期与主栽品种盛花期一致。生产上推荐配置2~3个散粉期不同的授粉品种,以满足主栽品种的授粉;栽培品种与授粉品种距离应在15 m以内,榛园授粉品种栽植比例一般在10%以上^[19,25]。

在繁殖方面,榛树多数品种具有较强的萌生根蘖能力,基于这一特性,压条繁殖成为榛树苗木繁殖的一种重要方式;相比压条繁殖,扦插繁殖对植物品种特性、生长状态、环境条件和技术要求较高,因此使用较少;组培微扦插技术在美国应用较多,该技术的综合成本和对技术含量的要求都是较高的,但是由于其繁殖系数高、不受季节限制、苗木标准化程度高,尤其在品种知识产权保护中能起到促进作用,也逐渐在其他国家推广应用。嫁接方法也同样应用于欧洲榛生产,美国和意大利等国家部分榛园使用以无萌蘖的土耳其榛实生苗为砧木的嫁接苗建园,最高树龄达到30年,展示出与自根苗一样的生长势^[4]。

在栽培管理方面,欧洲榛萌蘖性较强,因品种而异,最多的品种每年萌生100~150个根蘖,导致除萌成为生产中一项较高的成本,可达栽培投入的15%~25%左右^[4],因此无萌蘖苗木的选育成为生产上的一项迫切需求。此外,修剪也是榛园管理的一项重要工作,在欧美的单干形榛园,一般在相邻两树冠发生交叠时进行回缩和更新,对过密枝或病弱枝进行疏除^[26];而在土耳其的榛园,一般采用对株丛中的大龄主枝进行轮流更新的方式,疏除老弱、退化枝,培养新主枝。在树体营养和施肥方面,美国榛园有一套较为完善的叶片/土壤营养诊断的施肥标准,对氮、磷、钾、硼、镁、锌、硫等元素的含量水平 and 对应施肥量有明确的规定,对不同酸碱性的地

块(主要是偏酸性地块),还有配套的石灰施用量的推荐^[27]。

欧洲榛的病害主要包括:苹果花叶病毒病(Apple mosaic virus)、细菌性枯枝病(*Pseudomonas avellanae* (Psallidas) Janse et al.)、白叶枯病(*Xanthomonas arboricola* pv. *corylina* (Miller et al.) Vauterin et al.)、炭疽病(*Piggottia coryli* (Desm.) B. Sutton)、干腐病(*Cytospora corylicola* Sacc.),上述病害可通过相应药剂进行控制,危害性较小。白粉病(*Erysiphe corylacearum* U. Braun & S. Takam.; *Phyllactinia guttata* (Wallr. ex Fr.) Lév.)近年来在土耳其和格鲁吉亚危害较为严重^[28-29],可能与当地欧洲榛栽植密度过高和气候条件有关。榛树病害中危害最为严重的是东部榛疫病,该病由 *Anisogramma anomala* 真菌引发,最早出现在美国东北部地区,后传入美国西海岸地区,欧洲榛感染2年后发病,3~4年内树体死亡^[11,30]。重剪病枝并进行销毁,仅可短暂减少病原菌的基数,目前尚无有效药剂控制的方法。

欧洲榛的虫害主要包括:大芽螨虫(*Phytoptus avellanae* Nal.)、象鼻虫(*Curculio nucum* L.)、榛小卷叶蛾(*Melissopus latigerranus* Wals.)等,均可通过药剂防治加以控制。欧洲榛的半翅目害虫较多,有岗缘蝽属(*Gonocerus acuteangulatus* Goeze)、东方原缘蝽属(*Coreus marginatus* L.)、红尾碧蝽(*Palomena prasina* L.)、稻绿蝽(*Nezara viridula* L.),以及亚洲种源的茶翅蝽(*Halyomorpha halys* Stål),此类虫害因其杂食性强、寄主范围广泛,在欧洲榛生长的各个阶段均可造成危害,近年来成为欧美榛园的主要虫害类型^[31-32]。

除土耳其外,欧美的榛园几乎全部为机械化采收,因而土壤管理选用清耕法或行间生草法,在采收前对园地进行平整和清理,以便机械化作业;坚果成熟后大部分自由脱苞落地,少量带果苞落地,需根据坚果的成熟情况分期采收;坚果采后经机械除杂,直接销售给经销商;经销商对坚果进行清洗、烘干和分级,再进行脱壳后各种形式的销售。土耳其榛园多在山坡、丘陵,株丛栽培较密,并且多数品种不能自由脱苞,因而几乎全部为人工采收和脱苞,再由经销商收购。

1.3 欧洲榛品种选育

早期欧洲榛的品种选育为野生资源的实生选种,现代育种工作开始于20世纪60~80年代,先后在美国、意大利、法国、西班牙、中国和土耳其陆续

开展,育种手段以杂交育种为主,少量为实生或无性系选择^[2-4]。榛属植物因树体较小,早实性强,雌花花期长,花粉易于收集且贮藏期长,去雄及隔离授粉易于操作,人工授粉得种率高等特点,决定了其是适于杂交育种的树种^[33]。欧洲榛是一个高度杂合的群体,分布范围广,种内具有高度的遗传多样性,经过多年选育,欧洲榛品种在多个方面具有较高的栽培特性,如坚果经济性状高,早实、丰产性强,坚果自由脱苞等方面具有明显优势,同时部分品种具有特殊观赏类型;但受遗传特性影响,欧洲榛品种抗寒性有限,具有不同程度的萌蘖能力,多数品种易感东部榛疫病。欧洲榛的良种选育采取与种内其他优良品种及榛属植物其他种质杂交,以聚合更多的优良性状。通过对欧洲榛不同杂交组合亲本和子代性状的遗传分析表明,大多数坚果和生长性状受多基因控制,部分数量性状具有中等或较高的遗传力(表1),其中,榛仁重量、出仁率、坚果形状指数、榛仁脱皮率、相对果苞长度和坚果成熟度等6个性状之间的相关性很低,表明在杂交组合中,这些性状可以作为独立的目标性状^[34]。一些特殊性状则受单一位点控制,其中显性性状包括:自交不亲和性、红叶性状和来自 Gasaway 等抗性亲本的东部榛疫病抗性,隐性性状包括:曲枝性状、裂叶性状、奶油色花粉性状和黄色雌蕊性状^[3]。

目前,欧洲榛品种选育的主要目标是:(1)生长性状,通用指标:萌蘖少、树姿直立、树势中庸、萌芽晚;特殊指标:抗寒性强、需冷量低、耐干旱、对土壤酸碱度和盐渍化耐受性强。(2)生产性状,通用指标:早实性强、花芽分化多、授粉育性强、自交亲和、高产、坚果成熟早、时间集中、坚果自由脱苞、果壳无裂缝、出仁率高、缺陷果率低、榛仁圆形、整齐度高、贮藏期长、品质优良;针对仁用市场的品种,要求坚果、榛仁圆形,坚果中等大小(13~15 mm),去壳时破损率低,烤制后种皮易脱除,风味好;针对带壳烤制的品种,要求坚果个大、外形美观、外壳无裂缝、光亮无绒毛、榛仁风味好、榛仁表面光洁、无纤维状物质。(3)抗逆性状,对大芽螨虫、象鼻虫、东部榛疫病、炭疽病、干腐病、白粉病、白叶枯病和细菌性枯枝病等具有抗性。(4)针对观赏品种,培育曲枝、垂直品种,红叶、紫叶或黄叶品种,秋季红色或粉色树相品种,特殊叶形、特殊果苞品种和观赏性树皮脱落品种^[4]。

美国的榛子育种最早开展于20世纪初,以美洲榛和欧洲榛的野生资源为亲本进行杂交,育种目

标是培育抗寒和抗东部榛疫病的品种^[2-3]。目前,开展榛子育种工作的主要单位有俄勒冈州立大学、罗格斯大学、内布拉斯加大学、林肯/内布拉斯加州林业局和上中西部榛子发展协会等,这些单位还联合成立了“杂交榛子联合会”,以便于在全国各地进行新品种的区域性试验^[35]。俄勒冈州立大学是美国榛树育种工作持续最长、杂交规模最大的单位,育种目标主要是选育仁用加工品种和抗东部榛疫病的品种,自1960年以来每年开展40~50个组合的杂交工作,每组合杂种苗数量为100株以上,即每年有4000~5000株新的杂交苗进入候选群体。从育种流程来看,从亲本的选择和杂交,经筛选淘汰,无性系苗的繁育和再评价,直至推出新品种需要17年的时间。针对仁用品种主要目标性状为坚果圆形、出仁率高、早实丰产性强、成熟期早、坚果成熟后自由脱苞、烘烤后脱皮率高、具有大芽螨虫抗性等,表2列出了这些指标的评价标准及开展调查的杂种实生苗的苗龄^[3,36]。在针对东部榛疫病抗

性的育种方面,研究发现东部榛疫病抗性基因主要来源于 Gasaway、Georgian、Ratoli 和 Tonda di Giffoni 等亲本,亲本来源不同,控制抗性的基因及其遗传定位也不一样。目前已对来自 Gasaway 亲本的抗性基因开发了特异的分子标记,通过分子标记辅助选择的方式进行分子标记的鉴定,可在苗期淘汰感病品种;针对其他亲本来源的杂交后代,需经过接种试验和多点区域试验进行持续筛选。至今俄勒冈州立大学推出了26个榛子品种,包括11个仁用品种,12个授粉品种和3个观赏品种^[3]。美国榛树的东部榛疫病主要发病于美国东北部地区,位于新泽西州的罗格斯大学自1996年开始专门针对该病进行抗性育种和适合美国东北部冷凉气候的品种类型的育种工作^[37-38],近年来,来自俄勒冈州立大学与罗格斯大学的专家开展了合作研究,共同致力于培育抗东部榛疫病的品种,候选单株在美国多地开展区域试验,6个抗性品种即将发布^[3,38]。

表1 欧洲榛主要性状及其遗传力
Table 1 Traits of European hazelnuts and their narrow-sense heritabilities

目标性状 Trait	狭义遗传力估计值 Narrow-sense heritability	目标性状 Trait	狭义遗传力估计值 Narrow-sense heritability
单序坚果数 Nuts per cluster	0.67±0.11	榛仁重量 Kernel weight	0.67±0.05
果苞长度 Husk length	0.82±0.07	出仁率 Percent kernel	0.87±0.07
相对果苞长度 ^A Relative husk length	0.91±0.06	榛仁表面附着物 Fiber amount	0.56±0.09
坚果纵径 ^B Nut length	0.68±0.05	榛仁脱皮率 Blanching ability	0.64±0.07
坚果横径 ^C Nut width	0.78±0.05	叶芽开裂时间 Time of leaf bud break	0.72±0.05
坚果侧径 ^D Nut depth	0.89±0.05	雄花序伸长时间 Time of catkin elongation	0.68±0.05
坚果形状指数 ^E Shape index	0.65±0.10	雌花序出现时间 Time of stigma exertion	0.58±0.05
坚果横切面形状指数 ^F Compression index	0.88±0.08	坚果成熟期 Time of nut maturity	0.86±0.11
坚果重量 Nut weight	0.63±0.04		

A: 相对果苞长度指果苞长度与坚果纵径的比值;B: 坚果纵径指坚果顶部至基部间的垂直距离;C: 坚果横径指缝合线之间的最大距离;D: 坚果侧径指与横径垂直的距离;E: 坚果形状指数指坚果横径和侧径的和与2倍坚果纵径的比值;F: 坚果横切面形状指数指坚果横径和侧径的比值^[34]。表中数字为狭义遗传力估计值±标准差
A: Relative husk length (RHL) was calculated as the ratio of husk length to nut length; B: Nut length (NL) was measured as the distance from the basal to the apical scar; C: Nut width (NW) was the distance across the nut at its widest point; D: Nut depth (ND) was the maximum distance from front to back in a direction perpendicular to that for NW; E: Nut shape index (SI) was calculated as the quantity NW plus ND, divided by two times NL; F: Nut compression index (CI) was calculated as the ratio of NW to ND. Data showed point estimate of heritability ± standard error

表2 欧洲榛仁用品种主要目标性状及其选择标准

育种目标	评价树龄	最低标准(参照品种)	理想标准(参照品种)
Objective	Age at evaluation	Minimum standard (reference variety)	Ideal standard (reference variety)
大芽螨虫抗性	4	中等抗性(Casina, Clark)	高抗性(Barcelona)
Bud mite resistance			
坚果圆形	4~5	Tonda Gentile delle Langhe	Willamette
Round nut shape			
高出仁率	4~5	出仁率高于48%(Tonda Romana)	出仁率达到56%(Casina)
High percent kernel			
早实性	5	单株至少35粒坚果	无最高值限制
Precocity			
产量(总产量, 稳产性)	4~16	Barcelona	Lewis
Yield (total, consistency)			
榛仁脱皮率	5~8	Barcelona	Negret
Kernel blanching			
坚果和榛仁缺陷少	4~16	Barcelona	无最低值限制
Few nut and kernel defects			
成熟期早	5~8	Barcelona	Tonda Gentile delle Langhe
Early maturity			
成熟期自由落果率	5~8	70% 自由落果(Casina)	95% 自由落果(Barcelona)
Free-falling nuts at harvest			

意大利开展榛子育种工作的主要单位是都灵大学、图西亚大学和佩鲁贾大学,以主栽品种TGDL和TR等为亲本,进一步改善现有品种的榛仁品质,为主栽品种筛选授粉品种^[39-40];目前正在开展的育种工作为从土耳其榛和欧洲榛的杂交后代中筛选无萌芽品种。通过上述工作推出品种8个,正在进行评价的候选单株有18个^[4]。罗马尼亚的克拉约瓦大学1980年左右开始杂交育种工作,分别推出3个带壳销售品种、5个仁用加工品种和1个红叶观

赏品种^[41-42]。土耳其榛子育种主要针对春季的晚霜危害,主要在吉雷松榛子研究所开展,以主栽品种Tombul和Kargalak为亲本,已从后代中选育出3个品种和14个候选单株^[43]。

1.4 欧洲榛品种介绍

对美国、意大利、土耳其和西班牙主要榛树品种的性状和用途进行了汇总(表3、表4),其中美国品种20个,意大利品种7个,土耳其和西班牙品种各4个。

表3 美国欧洲榛品种主要性状和用途

品种名	育成年份	主要性状	用途
Variety name	Year	Main characteristics	Use
Clark ^[44]	1999	坚果重2.4 g,近圆形,出仁率51%,脱皮率≈100%,树体小,丰产性强,中感大芽螨虫,轻感东部榛疫病,S基因型S3S8。	仁用
Dorris ^[45]	2012	坚果重3.3 g,近圆形,外形美观,出仁率43%,脱皮率≈100%,风味香,树体小,丰产性强,抗大芽螨虫和东部榛疫病,S基因型S1S12。	带壳/仁用
Jefferson ^[46]	2009	坚果重3.7 g,扁圆形,外形美观,出仁率45%,脱皮率70%,树姿直立,树势中等,晚熟,抗大芽螨虫,抗东部榛疫病,S基因型S1S3。	带壳
Lewis ^[47]	1997	坚果重2.9 g,近圆形,出仁率48%,脱皮率≈100%,风味香,树势中等,丰产性强,中抗大芽螨虫,抗东部榛疫病,S基因型S3S28。	仁用
McDonald ^[48]	2014	坚果重2.5 g,近圆形,出仁率52%,脱皮率≈100%,风味极香,树势中等,丰产性强,抗大芽螨虫,抗东部榛疫病,S基因型S2S15。	仁用
Sacajawea ^[49]	2006	坚果重2.8 g,扁圆形,出仁率52%,脱皮率≈100%,风味香,树势中庸,抗大芽螨虫,抗东部榛疫病,S基因型S1S22。	仁用
Tonda Pacifica ^[50]	2010	坚果重2.2 g,近圆形,出仁率47%,脱皮率≈100%,风味香,树势中庸,中抗大芽螨虫,易感东部榛疫病,S基因型S1S2。	仁用

表 3 (续)

品种名	育成年份	主要性状	用途
Variety name	Year	Main characteristics	Use
Wepster ^[51]	2013	坚果重 2.3 g, 近圆形, 出仁率 46%, 脱皮率≈100%, 风味香, 树势旺, 丰产性强, 抗大芽螨虫, 抗东部榛疫病, S 基因型 S1S2。	仁用
Yamhill ^[52]	2008	坚果重 2.3 g, 近圆形, 出仁率 49%, 脱皮率 50%, 树势弱, 树姿开张, 丰产性强, 抗大芽螨虫, 抗东部榛疫病, S 基因型 S8S26。	仁用
Delta ^[53]	2002	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, S 基因型 S1S15, 适宜作为 Lewis 和 Clark 的授粉树。	授粉
Epsilon ^[53]	2002	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, S 基因型 S1S4, 适宜作为 Clark 和 Casina 的授粉树。	授粉
Eta ^[54]	2009	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, S 基因型 S11S26, 适宜作为 Jefferson 的授粉树。	授粉
Felix ^[55]	2012	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, 坚果品质高, S 基因型 S1S21, 适宜作为 Jefferson 的授粉树。	授粉
Gamma ^[53]	2002	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期早, S 基因型 S2S10, 适宜作为 Barcelona 和 Lewis 的授粉树。	授粉
Theta ^[54]	2009	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, S 基因型 S5S15, 适宜作为 Jefferson 的授粉树。	授粉
York ^[55]	2012	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期中等, 坚果品质高, S 基因型 S2S21, 适于作为 Yamhill, Dorris, Wepster 和 McDonald 的授粉树。	授粉
Zeta ^[53]	2002	抗东部榛疫病, 散粉量大, 散粉期较晚, S 基因型 S1S1, 适宜作为 Clark 和 Casina 的授粉树。	授粉
Burgundy Lace ^[15]	2016	叶片红色, 叶缘深裂, 适于观赏, 抗东部榛疫病。	观赏
Red Dragon ^[17]	2008	叶片红色, 枝条弯曲, 适于观赏, 抗东部榛疫病。	观赏
Rosita ^[13]	1999	叶片深红, 叶缘褶皱, 树姿直立, 适于观赏, 抗东部榛疫病, 抗大芽螨虫。	观赏

表 4 意大利、西班牙和土耳其欧洲榛品种主要性状和用途

Table 4 Main characteristics and use of European hazelnut varieties released in Italy, Spain and Turkey

品种名	原产国	主要性状	用途
Variety name	Country	Main characteristics	Use
Camponica	意大利	坚果重 3.4~3.7 g, 果型指数=0.92, 出仁率 46%~48%, 脱皮率 70%~80%, 早熟, 抗东部榛疫病, S 基因型 S1S2。	带壳
Mortarella	意大利	坚果重 2.0~2.5 g, 坚果长型, 果型指数=0.80, 出仁率 46%~48%, 脱皮率 70%~80%, 风味香, 树势弱, 丰产性强, 早熟, 易感苹果花叶病毒, S 基因型 S2S17。	仁用
Nocchione	意大利	坚果重 3.0~3.2 g, 果型指数=0.92, 出仁率 38%~40%, 脱皮率 80%, 树势中庸, 树姿开张, 丰产性强, S 基因型 S1S2。	仁用/授粉
Tonda di Giffoni	意大利	坚果重 2.5~2.8 g, 果型指数=0.90, 出仁率 46%~48%, 脱皮率 80%~90%, 风味香, 丰产性强, 中晚熟, 抗东部榛疫病, S 基因型 S2S23。	仁用
Tonda Gentile delle Langhe	意大利	坚果重 2.2~2.4 g, 果型指数=0.90, 出仁率 46%~48%, 脱皮率 80%~90%, 风味香, 早熟, 易感大芽螨虫, 易感东部榛疫病, S 基因型 S2S7。	仁用
Tonda Gentile Romana	意大利	坚果重 2.5~2.7 g, 果型指数=0.95, 出仁率 45%~47%, 脱皮率 50%, 风味香, 丰产性强, 抗大芽螨虫, 易感东部榛疫病, S 基因型 S10S20。	仁用
San Giovanni	意大利	坚果重 2.5~2.8 g, 坚果长型, 果型指数=0.80, 出仁率 47%~48%, 脱皮率 70%~80%, 风味香, 丰产性强, 早熟, S 基因型 S2S8。	仁用
Barcelona	西班牙	坚果重 3.8 g, 果型指数=0.91, 出仁率 43%, 脱皮率 50%, 树势旺, 产量中等, 晚熟, 抗大芽螨虫, 不抗东部榛疫病, S 基因型 S1S2。	带壳
Negret	西班牙	坚果重 2.0 g, 坚果卵形, 果型指数=0.75, 出仁率 48%~50%, 脱皮率 90% 以上, 风味香, 丰产性强, 中晚熟, 易感东部榛疫病, 易感苹果花叶病毒, S 基因型 S10S22。	仁用
Pauletet	西班牙	坚果重 2.0 g, 坚果卵形, 果型指数=0.75, 出仁率 48%~50%, 脱皮率 60%~70%, 风味香, 树势旺, 丰产性强, 晚熟, 耐高 pH 值土壤, S 基因型 S18S22。	仁用
Segorbe	西班牙	坚果重 2.6~3.2 g, 果型指数=0.86, 出仁率 40%~45%, 脱皮率 50%, 树势旺, 晚熟, 抗逆性强, S 基因型 S9S23。	仁用/授粉
Çakıldak	土耳其	坚果重 2.0 g, 果型指数=1.1, 出仁率 50%~54%, 脱皮率 85%~87%, 物候期晚, 存在大小年, 无 S 基因型信息。	仁用
Foşa	土耳其	坚果重 1.7 g, 果型指数=1.1, 出仁率 50%, 脱皮率 85%, 风味好, 早熟, 榛仁有空腔 (2.2 mm), 无 S 基因型信息。	仁用/带壳
Palaz	土耳其	坚果重 2.1 g, 果型指数=0.9, 出仁率 51%, 脱皮率 92%~94%, 风味香, 早熟, 存在大小年现象, 榛仁空腔较大 (3.25 mm), S 基因型 S2S4。	仁用

表 4 (续)

品种名	原产国	主要性状	用途
Variety name	Country	Main characteristics	Use
Tombul	土耳其	坚果重 1.8 g, 果型指数=1.1, 出仁率 54%, 脱皮率 94%, 风味香, 早熟, 榛仁有空腔(1.5 mm), S 基因型 S4S8/12。	仁用

意大利 7 个品种及西班牙 2 个品种 Barcelona 和 Segorbe 简介引自意大利拉齐奥地区农业咨询委员会资料^[56]; 土耳其 4 个品种简介引自土耳其文榛子著作^[57]; Negret 和 Pauetet 品种介绍引自文献^[58]; 因为 Tombul 是一个遗传背景相似的品种群, 因此, 目前报道的 S 基因型也不一致, 多以 S4S8 或 S4S12 为主

Information of 7 Italian varieties and 2 Spanish varieties, Barcelona and Segorbe was cited from^[56]; Information of 4 Turkish varieties was cited from a Turkish hazelnut book written by^[57]; Information of Negret and Pauetet was cited from^[58]; Tombul is exactly a variety group with similar genetic background, thus there were different *S*-locus, among which, S4S8 and S4S12 were the most common combination

美国仁用品种均以中等大小的坚果为主(2.5 g 左右), 坚果近圆形, 出仁率 45% 以上, 榛仁脱皮率极高, 接近完全脱皮, 榛仁风味香, 多数品种具有对大芽螨虫和东部榛疫病抗性; 带壳烤制品种的特点是坚果个大(3.0 g 以上), 外型美观, 榛仁具有较好的风味; 美国专用授粉品种较多, 除了最基本的散粉量大、抗东部榛疫病外, 通过对 S 基因型的鉴定和对散粉期的观察, 针对性地为不同主栽品种进行了授粉品种的推荐; 观赏品种主要是红叶、曲枝、裂叶等类型, 主要用于观赏栽培, 坚果经济性状一般。

意大利、西班牙和土耳其的品种以传统品种为主, 近年来新推出的品种及其栽培量较少。意大利的品种多以仁用为主, 坚果中等大小, 近圆形, 也有长型的品种, 出仁率较高, 但榛仁脱皮率总体不及美国品种; 带壳品种同样表现为坚果个大, 具有较高的榛仁脱皮率; 意大利的专用授粉品种较少, 与仁用品种兼用。西班牙品种除了 Barcelona 坚果个大, 圆形, 作为带壳品种以外, 其他品种均为长圆形或卵圆形, 中等大小, 榛仁脱皮率也不及美国品种; 专用授粉品种较少, 与仁用品种兼用。土耳其品种总体以坚果圆形、中小型坚果为主, 多数品种在两个半仁的间隙有大小不一的空腔(1.5~3.25 mm), 但出仁率极高, 榛仁脱皮率也很高, 非常适于作为仁用加工品种; 土耳其榛园一般为多品种混栽, 互为授粉树, 因此无明确的授粉品种; 同时, 由于这些品种在土耳其以外的国家引种甚少, 因此品种 S 基因型的报道也不齐全。

目前国外的欧洲榛品种(主要指仁用和带壳品种)尽管在坚果特性、树体抗性、丰产性等方面总体表现优良(表 3、表 4), 但几乎所有的品种都不能堪称完美。例如, 意大利品种 Mortarella、Tonda Gentile delle Langhe 和 Tonda Gentile Romana 抗病性差, Nocchione 出仁率较低, San Giovanni 坚果为长型; 西班牙品种 Barcelona 脱皮率低, 不抗东部榛

疫病, Negret 坚果个小且为卵形、抗性差, Pauetet 和 Segorbe 抗逆性较强, 但坚果经济性状稍差; 土耳其品种 Foşa 和 Palaz 的坚果个小, 榛仁空腔较大, Tombul 和 Çakıldak 不耐春季晚霜为害, 特殊年份产量受损。美国推出的品种在坚果性状和抗逆性方面较优, 这是育种工作持续开展并不断提高候选群体整体水平的结果。相比之下, Clark 和 Tonda Pacifica 不抗东部榛疫病, Dorris 出仁率较低, Yamhill 脱皮率较低, 即使看似无可挑剔的 Jefferson、Lewis、McDonald、Sacajawea、Wepster, 以及意大利品种 Camponica 和 Tonda di Giffoni, 也因其具有较强的萌蘖能力, 增加了榛园的生产成本。此外, 研究表明, 美国抗东部榛疫病品种的抗性基因来源不同, 既有来自 Gasaway 的单基因控制, 也来自其他亲本的多基因遗传控制, 抗病能力不仅因亲本而异, 不同树龄和不同立地条件下表现也不同, 这也是美国榛树栽培自发现东部榛疫病病害以来, 一直持续开展抗东部榛疫病品种选育的原因^[3, 38]。

综上所述, 即使在榛树品种选育研究最为先进的国家, 面临生态环境的变化、栽培区域的拓展和市场需求提高, 榛树育种工作均需要持续开展。

2 我国欧洲榛引种和杂交利用现状

2.1 引种历史

我国对国外榛属植物的引种始于 19 世纪末, 最早的欧洲榛在山东青岛一带种植; 20 世纪中叶, 庐山植物园从荷兰引进欧洲榛, 北京植物园和南京林学院从前苏联引进欧洲榛和大果榛(*C. maxima*), 陕西林业科学研究所从意大利引进 3 个欧洲榛品种; 上海植物园从加拿大引进尖榛, 上述引进资源均保存在引种单位植物园中, 没有形成生产规模^[1], 目前保存状况不详。

1972–1975 年, 辽宁省经济林研究所许万英等

专家先后从保加利亚、阿尔巴尼亚、意大利等国家引进 10 个欧洲榛品种的种子在大连播种。在有越冬保护的条件下, 树体生长发育良好并开花结实。专家们对实生苗的生态适应性、生物学特性、坚果经济性状、遗传特性等方面进行了观察研究^[5], 后续筛选审定了连丰、意丰和泰丰等品种^[59]。由于大连地区冬季干寒少雪, 相对湿度低, 导致欧洲榛冬春出现枝条抽干现象^[5]。1985 年起, 辽宁省经济林研究所梁维坚等^[59]将第一批欧洲榛优良品系南移至山东泰安试栽, 到 1990 年分别在山东泰安、安徽肥西和湖北宜昌建立了 3 个不同气候梯度的引种试验。在此期间, 梁维坚对各地引种的欧洲榛进行了生长表现调查, 结果表明, 在北京、大连以北地区欧洲榛不能露地越冬, 必须进行越冬防护措施; 在山东泰安, 欧洲榛基本能正常露地越冬, 仅个别品系有轻微抽条问题; 在陕西西安、安徽肥西、湖北宜昌、江苏南京、上海等地, 欧洲榛能够露地越冬, 不存在越冬冻害现象。结实率方面, 欧洲榛在山东泰安能够获得丰产, 果仁饱满; 在西安、肥西、宜昌形成较多雄花序, 但自然生长状态下结实率较低, 存在空粒问题, 而人工辅助授粉则大大提高了结实率^[6, 59]。

欧洲榛有计划的引种始于 20 世纪 90 年代。梁维坚^[60]在 1996–1998 年间从意大利、美国引进欧洲榛优良品种 (品系) 37 个, 包括 Barcelona、Ennis、Butler、Casina、Willamette 等, 分别在河北邢台、邯郸、石家庄和山东莒县建立引种试验园。这些欧洲榛品种在河北邢台、邯郸可以露地过冬, 树体生长旺盛, 但结实量较少, 推测可能是由于花粉原因导致的授粉不良。上述欧洲榛品种在河南鲁山也进行了引种, 各品种均能露地正常过冬, 树体生长旺盛, 雌雄花序形成多, 结实量也较多^[60]。河南省林业科学研究院 1999 年从辽宁省经济林研究所引进连丰、意丰、意连和大薄壳等 4 个品种, 分别定植于郑州和鲁山。5 年后观察发现欧洲榛各品种均生长旺盛, 结果良好, 2~3 年即可形成雌雄花序, 3~4 年具有一定经济产量^[61]。

云南省林业科学院自 1997 年开始, 先后从美国俄勒冈州引入 Casina、Barcelona、Duchily、Royal、Halls Giant、Butler 等 6 个品种, 定植于昆明植物园。通过几年的试验研究, 所引进品种表现出较好的适应性, 已尝试开展用欧洲榛良种对当地野生滇榛进行嫁接改造^[62]。Royal 和 Butler 雄花序在冬季均存在脱落现象, 需要选择其他榛树进行授粉^[63]。

中国林业科学研究院林业研究所 2006 年以来, 从国内各地收集保存了 Barcelona、Ennis、Willamette 等品种, 现存资源 33 份, 成为该单位开展新一代杂交育种的重要亲本材料。此外, 辽宁省经济林研究所、山西农业大学、沈阳农业大学、安徽省林业科学研究院等单位也有不同数量和类型的欧洲榛保存。

2.2 研究现状

对于引进欧洲榛的研究报道不是很多, 主要集中在引种适应性调查和无性繁殖技术方面, 其他方面研究较少。

在引种适应性调查方面, 欧洲榛的越冬性和结实率是最受关注的问题。研究发现我国暖温带南部、北亚热带地区的黄河-长江流域, 以及相似气候区可以栽培欧洲榛^[6, 59]。后续对引种区的持续调查表明, 欧洲榛在河南郑州、鲁山, 安徽六安、肥西和云南昆明等地具有较强的适应性^[61, 63-64], 在安徽和云南出现的由于雄花序脱落而影响产量的问题, 可以通过人工授粉^[64]或栽植适量当地野生榛属资源^[63]的方式进行克服。

各单位对欧洲榛的无性繁殖技术进行了探索, 包括分株、压条、扦插、嫁接和组织培养等^[65-69], 并与我国主栽的平欧杂种榛进行了对比研究。对引进欧洲榛其他方面的研究, 以山东农业大学和山西农业大学的研究较多, 主要进行了欧洲榛种仁营养评价^[70-71]、光合特性^[72]以及染色体核型和同工酶分析^[73-74]等方面研究。在遗传研究方面, 引进欧洲榛常作为类外对照, 参与榛属植物孢粉学观察、种 (品种) 间遗传多样性、亲缘关系等方面的研究^[75-78]。

2.3 杂交利用

欧洲榛的杂交利用最早开始于 1980 年, 辽宁省经济林研究所利用引进欧洲榛品种的优良实生后代为父本, 以我国野生平榛中的优良单株为母本, 通过杂交获得了第一批种间杂交后代。通过 1980–1985 年连续 6 年的杂交工作, 从 2000 多株杂交后代中经多次选择和淘汰, 筛选出 70 余个优良单株^[79-80]。经后续多年的多点对比试验研究, 1999 年起至今, 达维、玉坠、薄壳红、辽榛 1-9 号系列平欧杂种榛品种陆续通过审定^[81-88]。这些品种具有坚果个大、丰产、出仁率高、果仁饱满、风味佳、适应性强等特点, 在抗寒性、适应性方面超过了欧洲榛, 适于在东北、华北、西北等地区栽培。2006 年起, 中国林业科学研究院林业研究所在山东安丘、黑龙江带岭和江山娇林场布置了 40 余个平欧杂种榛优良品种/系的对比试验, 进行进一步筛选。经多年对比试验,

在黑龙江北部地区筛选出高抗寒型平欧杂种榛品种平欧15号和平欧210号,在山东地区筛选出辽榛1号、辽榛2号、辽榛4号、辽榛9号4个平欧杂种榛品种,并于2017年通过了国家林木良种审定。

目前国内榛树品种选育,除了继续对平欧杂种榛群体进行筛选和适生区划外,新的杂交育种工作也在各单位持续进行。梁维坚等^[89]对平榛与欧洲榛杂交后代遗传倾向的分析表明,以平榛为母本后代抗寒性的遗传力较强;坚果大小呈现正态分布,后代平均坚果重与中亲值接近;果仁光洁度大幅提高,倾向于父本遗传;而果壳厚度和出仁率的遗传倾向于平榛。因此,后续杂交育种在亲本选择上均以适应性为首要条件,多以平榛(或其他野生榛属资源)优良单株和平欧杂种榛优良品种为母本,以引进欧洲榛为父本,育种目标是在具有良好适应性的同时,兼具优良的坚果品质。

面临榛子产业的迅速发展和榛树良种选育相对落后的状态,新的杂交育种工作急需开展,如:以川榛、滇榛为母本培育南方适栽的品种,以华榛为母本培育无萌蘖品种,培育北京以南地区雄花序保存率高、干旱地区雄花序越冬不抽干的专用授粉品种,培育出仁率高、榛仁脱皮率高的仁用加工型品种,以及兼具观赏价值的特异品种等。上述工作的开展,适宜亲本的选择是杂交工作成败的关键,对特异榛属植物资源的引进和高效利用是加快我国榛树育种的有效途径,因此,一方面需要对现有引进欧洲榛资源进行目标性状的评价,从中筛选适宜的亲本材料;另一方面需要拓宽引种途径,进一步引进具有目标性状的榛属植物资源类型。

3 我国欧洲榛引种和杂交利用存在的问题和发展建议

欧洲榛是世界主要的栽培榛种,在适应性、丰产性、出仁率、榛仁品质和榛仁脱皮性等方面表现优良,在叶片/枝干形态和叶片/果苞颜色方面存在特异类型,是进行杂交育种重要的亲本材料。世界范围的榛树品种选育比我国提前数十年的时间,育种工作持续开展,推出了很多坚果性状优良、抗逆性强,符合市场需求的品种,不断地提高了候选群体的整体水平,也积累了丰富的育种和选择经验。因此,对特异榛属植物资源的高效利用和持续引进,并以此作为育种材料,是加快我国榛树杂交育种的有效途径。

尽管我国榛属植物资源的引种工作已逾百年,

但在其适应性评价、优良资源筛选和杂交利用等方面进展较为缓慢。问题表现为:

(1)引种试点较少、管理不到位。尽管欧洲榛的引种时间较长,引种试点也体现出纬度的梯度差异,但总体来讲引种试点较少,不排除引种试点小的气候因素、栽培环境和立地条件等对适应性评价的影响;在品种选择、栽培管理、问题处理和拓展研究上工作不到位;另外,从榛树在我国的发展阶段看,栽培榛属于新兴树种,栽培面积总体较低,即使是在欧洲榛生长较好的山东、河南、云南等地,仍是小规模试种,栽培利用的重视程度不够。

(2)遗传规律研究少,杂交利用盲目性强。以往我国利用欧洲榛进行的杂交育种,育种目标主要是聚合欧洲榛优良的坚果经济性状,第一代平欧杂种榛从实践上实现了我国栽培榛从无到有的转变,但在遗传研究方面,从亲本的选择选配、杂交群体构建,到目标性状遗传规律的研究等方面,均没有开展针对性的基础研究工作,导致杂交利用存在一定盲目性;此外,在亲本性状选择上,目前仅关注了欧洲榛坚果性状本身,而对坚果自由脱苞、榛仁脱皮性、早实性、特殊观赏性等性状尚未加以利用。

(3)科研后续投入不够。尽管近年来榛树被列入木本粮油树种,国家林草局发布了《榛子产业发展指南》,但榛树作为新兴树种,栽培面积尚小,尚无国家级种质资源保存圃和长期稳定的科研基地,导致科研后续投入不够。如引种区出现的抽条、空壳、结实率低、雄花序脱落等问题,可以通过品种选择或采取一定的栽培技术措施来解决,但是目前此类现象的产生机理问题研究尚未开展。

综上所述,针对欧洲榛在我国的发展和利用问题,提出几点应对策略:

(1)继续开展引种试种工作。我国幅员辽阔,气候类型多样,今后可根据欧洲榛的生活习性、结合欧洲榛主产区气象数据分析和目前的引种经验,进一步有针对性地拓展试种范围;对引进资源分种源和品种进行试种区域的规划,详细记录试种区域的气象数据、土壤类型、栽培管理方式和不同单株的生长表现,在筛选欧洲榛适生区的同时,筛选欧洲榛适生品种。

(2)加强资源保护和杂交利用。在我国欧洲榛适生区建立种质资源圃,汇总保存各单位引进的资源,重要资源多地备份保存,依据榛种质资源的描述标准进行重要性状数据的收集,建立种质资源数据库。另外,目前杂交育种仍是榛树育种的主要手

段,针对我国榛树生产上出现的品种问题,可借鉴欧洲榛育种工作经验,有计划地利用现有欧洲榛资源开展杂交育种工作,整合特异性状,培育适合我国生产发展的杂交品种。

(3)丰富榛属植物引种的品种类型。欧洲榛是一类品种繁多、类型多样的榛属植物资源,表现在适应性、抗逆性、丰产性、观赏性等各方面,随着各国育种工作的发展,一些新品种、新材料也会不断涌现。此外,世界榛属植物约有13种,野生资源中也蕴含着丰富的优异性状。随着国际交流项目的增多,在尊重知识产权且符合国家引进政策的前提下,应适当增加榛属植物的引种类型。

(4)建立科技档案,加强人员交流和培训。植物资源引进和品种选育是一项事在当代,功在千秋的工作,一方面要对引进资源的背景资料、引种试栽、杂交利用等重要信息建立完善的科技档案,避免因人员流动或工作交接而导致数据资料的损失;另一方面要依托榛树各类科研平台,定期开展人员的交流和培训活动,交流欧洲榛在各地的生长表现情况、杂交育种工作的心得体会等问题,从而少走弯路,避免重复性工作。

(5)拓展科研经费的来源渠道。一方面各榛树科研单位积极争取国家级和省、市级纵向科研经费的支持;另一方面可以以产业联盟、行业协会、合作社等的名义联合申报各类项目或自筹研发,也可以采取其他灵活方式获取经费,如联合企业进行合作研发、新品种成果转让等形式,拓展科研经费的来源渠道。

4 我国榛子科研与产业发展展望

榛子是我国重要的经济林树种,与核桃、扁桃和腰果并称世界四大坚果。榛坚果是木本植物油脂和蛋白质的良好来源,可直接鲜食、炒/烤食,也可榨油或作为原料加工成各类食品。果、油、粮兼用的独特性使榛子具有广阔的应用领域和极高的应用价值。从树种特性上,榛子既是经济树种又是生态树种,我国培育的平欧杂种榛抗寒适应性强,耐干旱、耐瘠薄、避晚霜,根系发达,水土保持能力强,对土壤要求不严格,可在年平均气温 $3.2\sim 15.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、年日照时数 2100 h 、pH值 $5.5\sim 8.5$ 的立地条件下种植,适宜地区可充分利用非耕地资源,上山下滩,发展榛子产业。从坚果特性上,榛子果壳致密不透气,油脂中单不饱和脂肪酸含量高造就了榛坚果具有较强的耐贮藏性能,为坚果销售提供了较长的弹性

时间。从栽培管理上,榛子栽植后2~3年开始结果,6~7年进入盛果期,坚果产量为 $200\sim 300\text{ kg}/667\text{ m}^2$,高产地块超过 $400\text{ kg}/667\text{ m}^2$,经济效益非常可观;另外,平欧杂种榛病虫害少,栽培管理相对简单,栽培成本低,适于机械化栽培、采收和采后处理。

2020年以来,我国榛子产业的发展在国家层面上有了新的规划布局:2020年10月,国家林业和草原局发布《榛子产业发展指南》,首次全面展示了全国榛子产业发展情况,为榛子产业发展提供了科学引导;2020年11月,国家十部委联合发布“关于科学利用林地资源促进木本粮油和林下经济高质量发展的意见”,指出“在北方及西部适宜地区,充分发掘仁用杏、榛子等重点树种栽植潜力,巩固板栗等优势产能,扩大适生品种种植规模”;2022年1月,国家林业和草原局发布《全国沙产业发展指南》,指出在我国东部沙区(内蒙古东部、东北三省西部)“重点发展仁用杏、大果榛子等灌木经济林,加大科技创新力度,提升产品品质,形成完整产业链”;2022年2月,国家林业和草原局发布《林草产业发展规划(2021—2025年)》,榛子作为重要的经济林树种,可在我国“东北、华北、西北、华东等适宜地区重点发展”。尤其是在2022年,习近平总书记提出了“树立大食物观”“向森林要食物”“森林是水库、钱库、粮库、碳库”等科学论断,提出了大力发展木本粮油的要求,为榛子产业发展和科技支撑指明了方向,也为今后榛子科研和产业提供了机遇与挑战。

平欧杂种榛的育成和推广,标志着我国的榛子生产从野生资源利用进入了园艺化栽培阶段,发展近20年来,栽培面积迅速扩大:2005年 600 hm^2 ,2010年 0.8 万 hm^2 ,2014年 2.0 万 hm^2 ,2018年 6.3 万 hm^2 ,2021年 11.2 万 hm^2 。未来几年,榛子栽培面积将进一步扩大。在国外榛子产业方面,以欧洲榛为代表的世界栽培榛发展已经历了100多年的时间,从栽培技术、加工利用、市场开发,到资源保护、品种选育和科学研究等方面都积累了丰富的经验。本文综述了世界栽培榛种质资源特点、品种选育研究进展和各国生产发展现状,以期为我国榛树品种选育和栽培推广提供一定参考,使科研更好地服务榛子产业发展,从而切实践行“绿水青山就是金山银山”理念,服务乡村产业振兴。

参考文献

- [1] 张宇和,柳彦,梁维坚,张育明.中国果树志·板栗榛子卷.北京:中国林业出版社,2005:193-199
Zhang Y H, Liu L, Liang W J, Zhang Y M. China fruit's

- monograph: Chestnut and hazelnut volume. Beijing: China Forestry Publishing Press, 2005:193-199
- [2] Molnar T J. *Corylus* L. // Kole C. Wild crop relatives: Genomic and breeding resources of forest trees (Volume 10). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011:15-48
- [3] Mehlenbacher S A. Advances in genetic improvement of hazelnut. *Acta Horticulturae*, 2018, 1226: 12
- [4] Botta R, Molnar T J, Erdogan V, Valentini N, Marinoni D T, Mehlenbacher S A. Hazelnut (*Corylus* spp.) breeding // Al-Khayri J M, Jain S M, Johnson D V. Advances in plant breeding strategies: Nut and beverage crops (volume 4). Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland, 2019: 157-219
- [5] 许万英, 姚振枝. 欧洲榛子引种的研究. 辽宁林业科技, 1981(3): 1-7
Xu W Y, Yao Z Z. Studies on the introduction of European hazelnut. *Liaoning Forestry Science and Technology*, 1981(3): 1-7
- [6] 梁维坚. 欧洲榛子引种调查. 经济林研究, 1986, 4(1): 59-64
Liang W J. A survey on the introduction of *Corylus avellana*. *Economic Forest Research*, 1986, 4(1): 59-64
- [7] 霍宏亮, 马庆华, 李京璟, 赵天田, 王贵禧. 中国榛属植物种质资源分布格局及其适生区气候评价. 植物遗传资源学报, 2016, 17(5): 801-808
Huo H L, Ma Q H, Li J J, Zhao T T, Wang G X. Study on the distribution of *Corylus* L. in China and the climatic evaluation of the suitable areas. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17(5): 801-808
- [8] Erdogan V, Mehlenbacher S A. Interspecific hybridization in hazelnut (*Corylus*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2000, 125(4): 489-497
- [9] Erdogan V, Mehlenbacher S A. Phylogenetic relationships of *Corylus* species (Betulaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS region and chloroplast *matK* gene sequences. *Systematic Botany*, 2000, 25(4): 727-737
- [10] Whitcher I N, Wen J. Phylogeny and biogeography of *Corylus* (Betulaceae): Inferences from ITS sequences. *Systematic Botany*, 2001, 26(2): 283-298
- [11] Mehlenbacher S A. Hazelnuts (*Corylus*). Genetic resources of temperate fruit and nut crops. *Acta Horticulturae*, 1991, 290: 791-836
- [12] Thompson M M. Linkage of the incompatibility locus and red pigmentation genes in hazelnut. *Journal of Heredity*, 1985, 76: 119-122
- [13] Smith D C, Mehlenbacher S A. 'Rosita' ornamental hazelnut. *HortScience*, 2002, 37(7): 1137-1138
- [14] Mehlenbacher S A, Smith D C. Inheritance of the cut leaf trait in hazelnut. *HortScience*, 1995, 30(3): 611-612
- [15] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Burgundy Lace' ornamental hazelnut. *HortScience*, 2018, 53 (3) : 387-390
- [16] Smith D C, Mehlenbacher S A. Inheritance of contorted growth in hazelnut. *Euphytica*, 1996, 89: 211-213
- [17] Mehlenbacher S A, Smith D C. 'Red Dragon' ornamental hazelnut. *HortScience*, 2009, 44(3): 843-844
- [18] Erdogan V. Hazelnut production on turkey: Current situation, problems and future prospects. *Acta Horticulturae*, 2018, 1226: 13-23
- [19] Olsen J. Growing hazelnuts in the pacific northwest: Orchard design. Archival copy of OSU extension catalog. (2013-11-01) [2019-08-27]. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9077>
- [20] Thompson M M. Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L.. *Theoretical and Applied Genetics*, 1979, 54: 113-116
- [21] Mehlenbacher S A, Thompson M M. Dominance relationships among S-alleles in *Corylus avellana* L.. *Theoretical and Applied Genetics*, 1988, 76: 669-672
- [22] Mehlenbacher S A. Revised dominance hierarchy for S-alleles in *Corylus avellana* L.. *Theoretical and Applied Genetics*, 1997, 94: 360-366
- [23] Mehlenbacher S A. Geographic distribution of incompatibility alleles in cultivars and selections of European hazelnut. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2014, 139: 191-212
- [24] Taghavi T, Rahemi A, Dale A, Munholland S, Chia L S, Crosby W, Kelly J. Identifying self-incompatibility alleles in selected hazelnut genotypes. *Acta Horticulturae*, 2019, 1231: 157-160
- [25] Olsen J. Growing hazelnuts in the pacific northwest: Pollination and nut development. Archival copy of OSU extension catalog. (2013-11-01) [2019-08-27]. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9074>
- [26] Silvestri C, Santinelli G, Pica A P, Cristofori V. Mechanical pruning of European hazelnut: Effects on yield and quality and potential to exploit its byproduct. *European Journal of Horticultural Science*, 2021, 86(2): 189-196
- [27] Olsen J. Growing hazelnuts in the pacific northwest: Orchard nutrition. Archival copy of OSU extension catalog. (2013-11-01) [2019-08-27]. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9080>
- [28] Sezer A, Dolar F S, Lucas S J, Köse Ç, Gümüş E. First report of the recently introduced, destructive powdery mildew *Erysiphe corylacearum* on hazelnut in Turkey. *Phytoparasitica*, 2017, 45(4): 577-581
- [29] Lucas S J, Sezer A, Boztepe Ö, Kahraman K, Budak H. Genetic analysis of powdery mildew disease in Turkish hazelnut. *Acta Horticulturae*, 2018, 1226: 413-420
- [30] Gottwald T R, Cameron H R. Studies in the morphology and life history of *Anisogramma anomala*. *Mycologia*, 1979, 71: 1107-1126
- [31] Bosco L, Moraglio S T, Tavella L. *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. *Journal of Pest Science*, 2018, 91: 661-670
- [32] Hedstrom C, Shearer W P, Miller J C, Walton V M. The

- effects of kernel feeding by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on commercial hazelnuts. *Journal of Economic Entomology*, 2014, 107(5): 1858-1865
- [33] Thompson M M, Lagerstedt H B, Mehlenbacher S A. Hazelnuts. // Janick J, Moore J N. Fruit breeding (Volume 3, Nuts). New York: Wiley, 1996: 125-184
- [34] Yao Q, Mehlenbacher S A. Heritability, variance components and correlation of morphological and phenological traits in hazelnut. *Plant Breed*, 2000, 119: 369-381
- [35] Molnar T J, Capik J M. Advances in hazelnut research in North America. *Acta Horticulturae*, 2012, 940: 57-65
- [36] Mehlenbacher S A. Hazelnuts. // Fulbright D W. A guide to nut tree culture in North America (Volume 1). Northern Nut Growers Association, 2003: 183-215
- [37] Molnar T J, Goffreda J C, Funk C R. Developing hazelnuts for the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 2005, 68: 609-617
- [38] Molnar T J, Lombardoni J J, Muehlbauer M F, Honig J A, Mehlenbacher S A, Capik J M. Progress breeding for resistance to eastern filbert blight in the eastern United States. *Acta Horticulturae*, 2018, 1226: 79-85
- [39] Valentini N, Marinoni D, Me G, Botta R. Evaluations of 'Tonda Gentile delle Langhe' clones. *Acta Horticulturae*, 2001, 556: 209-215
- [40] Valentini N, Me G, Vallania R, Zeppa G. New hazelnuts selections for direct consumption. *Acta Horticulturae*, 2001, 556: 103-108
- [41] Botu I, Turcu E, Botu M, Preda S, Vicol A. Research on the genetic variability of characteristics in hybrid populations of hazelnut. *Acta Horticulturae*, 2009, 845: 151-158
- [42] Vicol A C, Botu M, Preda S A, Lazar A M, Maric S, Loncri Z. 'Valverd' and 'Roverd' - new hazelnut cultivars for intensive culture and family gardens// International Society of Agriculture. 48th Croatian & 8th International Symposium on Agriculture. Dubrovnik: International Society of Agriculture, 2013: 338-342
- [43] Balik H I, Balik S K, Erdogan V, Kafkas S, Beyhan N, Duyar Ö, Kose Ç. Clonal selection in 'Tombul' hazelnut: Preliminary results. *Acta Horticulturae*, 2018, 1226: 53-58
- [44] Mehlenbacher S A, Azarenko A N, Smith D C, McCluskey R. 'Clark' hazelnut. *HortScience*, 2001, 36: 995-996
- [45] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Dorris' hazelnut. *HortScience*, 2013, 48(6): 796-799
- [46] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Jefferson' hazelnut. *HortScience*, 2011, 46: 662-664
- [47] Mehlenbacher S A, Azarenko A N, Smith D C, McCluskey R. 'Lewis' hazelnut. *HortScience*, 2000, 35: 314-315
- [48] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'McDonald' hazelnut. *HortScience*, 2016, 51(6): 757-760
- [49] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Sacajawea' hazelnut. *HortScience*, 2008, 43(1): 255-257
- [50] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R, Thompson M M. 'Tonda Pacifica' hazelnut. *HortScience*, 2011, 46: 505-508
- [51] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Wepster' hazelnut. *HortScience*, 2014, 49(3): 346-349
- [52] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Yamhill' hazelnut. *HortScience*, 2009, 44: 845-847
- [53] Mehlenbacher S A, Smith D C. Hazelnut pollenizers 'Gamma', 'Delta', 'Epsilon' and 'Zeta'. *HortScience*, 2004, 39: 1498-1499
- [54] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'Eta' and 'Theta' hazelnut pollenizers. *HortScience*, 2012, 47(8): 1180-1181
- [55] Mehlenbacher S A, Smith D C, McCluskey R. 'York' and 'Felix' hazelnut pollenizers. *HortScience*, 2018, 53(6): 904-910
- [56] Regione Lazio Assessorato All'agricoltura. Monografia di cultivar di Nocciolo. Roma: Centro Stampa e Riproduzione, 2005: 16, 40
- [57] Köksal A I. Turkish hazelnut cultivars. Ankara: GrafikServis, 2002: 56-79
- [58] Rovira M, Hermoso J F, Romero A J. Performance of hazelnut cultivars from oregon, italy, and spain, in northeastern spain. *HortTechnology*, 2017, 27(5): 631-638
- [59] 梁维坚, 解明, 刘寄宪, 宣善平, 肖正东, 殷先觉. 欧洲榛子中国引种驯化及其适应性研究. 干果研究进展, 1998, 9: 98-104
- Liang W J, Xie M, Liu J X, Xuan S P, Xiao Z D, Yin X J. Studies on the introduction and domestication of European hazelnut and its adaptability in China. *Research Progress on Nuts and Dried Fruits*, 1998, 9: 98-104
- [60] 梁维坚. 中国果树科学与实践·榛. 西安: 陕西科学技术出版社, 2015
- Liang W J. Pomology science and practice in China · Hazelnut. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2015
- [61] 王齐瑞, 杨海青. 欧洲榛子在河南省的引种表现及栽培技术. 河南林业科学, 2005(3): 67-68
- Wang Q R, Yang H Q. Introduction and cultivation techniques of hazelnut in Henan province. *Journal of Henan Forestry Science and Technology*, 2005(3): 67-68
- [62] 宁德鲁, 陆斌, 邵则夏, 杨卫民, 杜春花. 云南榛树资源及其开发利用. 经济林研究, 2002, 20(3): 47-50
- Ning D L, Lu B, Shao Z X, Yang W M, Du C H. The *Corylus* species in Yunnan and their utilization. *Economic Forest Researches*, 2002, 20(3): 47-50
- [63] 杜春花, 陆斌, 宁德鲁, 张艳丽, 邵则夏, 杨卫民. 欧洲榛子在昆明地区的引种表现. 中国南方果树, 2007, 36(4): 65-66
- Du C H, Lu B, Ning D L, Zhang Y L, Shao Z X, Yang W M. Introduction of European hazelnut in Kunming area. *South China Fruit*, 2007, 36(4): 65-66
- [64] 宣善平, 肖正东, 陈素传, 汪涛, 赵性天, 刘裕全. 欧洲榛子引种栽培研究. 经济林研究, 1998, 16(3): 16-19
- Xuan S P, Xiao Z D, Chen S C, Wang T, Zhao X T, Liu Y Q. Report of introduction trial with *Corylus avellana*. *Economic Forest Researches*, 1998, 16(3): 16-19
- [65] 刘寄宪. 欧榛嫁接繁殖试验. 落叶果树, 1992(4): 18-19
- Liu J X. Experiment on grafting propagation of *Corylus*

- avellana*. Deciduous Fruits, 1992(4): 18-19
- [66] 陈素传, 肖正东, 吴浩, 赵性天, 刘裕全. 欧洲榛子嫩枝压条试验研究. 经济林研究, 2001, 19(1): 45-47
Chen S C, Xiao Z D, Wu H, Zhao X T, Liu Y Q. Propagation trial of *Corylus avellana* with innovation layerage. Economic Forest Researches, 2001, 19(1): 45-47
- [67] 尹成涛, 孙满芝, 韩爱平. 欧洲榛子的组培快繁技术研究. 山东林业科技, 2002(5): 14-15
Yin C T, Sun M Z, Han A P. Studies on tissue culture and rapid propagation of *Corylus avellana*. Shandong Forestry Science and Technology, 2002(5): 14-15
- [68] 宁德鲁, 陆斌, 陈芳, 杜春花. 欧榛的无性繁殖技术. 西部林业科学, 2006, 35(1): 90-92
Ning D L, Lu B, Chen F, Du C H. Vegetative propagation techniques of *Corylus avellana*. Journal of West China Forestry Science, 2006, 35(1): 90-92
- [69] 扈红军, 曹帮华, 尹伟伦, 翟明普, 唐全, 贾波. 不同处理对欧榛硬枝扦插生根的影响及生根过程中相关氧化酶活性的变化. 林业科学, 2007, 43(12): 70-75
Hu H J, Cao B H, Yin W L, Zhai M P, Tang Q, Jia B. Effects of different treatments on hardwood-cutting rooting and related oxidase activity changes during rooting of *Corylus avellana*. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(12): 70-75
- [70] 郭永强, 邢世岩, 韩克杰, 郭彦彦. 欧洲榛子种仁营养成分多性状联合选择. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2004, 35(3): 343-346
Guo Y Q, Xing S Y, Han K J, Guo Y Y. Multi trait joint selection on nutrition of kernel of *Corylus avellana* L. Journal of Shandong Agricultural University : Natural Science, 2004, 35(3): 343-346
- [71] 韩克杰, 邢世岩, 王利, 陈立亭, 高进红, 郭彦彦. 欧榛脂肪及脂肪酸成分分析及评价. 中国粮油学报, 2008, 23(4): 234-238
Han K J, Xing S Y, Wang L, Chen L T, Gao J H, Guo Y Y. Analysis and evaluation of fat and fatty acid composition for *Corylus avellana* L. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, 23(4): 234-238
- [72] 李六林, 季兰. 欧榛光合特性及影响因子的研究 // 王秀峰, 李宪利. 园艺学进展(7): 果树. 北京: 中国农业出版社, 2005: 38-43
Li L L, Ji L. Studies on photosynthetic characteristics and influencing factors of *Corylus avellana* // Wang X F, Li X L. Advances in horticultural science research (7): Pomology. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 38-43
- [73] 杨青珍, 王锋, 季兰. 平榛、欧榛及种间杂种过氧化物酶同工酶分析. 中国农学通报, 2007, 23(6): 149-152
Yang Q Z, Wang F, Ji L. Analysis of peroxidase isoenzyme of *Corylus heterophylla* Fisch., *Corylus avellana* L. and interspecific hybrid. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 149-152
- [74] 郭媛媛, 邢世岩, 马颖敏, 唐海霞, 韩克杰. 15 种榛子种质的染色体核型分析. 园艺学报, 2009, 36(1): 27-32
Guo Y Y, Xing S Y, Ma Y M, Tang H X, Han K J. Analysis of karyotype on fifteen hazelnut germplasms. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(1): 27-32
- [75] 张希踔. 榛子种质资源多样性的 RAPD 分析. 大连: 辽宁师范大学, 2007
Zhang X C. Analysis of genetic diversity in hazel (*Corylus*) by RAPD markers. Dalian: Liaoning Normal University, 2007
- [76] 王艳梅. 利用 SSR 研究榛属种间亲缘关系及平榛居群遗传多样性. 北京: 北京林业大学, 2008
Wang Y M. Study on the phylogenetic relationship of *Corylus* species and genetic diversity of *C. heterophylla* populations by SSR. Beijing: Beijing Forestry University, 2008
- [77] 宗建伟. 中国三个主要榛种居群遗传多样性及榛属植物种间亲缘关系研究. 北京: 中国林业科学研究院, 2016
Zong J W. Study on population genetic diversity of three Chinese *Corylus* species and the phylogenetic relationship of *Corylus* species. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2016
- [78] 李京璟, 张日清, 马庆华, 王贵禧. 榛属植物花粉形态扫描电镜观察. 电子显微学报, 2017, 36(4): 404-413
Li J J, Zhang R Q, Ma Q H, Wang G X. SEM observation on the pollen morphology in *Corylus*. Journal of Chinese Electron Microscopy Society, 2017, 36(4): 404-413
- [79] 梁维坚, 解明, 董德芬, 姜忠官. 榛子新品种选育研究. 中国果树, 2000(2): 4-6
Liang W J, Xie M, Dong D F, Jiang Z G. Studies on breeding of new varieties of hazelnut. China Fruit, 2000(2): 4-6
- [80] Liang W J, Dong D F, Wang G X, Dong F X, Liang L S, Ma Q H. Progresses on the hazelnut cross breeding of *Corylus heterophylla* Fisch. × *Corylus avellana* L. in China. Acta Horticulturae, 2012, 940: 233-238
- [81] 张玲, 翟明普, 解明, 郑金利. 榛子新品种辽榛 1 号. 园艺学报, 2007, 34(6): 1593
Zhang L, Zhai M P, Xie M, Zheng J L. A new cultivar of filbert 'Liaozhen 1'. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(6): 1593
- [82] 张玲, 翟明普, 解明, 郑金利. 榛子新品种辽榛 2 号. 园艺学报, 2008, 35(1): 151
Zhang L, Zhai M P, Xie M, Zheng J L. A new cultivar of filbert 'Liaozhen 2'. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(1): 151
- [83] 郑金利, 解明, 梁维坚, 姜中官, 王道明. 榛子新品种辽榛 3 号的选育. 中国果树, 2007(4): 5-7
Zheng J L, Xie M, Liang W J, Jiang Z G, Wang D M. Breeding of a new hazelnut cultivar 'Liaozhen 3'. China Fruit, 2007(4): 5-7
- [84] 郑金利, 解明, 梁维坚, 姜中官, 王道明. 榛子新品种辽榛 4 号的选育. 中国果树, 2008(6): 6-8
Zheng J L, Xie M, Liang W J, Jiang Z G, Wang D M. Breeding of a new hazelnut cultivar 'Liaozhen 4'. China Fruit, 2008(6): 6-8
- [85] 段鹏勇, 孙冬伟, 郭昕彤, 郭俊财. 榛子抗寒新品种辽榛 5 号的选育. 中国果树, 2009(5): 3-6
Duan P Y, Sun D W, Wu X T, Wu J C. Breeding of a cold

- resistant hazelnut cultivar 'Liaozhen 5'. China Fruit, 2009(5): 3-6
- [86] 潘洪泽, 吴泽南, 段鹏勇, 聂媛, 董锐, 程瑶. 杂交榛子新品种辽榛6号的选育. 林业实用技术, 2010(1): 20-22
- Pan H Z, Wu Z N, Duan P Y, Nie Y, Dong R, Cheng Y. Breeding of a new hybrid hazelnut cultivar 'Liaozhen 6'. Practical Forestry Technology, 2010(1): 20-22
- [87] 解明, 郑金利, 王道明, 张悦, 刘振盼. 杂交榛子'辽榛7号'、'辽榛8号'、'辽榛9号'的选育. 北方果树, 2017(3): 53-55
- Xie M, Zheng J L, Wang D M, Zhang Y, Liu Z P. Breeding of hybrid hazelnut cultivars 'Liaozhen 7', 'Liaozhen 8', 'Liaozhen 9'. Northern Fruit, 2017(3): 53-55
- [88] 王道明, 梁维坚, 郑金利, 解明, 张悦, 马瑞峰, 王克瀚, 孙俊. 榛新品种'先达1号'的选育. 中国果树, 2021(5): 71-72
- Wang D M, Liang W J, Zheng J L, Xie M, Zhang Y, Ma R F, Wang K H, Sun J. Breeding of new hazelnut cultivar 'Xianda 1'. China Fruit, 2021(5): 71-72
- [89] 梁维坚, 许万英. 欧洲榛子与平榛种间杂交杂种后代某些遗传倾向的分析// 中国园艺学会. 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: 中国园艺学会, 1989: 254-257
- Liang W J, Xu W Y. Analysis of some genetic tendencies of interspecific hybrids between *Corylus avellana* L. and *Corylus heterophylla* Fisch. // Chinese Society of Horticulture Science. Proceedings of the 60th anniversary of Chinese society of horticulture science (I: Pomology). Shanghai: Chinese Society of Horticulture Science, 1989: 254-257