



引用格式: 王陆军, 孙璟, 周米生, 等. 皖北平欧杂种榛优势品种坚果性状评价[J]. 西北植物学报, 2024, 44(4): 0644-0653. [WANG L J, SUN J, ZHOU M S, et al. Evaluation of nut traits of dominant varieties of Ping'ou hybrid hazelnut in the north of Anhui Province[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2024, 44(4): 0644-0653.] DOI: 10.7606/j.issn.1000-4025.20230628

皖北平欧杂种榛优势品种坚果性状评价

王陆军¹, 孙璟², 周米生¹, 梁丽松³, 马庆华^{3*}

(1 安徽省林业科学研究院, 合肥 230031, 2 宿州市夹沟国有林场, 安徽宿州 234102, 3 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)

摘要 【目的】平欧杂种榛是中国野生平榛和欧洲榛种间杂交获得的新种质, 具有抗寒、丰产和适应性强等特点。对皖北地区平欧杂种榛优势品种坚果进行性状评价, 明确品种加工适宜性, 可为平欧杂种榛选择与推广提供科学依据。【方法】依据适应性和丰产性等指标, 在皖北地区筛选出 9 个平欧杂种榛优势品种坚果, 从烤制、仁用、油用、鲜食等不同加工利用角度进行分析评价。【结果】(1) 皖北地区 9 个优势品种单粒坚果质量为 2.54~4.40 g, 三径(纵径、横径、侧径)均值为 18.99~21.49 mm, 形状指数为 0.67~1.02, 单粒榛仁质量为 1.00~1.66 g, 果壳厚度为 1.53~2.41 mm, 出仁率为 34.36%~47.01%, 榛仁脂肪含量为 50.50~58.00 g/(100 g), 蛋白质含量为 21.10~25.10 g/(100 g), 可溶性糖含量为 4.08%~4.94%。(2) 油脂中鉴定出 8 种脂肪酸成分, 其中油酸含量最高, 为 81.21%~88.53%, 饱和脂肪酸含量为 92.19%~94.61%。榛仁中钾、磷、钙和镁含量较为丰富。(3) 9 个优势品种单株坚果产量为 1.52~2.20 kg, 单株脂肪产量为 330.50~503.47 g, 单株蛋白质产量为 141.68~224.40 g。【结论】根据不同榛果加工方式, 皖北 9 个优势品种中“辽榛 3 号”最适作为带壳烤制品种; “辽榛 3 号”、“达维”和“辽榛 4 号”最适作为仁用加工品种, “辽榛 4 号”可作为油用加工品种; “辽榛 1 号”可作为功能性蛋白饮料加工品种; “达维”和“辽榛 9 号”可作为高钙类加工品种; “达维”、“辽榛 3 号”、“平欧 545 号”是较为适宜的鲜食品种。

关键词 平欧杂种榛; 优势品种; 经济性状; 矿质成分; 脂肪酸; 营养物质

中图分类号 S664.4 **文献标志码** A

Evaluation of nut traits of dominant varieties of Ping'ou hybrid hazelnut in the north of Anhui Province

WANG Lujun¹, SUN Jing², ZHOU Misheng¹, LIANG Lisong³, MA Qinghua^{3*}

(1 Anhui Academy of Forestry, Hefei 230031, China; 2 Jiagou National Forest Farm of Suzhou, Suzhou, Anhui 234102, China; 3 Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of the State Forestry and Grassland Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract [Objective] This study aims to evaluate the nut traits of the dominant varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts cultivated in the northern Anhui and analyze the suitability of the varieties for processing, to provide a basis for the selection and popularization of the hazelnuts. [Methods] Nine varieties were selected as the dominant varieties based on their adaptation and yield in the northern Anhui. These varieties were

收稿日期: 2023-10-10; 修改稿收到日期: 2023-12-06

基金项目: 国家重点研发项目(2022YFD2200400, 2022YFD1600404); 安徽省科技重大专项(202103B06020017)

作者简介: 王陆军(1984—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事经济林育种、推广和应用研究。E-mail: wanglujun1984@126.com

* 通信作者: 马庆华, 副研究员, 主要从事榛子资源收集与杂交育种研究。E-mail: mqhmary@sina.com

analyzed and evaluated from different processing and utilization perspectives, such as baking, kernel, oil, and fresh-eating. [Results] (1) The distribution ranges of single nut mass, nut size, nut shape index, kernel mass, shell thickness, and kernel mass percentage of 9 dominant varieties were 2.54–4.40 g, 18.99–21.49 mm, 0.67–1.02, 1.00–1.66 g, 1.53–2.41 mm, and 34.36%–47.01%, respectively. The distribution ranges of fat, protein, and soluble sugar contents were 50.50–58.00 g/(100 g), 21.10–25.10 g/(100 g), and 4.08%–4.94%, respectively. (2) 8 fatty acids were detected from the hazelnut kernels, among which oleic acid was the highest with a distribution range of 81.21%–88.53%. The content of unsaturated fatty acids was 92.19%–94.61% among the total content of fat in hazelnut kernels. For mineral nutrition, the content of potassium, phosphorus, calcium, and magnesium in hazelnut kernels was relatively rich. (3) As for the processing capacity, the distribution ranges of single plant yield, fat production, and protein production of 9 dominant varieties were 1.52–2.20 kg, 330.50–503.47 g, and 141.68–224.40 g, respectively. [Conclusion] According to different consumption patterns, ‘Liaozhen 3’ is best for baking market, ‘Liaozhen 3’, ‘Dawei’ and ‘Liaozhen 4’ are best for kernel market, and ‘Dawei’, ‘Liaozhen 3’ and ‘Ping’ou 545’ are best for the fresh-eating market. ‘Liaozhen 4’ can be used as oil processing varieties, ‘Liaozhen 1’ as functional protein beverage processing varieties, and ‘Dawei’ and ‘Liaozhen 9’ as high calcium processing varieties.

Key words Ping’ou hybrid hazelnuts; dominant varieties; economic traits; mineral compositions; fatty acids; nutritional substances

榛子 (Hazel nut) 为榛科 (Corylaceae) 榛属 (Corylus) 植物, 世界上约有 13 种, 中国榛子资源丰富, 原产 8 个种和 2 个变种, 广泛分布于 25 个省 (自治区、直辖市)^[1-3]。平欧杂种榛 (*C. heterophylla* Fisch. × *C. avellana* L.), 又名杂交榛子、大果榛子, 为落叶灌木或小乔木, 是中国育种者通过国内野生平榛 (*C. heteophylla* Fisch.) 和国外欧洲榛 (*C. avellana* L.) 种间杂交获得的新种质, 克服了平榛果小、壳厚、出仁率低等缺点, 继承了欧洲榛大果、壳薄等性状, 具有抗寒、丰产和适应性强等特点^[1]。据不完全统计, 全国经各级审 (认) 定平欧杂种榛品种 20 余个^[4-14], 实现了由野生资源利用向品种化、园艺化栽培的转变。全国栽植面积约 11.2 万 hm², 其中以东北三省、山东省、新疆自治区等地种植面积最大。2020 年 10 月, 国家林业和草原局关于发布油茶、仁用杏、榛子产业发展指南的通知 (便函改 [2020]496 号), 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”(发改农经 [2020]1753 号), 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”。上述文件的发布标志着平欧杂种榛已正式列入国家木本油料发展树种之一, 将推动榛子产业快速健康发展。

榛子是世界四大坚果 (榛子、核桃、扁桃、腰果) 之一, 也是重要的木本油料树种, 具有较高的营养价值和经济价值。榛仁中含脂肪 57.6%~63.8%, 其

中不饱和脂肪酸占 93.88%, 总蛋白含量为 18.5%~25.3%, 还含有丰富的矿质元素^[2]。对平欧杂种榛坚果经济性状和营养品质的研究^[15-24]表明, 同一品种在不同产地受到环境、栽培管理水平等因素影响, 坚果的经济性状^[15-21]及营养成分含量^[20-24]往往差异很大。

现有研究多针对中国北方榛子产区, 而对南部区域栽培的平欧杂种榛坚果品质的研究鲜见报道。安徽省北部地区是平欧杂种榛的南部栽培优势产区^[1-2, 25], 树体生长量大, 年生长周期长, 经济效益高, 坚果成熟期早, 尤其在鲜果市场上更易抢占市场先机。该研究报道以皖北地区为代表的南方榛子产区平欧杂种榛优势品种 (系) 坚果经济性状和营养特性, 从烤制、仁用、油用、鲜食等不同加工利用角度进行分析评价, 以期平欧杂种榛选择与推广提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

9 个平欧杂种榛品种 (系) 来源于宿州市夹沟林场品种园, 该园区位于宿州市埇桥区夹沟镇, 属暖温带半湿润气候, 年降水量 774~895 mm, 年均气温 14~14.5 °C, 土壤类型为砂潮土。品种园于 2011 年 12 月份建立, 包括 22 个品种 (系), 来源于中国林业科学研究院和辽宁经济林研究所。栽植株行距 3 m×3 m, 每个试验点设置 3 个区组, 按照完全随机区组试验设计方法, 将引进的 22 个品种 (系) 按照抽

签方式分配到区组中定植,每个品种(系)15株,区组之间设置1~2行保护行。通过连续9年观察,根据结果量和适应性指标筛选出9个表现较好的品种(系)作为研究对象(表1)。

1.2 试验方法

1.2.1 坚果成熟期记录

随机选择每品种有代表性的榛树10株,连续3年(2017—2019年)观察记录不同品种坚果成熟状态:坚果成熟始期,全树5%坚果达到品种标准大小,种仁充实饱满,坚果颜色开始变深;坚果成熟期,全树75%坚果果苞出现黄绕,坚果由白色变为红褐色,触及坚果即可脱苞;坚果脱落期,全树25%坚果充分成熟,果苞自然开展并变为黄褐色,自然脱苞落地。

1.2.2 坚果和榛仁经济性状调查方法

连续3年调查坚果和榛仁经济性状^[15-16],所有指标数据为3年平均值。每样品随机选取坚果30粒,调查坚果的纵、横、侧径和坚果质量,去壳后测量果壳腰部厚度和种仁的纵、横、侧径以及种仁质量,计算出仁率。用分析天平测量坚果质量和种仁质量,用游标卡尺测量坚果和种仁的纵、横、侧径和壳腰厚度。纵径指顶部至基部的距离,横径指缝合线之间的距离,侧径指与横径垂直的距离;壳腰厚度测量垂直于纵径的果壳中间位置,每果测量3个部位,取平均值。三径均值为纵、横、侧径的平均值。

坚果和榛仁的形状指数和果腔系数指标测定方法:形状指数=(横径+侧径)/2×纵径;果腔系数=榛仁三径均值/(坚果三径均值-2×壳腰厚度);壳仁间隙=坚果三径均值-2×壳腰厚度-榛仁三径均值。固定3株测定单株产量,取3年平均数。

1.2.3 营养特性指标测定方法

2019年,取9个平欧杂种榛品种(系)成熟、干燥、无病虫害的坚果各0.5 kg,送往国家林草局经济林产品质量检验检测中心(杭州)进行营养特性指标的测定。

脂肪含量:参照食品安全国家标准《食品中脂肪的测定》(GB 5009.6—2016),用“索氏抽提法”测定榛坚果中的脂肪含量[g/(100 g)]^[26]。

蛋白质含量:参照食品安全国家标准《食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016),用“燃烧法”测定榛坚果中的蛋白质含量[g/(100 g)]^[27]。

可溶性糖含量:参照农业行业标准《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定——铜还原碘量法》(NY/T 1278—2007)测定榛坚果中的可溶性糖含量(%)^[28]。

矿质成分含量:参照食品安全国家标准《食品中多元素的测定》(GB 5009.268—2016),用“电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)”测定榛坚果中各矿质成分的含量(mg/kg)^[29]。

脂肪酸组成与含量:参照食品安全国家标准《食品中脂肪酸的测定》(GB 5009.168—2016),用“面积归一法”定量测定榛坚果中脂肪酸百分含量(%)计^[30]。

1.2.4 数据统计分析

用Excel 2016和SPSS 20.0进行数据统计与分析,用Origin 8.0进行软件制图。

2 结果与分析

2.1 不同平欧杂种榛品种(系)坚果和榛仁经济性状分析比较

不同平欧杂种榛坚果和榛仁及出仁相关性状及单株产量见表1。由表1可知,坚果性状中坚果质量、三径均值和形状指数分别为2.54(‘达维’)~4.40 g(‘辽榛9号’)、18.99(‘达维’)~21.49 mm(‘辽榛9号’)、0.67(‘辽榛3号’)~1.02(‘辽榛4号’);榛仁性状中榛仁质量、三径均值和形状指数分别为1.00(‘辽榛1号’)~1.66 g(‘辽榛9号’)、13.57(‘辽榛1号’)~16.00 mm(‘平欧202号’)、0.59(‘辽榛3号’)~1.01(‘辽榛4号’);在出仁相关性状中,‘辽榛3号’的壳腰厚度最薄(1.53 mm),‘辽榛9号’壳腰厚度最厚(2.41 mm),果腔系数为0.83(‘平欧545号’)~0.93(‘辽榛9号’和‘平欧202号’),‘辽榛4号’出仁率最高(47.01%),‘辽榛9号’出仁率最低(34.36%);产量反映一个品种(系)在当地的适应性和表现,直接决定其经济收益,9个品种(系)中单株平均产量最高的为‘辽榛9号’(2.20 kg),单株平均产量最低的为‘平欧21号’(1.52 kg)。可见不同平欧杂种榛坚果和榛仁经济性状具有差异性。

2.2 不同平欧杂种榛品种(系)主要营养物质分析比较

对不同品种(系)主要营养物质(表2)进行分析比较,9个平欧杂种榛品种(系)的脂肪含量都高于50.0 g/(100 g),其中‘平欧202号’脂肪含量最高达到58.00 g/(100 g),‘辽榛1号’脂肪含量最低,为50.50 g/(100 g);蛋白质含量变化为21.10(‘平欧202号’)~25.10 g/(100 g)(‘辽榛1号’),可见平欧杂种榛坚果同样具有较高的蛋白质含量。可溶性糖含量为4.08%~4.94%,其中‘平欧545号’含量最高,而‘辽榛4号’含量最低。

表 1 不同平欧杂种榛品种(系)坚果和榛仁经济性状

Table 1 Nut and kernel economic traits of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

品种 Varieties	坚果性状 Nut traits			榛仁性状 Kernel traits			出仁相关性状 Kernel percentage traits			单株 产量 Single plant yield /kg
	坚果质量 Nut mass /g	坚果三 径均值 Nut size /mm	坚果形 状指数 Nut shape index	榛仁 质量 Kernel mass /g	榛仁三 径均值 Kernel size /mm	榛仁形 状指数 Kernel shape index	壳腰厚度 Shell thickness /mm	果腔系数 Kernel plumpness	出仁率 Kernel mass percentag /%	
达维 Dawei	2.54	18.99	0.83	1.04	13.76	0.71	1.89	0.91	41.52	2.15
辽榛 1 号 Liaozhen 1	2.70	19.00	0.83	1.00	13.57	0.72	1.83	0.88	36.94	1.90
辽榛 3 号 Liaozhen 3	3.18	20.88	0.67	1.49	15.53	0.59	1.53	0.87	46.97	1.95
辽榛 4 号 Liaozhen 4	2.90	19.54	1.02	1.36	14.37	1.01	1.56	0.87	47.01	1.85
辽榛 9 号 Liaozhen 9	4.40	21.49	0.90	1.66	15.51	0.83	2.41	0.93	34.36	2.20
平欧 21 号 Ping'ou 21	3.05	19.95	0.85	1.22	15.31	0.68	1.67	0.92	40.34	1.52
平欧 119 号 Ping'ou 119	3.47	20.21	0.83	1.38	14.78	0.70	2.03	0.92	40.10	2.05
平欧 202 号 Ping'ou 202	3.44	20.99	0.92	1.32	16.00	0.91	1.83	0.93	38.37	1.75
平欧 545 号 Ping'ou 545	2.93	19.75	0.85	1.19	13.64	0.68	1.61	0.83	40.81	1.62

表 2 不同平欧杂种榛品种(系)主要营养物质

Table 2 Nutritional substances of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

营养成分 Nutritional substance	品种 Variety								
	达维 Dawei	辽榛 1 号 Liaozhen 2	辽榛 3 号 Liaozhen 3	辽榛 4 号 Liaozhen 4	辽榛 9 号 Liaozhen 9	平欧 21 号 Ping'ou 21	平欧 119 号 Ping'ou 119	平欧 202 号 Ping'ou 202	平欧 545 号 Ping'ou 545
脂肪含量 Fat content /[g/(100 g)]	56.40	50.50	54.50	55.80	56.10	53.90	54.00	58.00	52.00
蛋白质含量 Protein content /[g/(100 g)]	21.30	25.10	24.50	21.60	23.00	23.30	21.20	21.10	24.60
可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	4.42	4.32	4.53	4.08	4.26	4.36	4.24	4.12	4.94

2.3 不同平欧杂种榛品种(系)矿物质成分比较分析

对不同平欧杂种榛矿物质成分(表 3)进行分析比较,9 个平欧杂种榛榛仁中的钾、磷、钙和镁含量较为丰富,其中钾含量最高,为 6 379.0(‘平欧 21 号’)~8 343.0 mg/kg(‘辽榛 1 号’);磷、钙和镁含量分别为 2 544.0(‘平欧 202 号’)~3 451.0 mg/kg(‘辽榛 1 号’),1 655.0(‘平欧 202 号’)~2 905.0 mg/kg(‘辽榛 9 号’),1 398.0(‘平欧 202 号’)~1 765.0 mg/kg(‘辽榛 1 号’),‘辽榛 1 号’的钾、磷和镁含量高于其他 8 个品种(系)。相比榛仁中的大量元素,榛仁中的锰、钠、硼、铜和锌含量较低,‘辽榛 1 号’的锌和锰含量最高,分别为 34.2 mg/kg 和 18.2 mg/kg,而‘平欧 545 号’锌含量(23.1 mg/kg)和‘平欧 21 号’锰含量(10.9 mg/kg)最低;‘达维’硼含量(20.4 mg/kg)、『辽榛 3 号’钠含量(15.2 mg/kg)及‘平欧 119 号’铜含量(15.6 mg/kg)高于其他品种(系),而‘平欧 21 号’硼含量(12.4 mg/kg)和铜含量(11.1 mg/kg)及‘平欧 202 号’钠含量(8.6 mg/

kg)最低。不同品种榛仁中矿物成分含量具有一定差异性,可能受其基因型和环境共同作用所致。

2.4 不同平欧杂种榛品种脂肪酸组成及含量分析比较

对不同平欧杂种榛脂肪酸成分及含量(表 4)进行分析比较,9 个平欧杂种榛品种(系)榛仁油脂中检测出的 8 种脂肪酸成分中,油酸含量最高,其余依次为亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、花生烯酸、棕榈烯酸、花生酸和亚麻酸。‘辽榛 4 号’油酸含量最高,达到 88.53%,‘辽榛 9 号’油酸含量最低,为 81.21%。亚油酸含量为 6.36%(‘平欧 202 号’)~10.50%(‘辽榛 9 号’)。棕榈酸含量最高的是‘辽榛 9 号’(4.92%)。硬脂酸含量为 1.78%(‘辽榛 1 号’)~2.73%(‘辽榛 9 号’)。相比以上 4 种脂肪酸含量,花生烯酸、棕榈烯酸、花生酸和亚麻酸含量较低,且差异较小。

脂肪酸成分由饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成,由表 4 和图 1 可知,平欧杂种榛品种(系)不饱和脂酸含量要远高于饱和脂肪酸含量,其中‘辽榛 4

号’不饱和脂肪酸含量最高,达到 94.61%,‘辽榛 9 号’不饱和脂肪酸含量最低,为 92.19%。不饱和脂肪酸根据双键个数的不同,分为单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸,平欧杂种榛品种(系)油脂成分中

以单不饱和脂肪酸为主,9 个平欧杂种榛品种(系)单不饱和脂酸含量为 83.33%(‘辽榛 3 号’)~88.94%(‘辽榛 4 号’),多不饱和脂酸含量变化范围为 5.68%(‘辽榛 4 号’)~10.58%(‘辽榛 9 号’)。

表 3 不同平欧杂种榛品种(系)矿物质成分

Table 3 Mineral compositions of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

mg/kg

矿物质成分 Mineral composition	品种 Variety								
	达维 Dawei	辽榛 1 号 Liaozhen 2	辽榛 3 号 Liaozhen 3	辽榛 4 号 Liaozhen 4	辽榛 9 号 Liaozhen 9	平欧 21 号 Ping'ou 21	平欧 119 号 Ping'ou 119	平欧 202 号 Ping'ou 202	平欧 545 号 Ping'ou 545
Ca	2 782.0	2 039.0	2 062.0	2 054.0	2 905.0	2 132.0	1 869.0	1 655.0	2 043.0
K	6 598.0	8 343.0	6 551.0	6 842.0	6 905.0	6 379.0	7 679.0	6 561.0	7 395.0
P	2 867.0	3 451.0	3 039.0	2 764.0	3 202.0	2 692.0	2 884.0	2 544.0	3 092.0
Mg	1 492.0	1 765.0	1 512.0	1 425.0	1 625.0	1 417.0	1 571.0	1 398.0	1 470.0
Mn	18.0	18.2	14.4	12.0	18.0	10.9	17.4	11.2	17.3
Na	9.0	9.9	15.2	9.8	11.7	10.4	10.8	8.6	12.4
B	20.4	18.9	19.9	18.6	18.9	12.4	14.3	14.7	18.4
Cu	11.5	15.3	14.6	11.9	13.1	11.1	15.6	11.2	15.3
Zn	23.5	34.2	26.7	27.6	26.7	25.4	31.0	25.1	23.1

表 4 不同平欧杂种榛脂肪酸含量

Table 4 Fatty acid contents of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

%

品种 Variety	棕榈酸 (C16 : 0) Palmitic acid	棕榈烯酸 (C16 : 1) Palmitoleic acid	硬脂酸 (C18 : 0) Stearic acid	油酸 (C18 : 1) Oleic acid	亚油酸 (C18 : 2) Linoleic acid	亚麻酸 (C18 : 3) Linolenic acid	花生酸 (C20 : 0) Arachidic acid	花生烯酸 (C20 : 1) Cis-11- eicosenoic acid
达维 Dawei	3.94	0.13	1.89	85.78	7.82	0.08	0.13	0.24
辽榛 1 号 Liaozhen 1	4.08	0.17	1.78	83.94	9.54	0.09	0.13	0.28
辽榛 3 号 Liaozhen 3	4.34	0.15	2.09	83.45	9.52	0.08	0.13	0.24
辽榛 4 号 Liaozhen 4	3.83	0.15	1.45	88.53	5.62	0.06	0.11	0.26
辽榛 9 号 Liaozhen 9	4.92	0.17	2.73	81.21	10.50	0.08	0.15	0.23
平欧 21 号 Ping'ou 21	4.24	0.15	1.86	85.00	8.29	0.07	0.14	0.25
平欧 119 号 Ping'ou 119	4.43	0.17	2.38	85.60	6.93	0.09	0.16	0.25
平欧 202 号 Ping'ou 202	3.83	0.13	2.24	86.97	6.36	0.07	0.14	0.27
平欧 545 号 Ping'ou 545	3.45	0.11	1.92	85.57	8.45	0.07	0.13	0.30

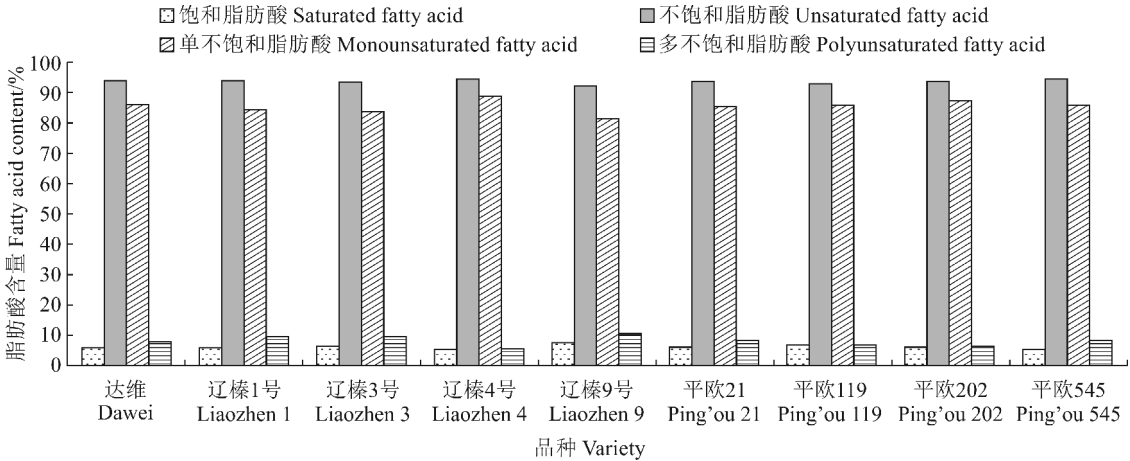


图 1 不同平欧杂种榛品种(系)脂肪酸含量

Fig. 1 Fatty acids contents of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

2.5 不同平欧杂种榛品种(系)加工方式评价分析

根据不同榛果加工方式,对 9 个平欧杂种榛各性状指标进行分析比较。对于带壳烤制品种,坚果外观、大小、果壳厚度、出仁率和烤制后的口感是相对重要的衡量指标。按照坚果主要经济性状指标(表 1),‘辽榛 9 号’坚果最大,其次是‘平欧 202 号’、‘辽榛 3 号’、‘平欧 119 号’等;果壳厚度以‘辽榛 3 号’、‘辽榛 4 号’最薄,其次是‘平欧 21 号’、‘平欧 545 号’等;出仁率也以‘辽榛 3 号’、‘辽榛 4 号’最高。榛坚果烤制后的香气,主要源于糖分加热后的美拉德反应,按照可溶性糖含量(表 2)可以看出,‘平欧 545 号’含量最高,其次是‘辽榛 3 号’、‘达维’、‘平欧 21 号’等品种。综合上述分析,‘辽榛 3 号’在坚果大小、果壳厚度、出仁率和烤制口感方面综合表现最优,是皖北平欧杂种榛中最适宜作为带壳烤制的品种。

对于仁用加工品种,出仁率和产量是相对重要的指标。从不同品种加工产能对比(表 5)来看,‘辽榛 3 号’单株产仁量最多,‘达维’、‘辽榛 4 号’等品种次之,说明这 3 个品种在仁用加工方面具有产量优势。仁用加工品种的利用方向较多,对于利用脂肪为主的油用品种,脂肪含量和脂肪酸组成是重要的衡量指标。在同等的检测条件下,‘平欧 202 号’、‘达维’、‘辽榛 9 号’、‘辽榛 4 号’等,具有较高的脂

肪含量[55 g/(100 g),表 2]。综合品种产量性状,‘达维’、‘辽榛 3 号’、‘辽榛 4 号’单株产油量最高。在脂肪酸组成方面,平欧杂种榛不饱和脂酸含量要远高于饱和脂肪酸酸含量,其中又以油酸含量最高,是典型的高油酸木本膳食油。‘辽榛 4 号’在所测品种中油酸和不饱和脂肪酸含量均为最高。

对于生产利用蛋白质为主的加工品种,蛋白质及主要矿物质成分含量是重要的衡量指标。在同等的检测条件下,‘辽榛 1 号’、‘平欧 545 号’、‘辽榛 3 号’等,具有较高的蛋白质含量,综合品种产量性状(表 5),‘辽榛 1 号’具有蛋白质加工优势。‘辽榛 1 号’榛仁的钾、磷、镁、锰、锌含量在各品种中最高,硼和铜的含量也在各品种中居于较高水平,是矿质成分含量最丰富的品种。‘达维’和‘辽榛 9 号’榛仁中的钙含量显著高于其他品种,可作为高钙类加工品种。

对于鲜食品种,坚果的成熟期和鲜食口感是相对重要的衡量指标。从采收成熟期看,‘达维’、‘辽榛 3 号’、‘辽榛 4 号’、‘平欧 119 号’、‘平欧 202 号’、‘平欧 545 号’开始成熟较早,均在 7 月中旬左右(表 6),比较利于鲜果上市。由于‘平欧 545 号’、‘辽榛 3 号’、‘达维’、‘平欧 21 号’等品种可溶性糖含量较高,对鲜食口感中的滋味具有较高的贡献。综合比较,‘达维’、‘辽榛 3 号’、‘平欧 545 号’是皖北地区较为适宜的鲜食品种。

表 5 不同平欧杂种榛品种(系)加工产能对比
Table 5 Processing efficiencies of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

品种 Variety	出仁率 Kernel mass percentage /%	蛋白质含量 Protein content/ [g/(100 g)]	脂肪含量 Fat content/ [g/(100 g)]	单株 产量 Single plant yield /kg	单株榛 仁产量 Single plant kernel yield/g	单株蛋白 质产量 Single plant protein production /g	单株脂肪 产量 Single plant fat production /g	单株冷榨 出油量 Single plant oil production /g	每 666.7 m ² 冷榨出油量 Oil production per 666.7 m ² /kg
达维 Dawei	41.52	21.30	56.40	2.15	892.68	190.14	503.47	251.74	18.63
辽榛 1 号 Liaozhen 1	36.94	25.10	50.50	1.90	701.86	176.17	354.44	177.22	13.11
辽榛 3 号 Liaozhen 3	46.97	24.50	54.50	1.95	915.92	224.40	499.17	249.59	18.47
辽榛 4 号 Liaozhen 4	47.01	21.60	55.80	1.85	869.69	187.85	485.28	242.64	17.96
辽榛 9 号 Liaozhen 9	34.36	23.00	56.10	2.20	755.92	173.86	424.07	212.04	15.69
平欧 21 号 Ping'ou 21	40.34	23.30	53.90	1.52	613.17	142.87	330.50	165.25	12.23
平欧 119 号 Ping'ou 119	40.10	21.20	54.00	2.05	822.05	174.27	443.91	221.95	16.42
平欧 202 号 Ping'ou 202	38.37	21.10	58.00	1.75	671.48	141.68	389.46	194.73	14.41
平欧 545 号 Ping'ou 545	40.81	24.60	52.00	1.62	661.12	162.64	343.78	171.89	12.72

注:单株冷榨出油量以出油率 50% 计算;每 666.7 m² 出油量以试验地株行距 3 m×3 m,每 666.7 m² 按 74 株计算。
Note: The single plant oil yield is calculated as 50%. The oil yield per 666.7 m² is calculated according to 74 plants.

表 6 不同平欧杂种榛品种(系)坚果成熟物候期
Table 6 Ripening time of different varieties of Ping'ou hybrid hazelnuts

品种 Variety	坚果成熟期 Ripening time of the hazelnuts		
	开始 Starting time	盛期 Prosperous time	末期 Ending time
达维 Dawei	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
辽榛 1 号 Liaozhen 1	7 月下旬 Late July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
辽榛 3 号 Liaozhen 3	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
辽榛 4 号 Liaozhen 4	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
辽榛 9 号 Liaozhen 9	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August	8 月中旬 Middle August
平欧 21 号 Ping'ou 21	7 月下旬 Late July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
平欧 119 号 Ping'ou 119	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
平欧 202 号 Ping'ou 202	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月上旬 Early August
平欧 545 号 Ping'ou 545	7 月中旬 Middle July	7 月下旬 Late July	8 月中旬 Middle August

3 讨 论

立地条件和栽培管理措施对林果树种的生长,产品的产量和质量具有重要影响^[31-36],榛子的坚果经济性状、营养成分、化学成分与品种、立地条件和栽培管理等因素有很大关系^[15-24,32-33],营养指标检测方法也会对测得的数据产生影响,因此文献报道中不同地区栽培同一品种各指标的数据差异很大。筛选不同地区优势品种、对品种进行加工适宜性评价,在品种适生性基础上,同等立地条件和管理水平下开展关键指标的分析对比研究。马庆华等^[15]对山东地区栽种的 40 个平欧杂种榛品种(系)进行仁用加工性能分析,筛选出‘辽榛 9 号’、‘平欧 28 号’、‘魁香’、‘平欧 545 号’和‘平欧 36 号’等坚果加工性能较优;罗达等^[17]对新疆乌鲁木齐引种的 25 个平欧杂种榛品种(系)进行坚果经济性状分析,认为‘平欧 124 号’、‘魁香’、‘辽榛 4 号’、‘平欧 202 号’、‘平欧 50 号’、‘平欧 140 号’和‘达维’等品种(系)较优;刘庚等^[18]对东北地区抗寒平欧杂种榛品种(系)进行评价,认为‘达维’、‘平欧 21 号’、‘平欧 127 号’、‘辽榛 7 号’、‘辽榛 8 号’和‘平欧 28 号’等 6 个品种最好。上述研究结果为当地主栽平欧杂种榛的选择提供重要参考。

罗青红等^[24]以产自辽宁沈阳和新疆伊犁的 4 种平欧杂种榛坚果为材料,在同样的试验条件下对坚果外观经济性状及榛仁营养品质进行测定比较,结果表明,伊犁榛坚果单果质量和出仁率明显高于沈阳,两地榛仁相比沈阳榛仁中蛋白质、油酸、Ca 和 P 含量较高,伊犁榛仁中亚油酸、还原糖、V_E 和 K

含量较高。进一步证明在不同立地环境和栽培管理条件下,同一品种榛坚果经济性状和营养品质存在差异。因此,研究同一品种在不同产区的生长表现、坚果经济性状和营养品质对筛选主栽品种的优势产区具有重要意义,目前类似研究报道较少,是今后榛子领域一个重要的研究方向。

作者于 2011 年起在皖北地区引进平欧杂种榛品种(系)22 个,依据适应性和产量等指标,筛选出 9 个优势品种。以‘达维’、‘辽榛 1 号’等 9 个优势品种为研究对象,选择与榛坚果加工利用最直接相关的坚果、榛仁经济性状指标进行分析对比^[15-16],同时对榛仁营养成分、矿质元素、油脂理化性质及脂肪酸组成进行研究分析,展示平欧杂种榛优势品种在皖北地区的引种表现,从品种加工利用的角度进行分析评价,为当地选择适宜品种推广发展提供了数据支撑。

在榛仁营养成分测定方面,油脂成分是榛仁中含量最高、也是最重要的营养成分之一。该研究对皖北地区平欧杂种榛优势品种脂肪含量的检测结果为 50.50~58.00 g/(100 g);田文瀚等^[20]通过对山东地区 43 个平欧杂种榛品种(系)基本营养物质测定,榛仁脂肪含量为 53.80%~63.33%;畅博奇等^[21]对山西太古地区 33 个平欧杂种榛品种(系)脂肪含量测定结果为 53.87%~67.51%;邓娜等^[22]对黑龙江 8 个抗寒平欧杂种榛品种(系)脂肪含量测定结果为 52.92%~59.24%。受分析测定过程中诸多环节的影响,上述结果尽管在具体数值上有所差异,但均表明榛子是一种脂肪含量很高的坚果树种,且以油酸为代表的饱和脂肪酸含量为主,具有良

好的抗氧化特性^[23],是典型的高油酸木本膳食油。从产油量来看,不同品种平欧杂种榛单株脂肪产量330.50~503.47 g,可压榨165.25~251.74 g 榛子油,以现有每666.7 m²按74株计算,每666.7 m²可产榛子油12.23~18.63 kg以上,如采取合理密植和提质增效,产量将进一步增加,可见榛子在油用加工方面具有显著的利用价值。

国际市场上欧洲榛(*C. avellana*)是主要的栽培种,总产量的93%以榛仁形式加工,用于生产榛子碎、榛子粉、榛子酱、糖果和各类烘焙食品,仅7%用于带壳销售^[37-38]。平欧杂种榛作为新兴树种,在中国生产起步较晚,市场上总产量的约90%用于带壳销售,10%用于加工。目前,以中国自产榛坚果为原料加工而成的榛子油、榛子乳、榛子酱、烤制榛仁、榛子面条、榛子煎饼、榛子曲奇、榛子巧克力、榛子牛轧糖、榛子燕麦碎、风味榛子豆等加工产品已初具规模。近年来,鲜榛仁因口感脆嫩,滋味清甜而备受消费者青睐,消费量接近带壳销售市场的50%。在“大食物观”理念下,榛子等木本粮油树种的产业发展和坚果全方位利用是构筑森林“粮库”的重要组成部分,在践行“两山”理念、保障国家粮油安全、建设

健康中国、全面推进乡村振兴方面具有巨大潜力。该研究从榛坚果烤制、仁用、油用、鲜食等不同加工利用角度对平欧杂种榛品种进行加工适宜性评价,是在以往对平欧杂种榛区域试验中在适应性、抗逆性、生长特性、丰产性等指标基础上,结合市场消费需求对品种评价做出的新尝试。建立科学的榛坚果加工适宜性评价指标体系,更多品种的加工适宜性评价,在优势品种基础上开展优势产区筛选等研究有待后续开展。

4 结 论

不同平欧杂种榛品种(系)的坚果经济性状和营养特性具有一定差异性,根据榛果加工方式的不同,该研究认为,皖北地区优势平欧杂种榛品种中,最适作为带壳烤制品种的是‘辽榛3号’,最适作为仁用加工品种的是‘辽榛3号’、‘达维’和‘辽榛4号’,其中‘辽榛4号’可作为油用加工品种,‘辽榛1号’最适作为功能性蛋白饮料加工品种,‘达维’和‘辽榛9号’最适作为高钙类加工品种,‘达维’、‘辽榛3号’和‘平欧545号’是皖北地区较为适宜的鲜食品种。

参考文献:

[1] 张宇和,柳 鑫,梁维坚,等. 中国果树志:板栗 榛子卷[M]. 北京:中国林业出版社,2005:193-199.

[2] 梁维坚. 中国果树科学与实践:榛[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2015:1-22.

[3] 马庆华,杨振,姜磊,等. 世界栽培榛发展现状及在我国的引种利用[J]. 植物遗传资源学报,2023,24(3):599-614.
MA Q H, YANG Z, JIANG L, *et al.* Cultivation status of European hazelnuts and their introducing utilization in China [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24(3): 599-614.

[4] 梁维坚,解明,董德芬,等. 榛子新品种选育研究[J]. 中国果树,2000(2):4.
LIANG W J, XIE M, DONG D F, *et al.* Study on breeding of new hazelnut varieties[J]. *China Fruits*, 2000(2):4.

[5] 张玲,翟明普,解明,等. 榛子新品种‘辽榛1号’[J]. 园艺学报,2007,34(6):1593.
ZHANG L, ZHAI M P, XIE M, *et al.* A new cultivar of filbert ‘Liaozhen 1’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2007, 34(6):1593.

[6] 郑金利,解明,梁维坚,等. 榛子新品种‘辽榛3号’的选育[J]. 中国果树,2007(4):5-7.
ZHENG J L, XIE M, LIANG W J, *et al.* Breeding of a new hazel cultivar ‘Liaozhen 3’[J]. *China Fruits*, 2007(4):5-7.

[7] 张玲,翟明普,解明,等. 榛子新品种‘辽榛2号’[J]. 园艺学报,2008,35(1):151.
ZHANG L, ZHAI M P, XIE M, *et al.* A new filbert cultivar ‘Liaozhen 2’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(1):151.

[8] 郑金利,解明,梁维坚,等. 榛子新品种‘辽榛4号’的选育[J]. 中国果树,2008(6):6-8.
ZHENG J L, XIE M, LIANG W J, *et al.* Breeding of a new hazelnut variety ‘Liaozhen 4’[J]. *China Fruits*, 2008(6):6-8.

[9] 段鹏勇,孙冬伟,邬昕彤,等. 榛子抗寒新品种‘辽榛5号’的选育[J]. 中国果树,2009(5):3-6.
DUAN P Y, SUN D W, WU X T, *et al.* Breeding of a new hardy hazel cultivar ‘Liaozhen 5’[J]. *China Fruits*, 2009(5):

3-6.

[10] 潘洪泽, 吴泽南, 段鹏勇, 等. 杂交榛子新品种‘辽榛 6 号’的选育[J]. 林业实用技术, 2010(1): 20-22.

PAN H Z, WU Z N, DUAN P Y, *et al.* Breeding of a new hybrid hazelnut variety ‘Liaozhen 6’[J]. *Practical Forestry Technology*, 2010(1): 20-22.

[11] 解明, 郑金利, 王道明, 等. 杂交榛子‘辽榛 7 号’‘辽榛 8 号’‘辽榛 9 号’的选育[J]. 北方果树, 2017(3): 53-55.

XIE M, ZHENG J L, WANG D M, *et al.* Breeding of hybrid hazelnut ‘Liaozhen 7’, ‘Liaozhen 8’ and ‘Liaozhen 9’[J]. *Northern Fruits*, 2017(3): 53-55.

[12] 马庆华, 梁维坚, 解明, 等. 平欧杂种榛良种‘辽榛 1 号’的选育[J]. 果树学报, 2020, 37(8): 1268-1270.

MA Q H, LIANG W J, XIE M, *et al.* Breeding report of a new improved cultivar of Ping’ou hybrid hazelnuts ‘Liaozhen 1’[J]. *Journal of Fruit Science*, 2020, 37(8): 1268-1270.

[13] 王道明, 梁维坚, 郑金利, 等. 榛新品种‘先达 1 号’的选育[J]. 中国果树, 2021(5): 71-72.

WANG D M, LIANG W J, ZHENG J L, *et al.* Breeding of a new hazel cultivar ‘Xianda 1’[J]. *China Fruits*, 2021(5): 71-72.

[14] 马庆华, 梁维坚, 解明, 等. 榛新品种‘辽榛 9 号’的选育[J]. 中国果树, 2021(4): 73-74.

MA Q H, LIANG W J, XIE M, *et al.* Breeding of a new hazel cultivar ‘Liaozhen 9’[J]. *China Fruits*, 2021(4): 73-74.

[15] 马庆华, 王贵禧, 梁维坚, 等. 平欧杂种榛坚果性状的加工性能分析与综合评价[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(8): 61-63.

MA Q H, WANG G X, LIANG W J, *et al.* Processing traits and synthetical evaluation of nut quality of *Corylus heterophylla* × *C. avellana*[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2011, 39(8): 61-63.

[16] 艾吉尔·阿不拉, 马庆华, 王贵禧, 等. 仁用加工型平欧杂种榛品种(系)的坚果经济性状[J]. 林业科学, 2013, 49(7): 175-182.

Aijier Abula, MA Q H, WANG G X, *et al.* Economic traits of special nut-processed cultivars of Ping’ou hybrid hazelnuts (*Corylus heterophylla* × *C. avellana*)[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2013, 49(7): 175-182.

[17] 罗达, 史彦江, 宋锋惠, 等. 25 个平欧杂种榛品种(系)坚果经济性状变异研究[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(4): 68-75.

LUO D, SHI Y J, SONG F H, *et al.* Variations of nut economic traits of 25 *Corylus heterophylla* × *C. avellana* cultivars (varieties)[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2020, 35(4): 68-75.

[18] 刘庚, 林玉梅, 张立民, 等. 抗寒品种(系)平欧杂种榛坚果经济性状评价[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(10): 36-39.

LIU G, LIN Y M, ZHANG L M, *et al.* Evaluation on nut economic traits of cold resistant *Corylus heterophylla* × *C. avellana*[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2018, 46(10): 36-39.

[19] 马仲, 张赞齐, 白倩, 等. 不同品种(系)榛子坚果表型性状差异性分析及其综合评价[J]. 西北植物学报, 2023, 43(3): 450-461.

MA Z, ZHANG Y Q, BAI Q, *et al.* Analysis of phenotypic trait differences and synthetical evaluation of nut of different hazelnut varieties (lines)[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(3): 450-461.

[20] 田文翰, 梁丽松, 王贵禧. 不同品种榛子种仁营养成分含量分析[J]. 食品科学, 2012, 33(8): 265-269.

TIAN W H, LIANG L S, WANG G X. Nutrient composition analysis of hazelnut kernel from different varieties[J]. *Food Science*, 2012, 33(8): 265-269.

[21] 畅博奇, 季兰, 王帆, 等. 平欧杂种榛不同品种(系)坚果品质的比较研究[J]. 中国果树, 2021(11): 31-38.

CHANG B Q, JI L, WANG F, *et al.* Comparison of nut quality of different cultivars (lines) of interspecific hybrid F1 between *Corylus heterophylla* Fisch. and *Corylus avellana* L.[J]. *China Fruits*, 2021(11): 31-38.

[22] 邓娜, 杨凯, 赵玉红. 8 种抗寒平欧杂交榛子油脂成分分析及比较[J]. 食品科学, 2017, 38(12): 144-150.

DENG N, YANG K, ZHAO Y H. Comparative analysis of oils of 8 cold-resistant flat-european hybrid varieties of hazelnuts (*Corylus heterophylla* Fisch. × *Corylus avellana* L.)[J]. *Food Science*, 2017, 38(12): 144-150.

[23] 崔娜娜, 王贵禧, 李如华, 等. 基于电子自旋共振和拉曼光谱技术的榛子油氧化特性探析与评价[J]. 林业科学, 2020, 56(4): 89-98.

CUI N N, WANG G X, LI R H, *et al.* Analysis and evaluation on oxidation characteristics of hazelnut oil based on electron spin resonance and Raman spectroscopy[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2020, 56(4): 89-98.

[24] 罗青红, 史彦江, 宋锋惠, 等. 不同产地杂交榛果实品质比较分析[J]. 食品科学, 2013, 34(3): 50-54.

LUO Q H, SHI Y J, SONG F H, *et al.* Comparative analysis of the quality of hybrid hazels from different growing areas[J]. *Food Science*, 2013, 34(3): 50-54.

[25] 王陆军, 孙璟, 蔡新玲, 等. 安徽省发展平欧杂种榛的优劣势分析及对策[J]. 安徽林业科技, 2020, 46(6): 41-44.

WANG L J, SUN J, CAI X L, *et al.* Analysis on the advantages and disadvantages for developing Ping’ou hybrid hazel and targeted measures in Anhui Province[J]. *Anhui Forestry*

Science and Technology, 2020, 46(6): 41-44.

[26] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.6—2016 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[27] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.5—2016 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[28] 中华人民共和国农业农村部. 蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法 NY/T 1278—2007[S]. 北京: 农业部蔬菜品质监督检验测试中心, 2007.

[29] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.268—2016 食品中多元素的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[30] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.168—2016 食品中脂肪酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

[31] 穆家壮, 徐孙霞, 薄海丰, 等. 土壤水分对富士苹果果实外观品质的影响[J]. 西北植物学报, 2023, 43(1): 88-96. MU J Z, XU S X, BO H F, *et al.* Effect of soil moisture on the fruit appearance quality of Fushu apple[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(1): 88-96.

[32] 何冬月, 卢明艳, 宋锋惠, 等. 平欧杂种榛坚果品质与土壤养分的相关性分析[J]. 经济林研究, 2022, 40(3): 118-124. HE D Y, LU M Y, SONG F H, *et al.* Correlation analysis between nut quality of *Corylus heterophylla* × *C. avellana* and soil nutrients[J]. *Non-wood Forest Research*, 2022, 40(3): 118-124.

[33] 李红莉, 李雪, 逢宏扬. 黑龙江不同种源平榛果实营养成分分析及评价[J]. 中国果树, 2023(2): 31-35. LI H L, LI X, PANG H Y. Analysis and evaluation of nutritional components of *Corylus heterophylla* Fisch. fruits from different provenances in Heilongjiang Province[J]. *China Fruits*, 2023(2): 31-35.

[34] 邵白俊杰, 田嘉, 郝志超, 等. 乙烯利对库尔勒香梨果实发育进程和品质的影响[J]. 西北植物学报, 2023, 43(2): 265-275. SHAO-BAI J J, TIAN J, HAO Z C, *et al.* Effects of ethephon on fruit developmental process and quality of Korla fragrant pear[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(2): 265-275.

[35] 蔡宗明, 邓智文, 李士坤, 等. 带状采伐对毛竹地下构件养分含量的影响[J]. 西北植物学报, 2023, 43(4): 679-687. CAI Z M, DENG Z W, LI S K, *et al.* Effect of strip cutting on nutrient content in underground components of *Phyllostachys edulis* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(4): 679-687.

[36] 孟智鹏, 杨舜博, 闫雷玉, 等. 采前果面喷施钙制剂对苹果果实品质的影响[J]. 西北植物学报, 2022, 42(7): 1219-1231. MENG Z P, YANG S B, YAN L Y, *et al.* Effect of different calcium treatments on fruit quality of three apple varieties [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(7): 1219-1231.

[37] MEHLENBACHER S A. Advances in genetic improvement of hazelnut[J]. *Acta Horticulturae*, 2018(1226): 1-12.

[38] BOTTA R, MOLNAR T J, ERDOGAN V, *et al.* Hazelnut (*Corylus* spp.) breeding[M]//AL-KHAYRI J, JAIN S, JOHNSON D. Advances in plant breeding strategies: Nut and beverage crops. Cham: Springer, 2019: 157-219.