

doi : 10. 16473/j. cnki. xblykx1972. 2019. 03. 023

我国漾濞泡核桃研究进展*

胡青, 肖良俊, 杨婧, 赵敏
(云南省林业科学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 漾濞泡核桃是我国西南地区主栽核桃良种, 具有很高的经济效益、生态效益和社会效益, 在云南省脱贫攻坚和美丽乡村建设中发挥巨大的作用。本文就漾濞泡核桃的杂交育种、栽培管理技术、有害生物防治及产品加工利用等方面的研究成果进行综述, 同时提出未来漾濞泡核桃研究的3个主要方向, 即实现漾濞泡核桃的全株利用, 加强核桃优良品种的培育和推广, 深入探讨其油脂合成的分子机制。

关键词: 漾濞泡核桃; 种质资源; 现代育种技术; 全株利用; 油脂合成

中图分类号: S 664. 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8246 (2019) 03-0141-07

Research Progress of *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao'

HU Qing, XIAO Liang-jun, YANG Qiang, ZHAO Min
(Yunnan Academy of Forestry, Kunming Yunnan 650201, P. R. China)

Abstract: *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao' is one of the most important economic tree species with high economic and social benefits, therefore a comprehensive review of relevant studies on *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao' is meaningful for sustainable rural development in Yunnan. This review covers studies on germplasm resources, seedling cultivation technique, harmful organism control, product processing and industrial utilization. The research directions on *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao' for future were proposed in the final part, which includes whole plant utilization, cultivation and promotion of high-quality varieties, and molecular mechanism of fat synthesis.

Key words: *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao'; germplasm resources; modern breeding techniques; whole plant utilization; fat synthesis

核桃与扁桃、腰果、榛子并称为世界著名的“四大干果”。隶属于胡桃科 (Juglandaceae), 分布主要集中在中亚、西亚、南亚、美洲和欧洲^[1]。中国是世界核桃第一大生产国, 主要核桃产区为云南、山西、陕西、新疆和河北等省区, 在我国 21°-44°N, 75°-124°S 的广大范围内均有栽培^[2]。核桃全世界约有 20 个种, 我国有 12 个种, 分布最广的为核桃 (*J. regi*) 和深纹核桃 (*J. sigillata*)^[2-3]。

漾濞泡核桃 (*J. sigillata* cv. 'Yangbidapao') 作为深纹核桃品种之一, 又称云南核桃、茶核桃, 是云南省早期无性优良品种, 已有 500 多年的栽培

历史, 垂直分布范围在海拔 1 470-2 450m。漾濞泡核桃该品种长寿高产, 品质优良, 是果油兼优的优良品种, 也是云南省多年来大力发展推广的优良品种之一, 果实销售海内外。该品种在云南省的种植面积为 33. 33×10⁴hm², 产量为 2×10⁴t^[2], 其特点为果大, 壳薄, 形好, 仁香, 取仁容易。研究表明, 漾濞泡核桃具有很高的经济价值和食用价值^[4]。漾濞泡核桃脂肪含量 90% 以上由油酸、亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸等不饱和脂肪酸组成, 其可保持细胞膜的相对流动性, 使胆固醇酯化, 降低人体中的胆固醇和血液粘稠度。同时, 漾濞泡核

* 收稿日期: 2019-01-21

基金项目: 云南省应用基础研究计划青年项目“水肥耦合对云南核桃的磷营养供应状况研究”(2015FD079)。

第一作者简介: 胡青 (1986-), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤学研究。E-mail: qing-hu08@163.com

通讯作者简介: 肖良俊 (1983-), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事核桃资源调查及良种选育研究。E-mail: xiaoliangjun2008@126.com

桃包括 18 种氨基酸,能消除疲劳改善亚健康状态,提高免疫力^[5-11]。此外,漾濞泡核桃核桃壳提取物还具有抗癌活性^[5],具有极高的医用价值。可见,加快漾濞泡核桃产业发展,对解决我国木本油料植物发展、促进农民收入增收、实现林业可持续发展具有重要意义。本文对漾濞泡核桃的杂交育种、生理生化研究、遗传基础研究、林地选择及整地、育苗技术研究、有害生物研究、主要产品及其加工利用研究进展进行综述,以期对开发利用漾濞泡核桃指明未来研究方向。

1 漾濞泡核桃的基础研究

1.1 杂交育种

漾濞泡核桃品种优良,本文综述以漾濞泡核桃为亲本分别与新疆核桃云林 A7 号和娘青核桃杂交选育出的 5 个杂交核桃新品种,包括云新高原、云新云林、漾杂 1 号、漾杂 2 号和漾杂 3 号,其杂交选育形式、结实类型及经济性状见表 1。

云新高原和云新云林(2004 年通过云南省林

木良种委员会审定)为漾濞泡核桃与云林 A7 号的杂交品种,云新高原和云新云林现已在云南省昆明、漾濞、安宁、永平、永胜等 20 多个县市 9 个地州试验示范栽植,并引种到四川、贵州、湖南、湖北、广西等省试植。2 品种在滇西、滇中、滇东、滇东北及滇西北海拔 1 600-2 400m 的地区栽培,其中云新高原是目前云南省理想的鲜食及鲜仁加工品种^[2,12]。目前,赵廷松等^[13]对 5 个核桃早实杂交品种(云新高原、云新云林、云新 301、云新 303、云新 306)在云南省的鲁甸县进行了区域性试验,云新高原品种在该试验点综合性状表现最好,说明其在鲁甸县试验点适应性好;而云新云林品种在云南省永胜县试验点适应性强,综合性状较好^[14-15]。

漾杂 1 号、漾杂 2 号和漾杂 3 号(2011 年通过云南省林木良种委员会审定)为漾濞泡核桃和大理当地娘青夹绵核桃杂交选育而成,在云南漾濞、云龙、祥云及重庆市开县等地种植,都属于晚实类型。3 个新品种丰产,坚果品质优良,种实中等^[2,12]。

表 1 漾濞泡核桃不同品种概况

Tab. 1 Brief introduction of different varieties of *Juglans sigillata* cv. 'Yangbidapao'

植物名称	选育形式	结实类型	经济性状	参考文献
云新高原	漾濞泡核桃与云林 A7 号杂交	早实	三径均值 3.57cm,种壳刻纹浅,壳厚<0.88mm,饱满,易取仁,仁色黄白,平均出仁率 58.08%,平均仁含油率 67.52%	习学良等,2007;赵廷松等,2007
云新云林	云林 A7 号与漾濞泡核桃杂交	早实	三径均值 3.21cm,扁圆形,壳厚平均 0.95mm,平均出仁率 50.0%-58.0%,平均仁含油率 65.0% 以上	赵廷松和陈晓,2008
漾杂 1 号	漾濞泡核桃与娘青夹绵核桃杂交	晚实	三径均值 3.47cm,扁圆形,壳厚平均 1.15mm,平均出仁率 50.0%-54.60%,平均仁含油率 70.50%-72.20%	张志华和裴东,2018
漾杂 2 号	漾濞泡核桃与娘青夹绵核桃杂交	晚实	三径均值 3.50cm,单果均重 12.20g,平均出仁率 50.0%-56.60%,脂肪含量为 69.40%-69.70%	张志华和裴东,2018
漾杂 3 号	漾濞泡核桃与娘青夹绵核桃杂交	晚实	三径均值 3.60cm,扁圆形,单果均重 12.79g,平均出仁率 50.0%-54.0%,脂肪含量为 67.90%-69.60%	张志华和裴东,2018

1.2 生理生化研究

漾濞泡核桃植物生理生化研究主要体现在核桃授粉生理、抗寒性和抗旱性 3 个方面。研究表明,花粉活力和柱头可授性是影响核桃授粉的主要因子。李仙兰^[16]对漾濞泡核桃授粉品种进行试验,发现核桃自花授粉亲和性好,异花授粉能使漾濞泡核桃坐果率、果实保存率、核桃产量显著增加。范志远等^[3]对漾濞泡核桃适应授粉品种试验,发现漾濞泡核桃为雄先型品种,雌花盛花期晚,雄花盛花期 10d 左右,漾濞泡核桃单性结实力较弱,小核

桃为漾濞泡核桃的最佳授粉品种。胡青等^[17]对漾濞泡核桃的花粉活力和柱头可授性特点进行研究,研究表明漾濞泡核桃花粉活力随着保存时间的增长而降低;温度 4℃是保存花粉活力的最佳温度;漾濞泡核桃柱头在翻卷期无可授性,在 V 字期能保持一定的可授性,在八字期有较强的可授性。

马婷等^[18]对漾濞泡核桃、铁核桃、云新高原和云新 306 等 7 个核桃品种进行了抗寒性试验,研究表明漾濞泡核桃隶属抗寒性综合评价函数值最小,抗寒性最弱。许多研究表明,叶片厚度、海绵

组织厚度、CTR 和 SR 与植物抗寒性存在显著关系。马婷等^[19-20]还对云南栽培核桃品种的植物叶片解剖结构进行对比，以此来对植物抗寒性进行综合评估，发现漾濞泡核桃抗寒性较差。陈永坤等^[21]运用 PEG-6000 人工模拟干旱胁迫漾濞泡核桃苗，对不同于干旱胁迫条件下核桃幼苗的生理生化进行研究，结果表明核桃幼苗的可溶性总糖、可溶性蛋白、丙二醛和脯氨酸等物质随着核桃水分含量下降而明显升高。目前，漾濞泡核桃的生理生化方面缺乏系统性和多样性的研究，还有待进一步研究。

1.3 分子标记和基因工程技术在辅助育种中的研究

分子标记和基因工程技术在核桃辅助育种和优良品种改良应用中已经成为一种重要的手段，也越来越得到育种专家的青睐。DNA 分子标记技术能反映生物个体或种群间基因组中某种差异的特异性 DNA 片段，是 DNA 水平遗传多样性的直接反映。分子标记在核桃育种主要从 SSR 标记、ISSR 标记、AFLP 标记和 MSAP 标记角度进行研究。目前，漾濞泡核桃采用 SSR 标记、ISSR 标记和 AFLP 标记体系对其进行分析研究。陈少瑜等^[22]在漾濞泡核桃转录组数据的基础上开展 SSR 标记开发，确定了 11 对扩增结果高的 SSR 引物应用于漾濞泡核桃等 15 个核桃品种，从分子水平直接揭示其多态性信息量 PIC 平均为 0.302 3，基于遗传相似性系数聚类分析，漾濞泡核桃在相似性系数为 0.33 处聚为 3 组中的 II 组。马庆国^[23]采用 SSR 反应体系对 33 个核桃及漾濞泡核桃品种进行分析，共检测到 117 个等位基因，多态位点百分率达到 100%，平均观察杂合度与期望杂合度分别为 0.397 7 和 0.615 2，研究表明大部分川核系列品种与漾濞泡核桃品种聚在一起，显示其亲缘关系较为密切。韩欢等^[24]采用 EST-SSR 分子标记体系对 13 个核桃品种进行种质结构分析，发现漾濞泡核桃与北方核桃从遗传结构上存在显著差异。陈少瑜等^[25-26]建立了漾濞泡核桃的 ISSR-PCR 反应体系，模板 DNA 最佳浓度为 20 μ L，Taq 聚合酶浓度为 0.6mmol/L，引物浓度为 0.5mmol/L，dNTPs 浓度为 0.2mmol/L，Mg²⁺浓度为 0.225mmol/L，该体系的建立在采用 ISSR 分子体系对漾濞泡核桃进行种质资源研究奠定了基础。宁德鲁等^[27]运用 FISH-AFLP 分子标记技术对漾濞泡核桃等 17 个无性系核桃品种进行了基因组 DNA 分子水平上分析，共获得 942 条多态性条带，多态性带百分率达 95.44%，17 份核桃样

品的遗传相似系数范围为 0.606 9-0.796 4，平均为 0.734 9。马庆国等^[28]运用荧光 AFLP 体系对中国漾濞泡核桃等 136 个核桃品种进行了遗传多样性分析，构建了 136 个品种的荧光 AFLP 指纹图谱，136 个品种中 75 个品种有 314 条特有带，1 个品种为 1 条特无带，通过特征带可以迅速地将相应品种鉴别出来，同时基于 DICE 遗传相似系数构建了 136 个核桃品种聚类图，从分子水平上分析了它们的遗传多样性和亲缘关系，为核桃品种的鉴定、亲本选配提供了理论基础。

核桃种特异基因的开发在核桃育种中占有重要地位，基因工程技术在核桃优良特性品种培育中起到极大的促进作用，目前已得到育种专家的极大关注。王毅等^[29]采用 RT-PCR 技术从漾濞泡核桃中成功克隆 1 个典型的受冷害诱导的肌醇半乳糖苷合成酶基因-*JsGS1* 基因 (KX657831)，为运用基因工程手段培育抗寒新品种提供理论依据。张南南等^[30]运用 cDNA 末端技术，克隆得到漾濞泡核桃中 1 个新的 *WRKY* 基因全长 cDNA 序列-*JsWRKY1* (KJ170895)，该编码与大豆中的 *WRKY* 相似性较高，属于 II c 类 *WRKY*；Qrt-PCR 分析表明，茉莉酸、水杨酸等信号分子可不同程度诱导漾濞泡核桃叶片中 *JsWRKY1* 的表达。韩青^[31]和何华等^[32]对漾濞泡核桃受胶孢炭疽菌侵染前后转录组测序产生的差异表达基因，根据编码 PRP 的 EST 序列，采用 cDNA 末端技术从漾濞泡核桃品种克隆获得 1 个新的 PRP 基因 *JsPRP1*，其表达受外源信号分子处理和胶孢炭疽菌的诱导，所编码的蛋白具有抗真菌活性，*JsPRP1* 可用于基因工程技术提高植物的抗逆能力。

总之，分子标记和基因工程技术在漾濞泡核桃优良品种的辅助育种和遗传改良应用已经成为一种重要手段，但漾濞泡核桃基因工程技术还停留在上游技术手段，转基因漾濞泡核桃植株的后期观察和功能验证是研究人员需要面临的问题，如何确保基因在后代的遗传稳定性和其环境适应性问题都需亟待解决。

2 栽培管理技术研究

栽培技术是否科学关系着漾濞泡核桃品质的好坏和产量的高低，为许多研究者关注的问题。经过多年的探索和实践，漾濞泡核桃栽培技术已在生产中成熟。漾濞泡核桃栽培需依海拔、气候、降雨

量、地形地势、土壤状况等条件规划种植^[33]。

2.1 林地选择及整地

范志远等^[34-35]对核桃配套栽培技术进行研究,对立地环境选择和定植穴大小及肥料如何施用进行了说明。谭宏超等^[36]对漾濞泡核桃的林地选择(立地条件和土壤条件等)、如何整地及其如何建苗床等进行了系统阐述。

2.2 育苗技术研究

杨紫江等^[37]对漾濞泡核桃的育苗质量与栽植密度的关系进行了研究,该研究设计了多种核桃栽植密度试验,发现在核桃嫁接育苗时 I 级苗的出圃率与株距大小呈正相关关系,最适宜核桃栽植的株行距为 20cm×20cm。马洪军^[38]以青皮核桃、去皮核桃和干核桃为原材料,设计了多种育苗对比试验,发现直播法最适宜青皮核桃、浸种法最适宜干核桃。赵林昌^[39]对核桃常规育苗方法进行了改进,用环剥包土法和压条繁育法进行核桃育苗,环剥包土法育成的苗木移栽成活率高;压条繁育法操作简易,适用于小规模育苗和苗木栽培。石松玉^[40]采用嫁接方法进行核桃苗木培育,嫁接培育的核桃苗比实生苗种植的核桃树早结果 5-7 年,品种更优良,产量更高。赵廷松^[41]对 20 年来云南核桃繁育技术进行了总结,在核桃嫁接培育中提出采用露地芽苗砧接法、移苗砧嫁接法和蓄热保湿嫁接法进行核桃嫁接。

2.3 有害生物研究

漾濞泡核桃有害生物是严重影响漾濞泡核桃产量的重要因子,危害漾濞泡核桃的有害生物包括有害虫、细菌真菌性及病毒性等病原微生物、有害植物和有害动物 4 类^[42]。有害生物防治的研究主要集中在病虫害和病原微生物的防治方法及技术措施。

危害漾濞泡核桃的主要病虫害和病原微生物种类繁多。及时防控病虫害和病原微生物是促进漾濞泡核桃健康生长发育并获得优质果实丰收的重要保证。冯丹等^[42]在云南省主要漾濞泡核桃种植区,调查了云南省核桃的有害生物种类及危害情况,编排了有害生物名录,为云南省核桃的有害生物防控提供了理论依据。陈丽华等^[43]在病害高发地区云南省楚雄州选取漾濞泡核桃病害标本,旨在确定漾濞泡核桃干腐病及病原,首次发现氟啶胺对漾濞泡核桃干腐病菌有非常强的遏制作用,但具体的生产实践还需进一步田间试验。杨晓燕等^[44]2009-2010 年从漾濞县的 500 份漾濞泡核桃根际土

样中分离出 18 种捕食线虫真菌;根际线虫病可使用 1.8% 阿维菌素乳油 2 000-3 000 倍液进行灌药治疗,将病树主要根区渗透为止^[12]。朱晓琴等^[45]对漾濞泡核桃的病枝和病叶进行病原菌分离,培养出 17 个病原菌株,发现甲基托布津对拟盘多毛孢属的真菌有强的遏制作用,参加实验的甲基托布津、农用链霉素、茂生和金雷 4 种药剂稀释到 400 倍液遏制病原菌效果较好,但在实际生产中考虑到经济和安全等综合因素,建议采用 600-1 000 倍稀释液,抑菌效果也不错。

漾濞泡核桃的有害生物的防控须采取综合管理措施。核桃树栽植时选用健康、无病害的苗木栽培^[33],多施用有机肥等肥料降低土壤污染和防止土壤肥力下降^[34];定期清理林中病枝、病叶和病皮,并进行清理烧毁,防止病害树传染给无病害树种;采用杀虫灯等把害虫杀死;多利用鸟类、瓢虫、螳螂等天敌对病虫害进行控制,降低化学农药的副作用和依赖^[46]。

现阶段,漾濞泡核桃有害生物的防治虽取得一定成效,但存在有害生物扩散态势仍未根本扭转等问题,还需对其进行具体化研究。对漾濞泡核桃有害生物的防治要以农业综合防控为基础,从核桃园整个生态系统出发,根据有害生物的发生发展规律,优化综合治理措施,以达到经济、安全、有效地控制有害生物发生^[12]。

3 主要产品及其加工利用研究

随着人们对核桃营养、保健、医疗、生态功能的逐步认识,核桃产业的开发日益受到世界各国的重视,显示出巨大的发展潜力。对漾濞泡核桃产品加工的研究报道比较少,漾濞泡核桃的主产品除了核桃仁外还有青皮、核桃壳、内种皮和分心木等。漾濞泡核桃加工存在生产设备落后,加工品种单一等问题。胡译丹等^[47]对烟熏果、煤熏果、水洗果和无烟果 4 种不同烘干方式下的漾濞泡核桃仁品质进行了评价,4 种方式下核桃仁的脂肪含量为烟熏果>煤熏果>水洗果>无烟果;核桃仁的重金属含量都低于食品卫生标准限量水平。

漾濞泡核桃的青皮大多数是丢弃,任其腐烂和发酵,对当地生态环境造成了严重影响和威胁,当前对漾濞泡核桃青皮的研究主要集中在化学成分研究方面。李冬梅等^[48]对漾濞泡核桃的青皮进行了化学成分分析,分离出 11 个化合物,芥子酸和顺-

Δ^{10} -二十碳烯酸首次从漾濞泡核桃青皮中分离得到。同时,李冬梅等^[49]对青皮乙酸乙酯部位分离得到新化合物二氢枫杨素,首次分离得到枫杨素等4种化合物。李寅珊等^[50]对漾濞泡核桃青皮中的脂溶性成分进行了GC-MS分析,含量较高的有 β -谷甾醇、棕榈酸和亚油酸, β -谷甾醇和亚油酸均具有抗氧化、降血脂和抗癌等药理活性^[51-52],棕榈酸在制药、食品和化工等多个行业可应用^[53]。

漾濞泡核桃果壳可用在制造活性炭等化工方面^[54],也可用于治疗白内障、肺癌和肝癌^[55]等医药方面及抗氧化剂^[55]等轻工业方面。李寅珊等^[50]对漾濞泡核桃壳提取了挥发性成分,挥发性成分中主要成分为脂肪酸和脂肪烃类物质,其中包括棕榈酸、萹、亚油酸、二苯并呋喃和二十七烷等。漾濞泡核桃的分心木是果核内木质隔膜,具有良好的清热解毒、补益脾胃、暑热泻痢等药理作用^[56-58]。耿树香等^[59]对云南不同产地、海拔的漾濞泡核桃的分心木进行了功能成分粗蛋白、粗脂肪、黄酮和氨基酸含量测定,测定发现海拔2 300m的分心木的功能性成分最佳,海拔1 734m的分心木的功能性成分最差。核桃产品加工中会产生大量的内种皮,内种皮作为废弃物丢弃造成极大的资源浪费,目前对漾濞泡核桃的内种皮研究有张春梅等^[4]对漾濞泡核桃等3种核桃内种皮的总黄酮和总多酚含量进行了测定,发现漾濞泡核桃内种皮的多酚含量高达57.58%,具有很高的产品开发价值。然而,当前核桃加工产业发展较慢,明显落后于核桃种植产业,核桃加工品种少(现阶段核桃加工品种主要有核桃粉、核桃油、核桃仁、核桃乳和琥珀核桃仁等),规模小,且大都缺乏品牌效应,核桃的深加工技术,特别是核桃保健食品的加工技术有待开发。

4 建议与展望

漾濞泡核桃是云南乃至全国种植面积最大的核桃优良品种之一,具有很高的营养价值和经济效益。漾濞泡核桃的生物及生态学特性、杂交育种、栽培管理技术、有害生物防治和产品加工开发等方面的研究成果已经应用在漾濞泡核桃的栽培管理和产品加工中,目前已取得显著的社会效益和经济效益。根据目前我国及世界核桃科学研究及产业发展状况,漾濞泡核桃主要研究方向是:(1)对漾濞泡核桃的种质资源进一步保护和开发,实现漾濞泡

核桃植物的全株利用;(2)加速漾濞泡核桃或是同种核桃优良品种的培植和推广,最终获得最佳和最大化经济效益;(3)漾濞泡核桃的油脂中含有特有的营养价值及丰富的生物活性物质,深入探讨其油脂合成的分子机制,争取使有限的资源得到充分合理利用和优化配置。

4.1 核桃的全株利用

建议加强科研单位与企业产学研合作,加大核桃的精深加工产品的研发力度,提高产品附加值,从而保证核桃产业的可持续发展。核桃全身都是宝。例如,核桃的茎枝、核桃仁、核桃壳、内种皮和分心木等不同部位不仅具有很高的工业和药用价值,而且具有多种保健功效。其中,核桃仁、内种皮和分心木3个部位中含有结构多样的天然产物,具有独特、显著的生物活性。通过明确核桃不同部位的生物活性成分类型,最大限度的充分利用资源,在此基础上综合开发,生产出适应消费者需求的产品。增强综合深加工开发,促使资源利用率得到提高。让核桃的不同生物活性功能物尽其用,研发出亚麻酸与亚油酸黄金比例,饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸理想模式比例的营养保健食品,充分挖掘核桃的营养保健价值。核桃饼粕是核桃仁榨油的副产品,核桃饼粕的干物质、粗脂肪、蛋白质和粗纤维含量丰富,是后续生产高品质多功能产品的主要原料。

4.2 核桃资源的保护与开发

核桃产业现代育种需要依靠丰富的种质资源,从而选育出性状表现优良的核桃品种。当前,由于我国地理气候条件复杂多变,我国核桃种质资源非常丰富,记载的核桃优良品种有上百个,优良无性系、优良单株、特异种质资源更是多达几百种,但保存资源限于保存方法和维持费用的影响,我国核桃种质资源的保存工作方面还存在欠缺。同时,由于人们的过度采挖,野生资源破坏严重。因此,要以保护为基础,促进资源的人工培育,在资源允许的范围内加以科学合理的利用,决不是以牺牲资源和环境为代价的掠夺式利用。另外,在不同生态区域开展核桃新品种区域试验,培育及筛选适宜现行气候环境条件栽培的核桃新品种,并进行良种审定,进一步提高我国核桃生产能力。最后,由于木本植物自然的繁育周期长,需优化现有育种技术并结合分子标记育种来进行核桃种质创新,开展常规育种和分子育种相结合,缩短段育种周期,培育具有抗病虫、抗逆、广适、优质等性状的高产优

良品种。依据植物油的品质特性, 培育出含有更高 α -亚麻酸含量的核桃品种, 为核桃保健食品研发提供储备资源。

4.3 脂肪酸合成关键酶基因挖掘

核桃仁含油量和脂肪酸组分是核桃深加工开发和育种中所关注的重要元素。脂肪酸组分合成是一个复杂的生理生化过程。虽然现有的关键技术已经成功克隆了植物脂肪酸合成相关的关键酶基因, 对其关键酶基因的功能也进行了深入研究, 但其调控机制还没有完全阐明。核桃的核桃仁油脂合成会产生高营养价值的油脂成分, 但对这些高营养油脂成分特别是脂肪酸组分的合成和代谢方面的研究还缺乏系统的研究。因此, 系统地研究核桃仁油脂合成过程中脂肪酸的生物合成与代谢方面问题, 运用基因工程和分子生物学, 深入研究核桃植物脂肪酸合成代谢机制, 找到脂肪酸组分的关键酶基因及转录调控因子, 改良现代分子育种技术, 加快高产优质核桃新品种选育, 促进核桃的消费和核桃产业健康稳步发展。

参考文献:

- [1] 陆斌. 云南核桃的特性与品质[J]. 经济林研究, 2009, 27(2): 137-140.
- [2] 裴东, 鲁新政. 中国核桃种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 154.
- [3] 范志远, 方文亮, 董润泉. 漾濞泡核桃授粉品种选择试验[J]. 中国南方果树, 2005, 34(1): 58-59.
- [4] 张春梅, 陈朝银, 林玉萍, 等. 几种云南核桃内种皮黄酮及多酚含量的测定[J]. 云南中医学院学报, 2013, 36(2): 10-13.
- [5] 于冬梅, 刘熙, 李冬梅, 等. 云南漾濞泡核桃壳醇沉物对人肺癌、肝癌细胞增殖的影响[J]. 中成药, 2015, 37(10): 2299-2302.
- [6] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1975.
- [7] Lee K S, Li G, Kim S H, et al. Cytotoxic diarylheptanoids from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. J Nat Prod, 2002, 65(11): 1707-1708.
- [8] Li G, Xu M L, Choi H G, et al. Four new diarylheptanoids from the roots of *Juglans mandshurica* [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(3): 262-264.
- [9] 李福双, 申健, 谭桂山. 胡桃属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 中成药, 2007, 29(10): 1490-1495.
- [10] 张卫星, 何开泽, 蒲嵩. 核桃青皮提取物的抗菌和抗氧化活性[J]. 应用与环境生物学报, 2014, 20(1): 87-92.
- [11] 翟梅枝, 晏婷, 王元, 等. 胡桃属植物青皮和叶的化学成分及其生物活性研究进展[J]. 西北植物学报, 2011, 31(10): 2133-2138.
- [12] 张志华, 裴东. 核桃学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 60.
- [13] 赵廷松, 方文亮, 陈晓. 5个核桃早实杂交新品种鲁甸县区域试验[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(5): 83-85.
- [14] 赵廷松, 陈晓. 早实种间杂交核桃‘云新云林’在云南永胜的栽培试验[J]. 中国南方果树, 2008, 37(6): 63.
- [15] 习学良, 方文亮, 范志远, 等. 早实核桃新品种云新高原的选育[J]. 中国果树, 2007(2): 7-10.
- [16] 李仙兰. 漾濞大泡核桃授粉品种选择试验[J]. 西部林业科学, 2013, 42(2): 88-92.
- [17] 胡青, 肖良俊, 吴涛, 等. 漾濞大泡与云新高原桃花粉活力及柱头可授性比较[J]. 西南农业学报, 2017, 30(6): 1434-1438.
- [18] 马婷, 李静, 宁德鲁. 7个核桃品种幼苗抗寒性评价[J]. 中国农学通报, 2016, 32(16): 24-28.
- [19] 马婷, 肖良俊, 贺娜, 等. 12个云南栽培核桃品种叶片解剖结构及其抗寒性综合评价[J]. 广东农业科学, 2016, 43(5): 55-59.
- [20] 马婷, 李静, 肖良俊, 等. 十三个核桃品种幼苗叶片解剖结构与抗寒性的关系[J]. 北方园艺, 2016(3): 21-24.
- [21] 陈永坤, 汪宇. PEG模拟干旱胁迫对漾濞核桃幼苗抗性物质的影响[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33(4): 103-106.
- [22] 陈少瑜, 宁德鲁, 吴涛, 等. 泡核桃 SSR 标记开发及在遗传多样性研究中的应用[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(3): 91-96.
- [23] 马庆国. 中国核桃品种的遗传多样性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2012.
- [24] Han H, Woeste K E, Hu Y H, et al. Genetic diversity and population structure of common walnut (*Juglans regia*) in China based on EST-SSRs and the nuclear gene phenylalanine ammonia-lyase (*PAL*) [J]. Tree Genetics & Genomes, 2016(12): 111.
- [25] 陈少瑜, 杨恩, 范志远, 等. 漾濞核桃 ISSR-PCR 反应体系的建立[J]. 西部林业科学, 2007, 36(4): 109-112.
- [26] 周林涛, 陆斌, 周军, 等. 漾濞泡核桃 ISSR-PCR 反应体系的建立和优化[J]. 林业调查规划, 2014, 39(1): 14-17.
- [27] 宁德鲁, 马庆国, 张雨, 等. 云南省核桃品种遗传多样性的 FISH-AFLP 分析[J]. 林业科学研究, 2011, 24(2): 189-193.
- [28] Ma Q G, Zhang J P, Pei D. Genetic analysis of walnut cultivars in China using fluorescent amplified fragment length polymorphism[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2011, 136: 422-428.

- [29]王毅,肖良俊,马婷,等.泡核桃肌醇半乳糖苷合成酶基因克隆及表达分析[J].基因组学与应用生物学,2018,37(5):2029-2033.
- [30]张南南,陈朝银,季博,等.漾濞大泡核桃 WRKY 转录因子基因 *JsWRKY1* 的克隆及表达特性分析[J].植物生理学报,2014,50(7):960-966.
- [31]韩青.漾濞大泡核桃 *JsPRP1* 基因的克隆及功能分析[D].昆明:昆明理工大学,2016.
- [32]何华,陈朝银,韩青,等.漾濞大泡核桃病程相关蛋白 10 基因 *JsPR10-1* 的克隆与表达分析[J].植物科学学报,2014,32(6):612-619.
- [33]方文亮.云南核桃栽培技术[J].云南林业,2013,34(1):60-61.
- [34]范志远,习学良,张雨,等.五个种间杂交早实核桃新品系及其配套栽培技术[J].中国南方果树,2005,34(2):71-72.
- [35]范志远,习学良.种间杂交培育的5个核桃早实新品系[J].湖南林业科技,2002,29(1):66-67.
- [36]谭宏超,刀兴福.云南漾濞泡核桃丰产栽培技术[J].林业科技通讯,1996(12):34-35.
- [37]杨紫红,肖锦淑,孔宁忠.栽植密度对漾濞核桃育苗质量的影响[J].林业科技通讯,2017(10):40-42.
- [38]马洪军.核桃不同育苗方法育苗效果试验[J].山西果树,2012(6):11-12.
- [39]赵林昌.核桃育苗新技术[J].河北果树,2013(3):49.
- [40]石松玉.核桃春季嫁接技术[J].河北果树,2013(3):49-50.
- [41]赵廷松.云南核桃繁育综合配套技术[J].林业实用技术,2007(8):15-16.
- [42]冯丹,袁瑞玲,王艺璇,等.云南省核桃主要有害生物名录[J].安徽农业科学,2016,44(28):11-14.
- [43]陈丽华,张家恒,吴毅歆,等.泡核桃干腐病原菌分离鉴定及杀菌剂室内筛选[J].云南农业大学学报(自然科学版),2016,31(4):624-629.
- [44]杨晓燕,王燕来,杨清,等.漾濞核桃根际捕食线虫真菌多样性研究[J].湖北农业科学,2011,50(19):3953-3955.
- [45]朱晓琴,熊智,周彤葵,等.漾濞核桃病害病原菌的分离及药物抑菌试验[J].西部林业科学,2007,36(2):114-117.
- [46]和兆华.漾濞泡核桃与中药材套作栽培技术[J].现代农业科技,2011(14):147.
- [47]胡译丹,尹芳,杨映礼,等.漾濞核桃不同烘干方式下核桃果品质及安全性评价[J].湖北林业科技,2018,47(1):29-58.
- [48]李冬梅,彭友伦,刘光明.漾濞泡核桃青皮化学成分的研究[J].中草药,2015,46(7):962-965.
- [49]李冬梅,彭友伦,刘光明.漾濞泡核桃青皮中二萜基萜烷类成分研究[J].中国中药杂志,2017,42(18):3553-3556.
- [50]李寅珊,李冬梅,刘熙,等.漾濞泡核桃青皮中脂溶性成分的 GC-MS 分析[J].天然产物研究与开发,2012,24(S1):28-31.
- [51]Zhao Y, Chang S K C, QU G, et al. β -Sitosterol Inhibits Cell Growth and Induces Apoptosis in SGC-7901 Human Stomach Cancer Cells[J]. J agric food chem., 2009, 57:5211-5218.
- [52]Gupta R, Sharma A K, Dobhal M P, et al. Antidiabetic and antioxidant potential of β -sitosterol in streptozotocin-induced experimental hyperglycemia[J]. J Diabetes, 2009, 3:29-37.
- [53]商允鹏,生庆海,王贞瑜,等.三酰甘油 Sn-2 位上棕榈酸生理功能及研究概况[J].中国粮油学报,2010,25(10):119-123.
- [54]莫树门,张裕农,暴江山,等.漾濞泡核桃壳制活性炭试验[J].云南林业科技,1997,78(1):54-61.
- [55]李寅珊,刘光明,李冬梅. GC-MS 法鉴定漾濞泡核桃壳中挥发性化学成分[J].安徽农业科学,2011,39(25):15277-15278.
- [56]南京中医药大学. 中药大辞典(上册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006:38.
- [57]郑绯,赵庆国,凌海慧.分心木化学成分及药理作用研究进展[J].首都医药,2014(8下):16-18.
- [58]景援朝,赵焕新,白虹.分心木的研究进展[J].药学研究,2014,33(3):167-170.
- [59]耿树香,宁德鲁,陈海云,等.云南省漾濞泡核桃分心木功能成分综合分析[J].西部林业科学,2017,46(5):18-28.

(编辑:成伶俐)