

文章编号:1001-7380(2019)06-0051-06

# 多功能珍贵树种香椿的主要研究概述

教忠意<sup>1,2</sup>, 郑纪伟<sup>1,2</sup>, 严瑞昌<sup>1,2</sup>, 张珏<sup>1,3</sup>, 唐凌凌<sup>1,2\*</sup>

(1.江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153; 2.江苏绿宝林业发展有限公司,江苏 南京 211153;  
3.江苏省农业种质资源保护与利用平台,江苏 南京 210014)

**摘要:**该文对香椿的栽培历史及主要品种、种苗繁育、栽培与管理、生理生态、内含物和药用研究等方面的国内外研究情况进行了总结和分析,并指出了香椿今后研究的主要方向。

**关键词:**香椿;繁育;栽培;生理生态;展望

**中图分类号:**S644.4

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2019.06.11

香椿(*Toona sinensis*)为楝科香椿属落叶乔木,俗称椿芽和春甜树等,英语系国家称之为 Chinese Mahogany,即“中国桃花心木”。其主要分布于我国除东北和西北部的大部分区域,同时,在朝鲜半岛也有分布<sup>[1]</sup>。我国香椿分布的中心乡土区域位于黄河流域和长江流域之间<sup>[2]</sup>。

香椿木材呈黄褐色并具有红色的环带,纹理美观。材质坚硬,光泽度好,耐腐力强,易于加工,因此,用途较为广泛<sup>[3]</sup>。《中国主要栽培珍贵树种参考名录》将其列为落叶硬木类珍贵树种之一。除材用外,香椿树形美观,树姿开展,可用于道路及庭园绿化,也可用于农田林网建设。其幼嫩的芽和叶可作蔬菜食用,俗称“香椿头”;老熟蒴果果瓣美观,为常见的干花花材;树皮、根皮、叶片和果实均可入药;种子榨制的油可供食用,亦可用于制造油漆、肥皂和润滑油等<sup>[4]</sup>。总结香椿研究现状,不仅为进一步的深入研究提供参考,而且对合理开发利用香椿这一具有较高经济价值的多功能珍贵树种资源,具有重要意义。

## 1 栽培历史及主要品种

香椿古称“𣎵”、“𣎵”、“𣎵”等,在我国具有悠久的栽培历史,可追溯至夏商时期。《春秋左传》《管子·地员》《列子·汤问》《山海经·中山经》《尚书·禹贡》《史记·夏本纪》《后汉书》《艺文类聚·虎丘山》《通典·荐新物》《宋书》《滋溪文稿》《本草纲目》

《农政全书》《西游记》和《素食说略》中均有对其的记载。香椿因其较高的食用价值,常在书籍中出现,但作为时令性较强的木本蔬菜,采摘期短,且其特殊风味的体现需搭配大量油脂,在古代难以普及,所以至《农政全书》成书的明代,香椿仅列为救荒食物之一。清末薛宝辰所著《素食说略》中虽有香椿烹饪的详细描述,但其仍然是当时社会的小众高级食材。作为木本蔬菜使用的特点,使得我国历史上香椿多零星种植于庭院及房屋周边,成片集约栽培较少,品种也以食用为主。

自20世纪70年代以来,我国有多个省市将香椿用于食用林、用材林和防护林建设,成片集约经营逐渐展开。随着市场需求增加,香椿矮化密植和日光温室栽培等技术得到推广应用,以采摘嫩芽为主的食用型香椿生产发展较快。目前,国内常见的香椿品种多以芽菜食用型香椿为主。太和香椿、焦作香椿和安康香椿等一批地方性品种类型栽培较多。在各地地方性品种类型中,常见的有红油椿等10余个食用型品种<sup>[5-6]</sup>。

## 2 种苗繁育研究

经过长期的生产实践,人们摸索出了一系列针对香椿的繁殖方法,使得当前香椿的繁殖较为容易。目前常用的繁殖方法主要有播种、分株、种根扦插、枝条扦插和组织培养等。2018年秋季,笔者采集的香椿种子千粒重7.1—17.5 g,平均千粒重

收稿日期:2019-10-08;修回日期:2019-10-28

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目“江苏长江沿岸景观防护林构建与生态修复技术研究”[CX(19)1004]

作者简介:教忠意(1978-),男,辽宁凤城人,高级工程师,硕士。主要从事林木遗传育种和景观生态学研究。

\*通信作者:唐凌凌(1982-),女,上海嘉定人,工程师,硕士。主要从事园林植物栽培利用和景观生态学研究。

10.37 g。室内测试种子发芽率为 88.89%，这与李世广的研究数据接近<sup>[7]</sup>。有研究认为，在气温 20—25℃条件下，用 30℃的清水浸种 12 h 有利于香椿种子发芽，但贮藏超过半年，种子发芽率、发芽势均显著降低<sup>[8]</sup>。因此，在生产过程中应使用新采集的香椿种子进行播种育苗。

充分利用香椿根萌蘖能力强的生理特点，采用多种手段促进根蘖苗根系发育，增加侧根数量，待其秋季落叶后，采用分株的方式即可以培育出新植株。同时，将适宜的根系剪切成根段，用于根插育苗已成为快速繁育保持母株优良性状香椿苗木的有效手段之一。扦插基质按珍珠岩、草炭和田园土体积比 1:3:6，同时加入 1% 的有机肥和 3% 的过磷酸钙并充分混合，在气温 10—14℃条件下进行根插育苗，其发芽率可达 79%<sup>[9]</sup>。在制备插穗时，以粗度  $\geq 0.5$  cm，长度  $\geq 8$  cm 的根或粗度  $\geq 0.8$  cm，长度  $\geq 12$  cm 的穗条作扦插材料为宜<sup>[10]</sup>。香椿也可用枝插方式繁殖，但根插方式在生根率等多个指标上均优于枝插。

为促进香椿优株短期内迅速扩繁，国内一些学者对其组织培养技术进行了探索。不同培养基及培养条件能直接影响香椿组织培养苗的快速繁殖效率、丛生芽的分化和根系发育状况，同时，不同组分移栽基质的构成也直接影响到组织培养幼苗的移栽成活率<sup>[11]</sup>。

### 3 栽培与管理

目前，香椿在我国以芽菜培育为主要方向，因此，其栽培与管理研究也多围绕这一方向展开。在香椿幼苗培育过程中，栽培密度是影响地径生长的重要因素，在合理的管理条件下，采用 8 株/ $\text{m}^2$  的育苗密度，其合格苗木出圃率可达 80%<sup>[12]</sup>。

食用香椿矮化技术能提高芽菜的产量，降低采摘难度和相关成本。目前，促使香椿植株矮化的主要方式为喷洒植物生长调节物质，但此方式存在食品安全风险，不宜提倡推广。因此，整形修剪技术成为菜用香椿矮化生产的重要手段之一。郝明灼等<sup>[13]</sup>发现，从提高芽菜产量和感官品质方面考虑，60 cm 截干效果最好。也有学者认为，整形应与采芽相结合，并循序渐进控制苗木密度，且 1—4 a 内采用 2.5—3.8 株/ $\text{m}^2$  的栽植密度较为适宜<sup>[14]</sup>。若以中小径级的香椿用材林为培育目标，造林密度控制在 1 667—2 615 株/ $\text{hm}^2$  为宜<sup>[15]</sup>。

施肥管理是香椿优质丰产的关键措施之一，而在不同栽培地点和环境条件下，香椿施肥种类和用量也各不相同。校彦赞等<sup>[16]</sup>对云南宜良塑料大棚内栽培的香椿每 10 d 施用 0.2% 尿素叶面肥和 45 g/ $\text{m}^2$  液态复合肥效果最好。谭瑞坤<sup>[17]</sup>认为湘中地区大田矮化栽培的香椿，其丰产的最佳施肥组合为复合肥 40 g/株，磷酸二氢钾质量浓度 1.0 g/L，氨基酸肥质量浓度 1.5 g/L，5—6 月中旬，连续施用 3 次，每次间隔 15 d。

香椿病害主要有立枯病、根腐病、黄萎病、干枯病、叶锈病和白粉病等；虫害主要有蛴螬、蝼蛄、草履蚧、香椿毛虫、芳香木蠹蛾、褐边绿刺蛾和六星铜吉丁等。近年来，由油菜黄单胞菌楝树致病变种所引起的一种香椿新型细菌性叶斑病易在春夏之交导致叶片变黄干枯脱落，需要警惕<sup>[18]</sup>。

### 4 生理生态研究

香椿在我国分布区较广，所处生态环境变化大，种源选择潜力大。为避免盲目引种栽培可能导致的不良影响，抗性研究和种源选择意义重大。在干旱胁迫下，香椿叶片水势、叶片净光合速率和气孔导度随着胁迫程度的加强而降低，质膜相对透性增大，丙二醛含量以及过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性增大。香椿虽具有一定的抗旱性，但种源间差异较大，这可能与其所处生境的长期适应有关，不同品种类型间叶片解剖结构也存在差异，栅栏组织/叶肉比值大，抗旱能力强，且接种丛枝菌根可有效提高香椿幼苗的生理抗旱性<sup>[19-24]</sup>。

低温胁迫能伤害香椿苗木的细胞膜系统，但其也能诱导一些抗寒性较强种源的基因表达并促进其低温诱导蛋白的合成，进而增强对低温胁迫的抵御能力<sup>[25-26]</sup>。杨玉珍等<sup>[27-28]</sup>对江苏等 9 省的 10 个香椿种源 1 年生实生苗抗寒性研究结果显示，其均不能耐受 -10℃ 的低温胁迫，因此，香椿幼苗繁育时应注意越冬防护。

有学者在室内盆栽盐胁迫实验条件下发现，香椿能通过分解可溶性蛋白来增加脯氨酸的含量，渗透调节物质的增加对维持细胞膜结构，减少水分亏缺，减轻盐害程度有积极作用，并得出香椿具有中等耐盐性的结论<sup>[29]</sup>。复合盐胁迫对香椿的危害性高于单盐胁迫<sup>[30]</sup>。盐碱土生境土壤成分复杂，同时，pH 值的大小对香椿苗木能否在该生境生长影响甚大，因此，香椿耐盐性的强弱还需在盐碱土生境

大田试验中进一步检验。

香椿常作为芽菜食用的特点,使得其对重金属元素的抗性及其富集特性的研究显得尤为必要。香椿对低浓度的  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  具有一定抗性,高浓度的重金属离子能抑制幼苗生长,破坏细胞膜结构,降低叶片净光合速率、蒸腾速率和气孔导度<sup>[31-32]</sup>。香椿叶片对  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  的富集能力较强,对  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  富集能力次之,对  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  富集能力较弱。从芽菜生产角度出发,在受镉、汞、铬污染或者重度铜、镉、铅污染的区域栽培香椿,存在较大风险<sup>[32]</sup>。

通过研究树木光合特性,可以了解其光合能力及水分利用能力的差异,是探索树木生长力的有效手段。多项研究表明,香椿叶片光合速率日变化和季节性变化曲线均为双峰类型,光合“午休”现象明显,日变化最高峰和次高峰分别出现在 9:00—10:00 和 16:00—17:00;季节性变化最高峰和次高峰分别出现在 6 月和 8 月。香椿光合“午休”现象主要由非气孔因素所导致<sup>[33-34]</sup>。此外,光质也会影响植物体叶绿素、可溶性蛋白和花青苷等物质的合成。据报道,红光能显著降低香椿芽硝酸盐含量,促进花青苷和可溶性糖合成,以及植物体干物质积累;蓝光和红蓝混合光处理对香椿芽菜品质的提高较为有利<sup>[35-36]</sup>。

作为多功能珍贵树种,近年来,香椿在低效林改造过程中受到越来越多的重视。丘陵山区柏木低效林改造过程中,林窗补植香椿可有效改善林内环境和土壤肥力,加快林木细根分解和养分释放,促进林分自然更新,提升生态系统服务功能。综合多项研究结果,林窗面积在 100—150  $\text{m}^2$  时,能有效促进营建初期的香椿林维持较高的光合能力和生产力<sup>[37-39]</sup>。

## 5 内含物研究

嫩芽是香椿的重要食用部位,其中富含维生素、氨基酸、蛋白质和可溶性糖,以及铁、锌、磷、钾等微量元素。各营养物质和微量元素的含量,随栽培区域不同及香椿芽发育时间的不同而有差异<sup>[40-43]</sup>。有研究显示,不同产地香椿嫩芽中萜烯类、醛类和含硫类物质含量相对较高,其中检出种类最多的为萜烯类物质<sup>[44]</sup>。杨慧等<sup>[45]</sup>将香椿按嫩芽长度分为 6 个生长期,不同生长期内检测到的挥发性化合物成分有 12—35 种不等,且随着香椿嫩芽

的不断生长,羰基类、含硫类、醇类物质含量呈先后降趋势,烯类物质含量呈先降后升趋势,而烃类和其他类物质则呈下降趋势。也有学者从香椿嫩芽中提取挥发油并检测出石竹烯等 41 种化学成分,但其鉴定出的挥发性成分只占总挥发油的 79.55%<sup>[46]</sup>。

除嫩芽外,一些学者也对香椿老叶、树皮和果实等部位的内含物进行了研究。香椿老叶中含有山奈酚、槲皮素和没食子酸等物质<sup>[47]</sup>。香椿树皮中含有槲皮素、杨梅素、杨梅苷、桦木酸甲酯、没食子酸乙酯、过氧化麦角甾醇和  $\beta$ -谷甾醇等物质<sup>[48-50]</sup>。黄筑艳等<sup>[51]</sup>从香椿树皮样品脂溶性成分中鉴定出 41 种化学成分,含量占总成分峰面积的 91.99%,其中萜烯类物质占 36.58%,含量最高;烷烃类物质次之,占 31.70%;脂肪酸类物质占 21.95%。香椿果实中含有酚类、糖类、黄酮类、皂甙、生物碱、挥发油、香豆素和甾体三萜等化学成分<sup>[52-54]</sup>。刘忠良等<sup>[55]</sup>从香椿子挥发油中分离并鉴定出 39 个组分,其主要化学成分为占比达 88.94% 的烯类,但其鉴定出的成分也仅占供试挥发油总量的 86.96%。

据报道,学者们已从香椿中分离得到了 100 个化合物,其中包括萜类 44 个、黄酮类 19 个、酚类 14 个、苯丙素类 7 个,以及其他类别的化合物 16 个<sup>[56]</sup>。香椿内含物成分复杂,与生长环境紧密相关,且随着树体的生长,各成分及其含量也处于动态变化中。虽然已对香椿内含物主要成分、含量及其动态变化做了一定研究,但未知或未探明的问题仍然较多,大量的相关工作还有待于进一步深入。

## 6 药用研究

香椿入药历史悠久,其清热利湿、利尿解毒的功效早在古代即被人们所知晓。苏敬等人在我国唐朝显庆年间编撰的世界上第一部药典——《新修本草》中即有椿木叶主洗疮疥、风疽的记载。随着科技的进步,从香椿植株中提取、分离和鉴定出的一些药用有效成分被人们所认识,使得其药用价值得到了进一步发挥。

香椿叶提取物有效组分对肺癌、卵巢癌、前列腺癌、粒细胞白血病等癌症的细胞具有细胞毒性已得到多项研究证实。香椿叶粗提物 TSL-1 能阻断肺癌细胞株 H661 和肾癌细胞株 ccRCC 周期的进程并诱导其凋亡,并可抑制 MG-63, Saos-2 和 U2OS 骨肉瘤细胞系的细胞活性;TSL-2 能阻滞卵巢癌细胞 SK-



OV3 的增殖并诱导其凋亡;没食子酸能通过活性氧 (ROS) 和线粒体介导途径诱导 DU145 前列腺癌细胞凋亡<sup>[57-61]</sup>。从香椿根中分离出的 BTA 和 OEA 2 种成分能够抑制 MGC-803 和 PC3 癌细胞的增殖,并通过线粒体途径诱导其凋亡<sup>[62]</sup>。

香椿叶提取物能调节高脂血症脂质代谢,增强抗氧化功能,还能够抑制高脂引起的视网膜损伤;也能提高胰岛素含量,介导脂肪葡萄糖转运蛋白,从而降低血糖水平<sup>[63-66]</sup>。香椿子水煎剂能延长正常大鼠的凝血酶原、凝血酶和活化部分凝血活酶的时间;正丁醇提取物能抑制凝血酶诱导的血小板内游离钙离子浓度的升高,显著降低静脉血栓质量,具有较强的抗血栓作用,同时对脑缺血和心肌缺血也有神经保护作用<sup>[67-70]</sup>。

香椿提取物具有较强的抗氧化活性,对烷氧基、烷过氧基、羟基自由基、DPPH 自由基、超氧阴离子自由基和脂质过氧化产物丙二醛等均有较好的清除效果<sup>[71-73]</sup>。王昌禄等<sup>[74]</sup>研究发现,香椿老叶提取物对 DPPH 自由基的清除能力可达 90%,与 Vc 相当,其总多酚剂量依赖明显。香椿提取物还具有一定的抑菌活性,对大肠杆菌、苏云金杆菌和金黄色葡萄球菌等均有良好的抑制作用,且热稳定性良好<sup>[75-77]</sup>。

香椿提取物可抑制黄嘌呤氧化酶和环氧合酶-2 的活性,有效降低尿酸水平,具有良好的抗痛风效果<sup>[78]</sup>。其内含物中的多酚类物质能抑制胶质细胞活化,有效保护黑质多巴胺能神经元,改善因 6-羟多巴胺所致帕金森病引起的异常行为;能明显减少佐剂关节炎关节腔内的炎性渗出,减轻滑膜充血水肿和炎性浸润,改善踝关节病理组织形态<sup>[79-80]</sup>。高剂量的香椿水煎液还有明显的抗疲劳作用和补血作用<sup>[81]</sup>。

## 7 展 望

香椿栽培历史悠久,分布范围广,适应性强,易于繁殖,是一个集食用、药用、材用和美化环境等为一体的多功能珍贵树种,开发利用潜力巨大。目前,利用香椿叶汁制作的复合饮料、冰淇淋、酸奶、面条和调味剂等,以及用香椿嫩叶制作的茶叶、蜜饯和火锅底料,用香椿叶粉制作的面包、饼干和罐头等已经在市场上出现。含有香椿提取物有效成分的药品品种多样并在医疗卫生领域广泛应用。香椿木材坚硬,纹理美观,表面漆膜附着力好,胶接

容易,气味芳香,作为高级结构用材和装饰用材领域的“中国桃花心木”市场前景广阔。随着其市场需求量的扩大,栽培规模也在逐年增长。同时也应看到,作为我国重要的多功能珍贵树种,香椿优良品种多集中于食用领域,针对药用有效成分含量高、生物量大,速生、树干通直,材质优良等方面的良种选育工作仍然相对滞后。在耕地保护的大背景下,充分利用干旱、盐碱等困难立地及其他边际性土地栽培香椿是大势所趋,但此类土地的利用亟需从适生良种选育、良种扩繁及配套栽培、采收等技术着手,攻克产业链前端的一系列难题才能为香椿食用、药用和材用等产业提供优质的原料,进而有效促进香椿产业优质高效发展。

## 参考文献:

- [1] 陈邦余. 楝科 (Meliaceae) 的地理分布 [J]. 热带亚热带植物学报, 1995, 3(3): 12-22.
- [2] 陆长句, 张德纯, 王德槟. 香椿起源和分类地位的研究 [J]. 植物研究, 2001, 21(2): 195-199.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第四十三卷第三分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [4] 刘启新. 江苏植物志 (第三卷) [M]. 南京: 江苏凤凰科学技术出版社, 2015.
- [5] 徐 彪, 朱怀颖, 陶恒心. 太和香椿品种资源 [J]. 安徽林业, 1996(6): 16.
- [6] 周翔宇. 中国香椿属的研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2005.
- [7] 李世广. 香椿种子的采收和育苗技术 [J]. 农业科技通讯, 1990(8): 42.
- [8] 王广印, 张建伟, 贵育谦. 香椿种子发芽特性研究 [J]. 长江蔬菜, 1996(3): 24-26.
- [9] 向天勇, 盛泉林, 何文辉. 香椿芽的插根生产技术 [J]. 浙江农业科学, 2013(3): 271-273.
- [10] 涂炳坤, 王鹏程, 叶要妹, 等. 香椿扦插繁殖的研究 [J]. 中国蔬菜, 2002(1): 13-15.
- [11] 吴丽君. 香椿组培快繁效率的影响因子 [J]. 中南林业学院学报, 2005, 25(2): 25-29.
- [12] 杨瑞国, 吴增志, 孟祥书. 香椿育苗密度的研究 [J]. 河北林学院学报, 1995, 10(3): 231-236.
- [13] 郝明灼, 李 群, 彭方仁, 等. 不同截干高度对香椿芽菜产量和商品性状的影响 [J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(2): 194-198.
- [14] 裴保华, 王金增, 许中旗, 等. 矮化香椿园密度、整形和采芽技术研究 [J]. 河北林学院学报, 1995, 10(3): 237-242.
- [15] 周小玲, 袁德波, 李二平, 等. 香椿丰产栽培技术研究 [J]. 中南林业学院学报, 1997, 17(4): 64-69.
- [16] 校彦赞, 杨东生, 石卓功. 不同施肥处理对设施栽培香椿产量的影响 [J]. 林业科技开发, 2015, 29(3): 136-138.
- [17] 谭瑞坤. 湘中地区矮化香椿施肥技术研究 [D]. 长沙: 中南林业

- 科技大学,2017.
- [18] 王小梦,刘航,常慧红,等.香椿细菌性叶斑病原菌初步研究[J].中国植保导刊,2012,32(9):8-10.
- [19] 杨玉珍,彭方仁,岑显超,等.干旱胁迫下不同种源香椿苗木的生理生化变化[J].南京林业大学学报(自然科学版),2008,32(1):24-28.
- [20] 彭方仁,杨玉珍,朱振贤.干旱胁迫对不同种源香椿叶片膜脂过氧化和保护酶系统的影响[J].植物资源与环境学报,2007,16(2):44-47.
- [21] 杨玉珍,张云霞,彭方仁.干旱胁迫对不同种源香椿苗木光合特性的影响[J].北京林业大学学报,2011,33(1):44-48.
- [22] 崔宏安,陈铁山,范龙霞,等.陕西省种源香椿天然类型叶的结构与抗逆性研究[J].西北林学院学报,2008,23(2):39-41.
- [23] 贾遂民,王国霞,杨玉珍.不同种源香椿抗旱性的坐标综合评定[J].河南科学,2013,31(3):289-292.
- [24] 姚瑞玲,甘春雁,项东云.丛枝菌根化香椿、秋枫幼苗对干旱胁迫生理响应[J].广西林业科学,2013,42(4):295-299.
- [25] 杨玉珍.不同种源香椿抗性机理及综合评价[D].南京:南京林业大学,2008.
- [26] 杨玉珍,彭方仁.低温胁迫对香椿幼苗蛋白质含量及特异蛋白表达的影响[J].中国农学通报,2010,26(7):115-119.
- [27] 杨玉珍,陈刚,彭方仁,等.低温胁迫下不同种源香椿含水量和渗透调节物质含量差异及其与抗寒性的相关性[J].植物资源与环境学报,2014,23(4):47-54.
- [28] 杨玉珍,陈刚,彭方仁,等.不同种源香椿苗木茎部抗寒性的研究[J].北方园艺,2014(18):1-4.
- [29] 朱振贤.几种主要造林树种盐胁迫响应及耐盐机理研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [30] 黄鹏.盐分胁迫对香椿幼苗生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2006,41(4):60-63.
- [31] 孟丽,李德生,茹丽叶,等.Cd<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>污染对香椿叶绿素含量和光合特性的影响[J].水土保持学报,2013,27(5):240-243.
- [32] 李晓晶.香椿对重金属的抗性研究[D].天津:天津理工大学,2012.
- [33] 何俊萍,高志奎,王如英,等.香椿苗期几个光合特性的研究[J].河北农业大学学报,1996,19(4):38-42.
- [34] 张玉洁.香椿幼树光合作用及其影响因素研究[J].林业科学研究,2002,15(4):432-436.
- [35] 张立伟,刘世琦,张自坤,等.不同光质下香椿苗的生长动态[J].西北农业学报,2010,19(6):115-119.
- [36] 鲁燕舞,唐丽,张晓燕,等.光质对香椿芽苗菜生长和营养品质的影响[J].营养学报,2014,36(2):188-192.
- [37] 张军,李贤伟,范川,等.林窗面积对香椿生长及光合生理特性的影响[J].广西植物,2014,34(3):355-361.
- [38] 张军.柏木人工林人造林窗下几种植物光合生理特性的研究[D].雅安:四川农业大学,2014.
- [39] 谢雨彤.川中丘陵区柏木低效林窗改造初期香椿细根及其分解动态[D].雅安:四川农业大学,2017.
- [40] 罗时琴,唐金刚,周传艳,等.贵州香椿芽的主要营养成分含量与重金属安全性[J].贵州农业科学,2014,42(9):62-64.
- [41] 刘里.曲靖地区香椿芽中微量元素的含量研究[J].安徽农业科学,2011,39(30):18747-18749.
- [42] 王鹏程,涂炳坤,叶要妹,等.不同时期不同种源香椿芽营养成分分析[J].湖北农业科学,2001(6):56-57.
- [43] 郎杰,郑玉光.香椿芽的SOD和维生素C测定[J].食品工程,2007(1):62-63.
- [44] 史冠莹,王晓敏,赵守涣,等.不同产地香椿嫩芽主要营养成分、活性物质及挥发性成分分析[J].食品工业科技,2019,40(3):207-215.
- [45] 杨慧,王赵改,王晓敏,等.红油香椿嫩芽不同生长期和空间部位挥发性成分分析[J].食品科学,2016,37(22):142-148.
- [46] 吴艳霞.香椿芽挥发油化学成分分析[J].鞍山师范学院学报,2004,6(2):47-49.
- [47] 赵艳霞,刘常金,宛红颖.香椿老叶中黄酮与皂苷的含量测定[J].食品研究与开发,2016,37(21):137-141.
- [48] 周先丽,王鹏程,罗琴,等.香椿树皮化学成分的研究[J].中药材,2017,40(5):1119-1122.
- [49] 李国成,余晓霞,廖日房,等.香椿树皮的化学成分分析[J].中国医院药学杂志,2006,26(8):949-952.
- [50] 罗晶,伍振峰,万娜,等.香椿树皮的亲脂性成分研究[J].中国药科大学学报,2016,47(6):683-687.
- [51] 黄筑艳,孙瑶,张振.气相色谱-质谱法测定香椿皮中脂溶性成分[J].理化检验(化学分册),2012,48(12):1406-1407.
- [52] 侯丽,付艳辉,唐贵华,等.香椿子的化学成分研究[J].云南中医学院学报,2011,34(6):21-23.
- [53] 李秀信,张院民,刘青利,等.香椿果实中黄酮类化合物的提取及鉴定[J].河北林果研究,2002,17(2):126-128.
- [54] 王荣申,张守军,陶慧敏,等.香椿子化学成分鉴别研究[J].广州化工,2016,44(2):93-95.
- [55] 刘忠良,马天波,孙立明.香椿子挥发油的GC-MS分析[J].中国药学杂志,2002,37(2):94-96.
- [56] 王旭波,顾芹英,沈玉萍,等.香椿的化学成分研究进展[J].南京中医药大学学报,2014,30(4):396-400.
- [57] WANG C Y, LIN K H, YANG C J, et al. *Toona sinensis* extracts induced cell cycle arrest and apoptosis in the human lung large cell carcinoma [J]. The Kaohsiung Journal of Medical Sciences, 2010, 26(2):68-75.
- [58] CHEN C H, LI C J, TAI I C, et al. The fractionated *Toona sinensis* leaf extract induces apoptosis of human osteosarcoma cells and inhibits tumor growth in a murine xenograft model [J]. Integrative Cancer Therapies, 2017, 16(3):397-405.
- [59] CHEN Y C, CHEN L H, HUANG B M, et al. *Toona sinensis* (aqueous leaf extracts) induces apoptosis through the generation of ROS and activation of intrinsic apoptotic pathways in human renal carcinoma cells [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 7(1):362-372.
- [60] CHANG H L, HSU H K, SU J H, et al. The fractionated *Toona sinensis* leaf extract induces apoptosis of human ovarian cancer cells and inhibits tumor growth in a murine xenograft model [J]. Gynecologic Oncology, 2006, 102(2):309-314.
- [61] CHEN H M, WU Y C, CHIA Y C, et al. Gallic acid, a major component of *Toona sinensis* leaf extracts, contains a ROS-mediated

- anti-cancer activity in human prostate cancer cells [J]. Cancer Letters, 2009, 286(2): 161-171.
- [62] YANG S, ZHAN Q, XIANG H, et al. Antiproliferative activity and apoptosis-inducing mechanism of constituents from *Toona sinensis* on human cancer cells [J]. Cancer Cell International, 2013, 13(1): 12.
- [63] 张京芳, 张 强, 陆 刚, 等. 香椿叶提取物对高血脂症小鼠脂质代谢的调节作用及抗氧化功能的影响[J]. 中国食品学报, 2007, 7(4): 3-7.
- [64] 张园园, 于 利. 香椿叶提取物对脂代谢异常大鼠视网膜损伤的保护机制研究[J]. 中国现代医学杂志, 2019, 29(1): 7-14.
- [65] WANG P H, TSAI M J, HSU C Y, et al. *Toona sinensis* Roem ( Meliaceae) leaf extract alleviates hyperglycemia via altering adipose glucose transporter 4 [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(7): 2554-2560.
- [66] 邢莎莎, 陈 超. 香椿子多酚对糖尿病大鼠的降血糖作用研究[J]. 中药药理与临床, 2011, 27(3): 42-44.
- [67] 金桂兰, 陈 超. 香椿子水煎剂的抗血栓作用研究[J]. 中国药房, 2011, 22(15): 1364-1366.
- [68] 李 静, 陈 超. 香椿子正丁醇提取物的抗血栓作用及其作用机制[J]. 四川中医, 2009, 27(5): 26-29.
- [69] 马 迪, 陈 超, 吴 薇, 等. 香椿子正丁醇提取物对脑缺血再灌注小鼠的神经保护作用及其机制研究[J]. 解放军医学杂志, 2013, 38(1): 15-18.
- [70] 李红月, 陈 超. 香椿子总多酚对心肌缺血再灌注大鼠的保护作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(1): 117-119.
- [71] 张京芳, 王冬梅, 周 丽, 等. 香椿叶提取物不同极性部位体外抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(5): 12-17.
- [72] 邢莎莎, 陈 超. 香椿子中多酚类成分体外抗氧化作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(14): 7285-7287.
- [73] 李世俊, 胡永金. 香椿叶提取物抗氧化活性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(22): 6807-6808, 6810.
- [74] 王昌禄, 任 璐, 陈志强, 等. 香椿老叶总多酚抗氧化活性的研究[J]. 林产化学与工业, 2008, 28(5): 89-92.
- [75] 赵二劳, 冯冬艳, 武宇芳, 等. 香椿叶提取物抗氧化及抑菌活性研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2013, 34(6): 69-72.
- [76] 禄文林, 李秀信. 香椿皂苷的提取及抑菌活性的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2008, 29(1): 227-229.
- [77] 黄诗琪, 冯卫华, 于立梅, 等. 香椿多酚抑菌特性研究[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 212-216.
- [78] 梁 宁, 王昌禄, 罗 成, 等. 香椿提取物对痛风抑制作用的初步研究[J]. 农产品加工学刊, 2011(7): 12-14.
- [79] 李晓健, 庄文欣, 吕 娥, 等. 香椿子多酚对 6-OHDA 所致帕金森病大鼠模型的抗炎和神经保护作用[J]. 神经解剖学杂志, 2016, 32(5): 653-659.
- [80] 杨艳丽, 陈 超. 香椿子总多酚对佐剂型关节炎大鼠的治疗作用[J]. 中国现代应用药学, 2012, 29(12): 1073-1077.
- [81] 贾文斌. 香椿煎液的抗疲劳作用及对造血功能影响的实验研究[J]. 实用医药杂志, 2009, 26(4): 62, 70.

(上接第 50 页)

植物育种中通常以具有较多优良性状的栽培品种做母本, 以充分利用母本对后代的影响<sup>[15]</sup>。本试验结果表明, 以‘少女花语’作为母本, 能产生比其作为父本更明显的早期杂种优势。在下一步育种工作中, 可以选择具有优良性状的红薇类品种作为父本, 与‘少女花语’开展杂交, 选育出具有杂种优势、且符合目标性状的新品种。

#### 参考文献:

- [1] 蔡 明, 王晓玉, 张启翔, 等. 紫薇品种与尾叶紫薇种间杂交亲和性研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 645-651.
- [2] 张军围. 紫薇杂交亲和性及杂交后代性状变异性初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [3] 胡 玲, 蔡 明. 紫薇与千屈菜属间杂交亲和性研究[C]// 中国观赏园艺学术研讨会论文集. 厦门, 2015: 1-6.
- [4] 孙宽莹, 陈 彦. 不同生长物质对紫薇种子萌发和幼苗长势的影响[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2011, 24(3): 91-95.
- [5] 宋 平, 张启翔, 潘会堂, 等. 3 种植物生长调节剂对南紫薇种子萌发的影响[J]. 种子, 2009, 28(3): 58-60.
- [6] 蒙真铖, 丁 琼, 宋希强, 等. 植物生长调节剂对毛萼紫薇种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 热带作物学报, 2014, 35(9): 1791-1794.
- [7] 闻 杰, 高志明. NaCl 胁迫对紫薇种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2012(2): 40-41.
- [8] 蒙真铖, 罗冠勇, 宋希强, 等. 毛萼紫薇种子的储存及萌发特性[J]. 热带生物学报, 2014, 5(4): 348-351.
- [9] 文 彬, 何惠英. 西南紫薇种子贮藏与萌发特性的研究[J]. 种子, 2002(2): 10-12, 15.
- [10] 郑国太. 福建山樱花种子变温层积催芽试验研究[J]. 现代农业科技, 2018(15): 164.
- [11] 贾永正, 张子晗, 喻方圆, 等. 盐胁迫对紫薇种子萌发特性的影响[J]. 种子, 2016, 35(10): 87-91, 94.
- [12] 苏有谊, 潘 健, 周肖琴, 等. 紫薇种子萌发对 PEG 模拟干旱胁迫的响应[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(32): 11372-11373.
- [13] 张启翔. 紫薇品种分类及其在园林中的应用[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(4): 57-66.
- [14] 王瑞文, 杨彦伶, 张军围, 等. 紫薇杂交亲和性和杂交优势的早期选择[J]. 湖北林业科技, 2012(5): 10-12, 70.
- [15] 曹家树, 申书兴. 园艺植物育种学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011.