

金银花种质资源及品种选育研究进展

李磊, 谭政委, 余永亮, 董薇, 鲁丹丹, 杨红旗, 许兰杰, 李春明, 杨青, 安素坊, 梁慧珍*

(河南省农业科学院芝麻研究中心, 河南郑州 450002)

摘要 金银花是我国常用大宗中药材, 具有悠久的栽培历史和丰富的种质资源, 然而现在存在种质混杂退化、种质创新不足、育种手段落后等问题, 限制了金银花产业的进一步发展。总结了金银花的种质资源分布概况及在表型性状、分子遗传多样性、品质性状和品种选育等方面的研究现状, 分析了目前金银花种质资源及品种选育研究中存在的问题并提出展望, 以期为加快金银花育种进程提供参考。

关键词 金银花; 种质资源; 品种选育

中图分类号 S567.7⁹ **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)17-0001-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.17.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Germplasm Resources and Breeding of *Lonicera japonica* Thunb.

LI Lei, TAN Zheng-wei, YU Yong-liang et al (Sesame Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract *Lonicera japonica* Thunb. is a commonly used bulk Chinese herbal medicine in China, with a long cultivation history and rich germplasm resources. However, there are some problems such as hybrid and degradation of germplasm, insufficient germplasm innovation and backward breeding methods, which limit the further development of honeysuckle industry. This paper summarized the distribution of honeysuckle germplasm resources and the research status in phenotypic traits, molecular genetic diversity, quality traits and breeding, analyzed the problems existing in the research of *L. japonica* germplasm resources and breeding, and put forward the prospect, in order to provide reference for speeding up the breeding process of *L. japonica*.

Key words *Lonicera japonica*; Germplasm resources; Breeding

金银花为忍冬科忍冬属植物忍冬(*Lonicera japonica* Thunb.)的干燥花蕾或初开的花, 又名“二花”“双花”, 是我国常用大宗中药材。金银花药用历史悠久, 《中国药典》2020年版一部中亦有收载, 并因其清热解毒、疏散风热等功效, 而广泛应用于痈肿疔疮, 喉痹丹毒, 热毒血痢, 风热感冒, 温病发热等临床症状的临床治疗^[1]。现代研究发现, 金银花中含有大量的挥发油类、黄酮类、有机酸类、环烯醚萜苷类及三萜皂苷类等化学成分, 并且具有抗抑菌、抗氧化、抗病毒、免疫调节等多种药理作用^[2]。金银花临床应用广泛, 据统计 500 多个临床组方和 200 多种中成药中均含有金银花, 临床应用的感冒类中成药中有 70% 都有应用金银花; 除作为中药使用外, 金银花在食品、保健品以及化妆品等行业亦有广泛应用^[3]。

1 金银花种质资源研究进展

1.1 金银花种质资源概况及分布

全球忍冬属植物约有 200 种, 我国有 98 种, 其中曾作为金银花商品来源的植物包括亚种和变种在内不下 17 种, 又以忍冬分布最广, 销量最大^[4]。1963 年版《中国药典》开始收载金银花, 并且规定其基原为忍冬科植物忍冬; 1977 年版《中国药典》对金银花基原进行修改, 除忍冬外增加了红腺忍冬(*Lonicera hypoglauca* Miq.)、山银花(*Lonicera confusa* DC.)及毛花柱忍冬(*Lonicera*

dasystyla Rehd) 3 种基原; 2005 年版《中国药典》又将金银花基原修改为忍冬, 其余几种均划为山银花药材基原; 此后历版药典收录金银花基原均只有忍冬一种^[5]。我国金银花分布甚广, 全国大部分地区均有野生资源分布。目前金银花商品药材主要来自人工栽培, 主产于河南、山东、河北 3 省, 此外全国多省市也有引种栽培^[6]。河南是我国金银花传统道地产区, 习称“密银花”或“南银花”, 河南金银花主产于郑州市的新密、荥阳、巩义和新乡市的封丘、原阳、辉县等地, 此外, 许昌、洛阳以及焦作、信阳、南阳的部分山区也有栽培。主要有毛花系、鸡爪花系和野生银花系三大品系, 其中“封丘大毛花”“原阳一号”“豫封”系列及“鸡爪花”系列等品种具有较大的种植规模^[7]。山东亦是我国重要的金银花产区之一, 已有 300 余年的金银花栽培历史, 特称“东银花”, 其道地产区主要集中在临沂市的平邑县、费县, 苍山、蒙阴、临沭、枣庄、日照等地也有种植。主要有大鸡爪花、小鸡爪花、大毛花、小毛花、红裤腿及野生忍冬等十余种资源类型^[8]。河北省金银花主产于巨鹿地区, 与河南、山东相比, 巨鹿的金银花栽培历史相对较短, 但是发展迅速, 目前已发展成为我国金银花主产区之一。巨鹿金银花主栽品种“巨花一号”是经过长期筛选育成的适应当地气候条件的优良品种^[9]。

1.2 金银花种质资源表型性状研究

金银花不仅野生资源丰富, 而且在长期的驯化栽培过程中, 形成许多不同类型的地方品种, 形态差异很大。李建军等^[10-11]通过观察 13 个金银花种质的叶形态、表皮毛的长短、密度和气孔器的大小、密度及花蕾形态等特征, 发现不同种质金银花叶和花蕾的形态特征存在一定差异, 可以作为不同类型金银花种质划分的依据。邵林等^[12]比较分析了 11 种不同种质忍冬的主要植物学性状, 发现不同种质忍冬植株的枝条长度、平均着花节间长、

基金项目 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-21); 河南省农业科学院自主创新专项基金项目(2022ZC64); 河南省农业科学院新兴学科发展专项项目(2021XK03, 2022XK03); 河南省科技攻关项目(222102110379, 222102110466); 河南省中央引导地方科技发展专项自由探索类项目(YDZX20214100001804)。

作者简介 李磊(1993—), 男, 河南信阳人, 研究实习员, 硕士, 从事药用植物遗传改良研究。* 通信作者, 研究员, 博士, 从事药用植物遗传育种研究。

收稿日期 2022-03-31

花蕾重量、苞片长度和长宽比等指标间具有明显的差异,可以作为不同忍冬种质的划分依据;而枝条直径、花蕾数目、苞片长度和宽度等指标则差异较小,可以作为部分种质的划分依据。张山山等^[13]通过对 41 个金银花栽培种质的 35 个农艺性状进行调查统计和数量分类,最终筛选到了 16 个金银花种质分类的关键性状,并将其分为 6 类:第 1 类为叶形和株型,第 2 类为花蕾性状,第 3 类为被毛及新枝颜色,第 4 类为花梗长度和新枝节间长度,第 5 类为花期,第 6 类为花型和花丝颜色。周洁等^[14-15]应用扫描电镜对不同品系金银花种子和花粉粒的微形态进行了观察,并结合宏观观察和测量进行特征比较,发现花粉粒的赤道轴长(E)、花粉粒极轴长(P)、种子的极轴、赤道轴、极轴/赤道轴、百粒重和表皮凹陷直径等特征与金银花不同品系的亲缘关系之间具有一定相关性。

1.3 金银花种质资源分子遗传多样性研究 与表型性状相比,分子标记能够更直接的反映分子水平上的遗传变异,更精准的揭示种间、种内的差异,近年来在金银花种质资源遗传多样性的研究中得到了广泛应用。郭庆梅等^[16]利用 6 对引物组合对 13 种不同忍冬种质进行 AFLP 分析,结果表明 13 种不同种质在分子水平上存在较大差异,存在丰富的遗传多样性,研究还发现,AFLP 聚类结果与忍冬的地理分布密切相关,表现出明显的地域相关性。Fu 等^[17]应用 RAPD 分子标记技术对 5 个不同地区的金银花种质进行遗传多样性分析,聚类分析结果显示 5 个不同地区金银花品种的相似系数为 0.586~0.769,且遗传距离分析发现 5 种金银花种质间的遗传关系并不是只与地理分布相关。He 等^[18]应用 8 个 ISSR 多态性引物对山东、河南、河北、四川等地的 21 份种质进行遗传多态性、相似性和聚类分析,共扩增出 267 条多态性条带,遗传相似系数为 0.4816~0.9118,21 个品种通过聚类分析可以被分为 2 个类群,说明 ISSR 标记可以有效区分种间和种内变异。侯立娜等^[19]利用 SSR 分子标记技术对 35 份药用金银花种质资源进行遗传多样性分析,聚类分析结果显示,当遗传相似性系数为 0.250 时,可将 35 份种质分为 4 类。并选用 Jyh 73、Yjyh 51、Yjyh 53、Yjyh 89、Yjyh105 5 种引物组合的多态性数据构建了金银花的指纹图谱,实现了对这些金银花品种的快速鉴定。朱凤洁等^[20]选用 22 对 SSR 引物对 58 种来自 20 个不同产地的金银花种质进行扩增,并通过筛选到的 7 对扩增带型稳定、多态性强的引物成功构建了金银花种质资源 DNA 身份证。曾慧杰^[21]基于 GBS 简化基因组测序技术,获得了 29 份忍冬属种质的共 859 714 个有效单核苷酸多态(SNP),并通过系统进化树、主成分和群体遗传结构分析,将 29 份忍冬属种质分为中国北方忍冬、中国南方灰毡毛忍冬和美国观赏忍冬。

1.4 金银花种质资源品质研究 不同种质金银花中主要活性成分的种类及含量均存在一定差异,是影响其品质的重要因素。谭政委等^[22]测定了 5 个不同品系金银花中绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 C、木犀草素、木犀草苷、芦丁和总黄酮的含量,发现不同品系金银花所含成分均有所差异,且各成分

间存在一定的相关性。刘亚等^[23]采用 GC-MS 对 3 个不同品种的金银花精油组分进行分析,检出了 125 种挥发性化合物,并确定了其中 118 种化合物的结构,分析发现不同品种金银花的精油组分和相对含量有很大差异。沈娟等^[24]通过建立高效液相色谱法同时测定了 9 种不同种质资源金银花中 7 种有机酸及断氧马钱子苷的含量,发现灰毡毛忍冬中的绿原酸含量和红腺忍冬中的断氧马钱子苷含量均高于忍冬,具有单成分优势。朱凤洁等^[25]应用 UPLC-MS/MS 指纹图谱对 41 批金银花种质资源的化学成分进行比较分析,根据系统聚类分析和代谢物相似系数 MS 对不同种质金银花的代谢谱进行一致性评级,结合遗传一致性分级结果综合分析发现,金银花种质资源间的遗传一致性要高于化学一致性,并且其代谢物谱的一致性会随着遗传一致性的提高而升高。黄娜^[26]应用 UPLC Q-TOF MS 定性分析了 5 个栽培品种金银花中的 112 个化学成分,发现不同品种金银花中的酚酸类成分、黄酮类成分及环烯醚萜类成分差异较小,但是皂苷类成分差异显著。齐大明等^[27]建立了能同时分离金银花中 22 种化学成分的图谱,并基于该指纹图谱对河南封丘不同品种金银花进行质量评价,发现不同栽培品种忍冬的成分含量存在明显差异,其中豫金 1 号和北花 1 号药材质量较优,具有进一步开发利用的潜力。

2 金银花品种选育研究

2.1 选择育种 金银花种质资源丰富,野生和栽培群体中存在很多变异类型,从各主要产区的现有种质中进行选择育种,既能保证安全性,也比较符合中药材的道地性要求,是目前金银花新品种选育的主要手段。山东北花农业科技有限公司通过系统选育的方法从山东平邑金银花的自然变异株中选育出金银花新品种“北花一号”,该品种直立性强,花枝节间短,花枝多,而且花蕾期长,可以大幅度降低采摘成本^[28]。“中花 1 号”是临沂市农科院从野生金银花中选育得到的金银花新品种,与大毛花相比,该品种直立性强、结花枝多、徒长枝少、开花量大、产量优势明显^[29]。山东亚特生态技术有限公司收集了国内外 186 份不同的忍冬种质资源,在此基础上先后选育了“亚特”“亚特红”“亚特立本”3 个金银花优良品种,并通过了国家林业局林木品种审定委员会良种审定^[30]。杨红旗等^[31]在河南金银花传统道地产区新密市开展金银花种质资源调查期间,发现当地栽培的金银花芽变枝条节间较母树枝条缩短 1/3~1/2,并选育出金银花新品种“密银花 1 号”,多年生产试验结果显示,该品种综合生产能力显著高于封丘大毛花。封丘县联合河南省农业科学研究院经过资源普查和多年品种选育,育成了金银花新品种“封花 1 号”,该品种具备产量高、抗病能力强、品质优等多种优点^[32]。巨鹿县自 20 世纪 70 年代先后从山东、河南等地引进很多品种,经技术人员多年改良培育,培育出适合当地种植的金银花品种“巨花一号”,并在巨鹿县及周边地区获得广泛推广种植^[33]。

2.2 杂交育种 杂交育种是通过有性杂交将不同品种优良性状尽可能地整合到一起,再从后代群体中通过选择育成

符合育种目标的品种。近年来我国金银花杂交育种在亲本选择、去雄与最佳授粉时期确定、花粉活力检测与花粉贮存技术等多个环节开展了许多研究。金银花为雌雄同花植物,有5枚较大花药,去雄方便,并且异交结果率高,非常有利于开展杂交育种,可以将不同的优良基因型进行杂交,然后在其杂交后代中筛选出符合育种目标的重组个体,再经无性繁殖方法加以固定^[34]。李建军等^[35]对忍冬变种红白忍冬的繁育系统及传粉特性开展了系统研究,发现与大毛花相比,其异花传粉率更高,且以大毛花为父本杂交结果率高于其自然结果率,开展杂交育种可操作性较强。通过进一步研究,对金银花杂交育种的方法、去雄和授粉的最佳时间进行了探索,并发现自花不结果、结实率低,不同杂交组合的浆果数及种子数均与父母本的选择有关^[36]。任斌等^[37]以金银花地道产区河南和山东的2个栽培种为亲本进行杂交并获得杂交种株系,经POD同工酶电泳鉴定,确定其杂交种是由山东东银花和河南密银花杂交而来。

2.3 多倍体育种 相较于二倍体,多倍体植株一般具有更高的生活力、产量及品质,以及对各种生物、非生物胁迫的抵抗能力,此外,多倍化育种还可以解决远缘杂交不亲和的问题,是药用植物种质创新的重要手段之一。刘奕清等^[38]以0.1%秋水仙素浸泡15 h诱导“红星2号”金银花愈伤组织获得四倍体植株,并发现与二倍体植株相比,四倍体植株出现叶色变深,生长势变缓,节间变短变粗等表现,同时其气孔与保卫细胞均明显增大,气孔密度明显减小。王惠利等^[39-40]采用改良L. D. Cua法对二倍体金银花进行人工诱变,并对其M1代变异株进行细胞学鉴定和植株早期形态鉴定,结果显示,对照株金银花 $2n=2x=18$,M1代变异株金银花 $2n=4x=36$,M1代变异株为多倍体,且经过染色体加倍后的金银花植株生长势变强,叶色变深,叶片变大变厚,叶形指数变小。“九丰一号”是以平邑传统金银花品种“大毛花”为材料,通过多倍体育种技术培育出的同源四倍体,与其亲本大毛花相比,其绿原酸含量提高30%,平均单产提高58.79%^[41]。张汉超等^[42]在离体组织培养条件下诱导杂交金银花获得了金银花异源四倍体株系,通过田间农艺性状观察比较发现多倍体株系的花蕾体积明显变大,且异源四倍体株系的平均绿原酸含量为杂交二倍体CK的1.34倍。

2.4 诱变育种 诱变育种可以提高变异频率,在短时间内获得大量的变异类型,而且变异范围更广,能够大幅度加快育种进程。倪大鹏等^[43]采用⁶⁰Co- γ 射线辐照诱变技术,对金银花插穗进行诱变处理,发现经过辐照处理的插穗萌芽期和展叶期延缓,插穗叶片数、新生枝数和根条数减少,插穗成活率下降,辐照剂量与插穗的叶片数、分枝数、根条数都呈极显著的负相关关系,并确定了35~45 Gy为金银花枝条⁶⁰Co- γ 射线诱变处理的适宜范围。吴林^[44]用半致死浓度(0.6%)和处理时间(6 h)的甲基磺酸乙酯(EMS)对金银花离体叶片进行诱变处理,然后通过定向筛选获得抗盐诱变再生植株,进一步鉴定发现,相较于对照植株,抗盐诱变再生植株的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性和脯氨酸

(Pro)含量均有所增强,丙二醛(MDA)含量降低,说明其具有更强的抗盐性。王玲娜^[45]通过辐射诱导结合系统选育,选育出金银花新品种“华金6号”,与传统品种相比,该品种开花期明显延迟,花蕾期长,大白期可达15~20 d,采摘时间获得了大幅度延长,可以实现集中采收,有效降低了采收成本;并且该品种的绿原酸和木犀草苷含量分别达到药典标准的2.03和2.08倍,环烯醚萜苷类与黄酮类成分含量也显著高于其他品种。此外,通过搭载航天飞船及空间实验室开展航天诱变育种,应用在金银花新品种选育中也有报道^[46]。

2.5 分子育种 与常规育种方法相比,分子育种更精准高效,可以大幅度缩短育种周期,是药用植物育种的重要发展方向之一,近年来受到越来越多育种工作者的关注,分子育种主要有分子标记辅助育种、转基因育种和分子设计育种3个研究方向^[47]。现阶段金银花分子育种研究主要集中在分子标记辅助育种方面,转基因育种也有所探索。目前应用在金银花种质资源鉴定及遗传多样性分析的标记有AFLP、RAPD、ISSR、SSR等^[48],但是在遗传连锁图谱构建、QTL定位作图等方面的研究还处于初级阶段。近年来基于金银花生长发育、次生代谢产物生物合成的分子生物学研究发展很快,目前已经开展了金银花的基因组、转录组、代谢组等研究^[49-50],并且成功克隆得到了多个潜在功能基因^[51-52]。利用转基因技术进行品种改良需要具备功能明确的基因和高效的遗传转化体系,遗传转化体系的建立是获得转基因植株的前提,刘国花等^[53]以根癌农杆菌介导法建立了以叶片为受体的遗传转化体系。师凤华等^[54]验证了影响木犀草素含量的2个关键酶F3H和FSII,并将其以农杆菌介导的方式分别转化到红腺忍冬中,获得过量表达的遗传转化植株。陈泽雄等^[55]突破了绿原酸抑制金银花体细胞胚胎分化成芽、根原基启动缓慢等难题,成功构建了根癌农杆菌介导的金银花高效遗传转化体系,并将金银花绿原酸生物合成关键基因*LmHQT1*导入,获得的转基因植株绿原酸含量达5.8%。随着各种分子生物学技术,特别是基因编辑技术的持续深入研究,分子育种必将在金银花的品种选育过程中发挥越来越重要的作用。

3 展望

我国金银花栽培历史悠久,种质资源十分丰富,但是相对于常规农作物,金银花在种质资源调查收集、鉴定评价、保存利用等方面还较为落后,生产中还存在种质混杂、特色种质退化流失等现象。因此,应加快种质资源的保护与收集,建立具有品种特色的金银花种质资源库,并加强种质资源的鉴定评价和优良种质筛选力度,为金银花的品种选育提供基础材料。经过多年发展,金银花育种工作取得了一定成果,但在种质资源创新、重要性状标记定位、功能基因挖掘利用、特色品种选育等方面仍然较为薄弱。下一步应该加强金银花在生长发育规律、主要活性成分合成调控机制、重要性状形成机制等方面的研究;并在常规育种手段的基础上,有机结合杂交育种、诱变育种、分子育种等现代育种技术,通过多元化的育种方法,建立高效的育种技术体系,选育更多的金

银花优良品种服务生产。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 237-238.
- [2] 谭政委, 夏伟, 余永亮, 等. 金银花化学成分及其药理学研究进展[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(9): 26-28, 123.
- [3] 蔡芷辰. 基于多组学的盐胁迫下金银花的品质形成机制研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2021.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 236.
- [5] 王亚丹, 杨建波, 戴忠, 等. 中药金银花的研究进展[J]. 药物分析杂志, 2014, 34(11): 1928-1935.
- [6] 周凤琴, 李佳, 冉蓉, 等. 我国金银花主产区种质资源调查[J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(3): 21-25.
- [7] 杨俊杰, 李娟. 河南金银花产地生产状况调查[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(4): 974-975.
- [8] 周凤琴, 张永清, 张芳, 等. 山东金银花种质资源的调查研究[J]. 山东中医杂志, 2006, 25(4): 268-271.
- [9] 秦祎婷, 朱艳霞, 郭玉海, 等. 河北巨鹿金银花生产现状与发展建议[J]. 中国现代中药, 2012, 14(2): 34-36.
- [10] 李建军, 李军芳, 贾国伦, 等. 金银花不同种质叶形态特征比较[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2012, 40(3): 119-123.
- [11] 李建军, 贾国伦, 王君, 等. 金银花不同种质花蕾的形态和品质成分比较分析[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2013, 31(4): 103-108.
- [12] 邵林, 郭庆梅, 周凤琴, 等. 不同种质忍冬植株形态特征比较[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(3): 739-740.
- [13] 张山山, 黄璐琦, 袁媛, 等. 栽培金银花农艺性状的数量分类学研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(8): 1379-1385.
- [14] 周洁, 边丽华, 邹琳, 等. 不同品系忍冬花粉粒微形态特征比较[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(2): 484-486.
- [15] 周洁, 边丽华, 邹琳, 等. 不同品系金银花种子微形态特征比较研究[J]. 中药材, 2014, 37(9): 1532-1534.
- [16] 郭庆梅, 王婷, 周凤琴, 等. 忍冬种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(20): 3024-3028.
- [17] FU J J, YANG L Q, KHAN M A, et al. Genetic characterization and authentication of *Lonicera japonica* Thunb. by using improved RAPD analysis[J]. Mol Biol Rep, 2013, 40(10): 5993-5999.
- [18] HE H Y, ZHANG D, QING H, et al. Analysis of the genetic diversity of *Lonicera japonica* Thunb. using inter-simple sequence repeat markers[J]. Genet Mol Res, 2017, 16(1): 1-7.
- [19] 侯立娜, 李慧, 王天琪, 等. 金银花及近缘种遗传多样性分析及 SSR 指纹图谱构建[J/OL]. 分子植物育种, 2021-09-28 [2022-03-22]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210928.1316.023.html>.
- [20] 朱凤洁, 张山山, 袁媛, 等. 金银花种质资源 DNA 身份证构建及遗传相似性分析[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(9): 1825-1831.
- [21] 曾慧杰. 忍冬属多种质性状变异与优株选育[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [22] 谭政委, 夏伟, 许兰杰, 等. 不同品系金银花质量评价[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(25): 168-171.
- [23] 刘亚, 吕兆林, 邹小琳, 等. 不同品种金银花精油组分对比研究[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(2): 72-81.
- [24] 沈娟, 崔培超, 王永香, 等. 不同种质金银花中有机酸类及萜类成分的测定[J]. 中草药, 2014, 45(20): 2993-2996.
- [25] 朱凤洁, 杨健, 袁媛, 等. 金银花种质资源化学指纹图谱及代谢物相似性分析[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(12): 2575-2579.
- [26] 黄娜. 金银花不同栽培品质量研究[D]. 郑州: 河南中医药大学, 2017.
- [27] 齐大明, 董诚明, 刘天亮, 等. 基于指纹图谱对金银花与山银花的区分及各品种金银花质量评价[J/OL]. 中草药, 2021-08-23 [2022-03-22]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1108.R.20210820.1640.002.html>.
- [28] 张谦, 沈华, 刘延刚. 金银花新品种北花一号的特征特性及标准化栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2016(7): 223-226.
- [29] 郭艳萍, 丁文静, 张李娜, 等. 金银花新品种中花 1 号特征特性与栽培技术要点[J]. 山东农业科学, 2012, 44(1): 121-122.
- [30] 班玉峰, 吴冉, 李路文, 等. 三个亚特系列金银花新品种的品性及栽培与应用[J]. 陕西林业科技, 2013(4): 48-49, 56.
- [31] 杨红旗, 李磊, 董薇, 等. 金银花新品种密银花 1 号选育及高效栽培技术[J]. 中国农技推广, 2021, 37(11): 56-58.
- [32] 王广军. 金银花新品种封花 1 号特征特性及关键栽培技术[J]. 中国农技推广, 2019, 35(10): 58-59.
- [33] 秦洁. 金银花巨花一号特性及高产栽培技术[J]. 中国农技推广, 2013, 29(12): 33-35.
- [34] 宋振巧, 陈为序, 王建华. 金银花开花与繁育特性研究[J]. 山东农业科学, 2012, 44(1): 32-34, 38.
- [35] 李建军, 叶承霖, 连奕雅, 等. 红白忍冬繁育系统与传粉生物学研究[J]. 河南农业大学学报, 2019, 53(4): 581-590.
- [36] 李建军, 王君, 贾国伦, 等. 不同忍冬种质杂交育种初探[J]. 河南农业大学学报, 2015, 49(3): 316-319.
- [37] 任斌, 高山林, 张晓霞, 等. 金银花品种杂交和异源四倍体的诱导[J]. 药物生物技术, 2008, 15(5): 352-354.
- [38] 刘奕清, 吴林, 陈泽雄, 等. 秋水仙素离体诱导金银花多倍体及倍性鉴定[J]. 中药材, 2012, 35(11): 1729-1732.
- [39] 王惠利, 赵晓明. 金银花多倍体诱变及早期形态鉴定[J]. 山西农业科学, 2012, 40(12): 1240-1242, 1253.
- [40] 王惠利, 赵晓明. 四倍体金银花的细胞学鉴定[J]. 北方园艺, 2014(6): 92-94.
- [41] 邢艳霞. 四倍体金银花新品种九丰一号选育研究[J]. 农业工程技术(农业产业化), 2006(1): 44-46.
- [42] 张汉超, 高山林, 薛欣. 金银花异源四倍体株系诱导选育及其绿原酸含量的测定[J]. 药物生物技术, 2011, 18(3): 242-245.
- [43] 倪大鹏, 赵善仓, 朱彦威, 等. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照对金银花插穗的诱变效应[J]. 现代中药研究与实践, 2009, 23(5): 10-12.
- [44] 吴林. 体细胞化学诱导金银花四倍体及抗盐突变体研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [45] 王玲娜. “华金 6 号”金银花新品种药材质量研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2018.
- [46] 湖南隆回金银花种子搭载天宫二号航天飞行 33 天太空培育[EB/OL]. (2017-02-22) [2022-03-29]. <http://www.rmlt.com.cn/2017/0222/461007.shtml>.
- [47] 马小军, 莫长明. 药用植物分子育种展望[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(11): 2021-2031.
- [48] 蔡芷辰, 刘训红, 王程成, 等. 金银花分子生物学研究进展[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(6): 1272-1278.
- [49] XIAO Q Q, LI Z Q, QU M M, et al. Lj3FGD; *Lonicera japonica* functional genomics database[J]. J Integr Plant Biol, 2021, 63(8): 1422-1436.
- [50] XIA Y, CHEN W W, XIANG W B, et al. Integrated metabolic profiling and transcriptome analysis of pigment accumulation in *Lonicera japonica* flower petals during colour-transition[J]. BMC Plant Biol, 2021, 21(1): 1-14.
- [51] ZHANG J R, WU M L, LI W D, et al. Regulation of chlorogenic acid biosynthesis by hydroxycinnamoyl CoA quinate hydroxycinnamoyl transferase in *Lonicera japonica*[J]. Plant Physiol Biochem, 2017, 121: 74-79.
- [52] QI X, FANG H, CHEN Z, et al. Ectopic expression of a R2R3-MYB transcription factor gene *LjMYB12* from *Lonicera japonica* increases flavonoid accumulation in *Arabidopsis thaliana*[J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(18): 1-13.
- [53] 刘国花, 刘奕清, 陈泽雄, 等. 根瘤农杆菌介导灰毡毛忍冬遗传转化体系的建立[J]. 中药材, 2013, 36(12): 1904-1907.
- [54] 师凤华, 莫乔程, 谭木秀, 等. 金银花木犀草苷生物合成相关基因克隆及转化山银花的研究[R]. 2012-04~2015-03.
- [55] 陈泽雄, 廖林正, 罗雪峰, 等. 金银花良种细胞工程繁育技术及产业化应用[R]. 2006-01~2018-12.