

◆民族医药◆

山银花花色形成研究进展*

吕玲玲**, 鲁杏欢, 李立云

(怀化学院生物与食品工程学院, 民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室, 湘西药用植物与民族植物学湖南省高校重点实验室, 湖南怀化 418008)

摘要:山银花花色类型较少, 常规品种在不同发育阶段依次呈现出绿色、白色和黄色。山银花中的色素主要有叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮。本文对山银花花色类型、花色素的种类及其含量与花色的关系、不同花色时期绿原酸含量的变化、类黄酮生物合成途径相关基因表达对花色的影响等进行综述, 并对今后山银花花色的研究方向进行展望, 为山银花花色形成机理提供参考。

关键词:山银花; 花色; 类黄酮物质; 类胡萝卜素; 基因

中图分类号: TS201.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2024)03-0486-06

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20240910.009

山银花是忍冬科(Caprifoliaceae)忍冬属(*Lonicera*)植物, 最早记载于《名医别录》, 是常用的中药材之一, 被列为上品。山银花和金银花非常相似, 早些年它们被视为同一种植物。在《中华人民共和国药典(一部)》(2010年版)中, 山银花从金银花中分列出来, 山银花中药材包括灰毡毛忍冬(*L. macranthoides*)、华南忍冬(*L. confusa*)、红腺忍冬(*L. hypoglauca*)和黄褐毛忍冬(*L. fulvotomentosa*)的干燥花蕾或初开的花, 而金银花只记载了忍冬(*L. japonica*)这1种植物, 山银花的功效主治、用法用量与金银花相同。山银花主要分布在我国南方地区, 生长在灌丛或者疏林中, 并以灰毡毛忍冬为主, 主要分布在

安徽、湖南、四川、广西等地。分析山银花不同发育阶段花色与色素的关系以及花色与绿原酸之间的关系, 有利于药物研发, 可为探讨山银花花色形成机理提供参考; 同时, 也有利于山银花种质资源的开发和利用, 对选育不同花色和药用价值高的山银花新品种有积极推动作用。

1 山银花不同发育时期的花色变化

山银花的花色随发育阶段的不同而不断变化, 开花型的山银花花期分为绿蕾期、绿白蕾期、白蕾期、银花期和金花期等5个时期, 多数品种在绿蕾期多呈现绿色, 随后花蕾开放, 初期花为白色, 后慢慢变黄甚至

收稿日期: 2023-11-20

修回日期: 2023-12-07

* 湖南省教育厅重点项目(21A0490)资助。

【第一作者简介】

吕玲玲(1977—), 女, 博士, 副研究员, 主要从事植物遗传育种与分子生物学研究, E-mail: 15133253@qq.com。

【**通信作者】

【引用本文】

吕玲玲, 鲁杏欢, 李立云, 等. 山银花花色形成研究进展[J]. 广西科学, 2024, 31(3): 486-491.

LÜ L L, LU X H, LI L Y, et al. Research Progress in the Flower Color Formation of *Lonicerae* Flos [J]. Guangxi Sciences, 2024, 31(3): 486-491.

深黄色(图1);而闭蕾型的山银花只有绿蕾期、绿白蕾期和白蕾期。随着山银花栽培技术的改进和育种工作的全面开展,已培育出部分新品种或变异品种,派生出不同色系的山银花品种。灰毡毛忍冬的变异品种‘红蕾一号’在银花期前花蕾呈现出红色,但在金花期时花色变成黄色^[1]。广西巴马瑶族自治县的华南忍冬,花蕾呈棒状且有弯弯的弧度,随着不同发育时期花的表面呈绿棕色至黄白色的变化,花冠呈灰白色。广西忻城县的红腺忍冬,花蕾呈棒状弯曲,随着不同发育时期花表面呈黄白至黄棕色的变化,花冠呈

白色或黄色,少有红色花出现^[2]。湖南隆回县的灰毡毛忍冬常规品种,从绿蕾期、绿白蕾、白蕾期、银花期至金花期依次呈现青绿色花蕾、绿白色花蕾、白色花蕾、白色花、金黄色花直至花朵慢慢枯萎;灰毡毛忍冬湘蕾品种,从绿蕾期、绿白蕾期至白蕾期,依次呈现青绿色花蕾、浅绿色花蕾、绿白色花蕾、白色花蕾、黄白色花蕾直至花蕾渐渐枯萎^[3]。贵州黔西南布依族苗族自治州的黄褐毛忍冬花蕾开始为黄绿色,后逐渐发育成黄白色,花开时花冠呈白色,后逐渐转变为黄色^[4]。



From left to right, there are green bud stage, green and white bud stage, white bud stage, silver flower stage and gold flower stage, respectively.

图1 山银花花的5个发育时期(开花型)

Fig. 1 Five stages of flower development of Lonicerae Flos (flowering types)

2 山银花花不同发育时期绿原酸含量的变化

绿原酸是山银花主要的药用成分之一,研究山银花花不同发育时期的绿原酸含量,可为确定合适的采摘时期提供依据。耿世磊等^[5]为研究山银花花不同发育时期的绿原酸含量,以广东湛江的华南忍冬为材料,发现华南忍冬幼蕾期花冠筒壁外表皮含绿原酸的细胞内存在大量的叶绿体,花蕾较小且呈绿色;绿蕾期花冠筒壁外表皮含绿原酸的细胞中也含有大量的叶绿体,花蕾膨大且呈绿色;白蕾期又细分为两个时期,分别是白蕾早期和白蕾后期,白蕾早期花蕾由绿色逐渐变淡直至变为白色,花冠筒壁外表皮含绿原酸的细胞一定程度液泡化,细胞内叶绿体含量较多,白蕾后期细胞基本液泡化,但叶绿素和绿原酸含量均减少,只含有少量的叶绿体;银花期呈白色的花,花冠筒壁外表皮含绿原酸的细胞中叶绿体消失,绿原酸含量较低;金花期花瓣变黄,花中不含叶绿体,但绿原酸含量略微增加。李隆云等^[6]研究了开花型和闭蕾型灰毡毛忍冬不同时期的绿原酸含量,发现开花型的灰毡毛忍冬开放前(绿蕾期、绿白蕾期和白蕾期)绿原酸含量较高且彼此间差异不显著,而开花后(银花期和金

花期)绿原酸含量极显著降低;闭蕾型的灰毡毛忍冬随着花的发育,绿原酸含量稍有下降。赵佳利等^[7]发现山银花绿蕾期绿原酸含量最高,其次为绿白蕾期,白蕾期和银花期的含量相对较低。石前等^[8]的研究表明山银花不同花色时期的绿原酸含量因品种而异。综上可知,山银花花发育早期绿原酸含量较高,随后逐渐降低;对于开花型品种,开花后绿原酸含量会显著降低。另外,绿原酸含量还与品种有关。

3 山银花中的色素物质

3.1 叶绿素和类胡萝卜素

叶绿体中含有叶绿素和类胡萝卜素,叶绿体数目的变化会引起叶绿素和类胡萝卜素含量的变化。耿世磊等^[5]发现山银花绿蕾期存在大量的叶绿体,此时花蕾呈绿色,之后叶绿素慢慢减少直至银花期完全消失,花色也由绿色转变为白色。莫爱琼等^[9]发现华南忍冬绿蕾期细胞存在大量的叶绿体,白蕾期至金花期叶绿素含量减少。刘安成等^[10]对火焰忍冬(*Lonicera × heckrottii*)、格雷姆忍冬(*L. periclymenum*)、贯月忍冬(*L. sempervirens*)、台尔曼忍冬(*Lonicera × tellmaniana*)和忍冬植物开花过程中花

色、有关色素的变化进行研究,发现忍冬属植物在绿蕾期叶绿素含量高,随着花蕾发育,叶绿素含量减少,花蕾的绿色变淡,逐渐呈现白色和黄色,叶绿素对忍冬绿蕾期的花色起决定作用。本课题组前期研究表明灰毡毛忍冬绿蕾期类胡萝卜素的含量最高,但此时花蕾呈现绿色,推测可能是叶绿素含量高造成的;随后类胡萝卜素含量下降,至银花期达到最低,而金花期急剧上升; β -胡萝卜素和紫黄质的含量占总类胡萝卜素含量的 64.95%,推测这两种物质是金花期金黄色花的主要显色物质(数据未发表)。综上可知,山银花的花色受叶绿素和类胡萝卜素的综合影响,花蕾呈现绿色主要是因为叶绿素的存在,花蕾呈现黄色主要是因为类胡萝卜素的存在。

3.2 类黄酮物质

类黄酮化合物是植物次生代谢的产物,在植物中广泛存在,是一类使花瓣呈现白色、黄色、蓝色和红色的色素,难溶或不溶于水。类黄酮物质中的花黄素包括黄酮和黄酮醇,是一类使花瓣呈现白色、淡黄色、黄色的物质。付林江等^[11]发现类黄酮物质在金银花不同发育时期花色由白色变成黄色的过程中起辅助作用。任玉锋等^[12]对不同发育时期的金银花花进行特征显色反应和花色素含量测定时发现,金银花花蕾或花中绿原酸含量随着花的发育逐渐减少,类胡萝卜素和类黄酮含量总体呈上升趋势,金银花花色由白色变成黄色主要是类黄酮和类胡萝卜素含量增加所致。

目前从山银花花中检测到的类黄酮物质主要有黄酮和黄酮醇。柴兴云等^[13]从湖南溆浦县的山银花栽培品种华南忍冬的干燥花蕾中分离得到 8 种类黄酮物质,分别是苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷(1)、木犀草素-7-O- β -D-半乳糖苷(2)、金圣草素-7-O-新橙皮糖苷(3)、苜蓿素-7-O-新橙皮糖苷(4)、木犀草素(5)、槲皮素(6)、芦丁(7)和苜蓿素(8)。陈雨等^[14]从灰毡毛忍冬花蕾中分离得到 3 种类黄酮物质,分别是异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖苷(9)、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷(10)和槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷(11)。陈君等^[15]从灰毡毛忍冬花蕾中分离出芦丁、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷和木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷(12)。莫爱琼等^[16]以华南忍冬为材料,对其淡白绿色花蕾中的类黄酮物质进行检测,发现花的部位不同其类黄酮物质含量也不同,花蕾花冠筒中部的含量最低,花冠、花药、花萼筒、子房部位等含量相对较高。姚彩云等^[17]以广西马山县红腺忍冬的花蕾及初开花为材料,分离到山柰酚(13)。王腊梅^[1]在灰毡毛忍冬‘红蕾一号’、

‘银翠蕾’和‘翠蕾 109’的花蕾中均检测出花色苷、总酚和木犀草苷(14)。梅玉丹等^[18]从灰毡毛忍冬干燥花蕾中分离得到 7,3',4'-三甲氧基槲皮素-3-O-芸香糖苷(15)、槲皮素-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(16)和甲氧基槲皮素苷(17)等类黄酮化合物。黄玉娟等^[19]从山银花中分离得到木犀草苷。许小方等^[20]从灰毡毛忍冬花蕾中分离到 11 个化合物,类黄酮物质包括苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷、木犀草素-7-O- β -D-半乳糖苷、槲皮素和槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷。Qian 等^[21]用 HPLC-MS 法从山银花中检测出芦丁、金丝桃苷(18)、槲皮素-3-O-葡萄糖苷(19)、木犀草素-7-O-葡萄糖苷(20)和忍冬苷(21)等类黄酮成分。Chen 等^[22]用 HPLC-MS 法检测出山银花中有 9 个类黄酮化合物,分别为苜蓿素-7-O-新橙皮糖苷、木犀草素、槲皮素、芦丁、金丝桃苷、槲皮素-3-O-葡萄糖苷、木犀草素-7-O-葡萄糖苷、忍冬苷、苜蓿素-7-O-葡萄糖苷(22)。Yao 等^[23]从华南忍冬干燥花蕾中检测到木犀草素。贾晓东等^[24]从灰毡毛忍冬中分离得到 5 种类黄酮物质,分别为槲皮素、芦丁、金圣草素-7-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(23)、苜蓿素-7-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(24)和槲皮素-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(25)。温建辉等^[25]从华南忍冬干燥花蕾中分离得到木犀草素、槲皮素、木犀草素-3'-O- α -L-鼠李糖苷(26)和芹菜素-7-O- α -L-鼠李糖苷(27)。粟时颖等^[26]从山银花中分离得到 12 种类黄酮化合物,分别为苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷、木犀草素-7-O- β -D-半乳糖苷、金圣草素-7-O-新橙皮糖苷、苜蓿素-7-O-新橙皮糖苷、木犀草素、槲皮素、芦丁、苜蓿素、异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖苷、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷和木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷。刘文娟等^[27]从灰毡毛忍冬中分离得到 14 种类黄酮化合物,分别为苜蓿素-7-O- β -D-葡萄糖苷、木犀草素-7-O- β -D-半乳糖苷、木犀草素、槲皮素、芦丁、异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖苷、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷、香叶木素-7-O- β -D-葡萄糖苷、圣草酚、金丝桃苷、3''-O-甲基穗花杉双黄酮、穗花杉双黄酮和金圣草素-7-O- β -D-葡萄糖苷(28)。Tang 等^[28]从山银花中共分离得到 19 种类黄酮物质,分别为木犀草素-7-O- β -D-半乳糖苷、苜蓿素-7-O-新橙皮糖苷、木犀草素、槲皮素、芦丁、苜蓿素、异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖苷、山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷、山柰酚、香叶木素-7-O- β -D-葡萄糖苷、圣草酚、忍冬苷、苜蓿素-7-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、槲皮素-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、木犀草

素-3'-O- α -L-鼠李糖苷、芹菜素-7-O- α -L-鼠李糖苷、木犀草素-7-O- β -D-吡喃葡萄糖苷(29)、柯伊利素-7- β -D-葡萄糖苷(30)和柯伊利素-7- β -D-新橙皮糖苷(31)。综上可知,已经从山银花中分离得到或检测到的类黄酮物质一共有35种。在山银花的花蕾和花呈现白色或黄色时,类胡萝卜素是主要的显色物质,而类黄酮物质起辅助显色作用。

4 山银花中类黄酮物质合成相关基因表达对花色的影响

山银花花色发生改变,从分子层面来看主要是叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮合成途径的基因及相关转录因子综合调控所致,而参与类黄酮物质调控的基因主要有 *CHS*、*FLS*、*CHI*、*C3H*、*PAL*、*4CL*、*AGL* 等。

潘媛等^[29]对灰毡毛忍冬花中的酚酸、类黄酮物质的生物合成调控机制进行研究,筛选到的差异代谢物有绿原酸、香豆素、柚皮素、槲皮素和芦丁等,其中柚皮素、槲皮素和芦丁是类黄酮物质;差异表达基因有 *PAL*、*CHS*、*4CL*、*C4H*、*HCT*、*COMT*、*FLS*、*DFR* 等;随着山银花的逐渐发育,在绿蕾期、白蕾期和银花期时 *HCT* 表达量下降,同时花中的绿原酸和叶绿体含量呈下降趋势,*HCT* 基因的表达可能与山银花早期花蕾呈绿色以及银花期花呈白色有关;在绿蕾期、白蕾期和银花期,*CHS* 和 *FLS* 基因的表达与花色由绿色变成白色有密切关系。

曾娟等^[30]在对灰毡毛忍冬湘蕾品种和常规品种进行转录组学和代谢组学联合分析的基础上,筛选出类黄酮物质合成相关酶查尔酮异构酶(*CHI*)和查尔酮合成酶(*CHS*),发现 *CHI*、*CHS* 基因在常规品种中的表达量比湘蕾品种高,银花期 *CHI*、*CHS* 基因表达量达到最高峰值;将2个品种不同花期中的 *CHI*、*CHS* 基因表达量与木犀草苷含量进行比较,发现当 *CHI*、*CHS* 基因表达量减少时木犀草苷含量增加,而当 *CHI*、*CHS* 基因表达量增加时木犀草苷含量下降,且在灰毡毛忍冬常规品种银花期和金花期中最为明显,推测 *CHI*、*CHS* 基因的表达与木犀草苷含量以及花呈白色或黄色密切相关。

陈娅等^[31]发现灰毡毛忍冬 *LmC3H1* 基因在白蕾期表达量最高,绿蕾期及银花期次之,同时从绿白蕾期至金花期绿原酸含量呈上升趋势,推测 *LmC3H1* 基因可能参与灰毡毛忍冬花色转变及绿原酸的生物合成。陈勋等^[32]发现 *LmPAL1* 基因在金

花期表达量最高,白蕾期次之。王珊等^[33]发现 *LmPAL2* 基因在绿白蕾期表达量最高,绿蕾期和金花期次之。乔中全等^[34]发现在灰毡毛忍冬品种‘龙花’花的发育过程中,*Lm4CL1* 基因的表达量逐渐降低,*Lm4CL2* 基因的表达量在前期升高后趋于稳定,且 *Lm4CL2* 基因的表达量与绿原酸含量呈正相关($r=0.94$)。易刚强等^[35]和蔡嘉洛等^[36]对 *MADS*-box 基因家族 *AGL15* 基因在灰毡毛忍冬不同部位及花不同发育时期的表达进行分析,发现 *AGL15* 基因在绿蕾期表达量最高。

5 展望

山银花用途广泛,可作为药材、日常饮品和保健品。山银花的花蕾或花中含有叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮化合物,这些物质都属于花色素,花色的形成和呈现与这些色素的相互作用有关,并且不同花期花色素种类及其含量都会发生变化。山银花在绿蕾期时花蕾呈绿色,主要受叶绿素含量的影响;白蕾期花蕾绿色变淡,白色显色较明显,可能是叶绿素含量减少的结果;银花期至金花期,花色由白色变成黄色至深黄色,主要受类胡萝卜素和类黄酮物质的影响。

大多数山银花品种的花色呈现出由绿色到白色至黄色的变化,花色较单调,只有少数变异品种花蕾期呈红色或橘黄色,因此,今后可以考虑选育不同花色系且药用成分含量高的新品种,在充分展现山银花药用价值的同时,还可将其应用到园林造景上。同时,还需对山银花中叶绿素、类胡萝卜素和类黄酮物质生物合成途径及其调控机制,以及激素与环境对山银花花色调控的影响机制进行深入研究,为山银花的持续开发和利用提供理论支撑。

参考文献

- [1] 王腊梅. 五份忍冬属植物农艺性状调查、有效成分与抗氧化活性分析[D]. 雅安:四川农业大学,2016.
- [2] 黄兴振,王志萍,谭珍媛. 桂产山银花栽培品种的鉴定与含量测定[J]. 中国现代应用药学,2013,30(4):395-398.
- [3] 孙梦姗,周日宝,彭晓丹,等. 灰毡毛忍冬不同品种开花时期内源乙烯动态变化的研究[J]. 中成药,2013,35(9):1969-1972.
- [4] 黄丽华,李娟,陈训. 黄褐毛忍冬花形态结构研究[J]. 种子,2010,29(11):62-63.
- [5] 耿世磊,宁熙平,吴鸿,等. 山银花不同发育阶段花结构与绿原酸含量变化关系研究[J]. 云南植物研究,2005(3):279-287.

- [6] 李隆云,张应,马鹏,等. 山银花(灰毡毛忍冬)适宜采收期研究[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(16):3060-3064.
- [7] 赵佳利,张晓娜,黄娟,等. 山银花绿原酸提取工艺的优化及不同时期绿原酸的含量[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(5):128-131.
- [8] 石前,庾韦花,蒙平,等. 不同品种山银花花期有效成分含量研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(22):170-171, 201.
- [9] 莫爱琼,赵晟,万小荣,等. 华南忍冬不同发育阶段花超微结构及其绿原酸积累规律研究[J]. 园艺学报, 2012, 39(11):2206-2216.
- [10] 刘安成,尉倩,王峰伟,等. 几种忍冬属植物开花过程中花色和色素的变化[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(1):22-29.
- [11] 付林江,李厚华,李玲,等. 金银花花色变化原因分析[J]. 林业科学, 2013, 49(10):155-161.
- [12] 任玉锋,马永平,王文丽. 金银花花色素的种类和含量的研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2):90-93.
- [13] 柴兴云,王林,宋越,等. 山银花中黄酮类成分的研究[J]. 中国药科大学学报, 2004, 35(4):299-302.
- [14] 陈雨,冯煦,贾晓东,等. 灰毡毛忍冬花蕾的化学成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(6):823-825.
- [15] 陈君,许小方,柴兴云,等. 灰毡毛忍冬花蕾的化学成分[J]. 中国天然药物, 2006, 4(5):347-351.
- [16] 莫爱琼,耿世磊,万小荣. 华南忍冬不同器官中黄酮类物质的定位与定量及苯丙氨酸解氨酶活性分析[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2015, 28(4):1-5.
- [17] 姚彩云,宋志军,李汉浠,等. 红腺忍冬基源山银花的化学成分[J]. 天水师范学院学报, 2014, 34(5):10-12.
- [18] 梅玉丹,李海波,王振中,等. 灰毡毛忍冬花蕾中苷类化学成分研究[J]. 中草药, 2020, 51(2):287-292.
- [19] 黄玉娟,舒一崧,孔静,等. 基于特征图谱的金银花与山银花(灰毡毛忍冬)质量表征比较研究[J]. 环球中医药, 2020, 13(4):600-610.
- [20] 许小方,李会军,李萍,等. 灰毡毛忍冬花蕾中的化学成分[J]. 中国天然药物, 2006, 4(1):45-48.
- [21] QIAN Z M, LI H J, LI P, et al. Simultaneous qualitative and quantitative analysis of thirteen bioactive compounds in *Flos lonicerae* by high-performance liquid chromatography with diode array detector and mass spectrometry [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 2007, 55(7):1073-1076.
- [22] CHEN J, SONG Y, LI P. Capillary high-performance liquid chromatography with mass spectrometry for simultaneous determination of major flavonoids, iridoid glucosides and saponins in *Flos lonicerae* [J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1157(1/2):217-226.
- [23] YAO X, GONGYU G, CHEN G. Determination of active constituents in *Lonicera confusa* DC. by capillary electrophoresis with amperometric detection [J]. Biomedical Chromatography: BMC, 2006, 20(11):1192-1199.
- [24] 贾晓东,冯煦,赵兴增,等. 灰毡毛忍冬的化学成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(11):1635-1636, 1720.
- [25] 温建辉,倪付勇,赵祎武,等. 山银花化学成分研究[J]. 中草药, 2015, 46(13):1883-1886.
- [26] 粟时颖,郑兴,廖端芳. 山银花研究进展[J]. 南华大学学报(医学版), 2009(6):744-746, 757.
- [27] 刘文娟,陈雨,马鑫,等. 灰毡毛忍冬化学成分研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2013, 32(1):6-10.
- [28] TANG Y R, ZENG T, ZAFAR S, et al. *Lonicerae flos*: a review of chemical constituents and biological activities [J]. Digital Chinese Medicine, 2018, 1(2):173-188.
- [29] 潘媛,赵晓,陈大霞. 灰毡毛忍冬花不同发育阶段的转录组学与代谢组学研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(11):2798-2805.
- [30] 曾娟,龙雨青,李灿,等. 灰毡毛忍冬 *CHI* 和 *CHS* 基因的克隆及功能研究[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(9):2419-2429.
- [31] 陈娅,王安琪,刘聪,等. 灰毡毛忍冬 *LmC3H1* 基因的克隆及表达模式与绿原酸含量相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(9):167-175.
- [32] 陈勋,刘畅宇,陈娅,等. 灰毡毛忍冬 *LmPAL1* 基因的克隆及表达分析[J]. 中草药, 2019, 50(1):178-187.
- [33] 王珊,陈勋,龙雨青,等. 灰毡毛忍冬苯丙氨酸解氨酶 (*LmPAL2*) 基因的克隆与表达分析[J]. 中南药学, 2021, 19(11):2285-2291.
- [34] 乔中全,王晓明,曾慧杰,等. 灰毡毛忍冬 *Lm4CL* 基因克隆及表达分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(5):122-132.
- [35] 易刚强,蔡嘉洛,朱贻霖,等. 灰毡毛忍冬 MADS-box 基因家族 *AGL15* 基因的克隆、生物信息学和表达分析[J]. 中草药, 2016, 47(4):640-647.
- [36] 蔡嘉洛,朱贻霖,谢舒平,等. 灰毡毛忍冬内参基因筛选和 Mads-box 家族基因 *AGL15* 的时空表达分析[J]. 中草药, 2016, 47(15):2727-2733.

Research Progress in the Flower Color Formation of Lonicerae Flos

LÜ Lingling^{* *}, LU Xinghuan, LI Liyun

(State Key Laboratory of Hunan Higher Education for Western Hunan Medicinal Plant and Ethnobotany, State Key Laboratory of Research and Utilization of Ethnomedicinal Plant Resources of Hunan Province, College of Biological and Food Engineering, Huaihua University, Huaihua, Hunan, 418008, China)

Abstract: The flower color types of Lonicerae Flos were less. At different development stages, the flowers of these plants are successively green, white, and yellow. The pigments in Lonicerae Flos mainly include chlorophyll, carotenoids, and flavonoids. This paper reviews the flower colors, flower pigments, the relationship between pigment content and flower colors, the changes in chlorogenic acid content at different flowering stages, and the influences of genes in flavonoid biosynthetic pathways on flower colors. Furthermore, this paper proposes the research directions regarding the flower colors of plants producing Lonicerae Flos, aiming to provide reference for further research on the flower color formation of these plants.

Key words: Lonicerae Flos; flower color; flavonoids; carotenoids; gene

责任编辑:唐淑芬



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkx@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>