植物学报 *Chinese Bulletin of Botany* 2021, **56** (4): 470–479, www.chinbullbotany.com
doi: 10.11983/CBB20178

·专题论坛·

丁香属次生代谢产物及其与系统演化和地理环境的关联

张照宇[1, 2, 3], 王清芸[4], 石雷[3], 余文刚[4], 张永清[1, 2*], 崔洪霞[3*]

[1]山东中医药大学, 济南 250300; [2]山东省高等学校中药资源学重点实验室, 济南 250355; [3]中国科学院植物研究所, 北方资源植物重点实验室/北京植物园, 北京 100093; [4]海南大学园艺学院, 海口 570228

摘要 环境塑造的植物次生代谢产物富于变化, 也可能带有系统演化的信息。由于完整或具有系统学代表性的专属植物收集存在较大困难, 使得次生代谢产物与系统学的关联研究尚不多见。通过文献汇总获得了存在于丁香属(*Syringa*)植物根、茎、叶和花中的10类377个次生代谢产物, 主要涉及甲戊二羟酸途径、脱氧木酮糖磷酸酯途径以及莽草酸途径。在叠加丁香属的系统演化背景后发现: 在先分化的组系中特定类型次生代谢产物的优势度较高, 后继分化的组系成分优势度降低, 化学多样性呈增加趋势, 各类次生代谢产物的相对占比趋于均衡; 苯丙素类和环/裂环烯醚萜类化合物的表达具有明显的系统保守性。在叠加了地理分布跨度后发现: 部分后继分化的局域种比在先分化的广布种具有更为多样的次生代谢成分; 木脂素类成分的占比优势与环境胁迫相关。该文为化学多样性与进化的关联研究及次生代谢调控的系统性研究提供了新的启示。

关键词 丁香属, 次生代谢产物, 系统学, 进化, 环境胁迫

张照宇, 王清芸, 石雷, 余文刚, 张永清, 崔洪霞 (2021). 丁香属次生代谢产物及其与系统演化和地理环境的关联. 植物学报 **56**, 470–479.

丰富的次生代谢产物(secondary metabolites)是植物适应复杂环境的策略(Thakur et al., 2019), 也可能在一定条件下带有系统演化的痕迹(Sedio, 2017)。植物在生长过程中受到昆虫、微生物和伴生物种等生物因素, 以及温度、光照和水分等非生物因素的影响(杜玮炜和黄宏文, 2008; Wang et al., 2019), 伴随着复杂的时空变化形成了富于变化的次生代谢成分。人们大多认为, 相对于次生代谢产物与环境的紧密联系, 它们与系统学的关联则较为松散(Chen et al., 2020), 与谱系演化的关联具有很大的不确定性(Ernst et al., 2016; Allevato et al., 2019)。尽管如此, 仍有学者发现在相距2 500 km的秘鲁伊基托斯和巴西马瑙斯保护区中, 经历了海拔、经纬度和土壤环境的巨大变化, 相同物种的种群却共享着超过95%的次生代谢产物, 并且种内化学成分保持极高的一致性(Vleminckx et al., 2018)。这意味着在千变万化的环境诱导着丰富的化学多样性背后, 系统保守性仍有迹可循。当今, 人们已经利用快速发展的基因组学和代谢组学工具, 揭示了科以上的分类等级, 以及被子植物门次生代谢关键调控因子家族的演化扩张关系(Chen et al., 2011; 祝志欣和鲁迎青, 2016; 张永增, 2018; Mint Evolutionary Genomics Consortium, 2018; Xu et al., 2020)。这表明在较低的分类等级上, 次生代谢或其成分在属内的分布保守性可能同样有章可循(Rønsted et al., 2008; Ernst et al., 2016; Guitton et al., 2018; Chen et al., 2020)。尽管由于很难获得具有系统学代表性的属下植物材料而使实证研究较为少见, 但这类研究对于精准而系统地确定属下水平的代谢调控机制具有科学意义, 对功能性成分的系统性挖掘具有现实意义。

丁香属(*Syringa*)为木犀科落叶灌木或小乔木, 分布在亚洲温带地区及欧洲东南部(崔洪霞等,

收稿日期: 2020-11-11; 接受日期: 2021-04-19
基金项目: 国家自然科学基金(No.31370361, No.31870516)
* 通讯作者。E-mail: zyq622003@126.com; cuihongxia@ibcas.ac.cn

2004)。全属有野生分布的原种和变种约30种(McKelvey, 1928; Rehder, 1940; 张美珍等, 1992)。中国是丁香属植物的自然分布中心, 约有18种(张美珍等, 1992)。丁香因花开繁盛馨香和抗逆性突出, 成为世界民众喜爱的经典观赏植物(藏淑英和李容辉, 1992), 也因含有丰富的抗氧化、抗炎症和抗心肌缺血等功能性次生代谢成分而成为中国和欧洲古老的民族药材(王宇希, 2013; 苏国柱等, 2015; Filipek et al., 2019)。我们通过检索获得了1998–2020年丁香属次生代谢相关文献80余篇, 剔除了因技术条件限制而使成分鉴定存疑的早期文献后, 选取58篇文献进行化合物汇总。文献涉及11个原种和变种及1个种间杂交种, 全属种质覆盖率为40%, 覆盖属下全部5个组系, 因而具有充分的系统学代表性。对丁香属众多已知的次生代谢产物进行整理, 并结合系统学背景及环境适应进行分析, 有助于在属级分类单元上理解次生代谢产物的分布格局, 为次生代谢调控的系统性研究提供新的启示, 可引导专属功能性成分的高效开发, 也为资源的系统性收集注入了源动力。

1 丁香属次生代谢产物及主要代谢途径

丁香属植物含有丰富的次生代谢产物, 具有相同母核的同类成分常因取代基团类型、数量、位置和空间构象的不同而数量众多。经整理我们发现已报道的次生代谢产物共有377个(附表1), 按其母核结构可分为10类: 木脂素类成分74个, 环/裂环烯醚萜类成分118个, 倍半萜类成分67个, 三萜类成分34个, 单萜类成分3个, 黄酮类成分13个, 苯丙素类成分59个, 脂肪酸类3个, 醌类2个, 生物碱类4个。其中含量较高的成分多是特定功能的重要贡献者, 其对应的代谢途径也是我们分析的重点。由于针对属内组系水平的化学多样性分析的客观性取决于特定物种的研究案例数量和属下分类等级上的物种覆盖度, 我们选取的文献所述物种在丁香属内涉及5个组系(表1)。在这些文献中, 中国原产的单种系羽叶丁香系(Ser. *Pinnatifoliae*) 21篇; 东亚和欧洲分布的欧丁香系(Ser. *Syringa*) 20篇, 其中东亚广布种紫丁香(*S. oblata*)和朝阳丁香(*S. oblata* var. *dilatata*)分别为10篇和3篇, 东南欧洲广布种欧洲丁香(*S. vulgaris*) 6篇, 中国西北-中西亚分布种阿富汗丁香(*S. afghanica*) 1篇; 东亚及远东广布的短花冠管组(Sect. *Ligustrina*)中的暴马丁香(*S. amurensis*) 6篇和日本丁香(*S. reticulata*) 3篇; 中国华北和东北分布的巧玲花系(Ser. *Pubescentes*)共6篇, 其中包括华北分布种巧玲花(*S. pubescens*)和东北分布种关东丁香(*S. velutina*)各3篇; 中国西南和东北亚分布的红丁香系(Ser. *Villosae*) 2篇, 其中包括西蜀丁香(*S. komarowii*)和辽东丁香(*S. wolfii*)各1篇。我们分别在组系(表2)和物种(表3) 2个分类水平上对次生代谢产物进行归类整理。通过python+seaborn软件包(http://seaborn.pydata.org)将各组系成分的相对占比(即组系水平上特定类别产物中的成分计数之和占该系各类成分计数总和的百分比)以热图形式呈现(图1)。以特定组系或物种中各类成分的相对占比体现成分类别的优势度(图2A)。

丁香属次生代谢途径主要为甲戊二羟酸途径(mevalonic acid pathway, MVA)和脱氧木酮糖磷酸酯途径(deoxyxylulose-5-P pathway, DXP) (图2B), 以及莽草酸途径(shikimic acid pathway) (图2C)。

萜类是丁香属中一类重要的次生代谢产物。一般而言, 萜类成分的合成涉及甲戊二羟酸途径和脱氧木酮糖途径。MVA途径在细胞质中进行, 主要合成倍半萜和三萜; DXP途径在质体中进行, 主要合成单萜、二萜和多萜等成分(图2B) (Mint Evolutionary Genomics Consortium, 2018)。从属下分类等级看, 欧丁香系占比高达57.14%的成分为环/裂环烯醚萜类化合物。在质体中, 3-异戊烯基焦磷酸(isopentenyl pyrophosphate, IPP)及其异构体γ,γ-二甲基烯丙焦磷酸(dimethylallyl diphosphate, DMAPP)头尾缩合生成单萜类及环/裂环烯醚萜的前体焦磷酸香叶酯(geranyl pyrophosphate, GPP) (董娟娥等, 2009)。相对于仅经过1次酶促反应就可使GPP生成单萜来说, 作为DXP途径的下游产物, 环/裂环烯醚萜的合成则要从质体输出到细胞质后再经历一系列酶的催化才能形成(图2B) (杨然等, 2018)。对于干旱半干旱地区局域分布的羽叶丁香而言, 同样以IPP和DMAPP为底物生成的倍半萜类(36.80%) (图2B)主要通过MVA途径在细胞质中产生, 而环/裂环烯醚萜的合成则大量减少。短花冠管组的倍半萜有所保留, 但其占比的优势度下降至13.64%, 环/裂环烯醚萜类占比升至38.64%。巧玲花系萜类成分特征与短花冠管组相似, 同时保留了倍半萜(27.78%)与环/裂环烯醚萜

表1 已报道次生代谢成分的丁香属种质地理分布

Table 1 Geographical distributions of *Syringa* with secondary metabolites reported

组系	物种	自然分布	海拔(m)	经度(E)	纬度(N)	生态幅
欧丁香系 (Ser. *Syringa*)	欧洲丁香(*S. vulgaris*)	东南欧(阿尔卑斯山和喀尔巴阡山)	1000–1200	5°36'–66°10'	36°00'–67°46'	广布种
	紫丁香(*S. oblata*)	中国东北、华北、西北、华东和川西北	300–2400	96°23'–135°02'	34°19'–55°33'	广布种
	朝阳丁香(*S. oblata* var. *dilatata*)	中国华北-东北-朝鲜半岛	300–2400	40°51'–129°40'	33°56'–53°19'	广布种
	阿富汗丁香(*S. afghanica*)	中国青海-阿富汗		60°29'–74°53'	29°21'–38°27'	局域种
羽叶丁香系 (Ser. *Pinnatifoliae*)	羽叶丁香(*S. pinnatifolia*)	贺兰山、陕西南部、甘肃、青海东部和四川南部	1700–3100	105°13'–112°32'	26°03'–37°09'	局域种
短花冠管组 (Sect. *Ligustrina*)	暴马丁香(*S. amurensis*)	中国东北和西北，俄罗斯远东地区，朝鲜	100–1200	103°04'–163°19'	31°09'–72°33'	广布种
	日本丁香(*S. reticulata*)	日本北部(北海道地区)		139°20'–148°53'	40°33'–45°33'	局域种
巧玲花系 (Ser. *Pubescentes*)	巧玲花(*S. pubescens*)	河北、陕西东部、山西东部和河南	900–2100	109°29'–119°53'	31°23'–42°37'	局域种
	关东丁香(*S. velutina*)	辽宁和吉林长白山区	300–1200	118°53'–135°05'	38°43'–53°33'	局域种
红丁香系 (Ser. *Villosae*)	西蜀丁香(*S. komarowii*)	甘肃南部、陕西南部、四川和云南北部		105°31'–114°11'	24°20'–35°28'	局域种
	辽东丁香(*S. wolfii*)	中国东北，朝鲜	500–1600	118°53'–128°28'	37°35'–72°33'	局域种

表中仅列次生代谢成分已报道的9个原种和2个变种，涉及丁香属下5个组系的所有分类等级。生态幅指丁香属内特定物种的地理分布跨度，即其分布的经度、纬度或海拔数据中最小值与最大值之间的范围。广布种指经度跨度大于30°或纬度跨度大于20°的物种，局域种指经度跨度小于30°或纬度跨度小于20°的物种。

The species with secondary metabolites reported in the table include nine native species and two varieties, involving four series and one section of *Syringa*. Ecological amplitude refers to the geographical span of a species, the range between the highest and lowest points of longitude, latitude and altitude. Widespread species refers to the species whose longitude span is more than 30° or latitude span is more than 20°, and local species refers to the species whose longitude span is less than 30° or latitude span is less than 20°.

表2 丁香属组系水平的次生代谢产物类别及各类成分计数(单位: 个)

Table 2 The classification and count of secondary metabolites in *Syringa* at the level of series (section) (unit: number of components)

代谢产物类别	欧丁香系 (Ser. *Syringa*)	羽叶丁香系 (Ser. *Pinnatifoliae*)	短花冠管组 (Sect. *Ligustrina*)	巧玲花系 (Ser. *Pubescentes*)	红丁香系 (Ser. *Villosae*)
环/裂环烯醚萜	96	6	17	9	2
倍半萜	8	46	6	10	–
苯丙素	30	5	11	8	8
木脂素	5	58	8	1	5
黄酮	8	–	–	5	–
三萜	15	8	2	2	12
单萜	3	–	–	–	–
脂肪酸	3	–	–	–	–
醌类	–	2	–	–	–
生物碱	–	–	–	1	3
合计	168	125	44	36	30

– 表示该类产物在特定组系中未见报道。成分来自根、茎、花、叶和茎皮多个器官。各类产物计数指具有相同母核但取代基团、基团数量、基团位置和空间构象不同的化合物个数。

– indicates that the components have not been reported in the series (section). The components came from multiple organs, including root, stem, flower, leaf and stem bark. The component counting refers to the number of the components with the same parent nucleus but different in substituent groups, group numbers, group positions and spatial conformations.

表3 丁香属物种水平的次生代谢产物类别及成分计数(单位: 个)

Table 3 The classification and count of secondary metabolites in *Syringa* at the level of species (unit: number of compound)

代谢产物类别	欧丁香系 (Ser. *Syringa*)				羽叶丁香系 (Ser. *Pinnatifoliae*)	短花冠管组 (Sect. *Ligustrina*)		巧玲花系 (Ser. *Pubescentes*)		红丁香系 (Ser. *Villosae*)	
	欧洲丁香 (*S. vulgaris*)	紫丁香 (*S. oblata*)	朝阳丁香 (*S. oblata* var. *dilatata*)	阿富汗丁香 (*S. afghanica*)	羽叶丁香 (*S. pinnatifolia*)	暴马丁香 (*S. amurensis*)	日本丁香 (*S. reticulata*)	关东丁香 (*S. velutina*)	巧玲花 (*S. pubescens*)	辽东丁香 (*S.wolfii*)	西蜀丁香 (*S. komarowii*)
环/裂环烯醚萜	60	16	10	20	6	13	5	7	3	–	2
倍半萜	–	6	2	–	46	6	–	–	10	–	–
苯丙素	28	3	–	–	5	6	5	7	1	–	8
木脂素	5	–	–	–	58	1	7	1	–	–	5
黄酮	5	5	–	–	–	–	–	5	–	–	–
三萜	–	14	2	–	8	2	–	2	–	2	10
单萜	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
脂肪酸	1	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
醌类	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
生物碱	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	3
合计	99	49	14	20	125	28	17	23	14	2	28

– 表示该类产物在特定物种中未见报道。成分来自根、茎、花、叶和茎皮。各类成分计数包括具有相同母核但取代基团、基团数量、基团位置和空间构象不同的化合物。阿富汗丁香、辽东丁香和西蜀丁香数据分别仅来源于1篇文献。

– indicate that the components have not been reported in correspoding species. The components came from root, stem, flower, leaf and stem bark. The component counting includes different compounds with the same parent nucleus but different in substituent groups, group numbers, group positions and spatial conformations. The data of *S. afghanica*, *S. wolfii* and *S. komarowii* were only obtained from one reference, respectively.

(25.62%)两类优势化合物。

莽草酸途径是芳香族化合物的生成途径。丁香属中的苯丙素类、木脂素类和黄酮类成分都经由莽草酸途径合成, 只是在代谢路径长度上各有不同(图2C)。同样从属下分类等级看, 经过较短的莽草酸途径形成的苯丙素类产物在欧丁香系中有较为优势的表达, 使该系产物占比达到全部产物的17.86%。该途径在羽叶丁香中则一直延长至下游产物木脂素类的生成, 其占比高达46.40%, 而上游产物苯丙素类成分仅在羽叶丁香的所有成分中占4.00%。在短花冠管组中苯丙素类及木脂素类化合物含量均超过10%。该组中下游的木脂素占比优势相对于干旱环境中的羽叶丁香有所下调, 但上游的苯丙素类成分呈现一定丰度, 两类产物加和后占该组化合物的43.18%。巧玲花系中苯丙氨酸向相对复杂的黄酮合成方向延伸, 其含量升至13.89%。黄酮类化合物的合成需要结合乙酸-丙二酸途径, 这表明需经过更长的代谢途径和更加复杂的合成过程(图2C)。

2 丁香属次生代谢产物与系统演化及环境的关联

对于丁香属内次生代谢产物的讨论离不开物种分类和演化的系统学背景。从经典分类以及既往分子生物学的研究结果看, 丁香属系统演化关系基本明确, 其结果差异主要在于在先分化类群的不同(张美珍等, 1992; Kim and Jansen, 1998; Li et al., 2012)。因此, 我们依据欧洲丁香与紫丁香存在欧亚间断分布的事实(Kim and Jansen, 1998), 以及核DNA分析在物种演化关系判定上的依据(Li et al., 2012), 支持灌木型欧丁香系是丁香属最先分化的类群。羽叶丁香系在欧丁香系之后独立分化, 乔木型短花冠管组位居灌木型组系之间为中间分化类群(Li et al., 2012), 而对于巧玲花系和红丁香系是丁香属内后续分化类群的观点则不存异议。据此, 我们在进行系统关联讨论时采用Li等(2012)所报道的系统演化模式。

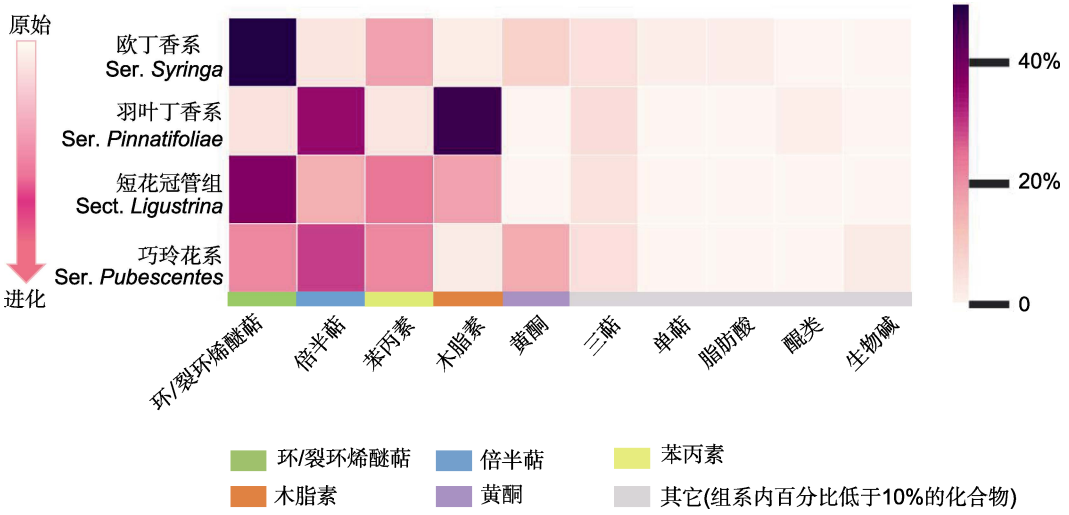

图1 丁香属组系水平的次生代谢成分相对占比

色块内颜色从深到浅表示各类产物的相对数量占比从高到低的连续变化(组系内特定类别产物的相对数量占比=特定类别产物的成分计数/该组系内所有类别产物计数总和), 同一类别产物包含具有相同母核但取代基团、基团数量、基团位置和空间构象不同的化合物。热图下方的不同颜色条表示不同类别产物。为保证成分计数占比分析的客观性, 图中每个物种收入的成分信息需至少来自3篇文献。欧丁香系的阿富汗丁香及红丁香系的辽东丁香和西蜀丁香因各仅有1篇文献而暂未收入。

Figure 1 Proportion of secondary metabolites in *Syringa* at the level of series (section)

The color in the block progressively varying from dark to light represents the continuous change in the percentage of components in the series (section) from high to low (the percentage of specific type of components in a series (section) = the number of specific type of components in a series (section)/the total number of components in this series (section)). The products of the same type include different components with the same parent nucleus but different in substituent groups, group numbers, group positions and conformations. The different color-stipes below the heatmap represent different types of products. In order to ensure the objective counting of the components, at least three reference were required for the metabolite information of each species. Therefore, the *S. afghanica* in Ser. *Syringa* as well as the *S. wolfii* and *S. komarowii* in Ser. *Villosae* has not been included because only one related reference was found.

2.1 丁香属次生代谢产物在演化梯度上的优势变化

本研究表明, 丁香属在组系分化的先后梯度上表现为成分的优势度降低而化学多样性水平升高。在先分化的组系有更具优势的特定类型代谢产物, 而后续分化的组系特定类型成分的优势度降低而多样性水平升高(图1)。首先分化的欧丁香系物种虽有苯丙素、木脂素、黄酮、单萜、倍半萜、三萜和脂肪酸类等众多类型的代谢产物, 但丝毫不影响环/裂环烯醚萜类产物的绝对占比优势(高达57.14%)。这使得紫丁香和欧洲丁香能在更多样的环境选择压力下生存, 包括由经纬度和海拔的较大变幅所造成的气温、光照以及土壤环境的巨大差异, 欧丁香系中的欧洲丁香能够在巴尔干半岛南部山区中广泛分布, 紫丁香也能在中国北方的广阔区域中繁衍生息(表1, 表3)。对于较先分化的羽叶丁香系, 相对占比高达46.40%的木脂素同样具有优势。在此后持续的演化分异中, 特定产物的优势出现降低趋势。如果说处在进化中间位置的短花冠管组尚有37.64%的环/裂环烯醚萜类成分占比, 相对于较先分化的羽叶丁香系已经明显降低的话, 那么后续分化的巧玲花系很难看出特定化合物的绝对优势, 其中环/裂环烯醚萜类(25.00%)、倍半萜类(27.78%)和苯丙素类(22.22%)成分的数量占比则更为均衡(图1)。

2.2 丁香属次生代谢的系统学保守性

丁香属中的环/裂环烯醚萜类和苯丙素类产物呈现较强的系统遗传保守性, 甚至遥远的地理隔离也未造成近缘种优势代谢产物的明显差异。紫丁香和欧洲丁香是系统学意义上的姊妹系(Li et al., 2012), 虽然二者在自然分布上存在着东亚与巴尔干半岛的遥远亚欧间断分布(表1), 却均具有丰富的环/裂环烯醚萜类和苯丙素类产物(表3)。苯丙素类产物形成的保守性还体现在短花冠管组的2个近缘种暴马丁香和日本丁香

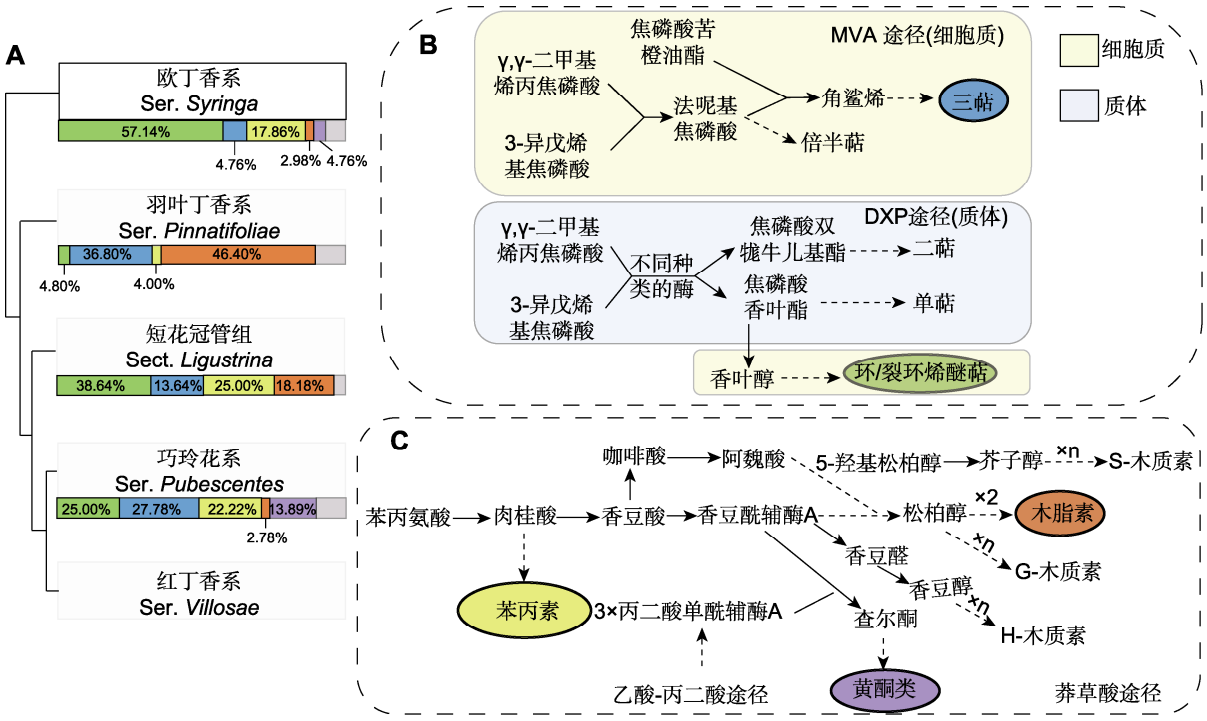

图2 丁香属内组系的系统演化关系和组系中各类产物的占比及其主要代谢途径

(A) 丁香属组系的系统演化关系(Li et al., 2012)及各类产物在各组系中的占比; **(B)** 甲戊二羟酸途径(MVA)和脱氧木酮糖磷酸酯途径(DXP) (Mint Evolutionary Genomics Consortium, 2018); **(C)** 莽草酸途径(刘津等, 2016; 张旭等, 2019)。图**(A)**组系下方的色条表示各类产物(颜色含义同图1), 色条内的百分数指特定类别产物计数在该组系内成分计数总和中所占的百分比(详见图1图注)。图**(B)**和图**(C)**中化合物色框颜色含义与图**(A)**相同。图**(B)**和图**(C)**中虚线表示由多步反应完成。

Figure 2 The phylogenetic relationship of *Syringa*, and the percentage of metabolites and their main metabolic pathways at the level of series (section)

(A) The phylogenetic relationship (Li et al., 2012) and percentage of metabolites of *Syringa* at the level of series (section); **(B)** Mevalonic acid pathway (MVA) and Deoxyxylulose-5-P pathway (DXP) (Mint Evolutionary Genomics Consortium, 2018); **(C)** Shikimic acid pathway (Liu et al., 2016; Zhang et al., 2019, in Chinese). The color-stripes below the series (section) indicate different types of metabolites in **(A)**, and the percentage in the color-stripe represents the percentage of a given type of compounds within the series (section) (please see Figure 1 for details). The meanings of the color frames indicating the compound in **(B)** and **(C)** are the same as those of **(A)**. The dotted lines in **(B)** and **(C)** represent the process of multi-step reactions.

中。暴马丁香广泛分布于中国北方及远东地区, 日本丁香仅在日本呈局域分布, 但2个系统学的近缘种同样具有占比相近的苯丙素类成分(表1, 表3)。由此表明, 环/裂环烯醚萜类和苯丙素类成分的形成具有较强的遗传保守性, 强烈的保守性没有因遥远的地理距离而消弱。与此同时, 在相邻的近缘组系中出现了较高占比的特定类别化合物的连续分布(图1)。图2A显示, 木脂素以较高的占比出现在相邻的羽叶丁香系(46.40%)和短花冠管组(18.18%)中; 倍半萜分别以36.80%、13.64%和27.78%的较高占比出现在相邻的羽叶丁香系、短花冠管组和巧玲花系中; 苯丙素以25.00%和22.22%的占比出现在相邻的短花冠管组和巧玲花系中; 环/裂环烯醚萜类分别以38.64%和25.00%的较高占比出现在相邻的短花冠管组和巧玲花系中。值得一提的是, 在针对同一个物种的诸多文献进行化合物汇总时, 我们发现欧洲丁香的样品取自罗马尼亚(Varga et al., 2019)和波兰(Filipek et al., 2019)多地, 但这些来自不同环境的同一物种却具有高度相似的次生代谢产物。这表明在丁香属特定的次生代谢途径中确实存在无法被环境异质性改变的系统学保守性。

此外, 尽管丁香属的代谢产物颇为多样(图1), 但

产物的多样性主要通过共有的甲戊二羟酸途径、脱氧木酮糖磷酸酯途径及莽草酸途径形成。为应对巨大的生物及非生物环境压力，植物可能最大限度地降低代谢能耗。而新代谢途径的建立由于造成能量和前体的巨大消耗远不如延用祖先种或近缘种的共有途径更为经济。大量研究早已证实上述3个代谢途径为众多被子植物所共有(张永增，2018)，这奠定了代谢调控在较高分类等级上具有保守性的基调。而在专属的较低分类等级的系统学背景下，对次生代谢产物表达格局的认识，则无疑使这些已知的共有代谢通路在系统学意义上得到延伸，从而使人们能够深入了解次生代谢调控的系统性特征。

2.3 从代谢角度看丁香属系统演化与地理分布跨度的对应关系

在分别从系统演化和地理环境角度讨论丁香属次生代谢产物的分布趋势之后，需要面对的问题还有代谢背景下的系统演化与地理分布跨度的关系。研究表明，紫丁香和欧洲丁香是丁香属系统学原始组系中的2个近缘姊妹系物种(Li et al., 2012)，它们也分别是东亚和欧洲的广布种(张美珍等, 1992; Fiala, 2008)，而后续分化的红丁香系(Li et al., 2012)中的大多数物种都属于生态幅狭窄的局域种。已知温度和水分是限制物种扩散的主要环境因子(高坤等，2018；魏华等，2018)，丁香地理分布范围的差异一定程度上由对温度和水分敏感的光合同化产物形成和水分利用效率等初生代谢机制的差别决定(Cui et al., 2016)。紫丁香和欧洲丁香的广布表明其初生代谢机制保证了它们能够适应东亚和东南欧洲的气候变化，同时强大的系统学保守性使相距万里的2个系统学意义上的近缘姊妹种均具有环/裂环烯醚萜和苯丙素类产物(表1，表3)，使它们有能力通过这两类优势次生代谢产物的形成，增强对小环境中生物及非生物扰动的适应能力，从而改善植株的生长状况并实现高效的繁衍生息(Konno et al., 1999；刘盟盟等, 2017; Sharma et al., 2019)。而对于性喜冷凉的红丁香系中的红丁香和匈牙利丁香2个近缘种，气孔较大且密度较低的叶片表皮特征很可能使其在初生代谢热量耗散和叶片水分保持能力上存在限制(高艳等，2008)，因此其分布局限在高海拔的冷凉或邻水生境(张美珍等，1992; Lendvay et al., 2016)而成为地理分布上的局域种。在这类水热条件适宜的小环境中，这些较晚分化的局域种不必应对地域扩散中温度和水分的巨大变化，有条件形成更加多样的次生代谢产物，在适宜的生境中最大限度地改善生长质量。这种“初生代谢决定生存格局，次生代谢改善生活质量”(刘晓侠等, 2015)的情况也发生在同样进化却局域分布的巧玲花系中(图1)。

2.4 极端环境驱动特定代谢产物的优势表达

极端环境压力可能会使特定的代谢路径延长。木脂素是丁香属中独具特色的成分，现有文献显示其在羽叶丁香系和短花冠管组中占据优势。在单种系的羽叶丁香中木脂素占比高达46.40%，这与其生长的极端干旱环境紧密相关。羽叶丁香生长在贺兰山东、西山麓以及陕西南部、甘肃和青海，该地区原生境大多降水稀少，巨大的水分胁迫压力使羽叶丁香的地下生物量投入极大，以粗壮的根系实现土壤深层水分的向性生长(Cui et al., 2016；高坤等, 2018)。莽草酸途径化合物的积累通常有助于增强植物对水分胁迫的耐受性(刘盟盟等, 2017; Sharma et al., 2019)，而该途径中形成的木脂素可在木质部木质化后成为一种后注入型树脂，使植物在水分胁迫而韧皮部运输减少的情况下更具干旱耐受性(Gaylord et al., 2013; Zhang et al., 2018)。这种被极端干旱强化的木脂素代谢途径是以牺牲莽草酸途径中大量上游产物苯丙素为代价以保证下游产物木脂素的产生，助力粗壮根系的形成以实现土壤深层的趋向性生长，从而最大程度地吸收生存所需水分。与此同时，吸引传粉者也是其需要兼顾的因素，在1 700–3 100 m的高山生境中，传粉昆虫比低海拔地区更为稀少，这使得羽叶丁香在萜类途径中更多地利用底物焦磷酸二甲烯丙酯和焦磷酸烯丙酯向法尼基焦磷酸合成方向延伸，成为丁香属以倍半萜为优势萜类成分的组系。利用较短途径获得的大量倍半萜可在一定程度上实现对传粉昆虫的诱集(Chadwick et al., 2013)。

3 研究展望

我们对丁香属已知次生代谢产物在组系水平的表达进行了归纳，并对其系统学演化关联信息进行了挖掘。文献涉及的物种实现了全属组系等级的全覆盖，提示化学多样性的表象背后存在着系统学的深刻影响。丁香属内苯丙素类和环/裂环烯醚萜类产物具有系

统保守性, 启示研究者可进一步整合基因组和代谢组学的方法, 在高度覆盖全属种质的前提下, 从众多植物属下的组系甚至种水平上更为深入地揭示代谢调控因子的系统演化机制, 同时为更多类群功能性成分的高效开发提供启示和引导, 为资源的系统性收集注入源动力。

参考文献

崔洪霞, 蒋高明, 臧淑英 (2004). 丁香属植物的地理分布及其起源演化. 植物研究 (02), 141–145.

董娟娥, 张康健, 梁宗锁 (2009). 植物次生代谢与调控. 杨凌: 西北农林科技大学出版社. pp. 102–119.

杜玮炜, 黄宏文 (2008). 雷公藤次生代谢产物雷公藤红素含量与环境因子相关性分析. 植物学通报 **25**, 707–713.

高坤, 常金科, 黎家 (2018). 植物根向水性反应研究进展. 植物学报 **53**, 154–163.

高艳, 崔洪霞, 石雷, 曲延英 (2008). 丁香属植物叶片表皮形态特征与环境适应及系统学关联. 西北植物学报 **28**, 475–484.

刘津, 于思礼, 马雅婷, 张铁军, 赵广荣 (2016). 天然木脂素的代谢工程和合成生物学研究进展. 中草药 **47**, 2556–2562.

刘盟盟, 贾丽, 程路芸, 张洪芹, 臧晓琳, 宝音陶格涛, 张汝民, 高岩 (2017). 冷蒿酚酸及其抗氧化防御酶活性对机械损伤的响应. 植物生态学报 **41**, 219–230.

刘晓侠, 刘吉利, 吴娜, 相宗杰, 刘根红, 康建宏 (2015). 不同地域枸杞主要次生代谢物含量与初生代谢物含量的关系研究. 北方园艺 (23), 163–169.

苏国柱, 陈洁, 曹愿, 白睿峰, 陈苏依勒, 屠鹏飞, 柴兴云 (2015). 蒙药山沉香的化学成分和药理活性研究进展. 中国中药杂志 **40**, 4333–4338.

王宇希 (2013). 丁香叶总黄酮的提取工艺及抑菌效果评价. 硕士论文. 哈尔滨: 东北农业大学. pp. 8–23.

魏华, 王岩, 刘宝辉, 王雷 (2018). 植物生物钟及其调控生长发育的研究进展. 植物学报 **53**, 456–467.

杨然, 方磊, 李佳, 张永清 (2018). 环烯醚萜苷类生物合成途径及相关酶的研究进展. 中草药 **49**, 2482–2488.

藏淑英, 李容辉 (1992). 论丁香属植物引种的现状与前景. 植物学通报 (2), 30–33.

张美珍, 缪柏茂, 陆瑞林, 邱莲卿, 韦直, 李秉滔 (1992). 中国植物志, 第61卷. 北京: 科学出版社. pp. 155–156.

张旭, 王小佳, 黎思辰, 董甜甜, 汪志辉 (2019). 柑橘果实粒化过程中木质素生物合成与调控研究进展. 浙江农业学报 **31**, 2131–2140.

张永增 (2018). 次生代谢产物在种子植物生命之树中的分布规律. 博士论文. 昆明: 云南大学. pp. 20–44.

祝志欣, 鲁迎青 (2016). 花青素代谢途径与植物颜色变异. 植物学报 **51**, 107–119.

Allevato DM, Groppo M, Kiyota E, Mazzafera P, Nixon KC (2019). Evolution of phytochemical diversity in *Pilocarpus* (Rutaceae). *Phytochemistry* **163**, 132–146.

Chadwick M, Trewin H, Gawthrop F, Wagstaff C (2013). Sesquiterpenoids lactones: benefits to plants and people. *Int J Mol Sci* **14**, 12780–12805.

Chen F, Tholl D, Bohlmann J, Pichersky E (2011). The family of terpene synthases in plants: a mid-size family of genes for specialized metabolism that is highly diversified throughout the kingdom. *Plant J* **66**, 212–229.

Chen YG, Mulder PPJ, Schaap O, Memelink J, Klinkhamer PGL, Vrieling K (2020). The evolution of pyrrolizidine alkaloid diversity among and within *Jacobaea* species. *J Syst Evol* doi: 10.1111/jse.12671.

Cui HX, Cong SH, Wang XZ, Hao HP, Shi L, Zhang HJ, Li ZG, Hu TH, Qin YS (2016). Mechanistic examination of causes for narrow distribution in an endangered shrub: a comparison of its responses to drought stress with a widespread congeneric species. *Trees* **30**, 2227–2236.

Ernst M, Saslis-Lagoudakis CH, Grace OH, Nilsson N, Simonsen HT, Horn JW, Rønsted N (2016). Evolutionary prediction of medicinal properties in the genus *Euphorbia* L. *Sci Rep* **6**, 30531.

Fiala JL (2008). Lilacs. Portland, London: Timber Press. pp. 1–508.

Filipek A, Wyszomierska J, Michalak B, Kiss AK (2019). *Syringa vulgaris* bark as a source of compounds affecting the release of inflammatory mediators from human neutrophils and monocytes/macrophages. *Phytochem Lett* **30**, 309–313.

Gaylord ML, Kolb TE, Pockman WT, Plaut JA, Yepez EA, Macalady AK, Pangle RE, McDowell NG (2013). Drought predisposes piñon-juniper woodlands to insect attacks and mortality. *New Phytol* **198**, 567–578.

Guitton Y, Nicolè F, Jullien F, Caissard JC, Saint-Marcoux D, Legendre L, Pasquier B, Moja S (2018). A comparative study of terpene composition in different clades of the genus *Lavandula*. *Bot Lett* **165**, 494–505.

Kim KJ, Jansen RK (1998). A chloroplast DNA phylogeny of lilacs (*Syringa*, Oleaceae): plastome groups show a strong correlation with crossing groups. *Am J Bot* **85**, 1338–1351.

Konno K, Hirayama C, Yasui H, Nakamura M (1999). Enzymatic activation of oleuropein: a protein crosslinker used as a chemical defense in the privet tree. *Proc Natl Acad Sci USA* **96**, 9159–9164.

Lendvay B, Kadereit JW, Westberg E, Cornejo C, Pedryc A, Höhn M (2016). Phylogeography of *Syringa josikaea* (Oleaceae): Early Pleistocene divergence from East Asian relatives and survival in small populations in the Carpathians. *Biol J Linn Soc* **119**, 689–703.

Li JH, Goldman-Huertas B, DeYoung J, Alexander J (2012). Phylogenetics and diversification of *Syringa* inferred from nuclear and plastid DNA sequences. *Castanea* **77**, 82–88.

McKelvey SD (1928). The Lilac. New York, Boston, Chicago, Dallas, Atlanta, San Francisco: The Macmillan Company. pp.1–121.

Mint Evolutionary Genomics Consortium (2018). Phylogenomic mining of the mints reveals multiple mechanisms contributing to the evolution of chemical diversity in Lamiaceae. *Mol Plant* **11**, 1084–1096.

Rehder A (1940). Manual of Cultivated Trees and Shrubs. New York: Macmillan. pp. 777–783.

Rønsted N, Savolainen V, Mølgaard P, Jäger AK (2008). Phylogenetic selection of *Narcissus* species for drug discovery. *Biochem Syst Ecol* **36**, 417–422.

Sedio BE (2017). Recent breakthroughs in metabolomics promise to reveal the cryptic chemical traits that mediate plant community composition, character evolution and lineage diversification. *New Phytol* **214**, 952–958.

Sharma A, Shahzad B, Rehman A, Bhardwaj R, Landi M, Zheng BS (2019). Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules* **24**, 2452.

Thakur M, Bhattacharya S, Khosla PK, Puri S (2019). Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *J Appl Res Med Aroma Plants* **12**, 1–12.

Varga E, Barabás C, Tóth A, Boldizsár I, Noszál B, Tóth G (2019). Phenolic composition, antioxidant and antinociceptive activities of *Syringa vulgaris* L. bark and leaf extracts. *Nat Prod Res* **33**, 1664–1669.

Vleminckx J, Salazar D, Fortunel C, Mesones I, Davila N, Lokvam J, Beckley K, Baraloto C, Fine PVA (2018). Divergent secondary metabolites and habitat filtering both contribute to tree species coexistence in the Peruvian Amazon. *Front Plant Sci* **9**, 836.

Wang SC, Alseekh S, Fernie AR, Luo J (2019). The structure and function of major plant metabolite modifications. *Mol Plant* **12**, 899–919.

Xu SQ, Yao SC, Huang RS, Tan Y, Huang D (2020). Transcriptome-wide analysis of the AP2/ERF transcription factor gene family involved in the regulation of gypenoside biosynthesis in *Gynostemma pentaphyllum*. *Plant Physiol Biochem* **154**, 238–247.

Zhang RF, Feng X, Su GZ, Mu ZJ, Zhang HX, Zhao YN, Jiao SG, Cao L, Chen SYL, Tu PF, Chai XF (2018). Bioactive sesquiterpenoids from the peeled stems of *Syringa pinnatifolia*. *J Nat Prod* **81**, 1711–1720.

Secondary Metabolites of *Syringa* and the Linking with Phylogenetic Evolution and Geographical Distributions

Zhaoyu Zhang[1, 2, 3], Qingyun Wang[4], Lei Shi[3], Wengang Yu[4], Yongqing Zhang[1, 2*], Hongxia Cui[3*]

[1]Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250300, China; [2]Key Laboratory of Chinese Medicine Resources in Colleges and Universities of Shandong Province, Jinan 250355, China; [3]Key Laboratory of Plant Resources and Beijing Botanical Garden, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

[4]Horticulture College, Hainan University, Haikou 570228, China

Abstract Secondary metabolites of plants induced by environmental factors are highly variable, but the given metabolic pathways may have some phylogenetic implications. Due to the difficulty in complete and systematic collections in certain plant groups, the research on the correlation between secondary metabolites and phylogeny is limited. Based on the published papers, 377 secondary metabolites in the roots, stems, leaves and flowers of *Syringa* were collected, which mainly derived from the mevalonic acid pathway, deoxyxylulose-5-P pathway and shikimic acid pathway. After superimposing phylogenetic background, we found that dominance of a given type of secondary metabolites was high for the firstly diverged series, and the dominance declined for subsequently diverged series with the increase of chemical diversity. Phenylpropanoids and iridoids/secoiridoids were phylogenetically conserved. After superimposing geographical distributions, we found that some local species which were lately diverged had more diverse secondary metabolites compared with widespread species firstly diverged. The high proportion of lignans was highly related to the environmental pressure. This review provided a new clue for the systematic study on the variation pattern of chemical diversity in the taxa within genus in the light of evolution.

Key words *Syringa*, secondary metabolites, phylogeny, evolution, environmental stress

Zhang ZY, Wang QY, Shi L, Yu WG, Zhang YQ, Cui HX (2021). Secondary metabolites of *Syringa* and the linking with phylogenetic evolution and geographical distributions. *Chin Bull Bot* **56**, 470–479.

---

* Authors for correspondence. E-mail: zyq622003@126.com; cuihongxia@ibcas.ac.cn

(责任编辑: 白羽红)

附表 1 丁香属已发表的次生代谢产物信息汇总

Appendix table 1 Summary of published secondary metabolites of *Syringa*

http://www.chinbullbotany.com/fileup/1674-3466/PDF/t20-178.pdf

附表 1 丁香属已发表的次生代谢产物信息汇总

Appendix table 1 Summary of published secondary metabolites of *Syringa*

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
1	(−)-secoisolarici resinol		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
2	syripinin E		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
3	secoisolariciresinol	65373	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
4	pinnatifolin A		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
5	Z-pinnatifolin A		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	白睿峰等, 2017
6	alashinol F		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Feng et al., 2017
7	alashinol G		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Feng et al., 2017
8	vitexdoin C	44478949	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
9	vitexdoin B	44478948	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
10	vitrofolal E	10947295	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎、树皮	Wang et al., 2018a; Li et al., 2018; Su et al., 2016a
11	vitexdoin D	44479220	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
12	vitexdoin E	44479221	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
13	vitexdoin F	44478946	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
14	cyclo-olivil 6-O-β-D-glucoside		木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
15	4,4′, dihydroxy-3,3′-dimethoxy-6,9′-cyclolignan-7,8′-dien-9′-al		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	去皮茎	Li et al., 2018
16	noralashinol C		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Zhang et al., 2017a
17	alashinols A		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
18	alashinols D		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
19	alashinols E		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
20	burselignan	11631864	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
21	(+)-isolariciresinol	160521	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
22	noralashinol A		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
23	(+)-cycloolivil	5316262	木脂素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
24	meso-secoisolariciresinol	11552274	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Feng et al., 2017
25	olivil	5273570	木脂素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019; Filipek et al.,2019
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	茎、根	Wang et al., 2018a; Shao et al., 2014
				S. komarowii	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
26	pinnatifolin		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
27	isopinnatifolin		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
28	(−)-lariciresinol		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
29	(8R,8′R,9R)-4,4′-dihydroxy-3,3′,9-trimethoxy-9,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根、茎	Zhang et al., 2014; Wang et al., 2018a
30	(8R,8′R,9S)-4,4′-dihydroxy-3,3′,9-trimethoxy-9,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根、茎	Zhang et al., 2014; Wang et al., 2018a
31	(8R,8′R,9′R)-4,4′-dihydroxy-3,3′,9′-trimethoxy-9,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
32	(8R,8′R,9R)-4,4′,9-trihydroxy-3,3′- dimethoxy-9,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
33	(+)-lariciresinol 4′-O-β-D-glucopyranosyl-(1→3)-β-D-glucopyranoside		木脂素	*S. reticulata var. amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
34	mandshuricol B		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
35	(7αH,8′βH)-3,3′,8β,9-Tetrahydroxy-4,4′-dimethoxy-7,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
36	berchemol	14521044	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
37	7-O-7′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
38	olivil 4-O-β- D-glucopyranoside	14033813	木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
39	olivil 4″-O-β-D-glucopyranoside		木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
40	armandiside	57390294	木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
41	olivil-4’-O-glucoside	14033815	木脂素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Filipek et al., 2019
42	alashinols H		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2018
43	alashinols B		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
44	alashinols C		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
45	Sanshodiol	14237706	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
46	conicaoside	101862899	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
47	lariciresinol-4-O-β-D-glucopyranoside		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
48	dysosmarol	16109834	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
49	(–)-padocin		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016a
50	(8S,8'R,9S)-cubebin		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
51	2-(4-hydroxy-3-methoxybenzyl)-3-(3,4-dimethoxybenzyl) tetra hydrofuran		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
52	(-)-cubebin	117443	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
53	acuminatin	6441048	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
54	berchemol	14521044	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
55	(7aH,8′aH)-4,4′ ,8a,9-tetrahydroxy-3,3′-dimethoxy-7,9′-epoxylignan		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
56	vladinol D	70698172	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
57	pinoresinol		木脂素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019；Su et al., 2016b
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Wang et al., 2016
58	isoacteoside	647633	木脂素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
59	episyringaresinol	12309694	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
60	pinoresinol-4-O-β-monoglycoside		木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
61	syringaresinol-4-O-bis-β-D-monoglucoside		木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
62	syringaresinol-4,4″-O-bis-β-D-glucoside		木脂素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
63	hydroxypinoresinol hexoside		木脂素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Filipek et al., 2019
64	(+)-1-hydroxypinoresinol-1-β-D-glucoside		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
65	(+)-1-hydroxypinoresinol-4′-β-D-glucoside		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
66	(+)-epipinoresinol	637584	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
67	syringaresinol	100067	木脂素	*S. patula*	ser. *Pubescentes*	花蕾	El-Desouk and Gamal-Eldeen，2009
68	liriodendrin	73636	木脂素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
69	(+)-syringaresinol O-β- D-glucopyranoside		木脂素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
70	(+)-1-acetoxypinoresinol 4′β-D-glucoside		木脂素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
71	noralashinol B		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Zhang et al., 2017a
72	(2S,3R)-2,3-dihydro-7-hydroxy-2-(4′-hydroxy-3′-methoxyphenyl)-3-hydroxymethyl-5-benzofuranpropanol-4′-O-β-D glucopyranoside		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
73	dihydrodehydodiconiferyl alcohol		木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	Su et al., 2016b
74	pluviatolide	168759	木脂素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
75	lilacoside	21593827	环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
76	syringopicroside	161619	环/裂环烯醚萜	*S. dilatata*	ser. *Vulgares*	叶片	Oh et al., 2003
				S. velutina	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
				S. oblata	ser. *Vulgares*	叶、籽	张树军等, 2018；张树军等, 2011
77	syringopicroside B		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
78	syringopicroside aglycone		环/裂环烯醚萜	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
79	loganic acid	89640	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
80	syringalactone A		环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	树皮、叶、花、果实	Woźniak et al., 2018
81	syringalactone B		环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	树皮、叶、花、果实	Woźniak et al., 2018
82	6'-O-α-D-galactopyranosylsyringopicroside		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
83	6'-O-α-D-glucopyranosylsyringopicroside		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
84	3'-O-β-D-glucopyranosylsyringopicroside		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
85	4'-O-β-D-glucopyranosylsyringopicroside		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
86	syringopicrogenin A		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、籽	张树军等, 2018；张树军等, 2011
87	syringopicrogenin B		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、籽、花蕾	张树军等, 2018；张树军等, 2011；

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
							董丽巍等, 2011
88	syringopicrogenin C		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、籽	张树军等, 2018；张树军等, 2011
89	syringopicrogenin D		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	Zhao et al., 2016
90	syringopicrogenin E		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	Zhao et al., 2016
91	syringopicrogenin F		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	Zhao et al., 2016
92	7-dehydrologanin	443349	环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
93	7-methyl-1-oxo-cotahydro-crclopenta［c］pryan-4-carboxylic acid		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	李全等, 2009
94	(1S,5R,8E)-1-butyl-ligstroside aglycon		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019
95	oleuropein	5281544	环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019
				S. reticulata	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
				S. oblata	ser. *Vulgares*	叶	Nenadis et al., 2007
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
				S. pubescens	ser. *Pubescentes*	花、叶	Deng et al., 2010
				S. velutina	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
				S. oblata var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	叶、小枝	Oh et al., 2003；Park et al., 2017
96	jasminoid D		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019
97	methyloleoside 7-ethyl ester		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019
98	secologanoside	14136854	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
99	oleoside 11-methyl ester	24121278	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶、树皮	Woźniak et al., 2018；Filipek et al., 2019
				S. pubescens	ser. *Pubescentes*	花、叶	Deng et al., 2010

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
100	elenolic acid glucoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
101	lucidumoside C	10793430	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
102	neonuezhenide	101720830	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
103	oleuropein dihexoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
104	demethyloleuropein	6450302	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶、花、果实	Varga et al., 2019; Tóth et al., 2016
105	acteoside	5281800	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
106	hydroxyoleuropein		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶、果实	Varga et al., 2019; Woźniak et al., 2018
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	茎皮	陈苏依勒等, 2016
107	nuzhenide	6440999	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶、果实、花	Varga et al., 2019; Woźniak et al., 2019
108	nuzhenide isomer		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Woźniak et al., 2018
109	isonuzhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	陈苏依勒等, 2016
110	demethylligustroside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
111	reticuloside	57390293	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
				S.reticulata	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
112	ligstroside	14136859	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶、花、果实	Varga et al., 2019; Tóth et al., 2016
				S. oblata var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
				S. dilatata	ser. *Vulgares*	叶片	Oh et al., 2003
				S. reticulata	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
113	secologanoside	14136854	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶、树皮、果实	Woźniak et al., 2018
114	safghanoside C	25080076	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花	Woźniak et al., 2018
115	oleoside dimethyl ester		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片、细枝	Woźniak et al., 2018; Park et al., 2017
				S. oblata var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
116	oleoechinacoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
117	demethyloleoneonuezhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
118	demethyloleonuezhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花	Woźniak et al., 2018
119	oleoacteoside	6442781	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花、叶	Woźniak et al., 2018
120	isooleoakteoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Woźniak et al., 2018
121	lucidumoside C	10793430	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	果实	Woźniak et al., 2018
122	oleoneonuezhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	果实	Woźniak et al., 2018
123	2''-epiframeroside	52269010	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶、树皮、果实	Woźniak et al., 2018
				S. afghanica x laciniata	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
124	oleonuezhenide	6443262	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶、树皮、果实	Woźniak et al., 2018
125	oleonuezhenide isomer		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	果实	Woźniak et al., 2018
126	neooleuropein	6442861	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花、叶片	Woźniak et al., 2018
127	isoligustroside	6442863	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶片	Woźniak et al., 2018
				S. afghanica x laciniata	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
128	syringaoleoacteoside	6442863	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片	Woźniak et al., 2018

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
129	hydroxyframoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花、叶片	Woźniak et al., 2018
130	hydroxyframoside A	100926555	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
131	framoside	100926557	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶片	Woźniak et al., 2018
132	dilatioside A	132494399	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
133	dilatioside B	132494400	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
134	(2″R)-2″-methoxyoleuropein		环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
135	fraxamoside	5323574	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
136	(8E)-nüzhenide		环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	陈苏依勒等, 2016
				S. reticulata var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
137	(8*Z*)-nuezhenide A		环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
138	jaspolyanoside	102063090	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
139	jaspolyoside	136930645	环/裂环烯醚萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
				S. reticulata	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
140	secologanoside 7-methyl ester		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
141	(8Z)-ligstroside	10392063	环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
142	(8Z)-nüzhenide		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
143	10-hydroxyoleuropein	6440747	环/裂环烯醚萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花、叶	Deng et al., 2010
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	花、叶、树皮、果实	Woźnizk et al., 2018
144	oleuropein hexoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Filipek et al., 2019
145	ligstroside derivative		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Filipek et al., 2019

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
146	oleuropein aglycone	56842347	环/裂环烯醚萜	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
147	elenolic acid hexoside isomer I		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
148	elenolic acid hexoside isomer II		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
149	elenolic acid hexoside isomer III		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
150	neonuzhenide derivative		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Tóth et al., 2016
151	nuzhenide derivative		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
152	demethyloleuropein isomer I		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
153	demethyloleuropein isomer II		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
154	safghanosides A		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
155	safghanosides B		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
156	safghanosides C		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
157	safghanosides D		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
158	safghanosides E		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
159	safghanosides F		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
160	safghanosides G		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
161	safghanosides H		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
162	syringafghanoside	102594856	环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
163	formoside		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
164	fraxiformoside	102170420	环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
165	11-methyl ester		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
166	oleoside	101042548	环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
167	frameroside	12047161	环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
168	1″-O-β-D-glucosylformoside		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
169	1″-O-β-D-glucosylfraxiformoside		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
170	methylglucooleoside		环/裂环烯醚萜	*S. afghanica x laciniata*	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
171	(8E)-ligstroside A		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
172	(9E)-ligstroside B		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
173	fliederoside B		环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
174	lilacoside	21593827	环/裂环烯醚萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、籽	张树军等, 2018； 张树军等, 2011
175	alashanidoid A		环/裂环烯醚萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	陈苏依勒等, 2016
176	3'-O-β-D-glucopyranosylligustroside		环/裂环烯醚萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	陈苏依勒等, 2016
177	10-hydroxyligustroside	14756316	环/裂环烯醚萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树皮	陈苏依勒等, 2016
178	(1R，5S，8S，9R)-1-methyl-kingiside aglucone		环/裂环烯醚萜	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2020
179	isooleuropein	6442862	环/裂环烯醚萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树枝	徐国兴, 2005
				S. afghanica x laciniata	ser. *Vulgares*	叶	Takenaka et al., 2002
180	jaminoside	11523073	环/裂环烯醚萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
181	isonuzhenlde		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、叶	Varga et al., 2019
182	demethylligstroside	102461561	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
183	syrveoside A		环/裂环烯醚萜	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Feng et al., 2009
184	syrveoside B	101542616	环/裂环烯醚萜	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Feng et al., 2009
185	hydroxyolenuezhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Dudek et al., 2017
186	demethylhydroxyoleonuezhenide		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Dudek et al., 2017

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
187	syringoside A		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Dudek et al., 2017
188	oleoforsythoside		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Dudek et al., 2017
189	oleolipedoside A		环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Dudek et al., 2017
190	isoacteoside	6476333	环/裂环烯醚萜	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
191	jasminoside	23786444	环/裂环烯醚萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
192	ligstroside	14136859	环/裂环烯醚萜	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
193	2α-hydroxyeremophil-11-en-9-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
194	(2R，3S，5R)-2，3-epoxy-6，9-humuladien-5-ol-8-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
195	(2R，3R，5R)-2，3-epoxy-6，9-humuladien-5-ol-8-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
196	alashanoid B		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
197	(+)-alashanoid C		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
198	(-)-alashanoid C		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
199	(+)-alashanoid D		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
200	(-)-alashanoid D		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
201	(+)-alashanoid E		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
202	(-)-alashanoid E		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
203	(+)-alashanoid F		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
204	(-)-alashanoid F		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
205	alashanoid G		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
206	alashanoid H		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
207	(+)-alashanoid I		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhao et al., 2019
208	(-)-alashanoid I		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhao et al., 2019

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
209	alashanoid J		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
210	zerumbone	5470187	倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
211	5-hydroxy-4,5-dihydrocaryophyllen-3-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
212	syropinol		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
213	zerumbone epoxide	5463724	倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
214	suberosol A	10014356	倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
215	mitissimol B		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
216	(-)-2,9-humuladien-6-ol-8-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
217	(+)-2,9-humuladien-6-ol-8-one		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
218	innatifolone A		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
219	pinnatifone A		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
220	pinnatifone B		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Zhang et al., 2014
221	alashanoid K		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
222	alashanoid L		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
223	alashanoid M		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Peng et al., 2019
224	3-hydroxide-eremophilane-3,11-diene-2,9-diketone		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树枝、根	赵小静, 2011
225	6,10-eposoy-4α-hydroxy guaiane		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树枝、根	王娜娜等, 2018
226	guai-9-en-4β-ol		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Ao et al., 2012
227	14,15-dinorguai-1,11-dien-9,10-dione		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Ao et al., 2012
228	mucrolidin	14864716	倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	树枝、根	王娜娜等, 2018
229	4-epi-cryptomeridiol	70698175	倍半萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017
230	cryptomeridiol	165258	倍半萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2017

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
231	pinnatifolone B		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
232	α-cadonol		倍半萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	回瑞华等, 2008
233	elemene		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
234	τ-muurolol	3084331	倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
235	α-cedro		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
236	α-cadinol		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
237	δ-cadinol		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
238	α-muurolene		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
239	γ-muurolene		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
240	δ-cadinene		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
241	1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)naphthalene		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	花	颜彦, 2011
242	(+)-alashanoid A		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
243	(-)-alashanoid A		倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
244	(4E,8E)-4,7,7-trimethyl-10-oxododeca-4,8-dienal	101253131	倍半萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Zhang et al., 2018
245	α-cubebene	86609	倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	才燕等, 2015
246	cyclosativene	519960	倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	才燕等, 2015
247	α-copaene	19725	倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	才燕等, 2015
				S. oblata	ser. *Vulgares*	芽	Jing et al., 2018
248	caryophyllene	5281515	倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	才燕等, 2015
				S. pubescens	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
249	α-caryophyllene		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
				S. oblata	ser. *Vulgares*	芽	Jing et al., 2018
250	β-caryophyllene		倍半萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	芽	Jing et al., 2018
251	1,6,10-dodecatriene,7,11-dimethyl-3-methylene-,(Z)-		倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	才燕等, 2015
252	α-cedrene		倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
253	farnesene	5281516	倍半萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	芽	Jing et al., 2018
254	*trans*-nerolidol	5284507	倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
255	spathulenol	92231	倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
256	viridiflorol	11996452	倍半萜	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu ang Yang, 2012
257	2H-pyran-3-ol,tetrahydro-2,2，6-trimethyl-6-(4-methyl-3-3-cyclohexene-1-yl)		倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	孔令瑶等, 2015
258	(3S,6S)-2,2,6-trimethyl-6-(4-methylcyclohex-3-en-1-yl)tetrahydro-2H-pyran-3-ol		倍半萜	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	花	孔令瑶等, 2015
259	dictamnoside A	44560015	倍半萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
260	oleanolic acid	10494	三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
				S. pinnatifolia	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
				S. reticulata var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶、树枝	王化等, 2015
261	masclinic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、小枝	Park et al., 2018；张道旭等, 2011
				S. oblata var. *dilatata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2018
262	3β-O-*trans*-*p*-coumaroyl maslinic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张道旭等, 2011
263	4β-O-*cis*-*p*-coumaroyl maslinic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张道旭等, 2011

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
264	11α,12α-epoxy-3β-hydroxy-olean-13β,28-olide		三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
265	3β-acetoxyolean-12-en-28-oic acid		三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
266	3β-O-acetyl-11α,12α-epoxy-oleanan-28,13β-olide		三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
267	methyl 3-acetoxy-12-oleanen-28-oate		三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
268	arjunolic acid	73641	三萜	*S. oblata* var. *dilatata*	ser.*Syringa*	小枝	Park et al., 2018
269	β-amyrin acetate	92156	三萜	*S. patula*	ser. *Pubescentes*	花蕾	El-Desouk and Gamal-Eldeen., 2009
270	ursolic acid	64945	三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶、花蕾	张树军等, 2018；董丽巍等, 2011
				S. wolfii	ser. *Villosae*	树枝	蔡恩博等, 2016
271	2α-hydroxyursolic acid	5318379	三萜	*S. oblata*	ser. Vulgares	叶	张道旭等, 2011
272	3β-*trans*-*p*-coumaroyloxy-2α-hydroxyurs-12-en-28-oic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张道旭等, 2011
273	3β-O-*trans*-*p*-coumaroyloxy-tormentic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张道旭等, 2011
274	3β-O-*cis*-*p*-coumaroyloxy-tormentic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张道旭等, 2011
275	19α-hydroxyursolic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	李全等, 2009
276	3-hydroxy-ursane-12-ene		三萜	*S. wolfii*	ser. *Villosae*	树枝	蔡恩博等, 2016
277	betulinic acid	64971	三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	叶	张树军等, 2018
				S. reticulata var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶、树枝、树皮	王丽华等, 2013
278	lupanic acid		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花蕾、树皮	董丽巍等, 2011; 张树军等, 2006
279	luprol		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花蕾	董丽巍等, 2011
280	3-O-acetyl-11α，12α-epoxy-3β-hydroxy-olean-13β，28-olide		三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
281	zeorin	159931	三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
282	furostan	6857441	三萜	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Lu et al., 2015
283	β-daucosterol		三萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
284	β-sitosterol	582434	三萜	*S. patula*	ser. *Pubescentes*	花蕾	El-Desouk and Gamal-Eldeen, 2009
				S. komarowii	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
285	stigmastane-3β,6α -diol 3-O-tetradecanoate		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
286	stigmastane-3β ,6α -diol 3-O-palmitate		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
287	stigmastane-3β ,6α -diol 3-O-stearate		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
288	daucosterol	5742590	三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
289	stigmastane-3β,6α-diol	126970101	三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
290	24R-ethyl-5α-cholestane-3α,6β -diol		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
291	5α-poriferastane-3β ,6α-diol		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
292	5α-poriferastane-3β ,6β-diol		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
293	clionastane-3α_x005f ,6β -diol		三萜	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
294	dilatanone		单萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2018
295	dilationate		单萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2018
296	megaritolactonol		单萜	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	小枝	Park et al., 2018
297	quercetin	5280343	黄酮	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
298	kaempferol-3-O-α-l-rhamnosyl-(1→6)-β-d glucoside (kaempferol-rutinose)		黄酮	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
299	quercetin-3-O-β-D-glucoside		黄酮	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
300	rutin	5280805	黄酮	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
				S. velutina	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
301	naringenin	932	黄酮	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
302	luteolin rutinoside		黄酮	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
303	luteolin hexoside		黄酮	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
304	quercetin hexoside		黄酮	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮、花、叶	Woźniak et al., 2018
305	kaempferol-3-O-rutinoside	5318767	黄酮	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
306	luteoloside	5280637	黄酮	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
307	isoquercetin	5280804	黄酮	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
308	astragalin	5282102	黄酮	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
309	luteolin dihexoside		黄酮	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016
310	4-hydroxyphenethyl alcohol	10393	苯丙素	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
311	vanillic acid	8468	苯丙素	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
312	caffeic acid	689043	苯丙素	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	叶、树皮	Varga et al., 2019
313	syringin	5316860	苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	树皮	Jin et al., 2019
				S. reticulata	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
				S. vulgaris	ser. *Vulgares*	叶、树皮	Varga et al., 2019
				S. velutina	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
314	caffeic acid derivative		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮	Varga et al., 2019
315	hydroxytyrosol hexoside		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
316	tyrosol hexoside		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Varga et al., 2019
317	coniferin	5280372	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮	Varga et al., 2019
318	echinacoside	5281771	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮、花	Varga et al., 2019；Woźniak et al., 2018
319	forsythoside B	23928102	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮	Varga et al., 2019
320	caffeoylglucaric acid (I)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片	Woźniak et al., 2018
321	caffeoylglucaric acid (II)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片、果实	Woźniak et al., 2018
322	caffeoylglucaric acid (III)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片	Woźniak et al., 2018
323	caffeoylglucaric acid (IV)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、叶片	Woźniak et al., 2018
324	p-coumaroylhexaric acid(I)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
325	p-coumaroylhexaric acid(II)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
326	caffeic acid hexoside (I)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
327	caffeic acid hexorhamnoside		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Woźniak et al., 2018
328	feruloylhexaric acid (I)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Woźniak et al., 2018
329	feruloylhexaric acid (II)		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Woźniak et al., 2018
330	coniferaldehyde	5280536	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Woźniak et al., 2018
331	ferulic acid hexoside		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
332	caffeic acid derivative		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Woźniak et al., 2018
333	acteoside	5281800	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮、花	Woźniak et al., 2018
				S. velutina	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
334	acteoside isomer		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮、花	Woźniak et al., 2018
335	lipedoside A	6442888	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶、树皮、花	Woźniak et al., 2018

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
336	(S)-(+)-2-(3,4-Dihydroxy phenyl)-2-ethoxyl-ethanol		苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Xu et al., 2009
337	(S)-(+)-2-(3,4-Dihydroxy phenyl)-2-acetoxy-ethanol		苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Xu et al., 2009
338	p-Hydroxyl Phenethanol		苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Xu et al., 2009
339	3,4-Dihydroxy Phenethanol		苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Xu et al., 2009
340	cis echinacoside	102422530	苯丙素	*S. reticulata* var. *amurensis*	subg. *Ligustrina*	叶	Machida et al., 2003
341	4-hydroxyacetophenone	7469	苯丙素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018a
342	acetophenone-4-O--D-glucoside		苯丙素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018b
343	2,6-dihydroxyacetophenone-4-O--D-glucoside		苯丙素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Wang et al., 2018b
344	coniferyaldehyde glucoside	15699109	苯丙素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
345	sinapaldehyde glucoside	25244544	苯丙素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
346	isosyringinoside	57399043	苯丙素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
347	salidroside	159278	苯丙素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
348	2-(3,4-dihydroxy)-phenyl-ethyl-β-D-glucopyranoside		苯丙素	*S. reticulata*	subg. *Ligustrina*	树皮	Bi et al., 2011
349	sinapyl aldehyde-O-glucoside		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	树皮	Filipek et al., 2019
350	coniferyl aldehyde	5280536	苯丙素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
351	vanillin	1183	苯丙素	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	茎	Li et al., 2018
352	chlorogenic acid	1794427	苯丙素	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
353	dicaffeoylquinic acid	12358846	苯丙素	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
354	Isoacteoside	6476333	苯丙素	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	叶	Zhang et al., 2017b
355	hydroxyacteoside epimer I		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Tóth et al., 2016
356	hydroxyacteoside epimer II		苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花	Tóth et al., 2016
357	echinacoside	5281771	苯丙素	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	花、果实	Tóth et al., 2016

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
358	eugenol	3314	苯丙素	*S. patula*	ser. *Pubescentes*	花蕾	El-Desouk and Gamal-Eldeen., 2009
359	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl dotriacontanoate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
360	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl behenate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
361	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl tricosanoate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
362	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl lignocerate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
363	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl pentacosanoate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
364	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl hexacosanoate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
365	bongardol	180202	苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
366	2-(4-hydroxyphenyl)-ethyl 1-dodecyloctadecanoate		苯丙素	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
367	3,4-dihydroxyphenethyl alcohol	82755	苯丙素	*S. pubescens*	ser. *Pubescentes*	花	Yu and Yang, 2012
368	phenylethanoid glycoside	53097845	苯丙素	*S. velutina*	ser. *Pubescentes*	树皮	Park et al., 1999
369	palmitic acid	985	脂肪酸	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
370	lauric acid	3893	脂肪酸	*S. oblata*	ser. *Vulgares*	花	Cui et al., 2019
371	quinic acid	6508	脂肪酸	*S. vulgaris*	ser. *Vulgares*	叶	Woźniak et al., 2018
372	pinnatifone A		醌类	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
373	pinnatifone B		醌类	*S. pinnatifolia*	ser. *Pinnatifoliae*	根	Shao et al., 2014
374	nortropin	68147	生物碱	*S. patula*	ser. *Pubescentes*	花蕾	El-Desouk and Gamal-Eldeen., 2009
375	(2S,3S,4R,10E)-2-[(2R)-2-hydroxytetracosanoylamino]-10-octadecene-1,3,4-triol		生物碱	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006
376	phytolacca cerebroside		生物碱	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006

编号	化合物名称	PubChem CID	结构类型	植物学名	系/亚属	存在部位	参考文献
377	momor cerebroside I		生物碱	*S. komarowii*	ser. *Villosae*	全株	Luo et al., 2006

PubChem CID 一栏因表中涉及的所有化合物并未全部有记录而呈现空缺。表中植物学名摘自各成分所在文献，其中植物来源一栏 *S. patula* 和 *S.veluta* 为同一物种; *S. oblata* var. *dilatata* 和 *S. dilatata* 为同一物种。

The PubChem CID column exist vacant because not all compounds involved in the table are recorded; Scientific name of species in the table was extracted from the literature for each component. In the column of scientific name, *S. patula* and *S. velutina* indicate the same species, as well as *S. oblata* var. *dilatata* and *S. dilatata* indicating the same species according to the reference including Rehder (1940) and Chang et al. (1992) (in Chinese).

参考文献

白睿峰, 苏国柱, 冯晓, 张瑞飞, 尹旭, 叶云云, 陈苏依勒, 屠鹏飞, 柴兴云 (2017). 羽叶丁香茎皮中 1 个新木脂素成分. 中国中药杂志 **42**, 1229–1233.

才燕, 董然, 刘晓嘉, 郑恬静 (2015). 暴马丁香花不同花期香气成分. 东北林业大学学报 **43**(5), 138–141.

蔡恩博, 韩佳宏, 赵岩, 郑曼玲, 屠书梅, 王大龙, 贾彩霞, 张晶 (2016). 辽东丁香枝化学成分的研究. 上海中医药杂志 **50**(3), 87–93.

陈苏依勒, 苏国柱, 白睿峰, 尹旭, 曹愿, 屠鹏飞, 柴兴云 (2016). 羽叶丁香茎皮中环烯醚萜类成分. 中国中药杂志 **41**, 1246–1250.

董丽巍, 王金兰, 赵明, 张树军 (2011). 紫丁香花蕾化学成分研究. 天然产物研究与开发 **23**, 658–660.

回瑞华, 侯冬岩, 李铁纯, 刘晓媛, 李学成 (2008). 紫丁香叶挥发性化学成分季节性变化的GC/MS研究. 质谱学报 **29**, 18–20.

孔令瑶, 张克勤, 薛晓丽 (2015). 暴马丁香花挥发油成分的GC-MS分析. 中国现代应用药学 **32**, 585–588.

李全, 许琼明, 郝丽莉, 陆冰芬, 杨世林, 李笑然 (2009). 紫丁香叶化学成分研究. 中草药 **40**, 369–371.

王娜娜, 李凤英, 张冬艳, 张烨, 李娜, 薛培凤 (2018). 蒙药山沉香的成分研究. 中草药 **49**, 3593–3599.

王化, 李梦莎, 朱良玉, 周丽萍 (2015). RP-HPLC法测定暴马丁香中齐墩果酸的含量. 黑龙江科学 **6**(4), 54–55.

王丽华, 张生, 王少明, 吴明江 (2013). 暴马丁香中桦木酸的鉴定及质量分数测定. 东北林业大学学报 **41**(8), 144–145, 159.

徐国兴 (2005). 长白山暴马丁香枝化学成分的研究. 硕士论文. 长春: 吉林大学. pp. 12–19.

颜彦 (2011). 蒙药山沉香挥发油成分分析及抗心肌缺血作用研究. 博士论文. 武汉: 华中科技大学. pp. 10–25.

张道旭, 陈重, 李笑然, 杨世林 (2011). 紫丁香叶三萜类化学成分研究. 中国医药指南 **9**(11), 45–46.

张树军, 郭华强, 韩晶, 赵明, 王金兰 (2011). 紫丁香籽化学成分研究. 中草药 **42**, 1894–1899.

张树军, 时志春, 王丹, 王金兰, 赵明, 李军 (2018). 紫丁香树叶化学成分研究. 中草药 **49**, 3747–3757.

张树军, 张军锋, 王金兰 (2006). 紫丁香树皮的化学成分研究. 中草药 **37**, 1624–1626.

赵小静 (2011). 蒙药山沉香化学成分及生物活性初步研究. 硕士论文. 武汉: 华中科技大学. pp. 3–29.

Ao WLJ, Wang QH, Si Q, Mu D, Sa RTY, Dai NYT, Du RSHLT (2012). The structural elucidation and antimicrobial activities of two new sesquiterpenes from *Syringa pinnatifolia* Hemsl. *Chin J Nat Med* **10**, 477–480.

Bi XY, Li W, Sasaki T, Li Q, Mitsuhata N, Asada Y, Zhang QB, Koike K (2011). Secoiridoid glucosides and related compounds from *Syringa reticulata* and their antioxidant activities. *Bioorg Med Chem Lett* **21**, 6426–6429.

Cui LL, Hu MY, Cao PR, Niu Y, Li CQ, Liu ZH, Kang WY (2019). Chemical constituents and coagulation activity of *Syringa oblata* Lindl flowers. *BMC Chem* **13**, 108.

Deng RX, Yuan H, Liu P, Yin WP, Wang XS, Zhao TZ (2010). Chemical constituents from *Syringa pubescens* Turcz. *Biochem Syst Ecol* **38**, 813–815.

Dudek MK, Michalak B, Woźniak M, Czerwińska ME, Filipek A, Granica S, Kiss AK (2017). Hydroxycinnamoyl derivatives and secoiridoid glycoside derivatives from *Syringa vulgaris* flowers and their effects on the pro-inflammatory responses of human neutrophils. *Fitoterapia* **121**, 194–205.

El-Desouky SK, Gamal-Eldeen AM (2009). Cytotoxic and anti-inflammatory activities of some constituents from the floral buds of *Syringa patula. Pharm Biol* **47**, 872–877.

Feng XS, Qu Y, Wu ZH, Xu L, Zhang DS, Gao HY, Wu LJ (2009). Two new secoiridoid glucosides from *Syringa velutina* Kom. *Chin Chem Lett* **20**, 702–705.
Feng X, Su GZ, Ye YY, Zhang RF, Yang XY, Du BZ, Peng B, Tu PF, Chai XY (2017). Alashinols F and G, two lignans from stem bark of *Syringa pinnatifolia. Nat Prod Res* **31**, 1555–1560.
Filipek A, Wyszomierska J, Michalak B, Kiss AK (2019). *Syringa vulgaris* bark as a source of compounds affecting the release of inflammatory mediators from human neutrophils and monocytes/macrophages. *Phytochem Lett* **30**, 309–313.
Jin CS, Jin M, Li R, Diao SB, Sun JF, Ma YJ, Zhou W, Li G (2020). Isolation of a new natural kingiside aglucone derivative and other anti-inflammatory constituents from *Syringa reticulata. Nat Prod Res* **34**, 518–524.
Jin M, Pan P, Zhou W, Jin ZH, Li G (2019). A new secoiridoid from the stem bark of *Syringa reticulata. Chem Nat Compd* **55**, 851–853.
Jing CL, Zhao J, Han XB, Huang RH, Cai DS, Zhang CS (2018). Essential oil of *Syringa oblata* Lindl. as a potential biocontrol agent against tobacco brown spot caused by Alternaria alternata. *Crop Prot* **104**, 41–46.
Li JJ, Zhang RF, Wuken S, Du XL, Jiao SH, Su GZ, Cao L, Tu PF, Chai XY (2018). Phytochemical and chemotaxonomic study of *Syringa pinnatifolia* Hemsl. (Oleaceae). *Biochem Syst Ecol* **81**, 58–61.
Lu P, Wang NN, Wu JM, Xue PF (2015). Chemical constituents from Mongolian herb *Syringa pinnatifolia* var. *alashanensis*. *Chin J Nat Med* **13**, 142–144.
Luo YG, Liu Y, Qi HY, Wu ZJ, Zhang GL (2006). Steryl esters and phenylethanol esters from *Syringa komarowii*. *Steroids* **71**, 700–705.
Machida K, Unagami E, Ojima H, Kikuchi M (2003). Studies on the constituents of Syringa species. XII. New glycosides from the leaves of *Syringa reticulata* (BLUME) HARA. *Chem Pharm Bull* **51**, 883–884.
Nenadis N, Vervoort J, Boeren S, Tsimidou MZ (2007). *Syringa oblata* Lindl var. alba as a source of oleuropein and related compounds. *J Sci Food Agric* **87**, 160–166.
Oh H, Ko EK, Kim DH, Jang KK, Park SE, Lee HS, Kim YC (2003). Secoiridoid glucosides with free radical scavenging activity from the leaves of *Syringa dilatata*. *Phytother Res* **17**, 417–419.
Park HJ, Lee MS, Lee KT, Sohn IC, Han YN, Miyamoto KI (1999). Studies on constituents with cytotoxic activity from the stem bark of *Syringa velutina*. *Chem Pharm Bull* **47**, 1029–1031.
Park KJ, Suh WS, Subedi L, Kim SY, Choi SU, Lee KR (2017). Secoiridoid glucosides from the twigs of *Syringa oblata* var. *dilatata* and their neuroprotective and cytotoxic activities. *Chem Pharm Bull* **65**, 359–364.
Park KJ, Subedi L, Kim SY, Lee KR (2018). Anti-inflammatory terpenoid derivatives from the twigs of *Syringa oblata* var. *dilatata*. *Phytochem Lett* **27**, 183–186.
Peng B, Zhang RF, Du BZ, Jiao SG, Zhou XC, Gao XL, Chen SYL, Tu PF, Chai XY (2019). Alashanoids K-M, bioactive eremophilane sesquiterpenoids from *Syringa pinnatifolia*. *J Asian Nat Prod Res* **21**, 1161–1169.
Shao LW, Wang CH, Li GQ, Huang XJ, Li Z, Wang GC (2014). A new lignan from the roots of *Syringa pinnatifolia*. *Nat Prod Res* **28**, 1894–1899.
Su GZ, Bai RF, Yu XL, Cao Y, Yin X, Tu PF, Chai XY (2016a). Noralashinol A, a new norlignan from stem barks of *Syringa pinnatifolia*. *Nat Prod Res* **30**, 2149–2153.
Su GZ, Jiao SG, Zhang RF, Li L, Chen SYL, Tu PF, Chai XY (2018). Alashinol H, an epoxylignan with an unusual six-membered cyclic hemiacetal from *Syringa pinnatifolia*. *Tetrahedron Lett* **59**, 1356–1359.
Su GZ, Zhang RF, Yang XY, Bai RF, Yin X, Gao XL, Li L, Tu PF, Chai XY (2016b). Lignans from the stem bark of *Syringa pinnatifolia*. *Fitoterapia* **114**, 63–68.
Takenaka Y, Okazaki N, Tanahashi T, Nagakura N, Nishi T (2002). Secoiridoid and iridoid glucosides from *Syringa afghanica*. *Phytochemistry* **59**, 779–787.
Tóth G, Barabás C, Tóth A, Kéry Á, Béni S, Boldizsár I, Varga E, Noszál B (2016). Characterization of antioxidant phenolics in *Syringa vulgaris* L. flowers and fruits by HPLC-DAD-ESI-MS. *Biomed Chromatogr* **30**, 923–932.
Varga E, Barabás C, Tóth A, Boldizsár I, Noszál B, Tóth G (2019). Phenolic composition, antioxidant and antinociceptive activities of *Syringa vulgaris* L. bark and leaf extracts. *Nat Prod Res* **33**, 1664–1669.
Wang QH, Huo SRN, Bao YP, Ao WLJ (2018a). Chemical constituents of *Syringa pinnatifolia* and its chemotaxonomic study. *Chem Nat Compd* **54**, 435–438.
Wang QH, Wang XL, Bao BYQE, Han JJ, Ao WLJ (2018b). Four lignans from *Syringa pinnatifolia* and their antioxidant activity. *Chem Nat Compd* **54**, 18–21.

Wang QH, Xin Y, Han S, Bao JT, Ao WLJ (2016). Structure elucidation and NMR assignments of a new 6, 9-cyclotetrahydrofuranlignan from *Syringa pinnatifolia*. *Nat Prod Res* **30**, 796–799.

Woźniak M, Michalak B, Wyszomierska J, Dudek MK, Kiss AK (2018). Effects of phytochemically characterized extracts from *Syringa vulgaris* and isolated secoiridoids on mediators of inflammation in a human neutrophil model. *Front Pharmacol* **9**, 349.

Xu QM, Liu YL, Li XR, Feng YL, Yang SL (2009). Two new phenylglycol derivatives isolated from *Syringa reticulata* var. *mandshurica* and their antifungal activities. *Chem Pharm Bull* **57**, 863–866.

Yu AN, Yang XZ (2012). Chemical composition of the essential oil of fresh wild *Syringa pubescens* flowers from China. *Adv Mat Res* **581**–**582**, 15–18.

Zhang RF, Feng X, Su GZ, Mu ZJ, Zhang HXG, Zhao YN, Jiao SG, Cao L, Chen SYL, Tu PF, Chai XF (2018). Bioactive sesquiterpenoids from the peeled stems of *Syringa pinnatifolia*. *J Nat Prod* **81**, 1711–1720.

Zhang RF, Feng X, Su GZ, Yin X, Yang XY, Zhao YF, Li WF, Tu PF, Chai XY (2017a). Noralashinol B, a norlignan with cytotoxicity from stem barks of *Syringa pinnatifolia*. *J Asian Nat Prod Res* **19**, 416–422.

Zhang ZM, Wang CH, Zeng XJ, Qiu Q, Tang W, Li GQ, Li YL, Wang GC (2014). Sesquiterpenoids and lignans from the roots of *Syringa pinnatifolia*. *Chem Pharm Bull* **62**, 1009–1012.

Zhang YC, Xu JY, Liu CM, Li SN (2017b). Screening of neuraminidase inhibitors from the leaves of *Syringa velutina* Kom. via compound fractionation and *in vitro* activity evaluation. *Anal Methods* **9**, 500–510.

Zhao M, Tang WX, Li J, Bai LM, Wang JL, Zhang WZ, Zhang SJ (2016). Two new monoterpenoids from the fresh leaves of *Syringa oblata*. *Chem Nat Compd* **52**, 1023–1025.

Zhao F, Zhang RF, Zhang HXG, Jiao SG, Alagnidun A, Chen SYL, Tu PF, Chai XY (2019). A pair of humulane sesquiterpenoid enantiomers from *Syringa pinnatifolia*. *Nat Prod Res* **33**, 2809–2814.