

翠雀属植物化学成分和药理研究进展

梁雨晨

兰州交通大学化学与化工学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2024年3月18日; 录用日期: 2024年4月29日; 发布日期: 2024年5月6日

摘要

翠雀属(*Delphinium L.*)是毛茛科(*Ranunculaceae*)中一个属, 其化学成分主要包括生物碱、类黄酮和萜类等。其中, 生物碱主要为二萜生物碱, 并且都具有较高的药用价值。该属植物在藏药领域被广泛应用, 其全草或花朵可作为药材使用。这些植物具备清热解毒、促进肝胆排泄、止痛止泻等功效, 在临床和民间常被用于治疗肝胆疾病、腹泻、肠道感染以及风湿和牙齿不适等疾病, 还可作为土农药来控制虱子和蚊蝇幼虫。本文综述了国内外关于翠雀属类化合物的最新研究进展, 重点介绍了近年来发现的二萜生物碱化合物的化学结构与理化性质, 并详细阐述了天然产物在药理作用机制方面的相关信息, 对于进一步深入探索翠雀属植物提供了理论基础。

关键词

翠雀属, 化学成分, 生物活性

Research Progress about the Chemical Composition and Pharmacology of *Delphinium* Plants

Yuchen Liang

School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: Mar. 18th, 2024; accepted: Apr. 29th, 2024; published: May 6th, 2024

Abstract

Delphinium is a genus in the *Ranunculaceae* family whose chemical constituents mainly include alkaloids, flavonoids, and terpenoids. Among them, alkaloids are mainly diterpene alkaloids, and all of them have high medicinal value. Plants of this genus are widely used in the field of Tibetan medicine, and their whole plants or flowers can be used as medicinal herbs. These plants possess

efficacy in clearing heat and detoxifying toxins, promoting liver and gallbladder excretion, relieving pain and diarrhea, and are often used clinically and folklore for the treatment of liver and gallbladder diseases, diarrhea, intestinal infections, as well as rheumatism and dental discomforts, and as a soil pesticide for the control of lice and mosquito fly larvae. In this paper, we summarize the latest research progress on *Delphinium* compounds at home and abroad, focus on the chemical structure and physicochemical properties of diterpenoid alkaloid compounds discovered in recent years, and elaborate the relevant information on the pharmacological mechanism of natural products, which provides a theoretical basis for further exploration of *Delphinium* species.

Keywords

Delphinium, Chemical Constituents, Bioactivity

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

翠雀属(*Delphinium* L.)是毛茛科下的一类植物,主要分布在北温带地区,在全球范围内大约有 300 多个品种。在中国,翠雀属植物的种类非常丰富,总计达到 113 个品种,并且除了台湾省和广东省的海南岛以外,几乎遍布全国[1]。翠雀亚属约有 110 个品种,主要生长在我国东北、西北、西南、华北等地,但其中大多数都分布于我国西藏、云南、四川一带的高山地区西南、西北、华北和东北等地区[2]。此外还存在一个亮草亚属,只包含一种植物,在中国中条山、秦岭至珠江流域的亚热带地区分布。这些植物通常为多年生草本植物,并且少数为一年生或二年生草本植物。它们的叶子形态各异,可能呈现单叶状或者是互生基生型;叶片形状也会不同,可以是掌状分裂或近似羽状分裂。花序以总状为主,并偶尔呈现伞房形态;花梗通常具有两个小苞片[3]。

翠雀属类植物含有类似乌头碱结构的生物碱,例如展毛翠雀花、蓝翠雀花和弯矩翠雀花中的二萜生物碱和三萜生物碱。蓝翠雀花富含生物碱和黄酮类成分,其中以二萜生物碱为主要成分[4]。之前的一项研究还发现了 β -谷甾醇、山柰酚和槲皮素等化学物质存在于蓝翠雀花中。此外,在藏药中广泛使用的大多数翠雀属植物具有散寒、利水、止泻和通经络等功效[5]。在许多国家和地区,包括地中海和亚洲,这些历史悠久的植物已被用来治愈各种问题,如风湿、创伤性损伤、流感、水肿、肠道问题以及昏厥、癣和其他皮肤问题[6]。

迄今为止,研究人员已对翠雀属植物的提取方式进行了大量的探索,本文将针对近年本文对翠雀属化学成分和药理作用等方面进行了综述,我们希望本综述能够为我国相关领域提供指导和启示,并推动翠雀属植物的应用。

2. 翠雀属化学成分

翠雀属植物的化学成分主要包括生物碱、类黄酮类等。这些成分赋予了翠雀属植物多种多样的生物活性,其中主要包括镇痛、抑菌、抗寄生虫和抗肿瘤作用。2020 年, Yin 等[7]对过去 40 年(1980~2019)在翠雀属植物中所现的化合物进行了总结,在这期间,他们共计发现了 453 种新的化合物,其中大部分是二萜生物碱,这些新发现为我们深入了解翠雀属植物提供了重要的理论和数据支持。

2.1. 二萜生物碱

二萜生物碱(Diterpenoid alkaloids)是一种含有五环二萜或者四环二萜的氨基化而形成的含有甲胺、乙胺或 β -氨基乙酸的杂环体系, 其结构的复杂性也主要体现在该类化合物具有多桥环笼状结构二萜生物碱是翠雀属植物的主要成分, 近几十年来, 从各种翠雀属植物中分离出了大量具有生物活性和结构复杂的二萜生物碱[8] [9]。

2.1.1. 二萜生物碱的分类

根据二萜生物碱结构骨架进行分类, 可以将其分为 C_{18} -型二萜生物碱、 C_{19} -型二萜生物碱、 C_{20} -型二萜生物碱和双二萜生物碱。可以进一步分为几个到几十个子类型[10] [11] [12]。表 1 统计了从翠雀属植物中分离得到的数量以及主要亚型。

Table 1. Classification of diterpenoid alkaloids, quantities isolated from *Delphinium* and major subtypes

表 1. 二萜生物碱分类、从翠雀属植物中分离得到的数量以及主要亚型

类型	数量	主要亚型
C_{18} -型二萜生物碱	23	高乌宁碱型、冉乌宁碱型
C_{19} -型二萜生物碱	299	乌头型、牛扁碱型、内酯型、pyro 衍生型、7,17-seco 衍生型和重排型
C_{20} -型二萜生物碱	89	Hetisine-type

2.1.2. 二萜生物碱的近年发现

迄今为止已有许多具有生物活性的二萜生物碱被研究者们成功分离纯化, 例如 Methyllycaconitine (甲基牛扁碱)、Anthranoyllycot onine (氨基酰牛扁碱)、Chasmanine (查斯曼宁碱)、Dejavajne A (德拉瓦印甲碱)、Yuna conitine (滇乌碱)、Delsemine A (德德色明甲碱)、Denudatine (裸翠雀碱)、Vil morrianone (黄草乌酮)和 Condelphine (乱翠雀碱)。同时, 仍在不断发现新的具有强生物活性的生物碱。

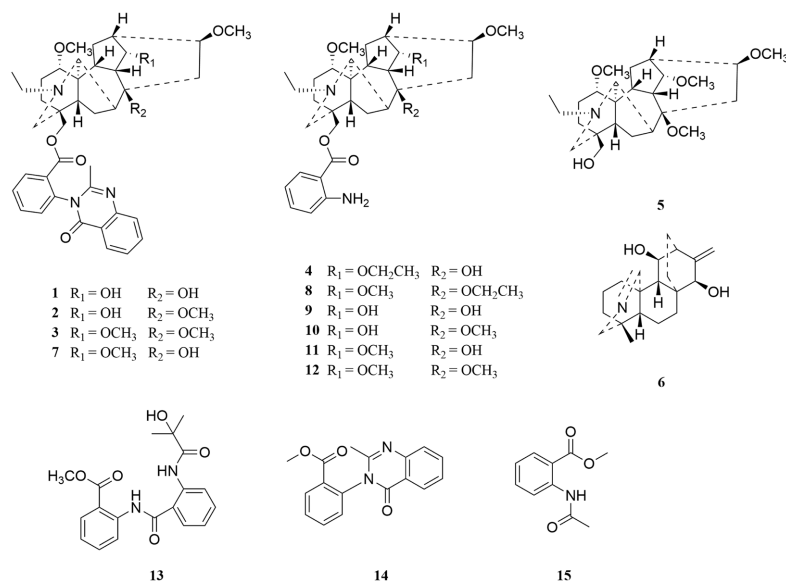


Figure 1. Chemical composition of *Delphinium yuanum*

图 1. 光茎短距翠雀花的化学成分

2021 年, Song 等人[13]对光茎短距翠雀花进行了化学成分的研究。他们从该植物中分离出并鉴定了

12种二萜生物碱类化合物(见图1)。通过使用高分辨质谱、红外光谱和核磁共振等多种波谱技术,确定了这些化合物的结构。具体而言,它们被鉴定确认为 forrestline A、forrestline B、forrestline C、forrestline D、forrestline E、forrestline F、brevicatine A、acobretine B、acobretine E、acoapetaludine G、N-deacetylscaconitine 和 brochypnine B。其中11个化合物属于乌头碱型 C_{19} -二萜生物碱,而第6个化合物则属于阿替生型 C_{20} -二萜生物碱。

2021年,李信瑜[14]从拉萨翠雀花(*Delphinium gyalanum* C. Marquand & Airy Shaw)中分离得到了3种新的二萜生物碱(见图2): gyalanutine A (1)、gyalanunine A (2)、gyalanunine B (3),其中化合物(1)为 C_{19} -型二萜生物碱,具有较为罕见的 N- C_{19} 和 C_7 - C_{17} 键均断裂重排为 N- C_7 键的结构;化合物(2)具有一个罕见的 C_{20} -型二萜生物碱结构,其 C_{19} 的醛基与 C_2 的羟基发生缩合反应,形成一个含氧六元环结构,且具有一定的强心活性,其浓度为 1 mg/mL 时,张力增长率达到 67.9%。

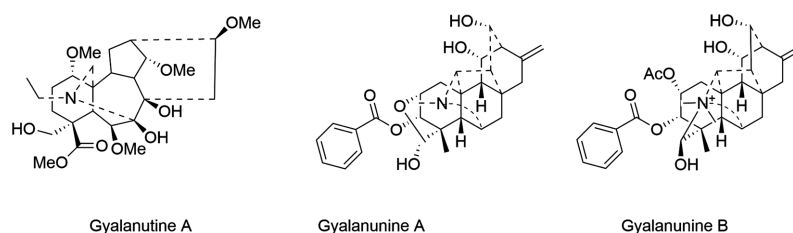


Figure 2. Chemical composition of *Delphinium gyalanum* C. Marquand & Airy Shaw
图 2. 拉萨翠雀花拉萨翠雀花的化学成分

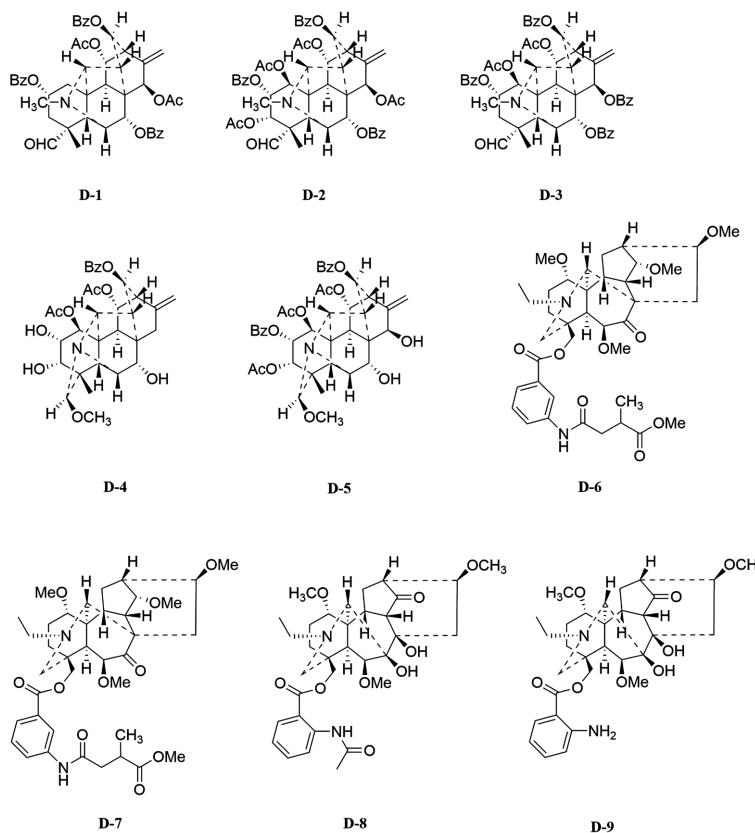


Figure 3. Chemical constituents of *Delphinium yuanum*
图 3. 中甸翠雀花的化学成分

张容容[15]从中甸翠雀花(*Delphinium yuanum*)中分离得到了 11 种二萜生物碱, 其中 9 种新的二萜生物碱(见图 3)。Yan 等人[16]从川滇翠雀花中分离出了 3 种新的二萜生物碱, 其中包括一种 C₂₀-型和两种 C₁₉-型: tatsiedine A、tat siedine B、tatsiedine C。2022 年, Yuanfeng Yan、Hongjun Jiang 等人[17]从大花翠雀花中分离出了 6 种崭新的二萜生物碱: grandiflolines A-F; Shujaat Ahmad、Manzoor Ahmad 等人[18]从喀什翠雀花中提取出了 3 种新的二萜生物碱: Chitralinine A-C, 并且这三种化合物对乙酰胆碱酯酶(BChE)和乙酰胆碱酯酶(AChE)表现出强有力的竞争性抑制作用, 可望成为治疗与老年痴呆相关的疾病的潜在药物。2023 年, Nurfida Ablajan、Wen-Juan Xue 等人[19]从沙吾尔恩斯滇紫堇中发现了 2 个前所未有的二萜生物碱: Shawurenine C 和 D。L. Bitis 等人[20]从土耳其 Kars-ArpaAay 地区海拔 2100 米的 Kizir 山上采集的 *D. buschianum* 的地上部分分离出一种新的二萜生物碱, 命名为 Budelphine 具有罕见的 1,2-环氧基团。Wada 等人[21]从 *D. chrysotrichum* 中分离出 chrysotrichumine A 其最大的特征是在 C-17 和 C-19 之间含有氨基。Xue 等人[22]从 *D. pseudoaemulans* 中分离得到 Pseudouridine B, 该化合物在 C-19 上有一个罕见的乙酰基。其余的生物碱只含有常见的氧合基团, 如 OH、=O、OMe 和 OAc 基团, 而 OMeBu (2-甲基丁基)和 OiBu (异丁基)则不太常见。在大多数情况下, 这些氧合基团位于 C-1、C-6、C-14 和 C-18。也有少数生物碱在 C-5、C-9 和 C-10 上有氧合基团。

除了二萜生物碱以外, 翠雀属植物中还含有其他类型的生物碱, 如酰胺型生物碱等[23]。

2.2. 类黄酮类化合物

黄酮类化合物是一种植物次级代谢产物, 具有多种生物学活性, 在植物的不同部位如根、茎、叶、花和果实中广泛存在[24]。这些化合物在植物的发育过程中扮演重要角色, 并且对人体健康有许多益处, 包括抗菌、抗病毒、抗肿瘤、抗氧化自由基、抗炎镇痛等作用[25], 在近数十年来, 从翠雀属植物中分离纯化得到的黄酮类化合物总共有 21 种, 其中主要为花青素类以及黄酮醇苷类化合物如图 4 所示。

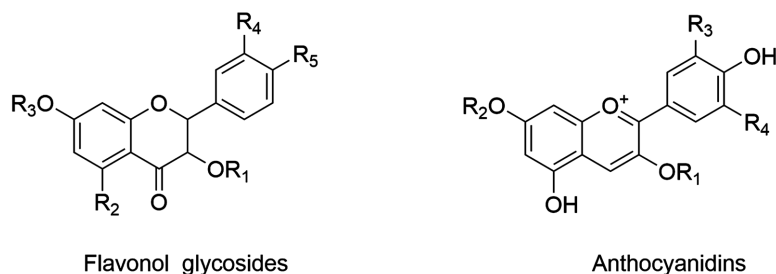


Figure 4. Flavonoids
图 4. 类黄酮类化合物

2.3. 萜类化合物

与二萜生物碱相比较, 萜类化合物成分在翠雀属植物中存在较少, 到目前为止, 只有一种新的非生物碱的二萜化合物从翠雀属植物中被发现得到[26]。

3. 翠雀属植物药理方面的研究

大多数研究表明, 在所有从天然产物中分离出的化合物中, 生物碱的数量占一半左右, 这是其他类型的化合物无法企及的。而二萜生物碱又是翠雀属植物的主要特征化合物, 这一类独特的化合物表现出广泛的生物活性, 其中一些化合物已经出现在临床药物的名单上(见表 2), 而另一些则是非常强的神经毒素, 对之后的药物研发具有着重要的意义[27] [28]。

Table 2. Clinical applications of some alkaloids
表 2. 部分生物碱的临床应用

生物碱	药理作用	临床应用	其他
lappaconitine	镇痛、局麻、抑菌	镇痛药、局麻	不成瘾
3-acetylaconitine	镇痛、抗炎、消肿	治疗牙痛、三叉神经及晚期癌痛疼痛	不成瘾，表面麻痹比可卡因强 92 倍
crassiculine A	抗炎、镇痛	风湿性关节炎及各种疼痛	毒性小

3.1. 抗肿瘤活性

少数二萜生物碱能够抑制多种人类癌细胞系的增殖。He 等人[29]报道，从黄毛翠雀花中提取出一种 C₂₀-型二萜生物碱，对肺癌人类肺泡基底上皮细胞具有明显的细胞毒作用；而海力马依·海米提等[30]则发现新疆地区天山翠雀和萨乌尔翠雀花中部分单体化合物可抑制人宫颈癌和肺癌人类肺泡基底上皮细胞。

3.2. 杀虫及抗寄生虫活性

目前的研究已经证实了部分二萜生物碱具有杀虫和抑制食欲的作用。Ulubelen A 等人[31]通过对土耳其翠雀花的研究发现了 20 种 C₂₀-型二萜生物碱，这些化合物都显示出驱除害虫的效果。根据目前的研究，已经证明部分二萜生物碱具备杀虫和抑制食欲的特性。Ulubelen A 在对土耳其翠雀花进行研究时发现了 20 种 C₂₀-型二萜生物碱，这些化合物均表现出杀虫活性。González-Coloma 等人[32]对从翠雀花属植物中分离得到的 21 种生物碱在斑梗夜蛾和马铃薯甲上的昆虫抗饲食活性进行了测试。测试化合物的抗饲食效果与结构和物种有关(对于马铃薯甲和斑梗夜蛾，EC₅₀ 值分别在 0.42~22.5 和 0.1~17.77 mg/cm² 之间)。对于马铃薯甲和斑梗夜蛾来说，最活跃的抗饲食剂分别被发现是 cardiopetaline (259, EC₅₀, 0.42 mg/cm²) 和 19-oxodihydroatisine (EC₅₀, 0.1 mg/cm²)。

3.3. 抗病毒及抗真菌活性

翠雀属植物具有治疗皮肤瘙痒、皮疹等病毒疾病的作用，Atta-ur-Rahman [33]通过研究发现翠雀属植物中可能含有一些具有抗真菌的活性物质。一种从滇川翠雀花中分离得到的新的内酯型 C₁₉-型二萜生物碱，实验表明了该 C₁₉-型二萜生物碱对许多人类致病真菌具有抑制作用，包括絮状表皮癣菌、白腐菌、黑曲霉等。翠雀花来源的生物碱也显示出抗病毒活性。Yang 等人[34]从 *Delphinium ajacis* 中分离得到的新型狼毒碱型 C₁₉-生物碱 ajacisines C-E 以及已知的生物碱 isodelectine，在体外展现出对呼吸道合胞病毒 (respiratory syncytial virus, RSV) 具有中等至微弱的抗病毒效果，IC₅₀ 值分别为 75.2、35.1、10.1 和 50.2 mM，而阳性对照(利巴韦林)的 IC₅₀ 值为 3.1 mM。从 *Delphinium grandiflorum* 分离得到的重排型 C₁₉-生物碱 grandiflodine B 也显示出对 RSV 的生长有微弱的抑制作用，IC₅₀ 值为 75.3 mM。

3.4. 镇痛作用与镇静作用

1991 年，张秀兰[35]等通过对醋酸引起的小鼠扭体反应的影响以及对小鼠热板法痛阈的影响这两个实验，发现川西翠雀花醇提取物 500 mg/kg 剂量下能够显著减少由醋酸引起的小鼠扭体次数，但其效果不如消炎药明显，并且能够极大地提高小鼠的痛阈。最佳镇痛作用时间为入药后 2 小时。通过使用热板法和扭体法试验，川西翠雀花醇提取物都显示出良好的镇痛效果，并且对外围疼痛也有良好的缓解作用。张秀兰等还通过对小鼠进行“针对小鼠自发活动的影响”、“针对戊巴比妥钠对睡眠时间的影响”和“针对阈下剂量戊巴比妥钠对睡眠率的影响”三个实验分别表明了 500 mg/kg 的川西翠雀花醇提取物戊

巴比妥钠可以明显的降低小鼠的自发活动、能够增强其对中枢神经系统的抑制作用，可以显著延长小鼠的睡眠时间以及明显的增高阈下剂量后的睡眠率。表明了川西翠雀花的醇提取物有着显著的镇静作用。

3.5. 抗癫痫

2001年, Mohsin Raza 等[36]进行了一项实验, 研究发现 *Delphinium denudatum* 的乙醇提取物对癫痫发作具有轻微的抗惊厥效果, 而该植物的水提取液则表现出较强的抗惊厥活性。这种药理机制可能是通过增强中枢神经系统中重要的抑制性神经递质传递功能来达到镇定安眠效果, 并且能够抑制大脑等组织的兴奋性。

3.6. 止血作用

费改顺等[37]用光果翠雀花的根粉及其水提取物和醇提取物对兔子动脉外敷出血部位进行止血, 结果表明, 光果翠雀花根粉有较好的止血作用, 效果优于云南白药, 但水提取物、醇提取物的效果一般, 具备一定的止血作用。

4. 结论

经过对翠雀属植物的化学成分和药理分析, 我们发现该属植物种类丰富, 其内在的活性价值不可估量。总之, 这些植物具有广阔的研究应用前景, 并且具备重要的经济和药用价值。这项研究对于中药的开发和创新具有重要意义, 为人类战胜各种疾病开辟了全新道路。

参考文献

- [1] 李玲, 孙明玉, 周涛, 等. 中国天然药物资源的研究现状与发展趋势[J]. 中国中医药现代远程教育, 2017, 15(15): 49-52.
- [2] 吴鹏程, 汪楣芝. 横断山区与台湾苔藓植物的热带亲缘[J]. 贵州科学, 2001(4): 6-9.
- [3] Pan, Y.J., Wang, R., Chen, S.N. and Chen, Y.Z. (1993) Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium caeruleum*. *Planta Medica*, **59**, 83-85. <https://doi.org/10.1055/s-2006-959611>
- [4] 张东博. 四种药用植物中生物碱类化学成分的结构及生物活性研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2015.
- [5] 何仰清, 马占营, 杨谦, 等. 秦岭翠雀花化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2009, 44(6): 415-417.
- [6] 谢思敏, 林朝展, 泽仁·达瓦, 等. 翠雀属植物化学成分及药理作用研究概况[J]. 今日药学, 2011, 21(4): 197-201.
- [7] Yin, T., Cai, L. and Ding, Z.J. (2020) An Overview of the Chemical Constituents from the Genus *Delphinium* Reported in the Last Four Decades. *RSC Advances*, **10**, 13669-13686. <https://doi.org/10.1039/D0RA00813C>
- [8] Shen, Y., Liang, W.J., Shi, Y.N., et al. (2020) Structural Diversity, Bioactivities, and Biosynthesis of Natural Diterpenoid Alkaloids. *Natural Product Reports*, **37**, 763-796. <https://doi.org/10.1039/D0NP00002G>
- [9] Shen, Y., Liang, W.J., Shi, Y.N., et al. (2022) Correction: Structural Diversity, Bioactivities, and Biosynthesis of Natural Diterpenoid Alkaloids. *Natural Product Reports*, **39**, 2338-2340. <https://doi.org/10.1039/D2NP90035A>
- [10] Ahmad, H., Ahmad, S., Ali, M., et al. (2018) Norditerpenoid Alkaloids of *Delphinium denudatum* as Cholinesterase Inhibitors. *Bioorganic Chemistry*, **78**, 427-435. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2018.04.008>
- [11] Ross, S.A., et al. (1991) Delatisine, a Novel Diterpenoid Alkaloid from *Delphinium elatum* L. *Tetrahedron*, **47**, 9585-9598.
- [12] Waller, G.R. and Burström, H. (1969) Diterpenoid Alkaloids as Plant Growth Inhibitors. *Nature*, **222**, 576-578. <https://doi.org/10.1038/222576a0>
- [13] Song, Z., Gao, C., Jiang, Q., et al. (2021) Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium forrestii* var. *Viride* and Their Anti-Inflammation Activity. *Phytochemistry*, **192**, Article ID: 112971. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112971>
- [14] 李信瑜. 拉萨翠雀花中化学成分及生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2023.
- [15] 胡瑞丹. 中甸翠雀花及木槿花中化学成分的分离与鉴定[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州中医药大学, 2022.
- [16] Yin, T., Yan, Y., Li, X., et al. (2021) Three New Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium tatsienense*. *Phytochemistry*

- Letters*, **41**, 142-146. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2020.11.017>
- [17] Yan, Y., Jiang, H., Yang, X., *et al.* (2022) Grandiflolines A-F, New Anti-Inflammatory Diterpenoid Alkaloids Isolated from *Delphinium grandiflorum*. *Frontiers in Chemistry*, **10**, Article 1012874. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.1012874>
- [18] Ablajan, N., Xue, W.J., Zhao, J.Y., *et al.* (2023) Two New C₁₉-Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium shawurense*. *Chemistry & Biodiversity*, **20**, e202200936. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200936>
- [19] Ahmad, S., Ahmad, M., Almeahmadi, M., *et al.* (2022) *In Vitro* and *in Silico* Investigation of Diterpenoid Alkaloids Isolated from *Delphinium chitralense*. *Molecules*, **27**, Article 4348. <https://doi.org/10.3390/molecules27144348>
- [20] Bitiş, L., Suezgec, S., Sözer, U., *et al.* (2007) Diterpenoid Alkaloids of *Delphinium buschianum* GROSSH. *Helvetica Chimica Acta*, **90**, 2217-2221. <https://doi.org/10.1002/hlca.200790229>
- [21] Wada, K., Chiba, R., Kanazawa, R., *et al.* (2015) Six New Norditerpenoid Alkaloids from *Delphinium elatum*. *Phytochemistry Letters*, **12**, 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2015.02.010>
- [22] Xue, W.J., Zhao, B., Ruzi, Z., *et al.* (2018) Norditerpenoid Alkaloids from *Delphinium pseudoaemulans* CY Yang et B. Wang. *Phytochemistry*, **156**, 234-240. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.09.010>
- [23] Zou, Y.S., Dawa, Z., Lin, C.Z., *et al.* (2019) New Amide Alkaloids from *Delphinium brunonianum*. *Fitoterapia*, **136**, Article ID: 104186. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.104186>
- [24] 郎宇曦, 马岩, 李斌, 等. 黄酮类化合物与其他化合物相互作用的研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 258-264.
- [25] 刘一杰, 薛永常. 植物黄酮类化合物的研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2016, 36(9): 81-86.
- [26] Tang, P., Chen, Q.H. and Wang, F.P. (2009) Atropurpuran, a Novel Diterpene with an Unprecedented Pentacyclic Cage Skeleton, from *Aconitum hemsleyanum* var. *Atropurpureum*. *Tetrahedron Letters*, **50**, 460-462. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2008.11.028>
- [27] Díaz, J.G., Marapara, J.L., Valdés, F., *et al.* (2005) Dianthramide Glucosides from Tissue Cell Cultures of *Delphinium staphisagria* L. *Phytochemistry*, **66**, 733-739. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.10.021>
- [28] Wang, F.P. and Yan, L.P. (2007) Campylopin from *Delphinium campylocentrum*, the First Hetidane C₂₀-Diterpene, Suggests a New Alkaloid Biogenetic Pathway. *Tetrahedron*, **63**, 1417-1420.
- [29] He, Y.Q., Ma, Z.Y., Wei, X.M., *et al.* (2010) Chemical Constituents from *Delphinium chrysotrichum* and Their Biological Activity. *Fitoterapia*, **81**, 929-931. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.06.008>
- [30] 海力马依·海米提, 赵波, Khayrulla Bobakulov, 等. 新疆道地药材中二萜类生物碱的核磁共振特征与抗肿瘤活性分析[J]. 中南药学, 2016, 14(4): 378-384.
- [31] Moujir, L., Seca, A.M.L., Silva, A.M.S., *et al.* (2007) Cytotoxic Activity of Lignans from *Hibiscus cannabinus*. *Fitoterapia*, **78**, 385-387. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.03.010>
- [32] González-Coloma, A., Reina, M., Guadaño, A., *et al.* (2004) Antifeedant C₂₀ Diterpene Alkaloids. *Chemistry & Biodiversity*, **1**, 1327-1335. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200490095>
- [33] Atta-ur-Rahman, Nasreen, A., Akhtar, F., *et al.* (1997) Antifungal Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium denudatum*. *Journal of Natural Products*, **60**, 472-474. <https://doi.org/10.1021/np960663n>
- [34] Yang, L., Zhang, Y.B., Zhuang, L., *et al.* (2017) Diterpenoid Alkaloids from *Delphinium ajacis* and Their Anti-RSV Activities. *Planta Medica*, **83**, 111-116. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107252>
- [35] 张秀兰, 周宏辉. 川西翠雀花药理作用研究[J]. 中药材, 1991(1): 40-42.
- [36] Raza, M., Shaheen, F., Choudhary, M.I., *et al.* (2001) Anticonvulsant Activities of Ethanolic Extract and Aqueous Fraction Isolated from *Delphinium denudatum*. *Journal of Ethnopharmacology*, **78**, 73-78. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00327-0](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00327-0)
- [37] 费改顺, 贾正平, 乔树洲, 等. 光果翠雀的止血镇痛作用[J]. 中国医院药学杂志, 2010, 30(11): 898-900.