

# 砂生槐生物碱成分测定、提取工艺及生物活性研究进展

赵年寿,纪鹏\*,魏彦明,武凡琳

甘肃农业大学动物医学院,兰州 730070

**摘要:**砂生槐是分布在我国西藏地区的一种重要药用植物,资源丰富,具有丰富的营养与药用价值,生物碱是其主要活性成分。为进一步了解砂生槐生物碱成分,探讨如何深入挖掘砂生槐作为药用资源的潜在优势,本文对其生物碱成分化学结构、含量测定、提取工艺、生物活性作用等方面的研究进行综述,为其药用价值的深入开发和利用提供依据。

**关键词:**砂生槐;生物碱;提取工艺;生物活性;营养价值

中图分类号:R932

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)9-1614-07

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.9.021

## Research progress in the determination, extraction process and biological activity of alkaloids from *Sophora moorcroftiana*

ZHAO Nian-shou, JI Peng\*, WEI Yan-ming, WU Fan-lin

College of Veterinary Medicine of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

**Abstract:** *Sophora moorcroftiana* is an important medicinal plant distributed in Tibet, China. It is abundant resources and rich in nutrition and medicinal value. Alkaloids are its main active ingredients. In order to further study the composition of alkaloid of *S. moorcroftiana* and explore how to excavate its potential advantages as a medicinal resource. This paper reviews the research advances of its alkaloid chemical structure, content determination, extraction technology and biological activity. The present review will provide a scientific basis for the further development and utilization of its medicinal value.

**Key words:** *Sophora moorcroftiana*; alkaloid; extraction technology; biological activity; nutritional value

砂生槐(*Sophora moorcroftiana*)又称“西藏狼牙刺”和“刺柴”,是生长于中国西藏地区的一种重要药用植物<sup>[1]</sup>,为豆科槐属,茎尖、多年生矮灌木,主要分布在海拔2 800~4 400 m、年降水量300~400 mm的河漫滩砂质荒地,在雅鲁藏布江河谷常成大片群落生长<sup>[2]</sup>。据藏药记载,砂生槐多以种子入药,常用于治疗湿热黄疸、白喉、痢疾等疾病<sup>[3]</sup>。现代药理学研究表明,生物碱成分氧化苦参碱具有抗氧化、抗炎、抗菌、抗病毒、抗肿瘤等广泛的药理作用<sup>[4]</sup>,而砂生槐作为槐属中所含氧化苦参碱等天然药物成分含量较高的药用植物<sup>[5,15]</sup>,因此对砂生槐生物碱药用价值的进一步深入研究具有重要意义。

砂生槐生物碱主要包括氧化苦参碱(oxyamtrine)、苦参碱(matrine)、槐果碱(sophocarpine)、氧化槐果碱(oxysophocarpine)、槐定碱(sophoridine)、金雀花碱(cytisine)<sup>[6]</sup>,其药理活性的研究主要涉及抑菌、抗肿瘤、增强机体免疫等方面<sup>[7,8]</sup>。但到目前为止,有关砂生槐生物碱作为治疗疾病的相关研究和药物甚为缺乏,为了能充分利用砂生槐所具有的药用价值及对潜在药用价值的进一步挖掘,因此,本文就对国内外有关砂生槐生物碱化学结构、含量测定、提取工艺及生物活性的研究进行综述。

### 1 砂生槐生物碱成分及测定方法

#### 1.1 砂生槐生物碱化学结构

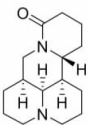
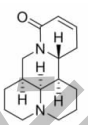
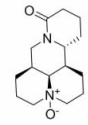
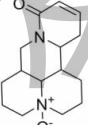
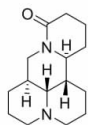

生物碱是存在于自然界中的一类含氮碱性有机化合物,为中草药中一类重要的天然产物活性成分,多数生物活性突出、成本低且低毒性。砂生槐的生物活性研究主要以生物碱成分为主,生物碱成分如表1所示<sup>[9-13]</sup>。

收稿日期:2020-03-31 接受日期:2020-07-16

基金项目:甘肃农业大学伏羲英才项目(Gaufx-02Y05);西藏自治区科技计划(XZ201901NA02);国家自然科学基金青年项目(31602102);国家肉牛/牦牛产业技术体系(CARS-37)

\*通信作者 Tel:86-931-7631229;E-mail:jip@gsau.edu.cn。

表1 砂生槐生物碱  
Table 1 Alkaloids of *S. moorcroftiana*

化合物 Compound	分子式 Molecular formula	结构式 Structure	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	结构式 Structure
苦参碱 Matrine	$C_{15}H_{24}N_2O$		槐果碱 Sophocarpine	$C_{15}H_{22}N_2O$	
氧化苦参碱 Oxymatrine	$C_{15}H_{24}N_2O_2$		氧化槐果碱 Oxysophocarpine	$C_{15}H_{22}N_2O_2$	
槐定碱 Sophoridine	$C_{15}H_{24}N_2O$		金雀花碱 Cytisine	$C_{11}H_{14}N_2O$	

## 1.2 砂生槐生物碱测定方法

砂生槐生物碱成分含量测定方法主要为高效液相色谱法和薄层色谱光密度法,由于高效液相色谱法在中草药活性成分含量测定中具有简便、快速、高效等特点,并能对一些高极性、高分子量和离子型的物质进行较好的分离和分析,因此被广泛用于生物碱含量的测定;而薄层色谱光密度法因操作繁琐、分离效能低等因素,已逐步被高效液相色谱法所替代,仅有少数研究者将高效液相色谱法和薄层色谱光密度法联合使用。

### 1.2.1 种子中生物碱含量测定

砂生槐种子是砂生槐生物碱的主要活性部位。Zhang 等<sup>[6]</sup>测定出砂生槐种子中的生物碱单体有苦参碱、氧化苦参碱、槐果碱、槐定碱和金雀花碱,其中氧化苦参碱的含量最高为 21%,槐果碱的含量最低,仅为 0.9%;Wang 等<sup>[10]</sup>对 10 个群体的 300 株砂生槐种子中的生物碱含量进行测定,检出砂生槐种子中的氧化苦参碱含量为 46.18 ~ 64.08 mg/g,苦参碱含量为 1.14 ~ 9.82 mg/g,槐果碱含量为 0.08 ~ 1.16 mg/g,未检出槐定碱成分,检出的单体成分主要为氧化苦参碱,其含量占总生物碱的 90%;Hu 等<sup>[11]</sup>采用响应面优化设计法对生物碱的提取进行优化,经优化后生物碱提取物中的氧化苦参碱、苦参碱、槐果碱、槐定碱的含量分别为 59.37、15.35、0.99、0.26  $\mu\text{g/g}$ ;Yuan 等<sup>[12]</sup>从砂生槐种子中分离并鉴定出氧化苦参碱、苦参碱、槐果碱和氧化槐果碱单

体成分;Ma 等<sup>[13]</sup>通过建立双模板分子印迹固相萃取-高效液相色谱-串联质谱(MISPE-HPLC-MS/MS)方法,对砂生槐种子中的苦参碱、氧化苦参碱和槐果碱进行同步提取、分离和鉴定,通过该方法测定出砂生槐种子中的氧化苦参碱和苦参碱含量为 3 793.88 和 1 828.25  $\mu\text{g/g}$ ;由此可见,砂生槐种子中的主要生物碱单体为氧化苦参碱和苦参碱。

### 1.2.2 不同产地不同采收期生物碱含量测定

Wang 等<sup>[14]</sup>通过对山南地区、日喀则地区和曲水县 5 ~ 8 月份砂生槐花、茎、叶及种子中苦参碱与氧化苦参碱含量的分布进行比较和分析,结果发现日喀则地区七月份种子中的氧化苦参碱含量最高为 51.125 mg/g,山南地区五月份叶中的氧化苦参碱含量最高为 30.5 mg/g,曲水地区五月份花中的氧化苦参碱含量最高为 39.3 mg/g,苦参碱含量最高的地区为日喀则七月份种子,含量为 24.48 mg/g;种子宜采收的最佳时间为 7 月,叶子采摘时间为 6 ~ 7 月。由此可见,砂生槐不同产地、不同采收期和不同部位的氧化苦参碱和苦参碱含量存在差异性。

### 1.2.3 不同槐属植物的不同部位生物碱含量测定

Cui 等<sup>[5]</sup>通过对苦参、苦豆子、柔枝槐、砂生槐四种槐属植物中的生物碱含量进行比较。发现,苦参中的根、根皮、果实总生物碱含量最高,其次为砂生槐,在四种槐属植物中,砂生槐种子中氧化苦参碱单体含量最高达到 1.640%,砂生槐和柔枝槐中均未检出槐定碱单体成分;此外,四种槐属植物的果

实、根、根皮中生物碱含量表现为:果实:氧化苦参碱 > 氧化槐果碱 > 苦参碱 > 槐果碱;根:氧化苦参碱 > 苦参碱 > 氧化槐果碱 > 槐果碱;根皮:氧化苦参碱 > 苦参碱;Zhou 等<sup>[15]</sup>通过对苦豆子、苦参种子、白刺花种子和砂生槐种子中的生物碱含量进行测定,结果表明,生物碱成分主要为氧化苦参碱和苦参碱单体,其中砂生槐种子中氧化苦参碱含量最高,平均含量达到 4.69%。

综上所述,砂生槐不同部位、产地、采收期的生

物碱单体成分主要为氧化苦参碱、苦参碱。砂生槐作为槐属植物中的一种,有较为丰富的氧化苦参碱单体成分,尤其是以砂生槐种子中的氧化苦参碱单体含量最为丰富。因此,砂生槐可作为后期研究生物活性成分氧化苦参碱的主要原料来源。另外,砂生槐生物碱含量的测定研究对象主要以种子为主,对不同产地、部位的研究甚少,含量测定方法主要以高效液相色谱法和薄层色谱光密度法为主。表 2 为砂生槐不同产地、部位、采收期生物碱含量的测定方法。

表 2 砂生槐不同产地、部位、采收期生物碱含量的测定方法

Table 2 Method for determination of alkaloids in different producing areas, parts and harvest periods of *S. moorcroftiana*

生物碱来源 Source of alkaloids	检测方法/仪器 Testing method/ instrument	检出成分 Detected ingredient
种子 <sup>[10]</sup> Seed	Waters 2695 高效液相色谱仪;色谱柱 Waters Xterra TM RP C <sub>18</sub> (150 mm × 3.9 mm, 5 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)
种子 <sup>[11]</sup> Seed	Agilent 1200 高效液相色谱仪;色谱柱 Diamonsil C <sub>18</sub> (250 mm × 4.6 mm, 3 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)、槐定碱 (sophoridine)
种子 <sup>[6]</sup> Seed	薄层光密度法/LC-20A 高效液相色谱仪;色谱柱 VP-ODS (150 mm × 4.6 mm, 5 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)、槐定碱 (sophoridine)、金雀花碱 (cytisine)
种子 <sup>[12]</sup> Seed	硅胶柱层析、凝胶柱层析、薄层层析法	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)、氧化槐果碱 (oxysophocarpine)
种子 <sup>[13]</sup> Seed	模板分子印迹固相萃取-高效液相色谱-串联质谱	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)
苦参、苦豆子种子、白刺花种子、砂生槐种子 <sup>[15]</sup> <i>Sophora flavescens</i> , <i>Sophora alopecuroides</i> seeds, <i>Sophora viciifolia</i> seeds, <i>Sophora moorcroftiana</i> seeds	Waters 515 高效液相色谱仪;色谱柱 Li-chrospher_Pheccda C <sub>8</sub> (150 mm × 4.6 mm, 5 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)
苦参、苦豆子、砂生槐、柔枝槐 <sup>[5]</sup> <i>Sophora flavescens</i> , <i>Sophora alopecuroides</i> , <i>Sophora moorcroftiana</i> , <i>Sophora subprostrata</i>	薄层光密度法	氧化苦参碱 (oxymatrine)、氧化槐果碱 (oxysophocarpine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)
果实、根、根皮 <sup>[5]</sup> Fruit, root, root bark	薄层光密度法	氧化苦参碱 (oxymatrine)、氧化槐果碱 (oxysophocarpine)、苦参碱 (matrine)、槐果碱 (sophocarpine)
花、茎、叶、种子 <sup>[14]</sup> Flowers, stems, leaves, seeds	LC-20AT 高效液相色谱仪;色谱柱 SHIMADZU-C <sub>18</sub> (150 mm × 4.6 mm, 5 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)
山南、日喀则、曲水 <sup>[14]</sup> Shannan, Xigaze, Qushui	LC-20AT 高效液相色谱仪;色谱柱 SHIMADZU-C <sub>18</sub> (150 mm × 4.6 mm, 5 μm)	氧化苦参碱 (oxymatrine)、苦参碱 (matrine)

## 2 砂生槐生物碱提取工艺研究

提取工艺是中药中天然成分及其药理作用研究的重要基础,选用适当的溶剂结合高效的提取工艺,才能快速获得更多的目标活性成分。砂生槐生物碱的提取工艺主要涉及单因素结合响应面法、单因素结合正交试验法,而提取的溶剂多为乙醇、水及醋酸水,正交试验设计和响应面设计相比较而言,虽然对

分析单个因素的影响结果表现一致,但响应面在最佳提取工艺筛选方面优于正交设计试验设计<sup>[16]</sup>。

### 2.1 单因素结合正交试验

Bai 等<sup>[17]</sup>以醋酸水为溶剂,以浸膏率和苦参碱提取率为评价指标,考察了酸水浓度、料液比、提取时间、提取次数对提取物中生物碱含量的影响。结果表明:变量中以醋酸水浓度因素影响最大,其次为

料液比、提取时间,最佳提取工艺条件为:药材 6 倍量的酸水、酸水浓度 2%、提取次数 2 次、每次回流时间 1 h,该条件下得到生物碱浸膏率 11.262 9%,苦参碱得率 10.84%;Min 等<sup>[18]</sup>以乙醇为提取溶剂,考察了粒径、料液比、提取时间、乙醇浓度对提取液中生物碱含量的影响,结果表明:变量中以提取时间因素影响最大,其次为料液比、粒径、乙醇浓度,最佳提取工艺条件为:60 目粒径,15 倍量 70% 乙醇,60 ℃ 加热提取 2 次,每次提取时间 1 h,该条件下得到氧化苦参碱、苦参碱、槐定碱、槐果碱的含量分别为 80.10、19.60、9.26、3.92 μg/g。

## 2.2 单因素结合响应面

Hu 等<sup>[11]</sup>以粒径、料液比、提取时间、乙醇浓度为变量,氧化苦参碱、槐果碱、槐定碱和苦参碱含量为指标,考察变量对生物碱含量的影响,结果表明:变量中粒径和料液比的影响最大,获得最佳提取工艺条件为:50 目粒径、料液比 1:18.85、提取时间 1 h、乙醇浓度 88.9%,该条件下得到总生物碱 12.59 mg/g。

## 2.3 酸水液冷浸-有机溶剂萃取

Zhang 等<sup>[6]</sup>采用酸水液冷浸-有机溶剂萃取法,测得砂生槐中氧化苦参碱、苦参碱、槐果碱的含量分别为 22%、9.3%、0.95%;Ma 等<sup>[32]</sup>用酸水液冷浸-有机溶剂萃取法成功获取了生物碱中的亲脂性总生物碱。

## 3 砂生槐生物碱的生物活性研究

近年来,随着对生物碱生物活性的不断深入研究,发现氧化苦参碱、苦参碱、槐果碱和氧化槐果碱等单体成分对植物病原、动物病原及人体疾病具有多种生物活性,主要涉及抑菌、抗炎、抗肿瘤、抗肝损伤和增强免疫等方面<sup>[19-25]</sup>,而以砂生槐生物碱为研究对象的生物活性研究主要以种子生物碱抗寄生虫(如包虫病)、抗癌/肿瘤为主,而对抑菌、抗肝损伤方面的研究甚少。

### 3.1 抑菌生物活性研究

Ma 等<sup>[26]</sup>研究表明,亲脂性总生物碱对植物病原细菌和真菌均有抑制作用,对植物病原细菌丁香假单胞菌的最低抑菌浓度达到 5.3 mg/mL,马铃薯软腐病菌 E 的最低抑菌浓度为 30.77 mg/mL,对植物病原真菌核果假尾孢、褐孢霉、茄葡柄霉有明显的抑制作用;通过进一步的研究还发现,砂生槐种子的生物碱浓度在 0.02 mg/mL 时对金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌和大肠埃希菌的生长繁殖有抑制作

用,且抑制效果随浓度呈现正相关。据此推断,砂生槐不仅对植物病原菌和真菌有抑制作用,而且极有可能对细菌性的疾病也有治疗效果,这也为治疗细菌性疾病药物的研发提供新的途径。

### 3.2 抗寄生虫生物活性研究

#### 3.2.1 体内包虫病治疗

Pan 等<sup>[27]</sup>对不同治疗组与空白组的血清相关免疫因子变化进行比较,发现砂生槐生物碱和阿苯达唑的联合用药治疗效果显著,砂生槐生物碱能调节 IL-2 和 IL-10 的表达,抑制 IgE 的分泌,通过提高胸腺指数和脾脏指数从而提高小鼠的免疫力,联合用药还能够提高小鼠的免疫力和减轻药物对肝的毒性损伤;Zhang 等<sup>[28]</sup>研究表明,联合用药治疗包虫病可能是通过诱导 C3、C4、C5、SERPINA1 和 SERPINC1 蛋白补体活化来达到治疗效果。此外还发现,联合用药不仅能有效抑制寄生虫感染还能降低阿苯达唑引起的肝损伤;Zhang 等<sup>[29]</sup>研究发现,砂生槐种子生物碱与卡介苗联合用药对包虫病具有良好的治疗效果,其抑制率达到 76.1%,Th1 和 Th2 细胞介导的免疫应答在细粒棘球绦虫感染晚期较弱,联合用药组与空白组相比,血清中的 IL-4 水平均有升高趋势,这提示在治疗后,少数的 Th2 细胞被原头蚴抗原激活,以此来清除靶细胞;Bao 等<sup>[30]</sup>研究表明,砂生槐生物碱和阿苯达唑联合用药能够对棘球蚴的超微结构造成坏死性,并且对细粒棘球蚴的抑囊率达到 76.1%。

#### 3.2.2 体外包虫病治疗

Luo 等<sup>[31,32]</sup>从乙醇提取物、水溶性生物碱提取物、粗提取物中筛选出水溶性生物碱 E2(0.5 mg/mL)对秀丽隐杆线虫有较强的杀灭作用,E2 组分 E2-a 浓度在 8 mg/mL 下对线虫的行为、繁殖以及寿命有明显的抑制作用,其抑制效果与时间呈现正相关;通过进一步的研究还发现,用含有苦参碱和槐果碱的低极性 E2-a 治疗继发感染 20 周原头节小鼠 6 周,E2-a 处理组与未处理组相比,处理组囊重显著降低(平均为 2.93 g),包囊超微结构受损,还可导致 CD3<sup>+</sup>CD4<sup>+</sup>T 细胞亚群频率显著增加,CD3<sup>+</sup>PD-1<sup>+</sup>T 细胞亚群频率降低;由此推断 E2-a 组分可通过降低 PD-1 的表达来促进抗原特异性 T 细胞分泌细胞因子,从而抑制的包囊发育以此来增强特异性免疫应答;Ma 等<sup>[33]</sup>研究表明,砂生槐生物碱在 0.75~6.00 mg/mL 能够对细粒棘球绦虫原头蚴产生杀灭作用,并且杀灭作用随浓度的增加呈现上升趋势,

用 6.00 mg/mL 浓度处理 7 天,死亡率达到 100%,治疗效果显著优于阿苯达唑。

目前使用阿苯达唑药物治疗包虫病虽有较好的疗效,但是阿苯达唑有较为严重的副作用(肝损伤),以上研究表明,砂生槐生物碱和阿苯达唑联合用药不仅能对包虫病的治疗起到良好的效果,还能减轻因阿苯达唑单独使用所带来的副作用。因此砂生槐和阿苯达唑的联合用药为后期包虫病的感染治疗提供了新的思路,并且砂生槐可能会成为后期治疗包虫病的有效备选药物。

### 3.3 肝损伤治疗生物活性研究

Min 等<sup>[18]</sup>研究发现,砂生槐总生物碱对  $\text{CCl}_4$  诱导的肝纤维化具有治疗效果,高剂量组能够使血清中的 miRNA-181b 表达显著下降,使血清中 miRNA-16、miRNA-200a 和 miRNA-126 表达显著上升,各个指标均与时间呈现正相关关系,从中可推断砂生槐总生物碱对肝纤维化的疗效可能与作用于肝星状细胞有关。

### 3.4 抗癌/肿瘤生物活性研究

现代药理学研究表明,氧化苦参碱成分对肿瘤细胞的增殖、侵袭和转移能力有明显的抑制作用,还能诱导肿瘤细胞发生自噬、逆转肿瘤细胞的多耐药性等药理作用<sup>[34]</sup>,砂生槐中具有较丰富的氧化苦参碱成分,这将可能使砂生槐成为癌症/肿瘤疾病治疗的关键药物之一。

#### 3.4.1 体外抗癌/肿瘤

Su 等<sup>[35]</sup>研究发现,砂生槐种子醇提取物对肝癌 HepG2 细胞有明显的增殖抑制作用。采用浓度 1.30 mg/mL 的醇提取物处理 HepG2 细胞时,S 期细胞比例突出明显,且 HepG2 细胞的生长抑制与醇提取物剂量及时间存在依赖性,通过抑制 HepG2 细胞的生长来增加 S 期细胞周期阻滞,同时减少 G1 和 G2 期细胞数量,从而达到抑制肿瘤生长;Ma 等<sup>[36-38]</sup>研究发现砂生槐水提取物、对胃癌 SGC-7901 细胞系的半数致死量 (LC50) 为 41.7 mg/mL,95% 乙醇提取物对胃癌 SGC-7901 细胞增殖抑制作用较强;砂生槐生物碱浓度由 0.6 mg/mL 增加到 4.8 mg/mL 时,SGC-7901 胃癌细胞的增殖抑制能力越强,SGC-7901 胃癌细胞的增殖抑制、诱导细胞系凋亡的作用与浓度、时间存在依赖关系;砂生槐生物碱对肺腺癌细胞 (SPC-A-1、GLC-82) 的增殖抑制作用呈一定的量效关系,并且效果会随作用时间延长而增强。

#### 3.4.2 体内抗癌/肿瘤

体内抗癌/肿瘤的研究仅有 Ma 等<sup>[39]</sup>进行过研究,该研究表明 95% 乙醇提取 (800 mg/kg) 对 S180 肉瘤抑制效果最显著,抑制率 28.1%;醇提取物通过破坏 S180 肉瘤结构与促进淋巴细胞浸润来达到抑制 S180 肉瘤的生长。

### 4 砂生槐营养价值

砂生槐种子中不仅富含较为丰富的生物碱成分,而且还富含较为丰富的蛋白质、脂肪酸和氨基酸等成分,这些成分的相关研究有利于砂生槐营养价值的开发,这在一定程度上也能促进当地经济发展。

Xue 等<sup>[40]</sup>研究发现,砂生槐中含有 17 种氨基酸成分,总量高达 24.53%;Xu 等<sup>[41]</sup>研究表明,砂生槐中脂肪酸含量占种子油总量的 98.41%,其中含有饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸(亚油酸和油酸),亚油酸和油酸含量高达 89.96%,不饱和脂肪酸有很高的营养价值和市场价值;Li 等<sup>[42]</sup>研究表明,砂生槐中富含蛋白质、脂肪和 17 种氨基酸,其中蛋白质含量高达 30.60%,要比其嫩枝中蛋白质平均含量高 8.72%,而比藏小麦和藏青稞高近 3 倍;粗脂肪要比禾谷类种子高 2~3 倍,此外还发现 17 种氨基酸中谷氨酸含量为 1.86%,精氨酸含量为 1.26%,二者可显著调节人体植物性神经紊乱症状,并具有显著的抗肝昏迷效果。

### 5 结语

本文对砂生槐生物碱成分的化学结构、测定方法、提取工艺及生物活性方面的近期文献进行了详细综述,从砂生槐生物碱含量的研究方面来看,氧化苦参碱和苦参碱是砂生槐生物碱中含量最多的单体成分,与其它槐属植物相比较,砂生槐种子中有更为丰富的氧化苦参碱单体成分;从提取工艺方面来看,正交设计是一种利用线性模型来设计的方法,可以筛选出不同因素水平的最佳组合,但只能分析离散型数据,精确度不高,而响应面分析法采用非线性模型设计,依托高精度的回归方程来进行筛选。虽然正交试验和响应面法在分析单个因素的影响结果时表现一致,但在最佳提取工艺筛选方面,响应面优化设计方法明显优于正交设计试验方法,因此,响应面优化设计可以作为砂生槐生物碱的提取工艺优化方法;从生物活性方面来看,目前砂生槐生物碱的生物活性研究主要集中在寄生虫及肿瘤细胞的杀伤作用方面,其它方面的生物活性研究较少,但现有生物碱活性方面的研究能为肝损伤的修复,细菌性疾病、寄

生虫疾病、肿瘤疾病的治疗提供新的参考依据;从营养价值方面来看,砂生槐具有较为丰富的不饱和脂肪酸、蛋白质、脂肪和多种氨基酸,不但能作为典型的高蛋白植物资源,而且还可作为一种极好的畜禽健康养殖饲料替代物。

综上所述,砂生槐是一种极具开发前景的药用植物资源,对砂生槐中生物碱天然成分的成分分析、工艺提取、生物活性的研究具有重要意义。在生物碱提取过程中,应当首选响应面优化设计方法;针对生物碱成分的鉴定,除借助高效液相色谱法和薄层色谱光密度法对生物碱组分进行定量和定性分析之外,还应当努力寻求并建立更加高效、灵敏、便捷的检测方法;生物活性方面的研究仍需从抗氧化、抗炎、抑菌、抗病毒、抗癌等方面出发,以便能深入研究砂生槐生物碱的生物活性作用及机制,以期为砂生槐的质量控制提供参考,为其所含天然产物的研究与开发提供依据。

#### 参考文献

- 1 Lin SM. *Sophora moorcroftiana* in Tibet[J]. Pratacult Sci( 草业科学),2002,19:34.
- 2 Xu YY. A preliminary study on the nutritional ingredients of *Sophora moorcroftiana* in Tibet[J]. J Nat Resour( 自然资源学报),1992,7:379-382.
- 3 Editorial Board of Chinese Medical Encyclopedia. Chinese Medical Encyclopedia · Tibetan Medicine( 中国医学百科全书 · 藏医学)[M]. Shanghai:Shanghai Scientific & Technical Publishers,1999:204.
- 4 Zhang JZ, et al. Advances in pharmacological studies of oxymatrine[J]. Guangdong Chem Ind( 广东化工),2019,46:119-120.
- 5 Cui JF, et al. Analysis of alkaloids in *Sophora flavescens* and other *Sophora*[J]. Bull Chin Mater Med( 中药通报),1986,11:38-39.
- 6 Zhang L, et al. Total alkaloid *Sophora moorcroftiana* seed assayed by TLC and HPLC[J]. J Pharm Anal( 药物分析杂志),2008,28:1071-1074.
- 7 Tian WH, et al. Effects of aqueous extracts from *Sophora moorcroftiana* on cellular immunological functions in the immunosuppressive mice[J]. Nat Prod Res Dev( 天然产物研究与开发),2009,21:477-479.
- 8 An FY, et al. The effect of aqueous extracts of *Sophora moorcroftiana* on immune function in immunosuppressive mice induce by cyclophosphamide[J]. Lishizhen Med Mater Med Res( 时珍国医国药),2008,12:359-361.
- 9 Wang SY. Chemical constituents against drug-resistant staphylococcus aureus from *Sophora moorcroftiana* and *Rheum officinale*[D]. Shanghai:Fudan University( 复旦大学),2014.
- 10 Wang YT, et al. Analysis on contents and correlation of alkaloids in *Sophora moorcroftiana* of different growing populations in Tibet[J]. Acta Bot Bor-Occid Sin( 西北植物学报),2018,38:1913-1917.
- 11 Hu CH, et al. Box-behnken response surface methodology for optimizing extraction process of total alkaloids from *Sophora moorcroftiana*[J]. Chin Tradit Pat Med( 中成药),2016,38:2063-2066.
- 12 Yuan RY, et al. Study on chemical constituents of *Sophora moorcroftiana*[J]. J Tibet Univ;Nat Sci( 西藏大学学报:自科版),2016,31(2):73-77.
- 13 Ma XB, et al. Extraction and identification of matrine-type alkaloids from *Sophora moorcroftiana* using double-templated molecularly imprinted polymers with HPLC-MS/MS[J]. J Sep Sci,2018,41:1691-1703.
- 14 Wang JL, et al. Comparing sophocarpidine and ammothamine contents in flower, stem, leaf and seed of sophora at different harvesting time and different region in Tibet[J]. J Tibet Univ;Nat Sci( 西藏大学学报:自科版),2012,27(1):28-31.
- 15 Zhou JH, et al. Quantitative analysis of oxymatrine and qualitative analysis of the other three alkaloids in the four kinds of seeds of leguminous plants[J]. Northwest Pharm J( 西北药学杂志),2012,27:11-13.
- 16 Zhang Y, et al. Comparison of the optimized hydrolysis processing for bone extract obtain by orthogonal and response surface design experiments[J]. Food Res Dev( 食品研究与开发),2012,33(7):53-56.
- 17 Bai MYJ. Extraction process of matrine in *Sophora moorcroftiana* by orthogonal test of acid water[J]. Tibet Sci Technol( 西藏科技),2016(3):69-72.
- 18 Min H, et al. Optimization of extraction technology of total alkaloids from *Sophora moorcroftiana* based on multi index comprehensive detection and its mechanism of anti-hepatic fibrosis[J]. Guid J Tradit Chin Med Pharm( 中医药导报),2018,24(10):14-18.
- 19 Liu Y, et al. Anti-tumor activities of matrine and oxymatrine: literature review[J]. Tumor Biol,2014,35:5111-5119.
- 20 Huang YJ, et al. Sophocarpine inhibits the growth of gastric cancer cells via autophagy and apoptosis[J]. Front Biosci,2019,24:616-627.
- 21 Zhang JW, et al. *In vitro* inhibitory effects of sophocarpine on human liver cytochrome P450 enzymes[J]. Xenobiotica,2019,49:1127-1132.

- 22 Jiang ZY, et al. Sophocarpine attenuates LPS-induced liver injury and improves survival of mice through suppressing oxidative stress, inflammation, and apoptosis [J]. *Mediat Inflamm*, 2018, 2018; 5871431.
- 23 Xu ZH, et al. Sophoridine induces apoptosis and S phase arrest via ROS-dependent JNK and ERK activation in human pancreatic cancer cells [J]. *J Exp Clin Canc Res*, 2017, 36: 124.
- 24 Liu J, et al. Sophoridine suppresses inflammatory cytokine secretion by lipopolysaccharide-induced RAW264.7 cells and its mechanism [J]. *Cell Mol Immunol*, 2015, 31: 585.
- 25 Gao XB, et al. Matrine attenuates endoplasmic reticulum stress and mitochondrion dysfunction in nonalcoholic fatty liver disease by regulating SERCA pathway [J]. *J Transl Med*, 2018, 16(1): 319.
- 26 Ma XM, et al. The determination of bacteriostasis and insecticidal activity of alkaloids from *Sophora moorcroftiana* seeds [J]. *Chin J Biol Control* (中国生物防治学报), 2005, 21(3): 183-186.
- 27 Pan RC, et al. A study on treatment of secondary hepatic hydatid disease in mice with alkaloids extracted from *Sophora moorcroftiana* seeds [J]. *J Patho Bio* (中国病原生物学杂志), 2018, 13: 254-258.
- 28 Zhang FB, et al. The investigation of the effect and mechanism of *Sophora moorcroftiana* alkaloids in combination with albendazole on echinococcosis in an experimental rats model [J]. *Evid-Based Compl Alt*, 2018, 2018; 3523126.
- 29 Zhang G, et al. *In vivo* evaluation of the efficacy of *Sophora moorcroftiana* alkaloids in combination with Bacillus Calmette-Guérin (BCG) treatment for cystic echinococcosis in mice [J]. *J Helminthol*, 2017, 92: 681-686.
- 30 Bao GS, et al. Preliminary observation on the effect of *Sophora moorcroftiana* alkaloids against echinococcus granulosus in mice [J]. *Chin J Parasitol Parasitic Dis* (中国寄生虫学与寄生虫病杂志), 2005, 23: 471-472.
- 31 Luo YP, et al. Anti-parasitic effects of water-soluble alkaloid fractions from ethanolic extracts of *Sophora moorcroftiana* seeds in *Caenorhabditis elegans* [J]. *Chin J Nat Med*, 2018, 16: 665-673.
- 32 Luo YP, et al. Therapeutic and immunoregulatory effects of water-soluble alkaloids E2-a from *Sophora moorcroftiana* seeds as a novel potential agent against echinococcosis in experimentally protoscolex-infected mice [J]. *Vet Res*, 2018, 49: 100.
- 33 Ma XM, et al. The study on killing protoscolex activity and anti-inflammatory of alkaloids extracted from *Sophora moorcroftiana* seeds [J]. *Chin J Parasitic Dis* (中国寄生虫病防治杂志), 2004, 17: 217-219.
- 34 Cao J, et al. Research progress and prospect on antitumor mechanism of matrine and oxymatrine [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2019, 50: 753-760.
- 35 Su G, et al. Anti-proliferation effects of ethanolic extracts from *Sophora moorcroftiana* seeds on human hepatocarcinoma HepG2 cell line [J]. *Nat Prod Lett*, 2018, 32: 1472-1475.
- 36 Ma XM, et al. Antimicrobial and cytotoxic activity of extracts from *Sophora moorcroftiana* seeds *in vitro* [J]. *Nat Prod Res* (天然产物研究与开发), 2008, 20: 888-891.
- 37 Ma XM, et al. Apoptosis in SGC-7901 cells induced by alkaloids from *Sophora moorcroftiana* seed [J]. *Chin Tradit Pat Med* (中成药), 2004, 26: 654-657.
- 38 Ma XM, et al. A study on bacteriostasis and inhibiting tumour cell proliferative activity of alkaloids from *Sophora moorcroftiana* seed [J]. *J Lanzhou Univ; Nat Sci* (兰州大学学报: 自然科学版), 2003, 39(6): 74-77.
- 39 Ma XM, et al. Antitumor effects of ethanolic extracts from *Sophora moorcroftiana* seeds in mice [J]. *Iran Red Crescent Me*, 2009, 11(1): 18-22.
- 40 Xue JZ, et al. A brief introduction of *Caragana korshinskii*, *Haloxylon ammodendron* and *Sophora moorcroftiana* and research progress on their feeding value [J]. *Anim Husb Feed Sci* (畜牧与饲料科学), 2018, 39(10): 40-43.
- 41 Xu SW, et al. Study on fatty acids in *Sophora moorcroftiana* seeds [J]. *Res Pract Chin Med* (现代中药研究与实践), 2013, 27(5): 9-11.
- 42 Li YX. Biological characteristics and integrated utilization of *Sophora moorcroftiana* [J]. *Resour Sci* (资源科学), 1993, 8(5): 75-79.