

# 山蚂蝗属种质资源多样性及饲用价值研究进展

沙曜,段新慧\*,李屏贤,李想  
云南农业大学动物科学技术学院,昆明 650201

**摘要** [目的]评估山蚂蝗属(*Desmodium* Desv.)野生种质资源的多样性及其作为优质牧草资源的药用及饲用价值,为山蚂蝗属植物在饲喂动物和推广利用的进一步研究提供基础。[方法]通过查阅中国知网近20年的相关文献资料,系统分析了不同种质的山蚂蝗属植物资源现状、遗传多样性、化学成分及饲用价值研究进展。[结果]山蚂蝗属种质资源具有丰厚的生物多样性和良好的饲用潜力,对环境适应能力强、用途广泛、营养价值较高,是开发利用潜力较大的一种豆科牧草,适合作为新型饲料资源在动物养殖中应用。[结论]应加强引种驯化、选育优质的山蚂蝗属种质资源、发掘更全面的饲用价值并科学合理利用,实现其在现代养殖业中的广泛应用。

**关键词** 山蚂蝗属;种质资源;遗传多样性;饲用价值;牧草资源

## Progress on studying the diversity of germplasm and the forage value in *Desmodium* Desv. plants

SHA Yao, DUAN Xinhui\*, LI Pingxian, LI Xiang

College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China

**Abstract** [Objectives]The diversity of wild germplasm in *Desmodium* Desv. and its value of medicine and feeding as resources of forage with high-quality were evaluated to provide a basis for the further studies on feeding animals and promoting the utilization of *Desmodium* Desv. plants.[Methods]The status, genetic diversity, chemical composition, and the value of feeding in germplasm of *Desmodium* Desv. were systematically analyzed by reviewing relevant literature from China National Knowledge Infrastructure (CNKI) over the past 20 years.[Results]The germplasm of *Desmodium* Desv. has abundant biodiversity and good potential of feeding. *Desmodium* Desv. plants have strong adaptability to the environment, wide applications, and high nutritional value. They are a legume forage with great potential for development and utilization, and are suitable as a new type of feed for animal husbandry. [Conclusions]The introduction and domestication of *Desmodium* Desv. should be strengthened, germplasm of *Desmodium* Desv. with high-quality should be selected, more comprehensive value of feeding should be mined to scientifically and reasonably utilize this kind of feeding to achieve its widespread application and sustainable development in modern animal husbandry.

**Keywords** *Desmodium* Desv.; germplasm; genetic diversity; value of feeding; resources of forage

收稿日期:2024-08-21

基金项目:云南省农业基础研究联合专项(202301BD070001-261);云南省创新引导与科技型企业培育计划(202204BI090001)

作者简介:沙曜,女,2000年生,硕士。\*通信作者:段新慧,女,1976年生,硕士,副研究员。

山蚂蝗属是豆科蝶形花亚科一年生或多年生草本或灌木植物,分布于热带及亚热带地区,因其营养价值丰富<sup>[1]</sup>、用途广泛,是我国开发和利用潜力较大的一种豆科牧草资源<sup>[2-5]</sup>。山蚂蝗在农业生态中具备多种应用潜力:其根瘤菌可进行生物固氮<sup>[6]</sup>,提高土壤肥力;在果园管理中可以用作绿肥覆盖、果园间作<sup>[7]</sup>,促进土壤改良;在园林绿化中,也能为城市绿化提供新的选择和可能性。部分山蚂蝗属植物具有较高的药理作用,其中富含生物碱、黄酮等化学成分,具有消炎<sup>[8]</sup>、镇痛<sup>[9]</sup>、清热解毒<sup>[10]</sup>作用,是良好的中药材<sup>[11]</sup>。这些特点共同反映了山蚂蝗作为一种多功能植物的广泛应用前景。

迄今为止,国内外对于山蚂蝗属的研究主要集中在植物学方面的遗传多样性分析、营养成分的分析、饲用与药用价值研究等方面<sup>[4,12-15]</sup>。国内对于山蚂蝗属种质的品种选育研究较少,目前仅有 1 个国家品种“热研 16 号”卵叶山蚂蝗,优异种质资源较少;山蚂蝗作为热带及亚热带地区极具潜力的豆科牧草,多数研究表明其蛋白质含量较高,但是对山蚂蝗属饲草加工、饲喂价值方面的研究较少。所以高效利用现有山蚂蝗属牧草资源、发掘更多优质的种质资源、探索更全面的饲用价值就具有重要意义。

本文重点综述山蚂蝗属种质资源的现状、遗传多样性研究进展及饲用价值研究进展,为山蚂蝗属野生种质鉴定、优质种质创新、饲用价值提升等方面提供科学和实用的参考依据,以期进一步加快山蚂蝗属作为豆科牧草的开发利用进程。

## 1 山蚂蝗种质资源现状

山蚂蝗属植物种质资源在我国热带和亚热带地区分布广泛,是重要的豆科牧草之一,分析其种质资源的现状对于开发、鉴定及有效利用这些资源至关重要,并且能为山蚂蝗属新品种的选育奠定坚实的理论基础。山蚂蝗属是一种豆科蝶形花亚科植物,据统计,全属约 350 种<sup>[16-17]</sup>;在我国,主要生长在南部和西南部地区<sup>[18]</sup>,我国有 27 种 5 变种<sup>[2-5,16-17]</sup>,当前有 16 种、300 多份山蚂蝗种质资源保存于中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所热带牧草中心<sup>[19]</sup>,常见的种有长波叶山蚂蝗、小槐花、大叶山蚂蝗、三点金、卵叶山蚂蝗、假地豆、广东金钱草等<sup>[11]</sup>。我国海南、广东、云南等省份自 1980 年开始

陆续引进来自澳大利亚及哥伦比亚等多个国家的山蚂蝗属牧草品种<sup>[2]</sup>,自此,我国开始展开对山蚂蝗属植物的研究。

山蚂蝗属植物在较多农业领域应用广泛、表现出色,可用作饲料<sup>[2]</sup>、绿肥<sup>[20]</sup>;在生态环境保护领域,可用作公路的护坡植被,有效防止水土流失<sup>[21]</sup>;在改良天然草地方面可以提高草地质量,促进生态恢复<sup>[22]</sup>;某些山蚂蝗属植物(如小槐花<sup>[10]</sup>、肾叶山蚂蝗<sup>[23-25]</sup>等)具有清热解毒的药效,流传于傣、壮、瑶族等作为民族特色药材使用,还具有消炎<sup>[8]</sup>、镇痛<sup>[9]</sup>作用,是一种良好的中药材<sup>[11]</sup>;有些属植物还能在园林造景中使用<sup>[26]</sup>。山蚂蝗属植物在我国云南、贵州、广西、海南等地区广泛分布,具有丰富的野生、原始种质资源,这也为山蚂蝗属新品种的培育提供了不可取代的资源基础。

山蚂蝗属植物表现出极佳的生态环境适应能力,其中一些品种具有较强的抗旱性、耐盐性、耐干热、耐贫瘠等特点<sup>[27-28]</sup>。山蚂蝗在湿热地区的酸性土壤中表现出极佳的适应能力,其根系发达,可吸收深层土壤中的水分及养分,因而对土壤营养需求不高<sup>[22]</sup>。山蚂蝗属植物适应性强、生长快、四季常绿,可有效解决部分地区冬旱季节饲料短缺的问题,是较理想的豆科牧草资源,在降低养殖成本的同时,还可以做到经济和生态双收益<sup>[29]</sup>。

## 2 山蚂蝗种质资源遗传多样性

种质资源作为牧草遗传改良不可或缺的基因宝库,其重要性不言而喻,因此,对种质资源进行全面而深入的鉴定与评价成为推动牧草育种创新、提升牧草品质的关键<sup>[30]</sup>。为了挖掘山蚂蝗优质基因、开发新品种,研究其遗传性状是一项重要举措,这不仅能剖析山蚂蝗种质资源的遗传多样性,还有益于推动山蚂蝗种质资源的可持续利用。

### 2.1 基于形态学水平的山蚂蝗遗传多样性

植物形态学观察是研究植物科学的基石,是深入剖析植物特征的信息来源,因此研究山蚂蝗属植物的外观形态是深入探索遗传变异的关键<sup>[31]</sup>。由于种质资源来源不同且受各自原产地独特自然条件的影响,会出现遗传分化现象,从而导致形态差异<sup>[32-34]</sup>,因此,对山蚂蝗进行形态学分析可为该属植物遗传资源的分类、保护和利用提供科学依据。

通常根据《热带牧草种质资源数据质量控制规

范》<sup>[33]</sup>对山蚂蝗属种质的植物学性状进行测量及赋值(表1)。严琳玲等<sup>[4]</sup>对山蚂蝗属9种共76份来自不同地区的种质材料进行植物学性状的观测,表明荚果形状与茎毛类型是区分山蚂蝗属材料的关键指标,并选出9份具备高产优质特征的山蚂蝗属种质资源作为育种候选材料。范小勇等<sup>[27]</sup>对23份山蚂蝗属植物的10项外部性状进行观察记录并探讨各性状间的相关性,根据形态聚类23份山蚂蝗属种质分为4个类群,该研究为山蚂蝗属种源的开发利用奠定了理论基础。刘苗苗等<sup>[31]</sup>通过对37份山蚂蝗材料的植物学特征和外部性状变异进行观测统

计,并通过聚类分析将37份山蚂蝗属材料划分为6类。张渝文等<sup>[35]</sup>利用电子显微镜对重庆地区6种山蚂蝗属花粉形态进行了系统观察,并依据网脊的平凸和宽窄,将这6个种划分为2个花粉类群,电镜扫描结果与形态解剖特点划分的分类结果一致。黎怀成等<sup>[36]</sup>以孢粉学为基础,选取山蚂蝗属下的3亚属共17份植物花粉材料,通过电镜扫描作了系统观察及对比分析,所得结果与宏观上的形态差异具有对应性,并将分类结果和定量结果结合起来进行聚类分析,获得了4个分类群,其中,有些分类结果与宏观形态学上的分类相吻合。

表1 植物学性状的赋值

性状	赋值
生活型	灌木(2);半灌木(3);一年生草本(4);二年生草本(5);多年生草本(6)
茎的生长习性	直立(1);斜升(2);平卧(4);匍匐(5);其他(X)
茎的形状	圆柱状(1);椭圆柱状(2)
茎的颜色	浅红(3);浅绿(10);绿(11);深绿(12);浅紫(16);紫(17);红褐(20);褐(21);深褐(22)
茎的毛况	无(0);稀(1);密(2)
茎毛类型	钩状毛(1);短柔毛(5);茸毛(6);毡毛(7);棉毛(8);细柔毛(9);疏柔毛(10);硬毛(13);刚毛(14);腺毛(17);其他(X)
叶的类型	单叶(1);单生复叶(2);羽状三出复叶(6)
叶色	浅绿(10);绿(11);深绿(12);红褐(20);褐(21)
叶形	披针形(1);倒披针形(2);圆形(3);椭圆形(4);阔椭圆形(5);卵圆形(6);倒卵圆形(7);阔卵圆形(8);矩圆形(9);心形(10);倒心形(11);肾形(14)
叶尖	锐尖(1);渐尖(2);钝形(3);微凹(4);凹缺(5);凸尖(6);微凸(7);截形(8)
叶基	心形(1);截形(2);圆形(3);楔形(4);偏斜(5)
叶缘	全缘(1);波状(2);锯齿状(3)
叶片腹毛况	无(0);稀(1);密(2)
叶腹面毛被类型	钩状毛(1);短柔毛(5);茸毛(6);毡毛(7);棉毛(8);细柔毛(9);疏柔毛(10);硬毛(13);刚毛(14);腺毛(17);其他(X)
叶背面毛况	无(0);稀(1);密(2)
叶背面毛被类型	钩状毛(1);短柔毛(5);茸毛(6);毡毛(7);棉毛(8);细柔毛(9);疏柔毛(10);硬毛(13);刚毛(14);腺毛(17);其他(X)
叶柄毛况	无(0);稀(1);密(2)
托叶	退化(0);脱落(1);宿存(2)
托叶形状	针形(1);线形(2);披针形(3);三角形(4);其他(X)
托叶质地	膜质(2);草质(3);纸质(4);其他(X)
花序类型	总状花序(1);圆锥花序(4)
花序着生部位	顶生(1);腋生(2);顶生+腋生(3)
花萼形状	筒形(1);漏斗形(2);钟状(3);辐射(6);其他(X)
旗瓣颜色	白(1);浅红(3);红(4);深红(5);浅黄(7);浅紫(16);紫色(17);深紫(18);红褐(20)
旗瓣形状	圆形(3);椭圆形(5);倒卵圆形(9);其他(X)
荚果形状	圆筒形(1);椭圆形(2);长椭圆形(3);卵圆形(5);倒卵圆形(6);矩圆形(7);弓形(9);念珠形(10);瘦长形(11);线形(12);其他(X)
荚果颜色	灰(2);黄(8);深黄(9);棕(19);红褐(20);褐(21);深褐(22);黑(23)
荚果毛况	无(0);稀(1);密(2)
荚果毛被类型	钩状毛(1);短柔毛(5);茸毛(6);毡毛(7);棉毛(8);细柔毛(9);疏柔毛(10);硬毛(13);刚毛(14);腺毛(17);其他(X)
裂荚性	不裂(1);易裂(2);自裂(3)

注:X表示所列性状之外的其他类型。

针对物种的表观形态研究,仅依赖个体性状的描述来评估植物质量性状,得出的结论往往比较片面。为弥补这一局限性,学者通常结合数量性状和质量性状进行深入分析,以实现山蚂蝗属种质在植物学性状及农艺性状上更为全面、更精准的分类。

## 2.2 基于分子标记的山蚂蝗遗传多样性

随着分子标记技术的日益成熟,这项技术已被广泛应用到多个领域中,如植物遗传多样性与亲缘关系分析、遗传图谱的构建、重要农艺性状的基因定位、致病基因鉴定以及分子标记辅助选择育种等方面,在现在和未来都有着广阔的发展前景。Heider 等<sup>[37]</sup>用 RAPD 技术对越南东北部山蚂蝗属植物的 4 个近缘种进行遗传亲缘关系的分析, Mantel 检验发现地理和遗传距离之间没有显著相关性。Yue 等<sup>[38]</sup>用 AFLP 对中国南方三点金草的遗传多样性和地域差异进行分析,从不同地区选取 12 份材料,UPGMA 聚类分析表明,基于遗传距离 12 个数量可以分为 3 个亚组,但 Mantel 检验发现地理距离和的遗传距离之间无显著相关性。王春梅等<sup>[39]</sup>利用 AFLP 技术对 46 份山蚂蝗属种质进行遗传多样性分析,采用离差平方和法将 46 个供试材料分为 6 类,聚类结果与《中国植物志》的分类体系相吻合。Malgaonkar 等<sup>[40]</sup>用 RAPD 分子标记技术对采自印度的二岐山蚂蝗、大叶拿身草、蝎尾山蚂蝗和三点金草进行亲缘关系分析,分析四者的系统发育关系, 25 个随机引物产生 218 个位点,引物 RPI14 和 RPI17 的变异性最高;引物 RPI2 和 RPI9 的遗传关系密切。贺欣等<sup>[41]</sup>研究表明,采用扩增共有序列遗传标记(ACGM)和 EST-SSR 标记对山蚂蝗属野生种质资源进行多样性分析都能有效地对野生山蚂蝗属种质进行分类。

通过查阅文献发现,从 2007 年起,国内 DNA 水平上的分子标记就开始应用于山蚂蝗属种质资源遗传多样性分析<sup>[41]</sup>。在山蚂蝗的研究中,常用的分子标记技术包括 AFLP、RAPD、ACGM 和 EST-SSR,过往针对山蚂蝗属植物的研究中分子标记技术主要集中在遗传多样性分析方面,而该领域的其他重要方面,如遗传连锁图谱的构建、核心种质构建、数量性状基因座定位等,尚未得到系统性的研究,然而近 5 年来鲜有学者开展关于山蚂蝗种质分子水平的研究工作。

## 2.3 山蚂蝗化学成分多样性

化学成分指标是评定山蚂蝗属植物营养品质的重要依据,主要包括粗蛋白质、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维等。李茂等<sup>[42]</sup>通过对 14 种山蚂蝗属植物进行常规化学成分分析得出该属植物干物质、粗蛋白质、粗脂肪含量较高,而中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、单宁含量较为适中,营养价值较高,作为饲料资源的开发利用价值较大。除营养成分相关的化学物质以外,对山蚂蝗属植物化学成分的研究主要集中在其生物活性及药理学作用机制方面,山蚂蝗属植物化学成分主要包括黄酮类、生物碱类、萜类、挥发油等。迄今为止,国内外学者从山蚂蝗属植物中分离并鉴定出 100 多种化合物<sup>[18]</sup>,其中包括黄酮类化合物 100 种<sup>[43-50]</sup>、生物碱类化合物 50 多种<sup>[47,51-52]</sup>、萜类化合物 20 多种<sup>[46-47,51,53]</sup>,山蚂蝗属植物中还存在着一些其他类的化合物,例如正十四酸、11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇、十六烷酸、十八碳烯酸、十八碳二烯酸等挥发油类化合物<sup>[18,54]</sup>,和少量甾体化合物、酚类化合物、苯丙素类化合物、苷类化合物等成分<sup>[18]</sup>。山蚂蝗属植物常应用于传统中药,对于部分疾病药效显著,因其具有较高的药用价值和广泛的药理作用,国内外学者对山蚂蝗化学成分的研究越来越多,但对于其发挥药效的作用机制不明确,仍需更深入的研究。

## 3 山蚂蝗可饲用的研究进展

### 3.1 山蚂蝗属植物的营养价值

粗蛋白是动物生长发育过程中必需的植物营养成分<sup>[55]</sup>,粗蛋白含量的高低影响饲草的营养品质,山蚂蝗属的粗蛋白含量均在 10% 以上,营养期可达到 20% 以上。山蚂蝗嫩枝、花、果实中还含有多种矿质元素(Ca、P、Fe、Cu、Mn、Zn 等),其叶片和嫩梢经加工成草粉可作配合饲料使用,具有较高的营养价值<sup>[2,55-57]</sup>。杨孝奎等<sup>[5]</sup>研究发现,从 CIAT 引进的 9 份山蚂蝗属种质资源的营养价值综合评价较高,可作为优质的牧草资源。李茂等<sup>[42]</sup>研究中的山蚂蝗属植物多为常绿灌木,其 CP、EE、NDF、ADF 的平均含量与其他热带地区饲用灌木营养成分十分接近。文亦芾等<sup>[58]</sup>对云南省主要豆科饲用灌木的营养成分进行分析,发现山蚂蝗和假木豆属于中等蛋白饲料。

单宁在饲草中一般被当作抗营养因子,尤其在

一部分灌木饲用植物中含量较高,影响适口性和动物消化,但是适量的单宁能够在牛羊消化时发挥积极作用<sup>[2,59]</sup>。黎智峰等<sup>[59]</sup>研究表明肉羊日粮中单宁酸含量为2%时,生产性能最好,当其含量大于3.5%时,则会造成不利影响。目前关于不同种山蚂蝗的研究中,其单宁含量普遍约为3%,因此,将山蚂蝗用作饲草料时,应当选取其营养成分含量最适合的生长时期,并合理搭配其他草料,在确保动物健康的同时又可以高效利用多种饲草资源。

### 3.2 山蚂蝗属植物的饲喂效果

将山蚂蝗属植物用作蛋白质补充料与其他粗饲料配合饲喂动物,可以显著提升粗饲料的利用率,因此,山蚂蝗属植物是我国热带及亚热带地区一种极具潜力的豆科牧草资源<sup>[56]</sup>。何蓉等<sup>[60]</sup>研究发现,含15%波叶山蚂蝗叶粉组饲喂鸡后,干物质采食量最高,较基础日粮组提高3.6%,表明波叶山蚂蝗叶粉可有效促进鸡采食,并且其叶片富含粗蛋白,钙磷比例适宜,适口性良好,且富含微量元素和氨基酸,具有良好的蛋白质利用率,说明波叶山蚂蝗的营养价值和饲用价值均较高。Fouegap等<sup>[61]</sup>的研究表明,饲喂添加绿叶山蚂蝗的日粮后,动物的采食量和饲料转化率显著提高。山蚂蝗属部分种类作为饲草单独饲喂时,会因其单宁含量过高、适口性差而影响畜禽健康,通过与其他粗饲料混合饲喂,能有效提高粗饲料利用价值。

## 4 结 语

综上所述,山蚂蝗属植物是较理想的豆科牧草资源,学者在山蚂蝗形态学标记、分子标记、营养价值、饲用价值及药用价值等方面开展了研究工作,但是针对山蚂蝗属植物的开发利用还存在以下问题:(1)多数山蚂蝗属为野生种质资源,未进行引种驯化和栽培;(2)国审品种较少,缺乏优质种质资源;(3)抗营养因子和营养价值方面的研究较少;(4)欠缺对山蚂蝗属饲草产品加工(青干草、青贮、草颗粒)方面的科学理论依据。因此,加强野生种质资源的引种驯化和栽培技术,从现有的优质种质和野生种质资源中挖掘出高产、优质、抗逆基因,探究山蚂蝗属可饲用部位草产品加工技术,降低抗营养因子含量,探索与其他饲料的科学配比,为山蚂蝗属的开发利用提供更多可能性,是目前亟待解决的问题。

## 参 考 文 献

- [1] 吴胜英,李炜芳,刘国道. 17种豆科绿肥营养元素分析[J]. 北京农业,2008(15):37-39.
- [2] 陈艳琴,周汉林,刘国道. 山蚂蝗饲料资源研究进展[J]. 草业科学,2010,27(10):173-177.
- [3] 吴文荣,匡崇义,奎嘉祥,等. 云南省优良牧草引种研究报告[J]. 四川草原,2003(1):18-22.
- [4] 严琳玲,张瑜,董荣书,等. 基于植物学性状分析山蚂蝗属种质的遗传多样性[J]. 草地学报,2020,28(3):640-651.
- [5] 杨孝奎,黄冬芬,胡安,等. 16种山蚂蝗属种质资源营养价值评价[J]. 草业科学,2023,40(3):716-723.
- [6] 侯晓晓. 接种根瘤菌对绿叶山蚂蝗饲用价值及与王草混贮品质的影响[D]. 海口:海南大学,2023.
- [7] 袁秉琛. 荔枝园间作豆科植物适应性筛选评价研究[D]. 海口:海南大学,2023.
- [8] 吴瑶,傅本重,杨永进,等. 药用山蚂蝗属植物的化学成分和药理活性研究进展[J]. 现代生物医学进展,2016,16(26):5191-5195.
- [9] 朱祖成. 山蚂蝗抗炎作用实验研究[J]. 中国民族民间医药,2012,21(22):45-48.
- [10] 谯明鸣,袁丰,陶慕珂,等. 民族药小槐花质量标志物候选成分的研究[J]. 中国药事,2024,38(4):452-457.
- [11] 严彦,凌彤,张奇奇,等. 山蚂蝗属植物药理学研究概况[J]. 安徽农业科学,2013,41(28):11328-11332.
- [12] LISA A L R, REYNOLDS P R B, RAPHEAL N C, et al. The phytochemical and pharmacological screening of three crude extracts of *Desmodium canum* (strong back)[J]. Clinical phytoscience, 2020,6(1):1-9.
- [13] FIKADU J. Effect of feeding graded levels of wild silver leaf *Desmodium* (*Desmodium uncinatum*) on feed intake and digestibility of horro sheep fed a basal diet of natural pasture hay[J]. Journal of biology, agriculture and healthcare, 2020,10(1):40-45.
- [14] 刘苗苗,尹小畅,严琳琳,等. 山蚂蝗属(*Desmodium* Desv.)营养期营养成分分析[J]. 热带作物学报,2015,36(1):125-131.
- [15] 陈宁,高玲,刘国道,等. 热带豆科绿肥降解特性探究[J]. 热带作物学报,2016,37(8):1470-1475.
- [16] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第41卷豆科[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [17] 刘国道,罗丽娟. 中国热带饲用植物资源[M]. 北京:中国农业大学出版社,1999.
- [18] 濮兴娜,王梅,陈涛,等. 豆科山蚂蝗属植物的化学成分及生物活性研究进展[J]. 云南民族大学学报(自然科学版),2024,33(2):141-160.
- [19] 袁福锦,奎嘉祥,谢有标. 南亚热带湿热地区引进豆科牧草的适应性及评价[J]. 四川草原,2005(10):9-12.
- [20] 刘壮,刘国道,高玲,等. 山蚂蝗属13种热带绿肥植物营养元素含量及品质评价[J]. 中国农学通报,2009,25(4):145-148.
- [21] 陈学平,张洪江,张翔,等. 公路护坡植物选择技术研究[C]//中

- 国水土保持学会工程绿化专业委员会. 全国公路生态绿化理论与技术研讨会论文集. 北京: 中国水土保持学会工程绿化专业委员会, 2009.
- [22] 白昌军, 刘国道, 何华玄, 等. 热研 16 号卵叶山蚂蝗选育与利用[J]. 草地学报, 2008, 16(1): 39-44.
- [23] 杨丽萍, 张光云, 陈普, 等. 基于 OPG/RANKL/RANK 信号通路探讨傣药肾叶山蚂蝗的抗骨质疏松作用[J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2024, 26(3): 769-776.
- [24] 肖滢, 于兴志, 杨丽萍, 等. 肾叶山蚂蝗醇提对大鼠慢性肾功能衰竭的防治作用[J]. 世界科学技术: 中医药现代化, 2023, 25(10): 3347-3354.
- [25] 宋立群, 桑永浩, 俞捷. 傣药治疗肾脏病的机理和药效[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2023, 24(12): 1035-1038.
- [26] 谢佐桂, 杨义标, 王兆东. 三点金混植试验[J]. 草业科学, 2005, 22(10): 107-109.
- [27] 范小勇, 刘国道, 虞道耿. 山蚂蝗属植物外部形态变异及形态类型研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(19): 10051-10053.
- [28] 严琳玲, 虞道耿, 郇恒福, 等. 山蚂蝗属种质芽期和苗期耐盐性鉴定和评价[J]. 种子, 2021, 40(3): 1-8.
- [29] 李乔仙, 吴文荣, 余梅, 等. 山蚂蝗属植物灌木资源研究利用概述[J]. 养殖与饲料, 2015, 14(6): 6-10.
- [30] 杜庆鑫, 庆军, 刘攀峰, 等. 杜仲种质资源果实性状变异及综合评价[J]. 林业科学研究, 2021, 34(5): 13-23.
- [31] 刘苗苗, 严琳琳, 张瑜, 等. 山蚂蝗属(*Desmodium* Desv.) 种质资源形态多样性研究[J]. 热带作物学报, 2014, 35(10): 1897-1904.
- [32] 唐燕琼, 李瑞梅, 符少萍, 等. 柱花草种质植物学特征比较分析[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(4): 629-635.
- [33] 白昌军, 刘国道. 热带牧草种质资源数据质量控制规范[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [34] 袁秉琛, 王燕茹, 孙郁婷, 等. 假木豆属种质资源植物学性状遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2023, 44(1): 64-74.
- [35] 张渝文, 李鑫. 重庆地区山蚂蝗属的花粉形态[J]. 渝州大学学报(自然科学版), 1992(4): 30-35.
- [36] 黎怀成, 徐波, 高信芬. 国产山蚂蝗属植物花粉形态及其分类意义[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(6): 1330-1337.
- [37] HEIDER B, FISCHER E, BERNDL T, et al. Genetic relationships among accessions of four species of *desmodium* and allied genera (*Dendrolobium Triangulare*, *Desmodium Gangeticum*, *Desmodium Heterocarpon*, and *Tadehagi Triquetrum*)[J]. Tropical conservation science, 2009, 2(1): 52-69.
- [38] YUE M F, ZHOU R C, HUANG Y L, et al. Genetic diversity and geographical differentiation of *Desmodium triflorum* (L.) DC. in south China revealed by AFLP markers[J]. Journal of plant biology, 2010, 53(2): 165-171.
- [39] 王春梅, 任健, 兰平秀, 等. 山蚂蝗属植物遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 热带作物学报, 2017, 38(3): 521-528.
- [40] MALGAONKAR M, MURTHY S N, PAWAR S D. Molecular analysis and study of genetic relationships among species of *Desmodium* Desv. using RAPD markers[J]. Journal of advances in biology & biotechnology, 2016, 6(4): 1-7.
- [41] 贺欣, 刘国道, 刘迪秋, 等. 利用 ACGM 和 EST-SSR 标记对云贵高原野生山蚂蝗属种质的遗传多样性分析[J]. 草业学报, 2008, 17(6): 102-111.
- [42] 李茂, 陈艳琴, 字学娟, 等. 山蚂蝗属植物饲用价值评价[J]. 中国草地学报, 2013, 35(6): 53-57.
- [43] 牛德云, 吉正元, 施艳峰, 等. 云南假地豆化学成分及其生物活性研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(2): 70-74.
- [44] 李艳平, 郑传奎, 何红平. 三点金地上部分的化学成分研究[J]. 中药材, 2019, 42(01): 87-90.
- [45] 李传宽, 张前军, 黄钟碧, 等. 俄蚂蝗化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(18): 2420-2423.
- [46] 黄钟碧, 张前军, 康文艺, 等. 假地豆的化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(17): 93-95.
- [47] 车鑫, 金成武, 谯明鸣, 等. 小槐花茎叶化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2022, 39(12): 1433-1438.
- [48] LI Y P, HU Q F, RAO G X. Three new C-alkylated flavonoids from *Desmodium oblongum*[J]. Journal of Asian natural products research, 2017, 19(10): 954-959.
- [49] LI Y P, YANG Y C, LI Y K, et al. Five new prenylated chalcones from *Desmodium renifolium*[J]. Fitoterapia, 2014, 95: 214-219.
- [50] LI Y P, YANG Y C, LI Y K, et al. Prenylated chalcones from *Desmodium renifolium*[J]. Phytochemistry letters, 2014, 9: 41-45.
- [51] 张毅, 华琼琼, 孙伊维, 等. 小槐花茎的化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2020, 37(10): 884-889.
- [52] 卢文杰, 陆国寿, 谭晓, 等. 壮瑶药小槐花化学成分研究[J]. 中药材, 2013, 36(12): 1953-1956.
- [53] 王植柔, 白先忠, 刘锋, 等. 广金钱草化学成分的研究[J]. 广西医科大学学报, 1998(3): 12-16.
- [54] 陆国寿, 谭晓, 陈家源, 等. 小槐花中的脂溶性成分分析[J]. 广西科学, 2012, 19(4): 355-357.
- [55] 胡廷花, 于应文, 徐震, 等. 云贵地区饲用灌木营养价值及生物活性物质[J]. 草业科学, 2019, 36(9): 2351-2364.
- [56] 刘国道, 罗丽娟, 白昌军, 等. 海南豆科饲用植物资源及营养价值评价[J]. 草地学报, 2006, 14(3): 254-260.
- [57] 马宗仁, 何国强. 野生豆科植物三点金的无性繁殖研究[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 147-151.
- [58] 文亦蒂, 曹国军, 张英俊, 等. 云南主要豆科饲用灌木营养成分含量的研究[J]. 草原与草坪, 2009(1): 51-54.
- [59] 黎智峰, 高腾云, 周传社. 单宁对反刍动物养分利用的营养机制[J]. 家畜生态学报, 2007(6): 97-103.
- [60] 何蓉, 李琦华, 和丽萍, 等. 云南 7 种豆科灌木的生态习性及其饲用价值研究[J]. 云南林业科技, 2003(4): 59-66.
- [61] FOUEGAP J G N, MIEGOUE E, TCHOFFO H, et al. Effects of ginger meal (*Zingiber officinale*) associated to *Desmodium intortum* and/or *Stylosanthes guianensis* on growth performances of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Cameroon [J]. Journal of animal sciences, 2022, 12(4): 688-703.

【责任编辑: 赵琳琳】