

基于 DNA 特征序列标记的天山雪莲基原鉴定研究

王多梅¹, 蒲靖哲², 胡冲², 张亚中^{2*}, 袁媛^{1*}

1. 中国中医科学院 医学实验中心, 北京 100700

2. 安徽省食品药品检验研究院 药品检验研究所, 安徽 合肥 230051

摘要: **目的** 建立一种准确、高效的天山雪莲 *Saussurea involucrata* 及其易混伪品水母雪兔子及绵头雪兔子特异性 DNA 特征序列 (DSS) 标记分子鉴定方法。**方法** 通过 CGIR 植物叶绿体基因组数据库获取风毛菊属植物全部叶绿体基因组数据, 利用 DSS 鉴定软件 IdenDSS 获得用于天山雪莲鉴定的特有 DSS, 筛选 5 组 DSS 标记并利用 IdenDSS 设计相应的特异性引物对, 通过对样品 DNA 提取、PCR 扩增、sanger 测序以及序列比对验证, 检测待测样品中是否含有目标物种天山雪莲的 DSS 或其反向互补序列进行基原鉴定。**结果** 通过比对验证 5 组 DSS 标记与天山雪莲正品来源及易混伪品水母雪兔子和绵头雪兔子序列一致性, 最终确定 5 组 DSS 标记均可用于天山雪莲基原鉴定, 将上述序列上传至中药分子鉴定平台 (www.herbsdna.com) 标准数据库中, 结合数据库 DSS 鉴定模块, 可实现对天山雪莲准确、高效的基原鉴定。**结论** 筛选的 5 组 DSS 标记用于天山雪莲基原鉴定特异性强、准确度高, 可有效解决天山雪莲基原鉴定难题。

关键词: 天山雪莲; DNA 特征序列; 基原鉴定; 水母雪兔子; 绵头雪兔子

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)15-6077-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.15.024

Original identification of *Saussurea involucrata* based on DNA signature sequence tags

WANG Duomei¹, PU Jingzhe², HU Chong², ZHANG Yazhong², YUAN Yuan¹

1. Medical Experimental Center of China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

2. Anhui Institute of Food and Drug Control, Drug Inspection and Research Institute, Hefei 230051, China

Abstract: Objective To establish an accurate and efficient molecular identification method for specific DNA Signature Sequence Tags (DSS) of Tianshanxuelian (*Saussurea involucrata*) and its adulterants Shuimuxuetuzi (*S. medusa*) and Miantouxuetuzi (*S. laniceps*). **Methods** The Chloroplast Genome Information Resource (CGIR) were used to obtain the complete chloroplast genome sequences of *Saussurea* DC, the IdenDSS software was used to screen for specific DNA signature sequence tags (DSS) of the *S. involucrata*. Five sets of DSS markers were selected, and the corresponding specific primer pairs were designed using IdenDSS. Through DNA extraction from the sample, PCR amplification, Sanger sequencing and sequence alignment verification, the presence of DSS or its reverse complementary sequence of the target species *S. involucrata* in the test sample was detected for original identification. **Results** By comparing the selected five pairs of DSS sequences with the authentic source and its adulterants sequences of *S. involucrata*, all five sets of DNA Signature Sequence Tags could be used for identification of *S. involucrata* were finally determined. The above sequences were uploaded to the standard database of the Traditional Chinese Medicine Molecular Identification Platform (www.herbsdna.com), and combined with the DSS identification function of the database, accurate and efficient identification of *S. involucrata* origin can be achieved. **Conclusion** The five selected DNA Signature Sequence Tags had strong specificity and high accuracy, which can effectively solve the problem of original identification of *S. involucrata*.

Key words: *Saussurea involucrata* (Kar.et Kir.) Sch. Bip.; DNA signature sequence tags; original identification; *Saussurea medusa* Maxim.; *Saussurea laniceps* Hand. -Mazz.

收稿日期: 2026-02-03

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助 (中国中医科学院中药监管科学研究项目)

作者简介: 王多梅, 主管中药师, 研究方向为中药分子鉴定与质量评价。E-mail: 1052634393@qq.com

*通信作者: 袁媛, 研究员, 博士生导师, 从事中药鉴定与分子生药学研究。E-mail: y_yuan0732@163.com

张亚中, 主任中药师, 硕士生导师, 从事中药质量分析研究。E-mail: 13956985695@139.com

天山雪莲为菊科风毛菊属植物天山雪莲 *Saussurea involucreata* (Kar. et Kir.) Sch. Bip. 的干燥地上部分, 性温、味微苦, 维吾尔医记载其具通经活血、补肾、强筋骨、营养神经, 调节异常体液、祛风除湿等功效^[1], 现代药理学表明其具有抗氧化、抗炎镇痛、抗癌及清除自由基等多种功效^[2-6]。风毛菊属 *Saussurea* DC. 的植物雪莲包括近 400 余个品种^[2,7], 除天山雪莲外, 常作药用的雪莲类植物还包含水母雪兔子 *S. medusa* Maxim.、绵头雪兔子 *S. laniceps* Hand. -Mazz. 等近 13 个种^[8-11]。其中, 天山雪莲在维药中常被称为“雪莲花”, 而在传统藏药中, 绵头雪兔子和水母雪兔子也被称作“雪莲花”药用^[12-13]。因地方习用名相同, 加上天山雪莲生长环境恶劣、资源的匮乏^[14], 市场上常出现将绵头雪兔子、水母雪兔子等同属植物混为天山雪莲使用的情况。现行天山雪莲质量标准采用传统鉴定及化学成分分析方法, 对于风毛菊属植物雪莲的物种判别缺乏特异性^[1,10,15]。因此, 建立一种特异性强、准确性高的天山雪莲基原鉴定方法十分必要。

随着鉴定技术的不断发展, 中药基原鉴定技术从人为经验鉴定为主, 发展到深层次的化学成分分析及遗传信息分析。其中 DNA 分子鉴定技术基于物种遗传水平差异进行分类, 在易混淆种、珍稀动植物药材等方面较其他方法更具特异性及客观性, 已发展成为中药基原鉴定的主流方法之一^[16-18]。按照原理不同, DNA 分子鉴定技术可分为 DNA 测序技术和特异性 PCR 技术 2 大类^[16], 均以物种特异性 DNA 分子标记为基础。目前已知的分子标记包括 DNA 条形码标记^[19-20]和分类单元特异性标记(如序列特异扩增区域 SCAR)^[21-23], 两者均是药用植物物种鉴定的有力工具^[24-25], 但在相关技术标准的应用存在一定的局限性^[26]。为弥补现有分子标记的缺陷, 本团队开发了一种新型 DNA 标记, 长度约为 40 bp, 命名为 DNA 特征片段(DNA signature sequence, DSS)标记, 该标记以 DNA 直接测序为基础, 与已有的 DNA 分子标记相比, 更适合用于中药材和饮片、中成药及新型制剂的基原鉴定, 并可与其他分子鉴定技术相结合^[27], 目前已在多种中药品种的鉴定中应用^[28-30]。

本研究通过对风毛菊属物种叶绿体基因组数据比对分析, 基于叶绿体基因组数据 CGIR (<https://ngdc.cncb.ac.cn/cgir/>)^[31-32]及鉴定相应软件 IdenDSS^[33], 筛选得到天山雪莲物种特异性 DSS 标记, 将天山雪莲及其常见混伪品水母雪兔子和绵头

雪兔子通过以上 DSS 标记特异性引物扩增的产物序列与 DSS 标记进行比对验证, 确定可有效应用于天山雪莲基原鉴定的标准 DSS 标记, 建立天山雪莲 DNA 分子鉴定方法, 并将序列上传至中药分子鉴定平台(MSS 平台, www.herbsdna.com)标准数据库中, 结合数据库 DSS 鉴定模块, 实现对稀缺药材天山雪莲高效、准确鉴定。

1 仪器与材料

1.1 材料

本次研究共收集天山雪莲 *S. involucreata* (Kar. et Kir.) Sch. Bip. 以及常见混伪品水母雪兔子 *S. medusa* Maxim.、绵头雪兔子 *S. laniceps* Hand. -Mazz. 样品共计 24 份, 样品由安徽省食品药品检验研究院张亚中鉴定其基原。具体信息见表 1。

1.2 主要仪器与试剂

QIAamplifier 型 96 通道聚合酶链式反应(PCR)仪(Qiagen 公司); NanoDrop One 型超微量分光光度计(Thermo Fisher 公司); HC-2066 型高速离心机(安徽中科中佳科学仪器有限公司); Xinyi-48 型高通量组织研磨仪(宁波新艺超声设备有限公司); CFX96 Optics Module I 型凝胶成像仪、170-4486 型水平电泳槽、164-5050 型基础电泳仪(Bio-Rad 公司); DP-320 型植物基因组 DNA 提取试剂盒[天根生化科技(北京)有限公司]; 2×M5 Super FastTaq PCR MasterMix(北京聚合美生物科技有限公司); DL500 DNA Marker(BBI 公司); 琼脂糖(TaKaRa 公司); 4S GelRed 核酸染料、引物[生工生物工程(上海)股份有限公司]。

2 方法

2.1 叶绿体基因组的获得

从叶绿体基因组综合数据库(chloroplast genome information resource, CGIR)中下载天山雪莲、水母雪兔子、绵头雪兔子及其他风毛菊属 *Saussurea* DC. 植物、通用背景物种(常见包括水果、作物、蔬菜等)叶绿体基因组数据。整合上述数据为数据集, 用于天山雪莲 DSS 组的筛选。

2.2 DSS 组的筛选及 DSS 的引物设计

基于上述基因组数据集, 运用 DSS 标记鉴定软件 IdenDSS 件的索引(index)模块和鉴定(identify)模块, 截取片段长度为 40 bp, 获得用于天山雪莲鉴定的特有 DSS 序列组。将筛选的 DSS 序列组按“position”列进行排序, 筛选 5 个 DSS 标记进行验证, 基于软件中的插件模块(plugin)的 Primer 插

表 1 天山雪莲及易混伪品样品信息
Table 1 Information of *S.involucrata* and fakes

编号	植物基原	拉丁名	来源
TSXL-01	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-02	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-03	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-04	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-05	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-06	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-07	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-08	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-09	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
TSXL-10	天山雪莲	<i>S. involucrata</i>	新疆维吾尔自治区
SMXTZ-01	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-02	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-03	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-04	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-05	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-06	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
SMXTZ-07	水母雪兔子	<i>S. medusa</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-01	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-02	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-03	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-04	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-05	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-06	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场
MTXTZ-07	绵头雪兔子	<i>S. laniceps</i>	西藏拉萨药材市场

件进行引物设计。引物委托生工生物工程（上海）股份有限公司合成。

2.3 基因组 DNA 的提取

分别取天山雪莲(编号 TSXL-01~TSXL-010)、水母雪兔子(编号 SMXTZ-01~SMXTZ-07)、绵头雪兔子(编号 MTXTZ-01~MTXTZ-07)样品适量,研磨成细粉,取约 20 mg,采用植物基因组 DNA 提取试剂盒,参照说明书项下操作提取样品总 DNA。总 DNA 溶液采用微量分光光度计进行检测,以 A_{260}/A_{280} 1.6~2.0 为标准,判断提取 DNA 纯度。

2.4 PCR 扩增和测序

使用上述 5 对特异性引物分别对天山雪莲、水母雪兔子、绵头雪兔子的 DNA 模板进行 PCR 扩增,每组样品 3 个复孔,PCR 反应体系总体积为 25 μ L,在 200 μ L 离心管中进行,其中包括 2 $\times$ M5 Super FastTaq PCR Master Mix1 2.5 μ L、正反引物(10 μ mol/L)各

0.4 μ L、DNA 模板 2 μ L、灭菌超纯水 9.7 μ L。将上述离心管置于 PCR 仪中,5 对特异性引物反应参数均为 95 $^{\circ}$ C 预变性 3 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 15 s, 55 $^{\circ}$ C 退火 30 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s, 40 个循环; 72 $^{\circ}$ C 终延伸 5 min。另取灭菌超纯水为空白对照。取上述反应产物各 5 μ L,点于 1.5%琼脂糖凝胶(CelRed 染色)上,200 V 恒压电泳,拍照并记录各样品电泳结果。电泳合格产物用于 Sanger 测序获得样品完整 DSS 信息,测序由生工生物工程(上海)股份有限公司完成。

2.5 序列分析与鉴定

使用 DNAMAN 或 BioEdit 等序列比对软件将样品 PCR 产物的测序结果分别与对应的 5 个 DSS 标记进行比对验证,分析待测样品中是否含有与 DSS 标记互补或反向互补的序列,从而判定筛选的 DSS 标记是否可用于天山雪莲及其混伪品水母雪兔子、绵头雪兔子的鉴定。最终确定用于天山雪莲基原鉴定的标准 DSS 标记,并将鉴定后的标准 DSS

标记数据上传至安徽省食品药品检验研究院与中国中医科学院联合建立的中药分子鉴定平台(www.herbsdna.com)标准数据库中。

3 结果与分析

3.1 DSS 序列组

以上 CGIR 数据库中获取的叶绿体基因组数据集经 IdenDSS 软件分析计算, 设定目标 DSS 长度为 40 bp, 共计输出 395 条候选的 DSS 标记信息矩

阵, 包含候选序列信息、序列位置、产物长度、GC 含量等信息, 见表 2。

3.2 引物

基于上述获得的上百条 DSS 序列, 根据实际情况, 结合引物设计原则: 长度 18~22 bp, GC 含量 30%~70%, 退火温度 55~65 ℃, 产物长度 300~450 bp, 筛选出的 5 组 DSS 标记用于验证, DSS 及引物信息见表 3。

表 2 天山雪莲 DSS 序列组 (列举 10 组)
Table 2 DSS sequence group of *S. involucrata* (List only ten groups)

序号	序列 (5'-3')	位置	产物长度/bp	GC/%
1	GTGGTAGGGGTCGGGTTATTGATGTGAGATGGGTCCATAG	14 685~14 724	449	50.0
2	TGGTTCGTAGAGGAGAGGTCGAACTAGGTATATGGAATTG	23 423~23 462	311	32.5
3	GACGTTGGGAATTCCAACAATTTGTTTAATCGATACAAAT	25 120~25 159	436	45.0
4	AGGTTATCTTGACGTAGGTCTGCTTCTGGCCTAGATTAAC	50 938~50 977	322	45.0
5	ACACTCATTTTTTACAATATTCTTCATAAATTTCCCTCAA	60 037~60 076	360	30.5
6	GCTTCTAGTCTTAGAGCCAGAAAAAGATAGGTTTACTCTT	67 578~67 617	319	37.5
7	AATCCATATGTAAACATAGTATCTATTTAGATACGCTCAA	93 405~93 444	409	27.5
8	ATCAATTCTAAAAAAAAGAATACAGAAAAAATACAAGAT	112 264~11 2303	355	17.5
9	GTCTGGATTTTTTTCCATATATATAATACTATAACTT	123 906~12 3945	363	20.0
10	TTGGATCCCTACGTCGTTACATTCCATTTAGGATTAGGAA	142 511~14 2550	409	40.0

表 3 天山雪莲 DSS 及引物信息
Table 3 DSS and primers of *S. involucrata*

序列编号	DSS信息	引物序列(5'-3')	扩增产物长度/bp
DSS-1	GTGGTAGGGGTCGGGTTATTGAT	F1: AATGCTGGGATCTTGGGTGG	449
	GTGAGATGGGTCCATAG	R1: CCGCTAACCCGAGTGAAGAT	
DSS-2	TGGTTCGTAGAGGAGAGGTCGAA	F2: GCGATTGCGCCCAATCAATT	436
	CTAGGTATATGGAATTG	R2: TCCGTTTCTTTGTCCCGACC	
DSS-3	GACGTTGGGAATTCCAACAATTT	F3: AAAACAGGGGGACTCAACCG	311
	GTTTAATCGATACAAAT	R3: CGGCCCTCACAAATTGCAAA	
DSS-4	AGGTTATCTTGACGTAGGTCTGCT	F4: GATGGCTCCATGTGCTCTGA	322
	TCTGGCCTAGATTAAC	R4: GACAAGGGTTTCGGTCCGATT	
DSS-5	ACACTCATTTTTTACAATATTCTT	F5: TCGAAATAAGGAAATTCCTCC	360
	CATAAATTTCCCTCAA	R5: CCTTCGATGAATGCCCGGA	

3.3 DNA 提取和 PCR 扩增结果

经微量分光光度计测定所提取 3 种样品总 DNA, 结果显示, 各组样品 A_{260}/A_{280} 为 1.6~2.0, DNA 浓度大于 30 μg/mL, 均符合实验要求。经表 2 中对应的 DSS-1~DSS-5 特异性引物扩增、电泳检测, 结果显示, 提取的各样品基因组 DNA 条带明亮、清晰, DSS-1、DSS-2 PCR 产物大小均在 400~500 bp, DSS-3、DSS-4、DSS-5 PCR 产物大小均在 300~400 bp, 与表 2 中软件导出数据一致, 见图 1。

选出 TSXL-01~TSXL-04、MTXTZ01~MTXTZ03、SMXTZ01~SMXTZ03 作为代表物种, 其余批次电泳条带特征与图中一致, 无明显差异。说明所提取的 DNA 符合 PCR 扩增与测序要求。

3.4 天山雪莲 DSS 分子标记比对验证

对 5 对相应引物扩增的样品 PCR 产物采用 sanger 测序法测序, 使用 Chromas 软件测序峰图进行校对, 用 DNAMAN 或 BioEdit 等软件将天山雪莲及水母雪兔子、绵头雪兔子扩增产物的测序结果

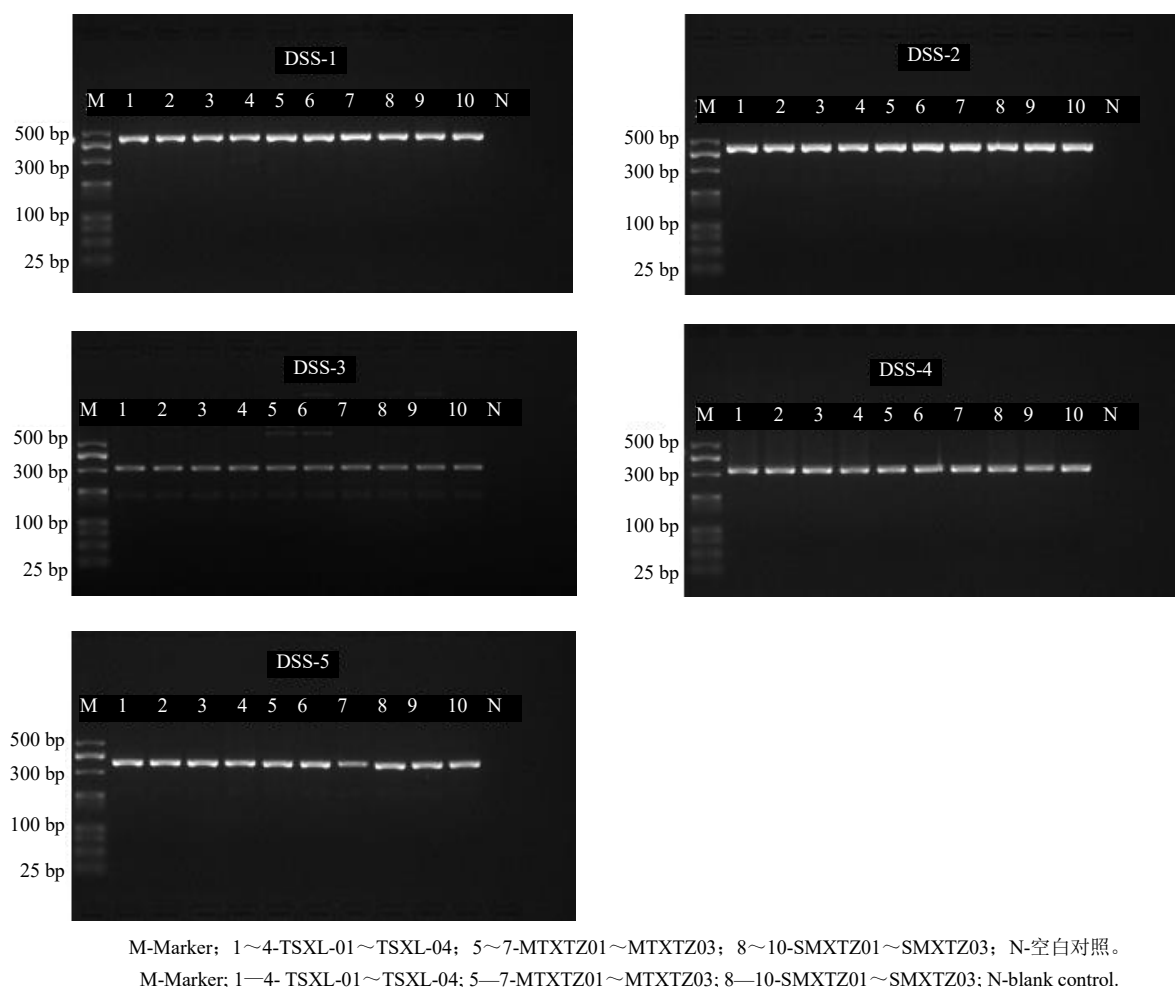


图 1 5 组天山雪莲 DSS 标记特异性引物扩增凝胶图

Fig. 1 Electrophoretogram of five groups of *S. tianschanica* with DSS marker specific primers

与筛选的 5 个 DSS 进行比对, 分析待测样品中是否含有 DSS 或 DSS 的反向互补序列, 见图 2, 筛选 TSXL-01~TSXL-04、MTXTZ01~MTXTZ03、SMXTZ01~SMXTZ03 作为代表物种, 其余批次数列与图中一致, 无明显差异。结果显示, DSS-1~5 标记均与天山雪莲 100% 匹配, 与水母雪兔子、绵头雪兔子均无法 100% 匹配, 其中, DSS-1~4 与易混伪品水母雪兔子、绵头雪兔子存在 1 个位点差异, DSS-5 与 2 种易混伪品存在 2 个位点差异。最终确定以上 5 个 DSS 标记均可作为天山雪莲基原鉴定分子标记。如果待测样品序列中不含有以上 DSS 标记或其反向互补序列, 则判定该样品不为天山雪莲。

3.5 数据处理及应用

将上述经验证的 5 组天山雪莲特异性 DSS 标记均上传至 MSS 平台的标准数据库中。利用平台中标准数据库数据检索功能, 对本次收集的 24 批样品测序结果进行比对验证, 结果显示, 天山雪莲

测序结果与 MSS 平台中天山雪莲标准 DSS 序列均 100% 匹配, 匹配序列长度为 40 bp, 与上述结果一致, 见图 3。混伪品均无法与平台中天山雪莲标准 DSS 序列完全匹配。结合 MSS 平台序列鉴定功能, 可实现对物种在线快速鉴定。

4 讨论

中药材因地区差异、野生资源稀缺、民俗差异等原因, 同名异物、物种混用的现象长期存在, 市场流通环节复杂, 难以把控, 造成多数中药品种难以鉴别。天山雪莲作为一种极其珍贵的药用植物, 其民间用药情况复杂、同属植物资源种类丰富, 是同名异药的典型, 资源混用现象屡见不鲜。目前未见天山雪莲与其同属资源基原鉴定的相关研究。因此, 本研究从天山雪莲同属资源 DNA 序列差异入手, 建立一种快速、有效的天山雪莲基原鉴定方法。

DSS 标记作为一种新的 DNA 标记, 因其长度仅 40 bp^[27], 有效弥补了其他分子标记因序列较长

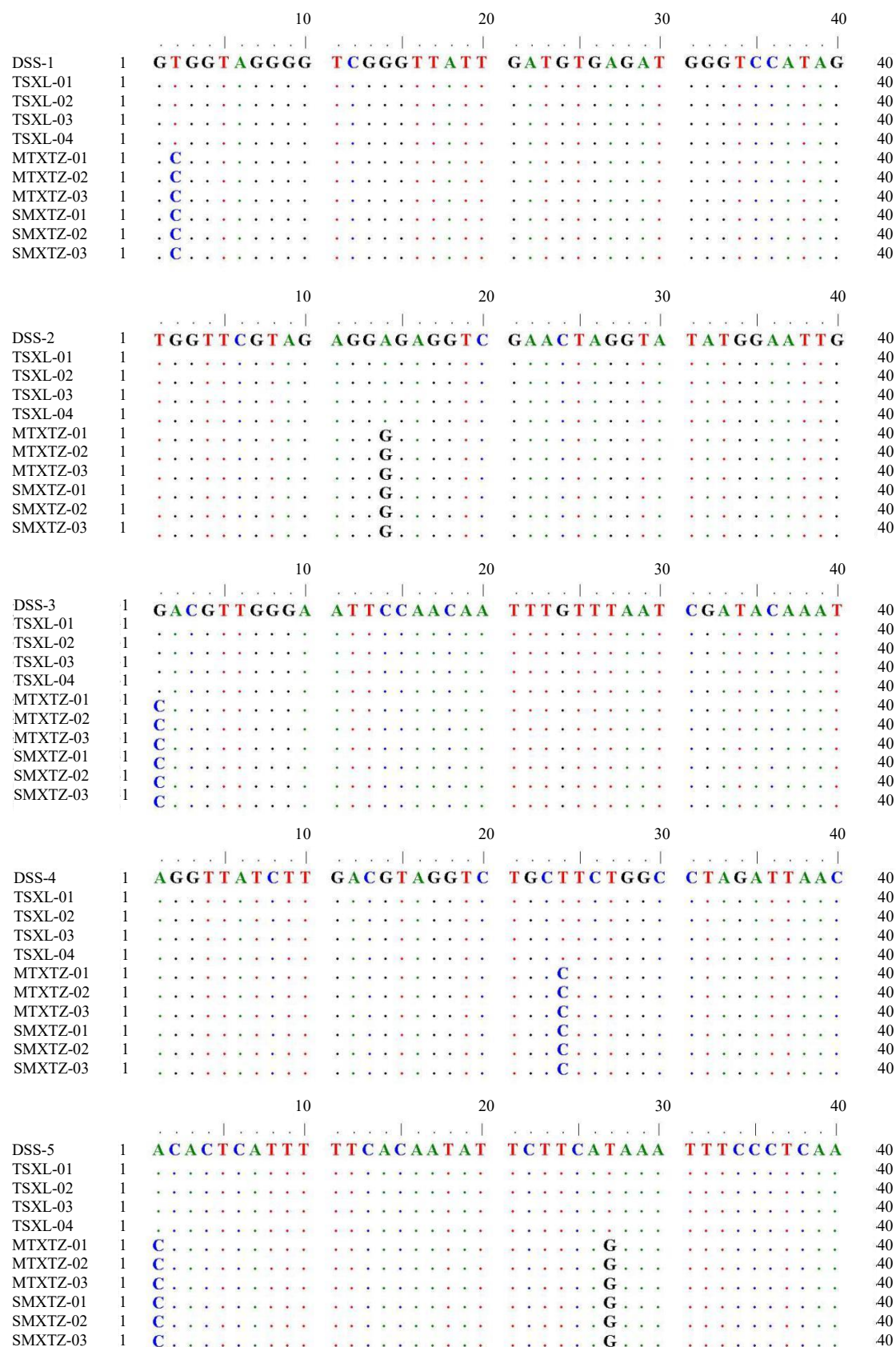


图2 DSS与扩增产物序列比对

Fig. 2 Comparison of DSS and amplified product sequences

查询结果

序号	神属	DNABarcode	Identity	GAP	Evalue	操作
1	天山雪莲 <i>Saussurea involucrata</i> (Kar. et Kir.) Sch. Bip.	DSS	40/40 (100%)	0/40 (0%)	3e-18	查看详情 鉴定报告

Length=40

Score = 79.8 bits (40), Expect = 3e-18

Identities = 40/40 (100%), Gaps = 0/40 (0%)

Strand=Plus/Minus

Query 248 CTATGGACCATCTACATCAATAACCGACCCCTACAC 287

Sbjct 40 CTATGGACCATCTACATCAATAACCGACCCCTACAC 1

图 3 MSS 平台天山雪莲鉴定结果

Fig. 3 MSS platform identification results of *S. tianschanica*

在变种或近缘物种鉴定的局限性^[34]。此外，因中药材加工炮制导致样品中 DNA 降解严重，DNA 提取效率低，其他分子鉴定方法难以适用时，DSS 标记仍具有较好的适性。同时，DSS 标记因其兼具通用性和特异性，在实际检验过程中不易收到外源性污染物影响，从而有效避免假阳性结果，保证了结果的准确性。该标记使用手段灵活，可通过与 Sanger 测序、高通量测序、位点特异性 PCR 等不同方法结合，广泛应用于物种多样性调查、混合样品检测等。截止目前，基于 DSS 标记的分子鉴定技术已运用于近缘易混药材、多基原药材、外来药材、杂交品种、冷背药材、中药配方颗粒、提取加工物等的基原鉴定中。本研究基于新开发的 DNA 特征序列（DSS）标记分子鉴定方法，通过天山雪莲及其混伪品水母雪兔子、绵头雪兔子叶绿体基因组数据差异分析，筛选并验证出 5 个可用于天山雪莲基原鉴定的标准 DSS 标记，通过待测样品是否与以上 DSS 标记 100% 匹配，完成对样品快速、准确基原鉴定。同时结合中药分子鉴定标准平台，实现对中药品种的数字化鉴定。此外，该序列作为天山雪莲标准核酸序列，可用于中药材标准物质的研制，为进一步实现 DSS 标记标准化奠定基础，在中药鉴定领域具有广泛的应用前景。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 55-56.
- [2] 王瑛, 张本印, 陶燕铎, 等. 雪莲的化学成分与药理作用研究进展 [J]. 光谱实验室, 2013, 30(2): 530-535.
- [3] Cho M K, Jang Y P, Kim Y C, *et al.* Arctigenin, a phenylpropanoid dibenzylbutyrolactone lignan, inhibits MAP kinases and AP-1 activation via potent MKK inhibition: The role in TNF- α inhibition [J]. *Int Immunopharmacol*, 2004, 4(10/11): 1419-1429.

- [4] Yao L Y, Zhao Q S, Xiao J, *et al.* Composition and antioxidant activity of the polysaccharides from cultivated *Saussurea involucrata* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2012, 50(3): 849-853.
- [5] 贺润钺, 黄芷棋, 冯倩倩, 等. 天山雪莲对老年脂质代谢异常(气虚血瘀型)小鼠的改善作用及机制研究 [J]. 中草药, 2022, 53(17): 5433-5444.
- [6] Liou C J, Wu S J, Chen L C, *et al.* Acacetin from traditionally used *Saussurea involucrata* Kar. et Kir. suppressed adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes and attenuated lipid accumulation in obese mice [J]. *Front Pharmacol*, 2017, 8: 589.
- [7] 付婉艺, 李厚华, 李玲, 等. 天山雪莲悬浮培养细胞总黄酮提取纯化工艺研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(8): 175-181.
- [8] 陈发菊, 杨映根, 赵德修, 等. 我国雪莲植物的种类、生境分布及化学成分的研究进展 [J]. 植物学通报, 1999, 34(5): 561-566.
- [9] Chen Y S, Peng J S, Sun Y L. Snow lotus blooms on snow plateau [J]. *Forest Humankind*, 2018, 4: 8-31.
- [10] 陈丁膝, 白玛央宗, 王鸿伟, 等. 藏药材雪莲化学成分及药理作用研究进展 [J]. 西藏科技, 2022, 44(5): 11-14.
- [11] 杨璐铭, 陈虎彪, 郭乔如, 等. 雪莲的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 药学学报, 2020, 55(7): 1466-1477.
- [12] Yi T, Zhao Z Z, Yu Z L, *et al.* Comparison of the anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of three medicinal plants known as “Snow Lotus” herb in traditional Uighur and Tibetan medicines [J]. *J Ethnopharmacol*, 2010, 128(2): 405-411.
- [13] Li F, Jin Z, Qu W, *et al.* Cloning of a cDNA encoding the *Saussurea medusa chalcone* isomerase and its expression in transgenic tobacco [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2006, 44(7/8/9): 455-461.

- [14] Qiu J, Gao F H, Shen G A, *et al.* Metabolic engineering of the phenylpropanoid pathway enhances the antioxidant capacity of *Saussurea involucrata* [J]. *PLoS One*, 2013, 8(8): e70665.
- [15] 迟平原, 阿依先木古力·依明, 金滢, 等. 天山雪莲的化学成分及主要药理作用研究进展 [J]. *临床误诊误治*, 2024, 37(12): 88-100.
- [16] 张文娟, 魏锋, 马双成. DNA 分子鉴定技术在中药标准中的应用和有关问题 [J]. *中国食品药品监管*, 2021(9): 116-121.
- [17] 陆佳妮, 赵志礼, 倪梁红, 等. 线粒体基因在药用植物 DNA 分子鉴定中的应用 [J]. *中草药*, 2016, 47(10): 1791-1796.
- [18] 张南平, 张文娟, 魏锋, 等. 中药 DNA 分子鉴别标准研究方法 [J]. *药物分析杂志*, 2014, 34(11): 2066-2070.
- [19] Raskoti B B, Ale R. DNA barcoding of medicinal orchids in Asia [J]. *Sci Rep*, 2021, 11: 23651.
- [20] 秦新月, 金钺, 高志晖, 等. 菟丝子及混伪品的 DNA 条形码鉴定 [J]. *中草药*, 2024, 55(17): 5982-5990.
- [21] 王剑锴, 李明杰, 王建明, 等. 金线莲 RAPD-SCAR 标记的开发和种质遗传多样性评价 [J]. *中草药*, 2016, 47(1): 122-129.
- [22] Javed M A, Chai M, Othman R Y. Study of resistance of *Musa acuminata* to *Fusarium oxysporum* using RAPD markers [J]. *Biol Plant*, 2004, 48(1): 93-99.
- [23] 赵爽, 黄春球, 杨耀文, 等. 黄花白及的 SCAR 分子标记转化研究 [J]. *中草药*, 2012, 43(10): 589-596.
- [24] Yap J S, Rohner T, Greenfield A, *et al.* Complete chloroplast genome of the wollemi pine (*Wollemia nobilis*): Structure and evolution [J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0128126.
- [25] Yao H, Yang P, Zhou H, *et al.* Identification of medicinal plant *Dendrobium* based on the chloroplast psbK-psbI intergenic spacer [J]. *Acta Pharm Sin*, 2015, 50(6): 783-787.
- [26] 黄璐琦, 袁媛, 袁庆军, 等. 中药分子鉴定发展中的若干问题探讨 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(19): 3663-3667.
- [27] Hua Z Y, Jiang C, Song S H, *et al.* Accurate identification of taxon-specific molecular markers in plants based on DNA signature sequence [J]. *Mol Ecol Resour*, 2023, 23(1): 106-117.
- [28] 王多梅, 蒋超, 蒲婧哲, 等. 《中国药典》植物药基原鉴定 DSS 标准序列库的建立 [J]. *中国中药杂志*, 2024, 49(23): 6249-6256.
- [29] 安徽省药品监督管理局. 安徽省中药材标准: 2022 年版 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2022.
- [30] 王多梅, 蒲婧哲, 胡冲, 等. 基于 DNA 特征序列标记的南沙参基原鉴定研究 [J]. *中国现代中药*, 2024, 26(11): 1848-1853.
- [31] Chen T, Yang M, Cui G H, *et al.* IMP: Bridging the gap for medicinal plant genomics [J]. *Nucleic Acids Res*, 2024, 52(D1): D1347-D1354.
- [32] Kowiyou Y. Database resources of the national genomics data center, China national center for bioinformation in 2021 [J]. *Nucleic Acids Res*, 2021, 49(D1): D18-D28.
- [33] 袁媛, 华中一, 蒋超, 等. 一种使用 DNA 特征序列鉴定植物的方法: CN113322340A [P]. 2021-08-31.
- [34] Mankga L, Kowiyou Y, Moteetee A, *et al.* Efficacy of the core DNA barcodes in identifying processed and poorly conserved plant materials commonly used in South African traditional medicine [J]. *ZooKeys*, 2013, 365: 215-233.

[责任编辑 时圣明]