

基于 ITS 条形码的维药克孜力乔古鲁克药材的分子鉴定研究

马双双 王学勇 刘春生 肖瑶 赵保胜 张驰 李妍芃 王娟 田思敏 冯琼

【摘要】 目的 对维药克孜力乔古鲁克药材(*Paeoniae radix hybridae*, PRH)的品种进行精准鉴别,同时将其原植物块根芍药 *Paeonia hybrida* Pall. 与窄叶芍药 *P. anomala* L. 和新疆芍药 *P. sinjiangensis* K. Y. Pan 进行区分,为保证药材来源的准确性提供科学依据。**方法** 提取块根芍药的 DNA,基于内部转录间隔区的核糖体 DNA 序列(ITS)进行 PCR 引物扩增并测序,并从 GenBank 数据库下载块根芍药和其原变种窄叶芍药和近缘种新疆芍药的 ITS 序列,采用 DNAMAN、Editseq、MeGA5 等软件,计算块根芍药种间、种内的 Kimura 2-parameter(K 2-P)遗传距离,寻找块根芍药的特异位点,并构建 Neighbor-joining(N-J)系统聚类树。**结果** 块根芍药 G+C 含量范围为 55.82%~56.45%,与另外两个种 G+C 含量未重叠;所有样本 ITS 序列的 K 2-P 遗传距离范围为 0~0.026,其中种间遗传距离分布为 0.014~0.026,大于块根芍药种内遗传距离 0.000~0.012;通过序列比对分析,发现块根芍药与另外 2 个种有 6 个特异位点;N-J 系统聚类树也将 19 个样品聚为两个大支系,所有块根芍药聚为一支,有 84% 支持率,其中中国地区分布的块根芍药聚为一小支,俄罗斯地区分布的块根芍药亲缘关系较远。**结论** 经过遗传距离、系统聚类、特异位点分析等系统研究发现 ITS 序列能区分块根芍药与其原变种窄叶芍药和近缘种新疆芍药,可以应用于维药 PRH 的精准鉴别,并且在变种与原变种的区分方面有很大潜力。

【关键词】 克孜力乔古鲁克; 块根芍药; 内转录间隔区; 遗传多样性; 分子鉴别

【中图分类号】 R282.5 **【文献标识码】** A doi:10.3969/j.issn.1674-1749.2017.06.011

Study of molecular identification of peoniae radix hybridae based on ITS barcode sequence MA Shuangshuang, WANG Xueyong, LIU Chunsheng, et al. Beijing University of Chinese Medicine Traditional Chinese Medicine College, Beijing 100102, China

Corresponding author: FENG Qiong, E-mail: fengqiong64@sina.com

【Abstract】 Objective To accurately identify the variety of *Paeoniae radix hybridae* and distinguish *Paeonia hybrida* Pall. with *Paeonia anomala* L. and *Paeonia sinjiangensis* K. Y. Pan to provide a scientific basis for ensuring the accuracy of material sources. **Methods** Total genomic DNA was extracted from *P. hybrida* and internal transcribed spacer (ITS) was amplified by PCR and the product sent to sequence. ITS sequences of *P. hybrida*, *P. anomala* and *P. sinjiangensis* were downloaded from GenBank database. Interspecific and intraspecific Kimura 2-parameter(K 2-P) genetic distance, specific site and Neighbor-joining(N-J) system cluster tree were acquired based on softwares of ContigExpress, DNAMAN, Editseq, MeGA5. **Results** The content of G+C in *Paeonia hybrid* was ranged from 55.82% to 56.45%, which not

基金项目:中央本级重大增减支项目(2060302);北京市自然科学基金(7152094);新疆科技支撑计划(201433101);国家科技重大专项重大新药创制专项(2014ZX09304307001)

作者单位:100102 北京中医药大学中药学院[马双双(硕士研究生)、刘春生、肖瑶、张驰(硕士研究生)、李妍芃(博士研究生)、王娟(硕士研究生)、田思敏(硕士研究生)、王学勇],中医药研究院(赵保胜);北京联合大学生物化学工程学院医务室(冯琼)

作者简介:马双双(1991-),女,2014 级在读硕士研究生。研究方向:药品鉴定、民族药药效和物质基础研究。E-mail:mashuang110818@foxmail.com

通信作者:冯琼(1964-),女,本科,主治医师。研究方向:临床医学或全科。E-mail:fengqiong64@sina.com

overlapped with the other two species; The K 2-P genetic distance of all sequences was ranged from 0 to 0.026. The K 2-P genetic distance of interspecific and intraspecific samples was respectively ranged from 0.014 to 0.026 and 0.000 ~ 0.012; Compared with the other two categories, *P. hybrid* has 6 specific sites; Total samples were classified into 2 branches which containing one branch of *P. hybrida* with 84% in favor. Among of those, *P. hybrid* distributed in region of China clustered into one small branch, while the *P. hybrid* distributed in Russia was far away from those in genetic relationship. **Conclusion** ITS can distinguish *P. hybrid* from *P. anomala* and *P. sinjiangensis* by genetic distance, systematic cluster tree, site-specific analysis research and could be used for precise discrimination of *Paeoniae radix hybridae* and have great potential to make a distinction between the varieties and the original variety.

【Key words】 *Paeoniae radix hybridae*; *Paeonia hybrida* Pall.; ITS; Genetic diversity; Molecular identification

维药克孜力乔古鲁克(*Paeoniae radix hybridae*, PRH)为维医习用药,来源于毛茛科芍药属植物块根芍药 *Paeonia hybrida* Pall. (又名 *P. anomala* L. var. *intermedia* C. A. Mey)的干燥块根^[1-2],药性为二级干热,有散阻滞、散气、祛湿、止血、强壮各器官的功效,用于治疗胃病、肝虚、黑胆质性病、月经不调、各种出血性疾病^[2],作为新疆民族医常用处方制剂买朱尼欧都斯赛力比蜜膏的重要组成,还用于治疗湿寒性或黏液质性脑部疾病^[1]。目前,对 PRH 的研究主要有定性分析^[3],芍药苷、多糖和微量元素含量分析^[4-7],芍药总苷的提取工艺^[8]、临床用药^[9]、药理作用^[10-11]等。研究发现,PRH 含有丰富的多糖、微量元素、黏液质等物质^[2, 5, 12],并且在抗菌^[10]、抗血小板凝集^[11, 13]、防龋^[12]等方面有突出作用,且原植物块根芍药 *P. anomala* var. *intermedia* 生长环境良好,未受到有机氯类农药的污染^[14]。由于新疆地区地理环境独特,生态环境复杂等优势,孕育着珍贵的野生中药资源,具有品种繁多、资源丰富、质量上乘等特色^[15],维医在心血管病和脑部疾病方面也有独特疗效^[1, 16],因此维药 PRH 有很好的开发前景。但是由于维文记载的相关参考资料缺乏,在药材来源、鉴别、性质等方面有混淆现象,药材名称不统一等因素的存在^[17-18],加上传统鉴别方法(形态鉴别和理化鉴别)的局限性,新疆分布的芍药种类繁多等原因,导致其药材来源同名异物,同物异名现象严重,且存在严重的种质混乱问题,其中新疆芍药 *P. sinjiangensis* K. Y. Pan 和窄叶芍药 *P. anomala* L. 常被混用为 PRH^[3-5, 7, 11, 19-20],且形态特征不宜区分,目前对三者的鉴别区分工作未见详细报道。《新疆植物志》记载新疆芍药根供药用,有活血化瘀、解毒消肿之功,但不同于 PRH,为保证 PRH 的临床疗效,快速有效的精准鉴别成为当务之急。

与现代科技融合是维吾尔医药可持续发展的重要策略^[21],分子生物学技术推进了中药学科标准化、规范化,周洪涛等^[22]人曾利用 RAPD 技术为赤芍和白芍道地性的形成找到依据,蒋雨晗等^[23]应用 ISSR 分子标记技术分析了不同产地白芍的遗传离和亲缘关系,张旻桓等^[24]应用 ISSR 分析技术从分子水平上揭示了湖南产牡丹品种间亲缘关系及较高的遗传多样性。DNA 条形码技术的快速发展打破了传统鉴定方法的局限性^[25],以其不受形态特征限制、高效、准确、易于自动化和标准化的特点^[26],成为遗传分类学不可缺少的工具^[27],并广泛应用于中药学科。ITS 条形码因其核苷酸的高度变异性和长度的保守性,尤其适合关系密切的被子植物的系统发育和分类鉴定研究^[28],使其用于区分块根芍药与窄叶芍药和新疆芍药成为可能。

因此,为保证 PRH 药材来源的准确性和规范化,避免近缘植物的混入而影响 PRH 临床疗效,本研究立足于成熟的 ITS 条形码技术,标准参照《中国植物志》和《新疆植物志》,对新疆地区维药材 PRH 的源植物块根芍药 *P. hybrida* 和 GenBank 注册的块根芍药 *P. hybrida* 及其近缘植物新疆芍药 *P. sinjiangensis* 和窄叶芍药 *P. anomala* ITS 序列进行分析,以期对三者进行有效的区分,并利用 ITS 条形码技术为块根芍药的精准鉴别提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验药物与仪器

收集新疆和田药材市场的 PRH 样本,实验材料经新疆维吾尔医学专科学校买买提江·阿布都瓦克副教授鉴定为芍药属植物块根芍药 *P. hybrida*,并存放于北京中医药大学标本馆内。

PCR 仪 (Biomerta, 德国)、SIGMAA3K-15 低温高速离心机 (Sigma, 德国)、电泳系统 (Bio-Rad 公司)、JS-680B 全自动凝胶成像分析仪 (上海培清科技有限公司); 广谱植物基因组 DNA 快速提取试剂盒 (北京博迈德科技发展有限公司, 批号: 70670922)、2×Taq plus pcr mastermix (含染料) (北京博迈德科技发展有限公司, 批号: 706586BB)。

1.2 实验方法

ITS 条形码分析主要包括 DNA 提取、PCR 扩增、凝胶电泳验证并测序、序列分析、遗传距离分析和 N-J 系统聚类树的构建等过程。

1.2.1 DNA 提取和 PCR 扩增 维药材 PRH 为块根类药材, 质地坚硬, 处理时用枝剪剪成 0.5 cm 左右的小片段, 去皮备用。取样品 3 份, 先用 75% 的酒精擦拭表面, 用液氮研成细粉, 分别按照广谱植物基因组 DNA 快速提取试剂盒说明书提取 DNA。采用 ITS 通用引物^[29], 上游引物为 P1: 5'-AGAAGTCGTAACAAGGTTTC-3'; 下游引物为 P4: 5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3', 扩增条件为 50 μL 反应体系: 2 × Taq PCR MasterMix 25 μL, 引物 P1 和 P4 各 2 μL, DNA 模版 8 μL, ddH₂O 13 μL 在 PCR 仪上扩增, 扩增条件为 94℃ 预变性 5 分钟, 94℃ 变性 1 分钟, 55℃ 退火 1 分钟, 72℃ 延伸 1 分钟, 40 个循环, 72℃ 延伸 10 分钟。PCR 产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳, 在紫外灯下检视, 相应位置条带清晰明亮, 说明扩增产物可能是目标产物, 送上海生工生物有限公司测序部测序。各样品采用正向和反向双向测序, 以保证测序的准确性。

1.2.2 序列分析 应用 Contig Express 软件对正、反向序列进行拼接、校对, 根据相似度搜索法 (Blast 方法) 所获相似度最高物种的同属 ITS 序列边界, 截取待鉴定物种的 ITS 序列, 用于后续分析。从 GenBank 数据库中下载所有块根芍药、窄叶芍药和新疆芍药的 ITS 序列, 对实验所得序列和 GenBank 中已知序列进行多重比较分析, 对所有序列选用 Kimura 2-parameter (K 2-P) 模式的 Bootstrap 方法, 对样本进行遗传距离计算和构建系统聚类树。

2 结果

2.1 ITS 序列分析

对本实验所得块根芍药 *P. hybrida* 和 GenBank 下载同种源和其近缘种的 19 条 ITS 序列进行分析,

其中样本编号 1~11 为窄叶芍药, 编号 12 为新疆芍药, 编号 13~19 为块根芍药 (见表 1), 其中样本 1、2、3、11 和 19 分布于俄罗斯阿勒泰边疆地区的巴尔瑙市郊区, 而其他样品均分布于中国境内。序列全长为 643~652 bp, 其中块根芍药 *P. hybrida* (编号: 13、14、15、16 和 19) 和窄叶芍药 *P. anomala* (编号: 1、2、3、4、10 和 11) 的 ITS 均为 643 bp, 而新疆芍药 *P. sinjiangensis* (编号: 12) 为 651 bp, 另外 8 条为 ITS 不完整序列, 长度均为 634 bp, 块根芍药为窄叶芍药的变种, 两者 ITS 长度并未发生明显变异, 但新疆芍药 ITS 长度大于块根芍药。G+C 含量整体分布为 55.36%~56.45%, 其中块根芍药中 G+C 含量分布为 55.92%~56.45%, 而窄叶芍药的 G+C 含量为 55.36%~55.67%, 新疆芍药为 55.76%, G+C 含量的整体差异较小, 但是种间未重叠, 说明三者的亲缘关系相近, 但是仍存在明显的遗传变异。

2.2 特异位点分析

通过比对 ITS 序列发现, 块根芍药与另外两个种的所有样本中都存在碱基序列差异, 其中存在 6 个特异性位点 (见表 2) 可用于区分块根芍药与新疆芍药和窄叶芍药, 为保证维药材 PRH 准确的药材来源提供了科学依据。

2.3 遗传距离分析

对 19 条 ITS 序列进行遗传距离计算 (见表 1), 全部序列的遗传距离数值分布于 0~0.026, 块根芍药的种内遗传距离为 0~0.009, 种间遗传距离为 0.014~0.026, 种间遗传距离明显大于种内遗传距离。最大遗传距离 0.026 出现在一条分布于中国地区的块根芍药 (编号: 17) 和 4 条分布在俄罗斯地区的窄叶芍药 (编号: 1、2、3、11); 分布于俄罗斯地区的块根芍药 (编号: 19) 与分布于中国地区的块根芍药 (编号: 13~18) 的遗传距离均大于编号为 13~18 块根芍药的种内遗传距离。

2.4 系统聚类树分析

对所有 ITS 序列构建 N-J 系统聚类树 (图 1), 上述 19 个样品共聚为两大支系, 12 条窄叶芍药和新疆芍药聚为一大支, 其中分布于俄罗斯的窄叶芍药的四条序列 (编号: 1、2、3、11) 单独聚为一小支; 块根芍药的 7 个序列聚为一大支, 支持率为 84%, 全部与窄叶芍药和新疆芍药分开, 中国地区分布的块根芍药聚为一小支, 有 99% 的支持率, 而与俄罗斯地区分布的块根芍药 (编号: 19) 亲缘关系较远。

表 1 块根芍药与窄叶芍药和新疆芍药的 ITS 序列 K 2-P 遗传距离

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1 JN622175.1																				
2 JN622174.1	0.000																			
3 JN622173.1	0.000	0.000																		
4 FJ980375.1	0.019	0.019	0.019																	
5 DQ313696.1	0.009	0.009	0.009	0.010																
6 DQ313695.1	0.009	0.009	0.009	0.010	0.000															
7 DQ313694.1	0.009	0.009	0.009	0.010	0.000	0.000														
8 DQ313693.1	0.009	0.009	0.009	0.010	0.000	0.000	0.000													
9 DQ313692.1	0.010	0.010	0.010	0.012	0.002	0.002	0.002	0.002												
10 KC821525.1	0.009	0.009	0.009	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002											
11 JN622176.1	0.000	0.000	0.000	0.019	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.009										
12 U27697.1	0.010	0.010	0.010	0.009	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.010									
13 ITS3	0.023	0.023	0.023	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018	0.023	0.016								
14 ITS2	0.023	0.023	0.023	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018	0.023	0.016	0.000							
15 ITS1	0.023	0.023	0.023	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018	0.023	0.016	0.000	0.000						
16 KC821526.1	0.023	0.023	0.023	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018	0.023	0.016	0.003	0.003	0.003					
17 DQ313698.1	0.026	0.026	0.026	0.025	0.021	0.021	0.021	0.021	0.023	0.021	0.026	0.019	0.007	0.007	0.007	0.003				
18 DQ313697.1	0.025	0.025	0.025	0.023	0.019	0.019	0.019	0.019	0.021	0.019	0.025	0.018	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002			
19 JN622183.1	0.014	0.014	0.014	0.026	0.023	0.023	0.023	0.023	0.025	0.023	0.014	0.021	0.009	0.009	0.009	0.009	0.012	0.010		

注: 编号 1~11 为窄叶芍药, 编号 12 为新疆芍药, 编号 13~19 为块根芍药, 斜体数据表示块根芍药和新疆芍药、窄叶芍药的种间遗传距离。

表 2 块根芍药与窄叶芍药和新疆芍药的特异位点

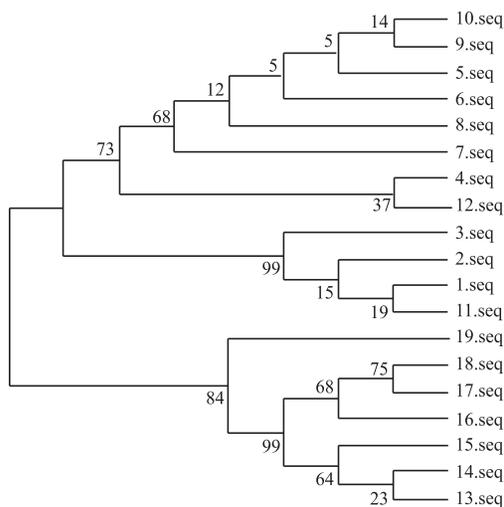
序列位点	73	107	226	230	529	620
块根芍药	T	G	A	C	C	A
窄叶芍药	C	T	T	T	T	T
新疆芍药	C	T	T	T	T	T

3 讨论

本研究结果表明遗传距离、特异位点、系统聚类树分析都可以区分块根芍药与其原变种窄叶芍药和近缘种新疆芍药, ITS 条形码技术可用于 PRH 源药材的精准鉴别, 保证药材来源的准确性, 并且在变种和原变种的区分方面存在很大潜力。

7 条块根芍药序列中, 序列 19 的产地来源为俄罗斯阿勒泰地区的巴尔瑙市郊区, 其他序列均来源于中国, 遗传距离、特异位点和系统聚类树三方面都支持序列 19 与其他块根芍药的遗传关系较远, 由于来源于不同国家地区, 因地理因素、生态环境和气候条件等差异, 块根芍药的基因型发生显著改变, 遗传多样性丰富, 因此, ITS 序列可作为块根芍药产地划分的依据之一。由于块根芍药在新疆各地、国外欧洲、西伯利亚和蒙古地区都有分布^[30], 分布地区广泛, 遗传多样性丰富, 可能存在明显的产地趋向变异, 有待加大样本量和产地丰富性揭示块根芍药的遗传多样性, 探究基于 ITS 序列的块根芍药的产地划分标准。

《中国植物志》和《新疆植物志》规定, 块根芍药 *P. anomala* var. *intermedia* 是窄叶芍药 *P. anomala*



注: 编号 1~11 为窄叶芍药, 编号 12 为新疆芍药, 编号 13~19 为块根芍药

图 1 基于 ITS 序列构建的 N-J 系统聚类树

的变种,而新疆芍药 *P. sinjiangensis* 为单独物种,理论上,块根芍药与窄叶芍药的亲缘关系比窄叶芍药与新疆芍药的亲缘关系更近,新疆芍药的 ITS 序列长度大于窄叶芍药和块根芍药,支持窄叶芍药与新疆芍药的亲缘关系较其与块根芍药的亲缘关系远。但是窄叶芍药与新疆芍药之间的遗传距离小于窄叶芍药和块根芍药之间的遗传距离,且系统聚类树将新疆芍药与窄叶芍药聚为同一支系,遗传距离、系统聚类分析等分子生物学证据并不支持块根芍药是窄叶芍药的变种,反而反应出新疆芍药和窄叶芍药的遗传关系更近。因此三者的亲缘关系仍需要更深入的研究。

参 考 文 献

[1] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草:维吾尔药卷 [M]. 上海:上海科学技术出版社, 2005.

[2] 维吾尔药材标准(上) [M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 1993.

[3] 杨媛媛. 维吾尔药新疆赤芍的定性分析 [J]. 亚太传统医药, 2011, 7(9): 16-18.

[4] 田树革, 周晓英. 维药新疆赤芍及不同炮制品中芍药苷与微量元素含量的分析 [J]. 中国民族医药杂志, 2005, 11(5): 32-33.

[5] 周钢, 刘君康, 马晓康, 等. 新疆赤芍中的部分微量元素的测定 [J]. 新疆中医药, 2008, 26(4): 62-63.

[6] 杨媛媛, 马晓康, 顾政一, 等. 不同产地新疆赤芍中芍药苷的含量测定 [J]. 医药导报, 2008, 27(7): 763-764.

[7] 王慧, 热娜卡斯木, 樊珍珠. 新疆赤芍多糖中糖醛酸含量的测定 [J]. 亚太传统医药, 2013, 9(2): 12-14.

[8] 周晓英, 柴黎明, 燕雪花. 新疆赤芍中芍药总苷提取工艺的研究 [J]. 天津药学, 2004, 16(2): 25-27.

[9] 艾斯卡尔·艾克热木, 艾山江·斯马义. 维医治疗心脑血管动脉硬化 34 例临床报告 [J]. 中国民族医药杂志, 2012, 18(2): 24.

[10] 武新华, 马秀敏, 丁剑冰, 等. 新疆赤芍抑菌实验研究 [J]. 中国民族医药杂志, 2005, 11(5): 30-31.

[11] 热娜·卡斯木, 王慧, 王晓梅, 等. 新疆赤芍抗血小板聚集作用及其不同组分分析 [J]. 中国药理学杂志, 2014, 49(13): 1109-1112.

[12] 李贺, 李艳, 赵今. 芍药总多糖抑蝻作用的体外研究 [J]. 中国美容医学杂志, 2016, 25(4): 41-44.

[13] 李文, 殷小杰, 廖福龙, 等. 六种产地赤芍对大鼠抗凝血及抗血小板聚集作用的比较 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2002, 7(S1): 30-31.

[14] 周钢, 马晓康, 杨媛媛. 新疆赤芍的有机氯农药残留测定 [J]. 新疆中医药, 2008, 26(5): 44-45.

[15] 高莉, 斯拉甫·艾白. 新疆维药与国内外中药质量标准研究的比较 [J]. 中国民族医药杂志, 2006, 12(4): 29-30.

[16] 朱佳卿. 我国民族医药发展的机遇与挑战 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(24): 2995-2997.

[17] 刘永刚, 木艾塔尔·努尔麦麦提, 阿曼古丽, 等. 维药开发中存在的问题及建议 [J]. 中国现代中药, 2014, 16(1): 87-89.

[18] 中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所. 新疆药用植物志 [M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1984.

[19] 新疆维吾尔自治区革命委员会. 新疆中草药 [M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1975.

[20] 李佳政. 新疆中药资源名录 [M]. 乌鲁木齐:新疆中药资源普查办公室出版, 1988.

[21] 叶华, 刘树林, 翟永松, 等. 谈少数民族地区民族医药产业的可持续发展 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(16): 3176-3179.

[22] 周红涛, 胡世林, 郭宝林, 等. 芍药野生与栽培群体的遗传变异研究 [J]. 药学学报, 2002, 37(5): 383-388.

[23] 蒋雨晗, 张丽萍, 周学刚, 等. ISSR 分子标记在白芍亲缘关系的应用研究 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(3): 429-433.

[24] 张旻桓, 金晓玲, 成仿云, 等. 湖南产牡丹遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 中草药, 2016, (7): 1193-1198.

[25] 陈士林, 庞晓慧, 罗焜, 等. 生物资源的 DNA 条形码技术 [J]. 生命科学, 2013, (5): 458-466.

[26] 时圣明, 潘明佳, 王洁, 等. 分子鉴定技术在中药中的应用 [J]. 中草药, 2016, 47(17): 3121-3126.

[27] Schindel DE, Miller SE. DNA barcoding a useful tool for taxonomists [J]. Nature, 2005, 435(7038): 17.

[28] 赵玥, 赵文军, 朱水芳, 等. 核 rDNAITS 序列在植物种质资源鉴定中的应用 [J]. 辽宁农业科学, 2005, (5): 26-28.

[29] 程小丽, 廖彩丽, 刘春生, 等. 基于 NCBI 核酸数据库的紫荆皮混淆品种华中五味子的 DNA 鉴定研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(17): 2534-2537.

[30] 新疆植物志委员会. 新疆植物志藜科-星叶草科(第 2 卷第 1 分册) [M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 1994.

(收稿日期: 2016-12-12)

(本文编辑: 韩虹娟)