

整合药理学视角下红禾麻质量标志物辨识与质量标准构建研究进展

李太平¹, 邹嘉欣¹, 宿凯强¹, 徐志立¹, 钟余特², 黄聪颖², 王 萍², 巩仔鹏^{3*}, 许海玉^{1*}

1. 辽宁中医药大学药学院, 辽宁 大连 116600

2. 中国中医科学院中药研究所, 道地药材品质保障与资源持续利用全国重点实验室, 北京 100700

3. 贵州医科大学 中药功效成分发掘与利用全国重点实验室, 贵州 贵阳 561113

摘 要: 红禾麻是贵州特色民族药材, 为珠芽艾麻 *Laportea bulbifera* 或大蝎子草 *Girardinia diversifolia* 的新鲜或干燥全草, 具有祛风除湿、活血化瘀、解毒消肿等功效。现行质量标准仅以 β -谷甾醇作为其定性鉴别指标, 专属性及功效关联性不足。以质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 理论为核心, 结合整合药理学, 从 Q-Marker 特有性、有效性和可测性 3 个维度梳理红禾麻研究进展。现有研究表明, 产地、加工、生境及种质等因素均可影响红禾麻的化学组成, 2 种基原及易混淆品之间亦存在化学差异。珠芽艾麻中的芦丁、山柰酚-3-O-芸香糖苷、新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸等成分与抗炎、抗风湿作用密切相关, 部分成分可到达关节腔。大蝎子草中含有紫云英苷、对羟基肉桂酸和东莨菪内酯等成分, 其中紫云英苷具有一定的质量评价潜力。基于现有证据, 建议珠芽艾麻以芦丁作为主要定量候选 Q-Marker, 以山柰酚-3-O-芸香糖苷及苯丙素类成分对应的色谱峰作为指纹图谱特征峰; 大蝎子草以紫云英苷作为定量候选指标, 以对羟基肉桂酸和东莨菪内酯对应的色谱峰作为指纹图谱特征峰。未来应加强候选 Q-Marker 的实验验证和体内暴露与药效关联研究, 完善 2 种基原的药效物质基础, 重点补充大蝎子草相关研究, 为红禾麻差异化质量标准的完善提供依据。

关键词: 红禾麻; 整合药理学; 质量标志物; 药效物质基础; 质量标准

中图分类号: R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2026)20-8185-12

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.20.020

Research progress on quality marker identification and standard construction of Honghema from integrative pharmacology perspective

LI Taiping¹, ZOU Jiabin¹, SU Kaiqiang¹, XU Zhili¹, ZHONG Yute², HUANG Congying², WANG Ping², GONG Zipeng³, XU Haiyu¹

1. School of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China

2. State Key Laboratory for Quality Ensurance and Sustainable Use of Dao-di Herbs, Institute of Chinese Materia Medica China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

3. State Key Laboratory of Discovery and Utilization of Functional Components in Traditional Chinese Medicine, Guizhou Medical University, Guiyang 561113, China

Abstract: Honghema, a representative ethnic medicine from Guizhou,]consists of the fresh or dried whole plant of *Laportea bulbifera* (Sieb. et Zucc.) Wedd. or *Girardinia diversifolia* (Link) Friis, and possesses the functions of dispelling wind and dampness, activating blood and removing stasis, detoxifying and reducing swelling. The current quality standards only take β -sitosterol as its qualitative identification index, which lacks specificity and efficacy correlation. Centered on the theory of quality markers (Q-Marker) and combined with integrative pharmacology, the research progress of Honghema is sorted out from three dimensions: specificity, effectiveness and measurability. The current studies show that factors such as place of origin, processing, habitat, and germplasm can

收稿日期: 2026-07-03

基金项目: 国家自然科学基金区域创新发展联合基金 (U25A20167); 国家自然科学基金 (82404819, 82574682); 辽宁省科学技术计划项目 (2025JH2/101800286); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助 (ZXKT25041); 贵州省科技计划项目 (黔科合基础-ZK[2024]重点 049); 国家中医药管理局青年岐黄学者培养项目 (国中医药人教函[2026]9 号)

作者简介: 李太平, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: 1319797933@qq.com

***通信作者:** 许海玉, 博士, 教授, 博士生导师, 从事整合药理学及中药质量标志物研究。E-mail: hy_xu627@163.com

巩仔鹏, 博士, 教授, 博士生导师, 从事中药药代动力学及其 PK-PD 结合模型研究。E-mail: gzp4012607@126.com

affect the chemical composition of Honghema, and differences also exist between the two original sources and easily confused varieties. Rutin, kaempferol-3-*O*-rutinoside, neochlorogenic acid, chlorogenic acid, and cryptochlorogenic acid in *L. bulbifera* are associated with anti-inflammatory and antirheumatic effects, and some components can reach the articular cavity. Astragalin, *p*-hydroxycinnamic acid, and scopoletin have been reported in *G. diversifolia*, with astragalin showing potential for quality evaluation. Based on existing evidence, it is recommended that rutin be used as the primary quantitative candidate Q-Marker for *L. bulbifera*, and the chromatographic peaks corresponding to kaempferol-3-*O*-rutinoside and phenylpropanoids as characteristic fingerprint peaks; for *G. diversifolia*, astragalin should be used as the quantitative candidate indicator, and the chromatographic peaks corresponding to *p*-hydroxycinnamic acid and scopoletin as characteristic fingerprint peaks. Future research should focus on strengthening the experimental validation of candidate Q-Markers and the correlation between *in vivo* exposure and pharmacodynamics, further investigating the pharmacological material basis of both botanical sources, with particular attention to *G. diversifolia*, and providing a basis for improving Honghema's differentiated quality standards.

Key words: Honghema; integrative pharmacology; quality marker; pharmacodynamic substances; quality standard

红禾麻为荨麻科植物珠芽艾麻 *Laportea bulbifera* (Sieb. et Zucc.) Wedd. 或大蝎子草 *Girardinia diversifolia* (Link) Friis 的新鲜或干燥全草, 是贵州地区常用民族药材之一^[1]。其具有祛风除湿、活血化瘀、解毒消肿等功效, 传统用于风湿痹痛、跌打损伤及皮肤瘙痒等病症, 现已作为润燥止痒胶囊、复方伤复宁膏和通络骨质宁膏等中成药的重要原料药材^[2-3]。现行质量标准主要以 β -谷甾醇为定性鉴别指标^[1,3], 但该成分广泛存在于多种植物中, 专属性有限, 且其与红禾麻主要功效及药效物质基础的关联尚不明确。现有标准亦缺乏药效相关的含量指标和整体化学评价手段。因此, 有必要从基原特征、药效物质基础及成分可测性等方面完善红禾麻的质量评价体系。

中药质量标志物 (quality marker, Q-Marker) 由刘昌孝院士^[4]于 2016 年系统提出, 其核心是以能够反映中药自然属性、传递与溯源属性、生物学功能及复方配伍等关键质量属性的化学物质为载体, 构建与中药安全性、有效性和质量一致性相关联的质量评价体系^[5-8]。整合药理学以中药化学成分为基础, 通过体内外药效物质辨识、作用机制解析及质量评价等多层次研究, 揭示中药成分、体内过程与药理效应之间的内在联系^[9-11]。从药效作用途径看, 中药成分可通过直接、间接和辅助调控作用发挥效应。直接调控作用是指活性成分或其代谢产物到达靶组织后, 直接作用于相关分子靶点并调节病理过程; 间接调控作用是指药物成分首先作用于非靶组织, 然后通过诱导产生中间媒介物质进一步调节远端靶组织; 辅助调控作用则是指某些成分本身不直接发挥主要药效, 而是通过成分间的药物代谢相互作用, 或借助中药相态物质等特殊物质形

式, 改变其他活性成分的吸收、代谢、转运及体内暴露, 从而协助其发挥药效。中药相态物质主要包括由非共价相互作用形成的超分子聚集体以及中药来源的细胞外囊泡样颗粒、自组装纳米颗粒等具有特定物理形态的物质。上述直接、间接和辅助调控 3 类作用途径相互联系, 共同体现中药多成分、多途径和整体调节的作用特点, 为 Q-Marker 有效性辨识及药效关联性评价提供理论依据。

本文从整合药理学视角梳理红禾麻的化学组成、质量变异、体内过程及药效机制, 从特有性、有效性和可测性 3 个方面辨识候选 Q-Marker, 分析现有质量评价研究的不足, 以期对红禾麻质量标准的完善提供依据。

1 基于特有性的红禾麻 Q-Marker 辨识

1.1 红禾麻化学组成

化学物质组成是 Q-Marker 筛选的基础。《贵州省中药材民族药材质量标准》2003 年版以珠芽艾麻 *L. bulbifera* 为红禾麻基原, 2019 年版增补大蝎子草 *G. diversifolia*, 形成现行的双基原用药格局^[1]。其中, 珠芽艾麻化学成分研究较为深入, 已报道黄酮类化合物 51 个、酚类化合物 16 个、含氮化合物 8 个、甾类化合物 10 个、萜类化合物 3 个、香豆素类化合物 11 个、苯丙素类化合物 17 个以及脂肪酸及其衍生物 45 个等^[3], 为其 Q-Marker 筛选提供了较丰富的物质基础。代表性化合物见图 1。

大蝎子草在《楚彝本草》《滇药录》《藏本草》等民族医药典籍中均有记载^[12]。现有化学研究首先集中于挥发性成分, 陶玲等^[13]采用气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 技术分析其根、茎和叶, 共检测到 44 个化合物, 其中 19 个化合物在 3 个部位中均有检出。非

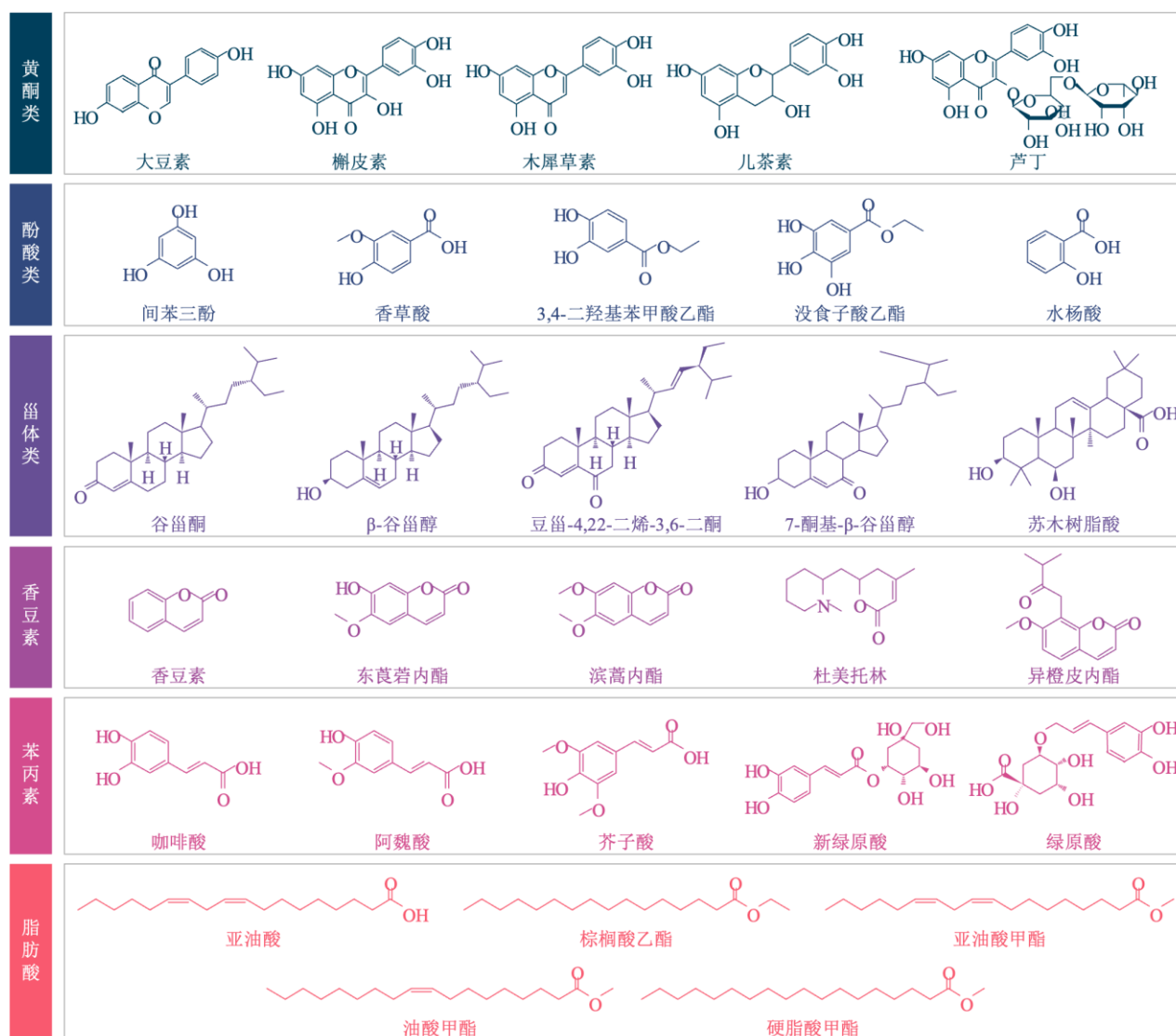


图 1 珠芽艾麻所含有的代表性化学成分

Fig. 1 Representative chemical components contained in *L. bulbifera*

挥发性成分研究随后逐步开展。已分离鉴定的成分包括山柰酚(山柰素)、芹菜素-7-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷和紫云英苷(山柰酚-3-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷)等黄酮类,东莨菪内酯和秦皮素等香豆素类,以及儿茶酚、对羟基肉桂酸、水杨酸、香草醛、委陵菜酸、β-谷甾醇、草酸、丁二酸、壬二酸、1-亚油酸甘油酯、尿嘧啶和蔗糖等^[12,14-16]。国外研究还报道了β-谷甾醇、7-羟基谷甾醇和3-羟基-(3β)-豆甾-5-烯-7-酮等甾醇类化合物^[17]。

总体而言,大蝎子草的化学成分研究仍少于珠芽艾麻,现有资料尚不足以完整反映其化学组成和部位分布差异。后续应加强不同部位、鲜干状态及加工条件下的系统表征,为基原鉴别、质量评价和Q-Marker筛选提供依据。大蝎子草中代表性化合物

见图2。

1.2 基于差异成分的多维 Q-Marker 解析

红禾麻化学成分受产地、生境、加工方式、种质来源等多种因素影响,梳理这些差异有助于明确质量变异来源,为Q-Marker筛选和质量评价提供依据。

1.2.1 产地与生境相关的成分差异 不同产地红禾麻的化学组成及其含量存在明显差异。温海成等^[18]对不同产地珠芽艾麻建立高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)指纹图谱,筛选出原儿茶酸、原儿茶醛、绿原酸、对香豆酸和山柰素-3-*O*-α-*L*-鼠李糖基-7-*O*-*L*-鼠李糖苷5个具有产地区分潜力的成分。多批次研究显示,儿茶素类、咖啡酰奎宁酸类及黄酮苷类成分在不同来源珠芽

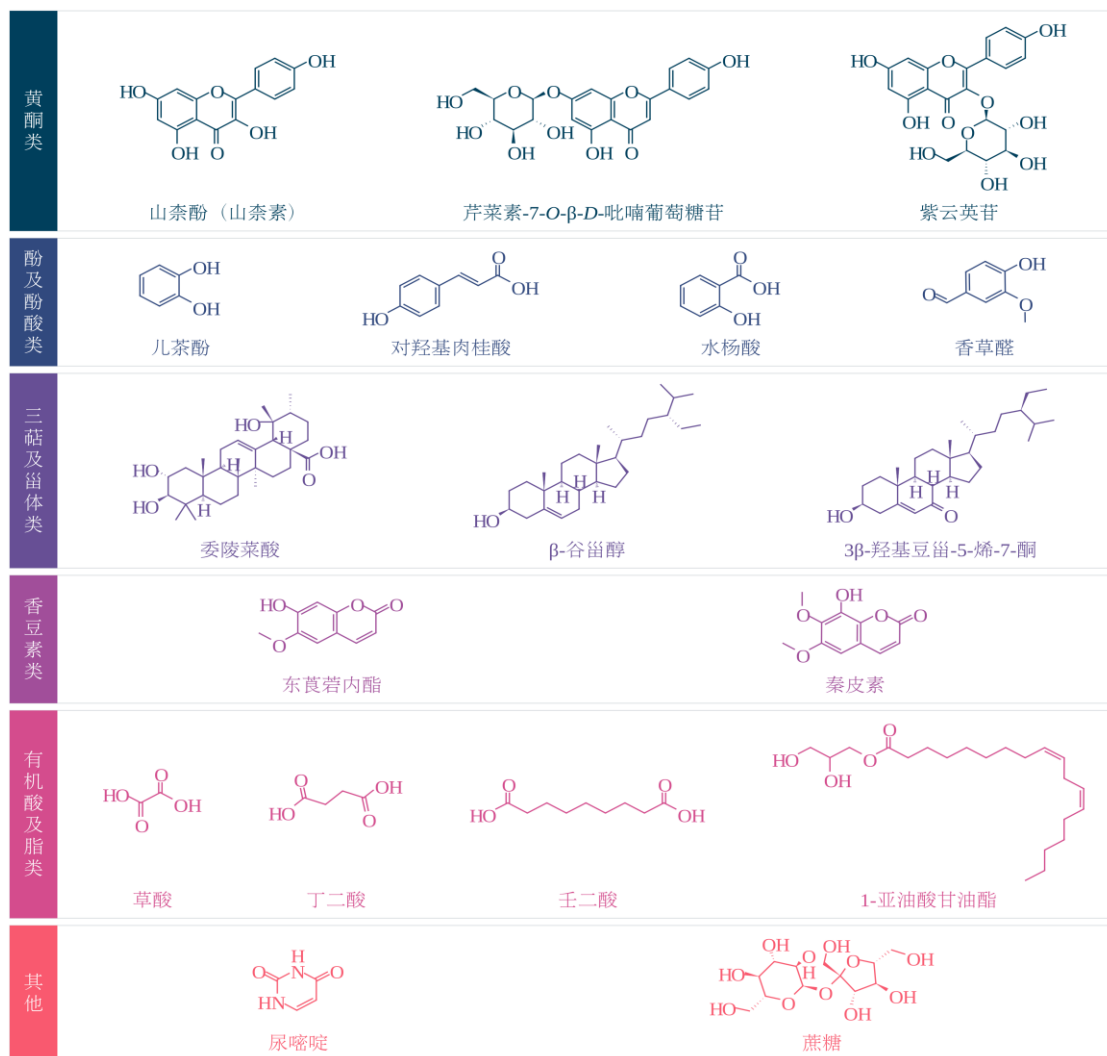


图 2 大蝎子草所含有的代表性化学成分

Fig. 2 Representative chemical components contained in *G. diversifolia*

艾麻中含量差异明显^[19-21], 其中新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁和山柰酚-3-O-芸香糖苷等被多次报道。产地差异还体现在薄层色谱和理化指标等方面。不同来源珠芽艾麻的东莨菪内酯薄层斑点、总灰分和水分存在差异^[22-23]。大蝎子草中对羟基肉桂酸、东莨菪内酯和紫云英苷的含量也具有地域差异, 并且东莨菪内酯薄层结果与含量变化趋势基本一致^[24-25]。

生境因子与珠芽艾麻成分积累亦有关。舒燕霞等^[26]发现, 芦丁和山柰酚-3-O-芸香糖苷的含量与降水量和太阳辐射呈正相关, 槲皮苷则呈相反趋势; 总多糖含量与土壤 pH 呈正相关, 总黄酮含量与土壤 pH 呈负相关。灰色关联和相关性分析进一步表明, 不同产地黄酮及多糖含量受温度、日照、降雨和地理位置等多因素共同影响^[27-28]。由此可见, 红

禾麻品质形成具有明显的生态复杂性, 单一环境因子难以充分解释其成分差异。

1.2.2 鲜干状态及产地加工相关的成分差异 鲜干状态转换可改变珠芽艾麻化学组成。与鲜品相比, 干品色谱峰减少 3 个, 芦丁、绿原酸、隐绿原酸、儿茶素类及部分黄酮等 14 种成分含量降低^[29]。加工条件同样影响质量指标。不同干燥方式比较显示, 地上部分不杀青并于 40 °C 烘干时, 总黄酮与浸出物含量和折干率综合评价较优^[30]。

1.2.3 种质、植株形态及资源来源相关的成分差异 珠芽艾麻种质资源具有较丰富的表型差异, 部分农艺性状与药材质量相关。研究显示, 主茎粗细、叶宽和株高等性状与总黄酮或浸出物含量存在一定关联^[31]。形态变异研究显示, 不同居群及个体间性状差异明显, 10 个性状的变异系数为 18.58%~

49.35%，前 4 个主成分累计解释 83.092% 的表型差异，36 个居群可聚为 4 类^[32]。野生与引种珠芽艾麻的超高效液相色谱（ultra performance liquid chromatography, UPLC）指纹图谱亦存在一定差异^[33]，这提示资源来源可能影响化学组成。但现有研究主要基于整体色谱轮廓，关键差异成分仍需进一步明确。

1.2.4 易混淆品及不同基原间的成分差异 珠芽艾麻与近缘种艾麻 *L. cuspidata* (Wedd.) Friis 在形态上较为相似。生药鉴别和 HPLC 特征图谱显示二者

存在形态及化学差异，其中异鼠李素-3-*O*-新橙皮苷具有一定鉴别价值^[34]。2 个法定基原之间也存在化学差异，大蝎子草中含有紫云英苷、对羟基肉桂酸和东莨菪内酯等成分^[24-25]；珠芽艾麻的代表性成分包括芦丁、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷及新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸等^[20-21]。

综上，产地和生境影响空间尺度上的成分积累，鲜干状态及加工影响成分保留，种质和资源来源可造成进一步差异，而基原及易混淆品间的化学差异可为真伪鉴别提供依据，相关信息见表 1。

表 1 与基原、产地、加工及生境关联的成分信息

Table 1 Component information associated with origin, place of origin, processing and habitat					
药材部位	关联因子	样本来源	差异成分	文献	
珠芽艾麻全草	产地	广西、云南、湖北 10 个地点，13 批	5 个（原儿茶酸、原儿茶醛、绿原酸、对香豆酸、山柰素-3- <i>O</i> - α -L-鼠李糖基-7- <i>O</i> -L-鼠李糖苷）	18	
珠芽艾麻全草	产地	贵州 13 个地点，28 批	4 个[(-)-没食子儿茶素、(±)-表没食子儿茶素、(+)-儿茶素、(-)-表儿茶素]	19	
珠芽艾麻全草	产地	贵州 5 个地点，13 批	11 个（槲皮苷、山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷、异槲皮苷、芦丁、表儿茶素、隐绿原酸、绿原酸、儿茶素、表没食子儿茶素、新绿原酸、没食子儿茶素）	20	
珠芽艾麻全草	产地	贵州 7 个地点，12 批	10 个（新绿原酸、表没食子儿茶素、绿原酸、隐绿原酸、表儿茶素、芦丁、异槲皮苷、木犀草苷、山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷、槲皮苷）	21	
大蝎子草全草	产地	贵州 13 个地点，13 批	3 个（对羟基肉桂酸、东莨菪内酯、紫云英苷）	24	
珠芽艾麻全草	加工方式（鲜品与干品）	贵州党武，1 批	14 个（芦丁、对羟基苯甲酸、原儿茶醛、绿原酸、隐绿原酸、儿茶素或表儿茶素、亚麻酸、表没食子儿茶素、槲皮苷、山柰酚、原花青素或花青素、芸香糖）	29	
珠芽艾麻全草	环境因子（温度、土壤、光照、降雨量）	贵州 20 个地点，33 批	5 个（总多糖、总黄酮、芦丁、山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷、槲皮苷）	26	
珠芽艾麻全草	环境因子（温度、土壤、光照、降雨量）	贵州、吉林、云南 19 个地点，26 批	1 个[槲皮黄酮-3- <i>O</i> -芸香糖苷（芦丁）]	27	
珠芽艾麻根	环境因子（温度、土壤、光照、降雨量）	贵州、吉林、云南 25 个地点，43 批	多糖	28	
珠芽艾麻全草	农艺性状（株高、最大展幅宽、叶宽）	贵州修文，60 批	总黄酮	31	
珠芽艾麻全草	混淆品（艾麻）	贵州威宁、赫章、贵阳，6 批	1 个（异鼠李素-3- <i>O</i> -新橙皮苷）	34	

2 基于有效性的红禾麻质量标志物辨识

2.1 红禾麻传统功效与现代药理活性

红禾麻为双基原药用植物，珠芽艾麻与大蝎子草在传统功效上具有一定共性，主要表现为祛风除湿、活血化瘀、解毒消肿等^[1-3,35]，民间常用于风湿痹痛、跌打损伤及皮肤瘙痒等病症。现代应用中，红禾麻已作为润燥止痒胶囊、复方伤复宁膏和通络骨质宁膏等中成药的重要药味^[2-3]。现代药理研究表明，红禾麻具有抗炎镇痛、抗风湿、抗氧化、免疫调节、降血糖、调血脂等作用^[3,35]，其中抗炎镇痛和抗风湿作用与其祛风除湿、缓解风湿痹痛等传统功效联系较为密切，红禾麻药效物质基础研究亦主要围绕这 2 类作用展开。

中药成分进入机体后需经历吸收、分布、代谢和排泄等过程，其药效既可由原型成分或代谢产物

直接作用于靶部位产生，也可通过非靶组织介导的间接调控作用，或由其他成分及中药相态物质改变活性成分的体内行为而产生辅助调控作用。整合药理学据此将药效作用途径概括为直接调控作用、间接调控作用和辅助调控作用 3 类^[9,36-38]。基于该框架，本文从 3 类作用模式梳理红禾麻药效物质及作用机制，评价候选 Q-Marker 的有效性证据。

2.2 基于直接调控作用的红禾麻 Q-Marker 辨识

现有研究中，红禾麻有效性的证据主要集中于直接调控作用。部分黄酮类、苯丙素类成分的活性及药效关联已获得体外活性、动物药效、体内暴露和靶组织分布等研究支持。尤其是能够以原型或活性代谢物形式进入体内并到达作用部位，同时与药效指标或相关靶点建立联系的成分作为有效性 Q-Marker 的依据更为充分。相关研究主要涉及抗炎镇

痛、抗风湿、免疫调节及其他药理作用。

2.2.1 抗炎镇痛的活性物质及分子机制 Wang 等^[39]对珠芽艾麻所含成分进行活性筛选,报道多种化合物具有较好的环氧合酶-2(cyclooxygenase-2, COX-2)抑制活性,其中表儿茶素-3-*O*-没食子酸酯、槲皮素、虎杖苷和亚油酸表现出较高选择性。韩红园等^[40]发现,对香豆酸和咖啡酸可抑制小鼠单核巨噬细胞 RAW264.7 释放一氧化氮(nitric oxide, NO),提示其具有潜在抗炎活性。小鼠耳廓肿胀、醋酸扭体及热板实验表明,大蝎子草不同极性部位及水提物具有抗炎镇痛作用,其中醋酸乙酯部位和鲜品水提物活性较为突出^[41-43]。细胞研究显示,大蝎子草醋酸乙酯部位和水提部位可抑制脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)诱导的 NO 和肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)产生,并降低诱导型一氧化氮合酶(inducible nitric oxide synthase, iNOS)表达^[44-45]。总体来看,红禾麻抗炎镇痛作用已有酶、细胞和动物实验支持,但大蝎子草研究仍以提取物和活性部位为主,具体药效成分尚需明确。

2.2.2 抗类风湿性关节炎的活性物质及分子机制 巩仔鹏团队^[46]采用关节腔微透析技术建立珠芽艾麻提取物在佐剂性关节炎(adjutant arthritis, AA)大鼠关节腔内的药动学-药效学(pharmacokinetics-pharmacodynamics, PK-PD)模型。山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、芦丁、绿原酸和隐绿原酸均可到达关节腔炎症部位,其效应强度依次为山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、芦丁、绿原酸和隐绿原酸,且暴露量与类风湿因子(rheumatoid factor, RF)水平存在显著关联。该研究从靶组织暴露和药效效应层面为上述成分作为抗风湿候选 Q-Marker 提供了较强证据。

其他研究表明,珠芽艾麻提取物可降低 AA 大鼠 TNF- α 、 γ 干扰素(interferon- γ , IFN- γ)、白细胞介素-1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)和 RF 等指标水平,其作用与上述 5 种成分相关^[47]。血清药理学和血清药物化学研究还检测到新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁、异槲皮苷、木犀草苷、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷和槲皮苷等入血原型成分,含药血清可抑制人类风湿关节炎滑膜成纤维细胞 MH7A 炎症反应^[48]。网络药理学亦提示相关成分可能涉及丝裂原活化蛋白激酶 3(mitogen-activated protein kinase 3, MAPK3)、前列腺素内过氧化物合酶 2

(prostaglandin-endoperoxide synthase 2, PTGS2)、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)和 IL-6 等靶点^[49]。此外,珠芽艾麻根部提取物和醋酸乙酯部位分别可能通过信号转导及转录激活因子 3(signal transducer and activator of transcription 3, STAT3)/B 细胞淋巴瘤 2(B-cell lymphoma-2, Bcl-2)/半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶-3(Caspase-3)及细胞因子信号转导抑制因子 1(suppressor of cytokine signaling 1, SOCS1)/STAT3 通路改善关节炎^[50-51],但具体活性成分尚未明确。

综合现有证据,山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、芦丁、绿原酸和隐绿原酸兼具成分明确、体内暴露、靶组织可达和药效相关等证据,是珠芽艾麻抗类风湿性关节炎 Q-Marker 的重要候选成分。

2.2.3 免疫调节及抗 1 型糖尿病的活性物质及分子机制 珠芽艾麻根总香豆素可调节树突状细胞 Toll 样受体 4(Toll-like receptor 4, TLR4)信号,促进 2 型辅助性 T 细胞(type 2 helper T cell, Th2)偏向和调节性 T 细胞(regulatory T cell, Treg)生成,从而改善免疫状态并保护胰岛 β 细胞^[52]。由于具体活性单体尚未解析,总香豆素目前仅可作为活性部位层面的药效物质基础。

2.2.4 其他活性及其物质基础 红禾麻还具有抗氧化和抗病毒等活性。珠芽艾麻根部提取物具有较强抗氧化活性^[53],部分山柰酚和槲皮素糖苷可抑制流感病毒神经氨酸酶的活性^[54]。大蝎子草总多酚提取液具有 1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基清除能力^[55]。上述结果主要来自体外或提取物研究,其可作为候选活性证据,但不能替代体内药效和暴露证据。

2.2.5 活性成分的体内暴露与代谢转化 黄静等^[56]采用人结直肠腺癌细胞 Caco-2 模型进行研究发现,珠芽艾麻主要活性成分具有一定跨膜转运能力,以被动扩散为主,未观察到明显的 P 糖蛋白(P-glycoprotein, P-gp)、多药耐药相关蛋白 2(multidrug resistance-associated protein 2, MRP2)和乳腺癌耐药蛋白(breast cancer resistance protein, BCRP)介导的外排。外翻肠囊研究显示,类风湿性关节炎模型动物中新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷和木犀草苷等成分的吸收特征与正常动物存在差异^[57]。

代谢研究表明,珠芽艾麻成分可经肠道菌群及体内代谢形成多种产物。离体肠道菌群研究检测到

22 个代谢产物^[58], 大鼠粪便中检测到 8 个原型成分和 35 个代谢产物^[59]。给润燥止痒胶囊后, 血浆、尿液和胆汁中亦检测到来源于红禾麻的原型及代谢产物^[60]。目前这些代谢产物的药效贡献和靶点仍不明确, 原型成分、代谢产物、靶组织暴露与药效之间的因果关系尚需进一步验证。

2.2.6 多成分联合作用及复方配伍中的药效贡献 血清药物化学研究显示, 多种珠芽艾麻入血成分与炎症指标相关, 提示黄酮类与苯丙素类可能共同参与抗炎作用^[48]。但现有证据主要来自相关性分析, 尚不足以证明严格意义上的药理学协同。在润燥止痒胶囊中, 网络药理学、分子对接和细胞实验提示绿原酸可能参与抗瘙痒作用^[61], 体内研究还检测到来源于红禾麻的绿原酸和芦丁^[60]。因此, Q-Marker 的筛选还应关注候选成分在复方中的传递和实际暴露。

2.3 基于间接调控作用的红禾麻质量标志物辨识

红禾麻间接调控作用的研究相对较少。已有结果提示, 肠道菌群转化和外周免疫调节可能参与其整体药效, 但现有证据多集中于成分转化、免疫细胞变化或炎症因子调节等方面, 尚未建立由非靶向组织作用、中间媒介产生到远端靶器官效应的完整联系。因此, 目前相关研究更多反映潜在的间接调控途径, 其对 Q-Marker 辨识的支持仍需进一步验证。

2.3.1 肠道菌群介导的潜在间接调控作用 珠芽艾麻部分成分可被肠道菌群代谢并生成多种产物^[58-59], 但尚无证据表明这些过程通过特定中间媒介进一步产生肠道与远端器官之间的调节效应^[62-63]。因此, 现有证据主要支持肠道菌群参与珠芽艾麻成分的生物转化, 尚不足以确认其介导远端药效。

2.3.2 免疫器官介导的潜在间接调控作用 Luo 等^[64]发现, 珠芽艾麻根总香豆素可影响树突状细胞成熟、Treg 形成及 IL-10、转化生长因子- β (transforming growth factor- β , TGF- β) 水平, 并改善实验性关节炎。该研究提示外周免疫器官可能参与药效, 但未建立总香豆素在关节局部的暴露与效应关系, 因此尚不足以确认间接调控机制。总体而言, 红禾麻间接调控作用仍处于初步研究阶段, 现有证据不足以据此确定 Q-Marker。

2.4 基于辅助调控作用的红禾麻 Q-Marker 辨识

辅助调控作用主要关注非直接起效成分或中药相态物质对其他活性成分体内过程及药效发挥的影响。其作用形式主要包括成分间的药物代谢相

互作用, 以及中药相态物质介导的递送增效作用。红禾麻辅助调控作用的现有研究线索主要来自药物代谢酶调控, 而中药相态物质及其递送作用尚缺乏直接研究。

2.4.1 成分-成分药物代谢相互作用 杨惠林等^[65]发现, 珠芽艾麻提取物可调节多种细胞色素 P450 (cytochrome P450, CYP450) 酶亚型活性, 提示珠芽艾麻具有调节药物代谢酶活性的潜力, 并可能影响其他成分的体内暴露。但目前尚缺乏具体成分通过调节代谢酶改变另一活性成分的药动学并增强药效的直接证据, 因此尚不足以以此为依据确立辅助调控作用的 Q-Marker。

2.4.2 中药相态物质介导的递送增效作用 中药相态物质是指具有特定物理形态并可能影响活性成分体内行为的物质, 包括由非共价相互作用形成的超分子聚集体、中药来源细胞外囊泡样颗粒及自组装纳米颗粒等。相关研究表明, 这类物质可通过改善活性成分的溶解和稳定性、促进跨膜转运或改变体内暴露等方式影响药效^[66-67]。

目前尚无充分证据证实红禾麻中存在具有明确递送增效作用的相态物质。时庆欣等^[68]虽从珠芽艾麻醋酸乙酯部位中分离得到寡肽物质, 但尚未证实其能够形成相态结构或影响其他活性成分的递送。因此, 该模式目前仍属于红禾麻辅助调控作用研究的潜在方向, 不宜作为现阶段 Q-Marker 辨识的主要依据。

总体而言, 红禾麻有效性证据主要来自直接调控作用, 珠芽艾麻中山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、芦丁、绿原酸和隐绿原酸的证据相对完整。大蝎子草的药效物质基础以及间接调控作用、辅助调控作用机制仍需补充。相关活性部位、候选成分及功效关系见图 3。

3 基于可测性的红禾麻质量标准构建

现行红禾麻质量标准包括性状、 β -谷甾醇薄层鉴别、水分、总灰分和醇溶性浸出物等项目, 尚未设置与主要药效物质基础相对应的含量测定指标^[1]。基于前述研究, 本文从检测方法、含量变异和基原专属性等方面评价红禾麻候选 Q-Marker 的可测性, 并提出双基原差异化质量评价思路。

3.1 候选 Q-Marker 的可测性评价

珠芽艾麻已建立超高效液相色谱-电喷雾电离质谱联用 (ultra performance liquid chromatography-electrospray ionization-mass spectrometry, UPLC-

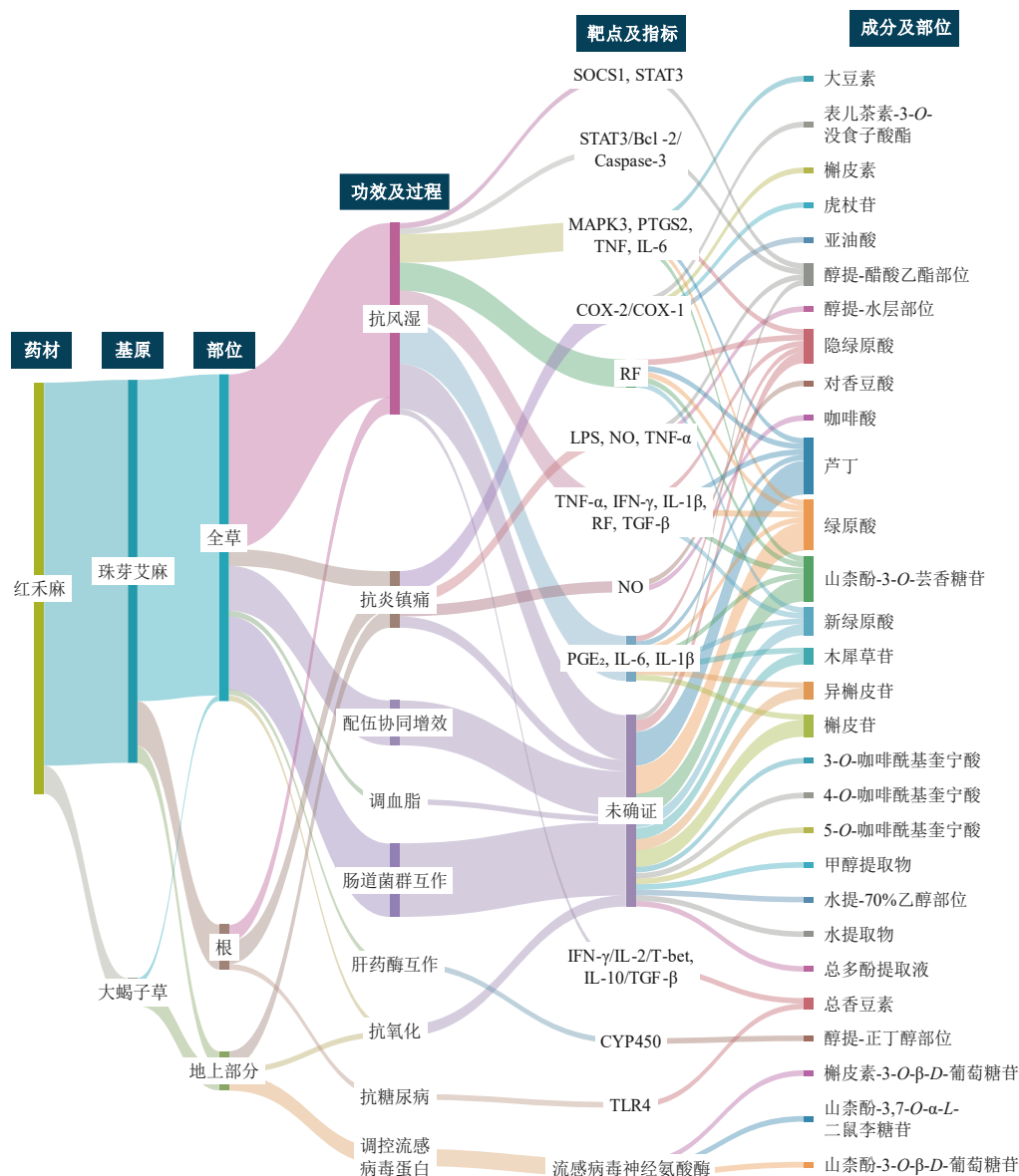


图 3 红禾麻功效物质与作用机制关联分析

Fig. 3 Correlation analysis of functional substances and mechanism of Honghema

ESI-MS) 和 HPLC 多成分定量方法, 可同时测定芦丁、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、绿原酸及儿茶素类等成分, 方法学指标总体良好^[19-21], 具备进一步开展候选指标定量评价的基础。珠芽艾麻指纹图谱研究已获得 17~20 个共有峰^[18,21], 但不同产地及野生、引种样品的相似度存在差异^[18,21,33]。因此, 现有数据可为参照指纹图谱的建立提供依据, 但不宜直接将单项研究的最低相似度作为正式标准阈值。大蝎子草已建立对羟基肉桂酸、东莨菪内酯和紫云英苷的 HPLC 定量及指纹图谱方法^[24], 另有 15 批药材指纹图谱研究获得 11 个共有峰^[15]。上述研究为大蝎子草的液相色谱分析提供了基础, 但样本数量和成

分覆盖仍有限。

现有多批次数据表明, 珠芽艾麻中芦丁质量分数为 0.010 29%~0.093 55%, 山柰酚-3-*O*-芸香糖苷及新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸在不同研究样品中亦存在不同程度的含量差异^[18,20]。大蝎子草中紫云英苷质量分数为 0.009 99%~0.017 30%, 批次变异相对较小, 而对羟基肉桂酸和东莨菪内酯波动较大^[24]。因此, 芦丁、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷及苯丙素类均具有较好的检测可行性, 紫云英苷则兼具多批次检出和较好的定量基础。上述含量范围仍受样本来源、采收和加工条件影响, 仅可作为后续指标筛选和限度研究的参考。

紫云英苷已从大蝎子草中分离鉴定,并具有多批次定量研究基础^[16,24],可作为质量评价候选指标;其基原区分能力仍需通过 2 种基原在相同条件下的比较加以验证。山柰酚-3-*O*-芸香糖苷在珠芽艾麻中较具代表性,但其含量变异较大,更适合作为特征指纹峰。东莨菪内酯和 β -谷甾醇在 2 种基原中均有报道,适合作为通用或辅助指标,但基原专属性有限^[14,23-25]。

3.2 红禾麻质量评价指标的筛选原则

质量评价指标应兼顾基原专属性、药效关联性、批次可获得性和检测可行性,可根据 2 个基原的成分特点实施差异化评价。珠芽艾麻中的芦丁稳定检出、分析方法成熟,具有较明确的抗炎和抗风湿关联^[20-21,46-48],可作为重点定量候选指标。但其含量存在明显产地差异,因此仍需扩大样本以确定合理限度。大蝎子草中紫云英苷具有多批次检出和较小的批次变异等特点^[24],可作为重点候选定量指标。山柰酚-3-*O*-芸香糖苷在珠芽艾麻中较具代表性,但其含量波动较大,更适合作为指纹图谱特征峰。

新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸与珠芽艾麻抗炎、抗风湿作用相关^[18,20-21,46-48],但其受产地影响较大,现阶段更适合作为药效相关指纹峰,而非统一含量限度指标。东莨菪内酯在 2 种基原中均有检出,基原专属性及药效关联性均有限,宜作为辅助定性或指纹图谱成分。据此,珠芽艾麻可重点控制芦丁、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、苯丙素类特征成分,大蝎子草可重点控制紫云英苷,并结合指纹图谱和性状鉴别形成差异化评价。

3.3 红禾麻差异化质量评价体系的初步构建

3.3.1 基原与性状鉴别 现行标准已明确珠芽艾麻和大蝎子草双基原。珠芽艾麻可依据根部形态和叶腋珠芽等特征鉴别,大蝎子草可依据茎被刺毛和叶掌状深裂等特征区分。 β -谷甾醇薄层鉴别可继续作为基础定性项目^[23,25]。由于 β -谷甾醇为 2 种基原共有成分,可结合山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、紫云英苷等成分及差异指纹图谱开展综合鉴别,但单一成分的基原区分能力仍需验证。

3.3.2 特征指纹图谱 珠芽艾麻已有研究获得 17~20 个共有峰^[18,21],但因样品来源和检测条件不同,相似度范围差异较大。后续应在统一色谱条件下建立参照指纹图谱,并通过多产地、多采收期和不同加工样品确定合理的共有峰及评价范围。指纹图谱可重点关注芦丁、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿

原酸、绿原酸和隐绿原酸等已完成指认且具有一定药效关联性的成分。大蝎子草已有研究获得 9~11 个共有峰^[15,24],可重点关注紫云英苷、对羟基肉桂酸和东莨菪内酯等成分,并通过扩大样本建立专属参照指纹图谱。

3.3.3 关键成分定量控制 基于现有文献,芦丁和紫云英苷可分别作为珠芽艾麻和大蝎子草的重点候选定量指标。13 批珠芽艾麻中芦丁的质量分数为 0.010 29%~0.093 55%^[20],0.010%可作为后续标准研究的参考下限,但现阶段尚不能将其直接作为法定限度。13 批大蝎子草中紫云英苷质量分数为 0.009 99%~0.017 30%^[24],0.010%亦可作为研究性参考下限,但正式限度仍需扩大样本验证。山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸虽具有药效关联性,但其含量受产地等因素影响明显,现阶段宜用于指纹图谱评价,后续再评估其定量控制价值。

3.4 红禾麻质量评价体系构建建议

结合现有证据,红禾麻可逐步建立基原鉴别、特征指纹图谱和关键成分定量相结合的差异化质量评价体系。建议珠芽艾麻以芦丁作为主要候选定量指标,以山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸对应的色谱峰作为重点指纹峰;大蝎子草以紫云英苷作为主要定量候选指标,以对羟基肉桂酸和东莨菪内酯对应的色谱峰作为指纹图谱特征峰。

上述指标组合和 0.010%参考下限主要来自现有文献和有限批次样品,应将其定位为研究性方案。后续需采用统一方法扩大不同产地、采收期和加工方式样品的覆盖范围,然后再确定合理限度。在保留现行性状、检查和基础薄层鉴别项目的基础上,引入基原特征成分、HPLC 指纹图谱及关键成分定量,可推动红禾麻由单一鉴别向基原可辨、整体可控和关键成分可量化的质量评价模式转变,具体建议见表 2。

4 结语与展望

4.1 结语

本综述从特有性、有效性和可测性 3 个方面梳理了红禾麻双基原的化学物质基础、质量变异、药效及质量评价研究。现有研究表明,产地、生境、加工方式及种质等因素均可影响红禾麻化学组成,不同基原及易混淆品之间亦存在一定差异,提示其质量控制应兼顾基原特征和来源差异。

表 2 红禾麻差异化质量评价体系构建建议
Table 2 Suggestions for establishing a differentiated quality evaluation system for Honghema

项目	珠芽艾麻	大蝎子草
基原	<i>L. bulbifera</i>	<i>G. diversifolia</i>
性状	根纺锤形，叶腋具珠芽	茎被刺毛，叶掌状深裂
薄层鉴别	β -谷甾醇	β -谷甾醇
定量指标	芦丁 $\geq 0.010\%$ *	紫云英苷 $\geq 0.010\%$ *
指纹图谱	芦丁、山柰酚-3-O-芸香糖苷、新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸	紫云英苷、对羟基肉桂酸、东莨菪内酯

0.010%*为基于现有文献数据提出的研究性参考限度，正式限度仍需经扩大样本验证。
0.010%* is a research reference limit proposed based on existing literature data, the formal limit still needs to be verified by expanding the sample.

珠芽艾麻的抗炎、抗风湿研究基础相对完善。芦丁、山柰酚-3-O-芸香糖苷、新绿原酸、绿原酸和隐绿原酸已获得药效及体内暴露等多层证据支持。其中，芦丁兼具药效关联、稳定检出和分析方法成熟等特点，可作为主要定量候选 Q-Marker，山柰酚-3-O-芸香糖苷及苯丙素类成分可作为药效相关指纹峰。大蝎子草中紫云英苷具有较好的检出与定量分析基础，可作为重点定量候选 Q-Marker。

因此，红禾麻宜在现行标准基础上逐步建立基原鉴别、特征指纹图谱和关键成分定量相结合的差异化评价体系。现有候选指标及参考限度仍主要来源于有限批次样品，尚需通过扩大样本并统一分析方法进行进一步验证。总体上，红禾麻 Q-Marker 辨识应综合基原特有性、药效有效性和分析可测性，并根据 2 个基原的证据基础进行差异化筛选。

4.2 现有研究的局限性

目前红禾麻 Q-Marker 研究仍存在若干不足。部分药效研究主要基于网络药理学预测或活性部位评价，具体活性成分及作用机制缺乏充分实验验证^[49-51]。珠芽艾麻的肠道吸收、代谢及关节局部 PK-PD 研究已取得一定研究进展^[46,56-59]，但原型成分和代谢产物的药效贡献以及靶组织暴露与效应之间的关系仍需明确。大蝎子草研究明显少于珠芽艾麻，其化学成分、药效物质基础和体内过程均缺乏系统研究。目前紫云英苷等候选指标主要依据检出特征和可测性，其基原专属性及有效性仍需验证。

红禾麻的间接调控作用和辅助调控作用研究尚处于探索阶段。现有研究虽提示肠道菌群转化、外周免疫调节及 CYP450 酶调控可能参与其整体药效研究^[58,64-65]，但尚未形成由非靶组织作用、中间媒介物质到远端效应，或由成分间相互作用及中药相态物质调节体内暴露的完整证据链。不同质量评价研究在样品来源、分析方法和评价指标方面亦存在差异，大蝎子草样本量尤其有限。因此，目前提

出的候选指标和参考限度仍属于研究性方案。

4.3 未来研究方向

未来应加强候选活性成分的实验验证，通过活性追踪、细胞和动物实验及靶点研究明确关键成分的药效贡献。结合 PK-PD 研究，进一步阐明原型成分及主要代谢产物在血浆和靶组织中的暴露与药效关系，提高 Q-Marker 有效性评价的证据等级。

此外，应重点加强大蝎子草研究，系统表征其化学成分谱，结合活性筛选和体内暴露研究明确主要药效物质，进一步评价紫云英苷、对羟基肉桂酸和东莨菪内酯等特征成分的药效关联性及基原专属性。对于间接调控作用和辅助调控作用可围绕肠道菌群、外周免疫、药物代谢酶及中药相态物质等开展研究，明确其在跨器官调节、成分间相互作用及活性成分递送中的作用。

质量标准研究应扩大不同产地、采收期、加工方式及资源来源样品的覆盖范围，统一分析方法，验证关键定量指标和指纹图谱特征，通过不同实验室之间的方法验证推动候选 Q-Marker 向实际质量标准转化。

综上，红禾麻 Q-Marker 研究应进一步加强化学特征、体内暴露、药效物质及质量控制之间的关联，重点补充大蝎子草的研究证据，为红禾麻质量标准现代化提供科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 贵州省中药材民族药材质量标准 [S]. 2019.
[2] 陈胤睿, 徐文芬, 马敏龙, 等. 红禾麻的研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(18): 214-220.
[3] Feng J X, Xia G Q, Zhu J Y, et al. Ethnomedicinal uses, geographical distribution, botanical description, phytochemistry, pharmacology, and quality control of *Laportea bulbifera* (Sieb. et Zucc.) Wedd.: A review [J]. *Molecules*, 2023, 29(1): 42.
[4] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物 (Q-

- Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [5] 张铁军, 王杰, 陈常青, 等. 基于中药属性和作用特点的中药质量标志物研究与质量评价路径 [J]. 中草药, 2017, 48(6): 1051-1060.
- [6] 刘昌孝. 中药质量标志物 (Q-marker): 提高中药质量标准及质量控制理论和促进中药产业科学发展 [J]. 中草药, 2019, 50(19): 4517-4518.
- [7] 中华中医药学会《中药质量标志物研究技术指南》编写组. 中药质量标志物研究技术指南 [J]. 中草药, 2025, 56(7): 2249-2252.
- [8] Zhang T, Bai G, Liu C. Innovation theory, technical methods and industrial application of quality marker of traditional Chinese medicine [J]. *Chin Herb Med*, 2025, 17(1): 84-86.
- [9] Xu H Y, Zhang Y Q, Wang P, et al. A comprehensive review of integrative pharmacology-based investigation: A paradigm shift in traditional Chinese medicine [J]. *Acta Pharm Sin B*, 2021, 11(6): 1379-1399.
- [10] 王鹏, 高晓霞, 高耀, 等. 基于整合药理学的柴胡不同部位抗癫痫作用研究 [J]. 中草药, 2021, 52(7): 2024-2038.
- [11] 许海玉, 杨洪军. 整合药理学: 中药现代研究新模式 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(3): 357-362.
- [12] 张嫩玲, 田婷婷, 田璧裕, 等. 大蝎子草地上部分化学成分研究 [J]. 贵州医科大学学报, 2018, 43(5): 538-539.
- [13] 陶玲, 刘文炜, 沈祥春, 等. 大蝎子草根、茎、叶的挥发性成分 GC-MS 分析 [J]. 中国药学杂志, 2009, 44(24): 1931-1932.
- [14] 刘文炜, 沈祥春, 陶玲, 等. 荨麻属植物大蝎子草化学成分及质量标准研究 [J]. 中国药学杂志, 2012, 47(23): 1943-1946.
- [15] 董贺, 杨一, 周芳丽, 等. 苗药大蝎子草药材与标准汤剂指纹图谱对比及药材化学模式识别分析 [J]. 中南药学, 2023, 21(8): 2059-2064.
- [16] 刘亚华, 赵旭萍, 黎廷楷, 等. 大蝎子草的化学成分研究 [J]. 中药材, 2023, 46(8): 1951-1955.
- [17] Njogu P, Thoithi G, Mwangi J, et al. Phytochemical and antimicrobial investigation of *Girardinia diversifolia* (Link) Friis (Urticaceae) [J]. *East Central African J Pharm Sci*, 2011, 14(3): 89-94.
- [18] 温海成, 韩林彤, 谢澳, 等. 民族药珠芽艾麻 HPLC 指纹图谱建立及 5 种成分含量测定研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2025, 39(3): 63-67.
- [19] 汪石丽, 李勇军, 廖尚高, 等. HPLC 同时测定黔产红禾麻中 4 种儿茶素类成分含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(21): 91-94.
- [20] 吴耽, 唐娟, 李莹, 等. UPLC-ESI-MS 法同时测定苗药红禾麻中 11 个成分的含量 [J]. 药物分析杂志, 2019, 39(8): 1425-1432.
- [21] 胡贺佳, 唐娟, 陈思颖, 等. 基于指纹图谱和多指标定量测定的苗药红禾麻质量控制研究 [J]. 中草药, 2020, 51(16): 4325-4330.
- [22] 谢林冲, 杨菁, 钟琼梅, 等. 不同产地苗药珠芽艾麻的理化指标测定 [J]. 微量元素与健康研究, 2025, 42(5): 66-69.
- [23] 谢林冲, 杨雅欣, 韦心愿, 等. 珠芽艾麻薄层鉴别及不同批次化学成分差异分析 [J]. 贵州科学, 2026, 44(1): 48-53.
- [24] 黎廷楷, 邹娟, 赵旭萍, 等. 大蝎子草质量标准及指纹图谱研究 [J]. 中成药, 2023, 45(9): 2959-2965.
- [25] 罗妍, 邹娟, 赵旭萍, 等. 民族药大蝎子草薄层鉴别及不同批次化学成分差异分析 [J]. 贵州医药, 2026, 50(5): 674-681.
- [26] 舒燕霞, 孙开芬, 徐文芬, 等. 苗族药红禾麻生态适应性及品质区划分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2023, 29(3): 160-169.
- [27] 邹淑涵, 陈胤睿, 徐文芬, 等. 苗族药红禾麻黄酮类成分与环境因子的灰色关联度分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(16): 30-35.
- [28] 邹淑涵, 杨勇, 温迪, 等. 苗药红禾麻种质资源药材中多糖含量与环境因子的相关性分析 [J]. 种子, 2016, 35(8): 60-65.
- [29] 蒋佳雯, 殷少文, 谭家华, 等. 采用 UPLC-ESI-Q-TOF-MS 比较苗药红禾麻鲜、干品差异 [J]. 贵州中医药大学学报, 2021, 43(4): 63-67.
- [30] 刘利平, 成小璐, 严福林, 等. 不同加工方法对红禾麻药材质量的影响 [J]. 贵州科学, 2017, 35(5): 8-12.
- [31] 严福林, 黄明喆, 杜富强, 等. 苗药红禾麻栽培农艺性状与药材品质相关性分析 [J]. 中药材, 2019, 42(7): 1478-1483.
- [32] 孙庆文, 徐文芬, 齐维娜, 等. 苗药红禾麻种质资源的形态变异研究 [J]. 种子, 2015, 34(4): 59-63.
- [33] 郭文凯, 徐文芬, 员湮, 等. 苗药红禾麻野生与引种药材 UPLC 指纹图谱研究 [J]. 种子, 2019, 38(8): 10-15.
- [34] 孙庆文, 徐文芬, 齐维娜, 等. 苗药红禾麻与易混品艾麻的生药鉴别研究 [J]. 中药材, 2015, 38(9): 1862-1867.
- [35] 孙开芬, 徐文芬, 王波, 等. 红禾麻本草考证、化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物探讨 [J]. 中成药, 2023, 45(4): 1222-1230.
- [36] 许海玉, 李森, 滕丹, 等. 中医药数字人: 中药整合药理学 2.0 的创新引擎 [J]. 中国中药杂志, 2026, 51(16): 4517-4536.
- [37] 许海玉, 侯文彬, 李珂, 等. 基于整合药理学的中药质量标志物发现与应用 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(6): 1-8.
- [38] 杨洪军, 许海玉, 王伽伯, 等. 中药复方非临床药理研究技术指南 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2025, 31(19): 33-42.
- [39] Wang M M, Li Y N, Ming W K, et al. Bioassay-guided isolation of human carboxylesterase 2 inhibitory and antioxidant constituents from *Laportea bulbifera*: Inhibition interactions and molecular mechanism [J]. *Arab*

- J Chem*, 2022, 15(4): 103723.
- [40] 韩红园. 民族药红活麻抗炎物质基础及体内代谢初步研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
- [41] 陶玲, 支娜, 柏帅, 等. 大蝎子草抗炎镇痛活性部位研究 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(6): 1404-1405.
- [42] 吴林菁, 徐旖旎, 姜丰, 等. 大蝎子草干、鲜品水提物的抗炎镇痛作用实验研究 [J]. 贵州医科大学学报, 2016, 41(10): 1185-1188.
- [43] 郑庆霞, 李洪庆. 大蝎子草提取物抗风湿活性的初步研究 [J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(5): 429-431.
- [44] 支娜, 陶玲, 沈祥春. 大蝎子草水层部位对 LPS 诱导大鼠腹腔巨噬细胞 iNOS 与 TNF- α 的影响 [J]. 中药药理与临床, 2010, 26(3): 39-41.
- [45] 沈祥春, 支娜, 许立, 等. 大蝎子草乙酸乙酯部位对脂多糖诱导巨噬细胞炎症介质表达的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2010, 25(9): 1397-1400.
- [46] Chen S Y, Lu D, Yang K, *et al.* Pharmacokinetic-pharmacodynamic modeling of *Laportea bulbifera* extract in adjuvant-induced arthritis rats via joint cavity microdialysis [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2026, 276: 117468.
- [47] 黄启章, 梁莹, 鲁丹, 等. 红禾麻提取物抗佐剂性关节炎的药效及整合 PK-PD 模型探讨 [J/OL]. 中国实验方剂学杂志 [2026-06-27]. <https://link.cnki.net/doi/10.13422/j.cnki.syfjx.20260904>.
- [48] 唐娟, 张青, 吴耽, 等. 基于血清药理学和血清药物化学研究红禾麻治疗类风湿性关节炎的潜在药效物质基础 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(17): 4755-4764.
- [49] 付昌丽, 陆苑, 陈思颖, 等. 红禾麻入血成分治疗类风湿性关节炎的作用机制 [J]. 中国药物警戒, 2023, 20(2): 171-176.
- [50] 王梦娜, 戴兴洋, 舒思逸, 等. 基于线粒体凋亡途径探究红禾麻对 CIA 大鼠模型滑膜组织凋亡的作用 [J]. 中成药, 2025, 47(1): 255-260.
- [51] 王璿, 尹葳, 蔡雪阳, 等. 基于 SOCS1/STAT3 信号通路探究红禾麻乙酸乙酯部位对 II 型胶原诱导关节炎大鼠的影响 [J]. 中成药, 2023, 45(7): 2364-2367.
- [52] Wang J, Lu J L, Lan Y, *et al.* Total coumarins from *Urtica dentata* Hand prevent murine autoimmune diabetes via suppression of the TLR4-signaling pathways [J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 146(1): 379-392.
- [53] Feng J X, Sun Y, Wei Z B, *et al.* Screening the extract of *Laportea bulbifera* (Sieb. et Zucc.) Wedd. based on active component content, its antioxidant capacity and exploration of hepatoprotective activity in rats [J]. *Molecules*, 2023, 28(17): 6256.
- [54] 张杨, 卢轩, 李博, 等. 珠芽艾麻中黄酮及其抗 N1 神经氨酸酶的活性 [J]. 沈阳药科大学学报, 2018, 35(11): 931-935.
- [55] 高林晓, 石景海, 勾娜, 等. 大蝎子草总多酚提取工艺优化及抗氧化活性 [J]. 家畜生态学报, 2024, 45(6): 50-56.
- [56] 黄静, 肖红琴, 李莹, 等. 红禾麻提取物在 Caco-2 细胞模型中的摄取转运研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(20): 5617-5626.
- [57] 李莹, 陈思颖, 巩仔鹏, 等. 离体外翻肠囊法研究红禾麻提取物在正常与类风湿性关节炎模型大鼠中的肠吸收特性差异 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(2): 405-411.
- [58] 薛寸, 吴耽, 巩仔鹏, 等. 苗药红禾麻提取物在离体人肠道菌群中的代谢研究 [J]. 中国药房, 2020, 31(14): 1683-1690.
- [59] 吴耽, 李莹, 陈思颖, 等. 基于 UHPLC-Q-TOF-MS^E 技术研究红禾麻提取物在大鼠粪便中的代谢产物 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(13): 3220-3227.
- [60] Lin S, Yue X Y, Ouyang D W, *et al.* The profiling and identification of chemical components, prototypes and metabolites of Run-Zao-Zhi-Yang capsule in rat plasma, urine and bile by an UPLC-Q-TOF/MS^E-based high-throughput strategy [J]. *Biomed Chromatogr*, 2018, 32(9): e4261.
- [61] Wang J W, Li H X, Yang Z X, *et al.* Elucidation of the mechanisms and molecular targets of Run Zao-Zhi-Yang Capsule for itch based on network pharmacology, molecular docking and *in vitro* experiment [J]. *Comb Chem High Throughput Screen*, 2023, 26(10): 1866-1878.
- [62] Hays K E, Pfaffinger J M, Ryznar R. The interplay between gut microbiota, short-chain fatty acids, and implications for host health and disease [J]. *Gut Microbes*, 2024, 16(1): 2393270.
- [63] Mukhopadhyay I, Louis P. Gut microbiota-derived short-chain fatty acids and their role in human health and disease [J]. *Nat Rev Microbiol*, 2025, 23(10): 635-651.
- [64] Luo X, Li L L, Zhang S S, *et al.* Therapeutic effects of total coumarins from *Urtica dentata* Hand on collagen-induced arthritis in Balb/c mice [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 138(2): 523-529.
- [65] 杨惠林, 李莹, 陈艺, 等. Cocktail 探针药物法评价红禾麻提取物对大鼠 CYP450 酶活性的影响 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(23): 6320-6332.
- [66] Rai A, Claridge B, Lozano J, *et al.* The discovery of extracellular vesicles and their emergence as a next-generation therapy [J]. *Circ Res*, 2024, 135(1): 198-221.
- [67] Yang C H, Xue Y X, Duan Y, *et al.* Extracellular vesicles and their engineering strategies, delivery systems, and biomedical applications [J]. *J Control Release*, 2024, 365: 1089-1123.
- [68] 时庆欣. 红禾麻降血脂作用机理及其药效物质基础研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2018.

[责任编辑 潘明佳]