·森林资源建设与保护 Construction and Protection of Forest Resources·

不同自然分布地刺五加资源药用品质的综合评价

刘宝玲[1,2]，李军[1,2]，张文利[3]，葛鹏伟[3]，金利剑[3]，彭莉[3]，王洪政[1,2*]
（1. 东北林业大学 食品与健康学院，哈尔滨 150040；2. 森林植物生态学教育部重点实验室(东北林业大学)，哈尔滨 150040；3. 江苏美膳官品牌管理有限公司，江苏 南通 226006）

摘　要：以刺五加苷B（eleutheroside B）等5种单体活性成分和总糖等3类活性物质总量，以及药典规定的总灰分和甲醇浸出物质量分数等10个指标，通过单指标评价与层次分析-熵权法评价相结合的方法，对黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西5个刺五加（*Eleutherococcus senticosus*）自然分布地的野生刺五加资源进行综合评价。结果显示，27个刺五加样品在各评价指标上都表现出了较大的变化，其中，异嗪皮啶在黑龙江2份样品间质量分数相差700倍以上，刺五加苷B质量分数在吉林和黑龙江的2份样品间相差16倍以上，而综合评价的分值在黑龙江和河北2份样品间相差也接近6倍。各省平均水平显示，河北样品绝大部分指标都低于其他4省，其中甲醇浸出物、刺五加苷B、刺五加苷E、绿原酸质量分数等重要指标都比黑龙江低40%以上。山西样品虽然在甲醇浸出物、绿原酸、总糖质量分数以及综合评价得分上占有优势，但是总灰分和刺五加苷B的质量分数却不符合药典规定。层次分析-熵权法评价中，黑龙江和山西样品在综合评价得分上为较优水平，其中黑龙江样品的评价得分比吉林样品高14%以上。进一步对刺五加各评价指标与环境因子进行相关分析，结果发现年均温度、年均降水量和年日照时数分别与总灰分、总皂苷和异嗪皮啶质量分数存在显著正相关（$P<0.05$）。因此，综合考虑单项指标、药典标准以及综合评价得分情况，黑龙江为优质刺五加原料产地和种源地，这与此地区具有较低温度和较高降水量等生长条件有关。

关键词：刺五加；品质评价；药用成分；药典标准；生长条件
中图分类号：S789.9　　**文献标识码：**A　　**DOI：**10.7525/j.issn.1006-8023.2026.05.008

Comprehensive Evaluation of Medicinal Quality of *Eleutherococcus senticosus* Resources from Different Natural Distribution Areas

LIU Baoling[1,2], LI Jun[1,2], ZHANG Wenli[3], GE Pengwei[3], JIN Lijian[3], PENG Li[3], WANG Hongzheng[1,2*]
(1. College of Food and Health, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 3. Jiangsu Meishanguan Brand Management Co., Ltd, Nantong 226006, China)

Abstract: Using 10 indicators including five monomer active ingredients such as eleutheroside B, three types of active substances such as total saccharides and two indicators specified in the pharmacopoeia such as total ash and methanol-soluble extract content, a comprehensive evaluation was conducted on wild *Eleutherococcus senticosus* resources from Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Hebei, and Shanxi provinces, through a combination of single-indicator evaluation and analytic hierarchy process-entropy weight method evaluation. The results showed that there were significant variations in all evaluation indicators among the 27 samples. The maximum difference in the content of isofraxidin between two samples from Heilongjiang was over 700 times, a difference of 16 times in the content of eleutheroside B between two sample from Jilin and Heilongjiang and a difference fo nearly 6 times in the comprehensive evaluation score between the two sample from Heilongjiang and Hebei. From the average level of each province, samples from Hebei were lower than those from other provinces in most indicators, with important indicators such as methanol-soluble extract, eleutheroside B, eleutheroside E, and chlorogenic acid content being more than 40% lower than those from Heilongjiang. Although samples

收稿日期：2026-04-14
基金项目：国家基础科技资源调查专项(2019FY100506)。
第一作者简介：刘宝玲，硕士研究生。研究方向为药用植物资源的质量评价。E-mail：2280108366@qq.com
***通信作者：**王洪政，博士，副教授，硕士生导师。研究方向为药用植物资源高效培育和利用。E-mail：hzwang@nefu.edu.cn
引文格式：刘宝玲，李军，张文利，等. 不同自然分布地刺五加资源药用品质的综合评价[J]. 森林工程，2026，42(5)：963-973.
Liu Baoling, Li Jun, Zhang Wenli, et al. Comprehensive evaluation of medicinal quality of *Eleutherococcus senticosus* resources from different natural distribution areas[J]. Forest Engineering, 2026, 42(5): 963-973.

from Shanxi had advantages in methanol-soluble extract, chlorogenic acid, total saccharides content and comprehensive evaluation score, but the total ash and eleutheroside B content did not meet the pharmacopoeia requirements. In the comprehensive evaluation using the analytic hierarchy process-entropy weight method, samples from Heilongjiang and Shanxi exhibited superior scores. Notably, the sample from Heilongjiang scored over 14% higher than the sample from Jilin. The further correlation analysis between evaluation indicators and environmental factors revealed significant positive correlations ($P<0.05$) between annual average temperature, annual average precipitation, and annual sunshine hours with total ash, total saponin, and isofraxidin content, respectively. Therefore, considering individual indicators, pharmacopoeial standards, and comprehensive evaluation scores, Heilongjiang is a high-quality production and provenance area for *Eleutherococcus senticosus*, which is related to its growth conditions of lower temperature and higher precipitation.

Keywords: *Eleutherococcus senticosus*; quality evaluation; medicinal ingredient; pharmacopoeia standard; growth condition

0 引言

刺五加(*Eleutherococcus senticosus*)为五加科(Araliaceae)五加属(*Eleutherococcus*),多年生落叶灌木,在我国分布于黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西等省份[1],其中小兴安岭和长白山北部分布最为集中[2]。目前东北地区野生刺五加集中分布区的种群结构为“金字塔”型,种群年龄结构稳定,幼龄和成龄植株占比为68.58%~83.04%[3]。产地适宜性区划研究结果显示,黑龙江的适生区面积占全国刺五加适生区总面积的49.3%[4-5],且其产量也占了全国总产量的80%以上[7],这使得刺五加成为黑龙江省林下经济重点发展的植物之一[7]。

因刺五加自然分布区的纬度跨度较大,各地刺五加在长期适应本地环境的过程中形成了从基因型和表型各不相同的地理种源。基于DNA条形码技术,刘珊瑚等[8]将市售的80份刺五加通过*atpI*和*atpB_rbcL*基因片段分成7个单倍型,其中主流单倍型的H2(刺五加单倍)占比为58.75%。叶强等[9]则利用随机扩增多态性DNA(random amplified polymorphic DNA, RAPD)随机引物分析了主要分布地引种刺五加叶片的基因多态性,发现谱带在强度和带型上变异明显,说明刺五加在不同居群间存在较大的遗传分化。根据笔者前期的研究结果,同质园试验中黑龙江10个种源的刺五加在叶片表型形状上体现了巨大的居群间差异[10]。不同地理种源在基因和表型上的差异引起了野生或人工种植刺五加质量的参差不齐,如近年来的研究中发现近1/3的刺五加样品中刺五加苷B(eleutheroside, B)的质量分数达不到药典的标准要求[8],这种情况严重限制了刺五加资源产业的健康持续发展,因此对各分布区刺五加种源进行系统的药用质量评价,筛选出优良地理种源已成为一个亟待解决的重要问题。

目前已有一些研究工作对各分布地的刺五加进行了资源评价,如以原儿茶酸、刺五加苷B、绿原酸、刺五加苷E和异嗪皮啶为考察指标,尚海花等[11]评价了采自黑龙江、吉林、河北、河南和陕西等地的11批次刺五加药材质量,发现各种活性物质存在明显的批次间差异;王和祥等[12]以7种活性成分质量分数比较研究了不同产地刺五加茎的药用品质,并筛选出了各成分质量分数最高和最低的刺五加产地;李俊萍等[13]则对产自黑龙江和吉林17个产地的刺五加茎中多糖质量分数进行了比较,结果发现来自勃利福兴林场的样品中多糖质量分数最高。虽然已发表的刺五加各地理种源药用质量评价的研究工作为林下刺五加种植提供了一定的指导,但这些工作中与刺五加药用价值密切相关的指标研究还存在不足[12]。为此,本研究以采自黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西等刺五加自然分布地的27个野生刺五加样品为材料,系统分析其灰分、甲醇浸出物、总糖、总黄酮、总皂苷质量分数以及刺五加苷B等主要活性成分的质量分数变异规律,结合层次分析和熵权法对刺五加质量进行了综合评价,并探讨了各活性成分之间及其与环境因子的关系。本研究结果旨在为刺五加林下种植中刺五加优良种源和高品质药用原料产地的选择提供参考依据。

1 研究方法

1.1 样品来源及处理方法

试验用刺五加(*Eleutherococcus senticosus*)茎样品来源信息及其地理和气象数据见表1,所有刺五加样品的采集时间均为2025年10—11月。刺五加样品采集后阴干并带回试验室进行处理,在60 ℃烘箱中干燥48 h以上,直至6 h前后质量变化在1%以内。先用中药材切片铡刀将干燥后的刺五加茎切成薄片后再用粉碎机打成粉末直至全部样品通过60目筛网。

1.2 总灰分质量分数测定

按照药典中的方法[4],取粉碎过筛后的刺五加茎样品2~3 g置于烘干至恒重的坩埚中,称定质量准确至0.01 g(M_1),缓缓炽热至完全炭化时,然后逐渐升高温度至500~600 ℃,使其完全灰化并至恒重。根据残渣质量(M_2),刺五加茎样品中总灰分的质量分数($C_{灰}$)公式为

表1　刺五加样品信息表

Tab. 1　Sample information of *Eleutherococcus senticosus*

序号 No.	经度/(°) longitude	纬度/(°) latitude	地点 location	海拔/m altitude	年日照时数/h annual sunshine duration	年均温/℃ mean annual temperature	年均降水量/mm mean annual precipitation	株高/cm plant height	采集时间 collection date
1	129.455 2	45.243 8	黑龙江省海林市	577	2 051	4.5	660	84	2025-11-14
2	129.466 9	45.265 0	黑龙江省海林市	511	2 051	4.5	660	76	2025-11-14
3	129.463 9	45.263 1	黑龙江省海林市	495	2 051	4.5	660	114	2025-11-14
4	129.443 4	45.278 2	黑龙江省海林市	421	2 051	4.5	660	144	2025-11-14
5	129.416 1	45.293 5	黑龙江省海林市	375	2 051	4.5	660	173	2025-11-14
6	129.405 1	45.245 5	黑龙江省海林市	446	2 051	4.5	660	76	2025-11-14
7	129.414 9	45.191 0	黑龙江省海林市	636	2 051	4.5	660	94	2025-11-14
8	129.402 5	45.197 6	黑龙江省海林市	679	2 051	4.5	660	154	2025-11-14
9	128.363 7	47.168 9	黑龙江省铁力市	323	2 368	5.5	517	77	2025-10-13
10	129.128 4	47.608 2	黑龙江省伊美区	446	2 323	5.5	517	110	2025-11-05
11	128.890 6	47.702 0	黑龙江省伊美区	326	2 323	5.5	517	67	2025-11-05
12	130.960 8	46.289 7	黑龙江省桦南县	325	2 364	4.7	602	150	2025-11-12
13	132.921 7	47.913 2	黑龙江省同江市	157	3 505	3.8	493	145	2025-10-13
14	128.894 8	44.995 6	黑龙江省尚志市	397	2 525	4.9	730	212	2025-11-12
15	132.997 7	46.257 5	黑龙江省虎林市	160	2 258	4.7	600	174	2025-10-13
16	126.393 4	41.950 5	吉林省浑江区	559	2 400	5.8	980	82	2025-10-16
17	126.906 3	42.112 9	吉林省江源区	941	2 259	5.0	994	75	2025-10-14
18	127.702 1	43.896 2	吉林省蛟河市	443	2 400	5.9	849	84	2025-11-19
19	126.103 3	43.304 4	吉林省磐石市	345	2 491	6.8	798	104	2025-11-04
20	126.509 9	42.654 9	吉林省辉南县	431	2 296	6.1	791	45	2025-10-13
21	125.953 4	41.827 0	吉林省通化县	555	2 514	7.3	957	164	2025-10-13
22	124.954 5	41.386 7	辽宁省桓仁满族自治县	483	2 055	8.2	1 090	79	2025-11-12
23	124.993 4	41.286 2	辽宁省桓仁满族自治县	514	2 055	8.2	1 090	87	2025-11-14
24	118.385 0	41.157 3	河北省承德县	857	3 145	9.5	515	78	2025-10-28
25	117.590 0	41.137 4	河北省丰宁满族自治县	945	3 069	8.1	495	68	2025-10-13
26	111.859 1	37.525 4	山西省文水县	1 327	2 552	14.3	536	76	2025-11-04
27	111.590 0	38.490 0	山西省宁武县	1 843	2 600	8.3	566	157	2025-11-20

注:海拔高度数据来源于 https://altitude. utities. online/zh/elevation-by-latlon;年均温和五年平均降水量数据来源于 http://eia-data. com/;年日照时数数据来源于各区县政府官网。

Note: The data of altitude is sourced from website ofhttps://altitude. utities. online/zh/elevation-by-latlon; the data of mean annual temperature and mean annual precipitation is sourced from website ofhttp://eia-data. com/; the data of annual sunshine duration is sourced from official websites of district and county governments.

$$C_{灰} = \frac{M_2}{M_1} \times 100\%。 \quad (1)$$

1.3　甲醇浸出物质量分数测定

按照药典中的方法[4],取刺五加茎样品约4.0 g(M_1)置于250 mL的圆底烧瓶中,精密加甲醇100 mL,密塞,称定质量,静置1 h后,连接回流冷凝管,加热至沸腾,并保持微沸1 h。放冷后,取下圆底烧瓶,密塞,再称定质量,用甲醇补足减失的质量,摇匀,用干燥滤器滤过,精密量取滤液25 mL置于干燥至恒重的蒸发皿中(M_2),在烘箱里105 ℃条件下烘3 h,蒸干后在干燥器中冷却30 min,迅速精密称定质量(M_3),甲醇浸出物的质量分数($C_{甲}$)式为

$$C_{甲} = \frac{M_3 - M_2}{M_1} \times 100\%。 \quad (2)$$

1.4　总可溶性糖质量分数测定

采用蒽酮比色法测定刺五加茎样品中总可溶性糖的质量分数[14]。精确称取刺五加样品粉末0.50 g,使用蒸馏水10 mL超声提取30 min,重复提取3次后合并提取液。提取液在10 000 g/min下离心20 min,取上清液0.1 mL,加水稀释至2 mL,加入0.5 mL 2%的蒽酮乙酸乙酯摇匀,再加5 mL浓硫酸并摇匀,沸水浴中煮沸10 min后,立即用流水冷却至室温,然后在630 nm波长下读取吸光度值。按同样方法使用葡萄糖标准品制作标准曲线,根据标准曲线计算样品的总糖质量分数。

1.5 总黄酮质量分数测定

采用亚硝酸钠-硝酸铝法测定刺五加茎样品中总黄酮的质量分数[15]。吸取总多酚提取上清液1 mL加蒸馏水定容至4 mL，加入0.2 mL 5%的$NaNO_2$，摇匀后静置6 min；再加入0.2 mL 10%的$Al(NO_3)_3$，摇匀再静置6 min；最后加入0.6 mL 4%的NaOH，摇匀并静置40 min后测定510 nm波长的吸光度。使用芦丁为标准品制作标准曲线并计算样品总黄酮质量分数。

1.6 总皂苷质量分数测定

采用香草醛-冰醋酸法测定刺五加茎中总皂苷的质量分数[16]。吸取总多酚提取上清液0.4 mL放入烘箱中50 ℃挥干，依次加入0.2 mL 5%香草醛-冰醋酸和0.8 mL高氯酸并摇匀，于60 ℃水浴加热15 min，再加入5 mL冰醋酸，摇匀后冷水流下冲洗冷却至室温，测定545 nm波长下吸光度。使用紫丁香苷为标准品制作标准曲线并计算样品总皂苷质量分数。

1.7 主要活性物质质量分数测定

准确称取0.20 g刺五加茎粉末于10 mL离心管中，加入5 mL甲醇，扣紧盖子于室温下浸泡12 h。浸泡完成后，在400 W和40 ℃条件下超声提取30 min，提取3次后合并提取液。提取液在10 000 g/min下离心10 min，上清液再经0.22 μm微孔滤膜过滤即得高效液相色谱(high performance liquid chromatography，HPLC)检测液。

HPLC检测条件：色谱柱为AichromBond-SB C18色谱柱(150 mm×4.6 mm，5 μm)；流动相为乙腈-0.3%磷酸，梯度洗脱程序见表2；流速为1 mL/min；柱温为25 ℃；进样量为10 μL，检测波长为210 nm。

表2 梯度洗脱程序

Tab. 2 Gradient elution program

时间/min time	乙腈/% acetonitrile	0.3%磷酸/% 0.3% phosphoric acid
0	10	90
0~5	20	80
5~19	100	0
19~23	10	90
23~28	10	90

1.8 数据处理与分析

1.8.1 层次分析(analytic hierarchy process，AHP)-熵权法(exponentially weight moving，EWM)评价各刺五加样品综合质量。

根据刺五加作为中药材时各指标的重要性(总灰分、甲醇浸出物、刺五加苷B三种最为重要，且重要性相同，然后由大到小依次为刺五加苷E、异嗪皮啶、金丝桃苷、绿原酸、总皂苷、总黄酮、总糖)，按照王和祥等[12]和韩云凤等[17]的方法确定10个指标的权重判断矩阵，见表3，计算出各指标的AHP权重系数。在对各指标数据进行归一化处理(灰分数据取倒数后再进行处理)后，计算出各指标EWM权重系数与综合权重系数。最后利用每个指标的归一化数据与综合权重系数相乘得到综合质量判断值。

表3 各指标权重的判断矩阵

Tab. 3 Weight judgment matrix of each index

指标 index	总灰分 total ash	甲醇浸出物 mathanol-soluble extract	刺五加苷B eleutheroside B	刺五加苷E eleutheroside E	异嗪皮啶 isofraxidin	金丝桃苷 hyperoside	绿原酸 chlorogenic acid	总皂苷 total saponins	总黄酮 total flavonoids	总糖 total saccharides
总灰分 total ash	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
甲醇浸出 mathanol-soluble extract	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
刺五加苷B eleutheroside B	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
刺五加苷E eleutheroside E	1/2	1/2	1/2	1	2	3	4	5	6	7
异嗪皮啶 isofraxidin	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6
金丝桃 hyperoside	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5
绿原酸 chlorogenic acid	1/5	1/5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
总皂苷 total saponins	1/6	1/6	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
总黄酮 total flavonoids	1/7	1/7	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
总糖 total saccharides	1/8	1/8	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1

1.8.2　其他数据处理与分析

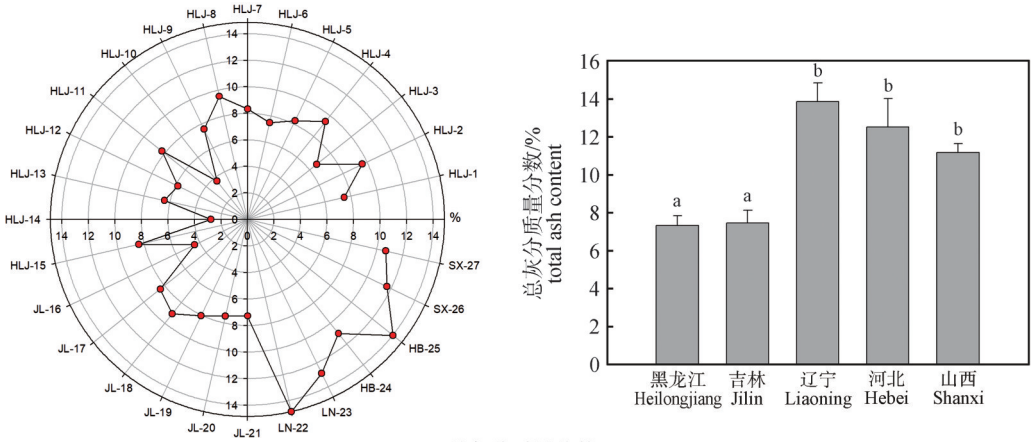
使用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计和分析,利用 MetaboAnalyst 进行聚类分析,在 Origin Pro(OriginLab 2024b)中对数据分析结果进行图形绘制。

2　结果与分析

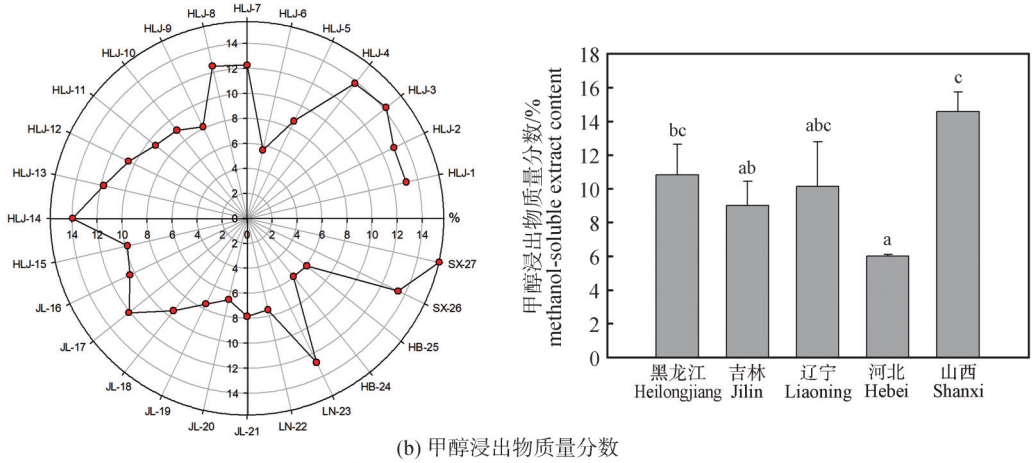
2.1　各地样品中总灰分与浸出物质量分数比较

刺五加样品中总灰分质量分数情况见图 1(a)。从单个样品的数据可以看出,不同地点野生刺五加中总灰分的质量分数水平变化较大,黑龙江的 3 个样品、吉林的 1 个样品以及辽宁、河北和山西的全部样品总灰分质量分数均高于 9.0%,超出了药典中对刺五加原料总灰分质量分数的要求,其中辽宁桓仁满族自治县一个样品总灰分质量分数最高,达到了 14.85%。从不同省份之间的差异分析发现,黑龙江和吉林 2 省刺五加茎样品中总灰分的质量分数明显低于另外 3 省,其中黑龙江哈尔滨的 1 个样品总灰分质量分数最低,仅为 2.75%。

由图 1(b)可知,27 个样品的甲醇浸出物质量分数在 5.61%~15.75%,均高于药典中对甲醇浸出物质量分数的要求。从各省份平均水平来看,山西和黑龙江样品的甲醇浸出物平均质量分数较高,而吉林、辽宁和河北则较低。



(a) 总灰分质量分数
(a) total ash contents



(b) 甲醇浸出物质量分数
(b) methanol-soluble extract contents

HLJ:黑龙江,JL:吉林,LN:辽宁,HB:河北,SX:山西,字母后面的数字为样品编号;同一图中不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下同
HLJ: Heilongjiang, JL: Jilin, LN: Liaoning, HB: Heibei, SX: Shanxi, the numbers following letters represent sample IDs. Different lowercase letters in the same figure indicate significant difference (P<0.05). The same as below

图 1　刺五加样品中总灰分和甲醇浸出物质量分数情况

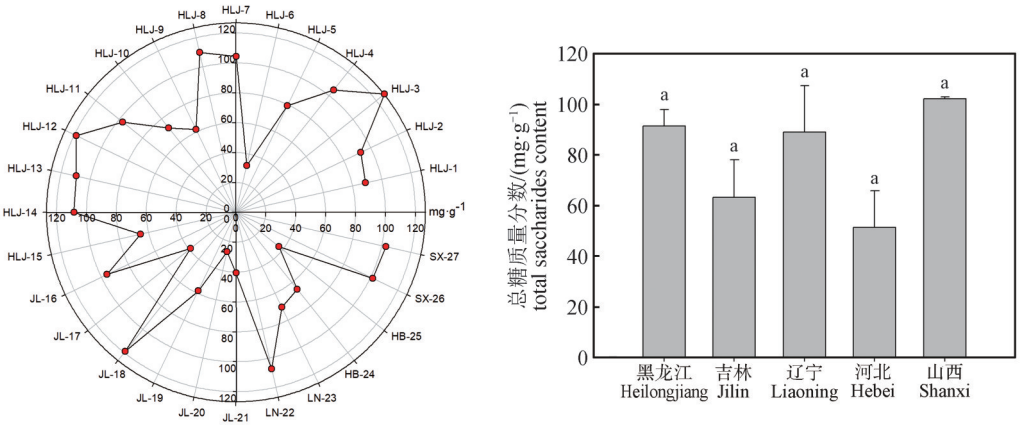
Fig. 1 The total ash contents and methanol-soluble extract contents in *Eleutherococcus senticosus* samples

2.2　各地样品中多类活性物质质量分数比较

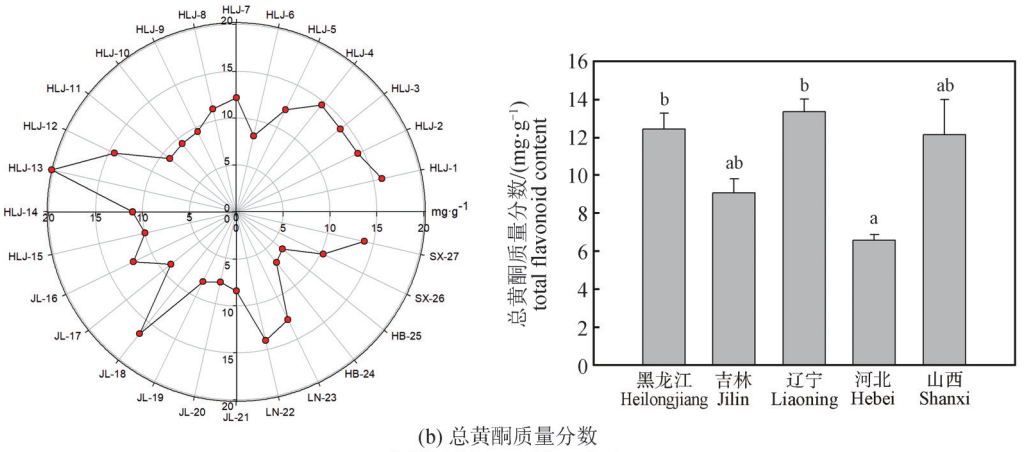
由图 2(a)可知,不同地点刺五加样品的总糖质量分数分布范围为 26.96~126.88 mg/g,其中质量分数最高的为黑龙江海林市的一个样品,质量分数最低的则为吉林辉南县的样品。所有样品中总糖质量分数超过 100 mg/g 的样品数为 11 个,其中黑龙江省样品为 7 个,

占比接近64%。此外，虽然各省内样品总糖质量分数变异较大导致了各省总糖质量分数平均值间无显著差异，但也发现山西省和黑龙江省样品的总糖质量分数处于相对较高的水平。

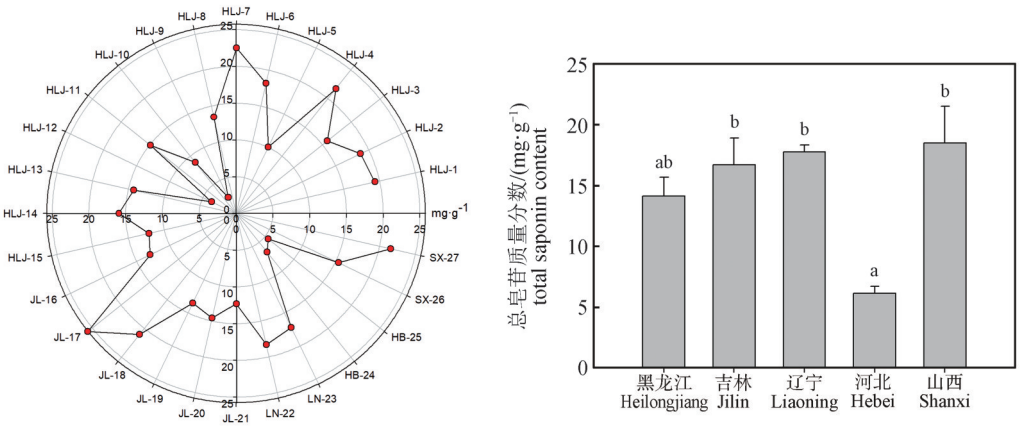
与总糖相比，不同样品总黄酮质量分数变异幅度偏小，见图2(b)，其中河北的两个样品总黄酮质量分数最低，分别为6.27 mg/g和6.87 mg/g，而黑龙江的12号样品总黄酮质量分数最高，为20.19 mg/g。此外，黑龙江省样品中总黄酮质量分数接近或超过10 mg/g的样品数占比为80%。各省平均水平显示，黑龙江和辽宁2省样品的平均总黄酮质量分数都明显高于河北省。



(a) 总糖质量分数
(a) Total saccharide contents



(b) 总黄酮质量分数
(b) Total flavonoid contents



(c) 总皂苷质量分数
(c) Total saponin contents

图2 刺五加样品中多类活性物质质量分数情况

Fig. 2 The multiple active substances contents in *Eleutherococcus senticosus* samples

在总皂苷质量分数上,不同刺五加样品间表现出了比多糖质量分数更大的变异幅度,其分布范围在2. 42~25. 77 mg/g,变化幅度达到了 10 倍以上,见图 2(c)。虽然黑龙江绝大部分样品的总皂苷质量分数较高,14 mg/g以上的样品数量占比为60%,但是有 2 个样品的总皂苷质量分数在所有样品中最低,使得黑龙江省样品的平均总皂苷质量分数略低于吉林、辽宁和山西,但未达到显著水平。此外,河北样品的平均总皂苷质量分数显著低于其余四省。

2. 3　主要单体活性成分质量分数比较

由图3可知,在刺五加中5种主要单体活性成分的平均质量分数由大到小顺序为绿原酸、刺五加苷B、刺五加苷E、异嗪皮啶、金丝桃苷。作为药典中唯一要求的活性物质,刺五加苷 B 的最大质量分数达到了3. 94 mg/g,约为药典要求标准的 8 倍。此外,除山西的两个样品以及黑龙江和辽宁的各一个样品中刺五加苷B质量分数未达到药典标准外,其余 23 个样品均达到了药典标准,样品合格率为85. 19%。各省平均水平来看,黑龙江和吉林样品的平均刺五加苷 B 质量分数都在1. 0 mg/g,山西省样品则在0. 4 mg/g以下,不过各省份平均值间差异并未达到显著水平。

作为检测到的质量分数最大的活性物质,绿原酸在所有样品中质量分数都大于1. 40 mg/g,最高质量分数达到了6. 21 mg/g,其中山西样品绿原酸质量分数均高于6. 00 mg/g,为各省的最高平均值。刺五加苷E、异嗪皮啶和金丝桃苷等活性物质在各样品间也展现出了较强的变异性,但与刺五加苷 B 的情况相同,在各省平均值间未发现显著差异。

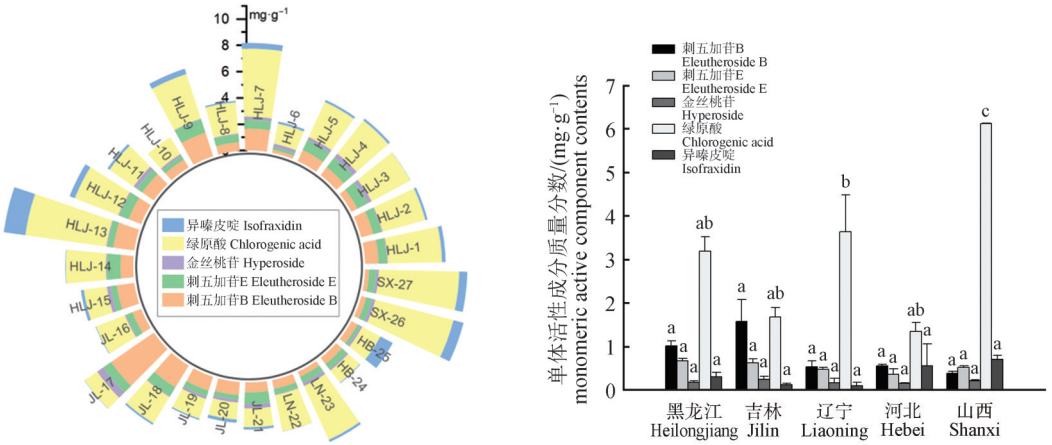


图3　刺五加样品中主要单体活性成分质量分数情况

Fig. 3　The monometric active component contents in *Eleutherococcus senticosus* samples

2. 4　各省刺五加样品合格率比较

对照药典标准中对总灰分、甲醇浸出物和刺五加苷 B 的质量分数要求,各省样品在单个指标及多指标上的合格率情况见表4。3 个指标中,总灰分质量分数的合格率最低,而甲醇浸出物质量分数的合格率最高,所有省份样品的合格率均为 100%。在考虑 3 个指标情况后,吉林和黑龙江样品合格率较高,分别为 83%和 73%,而辽宁、河北和山西三省的样品均因总灰分质量分数指标不合格而未能达到药典的标准。

表4　各省刺五加样品按照药典标准的合格率情况

Tab. 4　The pass rate of *Eleutherococcus senticosus* samples from each province according to the pharmacopoeia standards

省份 province	总灰分/% total ash	甲醇浸出物/% methanol-soluble extract	刺五加苷B/% eleutheroside B	3个指标叠加/% superposition of three indicators
黑龙江 Heilongjiang	80	100	93	73
吉林 Jilin	83	100	100	83
辽宁 Liaoning	0	100	50	0
河北 Hebei	0	100	100	0
山西 Shanxi	0	100	0	0

2.5 刺五加样品质量综合评价

在构建刺五加各项检测指标权重的判断矩阵后，使用AHP法分析得到了各成分权重系数，见表4。由指标数 n=10查表得到一致性指数 R_I=1.49，计算得到权重系数 C_R=0.028 < 0.1，说明建立的指标优先比较判断矩阵具有满意的一致性，权重系数有效。EWM法充分利用了熵的特性，计算得到的熵值既可以判断一个事件的随机性和无序程度，也可以判断某个特定指标的离散程度，而某个指标的离散程度越大，则其对综合评价的影响也越大，计算后各检测指标的EWM权重系数见表5。综合考虑AHP和EWM两种方法后得到了各检测指标的综合权重系数 $F_{综}$。

表5 各指标AHP、EWM权重系数与综合权重系数

Tab. 5 AHP, EWM and comprehensive weight judgement coefficients of each index %

指标 index	总灰分 total ash	甲醇浸出物 methanol-soluble extract	刺五加苷B eleutheroside B	刺五加苷E eleutheroside E	异嗪皮啶 isofraxidin	金丝桃苷 hyperoside	绿原酸 chlorogenic acid	总皂苷 total saponins	总黄酮 total flavonoids	总糖 total saccharides
AHP	19.87	19.87	19.87	13.16	9.14	6.42	4.52	3.19	2.28	1.69
EWM	9.86	10.31	9.85	10.47	9.07	9.34	9.72	10.59	10.33	10.45
$F_{综}$	19.66	20.57	19.65	13.83	8.32	6.02	4.41	3.39	2.36	1.78

利用计算得到的综合权重系数对27个刺五加样品进行综合评价，具体结果见图4。综合评价得分最高的样品来自黑龙江尚志市，得分高于0.60，而黑龙江海林的一个样品和河北的两个样品得分均为0.11，为综合评价得分较低的样品。从各省样品质量综合评价总体情况来看，河北样品的质量明显低于其他4省，为质量较差的刺五加。虽然其余4省刺五加样品综合评价得分平均值间未出现显著差异，但在具体评价得分数值上，黑龙江样品综合评价得分平均值稍低于山西，但均高于吉林和辽宁。

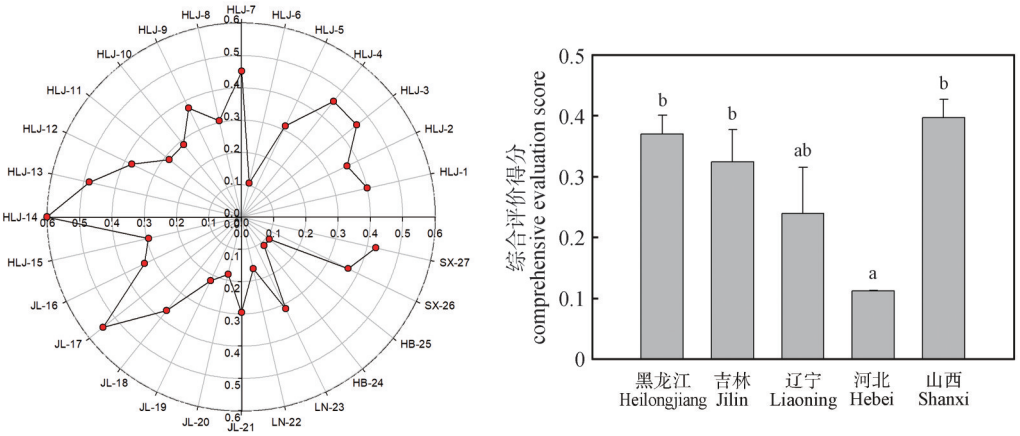


图4 刺五加样品质量综合评价情况

Fig. 4 Comprehensive weight judgement of *Eleutherococcus senticosus* samples

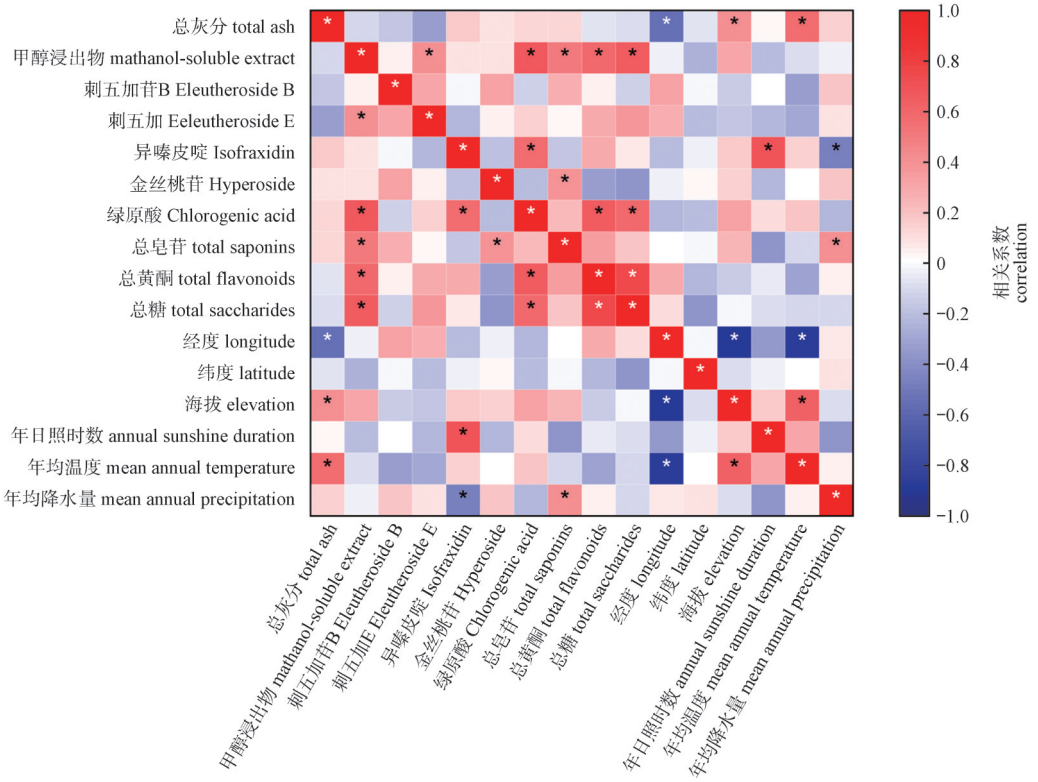
2.6 相关性分析

为分析刺五加中各种成分质量分数之间的关系及其与环境之间的关系，对10个刺五加样品检测指标和6个环境因子做了相关性分析，见图5。由图5可知，刺五加多种成分质量分数间存在着显著的相关性，甲醇浸出物与刺五加苷E、绿原酸、总皂苷、总黄酮和总糖质量分数之间、绿原酸与异嗪皮啶、总黄酮和总糖质量分数之间以及金丝桃苷与总皂苷质量分数之间均存在显著正相关。此外，环境因子也与刺五加多种成分质量分数间存在相关性，年均降水量与总皂苷之间、年均温度和纬度与总灰分之间、年均日照时数与异嗪皮啶之间都存在显著正相关，而年均降水量与异嗪皮啶之间及经度与总灰分之间则存在显著负相关关系。

3 讨论

3.1 刺五加优良地理种源地和高品质道地药材产地的选择

与林木等其他用途的植物不同，判断药用植物品质高低的最重要标准是其体内具有医疗保健功效的活性物质质量分数的多少，因此不管是确定高品质道地



*为在 P<0. 05 水平显著相关

* indicates significant correlation at P<0. 05 level

图 5　刺五加活性物质及环境因子相关性分析

Fig. 5 The correlation analysis of active components and environmental factors in *Eleutherococcus senticosus*

药材的产地还是选择优良的药用植物种源,都需要事先通过药用活性成分质量分数检测对药用植物各自然分布地的资源进行评价研究[18-19]。

本研究系统检测了黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西 5 个省份中刺五加茎内 5 种主要单体活性成分、总糖、总黄酮和总皂苷等的质量分数,结果发现这些活性物质的质量分数在各样品间差距均较为明显,各活性物质质量分数最高的样品往往是最低样品的几倍甚至是十几倍,且某些活性物质的质量分数在不同省份间也存在显著差异,这与前人较为分散的研究结果基本一致[11-13,20-22]。造成刺五加样品间活性物质质量分数差异大的原因,除了种源和生长环境因素外,采集野生样品时难以确定其生长年限也是一个重要原因[20, 23]。此外,本研究还对药典中规定的总灰分和甲醇浸出物质量分数进行了分析,发现辽宁、河北和山西 3 省的刺五加样品总灰分质量分数全部超标,而山西的刺五加苷 B 均未能达到药典的质量分数要求。在对单个检测指标进行分析的基础上,本研究还利用层次分析-熵权法相结合对这些检测指标的结果进行了综合评价,筛选出了黑龙江和山西 2 个各项检测指标综合表现较为优良的刺五加产地,但是考虑到山西来源的样品总灰分质量分数均超出了药典规定标准,而刺五加苷 B 的质量分数又未达到药典标准要求,因此,黑龙江是刺五加自然分布地中最为优良的种源地和高品质道地药材的供应地。

3. 2　优良刺五加品质形成的生长环境条件

已有的研究结果显示,虽然刺五加在黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西 5 省均有天然分布,但是其大部分天然种群主要集中分布在长白山北部和小兴安岭地区,甚至在有些地方还形成了优势种群[24],这也说明刺五加非常适应这些地区的生长环境,包括积温、光照和水分条件等,这与本研究中发现的黑龙江刺五加整体质量更为优良的结果相吻合。此外,本研究通过相关性分析还发现样品采集地的环境因子与刺五加品质指标间也存在相关性,如年均降水量与总皂苷之间、年均温度和纬度与总灰分之间、年均日照时数与异嗪皮啶之间都存在显著正相关,暗示着年均降水量、年均温度和年均日照时数 3 个环境因子与优质刺五加之间存在密切关系。程海涛等[25]在对黑龙江 11 个区县的刺五加资源分布调查后发现,年降水量是影响刺五加资源分布的主要生态因子,而有效积温则是刺五加资源分布的限制因子,同时年平均气温对刺五加资源分布的影响

也较明显，这与本研究对刺五加品质影响的研究结果较为一致。因此，较低的温度、较高的年均降水量以及较长的日照时数是优质刺五加形成的必要条件。

4 结论

基于刺五加苷B等5种单体活性成分和总糖等3类活性物质质量分数以及药典规定的总灰分和甲醇浸出物质量分数等10个指标，利用层次分析-熵权法对黑龙江、吉林、辽宁、河北和山西5个刺五加自然分布省份的野生刺五加样品的药用品质进行了综合评价，筛选出了黑龙江作为刺五加优质原料产地及优良种源地。

通过对刺五加样品品质指标与采样地环境因子相关分析，发现较低的温度有利于降低总灰分，而较高的年均降水量和较长的日照时数则分别有利于总皂苷和异嗪皮啶的积累，这些条件共同促进了优质刺五加的形成。

参 考 文 献

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第54卷)[M]. 北京:科学出版社,1978.
Editorial Committee of Flora of China. Chinese academy of sciences. flora of China (Vol. 54) [M]. Beijing: Science Press,1978.

[2] 魏洪玲,解胜男,田叙辰,等. 东北地区不同区域野生刺五加种群结构及动态分析[J]. 浙江农林大学学报,2024,41(2):333-342.
Wei Hongling, Xie Shengnan, Tian Xuchen, et al. Population structure and dynamics of wild *Acanthopanax senticosus* in different regions of Northeast China [J]. Journal of Zhejiang A&F University,2024,41(2):333-342.

[3] 魏东. 东北地区刺五加(*Eleutherococcus senticosus*)内生细菌/真菌微生物群落组成及分布研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2017.
Wei Dong. Research on the composition and distribution of endophytic bacteria and fungi in *Acanthopanax senticosus* of Northeast China[D]. Harbin: Northeast Forestry University,2017.

[4] 孟祥才,孙成忠,陈士林,等. 渐危药用植物刺五加产地适宜性区划研究[J]. 中药材,2009,32(8):1195-1198.
Meng Xiangcai, Sun Chengzhong, Chen Shilin, et al. Study on suitability regionalization porducing area of vulnerable species *Acanthopanax senticosus* based on TCMGIS [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2009, 32 (8): 1195-1198.

[5] 李欣雨,高雅楠,卢姗,等. 刺五加不同产地种子生理差异的多维度解析[J/OL]. 草地学报,1-19[2026-03-12].
Li Xinyu, Gao Yanan, Ru Shan, et al. Multidimensional analysis of physiological differences in seeds of *Acanthopanax senticosus* from different origins[J/OL]. Acta Agrestia Sinica,1-19[2026-03-12].

[6] 周志军,张海峰,王力臣,等. 不同立地条件对次生林下刺五加幼苗生长的影响[J]. 林业科技,2025,50(6):1-4.
Zhou Zhijun, Zhang Haifeng, Wang Lichen, et al. Effects of different site conditions on seedling growth of *Eleutherococcus senticosus* in secondary forest [J]. Forestry Science & Technology,2025,50(6):1-4.

[7] 张喜武,李梦聪,窦金金,等. 黑龙江省"龙九味"产地考证、种植现状和发展策略[J]. 中医药学报,2021,49(10):1-5.
Zhang Xiwu, Li Mengcong, Dou Jinjin, et al. Textual research on the origin, current planting status, and development strategies of "Longjiuwei" in Heilongjiang Province [J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2021, 49 (10):1-5.

[8] 刘珊瑚,张志飞,黄钰莹,等. 基于DNA条形码及HPLC对市售刺五加的种质资源鉴定和质量评价[J]. 药学学报,2024,59(7):2171-2178.
Liu Shanhu, Zhang Zhifei, Huang Yuying, et al. Identification and quality evaluation of germplasm resources of commercial *Acanthopanax senticosus* based on DNA barcodes and HPLC [J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2024, 59 (7): 2171-2178.

[9] 叶强,马明磊,张玉姣,等. 不同产地刺五加资源遗传多样性差异分析[J/OL]. 分子植物育种,1-9[2023-03-03].
Ye Qiang, Ma Minglei, Zhang Yujiao, et al. Analysis of genetic diversity of different origin [J/OL]. Molecular Plant Breeding,1-9[2023-03-03].

[10] 任玲芸,王新莹,徐源,等. 刺五加10个居群叶片表型性状多样性分析[J]. 森林工程,2025,41(6):1218-1229.
Ren Lingyun, Wang Xinying, Xu Yuan, et al. Analysis of leaf phenotypic trait diversity among 10 populations of *Acanthopanax senticosus* [J]. Forest Engineering, 2025, 41 (6):1218-1229.

[11] 尚海花,王淼,刘颖,等. HPLC法测定不同产地刺五加中原儿茶酸、紫丁香苷、绿原酸、刺五加苷E和异嗪皮啶[J]. 现代药物与临床,2018 ,33(6):1324-1328.
Shang Haihua, Wang Miao, Liu Ying, et al. Determination of protocatechuic acid, syringing, chlorogenic acid, eleutheroside E, and isofraxidin in *Acanthopanax senticosus* from various of habitats by RP-HPLC [J]. Drugs & Clinic,2018 ,33(6):1324-1328.

[12] 王和祥,谭龙,彭艺璇,等. 层次分析-熵权法结合响应面法优化刺五加茎中7种成分提取工艺及不同产地药材品质比较研究[J]. 中药材,2024,47(8):2031-2038.
Wang Hexiang, Tan Long, Peng Yixuan, et al. Optimiza-

tion of extraction process for seven components from *Acanthopanax senticosus* stem by combining analytic hierarchy process-entropy weight method with response surface methodology, and comparative study on the quality of medicinal materials from different producing areas[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2024, 47(8): 2031-2038.

[13] 李俊萍, 郭盛磊, 王谦博, 等. 不同产地刺五加中多糖含量测定、聚类分析及其超声提取工艺优化[J]. 中国药房, 2019, 30(18): 2541-2545.
Li Junping, Guo Shenglei, Wang Qianbo, et al. Determination of polysaccharide content, cluster analysis in *Acanthopanax senticosus* from different producing areas and optimization of its ultrasonic extraction technology[J]. China Pharmacy, 2019, 30(18): 2541-2545.

[14] 温洲光, 郭雅婷, 夏巍巍, 等. 刺五加总多糖的提取及其抗氧化活性研究[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2025, 43(5): 151-155.
Wen Zhouguang, Guo Yating, Xia Weiwei, et al. Extraction of total polysaccharides from *Acanthopanax senticosus* and study on its antioxidant activity[J]. Journal of Jiamusi University (Natural Science Edition), 2025, 43(5): 151-155.

[15] 李琳, 李影, 黄瑜, 等. 香茅草总黄酮的提取及抗氧化活性[J]. 森林工程, 2022, 38(3): 106-114.
Li Lin, Li Ying, Huang Yu, et al. Extraction and antioxidant activity of total flavonoids from *Cymbopogon citratus*[J]. Forest Engineering, 39(3): 106-114.

[16] 王怡文. 紫外分光光度计测定黄芪中总皂苷含量[J]. 特种经济动植物, 2025, 4: 12-15.
Wang Yiwen. Determination of total saponin content in *Astragalus membranaceus* by UV spectrophotometer[J]. Special Economic Animals and Plants, 2025, 4: 12-15.

[17] 韩云凤, 唐茜, 石懿, 等. 基于熵权法-层次分析法结合响应面法优化养阴润目颗粒的提取工艺[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(7): 896-903.
Han Yunfeng, Tang Qian, Shi Yi, et al. Optimization of extraction process for Yangyin Runmu Granules by box-behnken design based on entropy weight method-analytic hierarchy process method[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2022, 39(7): 896-903.

[18] 赵露颖, 施梦瑶, 张巧艳, 等. 道地药材品质特征及形成机制研究进展[J]. 中药材, 2022, 53(21): 6931-6947.
Zhao Luying, Shi Mengyao, Zhang Qiaoyan, et al. Research progress on quality characteristics and formation mechanism of genuine medicinal materials[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(21): 6931-6947.

[19] 黄璐琦, 陈美兰, 肖培根. 中药材道地性研究的现代生物学基础及模式假说[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(6): 494-496.
Huang Luqi, Chen Meilan, Xiao Peigen. Modern biological basis and model hypothesis for the study of genuine characteristics of traditional Chinese medicinal materials[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2004, 29(6): 494-496.

[20] 张崇禧, 张莹莹, 田芯, 等. HPLC测定不同产地刺五加中紫丁香苷的含量[J]. 中成药, 2008, 30(11): 1648-1651.
Zhang Chongxi, Zhang Yingying, Tian Xin, et al. Determination of Syringin content in *Acanthopanax senticosus* from different origins by HPLC[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2008, 30(11): 1648-1651.

[21] 吴少杰, 邢朝斌, 劳凤云, 等. 不同产地刺五加中刺五加苷E含量的高效液相色谱测定[J]. 时珍国医国药, 2010, 2(8): 1854-1855.
Wu Shaojie, Xing Chaobin, Lao Fengyun, et al. HPLC determination of eleutheroside E in *Eleutherococcus senticosus* from different provenances[J]. Journal of Li-Shizhen Traditional Chinese Medicine, 2010, 2(8): 1854-1855.

[22] 樊如强, 傅宏征, 金学英, 等. 刺五加有效成分提取工艺考察及不同产地刺五加中有效成分量的比较[J]. 中草药, 2014, 45(2): 260-264.
Fan Ruqiang, Fu Hongzheng, Jin Xueying, et al. Extraction technology for active constituents in *Acanthopanax senticosus* and comparison on its contents of *A. senticosus* from various habitats[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2014, 45(2): 260-264.

[23] 孟祥才, 于冬梅, 孙晖, 等. 不同产地种质和环境对刺五加药材质量影响的研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2010, 12(4): 610-613.
Meng Xiangcai, Yu Dongmei, Sun Hui, et al. Effects of different germplasms and production environments on the medicinal material quality of *Acanthopanax senticosus*[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2010, 12(4): 610-613.

[24] 孟祥才, 都晓伟, 孙晖, 等. 野生刺五加分布规律调查[J]. 中药现代研究与实践, 2009, 23(4): 6-7.
Meng Xiangcai, Du Xiaowei, Sun Hui, et al. Investigation on distribution regularity of wild *Acanthopanax senticosus*[J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2009, 23(4): 6-7.

[25] 程海涛, 刘德江, 罗志文, 等. 药用植物刺五加资源分布与环境因子的相关性[J]. 黑龙江医药科学, 2012, 35(4): 8-9.
Cheng Haitao, Liu Dejiang, Luo Zhiwen, et al. Study on the relevance between ecological factor and *Acanthopanax senticosus*[J]. Heilongjiang Medicine and Pharmacy, 2012, 35(4): 8-9.