

地理环境因子对朝鲜淫羊藿黄酮类成分空间分布影响的探测分析

李婧¹, 王英哲¹, 刘玉翠², 景志贤³, 闫莉¹, 郭俊杰¹, 姜大成^{1*}, 肖井雷^{1*}

(1. 长春中医药大学 药学院, 吉林 长春 130117; 2. 长春中医药大学 附属医院, 吉林 长春 130021;

3. 中国中医科学院 中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100070)

摘要 为明确朝鲜淫羊藿优质药材产区空间分布,通过走访和实地调查,收集朝鲜淫羊藿药材样品和分布信息,基于朝鲜淫羊藿中 4 种黄酮类化学成分含量,利用 GIS 技术、最大熵模型(MaxEnt)、地理探测器统计分析方法,绘制朝鲜淫羊藿优质产区分布图,筛选出影响朝鲜淫羊藿分布的主要环境因子,并得出具有统计学意义的回归方程。综合考虑朝鲜淫羊藿中 4 种主要黄酮类成分含量,该研究结果表明降水量、年降水量变异系数、年平均温度、黏土量等主要环境因子对朝鲜淫羊藿的生长适宜度影响最大。朝鲜淫羊藿优质药材集中分布在吉林省东南部长白山腹地以及辽宁省东北部,其中朝藿定 A、朝藿定 C 含量较高的区域主要分布在吉林省东南部和辽宁省东北部,朝藿定 B 含量分布较高的区域在辽宁省东部,淫羊藿苷含量较高的区域大部分在辽宁省东北部,少量分布于吉林省东南部。该研究预测了朝鲜淫羊藿气候适宜性分布概况,为合理规划和建立朝鲜淫羊藿规范化种植基地、推广高产优质的优良品种、推进实施中药现代化的进程提供参考。

关键词 朝鲜淫羊藿; 地理环境因子; 品质; 区划

Investigation and analysis of influence of geographical environment factors on spatial distribution of flavonoid of *Epimedium koreanum*

LI Jing¹, WANG Ying-zhe¹, LIU Yu-cui², JING Zhi-xian³, YAN Li¹, GUO Jun-jie¹, JIANG Da-cheng^{1*}, XIAO Jing-lei^{1*}

(1. Changchun University of Traditional Chinese Medicine School of Pharmacy, Changchun 130117, China;

2. Affiliated Hospital of Changchun University of Traditional Chinese Medicine, Changchun 130021, China;

3. State Key Laboratory Breeding Base of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100070, China)

Abstract The study is aimed to clarify the spatial distribution of *Epimedium koreanum*(Ek) high-quality production areas. Through visiting and field investigation, collecting the distribution information of Ek samples, and based on the four kinds of flavonoids in Ek, the high-quality production areas and distribution of Ek distribution of the main environmental factors were drawn using GIS technology, the maximum entropy model (MaxEnt), geographical detector statistical analysis method, and the statistical significance of regression equation were obtained. Considering the content of 4 main flavonoids in Ek, the results of this study showed that the main environmental factors, such as precipitation, annual precipitation variation coefficient, annual average temperature and clay content exhibited the greatest influence on the growth suitability of Ek. Ek materials quality concentrated distribution in southeastern Jilin province Changbai mountain hinterland and northeastern Liaoning province. Ek with high content of epimedin A and epimedin C are mainly distributed in the southeastern Jilin province and northeastern Liaoning province, Ek with high epimedin B is distributed in eastern Liaoning province; high icariin Ek was found in most area of northeastern Liaoning province, a small amount distributed in the southeast of Jilin

收稿日期 2019-06-26

基金项目 中央本级重大增减支项目 (2060302-170215); 吉林省科技厅技术攻关项目 (20190304010YY); 吉林省卫生计生委项目 (2016J099)

通信作者 * 肖井雷, 副教授, 博士, 研究方向为中药资源遗传改良、内生菌代谢产物与质量标准化, E-mail: cc-xjl@163.com

作者简介 李婧, 硕士研究生, 研究方向为中药资源与质量标准化, E-mail: 147439911590@163.com

province. This study predicted the climate suitability distribution of Ek, and provided reference for the rational planning and establishment of the standardized cultivation base of Ek.

[Key words] *Epimedium koreanum*; geographical environment factor; quality; regionalization

doi: 10.19540/j.cnki.cjmm.20191009.108

朝鲜淫羊藿为 2015 年版《中国药典》收录品种,具有补肾阳、强筋骨、祛风湿的作用^[1]。朝鲜淫羊藿主要分布于我国东北地区,以吉林省和辽宁省产量最大,品质最佳^[2]。随着朝鲜淫羊藿市场需求量的不断增加,朝鲜淫羊藿人工种植片面追求产量,如何保证朝鲜淫羊藿药用质量是面临的挑战。本文在朝鲜淫羊藿主产区实地调查采样与质量分析的基础上,基于空间分析技术,利用最大信息熵模型和地理探测器统计分析方法^[3-4],研究朝鲜淫羊藿药材品质和生态环境之间的关系,对其品质进行等级划分,以期对朝鲜淫羊藿生产布局和种植规划提供科学依据,并为人工规范化种植基地的选择和优质原料收购区域的确定提供参考。

1 材料

1.1 仪器与试剂

LC-2030 型高效液相色谱仪(日本岛津),TU-1810 紫外分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),Milli-Q Direct 8 超纯水机(德国默克化工技术有限公司),AUW220D 1/10 万电子天平(日本岛津),AP124X 1/1 万电子天平(日本岛津),KQ-500E 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),FW135 中药粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司)。淫羊藿苷(批号 P02J9F64788, HPLC $\geq 98\%$),朝藿定 A(批号 P02J9F64787, HPLC $\geq 98\%$),朝藿定 B(批号 P02J9F64788, HPLC $\geq 98\%$),朝藿定 C(批号 P11A9F67695, HPLC $\geq 98\%$)均购于上海源叶生物科技有限公司。乙醇(分析纯,北京化工厂),甲醇(分析纯,北京化工厂),乙腈(色谱纯, Fisher 公司),水为纯净水。

1.2 药材样品和生态数据

课题组于 2018 年到朝鲜淫羊藿产地实地调查获取药材样品,并记录药材样品采集地的经纬度、海拔等位置信息。所有样品经长春中医药大学姜大成教授鉴定为小檗科植物朝鲜淫羊藿 *Epimedium koreanum* Nakai 干燥叶。本文所使用生态因子数据库来源于“中药资源空间信息格网数据库”,比例尺为 1:100 万,包含 55 项生态因子,其中 19 项生物气候

数据为 1950—2000 年监测数据的平均值,生态因子中温度数值($^{\circ}\text{C}$)为实际数值的 10 倍。数据为 WFS84 坐标系,图层栅格大小为 1 km^2 。

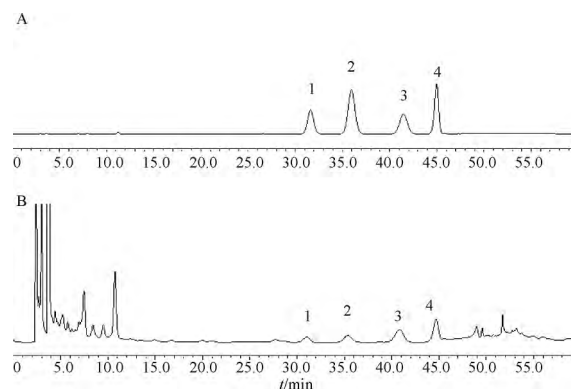
2 方法

2.1 总黄酮含量测定

参照 2015 年版《中国药典》淫羊藿项下总黄酮含量测定方法^[5]。

2.2 4 种黄酮苷类成分含量测定^[7-10]

2.2.1 色谱条件 色谱柱 Inertsil[®] ODS-3 ($4.6\text{ mm}\times 250\text{ mm}, 5\text{ }\mu\text{m}$); 流动相水(A)-乙腈(B); 梯度洗脱程 0~37 min, 24% B; 37~47 min, 24%~38% B; 47~60 min, 38%~24% B; 检测波长 360 nm; 柱温 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$; 进样量 $10\text{ }\mu\text{L}$ 。理论塔板数按淫羊藿苷峰计算不低于 1 500, 色谱图见图 1。



A. 对照品; B. 供试品; 1. 朝藿定 A; 2. 朝藿定 B; 3. 朝藿定 C; 4. 淫羊藿苷。
图 1 朝鲜淫羊藿黄酮类 HPLC 图

Fig.1 HPLC chromatogram of flavonoids in *Epimedium koreanum*

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 对照品适量,加甲醇分别制成含淫羊藿苷 $0.105\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、朝藿定 A $0.106\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、朝藿 B $0.101\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、朝藿定 C $0.108\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的混合溶液,即得。

2.2.3 供试品溶液的制备 取朝鲜淫羊藿粉末约 0.2 g ,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入稀乙醇 20 mL ,超声($250\text{ W}, 30\text{ kHz}$)处理 1 h ,再称重,用稀乙醇补足失重,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

2.2.4 线性关系考察 取混合对照品溶液各 2,4,6,8,10 μL 按色谱条件 2.2.1 进样,以进样量(μg)为横坐标,峰面积(A)为纵坐标绘制标准曲线,计算回归方程。淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 的回归方程分别为 $Y=250\ 394X+8\ 100.2$, $Y=177\ 054X+5\ 191.6$, $Y=365\ 726X+8\ 712$, $Y=188\ 622X+3\ 313.2$; 相关系数 r 均为 0.999 9,线性范围分别为 0.210 ~ 1.050, 0.212 ~ 1.060, 0.202 ~ 1.010, 0.216 ~ 1.080 μg 。

2.2.5 精密度试验 精密吸取混合对照品 5 μL ,连续进样 6 次,记录峰面积。计算淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 对照品 RSD 分别为 1.1%, 1.2%, 1.1%, 1.3% ($n=6$),表明仪器精密度良好。

2.2.6 稳定性试验 精密吸取朝鲜淫羊藿(样品 1)供试品 10 μL ,室温下分别放置 0,2,4,8,12,24 h 后进样测定,记录峰面积。计算朝鲜淫羊藿中淫羊

藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 的 RSD($n=6$)分别为 1.7%, 1.6%, 1.1%, 1.3%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.2.7 重复性试验 称取样品粉末 6 份各约 0.2 g,精密称定,按 2.2.3 项下方法制备供试品溶液,进样分析,记录淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 的峰面积值,计算质量分数的 RSD 分别为 1.3%, 2.0%, 0.9%, 2.0%,表明该方法的重复性良好。

2.2.8 加样回收率试验 精密称样品粉末 6 份,分别精密加入一定量的 4 种对照品,按照 2.2.3 项下方法制备供试品溶液,按 2.2.1 下色谱条件测定峰面积,计算各成分的加样回收率及 RSD。结果淫羊藿苷、朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 的平均回收率分别为 100.5%, 100.5%, 100.8%, 100.5%, RSD 分别为 0.77%, 0.59%, 0.72%, 0.67%,表明该方法加样回收试验结果良好,见表 1。

表 1 加样回收率试验

Table 1 Experimental results of sample recovery rate

成分	称样量/g	样品中量/mg	加入量/mg	测得量/mg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
淫羊藿苷	0.100 1	0.690 7	0.345	1.044 5	100.8	100.5	0.77
	0.100 0	0.690 0	0.345	1.029 3	99.40		
	0.100 2	0.691 4	0.345	1.052 3	101.5		
	0.100 4	0.692 7	0.690	1.376 5	99.50		
	0.100 1	0.690 7	0.690	1.387 6	100.5		
	0.100 3	0.692 0	0.690	1.392 5	100.8		
	0.100 0	0.690 0	1.035	1.754 1	101.7		
	0.100 2	0.691 4	1.035	1.738 5	100.7		
	0.100 1	0.690 7	1.035	1.723 1	99.80		
	0.100 2	0.310 6	0.155	0.463 5	99.50	100.5	0.59
朝藿定 A	0.100 3	0.310 9	0.155	0.464 2	99.60		
	0.100 1	0.310 3	0.155	0.459 7	101.0		
	0.100 1	0.310 3	0.310	0.615 8	101.0		
	0.100 0	0.310 0	0.310	0.617 5	101.2		
	0.100 0	0.310 0	0.310	0.613 5	100.5		
	0.100 0	0.310 0	0.465	0.779 8	100.5		
	0.100 3	0.310 9	0.465	0.777 1	100.2		
	0.100 1	0.310 3	0.465	0.782 5	101.0		
	0.100 5	0.241 2	0.120	0.360 4	99.70	100.5	0.72
朝藿定 B	0.100 1	0.240 2	0.120	0.365 5	101.5		
	0.100 4	0.241 0	0.120	0.363 2	100.6		
	0.100 0	0.240 0	0.240	0.482 5	100.5		
	0.100 1	0.240 2	0.240	0.486 9	101.4		
	0.100 3	0.240 7	0.240	0.489 8	101.9		
	0.100 4	0.241 0	0.360	0.605 7	100.8		
	0.100 1	0.240 2	0.360	0.609 1	101.5		
	0.100 3	0.240 7	0.360	0.600 1	99.90		

续表 1

成分	称样量/g	样品中量/mg	加入量/mg	测得量/mg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
朝藿定 C	0.100 2	0.260 5	0.130	0.392 1	100.4	100.8	0.67
	0.100 5	0.261 3	0.130	0.395 8	101.2		
	0.100 1	0.260 3	0.130	0.398 5	102.0		
	0.100 3	0.260 8	0.260	0.520 1	99.90		
	0.100 4	0.261 0	0.260	0.526 7	101.1		
	0.100 0	0.260 0	0.260	0.523 2	100.6		
	0.100 2	0.260 5	0.390	0.653 4	100.5		
	1.100 3	0.260 8	0.390	0.649 2	99.80		
	0.1000	0.2600	0.390	0.6592	101.4		

2.3 朝鲜淫羊藿分布区划

应用 ArcGIS 10.2 软件^[11-12], 基于实地调查样地的位置信息, 绘制朝鲜淫羊藿采样点的地理分布图。应用最大信息熵模型, 基于采样地数据、气候数据和地形数据, 计算生境适宜度。依据正态分布的参数 μ, δ , 最小值作为适宜生长和不适宜生长的分界线。正态分布中的 $\mu + \delta$ 作为适宜区和最适宜区的分界线。即 $[\mu, \text{Min}]$ 为不适宜区, $[\text{Min}, \mu + \delta]$ 为适宜区, $[\mu + \delta, 1]$ 为最适宜区以此来进行朝鲜淫羊藿分布区域划分。

2.4 朝鲜淫羊藿品质区划

基于朝鲜淫羊藿药材样品的位置和 4 种黄酮苷类成分含量, 使用探索性回归工具在所有组合中寻找可能模型公式, 并利用普通最小二乘法 (OLS) 进行判断, 确定最终的模型, 其中探索性回归工具中提供 5 组最大 R^2 结果, 选择 R^2 较大组的因子, 进行 OLS 判断, 选择校正 R^2 较大且模型具

有统计显著性即 P (概率) 小于 0.005。分布估算朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 和淫羊藿苷含量与影响因子间的关系及回归方程。其中回归方程为 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n$, 方程中的因变量标记为 Y , 影响因子标记为 X , 每个影响因子之间回归系数为 β 。

应用 Arc GIS 图层叠加功能, 基于朝鲜淫羊藿分布区划和每种成分的空间分析结果, 去掉不适宜朝鲜淫羊藿分布的区域, 分别估算朝鲜淫羊藿 4 种成分含量的空间分布情况; 基于朝鲜淫羊藿分布区划和 4 种成分的空间插值结果, 综合评价 4 种成分含量的总体空间分布情况。

3 结果与分析

3.1 黄酮类成分含量测定

按 2.1, 2.2.1 项下的色谱条件进行分析, 朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C、淫羊藿苷分离度 (R) 良好, 理论塔板数 (n) 高, 见表 2。

表 2 朝鲜淫羊藿药材信息及黄酮类成分含量

Table 2 Information and flavonoid in *Epimedium koreanum*

No.	产地	经纬度	朝藿定 A	朝藿定 B	朝藿定 C	淫羊藿苷	总黄酮
1	吉林省敦化市江源镇四道沟	41.177 3N; 128.056 1E	0.32	0.19	0.21	0.63	8.82
2	吉林省临江市唐坊镇刘家屯	41.878 3N; 126.830 4E	0.31	0.24	0.26	0.69	10.19
3	吉林省临江市车道岭镇大通沟屯	41.854 3N; 126.871 6E	0.20	0.13	0.14	0.46	7.79
4	吉林省临江市花山镇大桥沟	42.901N; 126.856 3E	0.37	0.20	0.27	0.82	10.90
5	吉林省靖宇县花园口镇花园口村	42.269 3N; 127.153E	0.14	0.07	0.09	0.34	8.48
6	吉林省靖宇县花园口镇兴农村	42.255 9N; 127.185 8E	0.26	0.17	0.13	0.60	9.16
7	吉林省抚松县仙人桥镇梁佳营	42.277 6N; 127.271 7E	0.20	0.14	0.18	0.64	7.75
8	吉林省抚松县花园口镇任河村	42.269 8N; 127.201 3E	0.25	0.18	0.23	0.71	9.28
9	吉林省磐石市烟筒山镇雷青南屯	43.259 7N; 125.905 2E	0.26	0.17	0.20	0.69	8.77
10	吉林省敦化市江源镇四道沟村	43.120 3N; 128.086 1E	0.27	0.18	0.16	0.62	8.13
11	吉林省榆树市保寿镇南山屯	42.332 9N; 127.196 6E	0.35	0.21	0.14	0.59	9.80
12	吉林省磐石市烟筒山镇雷青南屯	43.227 5N; 126.020 8E	0.13	0.08	0.08	0.59	7.93
13	吉林省抚松县仙人桥镇大青山村	42.741 5N; 127.250 6E	0.23	0.14	0.13	0.61	9.75

续表 2

No.	产地	经纬度	朝藿 定 A	朝藿定 B	朝藿定 C	淫羊藿 苷	总黄 酮
14	吉林省临江市六道沟镇西马村	41. 896 9N; 126. 851 5E	0. 28	0. 19	0. 17	0. 71	8. 73
15	吉林省抚松县仙人桥镇汤河村	42. 208 5N; 127. 071 5E	0. 31	0. 20	0. 18	0. 70	8. 89
16	吉林省抚松县花园口镇任河村	42. 287 6N; 127. 214 1E	0. 28	0. 20	0. 17	0. 68	8. 68
17	吉林省临江市六道沟镇曲柳树村	40. 938 3N; 126. 858 3E	0. 24	0. 14	0. 12	0. 59	8. 61
18	吉林省东丰县大阳镇金牛村	42. 446 9N; 125. 338 6E	0. 18	0. 13	0. 09	0. 41	6. 76
19	吉林省抚松县仙人桥镇大营村	42. 176 6N; 12. 219 7E	0. 31	0. 18	0. 14	0. 70	8. 96
20	吉林市敦化市江源镇双安屯	43. 160 9N; 128. 022 2E	0. 24	0. 15	0. 12	0. 59	7. 52
21	吉林省临江市北山公园	41. 811 9N; 126. 917 8E	0. 09	0. 19	0. 25	0. 14	2. 49
22	吉林省临江市小栗子村	41. 753 1N; 126. 786 3E	0. 05	0. 11	0. 12	0. 07	4. 37
23	吉林省临江市东山	41. 812 7N; 126. 933 6E	0. 05	0. 1	0. 13	0. 09	4. 51
24	吉林省临江市蚂蚁河乡	41. 820 3N; 127. 113 8E	0. 11	0. 19	0. 27	0. 18	2. 98
25	吉林省临江市闹枝镇	41. 839 9N; 127. 014 8E	0. 02	0. 04	0. 07	0. 04	4. 27
26	吉林省临江市四道沟镇	41. 743N; 127. 051 8E	0. 04	0. 09	0. 17	0. 08	4. 14
27	吉林省集安市五女峰公园	41. 266 9N; 126. 127E	0. 07	0. 15	0. 22	0. 11	5. 42
28	吉林省集安市西南沟	41. 241N; 126. 155 2E	0. 03	0. 07	0. 12	0. 06	5. 09
29	吉林省集安市小青沟门	41. 189 9N; 126. 209 4E	0. 12	0. 23	0. 33	0. 12	6. 24
30	吉林省集安市凉水朝鲜族乡	40. 932 9N; 125. 852 5E	0. 04	0. 07	0. 12	0. 06	3. 06
31	吉林省集安市大路镇	40. 995N; 125. 760 8E	0. 05	0. 15	0. 23	0. 12	5. 45
32	吉林省通化市河口二队	41. 659 1N; 125. 84 12E	0. 05	0. 1	0. 16	0. 08	4. 09
33	吉林省通化市虎马岭	41. 593 1N; 125. 685 5E	0. 07	0. 14	0. 21	0. 11	5. 3
34	吉林省通化市腰岭	41. 556 7N; 125. 568E	0. 07	0. 14	0. 22	0. 12	6. 21
35	吉林省白山市红土崖镇	41. 774 3N; 126. 41E	0. 05	0. 12	0. 18	0. 1	5. 9
36	辽宁省桓仁县五女山山城	41. 315 9N; 125. 404 6E	0. 11	0. 21	0. 25	0. 19	7. 5
37	辽宁省桓仁县望天洞景区	41. 186 6N; 125. 268 4E	0. 1	0. 19	0. 26	0. 12	3. 8
38	辽宁省桓仁县大雅河村	41. 163 1N; 125. 114 6E	0. 06	0. 11	0. 19	0. 09	7. 9
39	辽宁省桓仁县二棚甸子镇	41. 178 1N; 125. 500 1E	0. 2	0. 4	0. 47	0. 26	8. 06
40	辽宁省宽甸县青椅山镇	40. 677 8N; 124. 625 2E	0. 06	0. 12	0. 18	0. 08	6. 46

3.2 朝鲜淫羊藿分布区划

通过实地调查采集 40 份朝鲜淫羊藿样品,采样点地理分布数据结果见图 2。

基于采样点数据,采用最大信息熵模型^[14-15]计算生境适宜度,结果见图 3。朝鲜淫羊藿分布适宜度较高的区域在吉林省东南部鸭绿江畔和辽宁省东北部。

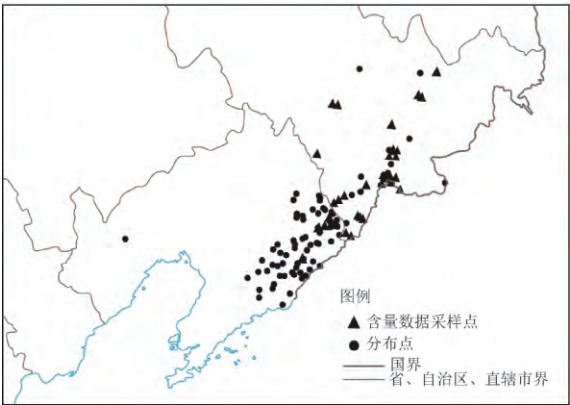


图 2 实地调查采样点分布 [审图号 GS(2019) 4795 号]
Fig.2 The distribution of collected samples [rail No. GS (2019) 4795]

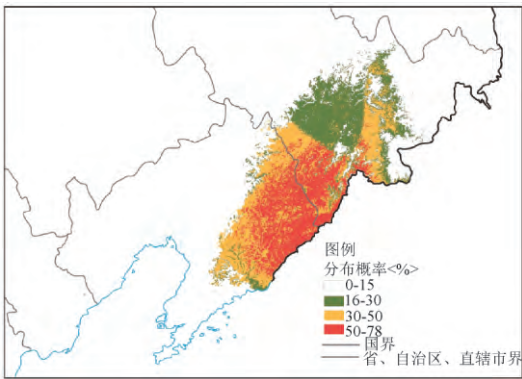


图 3 朝鲜淫羊藿适宜性分布概率 [审图号 GS(2019) 4795 号]
Fig.3 Suitability distribution of *Epimedium koreanum* [rail No. GS(2019) 4795]

3.3 朝鲜淫羊藿品质区划

基于朝鲜淫羊藿采样点数据提取各位点的环境影响因子数据,利用 ArcGIS 中的探索性回归工具和 OLS,构建朝鲜淫羊藿各有效成分含量与环境影响因子间全部有可能的组合并进行评价,见图 4~7。

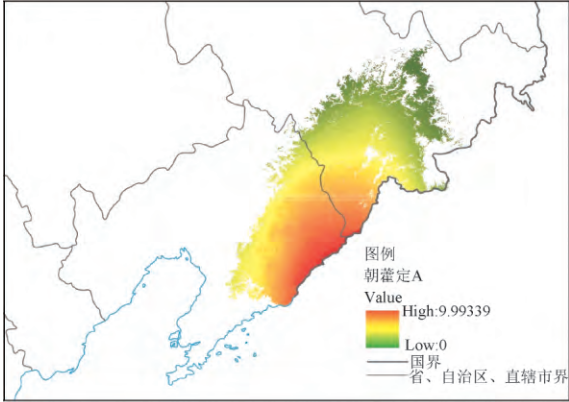


图 4 朝藿定 A 空间分布 [审图号 GS(2019) 4795 号]

Fig.4 Spatial distribution of epimedium A [rail No. GS(2019) 4795]

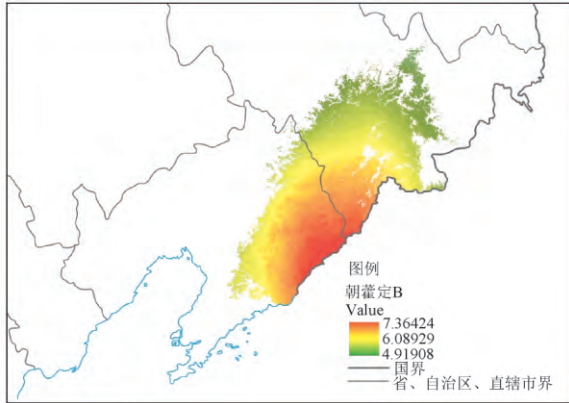


图 5 朝藿定 B 空间分布 [审图号 GS(2019) 4795 号]

Fig.5 Spatial distribution of epimedium B [rail No. GS(2019) 4795]

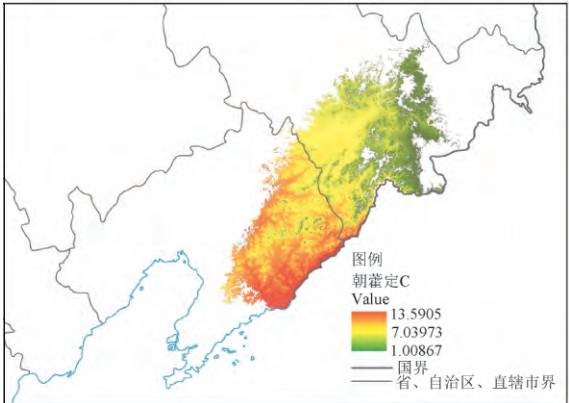


图 6 朝藿定 C 空间分布 [审图号 GS(2019) 4795 号]

Fig.6 Spatial distribution of epimedium C [rail No. GS(2019) 4795]

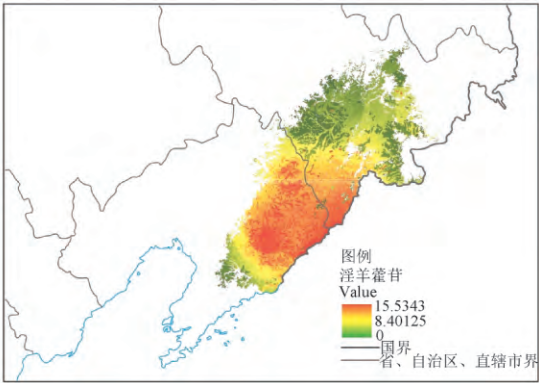


图 7 淫羊藿苷空间分布 [审图号 GS(2019) 4795 号]

Fig.7 Spatial distribution of icariin [rail No. GS(2019) 4795]

4 小结与讨论

本文研究表明,不同地区朝鲜淫羊藿中黄酮成分含量差异较大,通过对各地黄酮成分含量的空间分析研究发现,黄酮成分含量高低并非随机分布,而是具有明显的空间聚集特征,在空间上呈现连片分布。朝鲜淫羊藿主要分布于吉林省东南部和辽宁省东北部,主要化学成分含量受年降水量变异系数、降

根据评价较高的指标进行建立 OLS 模型,见表 3。

表 3 朝鲜淫羊藿各有效成分含量与环境影响因子

Table 3 Contents of various active components and environmental impact factors of *Epimedium koreanum*

成分	影响因子(X_1)	影响因子(X_2)	影响因子(X_3)	影响因子(X_4)	影响因子(X_5)	OLS- R^2
朝藿定 A(Y_1)	10 月平均气温	5 月平均降水量	11 月平均降水量	9 月平均降水量	-	0.51
朝藿定 B(Y_2)	3 月平均气温	5 月平均降水量	11 月平均降水量	7 月平均降水量	-	0.19
朝藿定 C(Y_3)	年平均降水量	3 月平均气温	4 月平均气温	7 月平均气温	2 月平均降水量	0.52
淫羊藿苷(Y_4)	年平均气温	1 月平均气温	6 月平均降水量	土壤酸碱度	土壤黏土量	0.61
总黄酮(Y_5)	12 月平均气温	2 月平均气温	土壤黏土量	-	-	0.43

$$Y_1 = 2.582\ 474 - 0.010\ 220X_1 - 0.040\ 057X_2 + 0.058\ 876X_3 - 0.011\ 974X_4$$

$$Y_2 = 1.797\ 599 - 0.005\ 111X_1 - 0.033\ 631X_2 + 0.057\ 868\ X_3 - 0.002\ 871X_4$$

$$Y_3 = -2.044\ 721 + 0.061\ 610X_1 - 0.058\ 325X_2 + 0.036\ 333X_3 - 0.020\ 339X_4 + 0.081\ 590X_5$$

$$Y_4 = 2.689\ 717 - 0.106\ 610X_1 - 0.007\ 686X_2 - 0.020\ 823X_3 - 0.061\ 074X_4 + 0.067\ 897X_5$$

$$Y_5 = 5.773\ 205 + 0.239\ 323X_1 - 0.292\ 788X_2 + 0.842\ 681X_3$$

水量、年平均温度、黏土量等环境因子影响较大,其中朝藿定 A、朝藿定 C 含量分布较高的地区在吉林省东南部和辽宁省东北部,朝藿定 B 含量分布较高的地区在辽宁省东部,淫羊藿苷含量较高地区大部分在辽宁省东北部,少量分布于吉林省东南部。

朝鲜淫羊藿是吉林省道地中药材,以野生资源为主,尚未人工栽培。吉林省第四次全国中药资源普查发现,朝鲜淫羊藿野生资源量明显减少,过量采挖已严重破坏了生态环境。本文从环境因子、气象因子角度,分析了影响朝鲜淫羊藿质量的外在因子,明确了朝鲜淫羊藿适宜性优质药材生长区域,为朝鲜淫羊藿的野生抚育提供了科学依据。

参考文献

- [1] 中国药典.一部[S]. 2015: 327.
- [2] 韩笋. 不同品种淫羊藿药材质量综合评价[D]. 上海: 华东理工大学, 2012.
- [3] 张小波, 郭兰萍, 邱智东, 等. 中国黄花蒿中青蒿素含量空间分布特征分析[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4277.
- [4] 史婷婷, 张小波, 郭兰萍, 等. 基于 WorldView-3 影像特征空间优化的随机森林算法在裸花紫珠信息提取中的研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(19): 4073.
- [5] 郭春颖, 施润和, 周云云, 等. 基于遥感与地理探测器的长江三角洲空气污染风险因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2017(11): 87.
- [6] 杨丰硕, 杨晓梅, 王志华, 等. 江西省典型县域经济差异影响因子地理探测研究[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(1): 79.
- [7] 徐忠坤, 殷洪梅, 李芳, 等. 淫羊藿总黄酮胶囊中黄酮类成分含量测定及抗骨质疏松活性研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(15): 3140.
- [8] 于霄, 宋静, 熊志立, 等. 一测多评法测定淫羊藿中朝藿定 A、朝藿定 B、朝藿定 C 及淫羊藿苷的含量[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(24): 3310.
- [9] Zeng S, Liu Y, Zou C, et al. Cloning and characterization of phenylalanine ammonia-lyase in medicine *Epimedium* species[J]. Plant Cell Tiss Org, 2013, 113(1): 257.
- [10] 牛晓静, 鲁静, 孙广科, 等. 淫羊藿总黄酮提取物的 HPLC 指纹图谱建立及其中 8 种成分的含量测定[J]. 中国药房, 2018, 29(24): 3376.
- [11] 董玉祥, 徐茜, 杨忍, 等. 基于地理探测器的中国陆地热带北界探讨[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 135.
- [12] 岳茂峰, 冯莉, 崔烨, 等. 基于 Max Ent 模型的入侵植物白花鬼针草的分布预测及适生性分析[J]. 生物安全学报, 2016(3): 222.
- [13] 肖井雷, 张小波, 刘玉翠, 等. 基于 GIS 技术的五味子品质区划研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4408.
- [14] 王哲, 李波, 肖井雷, 等. 基于 MaxEnt 和 ArcGIS 的吉林省穿龙薯蓣分布区划研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(22): 4373.
- [15] 白吉庆, 高速, 王鹏飞, 等. 基于多时相遥感影像宁陕县中药白及种植区域提取及面积测算研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(19): 4129.

责任编辑 吕冬梅