

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.03.009

基于 MaxEnt 模型的川续断气候适宜性分析^①

尧聪^{1,2}, 岳媛², 危永胜², 瞿显友², 李逐波¹

1. 西南大学药学院, 重庆 400716; 2. 重庆市中药研究院, 重庆 400065

摘要: 查询相关文献、国家数字植物标本馆和全球生物多样性信息数据库, 收集川续断在全国的采样信息, 以温度、降雨和海拔为指标, 采用 MaxEnt 模型软件对川续断在全国的气候适宜性进行分析. 研究表明, MaxEnt 预测模型有效性高. 影响川续断适宜性分布的主要气候因子为最暖季降水量、海拔、温度季节性变化的标准差、季节降水量变异系数、年均温范围和最干季平均温, 适宜的取值区间分别为最暖季降水量为 500~900 mm, 海拔为 1 800~4 300 m, 温度季节性变化的标准差为 40~75, 季节降水量变异系数为 65~105, 年均温范围为 21 °C~30 °C, 最干季平均温度为 -1 °C~9 °C. 全国可划分为 4 个气候适宜等级, 依照 $p < 0.25$ 为气候不适宜区; $0.25 \leq p < 0.48$ 为气候较适宜区; $0.48 \leq p < 0.78$ 为气候适宜区; $p \geq 0.78$ 为气候最适宜区的划分标准, 川续断适宜生长区域主要集中在西南地区, 包括云南、西藏、四川、贵州、重庆等省市.

关键词: 川续断; MaxEnt; 气候适宜性; ArcGIS

中图分类号: Q949.781.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)03-0060-08

续断为川续断科植物川续断 *Dipsacus asper* 的干燥根, 最早记载在《神农本草经》中, 被列为上品, 具有补肝肾、强筋骨、续折伤、止崩漏的功效^[1-2]. 续断中主要含有三萜皂苷类、环烯醚萜苷类、生物碱类、酚酸类、挥发油类等化合物, 其药理作用主要为抗骨质疏松、促进骨愈合、安胎、抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗心肌梗塞等^[3-5].

近年来, 续断作为大宗常用中药材, 是一些中成药如“仙灵骨葆胶囊”、“骨康胶囊”、“复方续断接骨丸”、“祛风止痛片”的主要原料, 市场需求量巨大. 课题组在全国第 4 次中药资源普查中, 发现野生川续断资源破坏严重. 另外, 随着林业产权的改革, 加上川续断原有生态环境的改变, 川续断的生存空间严重不足, 其分布区逐渐缩小.

最大信息熵模型(MaxEnt)是一种基于最大熵理论提出的生态位模型, 以物种分布区信息和多种环境数据为基础, 通过数学模型模拟出此物种的适宜性, 再计算环境数据, 得出该物种在目标区域的存在概率值, 判断该物种在此是否有分布. 目前最常用的预测物种潜在分布的生态位模型有 MaxEnt, GARP, ENFA, Bioclim, Domain 等, 其中 MaxEnt (<http://www.cs.princeton.edu/schapiro/maxent>) 软件预测效果好、操作十分简单、运算速度非常快, 在实用性和预测效果方面都比较突出. 本文首次利用 MaxEnt 和 ArcGIS 技术进行川续断的气候适宜性分析, 找出影响川续断分布的主要气候因子和适宜生长区域, 为今后开展续断合理引种栽培提供科学依据.

① 收稿日期: 2017-03-20

基金项目: 重庆市科技平台与基地建设项目(cstc2014ptyjd10001).

作者简介: 尧聪(1992-), 女, 湖北咸宁人, 硕士研究生, 主要从事中药资源与开发研究.

通信作者: 李逐波, 教授.

1 材料与方法

1.1 环境数据的收集

气候数据来源于世界气候数据库(<http://www.worldclim.org/>), 坐标系为 WGS84, 栅格大小约为 1 km^2 , 为 1960 年至 2010 年监测数据的平均值, 图层中的温度数值($^{\circ}\text{C}$)为实际数值 $\times 10$. 气候数据库包括了对植物生长具有重要影响的 19 项生物气候指标(表 1), 适用于植物的气候适宜性分析.

表 1 气候因子数据

No.	名 称	单 位	类 型
bio1	年均温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio2	月均温范围	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio3	等温性	1	连续型
bio4	温度季节性变化的标准差	1	连续型
bio5	最暖月最高温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio6	最冷月最低温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio7	年均温范围	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio8	最湿季平均温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio9	最干季平均温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio10	最暖季平均温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio11	最冷季平均温	摄氏度 $\times 10(^{\circ}\text{C}\times 10)$	连续型
bio12	年降水量	毫米(mm)	连续型
bio13	最湿月降水量	毫米(mm)	连续型
bio14	最干月降水量	毫米(mm)	连续型
bio15	季节降水量变异系数	1	连续型
bio16	最湿季降水量	毫米(mm)	连续型
bio17	最干季降水量	毫米(mm)	连续型
bio18	最暖季降水量	毫米(mm)	连续型
bio19	最冷季降水量	毫米(mm)	连续型

1.2 川续断地理分布数据的收集

通过查询中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn/>)、全球生物多样性信息数据库(<http://www.gbif.org/>)及文献检索, 共得到川续断分布点 103 个(表 2), 信息内容包括物种名、经纬度、海拔等, 主要分布于重庆、四川、云南、甘肃、西藏、湖北等地, 与第 4 次全国中药资源普查中发现的川续断分布区类似.

1.3 模型的有效性评价

将包括温度、降雨等 19 项生物气候指标及海拔等生态环境数据和川续断分布点经纬度数据文本(.csv 格式)加载到 MaxEnt(3.3.3k)软件中, 软件运行参数设置为在环境参数设置中开启刀切法来检验各个气候因子的权重, 设分布数据的 25% 随机抽取为测试集, 其余为训练集, 最大迭代次数为 10^5 , 其他参数设置为软件默认值, 采用受试者工作特征曲线(ROC)进行川续断分布模型预测结果精度评价, 由于 ROC 曲线下面积(AUC)值不受阈值影响, 因此 ROC 曲线分析法已经广泛地被用于评价物种潜在分布预测模型的准确性, 且被认为是诊断试验的最佳评价指标, AUC 值 0.5~0.6 为失败, 0.6~0.7 为较差, 0.7~0.8 为一般, 0.8~0.9 为好, 0.9~1.0 为非常好^[6-7].

表 2 全国川续断采样点信息汇总

No.	地点	东经 E/°	北纬 N/°	海拔/m	No.	地点	东经 E/°	北纬 N/°	海拔/m
1	安徽金寨县马宗岭	115.701 9	31.278 46	3 800	27	湖南永顺县高峰坡谢家坡	109.880 8	28.979 3	3 800
2	甘肃康县阳坝小坝龙王坝	110.371 1	31.435 99	2100	28	陕西略阳县五龙洞	106.299	33.598 8	3 600
3	甘肃文县关道口魏家湾	104.762	32.775 11	1 624	29	陕西眉县太白山	107.908 1	34.112 9	4 500
4	甘肃文县白马玉河草河坝	104.773 7	32.684 44	1 624	30	陕西南郑县牟家坝	107.045	32.898 3	3 500
5	广西壮族自治区隆林县金钟山	105.349 5	24.787 9	1 380	31	陕西宁陕县新场乡菜子坪	108.344	33.748 3	2 900
6	广西壮族自治区那坡县德孚	105.813 7	23.333 45	1 370	32	陕西洋县华阳	107.555	33.594	4 000
7	广西壮族自治区兴安县猫儿山	110.410 6	25.807 2	2 000	33	四川大花乡大槽	107.550 6	33.596 5	3 900
8	贵州普安县普北林场	104.981 6	25.792 93	1 230	34	四川稻城县呷拥	100.354 8	28.565 2	3 900
9	湖北鹤峰县木林子	110.212 7	30.091 45	2 450	35	四川黑水县刷经寺	102.625 3	32.025 2	3 200
10	湖北鹤峰县芹草坪	110.266 7	30.089 86	2 300	36	四川金川县下寨区集沐乡	102.023 6	31.719 5	1 150
11	湖北鹤峰县沙家坪	110.053 5	29.877 74	1 900	37	四川金川县下寨区撒左脚乡	101.901 1	31.554 5	840
12	湖北神农架林区大岩屋	109.412 6	29.512 19	2 000	38	四川金阳县波洛梁子	103.177 5	27.781 6	3 200
13	湖北神农架林区关门山	110.371 1	31.435 99	1 500	39	四川康定县营官寨	101.542	30.023 3	3 200
14	湖北神农架林区老君山	110.484 7	31.538 12	2 250	40	四川理县鹤鹑山	102.681 6	31.857 4	3 350
15	湖北咸丰县坪坝营	108.988 6	29.406 7	800	41	四川冕宁县罗锅底区联合乡	101.799 6	28.191 8	3 800
16	湖北宜昌大老岭草帽尖	110.931 4	31.100 3	2 800	42	四川木里藏族自治县烧香梁子	101.520 9	28.168 4	2 400
17	湖北宜昌邓村蚂蝗沟	110.994 8	30.965 45	3 150	43	四川若尔盖县热尔乡热尔沟	103.089 4	34.055 6	2 850
18	湖北宜昌龙潭湾	110.967 2	31.066 76	3 450	44	四川天全县城厢区小龙岗	102.771	30.096 6	3 800
19	湖南莽山塘坑	112.963 8	24.972 94	1 920	45	四川乡城县七星岗	99.845 66	28.742 3	2 940
20	湖南莽山相思坑	112.993 1	24.954 33	3 450	46	四川盐边县大坪子	101.692	26.707 2	3 400
21	湖南保靖县白云山	109.371 1	28.699 27	1 800	47	四川盐边县箐河乡青山外坪子	101.426 8	27.073 9	2 940
22	湖南道县南竹坪榆湾冲	111.866 7	25.210 44	2 000	48	四川越西县大坪子	102.493 3	28.867 3	3 600
23	湖南武功县云山堂	110.625 8	26.649 44	1 600	49	西藏自治区米拉山	92.351 94	29.831	3 100
24	湖南新晃侗族自治县天雷山	109.4215	27.25157	1 900	50	西藏自治区察隅县上察隅素苦	96.784 27	28.722 9	3 200
25	湖南新宁紫云山	111.097 1	26.606 4	2 200	51	西藏自治区察隅县竹瓦根区拉拉山	97.464 95	28.664 61	3 100
26	湖南宜章莽山	112.884 9	24.988	1 350	52	西藏自治区错那县吉巴乡	91.808 87	27.929 69	1 900
53	西藏自治区亚东县帕里镇则里拉山	89.161 7	27.724 47	1 200	79	云南丽江市黑白水云杉坪	100.249 5	27.140 8	3 000
54	西藏自治区亚东县下司马镇	88.880 66	27.493 78	2 600	80	云南丽江市玉龙山白水河	100.272 6	27.14	4 000
55	云南安宁市笔架山	102.464 2	24.999 9	1 200	81	云南泸水县片古岗公社片马	98.620 59	26.014 6	3 300
56	云南宾川县鸡足山	100.409 8	25.959 11	3 200	82	云南禄劝彝族苗族自治县乌蒙山	102.803 1	26.039	2 800
57	云南大理市苍山花甸坝	100.038 1	25.886 72	3 500	83	云南罗平县白腊山	104.245 8	24.856 9	3 600
58	云南大理市苍山中和寺	100.137 6	25.689 49	3 600	84	云南石林彝族自治县海邑村圭山	103.400 3	24.808 9	1 900
59	云南大理市小花甸	100.045 9	25.897 39	2 300	85	云南腾冲县曲石公社大坝斋公房西坡	98.490 0	25.020 6	1 668
60	云南德宏陇川户撒芒中	97.860 07	24.443 06	3 050	86	云南维西县碧罗雪山东坡渣子	99.287 2	27.177 2	2 308
61	云南德钦县白巴雪山	99.159 23	28.310 41	3 640	87	云南维西县沧怒分水岭白马洛	99.0370 5	27.766 8	1 800
62	云南德钦县茨中	98.909 6	28.03712	1 920	88	云南维西县岩瓦大平子驮扎乌姑	99.349 23	27.144 5	3 400
63	云南德钦县鱼归	98.968 08	28.438 79	1 250	89	云南文山县薄竹山	104.250 7	23.363 0	1 295
64	云南洱源县牛街区马耳山	100.049 5	26.345 97	700	90	云南永德县大雪山	99.647 59	24.114 8	3 100
65	云南福贡县碧江知子罗	98.922 54	26.544 28	750	91	云南中甸县哈巴雪山	100.149 7	27.374 1	2 700
66	云南贡山独龙族自治县高黎贡山	98.656 36	28.027 92	1 400	92	云南中甸县仙人洞雪山	100.260 5	27.683 9	3 500
67	云南贡山独龙族自治县丹当公园	98.670 59	27.746 37	730	93	云南中甸县小中甸	99.819 18	27.5596	2 600
68	云南贡山独龙族自治县莫切旺	98.365 02	27.903 75	1 250	94	云南中甸县小中甸公社支梯坝	99.706 1	27.823 1	3 280
69	云南贡山独龙族自治县丙中洛	98.665 8	27.740 7	1 500	95	重庆市南川区金佛山凤凰寺	107.196 4	29.018 3	3 300
70	云南鹤庆县松桂马耳山	100.127 2	26.243 65	3 500	96	重庆市南川区白金寺	107.110 2	29.097 8	1 150
71	云南会泽县大海大黑山	103.511 6	26.576 08	3 800	97	重庆市南川区金佛山天城山	107.207 1	29.037 6	2 900
72	云南会泽县大海滴水岩	103.273 4	26.194 5	1 800	98	重庆市巫山县竹贤乡罗家沟	110.078 3	31.289 7	3 100
73	云南景东彝族自治县徐家坝	101.024 1	24.545 05	800	99	重庆市巫山县竹贤乡徐家沟	110.108 2	31.287 1	3 150
74	云南景东彝族自治县哀牢	100.709 8	24.615 7	1 487	100	重庆市武隆县仙女山	107.730 1	29.428 7	1 419
75	云南景东彝族自治县无量山黄草坡	100.482 7	24.836 6	1 300	101	重庆市武隆县仙女山后山	107.706 9	29.507 3	1 534
76	云南昆明市西山华亭寺后山	102.634 2	24.9774	1 100	102	重庆市武隆县巷口镇	107.693 5	29.335 8	1 037
77	云南丽江县雪嵩村西山	100.229 9	26.876 1	2 445	103	重庆市武隆县白马山	107.593 4	29.365 8	1 238
78	云南丽江纳西族自治县玉龙山	100.235 7	27.116 2	1 300					

1.4 主要气候因子的选择及适宜范围

选取 20 个气候因子和 103 个川续断采样点经纬度数据, 根据 MaxEnt 模型多次迭代计算结果, 选取贡献率之和超过 90% 的气候因子作为主要因子, 同时根据参与建模的气候因子的不同值, 对最大熵模型输出的物种存在概率的影响绘制单变量响应曲线, 并分析各主要气候因子的适宜区间值.

1.5 续断的气候适宜性分析

将 MaxEnt 模型运行的结果应用该软件进行栅格转化导入 ArcMap 中, 得到川续断的生长适宜指数, 然后采用人工分级方法分析, 划出川续断适宜性分布区域.

2 结果与分析

2.1 模型的有效性

选用 25% 的分布数据作为检验数据集, 其余为训练数据集, 随机运行 10 次制作 ROC 曲线, 进行气候适宜的分析模型计算结果精度评价, 结果见图 1. 横坐标 1-Specificity(特异性)为假阳性率, 纵坐标 1-Omission(漏报率)为真阳性率, 蓝色线条为检验集的 ROC 曲线, 其 AUC 值为 0.994, 训练数据集 AUC 值也为 0.994, 均在 0.9 以上, 表明模型模拟效果非常好, 基于训练集计算的川续断生境适宜度的准确度很高^[8-9].

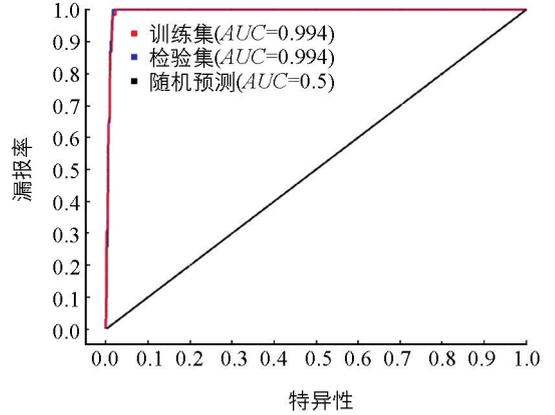


图 1 川续断生境适宜度 ROC 曲线

2.2 主要气候因子的选择及适宜范围

在 MaxEnt 建模过程中, 不同气候因子对川续断适宜性分布的影响表现出较大差异, 主要体现在建模贡献率和 Jackknife 分析结果上, 具有贡献率的气候因子有 13 个, 其余均为 0; 对川续断气候适宜性贡献率排名前 6 位的气候因子分别为 bio18, alt, bio4, bio15, bio7 和 bio9, 这 6 个气候因子对川续断的分布影响较大, 贡献率之和达到 98%, 说明这 6 个变量是影响川续断分布的主要气候因子, 见图 2 和表 3.

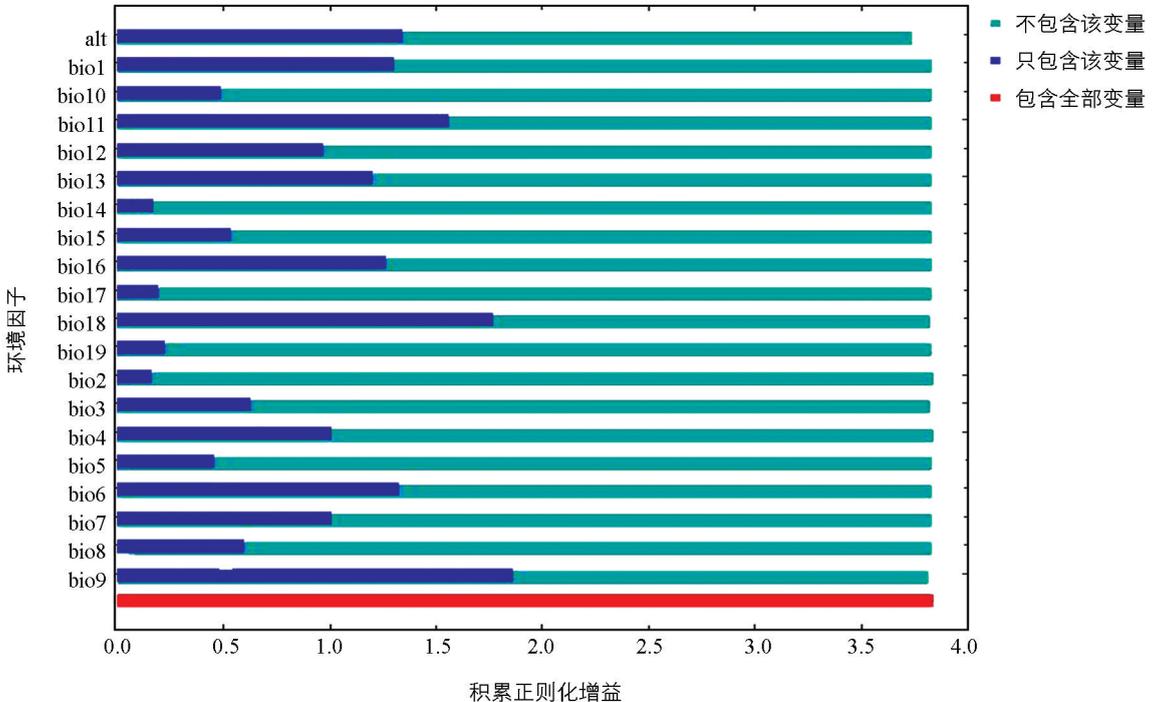


图 2 川续断预测结果刀切图

表 3 MaxEnt 模型运算的气候因子贡献率表 ($AUC=0.994$ °C)

变量	贡献率/%	重要性/%	变量	贡献率/%	重要性/%
bio18	45.6	16.6	bio12	0.2	1.7
alt	25.9	25.8	bio14	0.1	0.7
bio4	13	6.1	bio19	0.1	3.6
bio15	5.7	1.2	bio5	0.1	1.5
bio7	4.4	1.1	bio13	0.1	0.1
bio9	3.4	27.1	bio1	0.1	1.5
bio11	1.2	9.7			

从 6 种主要气候因子对预测结果的响应曲线来看, 当存在概率大于 0.5 时, 其对应的生态因子值较适合川续断生长, 因此各气候因子的适宜取值区间分别是最暖季降水量为 500~900 mm, 海拔为 1 800~4 300 m, 温度季节性变化的标准差为 40~75, 季节降水量变异系数为 65~105, 年均温范围为 21 °C~30 °C, 最干季平均温度为 -1 °C~9 °C, 见图 3。

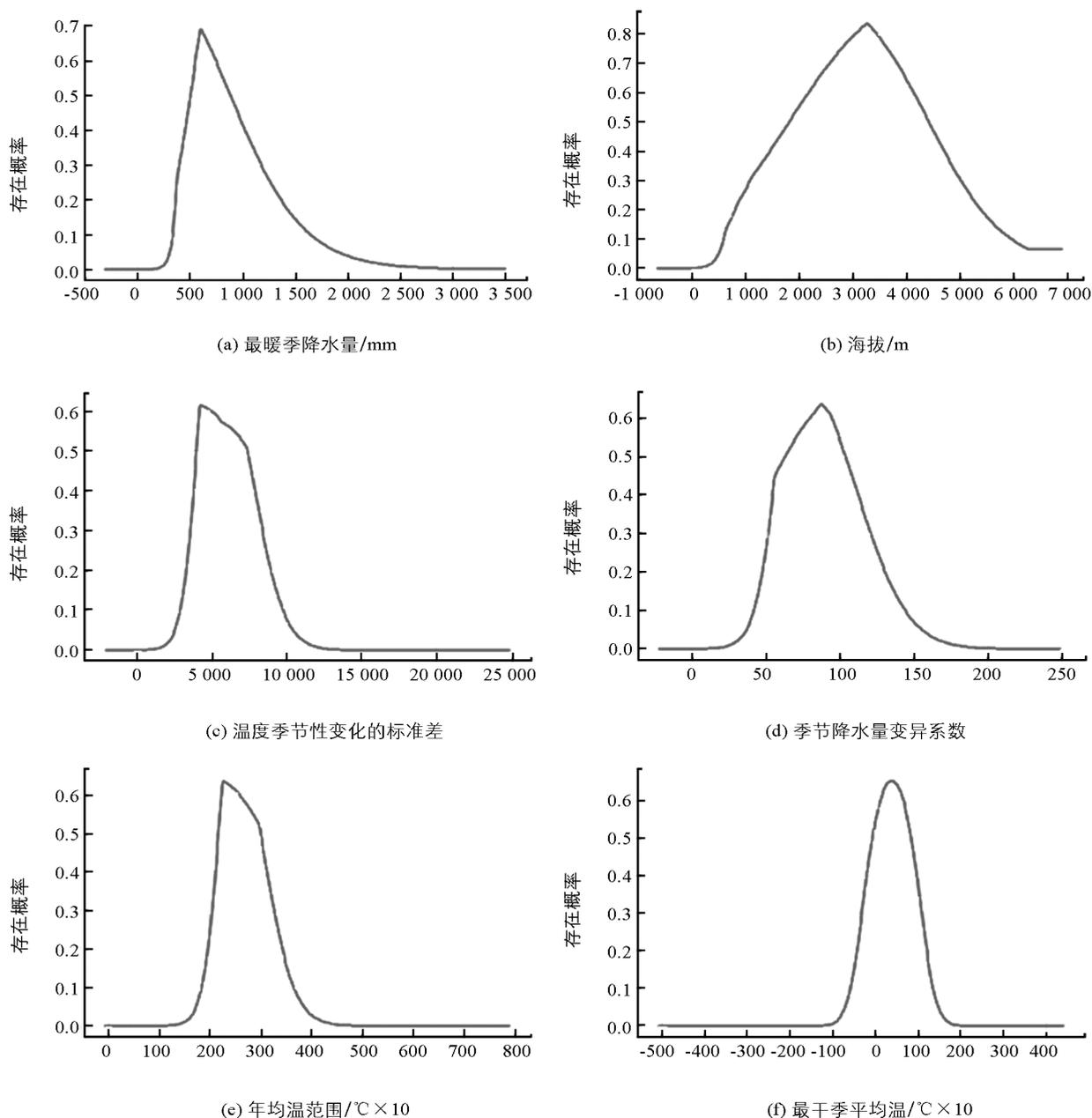


图 3 影响川续断生长的 6 种主要气候因子响应图

2.3 川续断气候适宜性等级划分

根据 MaxEnt 模型预测结果,运用 ArcGIS 加载分析得到川续断在全国的适宜分布区域图,可分为 4 级,如图 4 所示,颜色从白色到蓝色区域表示生态适宜度值(p)依次递增,分别为 $p < 0.25$, $0.25 \leq p < 0.48$, $0.48 \leq p < 0.78$, $p > 0.78$,其中 p 越大,越适宜川续断的生长.从图 4 中可以看出,川续断在中国分布较为广泛,模型预测川续断适宜生长区域主要集中在西南地区,包括云南、西藏、四川、贵州、重庆等省市,而模型预测结果图中的陕西、甘肃、湖南、江西等地也被预测为川续断潜在分布区,但其 p 值较低,说明这些地方的生态环境也适合川续断的生长,但分布可能较少.在西藏南部、云南北部、贵州西部、四川西南部、重庆南部和湖北西部等蓝色区域为川续断的最佳适生区,且较为集中,这些地区主要为高海拔山地,可以选择合适地带开展川续断野生抚育或人工栽培.

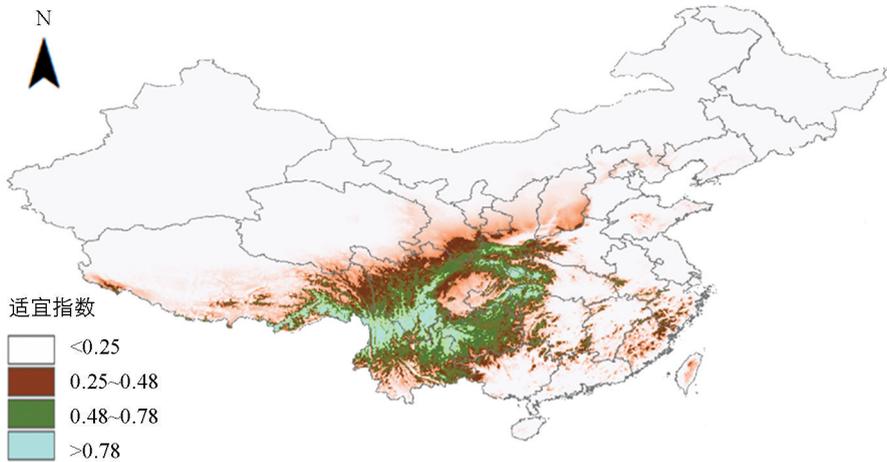


图 4 川续断气候适宜度分布

3 讨论

本试验利用 MaxEnt 模型和 ArcGIS 技术相结合,对川续断进行气候适宜性分析,研究发现川续断生长最适宜区主要集中在西藏南部、云南北部、贵州西部、四川西南部、重庆南部和湖北西部,陕西、甘肃、湖南、江西等地也有部分区域较为适宜.此外,MaxEnt 模型的 AUC 值大于 0.95,可以看出该模型具有很高的准确度和可信度.同时,结合各气候因子的影响,最终得到对川续断生长影响较大的气候因子及适宜值范围.影响川续断分布的主要气候因子是最暖季降水量、海拔、温度季节性变化的标准差、季节降水量变异系数、年均温范围和最干季平均温.其中,最暖季降水量的贡献率最大,西南地区降水充沛,尤其是夏季降水相对较多,大部分地区降水量都在 500 mm 以上.川续断花期在 8~9 月,果期在 9~10 月,最暖季是川续断生长旺盛的时期,也是川续断生长需水量最大的季节,表明最暖季降水量对川续断的生长和分布有着至关重要的影响,最暖季降水量的适宜值为 500~900 mm,这既满足了川续断的需水量,也不至于降水量过多导致川续断块根腐烂.其次,影响川续断分布的因子为海拔,根据响应曲线可知,川续断分布海拔的适宜值为 1 800~4 300 m,文献报道川续断产于我国四川稻城、黑水、金川、康定、冕宁、木里、盐边,海拔 2 400~3 900 m;西藏察隅、错那、亚东、林芝,海拔 2 600~3 200 m;云南德钦、会泽、鹤庆、大理、丽

江,海拔 1 920~3 800 m,各地海拔均基本在适宜范围 1 800~4 300 m 之内.从川续断的分布来看,川续断适宜性指数大于 78% 的地区主要集中在西藏南部、云南北部、贵州西部、四川西南部、重庆南部和湖北西部,这些地区地势较高,多为山地且气候湿润,表明了川续断喜温暖湿润较凉爽的气候.此外,温度季节性变化的标准差,季节降水量变异系数,年均温范围和最干季平均温等气候因子均表明川续断生长环境的温度和降水对其分布具有不同的影响.野生川续断的分布一般比较分散,但也有成片分布的,其空间分布为集群分布,对环境的适应能力强,群落结构相对稳定,通过分布情况发现川续断喜温暖湿润较凉爽的气候,以山地气候最适宜,最暖季降水量为 500~900 mm,海拔 1 800~4 300 m,年平均气温在 21 °C~30 °C 之间,适于土层深厚、肥沃、疏松的土壤栽培.本试验预测的川续断适生区气候特点与其实际生境情况较为接近,因此该方法有效性较高.

影响预测结果准确度的主要因素是选取的生态因子和川续断的分布点,川续断分布点来源于全球生物多样性信息数据库和国家数字植物标本馆,涵盖了四川、云南、西藏及重庆等主要分布产区,与第 4 次全国中药资源普查中发现的川续断分布区类似,因此本试验所用的分布点数据代表性好.本试验是基于气候等因子数据模拟计算川续断在自然条件下的分布,可能与川续断的实际种植区存在一定差距.一方面是由于该研究只选取了海拔和气候因子进行预测,而影响川续断生长的生态因子并不只有这些因子;另一方面是由于川续断的实际种植区受环境、经济等因素的影响.由于药用植物次生代谢产物累积所需的生态环境与其生长所需的生境可能不一致^[10],所以还应该对川续断的品质适宜性区划进行研究以确定续断药材的最佳种植区.

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 国家中医药管理局. 中华本草: 第 20 卷 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [3] 杨紫刚, 丁 鲲, 许 刚, 等. 续断化学成分研究 [J]. 中药材, 2012, 35(11): 1789-1792.
- [4] 刘二伟, 吴 帅, 樊官伟. 川续断化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(7): 1421-1423.
- [5] 朱净民. 川续断的化学成分和质量标准研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2011.
- [6] 张 琴, 曾凡琳, 张东方, 等. 基于最大熵模型的三七生态适宜区及生态特征 [J]. 药学学报, 2016, 51(10): 1629-1637.
- [7] 卢有媛, 杨燕梅, 马晓辉, 等. 中药秦艽生态适宜性区划研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3176-3180.
- [8] 柳 鑫, 杨艳芳, 宋红萍, 等. 基于 MaxEnt 和 ArcGIS 的黄连生长适宜性区划研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3186-3193.
- [9] 严 辉, 张小波, 朱寿东, 等. 当归药材生产区划研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3139-3147.
- [10] 黄璐琦, 郭兰萍. 环境胁迫下次生代谢产物的积累及道地药材的形成 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32(4): 277-280.

Study of Climatic Suitability for *Dipsacus asper* Based on MaxEnt Model

YAO Cong^{1,2}, YUE Yuan², WEI Yong-sheng²,
QU Xian-you², LI Zhu-bo¹

1. School of Pharmaceutical Sciences, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China

Abstract: The distribution information of *Dipsacus asper* was collected with the help of literature inquiry, Chinese Virture Herbarium (CVH) and global biodiversity information facility. The climatic suitability for *D. asper* in China was investigated by the MaxEnt (Maximum Entropy) modeling framework based on the distribution information and data of climate factors obtained, including temperature, rainfall and altitude. The prediction model constructed by MaxEnt was shown to be highly reliable. The dominant climate factors included precipitation of the warmest quarter, altitude, the standard deviation of temperature seasonality, coefficient of variation of precipitation seasonality, temperature annual range, and mean temperature of the driest quarter, their proper range being 500–900 mm, 1 800–4 300 m, 40–75, 65–105, 21 °C–30 °C and –1 °C–9 °C, respectively. Furthermore, four suitability classes of distribution for *D. asper* were identified based on existence probability (p): $p < 0.25$ (unsuitable area), $0.25 \leq p < 0.48$ (less suitable area), $0.48 \leq p < 0.78$ (appropriate area) and $p \geq 0.78$ (optimum area). The optimum areas were found to be mainly concentrated in the southwest region of the country, including Yunnan, Tibet, Sichuan, Guizhou, Hubei and Chongqing.

Key words: *Dipsacus asper*; MaxEnt; climatic suitability; ArcGIS

责任编辑 夏 娟

