

基于MaxEnt和ArcGIS的定西市蒙古黄芪适宜性区划研究[△]

王莉^{1*}, 韦翡翡¹, 成希¹, 赵文龙^{1,2}, 晋玲^{1,2#}[1.甘肃中医药大学药学院, 兰州 730000; 2.中(藏)药资源研究所, 兰州 730000]

中图分类号 R-1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2020)03-0321-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2020.03.13

摘要 目的:对定西市蒙古黄芪进行生态适宜性区划研究。方法:以定西市1 001批蒙古黄芪为考察样本(以每个有蒙古黄芪栽培的自然村为采集单位进行样本采集),从定西市经济作物技术推广站中获取其经、纬度信息,并从《中药资源空间信息网格数据库》中获取其55项环境生态因子(包括气候、地形、土壤等)信息。结合经、纬度信息和环境生态因子信息,以75%样本为训练集建立最大熵模型(MaxEnt模型),筛选出主要生态因子,并以另外25%样本为验证集进行模型验证。随后,应用地理信息系统(ArcGIS)对蒙古黄芪的适宜生长区进行划分。结果:建立的MaxEnt模型预测效果良好(训练集和验证集样本受试者工作特征曲线下面积分别为0.970、0.968)。共筛选出海拔、降水量、温度等8个主要生态因子(贡献率总和为98.90%);结合分析系统发现,海拔在1 800~2 650 m、4月降水量在25~50 mm、最冷月最低温在-16~-8℃、最湿月降水量在95~110 mm、温度季节性变化标准差在70~80、12月平均气温在-6~-3℃、10月降水量在30~50 mm、12月降水量在0~10 mm为定西市蒙古黄芪适宜生长的环境参数。结合ArcGIS分析结果,在定西市境内蒙古黄芪普遍适宜生长;在临洮县西北部、安定区北部、通渭县南部、陇西县南部少量地区、岷县南部少量地区以及渭源县、漳县、岷县交界处不适宜生长。结论:本研究建立的模型分析结果与实际考察符合,可为定西市蒙古黄芪的种植区域规划提供参考。

关键词 蒙古黄芪;定西市;适宜性区划;地理信息系统

Study on Suitability Zoning of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi City Based on MaxEnt and ArcGIS

WANG Li¹, WEI Feifei¹, CHENG Xi¹, ZHAO Wenlong^{1,2}, JIN Ling^{1,2}[1.School of Pharmacy, Gansu University of TCM, Lanzhou 730000, China; 2.China (Tibet) Pharmaceutical Resources Research Institute, Lanzhou 730000, China]

ABSTRACT OBJECTIVE: To study the ecological suitability zoning of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city. METHODS: Taking 1 001 batches of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city as the investigation samples (each natural village with *A. membranaceus* var. *mongholicus* cultivation as the collection unit), the longitude and latitude information of them were obtained from Dingxi economic crop technology promotion station, and 55 environmental ecological factors (including climate, terrain, soil, etc.) were obtained from the *Grid Database of Spatial Information of TCM Resources*. Combined with the information of longitude, latitude and environmental ecological factors, the maximum entropy model (MaxEnt model) was established with 75% samples as the training set, and the main ecological factors were screened out, and 25% samples were set as the validation set for model validation. Then the suitable growing areas of *A. membranaceus* var. *mongholicus* were divided by using ArcGIS. RESULTS: Established MaxEnt model had good prediction (the area under the working characteristic curve of subjects in training set and verification set was 0.970 and 0.968). Eight main ecological factors, such as altitude, precipitation and temperature, were selected (the total contribution rate was 98.90%). The comprehensive analysis found that the altitude was 1 800 to 2 650 m, the average precipitation in April was 25 to 50 mm, the lowest temperature of the coldest month was -16 to -8℃, the wettest monthly precipitation was 95 to 110 mm, and the seasonal variation of temperature was 70 to 80, the average temperature in December was -6 to -3℃, the average precipitation in October was 30 to 50 mm, and the average precipitation in December was 0 to 10 mm, which was the suitable environmental parameter for the growth of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city. Based the results of ArcGIS analysis, in Dingxi city, *A. membranaceus* var. *mongholicus* was generally suitable for growth; in the northwest of Lintao county, the north of Anding district, the south of Tongwei county, a small area in the south of Longxi county and the south of Minxian county, the border between Weiyuan county, Zhangxian county and Minxian county, *A. membranaceus* var. *mongholicus* was not suitable for growth. CONCLUSIONS: Ther results of established model is in line with the actual investigation, can provide reference for the planting regional planning of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city.

[△] 基金项目:甘肃省基础研究创新群体项目(No. 1606RJIA323); 国家中药标准化项目(No.ZYBZH-Y-GS-10-A05); 甘肃省省级中药原料质量监测技术服务项目建设项目

* 硕士研究生。研究方向:中药资源开发与质量综合评价。E-mail:961308817@qq.com

通信作者:教授,博士生导师,博士。研究方向:中药资源开发与质量综合评价。E-mail:zyxyjl@163.com

黄芪为蒙古黄芪 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao] 或膜荚黄芪 [*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge.] 的干燥根, 具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血、行滞通痹、托毒排脓、敛疮生肌的功效^[1-2]。黄芪是中国传统中药, 也是中医最常用中药之一, 首载于《神农本草经》, 并列为上品。现代药理研究表明, 黄芪具有抗肿瘤、抗氧化、保肝等作用, 对免疫系统、心血管系统、神经系统等均有保护作用^[3-4], 特别是在治疗糖尿病和心血管等疾病上有显著疗效^[5-7]。

定西市位于甘肃中部, 地处黄土高原、青藏高原和西秦岭交汇地带, 通称“陇中”, 是古丝绸之路重镇和新欧亚大陆桥必经之地, 也是甘肃省内内蒙古黄芪主产地之一。其辖下有安定区及通渭、陇西、渭源、临洮、漳县、岷县等1区6县, 并且其中的陇西县素有“中国黄芪之乡”的美称。目前, 蒙古黄芪从种子萌发到高产的栽培种植都有成熟的技术支持, 但膜荚黄芪栽培质量不好、产量不高^[8-11], 故现代栽培主要以蒙古黄芪为主。杨长花等^[12]对4个主要黄芪产地的黄芪质量进行比较后发现, 不同产地黄芪中有效成分含量有差异, 其中以内蒙古、甘肃等地产黄芪中有效成分含量较高。

最大熵模型(MaxEnt)可在最大熵原理的基础上较为精确地推断和预测不同物种的生态适宜区域^[13]。地理信息系统(ArcGIS)利用的是生态学原理和数据分析, 对物种的潜在分布区域进行预测并将成果展示出来, 在中药相关领域也得到了广泛应用^[14-15]。故本研究利用MaxEnt和ArcGIS相结合的方式, 对定西市蒙古黄芪的资源分布进行整合, 并对其进行生态适宜区预测, 为蒙古黄芪的合理种植提供理论支持。

1 仪器与信息来源

1.1 仪器

Rino 530HCx 型便携式卫星导航仪(北京佳明航电科技有限公司)。

1.2 样本信息

蒙古黄芪样本由定西市经济作物技术推广站于2018年10月进行批量采集(原则是以每个有蒙古黄芪栽培的自然村为采集单位进行样本采集), 并利用便携式卫星导航仪记录每个样本的海拔和经、纬度信息。共采集到1 001个蒙古黄芪样本, 其中安定区34个、临洮县108个、陇西县181个、岷县346个、通渭县35个、渭源县219个、漳县78个。所有样本均由甘肃中医药大学药学院晋玲教授鉴定为蒙古黄芪真品。

1.3 生态因子信息

从《中药资源空间信息网格数据库》中下载相关生态因子信息, 共55项。其中气候变量数据是根据我国气象观测站1950—2000年的气候观测数据插值成空间分

辨率为1 km×1 km的格网数据; 土壤类型数据采用FAO-90土壤分类系统, 是根据第二次全国土壤调查《1:100万中华人民共和国土壤图》制成; 植被类型数据来源于中科院植物所《1:100万中华人民共和国植被图》中的植被亚类数据^[13]。

2 方法

2.1 MaxEnt模型参数及生态因子选择

将采集到的1 001个蒙古黄芪样本的经、纬度信息和生态因子数据添加到MaxEnt对应的对话框中, 按照要求设定参数, 随机选取75%的蒙古黄芪样本数据作为训练集, 以另外25%的蒙古黄芪样本数据作为测试集, 设定最大迭代次数为10⁶, 其余采用模型的默认选项。运行程序, 剔除结果中贡献率为0的生态因子, 并再次运行程序, 最终筛选出对蒙古黄芪生长有影响的生态因子。利用刀切法(反映不同生态因子在影响蒙古黄芪的生长适宜度中所占的权重)检验权重, 研究各生态因子对蒙古黄芪生长的贡献率^[16]。刀切图结合MaxEnt预测结果综合得出影响蒙古黄芪生长的生态因子。

2.2 模型精确性验证

受试者工作特征曲线(ROC曲线)分析法在物种潜在分布预测模型评价中得到了广泛应用, 用ROC曲线下面积(AUC, 其大小可作为预测模型准确度的衡量指标)进行模型精确度预测^[17]。AUC取值范围为0.5~1, 数值越接近1说明该预测的结果越好, 其模型预测的结果就越准确。当AUC在0.6以下时, 说明该模型预测失败; 当AUC在0.6~0.9之间时, 说明该模型预测结果一般; 当AUC在0.9以上时, 说明该模型预测结果非常好。

2.3 定西市蒙古黄芪适宜区域划分标准

利用ArcGIS软件Arctoolbox模块中的Conversion Tools将MaxEnt软件迭代运行得到的最终结果转换为栅格数据, 用“按掩膜提取”工具将定西市的预测结果从全国预测结果中提取出来。在提取结果的属性表中计算得到最大值(max)、最小值(min)、平均值(μ)、标准差(σ)、平均值与标准差相加($\mu+\sigma$)、平均值与标准差相减($\mu-\sigma$)的值。以 $[0, \mu-\sigma]$ 为不适宜区, $[\mu-\sigma, \mu]$ 为次适宜区, $[\mu-\sigma, \mu+\sigma]$ 为适宜区, 可得到其区划等级分布。

3 结果

3.1 MaxEnt模型的预测结果分析

按上述方法建立MaxEnt模型重复运行5次后, 得到的训练集样本的AUC为0.970, 测试集样本的AUC为0.968, 表明MaxEnt模型对定西市蒙古黄芪生态适宜区的预测效果良好。刀切图中显示, 有16个生态因子贡献率不为0, 对蒙古黄芪生长有影响见图1(只变量: 生态因子; 不变量: 生长适宜度; 全部变量: 有贡献率的生长因子)。定西市蒙古黄芪ROC曲线见图2。

3.2 主要生态因子的确定

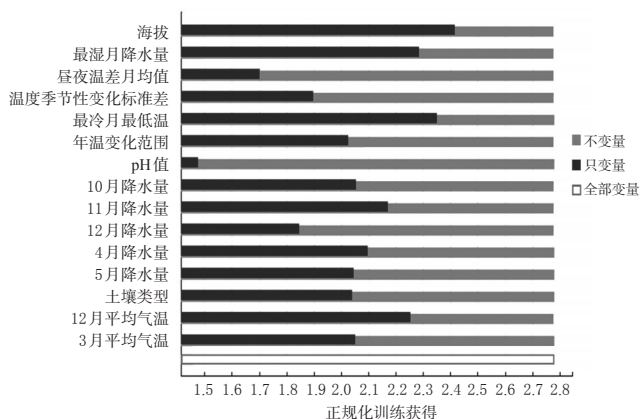


图1 定西市蒙古黄芪刀切图

Fig 1 Cut plot of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city

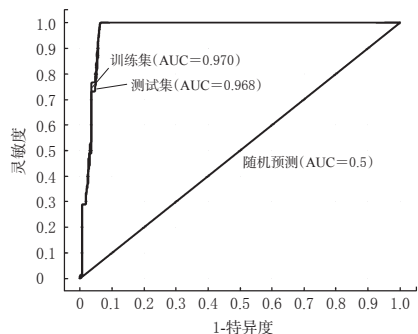


图2 定西市蒙古黄芪适宜区预测ROC曲线

Fig 2 Prediction ROC curve of suitable area of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city

生态因子贡献率大小会影响物种分布,本次参与模型建立的生态因子有55个,MaxEnt运行结束后,有16个生态因子贡献率不为0。其中8个生态因子的贡献率总和占比达到98.90%,包括海拔(38.07%)、4月降水量(32.58%)、最冷月最低温(6.03%)、最湿月降水量(5.79%)、温度季节性变化标准差(5.71%)、12月平均气温(4.79%)、10月降水量(3.50%)、12月降水量(2.43%),为蒙古黄芪适宜区的主要影响生态因子。上述生态因子对蒙古黄芪生长影响的适宜范围分别为海拔1800~2650 m、4月降水量25~50 mm、最冷月最低温-16~-8℃、最湿月降水量95~110 mm、温度季节性变化标准差70~80、12月平均气温-6~-3℃、10月降水量30~50 mm、12月降水量0~10 mm。影响定西市蒙古黄芪的8种主要生态因子响应图见图3。

3.3 定西市蒙古黄芪适宜区域划分

对定西市蒙古黄芪生态适宜区进行综合评价后将区划等级划分为3类:以黄芪采样点生境适宜度值0~0.42为不适宜区,0.42~0.50为次适宜区,0.50~0.58为适宜区。结果显示,蒙古黄芪在定西市普遍适宜生长,在临洮县西北部、安定区北部、通渭县南部、陇西县南部少量地区、岷县南部少量地区以及渭源县、漳县、岷县交界处为蒙古黄芪不适宜区,具体分布见表1。

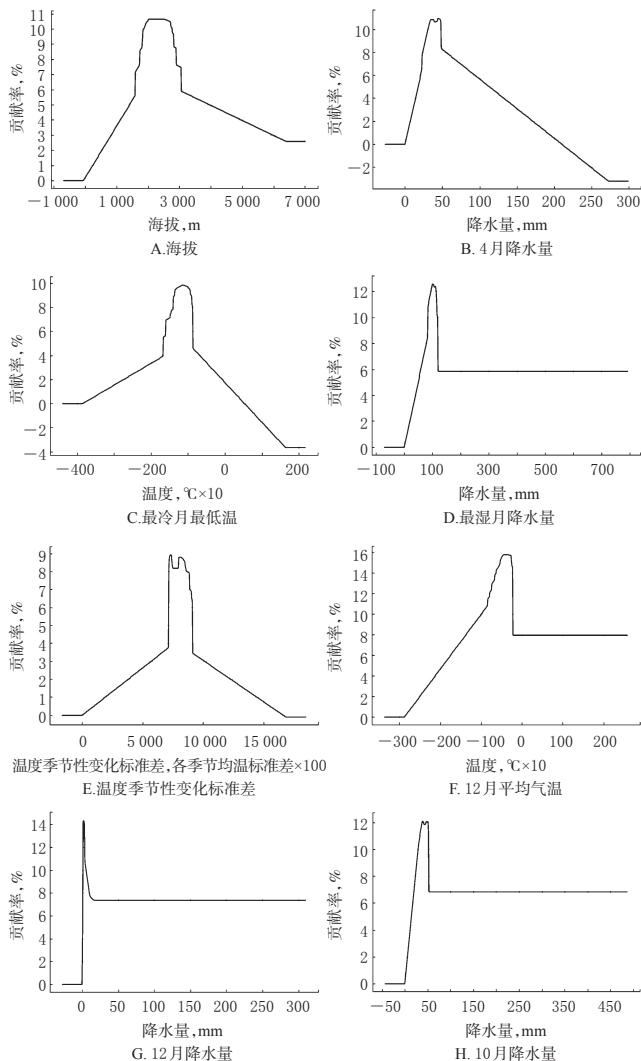


图3 影响定西市蒙古黄芪的8种主要生态因子响应图

Fig 3 Responses plot of 8 major ecological factors affecting *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city

4 讨论

通过MaxEnt运算,此次模型的AUC大于0.9,可信度高。在55个生态因子中运算得到16个贡献率不为0的生态因子,并筛选对模拟结果影响较大的8个生态因子,分别是海拔(38.07%)>4月降水量(32.58%)>最冷月最低温(6.03%)>最湿月降水量(5.79%)>温度季节性变化标准差(5.71%)>12月平均气温(4.79%)>10月降水量(3.50%)>12月降水量(2.43%),累积贡献率达98.90%。结合已知蒙古黄芪生长所需条件发现,海拔对蒙古黄芪生长影响最大,需要保障在1800~2650 m;在4月蒙古黄芪长苗期、最湿月(即花果期)以及10、12月地上部分枯萎时期需要较多水分,而在12月、最冷月需要提供适宜温度以使其正常发育。这与实际调查的蒙古黄芪生长所需条件相吻合。

定西市临洮县西北部(红旗乡大部、中铺镇西南部、太石镇西部、辛店镇西部及东北部、新添镇西部、上营乡

表1 定西市蒙古黄芪适宜性区域分布

Tab 1 Distribution of the suitable area of *A. membranaceus* var. *mongholicus* in Dingxi city

区划等级	县(区)	乡(镇)
适宜区	安定区	内官镇、香泉镇、高峰乡
	通渭县	华家岭乡、北城铺乡大部、陇阳东西部、陇山东西部、马营镇南北部、什川乡南部、第三铺乡北部、榜罗镇中西部
	陇西县	马河镇、通安驿镇、宏伟乡、福星镇、德兴镇、双泉乡、柯寨乡、首阳西部、碧岩镇、菜子镇、巩昌镇西部、文峰镇西部、永吉乡南部、渭阳乡南部、杈家湾乡中部
	通渭县	全县大部
	临洮县	中铺镇中部、上营乡南部、辛店镇中部、峡口镇、站滩乡、八里铺东部、洮阳西部、衙下集镇、玉中镇、南屏镇、窑店镇、康家集乡、连儿湾乡
	漳县	全县大部
次适宜区	岷县	中寨镇、梅川镇、禾驮乡北部、蒲麻镇、闫井镇西北部、申都乡北部、维新乡、西江镇、西寨镇东部、马均乡中部、清水乡、十里镇、岷阳镇、秦许乡东部、寺沟乡北部、麻于乡北部
	安定区	白碌乡西部、峡口镇、葛家镇、新集乡、称沟驿镇、符家川镇、凤翔镇、青岚山乡、石泉乡、宁远镇、李家堡镇、团结镇、香泉镇北部、内官镇北部、香园乡北部
	通渭县	榜罗镇、什川乡、第三铺乡、常家河镇西北部、李家店西北部、襄南乡大部、鸡川镇北部、新景乡、陇山乡东部、龙阳乡中部、陇川乡南部、寺于川乡、义岗川镇、北城铺乡北部、华家岭乡北部
	陇西县	巩昌镇、和平易、云田乡、渭阳乡、首阳镇东部、永吉乡北部
	通渭县	无
	临洮县	红旗乡东部、中铺镇大部、太石镇中部、辛店镇中部、新添镇大部、八里铺镇与洮阳镇交界处
不适宜区	漳县	无
	岷县	锁龙乡北面、马均乡和闫井镇交界处
	安定区	白碌乡、石峡沟乡、鲁家沟镇交界处大部
	通渭县	常家河镇中部至南部、李家店中部至南部、襄南乡南部、碧玉乡中部至南部少量地区、鸡川镇南部、陇川乡北部
	陇西县	文峰镇中部至巩昌镇交界处
	通渭县	峡城乡南部、会川镇南部与五竹镇交界处
临洮县	红旗乡大部、中铺镇西南部、太石镇西部、辛店镇西部及东北部、新添镇西部、上营乡北部	
漳县	金钟镇西部、南部和瘿虎桥乡、大草滩乡交界处、武阳镇南部、武当乡南部、新寺镇北部	
岷县	秦许乡西部至中部、寺沟乡南部至中部、麻于川乡南部至中部、茶埠镇西南部、寺沟乡、禾驮乡交界处、禾驮乡南部和申都乡交界处、申都乡南部、闫井镇南部至锁龙乡交界处、锁龙乡南部与马均乡交界处	

北部),安定区北部(白碌乡、石峡沟乡、鲁家沟镇交界处大部),通渭县南部(常家河镇中部至南部、李家店中部至南部、襄南乡南部、碧玉乡中部至南部少量地区、鸡川镇南部、陇川乡北部),陇西县南部少量地区(文峰镇中南部至巩昌镇交界处),渭源县南部少量地区(峡城乡南部、会川镇南部与五竹镇交界处),漳县西北部和东部少量地区(金钟镇西部、南部和瘿虎桥乡、大草滩乡交界处、武阳镇南部、武当乡南部、新寺镇北部),岷县南部少量地区(秦许乡西部至中部、寺沟乡南部至中部、麻于川乡南部至中部、茶埠镇西南部、寺沟乡、禾驮乡交界处、禾驮乡南部和申都乡交界处、申都乡南部、闫井镇南部至锁龙乡交界处、锁龙乡南部与马均乡交界处)为蒙古黄芪的不适宜区,主要是由于该地区内有高山,海拔过高不适宜蒙古黄芪生长。临洮县西北部(红旗乡东部、中铺镇大部、太石镇中部、辛店镇中部、新添镇大部、八里铺镇与洮阳镇交界处),安定区大部(除内官镇、香泉镇、高峰乡),陇西县中部少量地区(巩昌镇、和平易、云

田乡、渭阳乡、首阳镇东部、永吉乡北部),通渭县大部(除华家岭乡、北城铺乡大部、陇阳东西部、陇山东西部、马营镇南北部、什川乡南北部、第三铺乡北部、榜罗镇中西部),岷县东部少量地区(锁龙乡北面、马均乡和闫井镇交界处)为蒙古黄芪次适宜区,其他地区都适宜蒙古黄芪生长。陇西县大部分地区都为蒙古黄芪适宜生长区,这也与其实际地理考证相吻合。

综上,蒙古黄芪在定西大部分地区适宜种植,适宜区研究可为提升当地中药材产业结构、人工种植栽培以及可持续利用研究提供依据。本研究可为后期定西市各县(区)蒙古黄芪质量评价及其品质区划研究提供基础。

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[M].北京:科学出版社,1993:133.

[2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:203.

[3] 林红强,杨娜,王涵,等.黄芪的化学成分、药理活性及临床应用研究进展[J].世界最新医学信息文摘,2018,18(38):45-47,49.

[4] 聂娟,谢丽华,马港圆,等.中药黄芪的化学成分及药理作用研究进展[J].湖南中医杂志,2018,34(7):228-231.

[5] 尤良震,林逸轩,方朝晖,等.黄芪甲苷治疗糖尿病及其并发症药理作用研究进展[J].中国中药杂志,2017,42(24):4700-4706.

[6] 张瑜.中药黄芪的心血管药理作用及临床应用研究[J].世界最新医学信息文摘,2017,17(74):47-48.

[7] 田枫,李佑操,唐绍微,等.基线等比增减设计法优选黄芪注射液联合灯盏细辛注射液抗大鼠脑缺血再灌注损伤的最佳配比[J].中国药房,2019,30(14):1885-1889.

[8] 程瑶.蒙古黄芪硬实种皮解剖特征及休眠破除方法研究[D].兰州:甘肃农业大学,2017.

[9] 张训.中草药黄芪栽培技术[J].南方农业,2017,11(2):9-10.

[10] 黄文全.黄芪高产栽培技术[J].农村科技,2017(9):65-66.

[11] 谭根堂.黄芪栽培技术[J].农村百事通,2018(9):30-32.

[12] 杨长花,程芬,李慧,等.4个主要黄芪产地黄芪质量比较[J].西部中医药,2019,32(1):27-31.

[13] 邵扬,叶丹,欧阳臻,等.薄荷的生境适宜性区划及品质区划研究[J].中国中药杂志,2016,41(17):3169-3175.

[14] 孙成忠,郝振国,朱寿东,等.地理信息技术在中药资源生产区划研究中的应用[J].测绘通报,2016(12):96-99,123.

[15] 李足意,谢宗明,孔祥柏,等.浏阳河中上游地区中药资源区划研究[J].中国卫生产业,2019,16(19):126-127.

[16] 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.

[17] 王茹琳,高晓清,王闰利,等.基于MaxEnt的非洲橘硬蓟马在全球及中国的潜在分布区预测[J].中国农学通报,2014,30(28):315-320.

(收稿日期:2019-07-26 修回日期:2019-09-27)

(编辑:林 静)