

我国全沟硬蜱适生区预测

马奔¹, 马晓羽², 张仪³, 陈会波¹, 王强^{1*}, 李兰花^{1*}

[摘要] **目的** 分析不同环境因子对我国全沟硬蜱分布的影响, 预测我国全沟硬蜱未来适生区。**方法** 通过查阅国内外公开发表文献, 提取我国已知全沟硬蜱分布点信息。采用刀切法评价年均温、月均温范围、等温性、年均温变化范围、最暖季度平均温度、最冷季度平均温度、年平均降水量、降水的季节性、最暖季度降水量、最冷季度降水量、海拔、坡度、坡向和植被等14个环境因子对我国全沟硬蜱分布的影响。结合环境因子, 运用最大熵模型与ArcGIS 10.7软件预测全沟硬蜱在我国的适生区范围。**结果** 我国当前全沟硬蜱高适生区面积88.66万km², 主要位于东北地区。对我国全沟硬蜱适生区分布贡献率超过10%的环境因子包括年温度变化范围(39.1%)、最冷季度降水量(23.2%)、年平均降水量(11.9%)。基于最大熵模型预测发现, 2070年我国全沟硬蜱适生区将呈向东北方向缩小的趋势。**结论** 我国全沟硬蜱适生区分布范围与温度、降水密切相关, 气候环境改变可能引起我国全沟硬蜱未来适生区分布范围缩小。

[关键词] 全沟硬蜱; 最大熵模型; 适生区; 中国

[中图分类号] R384.4 **[文献标识码]** A

Prediction of suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China

MA Ben¹, MA Xiao-Yu², ZHANG Yi³, CHEN Hui-Bo¹, WANG Qiang^{1*}, LI Lan-Hua^{1*}

1 School of Public Health and Management, Weifang Medical University, Weifang 261053, China; 2 Shengli Oilfield Central Hospital, China; 3 National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, China

* Corresponding authors

[Abstract] **Objective** To evaluate the effects of environmental factors the distribution of *Ixodes persulcatus*, and to predict the future suitable habitats of *I. persulcatus* in China. **Methods** The known distribution sites of *I. persulcatus* in China were captured from national and international published literatures. The effects of 14 environmental factors on the distribution of *I. persulcatus* were examined using the Jackknife test, including mean annual temperature, mean monthly temperature range, isothermality, temperature seasonality, maximum temperature of the warmest month, minimum temperature of the coldest month, temperature annual range, mean temperature of the wettest quarter, mean temperature of the driest quarter, mean temperature of the wettest quarter, mean temperature of the coldest quarter, annual mean precipitation, precipitation of the wettest month, precipitation of the driest month, precipitation seasonality, precipitation of the wettest quarter, precipitation of the driest quarter, precipitation of the warmest quarter, precipitation of the coldest quarter, elevation, slope, aspect and vegetation. The suitable habitats of *I. persulcatus* were predicted in China using the maximum entropy model and ArcGIS 10.7 software with the environmental factors. **Results** Currently, the highly suitable habitats of *I. persulcatus* covered an area of 886 600 km² in China, which were predominantly located in northeastern China. The environmental factors that contributed more than 10% to the distribution of the suitable habitats of *I. persulcatus* in China included annual temperature variation range (39.1%), the coldest quarterly precipitation (23.2%), and the annual mean precipitation (11.9%). Based on the maximum entropy model, the suitable habitats of *I. persulcatus* were predicted to show a shrinking tendency towards northeastern China in 2070. **Conclusions** The suitable habitat of *I. persulcatus* strongly correlates with temperature and precipitation, and climate and environmental changes may lead to shrinking of the future suitable habitat of *I. persulcatus* in China.

[Keywords] *Ixodes persulcatus*; Maximum entropy model; Suitable habitat; China

[基金项目] 国家自然科学基金(81902095); 山东省自然科学基金(ZR2019MH093); 科技基础资源调查专项(2017FY101203); 卫生部寄生虫病原与媒介生物学重点实验室开放研究课题(WSBKFKT-201804); 山东省高等学校青创人才引育计划(2019-6-156); 上海市第五轮公共卫生体系建设三年行动计划重点学科项目(GWV-10.1-KK13)

[作者单位] 1 潍坊医学院公共卫生学院(潍坊 261053); 2 胜利油田中心医院; 3 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所

[作者简介] 马奔, 男, 硕士研究生。研究方向: 流行病与卫生统计学

* 通信作者 E-mail: dzhwangqiang@163.com, ORCID: 0000-0001-7336-3329;

E-mail: orchid8@sina.com, ORCID: 0000-0003-3156-5234

[数字出版日期] 2021-03-30 16:37

[数字出版网址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1374.R.20210329.1416.002.html>

硬蜱是一类分布广泛的专性吸血性体外寄生虫,可传播细菌、病毒、寄生虫等多种病原体,对人畜健康造成严重危害,是仅次于蚊的威胁人类健康的第二大病媒^[1]。近年来,我国报道的人感染蜱传疾病的种类和病例数不断增多,蜱传疾病已成为影响我国居民健康的重要公共卫生问题之一^[2]。

全沟硬蜱(*Ixodes persulcatus*)广泛分布于欧洲和亚洲,可传播莱姆病^[3]、斑点热^[4]、森林脑炎^[5]、巴贝虫病^[6]、发热伴血小板减少综合征^[7]等多种人兽共患病。在我国,全沟硬蜱主要分布在东北地区^[8-11],是当地优势蜱种;此外,新疆维吾尔自治区^[12]、甘肃省^[13]、河北省^[14]等地也有分布记录。但由于缺乏全国性蜱媒监测系统,我国当前全沟硬蜱适生区尚不完全清楚。

MaxEnt软件可利用某物种已知分布区域信息,结合地理信息和环境因子建立分布模型,预测该物种潜在适生区域^[15-16]。本研究利用最大熵模型,结合地理分布信息、环境因子对我国全沟硬蜱潜在适生区进行预测,以期在全沟硬蜱及相关蜱传疾病的监测和预防控制提供参考。

材料与方法

1 全沟硬蜱地理分布数据的获取

以“全沟硬蜱”为检索词在中国知网、万方和维普数据库等中文文献数据库检索,并以“(*Ixodes persulcatus* OR *I. persulcatus*) AND China”为检索词在PubMed数据库进行检索。从检索到的文献中筛选出全沟硬蜱野外调查相关文献,在选中的文献中提取全沟硬蜱采集地点名称和(或)经纬度信息。若文献中未包含经纬度信息的分布点,根据文献标注地名使用Google Earth(<http://ditu.google.cn/>)确定经纬度。删除重复数据,将剩余分布点通过ArcGIS 10.7软件设置10 km缓冲区。使每个网格单元(10 km × 10 km)内仅出现1个分布点,以在不过度减少分布点的情况下尽量降低拟合度。将得到的经纬度信息构建数据库,保存为“物种名+经度+纬度.csv”格式,备用构建最大熵模型。

2 环境因子的选取

环境因子包括生物气候变量和地理数据。从全球气候数据网站(www.worldclim.org)下载空间分辨率为5 min(10 km)的19种生物气候变量,包括当前气候变量和未来气候变量(2070年)。为避免环境变量间的多重共线性导致模型过度拟合,需要对环境因子进行筛选^[15]。运用SPSS 22.0对气候变量建立Pearson

分布矩阵,将相关系数 r 绝对值>0.9的两变量定义为高度相关,去除其中生物学意义较小的变量,将剩余变量通过ArcGIS 10.7软件中Spatial Analyst Tools根据掩膜提取中国区域气候变量。从资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>)下载中国1:100万植被类型空间分布数据;地理数据包括坡度、坡向和海拔,从地理空间数据云(www.gscloud.cn)网站下载中国海拔数据,并使用ArcGIS 10.7软件中Spatial Analyst Tool的Surface Analyst工具计算坡度和坡向变量。

3 最大熵模型构建

将全沟硬蜱分布数据和环境因子共同导入MaxEnt软件,选取30%的分布点作为测试集、70%的分布点为训练集。选择环境参数设置中的刀切法(Jackknife)进行各生态因子权重评价,建立环境因子与分布概率的单变量响应曲线,以确定环境变量的适宜取值范围,设置系统收敛阈限 10^{-5} 和最大迭代次数500,交叉验证(cross validate)重复运算10次^[16]。使用MaxEnt软件中的受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)对模型预测结果的准确性进行验证,以ROC曲线下面积(AUC值)作为模型预测准确度的衡量指标。评估标准为: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为较好,0.9 ~ 1.0为极好^[17]。AUC值越接近1,说明模型预测的结果越准确,环境因子与物种分布之间的相关性越大^[18]。Maxent软件输出结果为ASCII,利用ArcGIS 10.7软件转化成栅格(raster)形式显示,选择Spatial Analyst Tools工具重分类中“自然间断点分级法(Jenks)”对全沟硬蜱适生区等级进行划分。

4 全沟硬蜱未来适生区预测模型构建

未来气候数据使用政府间气候变化专门委员会第5次评估报告(IPPC Fifth Assessment Report, AR 5)发布的全球气候模型(GCMs)对代表性浓度途径(RCP)的预测。RCP采用4种温室气体浓度(非排放)轨迹(RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 6.0、RCP 8.5),用于气候建模和研究以预测可能的未来气候^[19]。CCSM 4是目前模拟中国气候对温室气体浓度增加反应效果最好的模型^[20]。选取2070年RCP 4.5下的CCSM 4气候变化建模数据。将2070年气候数据结合地理信息作为未来环境因子,与当前环境因子、全沟硬蜱分布信息共同导入MaxEnt软件,对未来环境下全沟硬蜱适生区进行预测。数据导入时应注意当前和未来环境因子一一对应。将模型输出结果导出,运用ArcGIS 10.7软件对模拟后的适生区分布格局进行可视化表达,并

利用SDM工具计算当前和未来适生区面积,以得到适生区分布变化情况。

结 果

1 全沟硬蜱地理分布

共检索到801篇文献,其中中文文献601篇、英文文献200篇。去除重复文献、仅报告实验室发现、形态学鉴定、蜱类型识别、病理报告文献以及不包括任何地理信息或地理信息不明确的文献,最终纳入中文

文献145篇、英文文献30篇。175篇文献共获得全沟硬蜱分布点636个,其中明确经纬度信息分布点62个,其余分布点位置信息利用Google map获取。对分布点设置10 km缓冲区,每个网格单元内仅出现1个分布点,最终获得253个全沟硬蜱分布经纬度信息。通过对19种生物气候变量进行筛选,选取年均温、月均温范围、等温性等10个气候变量,结合海拔、坡向、坡度、植被共同作为环境因子用于最大熵模型构建。环境因子含义及选取情况见表1。

表1 环境因子含义及选取
Table 1 Definitions and selection of environmental factors

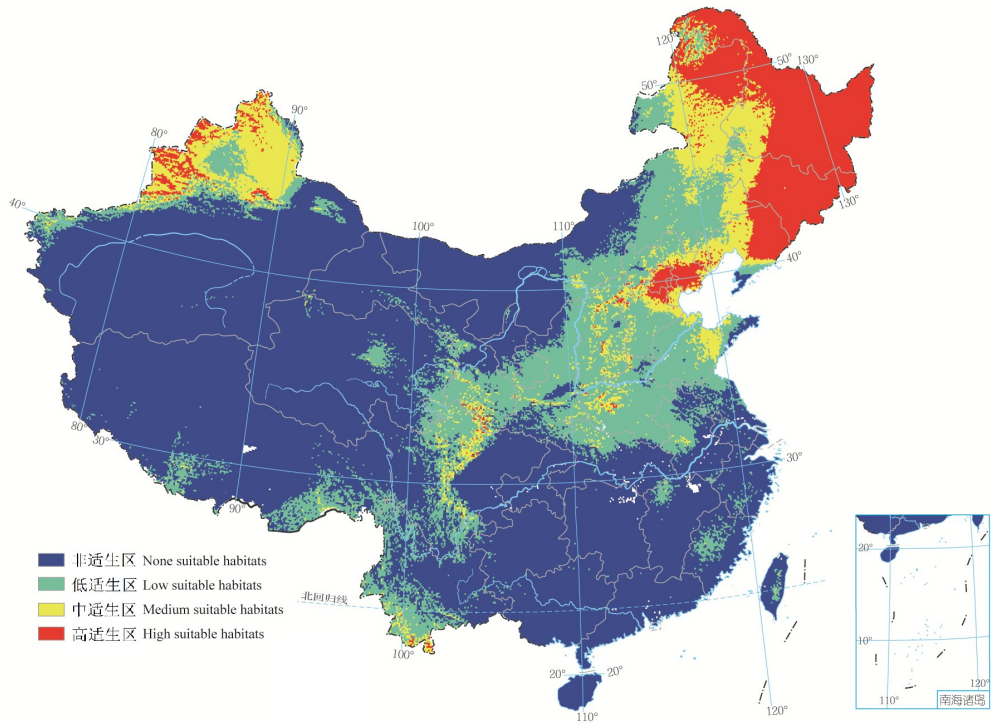
变量 Variable	含义 Meaning	是否纳入分析 Inclusion in analysis
bio_1	年均温 Mean annual temperature	是 Yes
bio_2	月均温范围 Mean monthly temperature range	是 Yes
bio_3	等温性 Isothermality	是 Yes
bio_4	温度季节性标准差 Temperature seasonality	否 No
bio_5	最暖月最高温 Maximum temperature of the warmest month	否 No
bio_6	最冷月最低温 Minimum temperature of the coldest month	否 No
bio_7	年均温变化范围 Temperature annual range	是 Yes
bio_8	最湿季度平均温度 Mean temperature of the wettest quarter	否 No
bio_9	最干季度平均温度 Mean temperature of the driest quarter	否 No
bio_10	最暖季度平均温度 Mean temperature of the warmest quarter	是 Yes
bio_11	最冷季度平均温度 Mean temperature of the coldest quarter	是 Yes
bio_12	年平均降水量 Annual mean precipitation	是 Yes
bio_13	最湿月降水量 Precipitation of the wettest month	否 No
bio_14	最干月降水量 Precipitation of the driest month	否 No
bio_15	降水的季节性 Precipitation seasonality	是 Yes
bio_16	最湿季度降水量 Precipitation of the wettest quarter	否 No
bio_17	最干季度降水量 Precipitation of the driest quarter	否 No

续表

变量 Variable	含义 Meaning	是否纳入分析 Inclusion in analysis
bio_18	最暖季度降水量 Precipitation of the warmest quarter	是 Yes
bio_19	最冷季度降水量 Precipitation of the coldest quarter	是 Yes
Elev	海拔 Elevation	是 Yes
Slop	坡度 Slope	是 Yes
Aspe	坡向 Aspect	是 Yes
Veg	植被 Vegetation	是 Yes

运用 MaxEnt 软件得到中国地区全沟硬蜱适生区分布情况,将适生区划分为4个等级:高适生区(0.52~0.93)、中适生区(0.29~0.52)、低适生区(0.11~0.29)、非适生区(0~0.11)。预测结果表明,我国全沟硬蜱高适生区面积88.66万 km²,主要位于黑龙江省、吉林省、辽宁省东北部、内蒙古自治区古大兴安岭林区、新疆维吾尔自治区西北部以及北京市、天津市;中适生区面积106.55万 km²,主要位于黑龙江省西南部、吉

林省西部、辽宁省中部和西部、内蒙古自治区东北部、新疆维吾尔自治区北部、山东省北部、河北省、山西省、河南省、云南省以及四川省部分地区;低适生区面积187.36万 km²,主要位于河南省、山西省、河北省、山东省、陕西省、内蒙古自治区中部、湖北省西北部、甘肃省南部、四川省北部、新疆维吾尔自治区北部以及西藏自治区、青海省、台湾省部分地区(图1)。



注:审图号:GS(2021)746号。
Note: Map content approval number: GS (2021) 746.

图1 中国目前全沟硬蜱适生分布区预测
Fig. 1 Prediction of current suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China

2 精度预测

结果显示,训练集和测试集重复10次平均AUC值为0.871,表明最大熵模型预测全沟硬蜱在中国适生区分布具有很高的可信度(图2)。

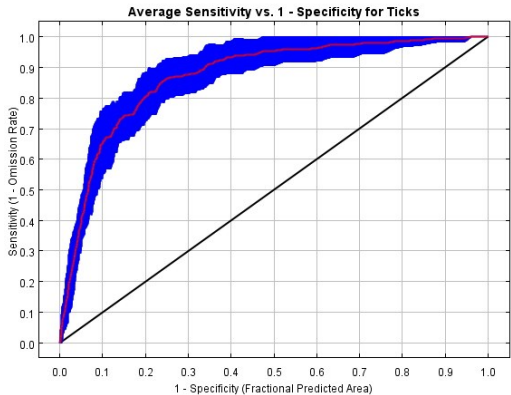


图2 全沟硬蜱潜在分布预测ROC曲线

Fig. 2 ROC curve for the prediction of the potential distribution of *Ixodes persulcatus*

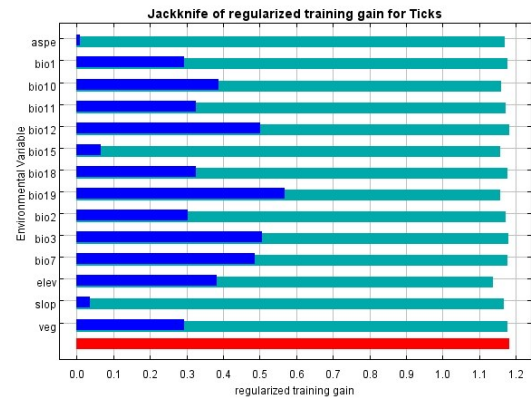
3 环境因子分析

使用刀切法(jackknife)分析各环境因子对全沟硬蜱适生区分布的影响(图3)。结果发现,使用单环境因子建模时,最冷季度降水量、等温性、年平均降水量、年温度变化范围等4个环境因子对全沟硬蜱潜在适生区预测模型的影响较大。其中除去最冷季度降水量时,模型预测结果增益降低最为明显,对适生区分布预测影响最大。

14个环境因子对我国全沟硬蜱适生区分布的贡献率见表2。贡献率居前7位的环境因子包括年温度变化范围(39.1%)、最冷季度降水量(23.2%)、年平均降水量(11.9%)、最冷季度平均温度(5.9%)、等温性(4.0%)、海拔(3.4%)、月均温范围(2.9%),累积贡献率为90.4%;其中年均温变化范围、最冷季度降水量、年平均降水量贡献率超过10%。

通过绘制主要环境因子与分布概率单变量响应曲线以确定各变量高适生区取值范围(图4):①当年温度变化为49.44℃时,分布概率达0.52;当年温度变化为61.28~65.9℃时,最适宜全沟硬蜱生长。②当最冷季度降雨量为0~19.72 mm时,分布概率随降雨量增加而增大;当降雨量为13.63~31.9 mm时,分布概率>0.52;当降雨量为19.72 mm时,分布概率最大,此后分布概率随降雨量增加而降低。③当年平均降雨量为0~636.02 mm时,分布概率随降雨量增加而增大;当降雨量为483.69~816.92 mm时,分布概率>0.52;当降雨量为636.02 mm时,分布概率最大(0.67),此后分布

概率随降雨量增加而降低。



注:bio1 年均温;bio2 月均温范围;bio3 等温性;bio7 年均温变化范围;bio10 最暖季度平均温度;bio11 最冷季度平均温度;bio12 年平均降水量;bio15 降水的季节性;bio18 最暖季度降水量;bio19 最冷季度降水量;elev 海拔;slop 坡度;aspe 坡向;veg 植被。

Note: bio1 Mean annual temperature; bio2 Mean monthly temperature range; bio3 Isothermality; bio7 Temperature annual range; bio10 Mean temperature of the wettest quarter; bio11 Mean temperature of the coldest quarter; bio12 Annual mean precipitation; bio15 Precipitation seasonality; bio18 Precipitation of the warmest quarter; bio19 Precipitation of the coldest quarter; elev Elevation; slop Slope; aspe Aspect; veg Vegetation.

图3 刀切法分析环境因子对我国全沟硬蜱适生区分布的重要程度

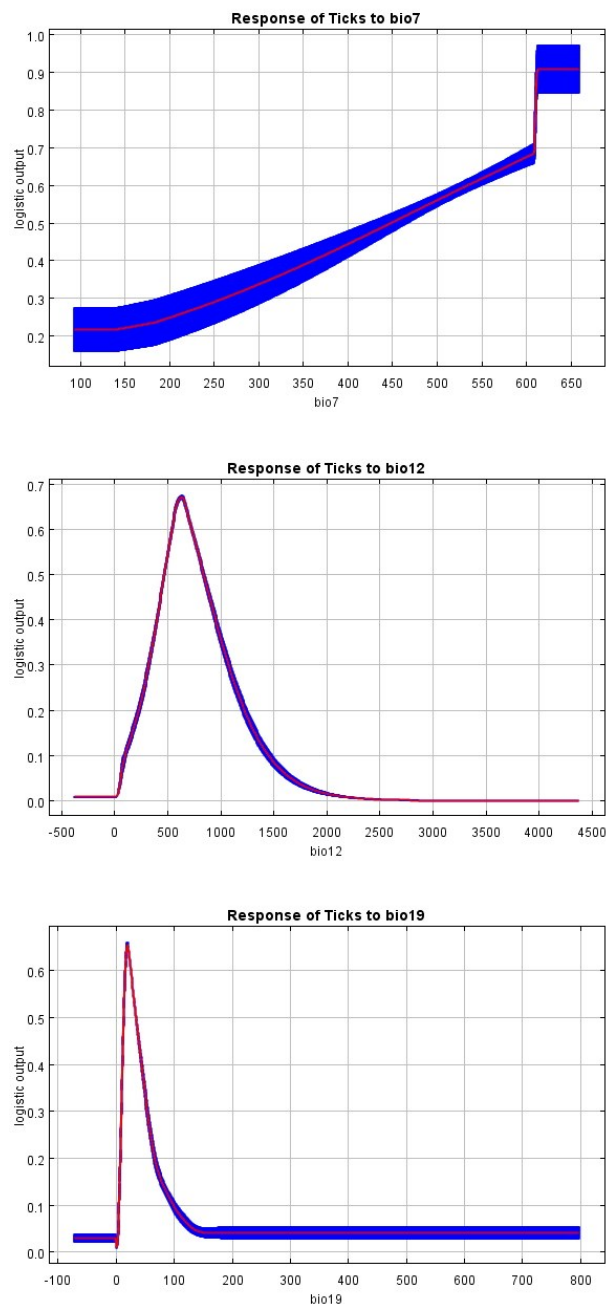
Fig. 3 Importance of environmental variables to predict the distribution of the suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China based on the jackknife test

表2 环境因子对我国全沟硬蜱适生区分布的贡献率
Table 2 Contribution rate of environmental variables to the distribution of the suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China

因子 Factor	贡献率(%) Contribution rate (%)	因子 Factor	贡献率(%) Contribution rate (%)
bio_7	39.1	bio_10	2.2
bio_19	23.2	slop	2.0
bio_12	11.9	bio_15	1.9
bio_11	5.9	bio_1	1.1
bio_3	4.0	aspe	0.9
evel	3.4	veg	0.8
bio_2	2.9	bio_18	0.6

注:bio1 年均温;bio2 月均温范围;bio3 等温性;bio7 年均温变化范围;bio10 最暖季度平均温度;bio11 最冷季度平均温度;bio12 年平均降水量;bio15 降水的季节性;bio18 最暖季度降水量;bio19 最冷季度降水量;elev 海拔;slop 坡度;aspe 坡向;veg 植被。

Note: bio1 Mean annual temperature; bio2 Mean monthly temperature range; bio3 Isothermality; bio7 Temperature annual range; bio10 Mean temperature of the wettest quarter; bio11 Mean temperature of the coldest quarter; bio12 Annual mean precipitation; bio15 Precipitation seasonality; bio18 Precipitation of the warmest quarter; bio19 Precipitation of the coldest quarter; elev Elevation; slop Slope; aspe Aspect; veg Vegetation.



注: bio7 年均温变化范围; bio12 年平均降水量; bio19 最冷季度降水量。

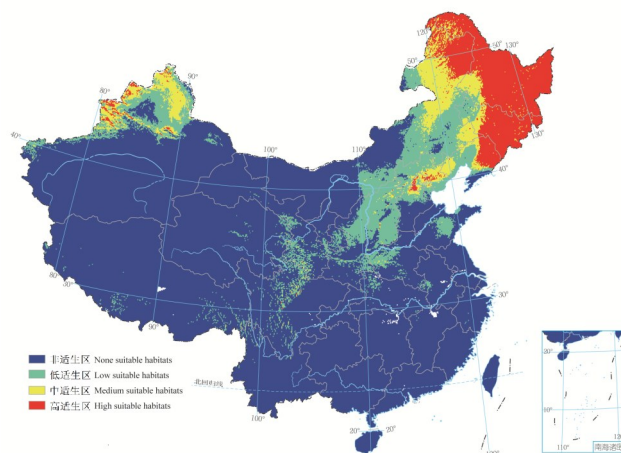
Note: bio7 Temperature annual range; bio12 Annual mean precipitation; bio19 Precipitation of the coldest quarter.

图4 主导环境因子响应曲线

Fig. 4 Response curve of dominant environmental factors

5 全沟硬蜱未来适生区预测

利用最大熵模型预测 2070 年气候条件下我国全沟硬蜱潜在适生区分布(图 5)。2070 年,我国全沟硬蜱高适生区面积为 81.45 万 km^2 ,较当前(88.66 万 km^2)缩小 8.13%;中适生区面积为 69.50 万 km^2 ,较当前(106.55 万 km^2)缩小 34.77%。



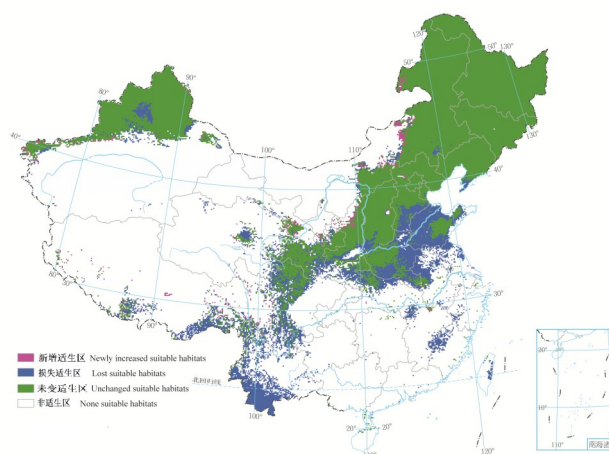
注:审图号:GS(2021)746号。

Note: Map content approval number: GS (2021) 746.

图5 2070年我国全沟硬蜱适生区分布预测

Fig. 5 Prediction of suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China in 2070

利用 ArcGIS 10.7 软件绘制当前和 RCP 4.5 气候情景下 2070 年我国全沟硬蜱适生区分布(图 6)。结果表明,气候改变使全沟硬蜱适生区分布范围发生变化(表 3),适生区面积缩小 81.18 万 km^2 ,呈向东北方向缩小趋势。损失适生区主要位于河南省南部、山东省西部、安徽省东部、四川省南部以及新疆维吾尔自治区、西藏自治区、福建省、台湾省等部分地区;而新增适生区较少,分布在内蒙古自治区。



注:审图号:GS(2021)746号。

Note: Map content approval number: GS (2021) 746.

图6 当前和2070年我国全沟硬蜱适生区分布变化

Fig. 6 Changes between the current and the predicted 2070 suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in China

表3 2070年全沟硬蜱适生区面积
Table 3 Area of suitable habitats of *Ixodes persulcatus* in 2070

分布区 Distribution area	栅格数 No. raster	面积(万 km ²) Area (× 10 ⁴ km ²)
未变 Unchanged	41 890	293.96
新增 Newly increased	1 063	7.46
损失 Lost	12 632	88.64
非适生区 Not suitable	81 702	573.34

讨 论

本研究利用最大熵模型对全沟硬蜱在我国适生区分布进行预测。结果表明,我国全沟硬蜱适生区主要集中在东北、华北以及西北地区,北纬40°~50°,主要植被类型为针阔叶混交林区。

我国北方气候类型为温带季风气候,夏季高温多雨、冬季寒冷干燥,年均温差大,适宜的气候环境为全沟硬蜱分布提供了优良条件。在选取影响全沟硬蜱适生区分布的14个环境因子中,对适生区分布贡献率超过10%的环境因子有年温度变化范围(39.1%)、最冷季度降水量(23.2%)、年平均降水量(11.9%)。当年温度变化超过49.44℃时,达到高适生区标准;以佳木斯市为例,冬季长且寒冷,最冷月平均温度可低至-22.20℃、最热月平均温度可达28.48℃,年温度变化范围大,适宜全沟硬蜱分布^[21]。降雨是影响全沟硬蜱生存繁殖的另一重要因素。根据本研究预测,最冷季度降雨量13.63~31.90 mm、年平均降雨量483.69~816.92 mm时最适宜全沟硬蜱分布。我国北方地区年降雨量基本在400~800 mm,大部分地区冬季降雨量在50 mm以下,基本达到全沟硬蜱高适生区标准^[22]。

环境改变会直接影响未来全沟硬蜱适生区分布。赵彦茜等^[23]基于CMIP 5气候模式预测未来我国温度会逐渐上升,且冬季温度上升更快,年温差将减小,很可能是未来全沟硬蜱适生区面积缩小的原因。且有研究预测,21世纪末我国大雨和暴雨分别以6.0%/1℃和27.3%/1℃的趋势增加,年降水量以1.6%/1℃的速度增加^[24],降水量增加也会影响全沟硬蜱分布。有研究表明,当平均温度为16.3℃时,全沟硬蜱最为活跃;当温度超过20.8℃,全沟硬蜱活性降低;而温度过低会使幼蜱、若蜱发育停滞,成活率差异有统计学意义^[25-26]。我国极端气候事件发生的频次和强度均日益增高,过高或过低温度都会对全沟硬蜱生存产生负面影响,导致未来适生区分布范围缩小^[27]。

本研究不足之处在于仅考虑了环境因子变化的情

况下全沟硬蜱适生区分布变化,没有考虑到社会因素;未来环境存在一定的不确定性,亦会对预测结果产生一定影响。此外,最大熵模型仅利用全沟硬蜱已知分布点进行适生区预测,分析时无法利用非孳生点信息。

【参考文献】

- [1] Fang LQ, Liu K, Li XL, et al. Emerging tick-borne infections in mainland China: an increasing public health threat [J]. Lancet Infect Dis, 2015, 15(12): 1467-1479.
- [2] 周明浩, 陈红娜. 我国新发蜱媒病原体研究概述[J]. 中华卫生杀虫药械, 2019, 25(3): 193-198.
- [3] 黄海楠, 丁壮, 何静, 等. 吉林林区动物莱姆病螺旋体感染的调查研究[J]. 中国人兽共患病学报, 2006, 22(8): 785-788.
- [4] 王卓, 王建伟, 于淼, 等. 东北地区蜱传斑点热群立克次体的分子流行病学研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2018, 29(4): 344-347.
- [5] 石宏武. 蜱与森林脑炎研究进展[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(13): 138-140.
- [6] 黄涛华, 高子厚, 杜春红. 巴贝虫病宿主动物和媒介流行病学研究进展[J]. 中国热带医学, 2015, 15(9): 1151-1154.
- [7] 李基旭, Seok-Min Y, Seong-Yoon K, 等. 吉林省延边地区蜱类分布及其携带发热伴血小板减少综合征病毒调查[J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2017, 24(2): 132-140.
- [8] 潘玉平, 杨吉飞, 牛庆丽, 等. 黑龙江省全沟硬蜱携带伯氏疏螺旋体广义种和斑点热群立克次体的研究[J]. 中国兽医科学, 2017, 47(1): 31-37.
- [9] 李鸣, 金春梅, 李红旺, 等. 延边某地长角血蜱和全沟硬蜱体内东方泰勒虫的分子生物学检测[J]. 中国兽医杂志, 2016, 52(8): 90-92.
- [10] 王振, 刘孝刚, 罗义, 等. 辽西地区蜱斑点热立克次体的携带情况[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(3): 143-144.
- [11] 李思思, 张晓雨, 张艳凯, 等. 内蒙古地区全沟硬蜱细菌群落结构及多样性分析[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2019, 30(6): 607-612.
- [12] 寇春, 段晓梅, 张渝疆, 等. 新疆地区虫媒病毒调查研究状况[J]. 中国人兽共患病学报, 2016, 32(3): 301-305, 311.
- [13] 顾锐, 石淑珍. 陇南地区莱姆病的媒介蜱类调查与防控[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(4): 337-338.
- [14] 杜变英, 陈晓宁, 孙毅, 等. 承德林区莱姆病主要生物媒介的调查研究[J]. 中国人兽共患病杂志, 2005, 21(6): 534-536.
- [15] 张立娟, 李艳红, 任涵, 等. 气候变化背景下青冈分布变化及其

- 对中国亚热带北界的指示意义[J]. 地理研究, 2020, 39(4): 990-1001.
- [16] 叶永昌, 周广胜, 殷晓洁. 1961—2010年内蒙古草原植被分布和生产力变化——基于MaxEnt模型和综合模型的模拟分析[J]. 生态学报, 2016, 36(15): 4718-4728.
- [17] 吴庆明, 王磊, 朱瑞萍, 等. 基于MAXENT模型的丹顶鹤营巢生境适宜性分析——以扎龙保护区为例[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3758-3764.
- [18] Hanley JA, Mcneil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve [J]. Radiology, 1982, 143(1): 29-36.
- [19] Zhang K, Yao L, Meng J, et al. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change[J]. Sci Total Environ, 2018, 634: 1326-1334.
- [20] 田芝平, 姜大膀. 不同分辨率CCSM4对东亚和中国气候模拟能力分析[J]. 大气科学, 2013, 37(1): 171-186.
- [21] 赵彩彩. 2016年佳木斯市气温变化特征分析[J]. 科技风, 2019(13): 124.
- [22] 张国宏, 李智才, 宋燕, 等. 中国降水量变化的空间分布特征与东亚夏季风[J]. 干旱区地理, 2011, 34(1): 34-42.
- [23] 赵彦茜, 肖登攀, 柏会子. CMIP5气候模式对中国未来气候变化的预估和应用[J]. 气象科技, 2019, 47(4): 608-621.
- [24] 陈活泼. CMIP5模式对21世纪末中国极端降水事件变化的预估[J]. 科学通报, 2013, 58(8): 743-752.
- [25] Alekseev A, Dubinina HV. Abiotic parameters and diel and seasonal activity of *Borrelia*-infected and uninfected *Ixodes persulcatus* (Acarina: Ixodidae)[J]. J Med Entomol, 2000, 37(1): 9-15.
- [26] 许士奇. 全沟硬蜱种群生态及蜱传病原体研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2015.
- [27] 蔡文香. 中国极端气候事件的趋势特征与极值分布[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2016.

【收稿日期】 2020-08-10 【编辑】 朱宏儒

(上接第126页)

- 国血吸虫病防治杂志, 2017, 29(3): 273-280.
- [4] 李华忠. 全国血吸虫病监测方案(2014年版)解析[J]. 热带病与寄生虫学, 2015, 13(1): 1-3.
- [5] 吕山, 许静, 曹淳力, 等. 我国血吸虫病防治70年历程与经验[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2019, 37(5): 514-519.
- [6] Zhang LJ, Dai SM, Xue JB, et al. The epidemiological status of schistosomiasis in P. R. China after the World Bank Loan Project, 2002—2017[J]. Acta Trop, 2019, 195: 135-141.
- [7] 卫生部疾病预防控制局, 中国疾病预防控制中心, 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所. 中国血吸虫病流行状况——2004年全国抽样调查[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2006: 1124.
- [8] 卫生部全国地方病防治办公室. 中国血吸虫病流行状况——1995年全国抽样调查[M]. 南京: 南京大学出版社, 1998: 711.
- [9] 中华人民共和国卫生部地方病防治司. 中国血吸虫病流行状况——1989年全国抽样调查[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993: 589.
- [10] 朱蓉, 党辉, 张利娟, 等. 2005~2008年全国血吸虫病疫情监测[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(5): 358-362.
- [11] 关周, 吕山, 李石柱, 等. 全国血吸虫病监测点流动人口血吸虫感染情况分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(2): 124-130.
- [12] 高扬, 孙乐平, 吴红辉, 等. 流动渔船民血吸虫病防治措施的研究Ⅱ 渔船民粪便管理为主的综合措施控制血吸虫病的效果[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(4): 262-266.
- [13] 高扬, 杨军, 孙乐平, 等. 流动渔船民血吸虫病防治措施的研究Ⅰ 渔船民集散地无害化公厕的建立[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2008, 20(2): 102-105, 封2.
- [14] 李华忠, 陈燕国, 张倩, 等. 湘北水上作业人员粪便管理及血吸虫感染调查[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(1): 19-22.
- [15] 王盛琳, 李银龙, 张利娟, 等. 长江经济带建设战略下血吸虫病防治工作思考[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2019, 31(5): 459-462, 473.
- [16] Li Z, Chen Q, Feng L, et al. Active case finding with case management: the key to tackling the COVID-19 pandemic [J]. Lancet, 2020, 396(1243): 63-70.
- [17] 胡合华, 张瑕, 张纯彬, 等. 日本血吸虫病治疗后血清抗体消长观察[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(1): 22-25.
- [18] 闻礼永, 朱明东, 严晓岚, 等. 1996—2005年浙江省血吸虫病巩固监测报告[J]. 中国人兽共患病学报, 2007, 23(6): 605-607.
- [19] 殷安华, 孙国祥, 程良保, 等. 消灭血吸虫病地区人群特异抗体水平的消长[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1997, 15(2): 66.
- [20] 沈美芬, 董毅, 吴明寿, 等. 2015—2017年云南省国家级血吸虫病监测点螺情监测结果分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2018, 30(5): 548-551.
- [21] 孙成松, 汪峰峰, 王玥, 等. 日本血吸虫抗体检测试剂盒(IHA法)现场筛查效果的评估[J]. 中国病原生物学杂志, 2013, 8(11): 982-985.
- [22] 王利磊, 王用斌, 魏冬冬. 我国常用IHA方法对日本血吸虫人体感染检测效能的综合评估[J]. 中国病原生物学杂志, 2017, 12(2): 155-159, 164.
- [23] 周杰, 官威, 危芙蓉, 等. 间接血凝试验在日本血吸虫病诊断中的价值研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2016, 28(4): 375-380.
- [24] 周晓农. 2015年全国人体重点寄生虫病现状调查报告[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 368.
- [25] 党辉, 李银龙, 吕山, 等. 《全国血吸虫病监测方案(2020年版)》释义[J]. 热带病与寄生虫学, 2020, 18(3): 133-137.
- [26] 汪伟, 杨坤. 再送“瘟神”: 消除血吸虫病适宜技术最新研究进展[J]. 预防医学情报杂志, 2019, 35(11): 1314-1320.
- [27] 周晓农. 科技引领创新 高质量推进江苏省消除血吸虫病进程[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2019, 31(6): 573-575.

【收稿日期】 2020-12-10 【编辑】 邓瑶