

文章编号:1001-7380(2019)04-0001-08

## 乌饭树的地理分布及潜在分布区分析

张 敏,陈庆生\*,黄 婧,周 鹏

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

**摘要:**利用 Bioclim 模型,结合 354 个乌饭树地理分布点以及 19 个气候因子,对乌饭树在我国的潜在分布区和适宜等级进行了预测。结果表明:潜在分布区的预测结果与实际分布点吻合较好,其适生区(适宜度 $\geq 5\%$ )主要为广西、广东、福建、浙江、江西东南部、湖南西部及贵州东部等地区;湖南、江西南部与广东、广西北部交界处的南岭地区及福建中部山地等地区为乌饭树的最适生区( $\geq 20\%$ )。ROC 曲线的 AUC 值为 0.819,表明预测结果很准确。极端低温、最干季降雨量、极端高温、温差是影响乌饭树分布的主要水热因子,最适宜区气候参数为:年平均温为 14.7—23℃,适宜越冬的年极端低温为-3.1—13.4℃,年降雨量为 948.8—1 988.4 mm,最干季降雨量为 54.6—201 mm,分布的最适宜海拔范围为 3—806 m 之间。气候变暖将使得乌饭树潜在最适分布区面积显著缩小,现有最适生境位置发生改变。

**关键词:**乌饭树;Bioclim 模型;潜在分布;资源调查;物种保护

中图分类号:Q152/157;S663.9

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2019.04.001

## Geographic distribution and potential distribution of *Vaccinium bracteatum*

Zhang Min, Chen Qingsheng\*, Huang Jing, Zhou Peng

(Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China)

**Abstract:** Based on Bioclim model, 354 occurrence records and 19 climatic variables were used to predict the potential distribution and habitat suitability of *Vaccinium bracteatum*. The results showed that the potential distribution of the species matched its actual distribution. The potential distribution (suitability index  $\geq 5\%$ ) mainly located in Guangxi, Guangdong, Fujian, Zhejiang, southeastern Jiangxi, western Hunan, and eastern Guizhou, with the highly potential distribution (suitability index  $\geq 20\%$ ) mainly in the Nanling mountains and the middle part of Fujian Province. Areas under the receiver operating characteristic curve (AUC values) of Bioclim model was 0.819. Environmental factors, such as minimum temperature, precipitation of the driest quarter, maximum temperature and temperature range, greatly influenced the distribution of *V. bracteatum*. Either condition as 14.7—23℃ mean annual temperature, -3.1—13.4℃ mean temperature of coldest quarter, 948.8—1 988.4 mm annual precipitation, 54.6—201 mm precipitation of the driest quarter, was suitable for *V. bracteatum*, which distributed in the low altitude mountain, from 3—806 m. In addition, the highly potential distribution of *V. bracteatum* would be shrinking and have been moving under future climate warming.

**Key words:** *Vaccinium bracteatum*; Bioclim; Potential distribution; Resource investigation; Species conservation

越桔属(*Vaccinium*)是越桔亚科(Vaccinioideae)中的属,常绿或落叶灌木,稀小乔木;总状花序,花小;花冠钟状或筒状,白色;多生长于酸性土壤<sup>[1]</sup>。在分类学上,越桔亚科属于杜鹃花科(Ericaceae),

收稿日期:2019-06-08;修回日期:2019-06-29

**基金项目:**江苏省林业科学研究院青年基金项目“LED 光质对乌饭树组培苗生长及叶片黄酮积累的调控研究”(JAF-2016-04);江苏省林业科学研究院青年基金项目“基于 SNP 分子标记技术的乌饭树种质遗传多样性研究”(JAF-2016-07);江苏省科技支撑(农业)计划项目“特色乌饭树优良品种选育”(BE2014417)

**作者简介:**张 敏(1980-),女,内蒙古人,研究员,博士。主要从事生物技术与林木花卉良种繁育工作。

\* **通信作者:**陈庆生(1963-),男,江苏溧阳人,研究员。主要从事园艺和林木良种推广方面的工作。

这一类群萼筒与子房合生,上位花,浆果,雄蕊出现特化,较杜鹃花科其他类群进化<sup>[2-3]</sup>。越桔属植物种类多,且多为可食用浆果资源。乌饭树(*V. bracteatum*)作为越桔属中在我国分布最广、蕴藏量最大的一个种<sup>[5]</sup>,江浙一带民间自古就有以乌饭树枝叶制作“乌饭”及入药的传统,其黄酮类物质含量极其丰富,是一种极具发展前景的食用、药用<sup>[6-7]</sup>和观赏型植物<sup>[8]</sup>。然而,国内丰富的野生乌饭树种质资源却没有得到足够的重视,其种群基本处于野生状态,人为破坏极为严重。各地地方植物志及文献资料虽对其分布均有所记载,但是对该种的分布规律和潜在分布区还缺乏研究。

物种的分布格局作为物种重要的空间特征,对研究物种的起源、散布及演化有着重要的意义,同时,还可指导物种资源调查、物种保护等工作<sup>[9]</sup>。目前,在物种潜在适生分布区预测研究方面,主要的生态位模型有气候包络模型(Climatic Envelope Models, CEMs)<sup>[7]</sup>、最大熵模型(Maximum entropy, MaxEnt)<sup>[10]</sup>和分类回归树模型(Classification And Regression Trees, CART)<sup>[11]</sup>等。Bioclim 是气候包络模型的一种,只考虑气候因素对物种分布的影响,根据物种所有已知分布点的气候数据来确定适合此物种生存的气候变量范围,再依据气候变化范围确定物种的适应区<sup>[12-14]</sup>。研究表明,Bioclim 模型算法简单,结果也较为直观,更易于操作<sup>[15]</sup>。通过 DIVA-GIS 软件(<http://www.diva-gis.org/>),利用 Bioclim 模型结合物种的分布信息,Sunil 等<sup>[16]</sup>对麻风树(*Jatropha curcas* L.)分布格局进行了研究;徐晓婷等<sup>[17]</sup>研究了孑遗植物白豆杉(*Pseudotsuga chienii*)的分布规律及保护策略。

本文基于已知的分布点信息,通过 DIVA-GIS 软件对乌饭树的分布规律和潜在分区进行研究,分析其现有分布格局形成的原因,确定影响其分布和最适宜生长的主导环境因子,并尝试估计未来气候条件下其可能的分布区和相应有效的保护策略,研究结果不仅有利于了解乌饭树资源的整体概况及不同地区的引种工作,还可为乌饭树野生资源保护策略的制定提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 数据收集

1.1.1 物种分布信息 查阅标本和文献以及结合野外调查确定乌饭树现已知的分布点。通过中国

数字植物标本馆(CVH;<http://www.cvh.org.cn/>)提取来自广西植物研究所标本馆、广西中医药研究所标本室、西北植物研究所标本馆、武汉植物园标本馆、庐山植物园标本馆、中国科学院植物研究所标本馆、昆明植物所标本馆、华南植物园标本馆、西双版纳热带植物园标本馆等 9 所标本馆的 1 202 份乌饭树标本信息;通过国家标本资源共享平台(NSII;<http://www.nsii.org.cn/>)提取了湖南师范大学、华东师范大学、南京大学、河南农业大学、复旦大学、中山大学、浙江大学、四川大学、福建师范大学、武汉大学、中山大学等标本馆的 2 505 份乌饭树标本信息。同时,查阅《中国植物志》<sup>[1]</sup>、《浙江植物志》<sup>[18]</sup>、《安徽植物志》<sup>[19]</sup>、《福建植物志》<sup>[20]</sup>、《贵州植物志》<sup>[21]</sup>、《河南植物志》<sup>[22]</sup>、《海南植物志》<sup>[23]</sup>等地方植物志以及乌饭树相关的研究文献确定乌饭树的分布点。分布地点的经纬度通过中国数字植物标本馆的新旧地名数据库查询系统([http://www.cvh.org.cn/dc/w\\_include/sys\\_caiji\\_duizhao.php](http://www.cvh.org.cn/dc/w_include/sys_caiji_duizhao.php))结合 Google Earth 卫星图确定。考虑到气候数据的精度,每 2.5' 网格中只取 1 条记录作为有效分布点,同时也可以消除潜在分布区估计中群集效应可能产生的偏差。在分布区估计中,群落信息来自标本记录信息及实地调查。

1.1.2 气候数据 气候数据来源于世界气候数据库([Http://www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/)),该数据库对 1950—2000 年来自世界各地气象站的气候信息采用插值法生成全球气候数据,空间分辨率可达到 30"(1 km<sup>2</sup>),气候数据的分辨率为 2.5'。采用在二氧化碳浓度倍增情况下模拟的 2100 年气候数据<sup>[24]</sup>估计气温升高对乌饭树分布的影响,精度为 2.5'。利用“Data-Extract values by points”提取分布点的 19 个对物种分布有重要影响的生物气候变量(见表 1),通过 SPSS 13.0 对获取的 19 个气候因子进行主成分分析,确定主导因子。

### 1.2 地理分布分析

1.2.1 地理分布图 以海拔图和中国行政区划图层作为底图,将收集到的乌饭树分布信息导入到 DIVA-GIS 软件中,生成乌饭树地理分布图。每个分布点至少有 1 份标本采集或在文献中有过确切记载。

1.2.2 多度图 以分布地点为参数,并以 1 个地点代表 1 个乌饭树群落,在 DIVA-GIS 软件,以标本编号为参数,利用“Analysis-Points to Grids-Richness”

统计分布区内每个 1°×1°大网格中的标本频数,绘制乌饭树多度分布图。

表 1  气候变量

变量	变量描述
Bio1	年均温
Bio2	平均日温差
Bio3	平均年温度变化范围
Bio4	极端最高温
Bio5	极端最低温
Bio6	等温性
Bio7	温度季节性变化
Bio8	最湿季平均温度
Bio9	最干季平均温度
Bio10	最热季平均温度
Bio11	最冷季平均温度
Bio12	年降雨量
Bio13	最湿月降雨量
Bio14	最干月降雨量
Bio15	降雨量的季节性变化
Bio16	最干季降雨量
Bio17	最湿季降雨量
Bio18	最热季降雨量
Bio19	最冷季降雨量

1.3  模拟物种分布区

选用 DIVA-GIS 中整合的 Bioclim 模型,结合筛选的 354 个有效分布点(分辨率为 2.5'),对乌饭树现代和未来潜在分布区进行预测,适生性分为低适生(适宜度 0—2.5%)、中度适生(2.5%—5%)、高度适生(5%—10%)、极适生(10%—20%)和最适生(20%—36.6%),并参照张兴旺等<sup>[25]</sup>的方法通过 DIVA-GIS 软件绘制未来与现代潜在分布区适宜度变化图。同时,使用受试者工作特征曲线(ROC 曲线)对模型预测效果进行评价,当 0.7<AUC≤0.8 时,表示预测结果较准确;0.8<AUC≤0.9 时,很准确;AUC>0.9 时,极准确。

2  结果与分析

2.1  地理分布

以海拔图层为底图绘制的乌饭树地理分布图(图 1)表明,乌饭树广布于长江以南低海拔山地,涵盖广东(75 个分布点)、广西(59 个分布点)、海南(14 个分布点)、香港(2 个分布点)、台湾(2 个分布点)、福建(28 个分布点)、江西(58 个分布点)、浙江(23 个分布点)、江苏(11 个分布点)、安徽(5 个分

布点)、湖南(34 个分布点)、湖北(15 个分布点)、河南(1 个分布点)、贵州(13 个分布点)、重庆(2 个分布点)、四川(4 个分布点)、云南(8 个分布点)等 17 个省市,经纬度范围为 99° 28'—122 ° 45' E, 18 ° 23'—32 ° 17'N。其分布北界为长江一线,南界为华南各省南端及海南、台湾等海岛,西缘为盆周山地与云贵高原西部,东缘为江浙闽东部沿海地带,最南可至海南澄迈,最北可至江苏丹徒,最东到达浙江嵊泗,最西到达云南孟连。标本记录(如图 1)显示,乌饭树分布的平均海拔为 377.57 m,最适宜的海拔范围为 3—806 m 之间,其中,采自台湾台中县青山的标本记录显示,乌饭树最高海拔可达 2 017 m。结合标本记录消息和野外群落调查,表明乌饭树分布地的植被类型为常绿灌木林、常绿阔叶林及常绿针阔叶混交林,生境多为山地林缘、疏林下或灌木丛中,少数分布点出现在海边台地(海南),见光,生长状态多为散生。

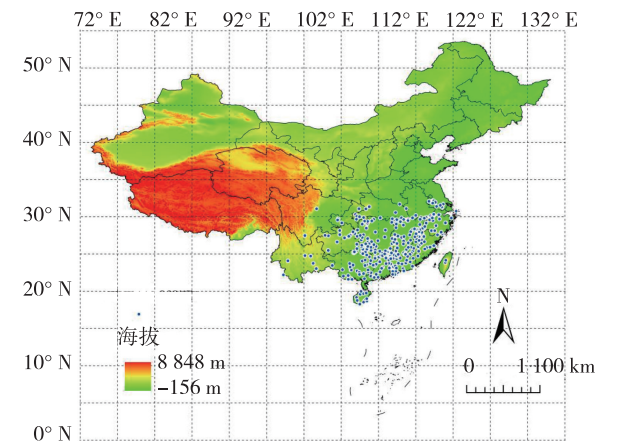


图 1  乌饭树地理分布

2.2  多度统计

假定乌饭树分布区内的每一个 2.5'×2.5'网格内为均一性采集,那么在由近 100 个 1°×1°网格组成的分布区中,如有数十个紧密连接的网格具有较高水平多度值,可将其认为是乌饭树多度分布中心。多度图(图 2)表明,多度较大值(≥4)区域大多分布于长江以南各省交界处的山脉附近,如浙皖交界处的天目山、鄂赣交界处的幕阜山、鄂湘交界处的武陵山、湘赣交界处的罗霄山等,其中,在湖南、江西南部与广东、广西北部交界处的南岭地区和江西、福建交界处的武夷山地区多度值极高,且连续性很强,其中多度值为 10—13 的网格 2 个,7—9 的网格 4 个,4—6 的网格 2 个。据此认为南岭-武



夷山脉为乌饭树的现代分布中心,该地区最适宜乌饭树的生长。

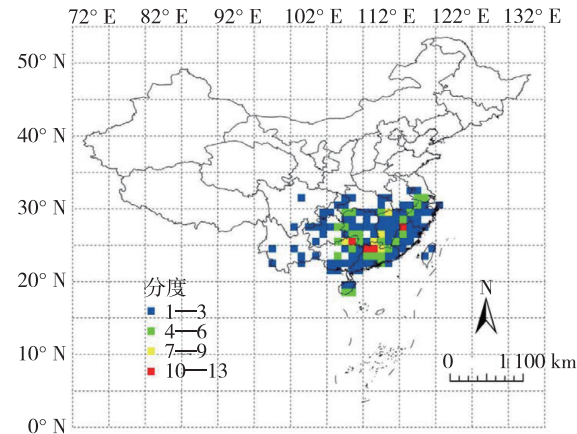


图 2 乌饭树多度分布

2.3 分布区的气候因子分析

利用 DIVA-GIS 软件提取当前气候数据,分析乌饭树地理分布的气候变量指标(见表 2)。从表 2 可以看出,乌饭树分布区的年均温为 18.38℃,年均温最低为 11.88℃(云南镇雄),年均温最高为 25.82℃(海南澄迈);年极端高温均值为 31.64℃,最小值为 19.5℃(台湾台中),最大值为 34.6℃(江西永丰和广东曲江);年极端低温平均值为 4.23℃,最小值为-3.1℃(湖北罗田),最大值为 17.5℃(海南澄迈);年降雨量均值为 1 562.62 mm,最小值为 484 mm(海南林高、澄迈),最大值为 2 988 mm(香港赤柱);最湿季降雨量平均值为 727.73 mm,最小值为 168 mm(海南林高、澄迈),最大值为 1 520 mm(广西大瑶山);最干季降雨量均值为 134.55 mm,最小值为 18 mm(四川德昌),最大值为 201 mm(江西武功山)。

表 2 乌饭树分布区的气候特征

气候变量	最小值	最大值	均值	标准差
年均温/℃	11.88	25.82	18.38	2.70
极端最高温/℃	19.5	34.6	31.64	2.03
极端最低温/℃	4.23	-3.1	4.23	4.01
年降雨量/mm	484	2 988	1 562.62	277.45
最湿季降雨量/mm	168	1 520	724.73	158.16
最干季降雨量/mm	18	201	134.55	38.52

从 DIVA-GIS 软件中导出乌饭树分布区气候变量的频率分布直方图(图 3),将累积频率 90%的连续高频率区间作为其适宜生长范围,得到以下结

果;乌饭树生长的年平均温为 14.7—23℃,适宜越冬的年极端低温为-3.1—13.4℃,年降雨量为 948.8—1 988.4 mm,适宜越过旱季的最干季降雨量为 54.6—201 mm(见图 4)。

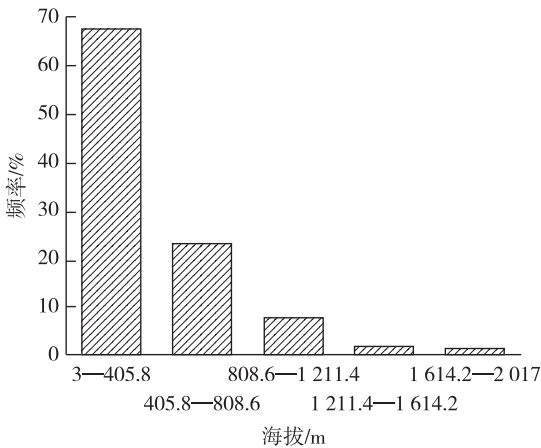


图 3 乌饭树分布区海拔的频率分布

2.4 气候限制因子分析

为了确定影响乌饭树地理分布的主导因子,利用落在环境变量包络内有效分布点的环境因子做主成分分析,确定各主成分特征值贡献率见表 3。可以看出,19 个气候变量前 4 个主成分的方差贡献率分别为 46.447%,21.419%,15.830%和 7.054%,累积达到 90.750%,基本上能够反映各因子的主要信息。

表 3 影响乌饭树分布的气候因子前 4 个主成分方差解释

主成分	特征值	贡献值/%	累计贡献率/%
1	8.825	46.447	46.447
2	4.070	21.419	67.866
3	3.008	15.830	83.696
4	1.340	7.054	90.750

表 4 列举了影响乌饭树地理分布的前 4 个主成分上的负荷量。从第 1 主成分特征向量来看,最冷季均温 Bio11、极端最低温 Bio 6、温度季节变化方差 Bio 4 和温度年较差 Bio 7 负荷值绝对值较高,其中,最冷季均温 Bio11 和极端最低温 Bio 6 表示生物的低温耐受程度,超过生物耐受限度,生物将无法生存,2 者与乌饭树的分布呈正相关,这说明乌饭树对低温胁迫较敏感。而温度季节变化方差 Bio 4 和温度年较差 Bio7 与乌饭树的分布呈负相关,这说明温度波动过大不利于乌饭树的分布。从第 2 主成分特征向量来看,年降雨量 Bio12、最冷季降雨量 Bio19、

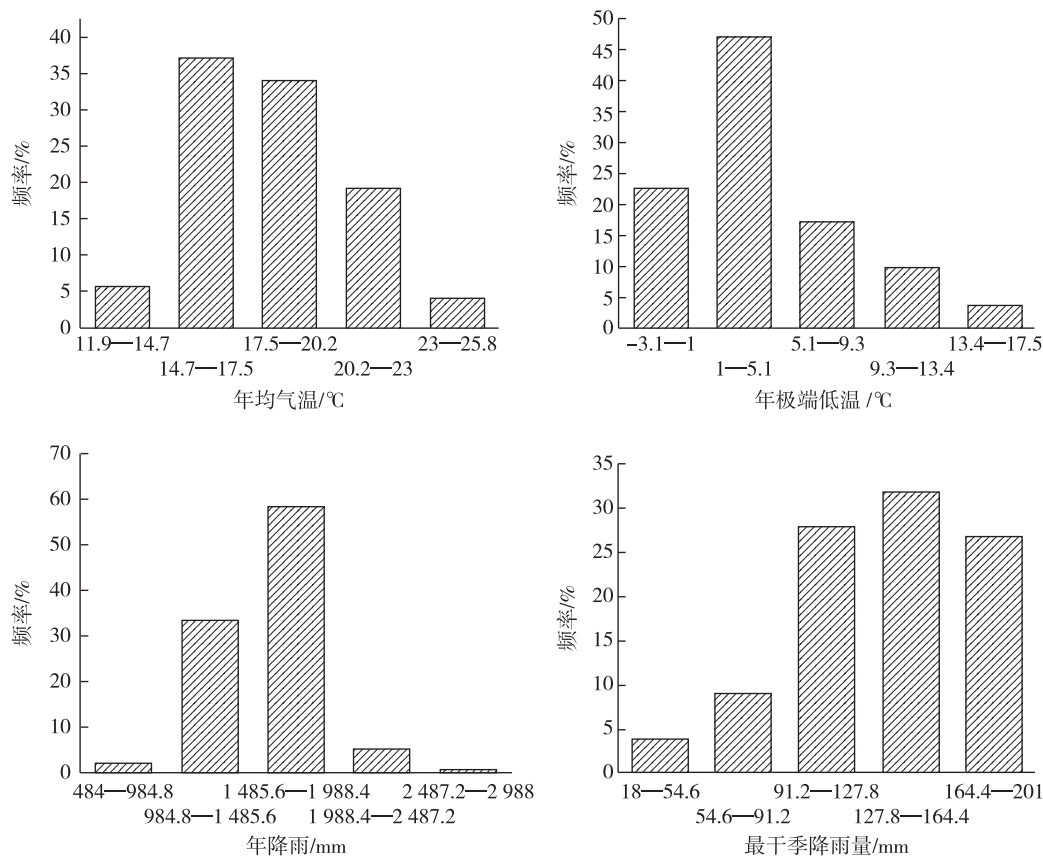


图 4  乌饭树分布区各气候变量的频率分布

最干月降雨量 Bio14 和最干季降雨量 Bio17 可反映植物耐旱能力,定义为耐旱因子,它们与乌饭树的地理分布均呈正相关,推测乌饭树耐旱能力较弱。从第 3 主成分特征向量来看,极端最高温 Bio 5 和最暖季均温 Bio10 负荷较大,与乌饭树大尺度的地理分布呈正相关,表明乌饭树具有一定的耐热能力。在第 4 主成分中平均日温差 Bio 2 负荷较大,且与乌饭树分布呈正相关,说明同等条件下,较大的昼夜温差有利于乌饭树的生长;由此可见,前 4 个主成分对乌饭树地理分布影响较大,其作用排序依次为耐寒因子和温度变化范围因子 $\geq$ 耐旱因子 $\geq$ 耐热因子 $\geq$ 日温差。

2.5 潜在分布区估计

图 5 为 Bioclim 模型结合近 50 a 来的气候数据所做的分布区预测图,采用受试者工作特征曲线 (ROC 曲线) 评价模型预测效果,AUC 值分别为 0.819,说明 Bioclim 模型模拟效果很准确,能较准确预测乌饭树的潜在地理分布。预测结果显示,乌饭树当代潜在分布区与实际分布区基本一致,其适生区( $\geq 5\%$ )主要为广西、广东、福建、浙江、江西东南

表 4  相对于各变量的主成分系数

气候变量	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
Bio1	0.858	0.125	0.479	0.048
Bio2	-0.126	-0.021	-0.004	0.959
Bio3	0.835	-0.172	-0.216	0.400
Bio4	-0.920	0.118	0.238	-0.061
Bio5	-0.004	0.259	0.928	0.147
Bio6	0.945	0.016	0.236	-0.088
Bio7	-0.916	0.112	0.225	0.157
Bio8	0.633	-0.115	0.475	-0.246
Bio9	0.860	0.171	0.303	0.064
Bio10	0.276	0.262	0.908	-0.017
Bio11	0.955	0.031	0.220	0.045
Bio12	0.365	0.852	-0.300	-0.076
Bio13	0.532	0.746	-0.304	0.056
Bio14	-0.580	0.749	0.097	0.004
Bio15	0.823	-0.129	-0.277	0.211
Bio16	0.561	0.731	-0.314	0.035
Bio17	-0.589	0.749	0.100	0.005
Bio18	0.619	0.447	-0.366	-0.235
Bio19	-0.441	0.815	0.069	0.151

部、湖南西部及贵州东部等地区。最适生区(20%—36%,红色区域)主要为湖南、江西南部与广东、广西北部交界处的南岭地区及福建中部山地。在潜在分布图上长江以南部分平原、丘陵地区形成明显空白,如洞庭湖平原、鄱阳湖平原和湘东南丘陵区,表明该区域适宜度较低(图 5-A)。

用 CO<sub>2</sub> 浓度倍增情况下模拟的 2100 年全球气候数据预测乌饭树未来潜在适生区变化, Bioclim 模

型预测结果表明,在未来大气变暖的影响下,乌饭树适生区(适宜度 $\geq 5\%$ )范围有向北迁移的趋势,南岭和武夷山地区、浙江南部、广西东北部适宜度下降,湖南西部、浙江北部适宜度明显上升(图 5-C),导致云贵高原东端的武陵山和雪峰山成为新的最适分布区(适宜度 $\geq 20\%$ )之一(图 5-B)。气候变暖使得乌饭树潜在最适分布区面积显著缩小,最适生境位置发生改变(图 5-B, C)。

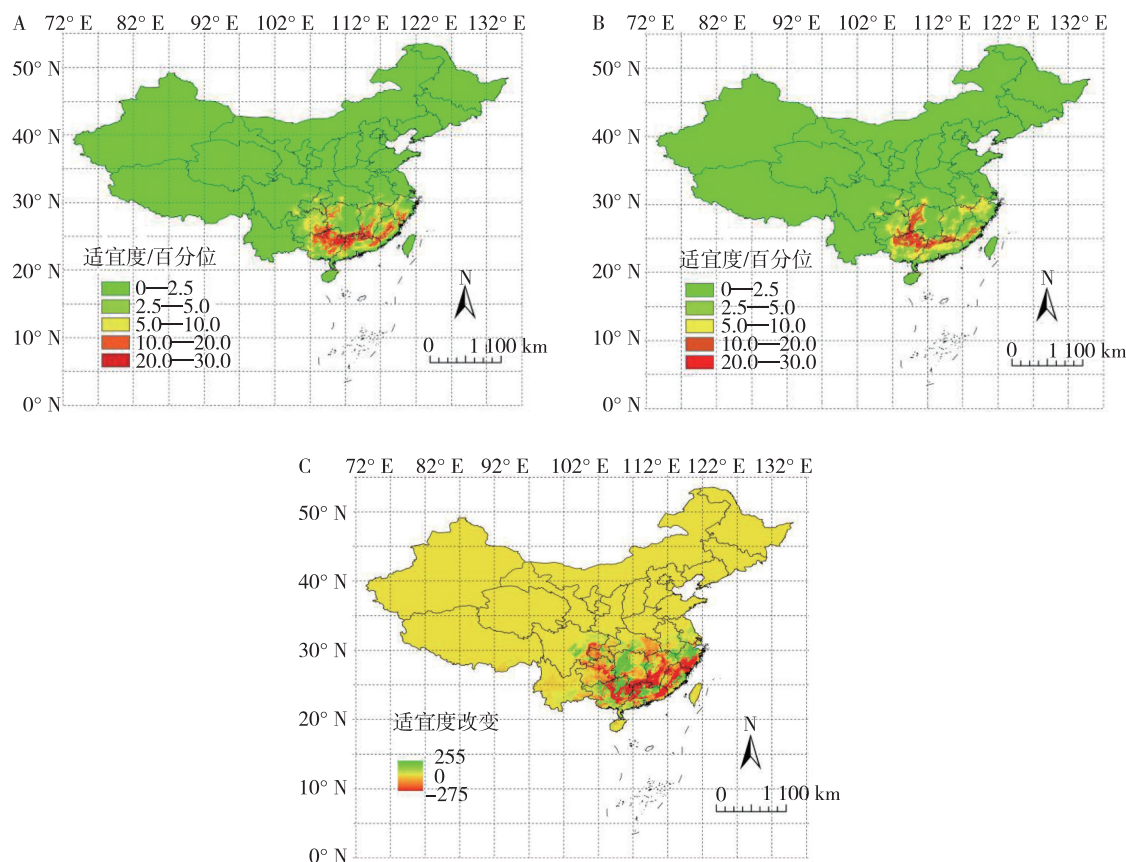


图 5 Bioclim 模型预测的乌饭树现在(A)、未来(B)潜在分布区及分布区变化(C)

### 3 结论与讨论

#### 3.1 生态因子对乌饭树的影响

环境因子影响物种在大尺度上地理分布,同时,也是植物引种的限制因子。其中,水热组合被认为是决定物种分布规律的关键因素,主成分分析表明:乌饭树对低温胁迫及地区季、年温度波动最敏感,其次乌饭树耐旱能力较弱,喜湿润环境,这可能与越桔浅根系习性有关,其根系主要集中分布于土壤表层,不利于对土壤深处水分的吸收利用<sup>[26]</sup>;此外,乌饭树较耐热,且一定的日温差有利于其生长,这可能与植物体内干物质的转移和积累有关。

综合分析表明,乌饭树最适宜生长的年平均温为 14.7—23 ℃,适宜越冬的年极端低温为 -3.1—13.4 ℃,年降雨量为 948.8—1 988.4 mm,适宜越过旱季的最干季降雨量为 54.6—201 mm,最适宜的海拔范围为 3—806 m 之间。同时,文献记载以及对实地调查发现,乌饭树对生境土壤酸碱度要求较严,喜偏酸性红壤<sup>[27]</sup>。依据确定的影响乌饭树分布的关键环境因子,采取相应栽培措施来改变引种地环境或通过合理规划乌饭树仿野生栽培区,将极大提高引种的成活率,这既可以避免盲目引种造成的人力、物力和财力资源的浪费,又可以在一定程度提高乌饭树的经济产量和品质。



### 3.2 乌饭树现存分布格局

乌饭树地理分布图(图1)和多度图(图2)表明,南岭——武夷山脉为乌饭树的多度中心,广布于长江以南低海拔山地,分布范围可达17个省市。越桔属内普遍具浆果,花梗与萼筒间具关节,这种变异和早第三纪鸟类的兴起密切相关,鸟类对浆果种子的远距离传播起很大作用<sup>[2]</sup>。浆果的形成促进了乌饭树种子的传播,从而极大推动了乌饭树在北温带的广泛分布。气候数据分析表明,乌饭树对抗寒能力明显不及耐高温能力,低温可能是乌饭树向北高纬度地区扩散的限制因子,而我国的西南部高海拔地区,蒸发多降水少,极端干旱将会影响乌饭树在这些地区的扩散。另外,长江以南部分平原、丘陵地区,如洞庭湖平原、鄱阳湖平原和湘东南丘陵等,标本采集较少,模型预测图上形成明显的空白区,其原因可能与人类活动对乌饭树的破坏有关,平原丘陵地带人为活动频繁,由于人类长期不合理的开发利用,乌饭树生境受到严重破坏,资源几乎消失<sup>[28]</sup>。

### 3.3 乌饭树的潜在分布区及保护策略

乌饭树分布于低海拔山地,且位于林缘地带,生境更易受人类活动影响,实地调查发现,其种群受人为破坏极为严重,部分地区尚能见到伐木后留下的树桩或萌生的嫩枝;另外,其花小,且花期短,野外种子成苗率低也影响了乌饭树的繁殖,目前,乌饭树数量日益减少,其群落很可能逐渐消失<sup>[5]</sup>。物种的保护主要分就地保护和迁地保护2种方法<sup>[29]</sup>。乌饭树水平分布范围跨度较大,分布点较多,应该加强现有乌饭树种群的就地保护。现在潜在分布区的估计表明,除现代分布中心南岭——武夷山脉地区外,福建中部山地、浙江南部等地区可能都是乌饭树的最适生境,这些地区应作为野外调查及就地保护的重点地区,建立不同等级的自然保护区,并加强对保护区的管理,减少乌饭树潜在适生区生境的人为破坏。此外,迁地保护是就地保护的一种重要补充,发展乌饭树的扦插、组织培养等人工繁育技术对乌饭树的保护有着重要的意义。

对比未来气候变化模拟的潜在分布区,发现温度升高将会使得乌饭树潜在最适生境位置发生改变,云贵高原东端的武陵山和雪峰山将成为乌饭树新的最适分布区(图5-B,C),建议加大对这些地区的保护力度。只有保护乌饭树的未来潜在分布区的生境,才能够为乌饭树长期生存提供条件。

本研究结果对乌饭树的物种资源普查和保护等具有一定的指导意义,在资源本底调查和潜在分布区预测的基础上,今后应加强乌饭树生理生态学、保护遗传学和人工繁育研究,为制订科学有效的保护措施提供理论依据。但需要指出的是,由于缺少相应的高分辨率的环境资料,本研究仅考虑了气候和海拔的影响,而没有考虑土壤、植被、人为破坏等因素对其分布的影响,预测结果可能存在偏差,例如笔者所在地江苏南京的栖霞山、紫金山、江宁的牛首山、将军山及宁镇扬山脉在南京的小山头,过去大多有野生乌饭树分布,然而如今,乌饭树几乎绝迹了,因此,乌饭树的分布情况还应结合具体实地调查确定,同时也应在资源调查的基础上积极开展乌饭树引种繁育和保护的工作。

#### 参考文献:

- [1] 方瑞征. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社, 1991.
- [2] 方瑞征. 中国越桔属的研究[M]. 云南植物研究, 1986, 8(3): 239-258.
- [3] 郑万钧. 中国树木志[M]. 北京:中国林业出版社, 1997.
- [4] LEE S, JUNG E S, DO S, et al. Correlation between species-specific metabolite profiles and bioactivities of blueberries (*Vaccinium* spp.) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62(9): 2126-2133.
- [5] 奚 强, 张 娟, 钟灼仔, 等. 我国乌饭树的生理生态及人工栽培研究现状[J]. 宁夏农林科技, 2011(1): 83-84.
- [6] WANG L, ZHANG Y, XU M, et al. Anti-diabetic activity of *Vaccinium bracteatum* Thunb. leaves' polysaccharide in STZ-induced diabetic mice [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 61: 317-321.
- [7] HIJMANS R J, GRAHAM C H. The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions [J]. Global Change Biology, 2006, 12(12): 2272-2281.
- [8] XU C, MA Y, CHEN H. Technique of grafting with Wufanshu (*Vaccinium bracteatum* Thunb.) and the effects on blueberry plant growth and development, fruit yield and quality [J]. Scientia Horticulturae, 2014, 176: 290-296.
- [9] BEAUMONT L J, PITMAN A J, POULSEN M, et al. Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions [J]. Global Change Biology, 2007, 13(7): 1368-1385.
- [10] PHILLIPS S J, DUDIK M. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation [J]. Ecography, 2008, 31(2): 161-175.
- [11] LOH W J. Classification and regression trees [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 2011, 1(1): 14-23.
- [12] BEAUMONT L J, HUGHES L, POULSEN M. Predicting species

- distributions: Use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions [J]. *Ecological Modelling*, 2005, 186(2): 250-269.
- [13] TEXIER D, DEGNAN P, LOUÏRE M F, et al. Modelling sequential BIOSphere systems under CLIMate change for radioactive waste disposal [C] // *Proceedings of the International High-Level Waste Management Conference*, Las Vegas, Nevada, March30-April 2, 2003.
- [14] BOOTH T H, NIX H A, BUSBY J R, et al. Bioclim: The first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MaxEnt studies [J]. *Diversity and Distributions*, 2014, 20(1): 1-9.
- [15] ALLAL F, SANOU H, MILLET L, et al. Past climate changes explain the phylogeography of *Vitellaria paradoxa* over Africa [J]. *Heredity*, 2011, 107(2): 174-186.
- [16] SUNIL N, SIVARAJ N, ANITHA K, et al. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS) [J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2009, 56(1): 115-119.
- [17] 徐晓婷, 杨永王, 利松. 白豆杉的地理分布及潜在分布区估计 [J]. *植物生态学报*, 2008, 32(5): 1134-1145.
- [18] 方云亿. 浙江植物志 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1989.
- [19] 钱嘯虎, 王学文, 李书春, 安徽植物志 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1991.
- [20] 林来官. 福建植物志 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1989.
- [21] 李永康. 贵州植物志 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
- [22] 丁保章, 王遂义. 河南植物志 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1997.
- [23] 陈焕镛. 海南植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1974.
- [24] GOVINDASAMY B, DUFFY P B, COQUARD J. High-resolution simulations of global climate, part 2: Effects of increased greenhouse cases [J]. *Climate Dynamics*, 2003, 21(5-6): 391-404.
- [25] 张兴旺, 李 垚, 方炎明. 麻栎在中国的地理分布及潜在分布区预测 [J]. *西北植物学报*, 2014, 34(8): 1685-1692.
- [26] 吴 林. 我国越橘栽培生理研究进展 [J]. *吉林农业大学学报*, 2013, 35(4): 379-383, 388.
- [27] 谢远程, 徐志豪, 周晓琴. 乌饭树野生群落生态特征研究 [J]. *贵州林业科技*, 2006, 34(3): 21-24, 40.
- [28] 聂 飞, 安明太. 贵州野生越桔种质资源及其开发利用 [J]. *亚热带植物科学*, 2008, 37(1): 60-62.
- [29] 黄继红, 张金龙, 杨 永, 等. 特有植物多样性分布格局测度方法的新进展 [J]. *生物多样性*, 2013, 21(1): 99-110.

## · 征订启事 ·

### 欢迎订阅 2019 年度《江苏林业科技》

《江苏林业科技》为国内外公开发行的综合性林业科学技术刊物。1974 年创刊。为《中国学术期刊(网络版)》入编期刊、全国优秀期刊、江苏省优秀期刊、全国优秀农业期刊、华东地区优秀期刊。加入“万方数据——数字化期刊群”和中国期刊网等。

《江苏林业科技》主要刊登良种选育、育苗造林、园林绿化、林副特产、森林经营、森林保护、调查设计、野生动物等方面的学术论文、科研报告、经验总结, 以及林业新成果、新技术, 有较强的指导性、技术性、实用性, 是林业科研、教学工作者、管理部门及广大林业生产者不可少的参考资料。欢迎订阅, 欢迎投稿, 欢迎刊登广告, 宣传产品等。

《江苏林业科技》为双月刊, 大 16 开本, 国内外公开发行。国内统一刊号: CN 32-1236/S, 国际标准刊号: ISSN 1001-7380, 每期定价 6.00 元, 全年订费 36.00 元。全年办理订阅手续, 需订阅者请到当地邮局订阅或将订款汇至南京市江宁区东善桥江苏省林业科学研究院本刊编辑部, 邮政编码 211153。电话 (025) 52745438, 83602820, 83602060。由银行或邮局汇寄均可。开户银行: 南京市农业银行金鹰支行, 户名: 江苏省林业科学研究院, 帐号: 10105101040000010。邮发代号: 28-303。