

## 中国葡萄科特有种分布格局分析

赵虹<sup>1,2</sup>, 何远玉<sup>2,3,4</sup>, 赵莉娜<sup>2,3</sup>, 尤奕晨<sup>2,3,4</sup>, 虞近人<sup>2,3,4</sup>, 牛艳婷<sup>3</sup>,  
赵雨杰<sup>2,3,4</sup>, 陈之端<sup>2,3</sup>, 苏俊霞<sup>1,①</sup>, 鲁丽敏<sup>2,3,①</sup>

(1. 山西师范大学生命科学学院, 山西 太原 030031; 2. 中国科学院植物研究所 植物多样性与特色经济作物重点实验室, 北京 100093;  
3. 国家植物园, 北京 100093; 4. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 根据最新分类系统更新中国葡萄科(Vitaceae)特有种名录,整合点分布数据和县级面分布数据,绘制葡萄科特有种、广布特有种和狭域特有种的分布中心,利用MaxEnt模型模拟未来气候变化下部分中国葡萄科特有种的适生区,识别出值得重点关注的未来分布范围缩小的物种。结果显示:中国葡萄科特有种丰富,共有12属94种,热点地区主要集中在华中、东南及西南地区。中国葡萄科狭域特有种热点地区主要集中在西南边境和东南沿海地区,而广布特有种的分布格局与所有特有种的基本一致。MaxEnt模型模拟结果显示:在未来气候条件下,中国葡萄科42种特有种中有33种未来的总适生区和高适生区均呈现明显扩大趋势,9种未来的总适生区或高适生区呈现明显缩小趋势;中国葡萄科42种特有种中有37种的未来总适生区呈现向北部高纬度地区或西部高海拔地区迁移的趋势。综上所述,中国葡萄科特有种热点地区均位于中国生物多样性极其丰富的区域,但部分热点地区附近的保护地面积小且分布零散,保护效力偏低。建议就近整合零散的保护地,建立面积更大、连通性更高的国家公园或自然保护区。

**关键词:** 葡萄科; 特有种; MaxEnt模型; 热点地区; 适生区; 生物多样性保护

中图分类号: Q141; Q948.3; X36 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2024)05-0001-12

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2024.05.01

**Analysis on distribution patterns of endemic species of Vitaceae in China** ZHAO Hong<sup>1,2</sup>, HE Yuanyu<sup>2,3,4</sup>, ZHAO Lina<sup>2,3</sup>, YOU Yichen<sup>2,3,4</sup>, YU Jinren<sup>2,3,4</sup>, NIU Yanting<sup>3</sup>, ZHAO Yujie<sup>2,3,4</sup>, CHEN Zhiduan<sup>2,3</sup>, SU Junxia<sup>1,①</sup>, LU Limin<sup>2,3,①</sup> (1. School of Life Science, Shanxi Normal University, Taiyuan 030031, China; 2. Key Laboratory of Plant Diversity and Specialty Crops, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 3. China National Botanical Garden, Beijing 100093, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2024, 33(5): 1-12

**Abstract:** Based on the latest classification system, the list of endemic species of Vitaceae in China was updated, the point distribution data and county-level areal distribution data were integrated, the distribution centers of endemic species, widely distributed endemic species, and narrowly distributed endemic species of Vitaceae were mapped, the suitable habitats of some endemic species of Vitaceae in China under future climate change were simulated by using the MaxEnt model, and species with narrowed distribution ranges in the future that deserve close attention were identified. The results show that endemic species of Vitaceae in China are abundant, with a total of 94 species belonging to 12 genera, and the hotspots are mainly concentrated in central, southeastern, and southwestern China. The hotspots of narrowly distributed endemic species of Vitaceae in China are mainly concentrated along the southwestern border and southeastern coastal areas, while the distribution pattern of widely distributed endemic species

收稿日期: 2023-11-29

基金项目: 国家重点研发计划专项(2022YFC2601200); 国家自然科学基金项目(32122009)

作者简介: 赵虹(1997—),女,山西运城人,硕士研究生,主要从事植物多样性保护研究。

①通信作者 E-mail: sjx\_xia@163.com; liminlu@ibcas.ac.cn

引用格式: 赵虹,何远玉,赵莉娜,等.中国葡萄科特有种分布格局分析[J].植物资源与环境学报,2024,33(5):1-12.

is basically consistent with that of all endemic species. The MaxEnt model simulation result shows that under future climate conditions, 33 of the 42 endemic species of Vitaceae in China show an evident expansion tendency in both future total suitable habitats and highly suitable habitats, while 9 endemic species show an obvious shrinkage tendency in future total suitable habitats or highly suitable habitats; the future total suitable habitats of 37 of the 42 endemic species of Vitaceae in China show a tendency to migrate towards high latitude areas in the north or high altitude areas in the west. In conclusion, the hotspots of endemic species of Vitaceae in China are all located in areas with extremely rich biodiversity in China, but the protected areas near some hotspots are small and scattered, resulting in low protection effectiveness. It is recommended to integrate scattered protected areas nearby, and establish larger and more connected national parks or nature reserves.

**Key words:** Vitaceae; endemic species; MaxEnt model; hotspot; suitable habitat; biodiversity conservation

植物是人类生产和生活的物质基础,具有重要的经济价值和社会价值。近年来,随着人们对自然资源的需求不断增加,无节制的资源开发和利用导致植物栖息地丧失、生态系统功能退化等问题,加之气候变化、外来物种入侵以及部分物种的自身繁殖或更新存在问题,中国约有 4 000 种高等植物面临灭绝风险<sup>[1-3]</sup>,其中具有重要经济价值但分布区相对狭窄的特有植物往往面临更为严重的威胁。研究这些植物的分布格局及未来变化趋势可为植物资源的保护和利用提供科学依据,对于实现自然资源可持续利用,促进人与自然和谐共生具有重要意义。

特有现象是指某一生物类群单元(如种、属或科)局限分布于某一地理区域内的现象<sup>[4]</sup>。特有种就是仅分布在一定地理区域内的物种,中国特有植物指在全球范围内仅分布在中国的植物种类。特有种的分布中心通常也是物种多样性中心和濒危物种分布中心<sup>[4]</sup>。因此,研究特有种的分布中心有助于确定生物多样性保护优先区<sup>[5]</sup>和评估生物多样性保护成效<sup>[6]</sup>。根据分布范围的大小,可将特有种分为广布特有种和狭域特有种<sup>[4]</sup>。对生境有特殊要求的狭域特有种通常更容易遭受威胁。因此,确定狭域特有种及其分布中心对明确生物多样性保护优先区、更好地保护受威胁的特有物种以及实施更有效的生物多样性保护策略意义重大。

气候变化直接影响物种的分布范围及栖息地质量,是全球生物多样性减少的主要影响因子之一<sup>[7]</sup>。随着气温升高,一些物种的分布范围会显著收缩,并表现出向高纬度或高海拔地区迁移的趋势<sup>[8-9]</sup>。研究未来气候变化下特有种的适宜分布区,对制定有针对性的措施、保护国家重要战略植物资源十分重要。物种分布模型(SDM)被广泛应用于预测全球气候变

化背景下物种适宜分布区的变化。最大熵模型(MaxEnt)是基于最大熵理论的物种分布模型,该模型将物种分布点的环境变量特征作为约束条件,寻找熵最大的物种概率分布,以预测物种的潜在分布范围<sup>[10]</sup>。与其他物种分布模型相比,MaxEnt 模型运行时间较短、易操作、模拟精度高,并且在样本量较小的情况下,也能得到相对准确的预测结果<sup>[11]</sup>。

葡萄科(Vitaceae)植物在中国生产、生活、生态系统中发挥着重要作用。葡萄(*Vitis vinifera* Linn.)作为水果葡萄、葡萄酒等的来源植物,是重要的经济作物。葡萄属(*Vitis* Linn.)野生植物具有适应性广、抗逆性强等特点,是拓宽栽培葡萄遗传基础的重要基因库<sup>[12]</sup>,将其与栽培品种杂交选育,可获得更多抗性新品种。例如:山葡萄(*Vitis amurensis* Rupr.)原产于中国东北和华北以及朝鲜和俄罗斯远东地区,是葡萄属中抗寒能力最强的物种<sup>[13]</sup>。李绍华等<sup>[14]</sup>利用山葡萄与欧亚种葡萄进行杂交,培育出以‘北醇’(‘Beichun’)、‘北红’(‘Beihong’)、‘北玫’(‘Beimei’)为代表的一系列“北”字号酿酒葡萄新品种。这些新品种的抗病、抗寒、抗旱能力强,果实糖分、酒石酸、鞣质含量高。除了具有经济价值的葡萄属外,蛇葡萄属(*Ampelopsis* Michx.)、白粉藤属(*Cissus* Linn.)和崖爬藤属[*Tetrastigma* (Miq.) Planch.]等葡萄科部分属的物种还具有药用价值<sup>[15-16]</sup>。此外,葡萄科植物还因生长快、适应性强、抗污染能力强等优点,在园林绿化中具有重要作用<sup>[17]</sup>。

《中国植物志》记载了 9 属 150 余种葡萄科植物,其中,中国特有种 87 种,引种 2 种<sup>[18]</sup>13-178,随着分类系统的更新和新类群的不断发表,中国葡萄科植物已由原来的 9 属变为 12 属<sup>[19-22]</sup>。因此,有必要根据最新的分类系统更新中国葡萄科特有种名录,整合详

细的分布数据, 研究特有种的分布格局, 尤其是识别广布特有种和狭域特有种的分布中心。在此基础上, 预测未来气候变化下葡萄科特有种适宜栖息地的分布, 重点关注适生区呈现收缩趋势的特有种, 对于制定有效的保护策略和措施至关重要。

本研究根据最新分类系统<sup>[23]</sup>更新了中国葡萄科特有种名录, 整合 4 359 条分布数据, 分析了 94 种特有种葡萄科植物的丰富度格局, 利用 MaxEnt 模型模拟了 42 种葡萄科特有种当前和未来的适生区, 以期明确中国葡萄科特有种(包括广布特有种和狭域特有种)的分布中心, 并分析这些特有种在原生地的保护情况, 在未来气候变化下特有种适生区的变化趋势, 以及分布范围收缩的特有种, 尤其是分布中心和未来

分布范围可能收缩的狭域特有种, 为保护中国特有及受威胁严重的葡萄科植物资源提供可行建议。

## 1 研究方法

### 1.1 特有种名录的确定

依据《中国植物志》<sup>[18]13-178</sup>、POWO (<https://powo.science.kew.org/>) 以及《中国特有种种子植物的多样性及其地理分布》<sup>[24]</sup>初步确定葡萄科特有种名录。通过查阅文献排查名录中有异议的物种<sup>[19,25-27]</sup>, 确保物种的特有性及名称的准确性。依据最新的分类系统<sup>[23]</sup>以及最新发表的文献<sup>[20-22,25,28]</sup>, 最终确定 94 种中国葡萄科特有种(表 1)。统计葡萄科各属的中

表 1 中国葡萄科特有种名录<sup>1)</sup>  
Table 1 The list of endemic species of Vitaceae in China<sup>1)</sup>

物种 Species	A/km <sup>2</sup>	物种 Species	A/km <sup>2</sup>	物种 Species	A/km <sup>2</sup>
蒙自葡萄 <i>Vitis mengziensis</i> *	2 578.41	井冈葡萄 <i>Vitis jinggangensis</i>	11 123.32	显孔崖爬藤 <i>Tetrastigma lenticellatum</i>	88 895.69
长梗崖爬藤 <i>Tetrastigma longipedunculatum</i> *	3 252.25	狭叶大麻藤 <i>Cayratia lanceolata</i>	11 665.19	海南崖爬藤 <i>Tetrastigma papillatum</i>	99 297.57
屏东白粉藤 <i>Cissus pingtungensis</i> *	3 284.68	金秀崖爬藤 <i>Tetrastigma jinxiuense</i>	12 430.12	武汉葡萄 <i>Vitis wuhanensis</i>	124 243.86
龙泉葡萄 <i>Vitis longquanensis</i> *	3 918.77	过山崖爬藤 <i>Tetrastigma pseudocruciatum</i>	16 386.46	长柄地锦 <i>Parthenocissus feddei</i> #	130 434.04
山地乌莓 <i>Causonis montana</i> *	4 089.58	富宁崖爬藤 <i>Tetrastigma funingense</i>	17 403.69	大果俞藤 <i>Yua austro-orientalis</i> #	130 645.05
文采乌莓 <i>Causonis wentsiana</i> *	4 089.58	拟乌莓 <i>Pseudocayratia speciose</i>	18 329.14	菱叶葡萄 <i>Vitis hancockii</i> #	149 358.10
华东拟乌莓 <i>Pseudocayratia orientalisinensis</i> *	4 177.27	凤庆葡萄 <i>Vitis fengqinensis</i>	20 547.24	云南崖爬藤 <i>Tetrastigma yunnanense</i> #	177 533.10
兰屿崖爬藤 <i>Tetrastigma lanyuense</i> *	4 236.51	红叶葡萄 <i>Vitis erythrophylla</i>	20 954.91	狭叶葡萄 <i>Vitis tsoi</i> #	235 815.54
狮子山葡萄 <i>Vitis shizishanensis</i> *	4 304.26	秦岭葡萄 <i>Vitis qinlingensis</i>	22 381.41	美丽葡萄 <i>Vitis bellula</i> #	268 270.97
槭叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis wangii</i> *	5 163.34	临沧崖爬藤 <i>Tetrastigma lincangense</i>	22 695.89	异果拟乌莓 <i>Pseudocayratia dichromocarpa</i> #	271 423.21
德宏隆花藤 <i>Cyphostemma dehongense</i> *	5 269.60	罗城葡萄 <i>Vitis luochengensis</i>	28 309.42	网脉葡萄 <i>Vitis wilsoniae</i> #	297 136.00
景东崖爬藤 <i>Tetrastigma jingdongense</i> *	5 403.12	条叶崖爬藤 <i>Tetrastigma lineare</i>	29 203.35	小叶葡萄 <i>Vitis sinocinerea</i> #	301 370.74
金寨山葡萄 <i>Vitis jinzhainensis</i> *	5 408.17	西双版纳崖爬藤 <i>Tetrastigma xishuangbannaense</i>	31 123.42	羽叶牛果藤 <i>Nekemias chaffanjonii</i> #	330 492.11
四川酸浆藤 <i>Ampelocissus butoensis</i>	5 572.90	云南葡萄 <i>Vitis yunnanensis</i>	33 979.17	闽赣葡萄 <i>Vitis chungii</i> #	372 310.32
三出蓂莫 <i>Vitis sinoternata</i> *	6 791.46	台湾崖爬藤 <i>Tetrastigma formosanum</i>	34 855.83	白莓 <i>Ampelopsis japonica</i> #	421 226.70
乳源葡萄 <i>Vitis ruyuanensis</i> *	6 836.88	陕西葡萄 <i>Vitis shenxiensis</i>	37 230.02	叉须崖爬藤 <i>Tetrastigma hypoglaucum</i> #	425 410.04
文县蓂莫 <i>Vitis wenshanensis</i> *	7 126.03	墨脱乌莓 <i>Causonis medogensis</i>	41 139.89	大叶牛果藤 <i>Nekemias megalophylla</i> #	433 406.99
麦黄葡萄 <i>Vitis bashanica</i> *	7 238.93	西藏崖爬藤 <i>Tetrastigma xizangense</i>	41 139.89	花叶地锦 <i>Parthenocissus henryana</i> #	458 453.83
易武崖爬藤 <i>Tetrastigma yiwuense</i> *	7 993.41	景洪崖爬藤 <i>Tetrastigma jinghongense</i>	41 660.02	东南葡萄 <i>Vitis chunganensis</i> #	499 912.89
马关崖爬藤 <i>Tetrastigma venulosum</i> *	8 429.04	广西崖爬藤 <i>Tetrastigma kuangsiense</i>	43 344.66	绿叶地锦 <i>Parthenocissus laetevirens</i> #	532 591.94
绒毛蛇葡萄 <i>Ampelopsis tomentosa</i> *	8 749.24	酸浆藤 <i>Ampelocissus artemisiifolia</i>	43 523.71	变叶葡萄 <i>Vitis piasezkii</i> #	626 918.58
勐海葡萄 <i>Vitis menghaiensis</i> *	9 054.78	滇南青紫葛 <i>Cissus austroyunnanensis</i>	44 137.94	三叶崖爬藤 <i>Tetrastigma hemsleyanum</i> #	637 245.65
浙江蓂莫 <i>Vitis zhejiang-adstricta</i> *	9 348.67	庐山葡萄 <i>Vitis hui</i>	48 689.43	桦叶葡萄 <i>Vitis betulifolia</i> #	859 487.85
贡山牛果藤 <i>Nekemias gongshanensis</i> *	9 482.77	短柄乌莓 <i>Causonis cardiospermoides</i>	51 395.21	异叶地锦 <i>Parthenocissus dalzielii</i> #	903 170.60
红花崖爬藤 <i>Tetrastigma subtetragonum</i> *	9 703.13	尖齿蛇葡萄 <i>Ampelopsis acutidentata</i>	53 541.37	蓝果蛇葡萄 <i>Ampelopsis bodinieri</i> #	1 078 180.22
温州葡萄 <i>Vitis wenchowensis</i> *	9 782.41	蔡氏崖爬藤 <i>Tetrastigma tsaiianum</i>	72 200.13	蓂莫 <i>Vitis bryoniifolia</i> #	1 117 905.65
勐腊大麻藤 <i>Cayratia menglaensis</i> *	9 787.08	湖北葡萄 <i>Vitis silvestrii</i>	73 456.46	刺葡萄 <i>Vitis davidii</i> #	1 208 080.38
旬阳葡萄 <i>Vitis xunyangensis</i> *	9 835.81	角花崖爬藤 <i>Tetrastigma ceratopetalum</i>	84 706.81	葎叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis humulifolia</i> #	1 323 170.75
百花山葡萄 <i>Vitis baihuashanensis</i>	10 632.75	栓翅地锦 <i>Parthenocissus suberosa</i>	86 154.75	山葡萄 <i>Vitis amurensis</i> #	1 803 752.75
文山青紫葛 <i>Cissus wenshanensis</i>	10 672.63	小叶地锦 <i>Parthenocissus chinensis</i>	86 377.30	乌头叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis aconitifolia</i> #	1 967 659.89
毛叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis mollifolia</i>	10 745.25	鸡足葡萄 <i>Vitis lanceolatifolia</i>	86 677.99	三裂蛇葡萄 <i>Ampelopsis delavayana</i> #	2 587 380.34
彭氏拟乌莓 <i>Pseudocayratia pengiana</i>	10 892.42				

<sup>1)</sup> A: 占区(县)面积 Area occupied by each district (county). \*: 狭域特有种 Narrowly distributed endemic species; #: 广布特有种 Widely distributed endemic species.

国特有种数量及占比〔占比=(各属特有种数量/中国葡萄科特有种总数量)×100%〕。

## 1.2 分布数据的获取及清洗

葡萄科原始分布数据主要来自作者所在课题组前期数据<sup>[29]</sup>、全球生物多样性信息网(GBIF, <https://www.gbif.org/>)<sup>[30]</sup>(访问日期2023年3月22日)、中国数字植物标本馆(CVH, <https://www.cvh.ac.cn/>)(访问日期2023年5月4日)、国家标本平台(NSII, <http://www.nsii.org.cn/>)以及公开发表的文献<sup>[19,21-22,28]</sup>。首先收集在GBIF上公布的所有葡萄科分布记录,从中筛选出中国葡萄科特有种中有经纬度信息的记录共计10 812条;其次,通过CVH、NSII以及文献查询分布记录较少物种的经纬度信息;随后,使用谷歌地球工具(<http://ditu.google.cn/>)对缺少具体经纬度信息的物种的乡(镇)等行政区信息进行地标化,获取其经纬度信息。最终,共获取11 215条原始点分布记录以及5 725条县级分布数据。

将上述经纬度数据按照以下程序清洗:1)根据国际植物名称索引(IPNI, <https://www.ipni.org/>)对种名进行标准化处理,并将种下分类群合并为相应的种;2)利用ArcGIS 10.8软件,根据物种的分布点经纬度绘制分布点图,根据POWO上该物种的原生分布地去除栽培记录;3)利用R包CoordinateCleaner删除数值为0、落在海里和重复的记录。通过上述程序,最终共获得4 359条具有有效经纬度信息的中国葡萄科特有种分布数据。

## 1.3 特有种分布中心

整合所有中国葡萄科特有种的点分布数据和县级面分布数据,获得每个物种的分布面积;将各物种的分布面积从低到高排序,将分布面积排前30%的物种定义为狭域特有种(面积小于或等于9 835.81 km<sup>2</sup>,仅指中国境内葡萄科物种分布面积),分布面积排在后30%的物种定义为广布特有种(面积大于或等于130 434.04 km<sup>2</sup>,仅指中国境内葡萄科物种分布面积)<sup>[31]</sup>,统计各区(县)葡萄科特有种、广布特有种和狭域特有种的物种丰富度。在此基础上,采用去量纲法将葡萄科特有种、广布特有种和狭域特有种的丰富度标准化处理至[0,1]区间内,并使用ArcGIS 10.8软件绘制中国葡萄科特有种、广布特有种以及狭域特有种的丰富度图。最后,分别将物种丰富度前30%和前10%的广布特有种和狭域特有种热点地区与现有保护地叠加,评估当前保护系统对葡萄科特有种的保护效力。

## 1.4 MaxEnt 模型模拟未来分布区

1.4.1 气候因子筛选 从WorldClim 2.1数据库(<http://www.worldclim.org>)中下载分辨度为2.5'的19个气候因子的所有图层。为了降低气候因子的叠加效应对结果产生的不利影响,提取所有分布点对应的当前时期(1970年至2000年)的19个气候因子数据;利用SPSS 25软件进行Pearson相关性分析,对于相关系数大于或等于0.80的气候因子,只保留对该类群分布区及生长状况影响较为显著的气候因子<sup>[32]</sup>(表2)。

表2 用于预测葡萄科不同物种当前及未来分布区的显著气候因子

Table 2 Significant climatic factors used to predict current and future distribution areas for different species of Vitaceae

物种 Species	显著气候因子 <sup>1)</sup> Significant climatic factor <sup>1)</sup>
乌头叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis aconitifolia</i>	Bio1, Bio2, Bio3, Bio7, Bio8, Bio13, Bio15, Bio19
尖齿蛇葡萄 <i>Ampelopsis acutidentata</i>	Bio3, Bio4, Bio5, Bio15, Bio16
蓝果蛇葡萄 <i>Ampelopsis bodinieri</i>	Bio3, Bio4, Bio6, Bio8, Bio13, Bio15, Bio19
三裂蛇葡萄 <i>Ampelopsis delavayana</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio6, Bio8, Bio10, Bio13, Bio15
葎叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis humulifolia</i>	Bio3, Bio7, Bio8, Bio13, Bio17
白藜 <i>Ampelopsis japonica</i>	Bio3, Bio5, Bio8, Bio12, Bio15, Bio18
羽叶牛果藤 <i>Nekemias chaffanjonii</i>	Bio2, Bio5, Bio6, Bio7, Bio8, Bio12, Bio13, Bio15, Bio18, Bio19
大叶牛果藤 <i>Nekemias megalophylla</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio6, Bio8, Bio15, Bio18, Bio19
小叶地锦 <i>Parthenocissus chinensis</i>	Bio4, Bio6, Bio7, Bio12, Bio18, Bio19
异叶地锦 <i>Parthenocissus dalzielii</i>	Bio2, Bio4, Bio5, Bio6, Bio12, Bio15, Bio17, Bio18
长柄地锦 <i>Parthenocissus feddei</i>	Bio2, Bio4, Bio5, Bio8, Bio9, Bio12, Bio14, Bio15, Bio18
花叶地锦 <i>Parthenocissus henryana</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio6, Bio8, Bio12, Bio15, Bio18
绿叶地锦 <i>Parthenocissus laetevirens</i>	Bio2, Bio3, Bio5, Bio8, Bio11, Bio14, Bio15, Bio18
异果拟乌藟莓 <i>Pseudocayratia dichromocarpa</i>	Bio3, Bio5, Bio6, Bio7, Bio8, Bio14, Bio15, Bio17, Bio18
角花崖爬藤 <i>Tetrastigma ceratopetalum</i>	Bio2, Bio3, Bio7, Bio9, Bio17, Bio18
台湾崖爬藤 <i>Tetrastigma formosanum</i>	Bio9, Bio12, Bio14, Bio18

续表2 Table 2 (Continued)

物种 Species	显著气候因子 <sup>1)</sup> Significant climatic factor <sup>1)</sup>
三叶崖爬藤 <i>Tetrastigma hemsleyanum</i>	Bio2, Bio5, Bio6, Bio7, Bio8, Bio15, Bio16, Bio19
叉须崖爬藤 <i>Tetrastigma hypoglaucum</i>	Bio3, Bio5, Bio6, Bio7, Bio12, Bio14, Bio15
景洪崖爬藤 <i>Tetrastigma jinghongense</i>	Bio3, Bio9, Bio13, Bio14, Bio18
广西崖爬藤 <i>Tetrastigma kwangsiense</i>	Bio2, Bio6, Bio10, Bio16
显孔崖爬藤 <i>Tetrastigma lenticellatum</i>	Bio1, Bio3, Bio4, Bio13, Bio15, Bio17, Bio18
海南崖爬藤 <i>Tetrastigma papillatum</i>	Bio1, Bio2, Bio5, Bio16, Bio17, Bio18
蔡氏崖爬藤 <i>Tetrastigma tsaianum</i>	Bio2, Bio3, Bio6, Bio7, Bio15, Bio18, Bio19
西双版纳崖爬藤 <i>Tetrastigma xishuangbannaense</i>	Bio3, Bio7, Bio13, Bio14, Bio17
云南崖爬藤 <i>Tetrastigma yunnanense</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio6, Bio7, Bio12, Bio14, Bio15, Bio19
山葡萄 <i>Vitis amurensis</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio8, Bio12, Bio13, Bio15
美丽葡萄 <i>Vitis bellula</i>	Bio3, Bio6, Bio7, Bio8, Bio10, Bio12, Bio17, Bio18
桦叶葡萄 <i>Vitis betulifolia</i>	Bio2, Bio4, Bio6, Bio12, Bio15
蓂蓂 <i>Vitis bryoniifolia</i>	Bio1, Bio2, Bio3, Bio5, Bio7, Bio8, Bio15, Bio18
东南葡萄 <i>Vitis chunganensis</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio5, Bio8, Bio9, Bio15, Bio17, Bio18, Bio19
闽赣葡萄 <i>Vitis chungii</i>	Bio1, Bio2, Bio3, Bio5, Bio14, Bio15, Bio16, Bio18, Bio19
刺葡萄 <i>Vitis davidii</i>	Bio2, Bio5, Bio7, Bio8, Bio11, Bio12, Bio15, Bio18
菱叶葡萄 <i>Vitis hancockii</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio8, Bio10, Bio15, Bio17, Bio18
庐山葡萄 <i>Vitis hui</i>	Bio2, Bio3, Bio6, Bio12, Bio14, Bio15, Bio17, Bio19
鸡足葡萄 <i>Vitis lanceolatifolia</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio5, Bio8, Bio12, Bio14, Bio18
罗城葡萄 <i>Vitis luochengensis</i>	Bio2, Bio6, Bio7, Bio13, Bio16
变叶葡萄 <i>Vitis piasezkii</i>	Bio3, Bio4, Bio6, Bio15, Bio18
陕西葡萄 <i>Vitis shenxiensis</i>	Bio2, Bio6, Bio15, Bio18, Bio19
小叶葡萄 <i>Vitis sinocinerea</i>	Bio6, Bio8, Bio10, Bio14, Bio18
狭叶葡萄 <i>Vitis tsoi</i>	Bio2, Bio3, Bio5, Bio7, Bio8, Bio9, Bio15, Bio16, Bio18, Bio19
网脉葡萄 <i>Vitis wilsoniae</i>	Bio2, Bio3, Bio4, Bio5, Bio7, Bio8, Bio11, Bio12, Bio15, Bio18
武汉葡萄 <i>Vitis wuhanensis</i>	Bio2, Bio7, Bio8, Bio10, Bio15, Bio17, Bio18

<sup>1)</sup> Bio1: 年平均气温 Annual mean temperature; Bio2: 昼夜温差月均值 Mean diurnal temperature range; Bio3: 等温性 Isothermality; Bio4: 温度季节性变化 Temperature seasonality; Bio5: 最暖月最高温 Max temperature of the warmest month; Bio6: 最冷月最低温 Min temperature of the coldest month; Bio7: 年温变化范围 Temperature annual range; Bio8: 最湿季均温 Mean temperature of the wettest quarter; Bio9: 最干季均温 Mean temperature of the driest quarter; Bio10: 最暖季均温 Mean temperature of the warmest quarter; Bio11: 最冷季均温 Mean temperature of the coldest quarter; Bio12: 年降水量 Annual precipitation; Bio13: 最湿月降水量 Precipitation of the wettest month; Bio14: 最干月降水量 Precipitation of the driest month; Bio15: 降水量季节性变化 Precipitation seasonality; Bio16: 最湿季降水量 Precipitation of the wettest quarter; Bio17: 最干季降水量 Precipitation of the driest quarter; Bio18: 最暖季降水量 Precipitation of the warmest quarter; Bio19: 最冷季降水量 Precipitation of the coldest quarter.

1.4.2 MaxEnt 模型参数设置 由于部分物种的经纬度分布数据较少,无法使用 MaxEnt 模型进行模拟或模拟效果不佳,因此仅选取了 42 种葡萄科特有种进行适生区模拟。基于选取的气候因子和清洗后的分布数据,模拟未来时期(2061 年至 2080 年)中国葡萄科特有种的潜在分布,主要使用 BCC-CSM2-MR 模型模拟了 SSP5-8.5 情景下葡萄科特有种的适生区。

MaxEnt 模型参数:随机选择 75% 的分布数据用于训练,其余 25% 用于测试;10 次独立重复的 bootstrap 用于模型检验;最大的 background points 设置为  $10^4$ ;采用刀切法(jackknife)评估环境变量的重要性<sup>[33]</sup>。使用受试者工作特征曲线(ROC)与横坐标围成的面积即 AUC 值评估模型预测的准确性。AUC 值范围为 0~1, AUC 值越高,说明预测越准确。当 AUC 值大于 0.7 时,说明预测结果可靠。

## 2 结果和分析

### 2.1 中国葡萄科特有种分析

中国葡萄科特有种的统计结果(表 3)显示:中国葡萄科特有种共有 94 种,隶属于 12 属,其中,广布特有种 28 种,狭域特有种 28 种。所有特有种中,葡萄属和崖爬藤属特有种占比较高,分别为 38.3% 和 24.5%。在广布特有种中,葡萄属广布特有种占比最高(42.8%),其次是蛇葡萄属和地锦属(*Parthenocissus* Planch.),广布特有种占比分别为 17.9% 和 14.3%;狭域特有种中,葡萄属和崖爬藤属狭域特有种占比较高,分别为 42.8% 和 21.4%。

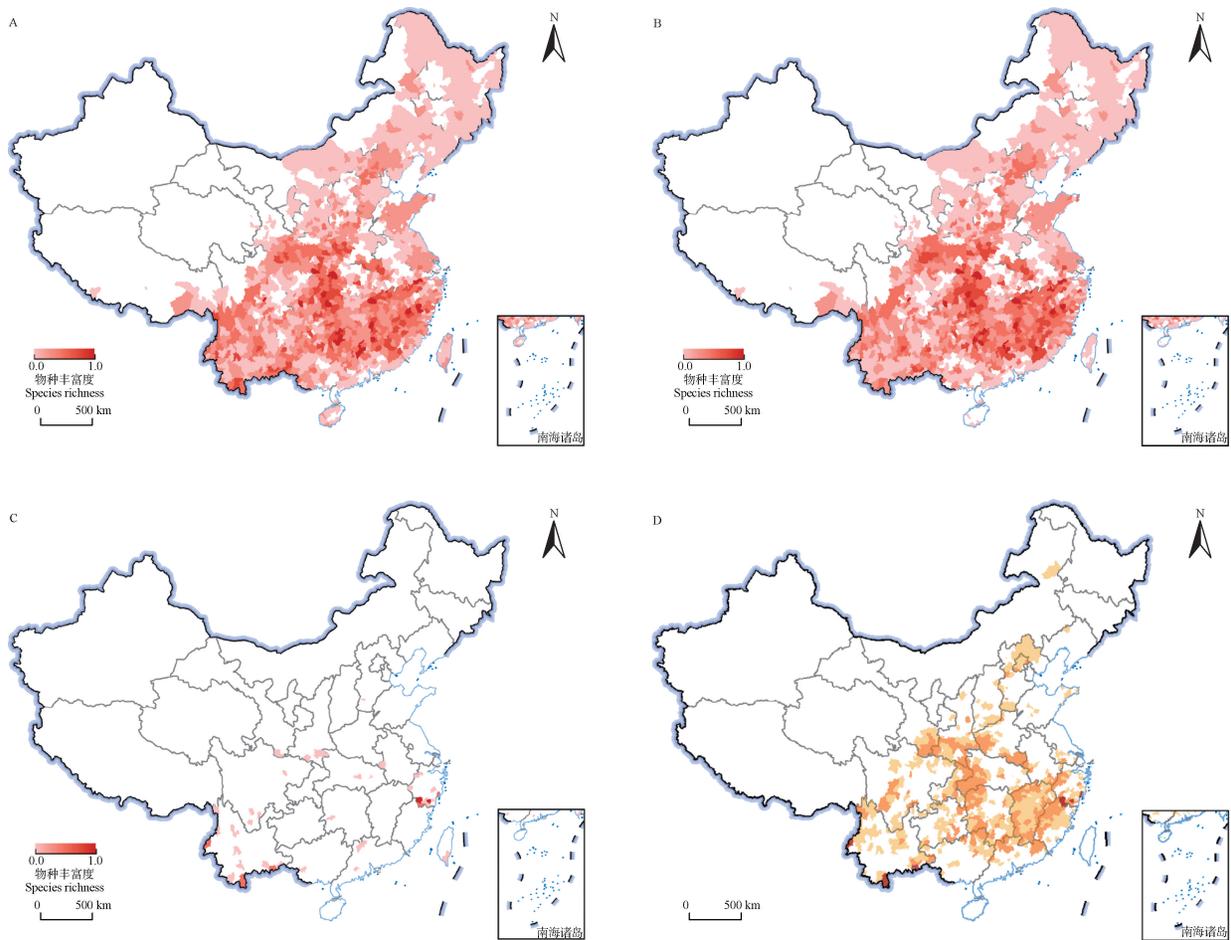
### 2.2 中国葡萄科特有种多样性分布中心

中国葡萄科特有种的多样性分布格局见图 1。

表3 中国葡萄科特有种的统计结果<sup>1)</sup>Table 3 The statistical results of endemic species of Vitaceae in China<sup>1)</sup>

属 Genus	ES		WES		NES		属 Genus	ES		WES		NES	
	n	P/%	n	P/%	n	P/%		n	P/%	n	P/%	n	P/%
酸苾藤属 <i>Ampelocissus</i>	2	2.1			1	3.6	牛果藤属 <i>Nekemias</i>	3	3.2	2	7.7	1	3.6
蛇葡萄属 <i>Ampelopsis</i>	9	9.6	5	17.9	2	7.1	地锦属 <i>Parthenocissus</i>	6	6.4	4	14.3		
大麻藤属 <i>Cayratia</i>	2	2.1			1	3.6	拟乌苾莓属 <i>Pseudocayratia</i>	4	4.2	1	3.6	1	3.6
乌苾莓属 <i>Causonis</i>	4	4.2			2	7.1	崖爬藤属 <i>Tetrastigma</i>	23	24.5	3	10.7	6	21.4
白粉藤属 <i>Cissus</i>	3	3.2			1	3.6	葡萄属 <i>Vitis</i>	36	38.3	12	42.8	12	42.8
葡萄瓮属 <i>Cyphostemma</i>	1	1.1			1	3.6	俞藤属 <i>Yua</i>	1	1.1	1	3.6		

<sup>1)</sup> ES: 特有种 Endemic species; WES: 广布特有种 Widely distributed endemic species; NES: 狭域特有种 Narrowly distributed endemic species. n: 数量 Number; P: 占比 Proportion.



审图号: GS(2024)1882

A: 特有物种的物种丰富度格局 Species richness pattern of endemic species; B: 广布特有物种的物种丰富度格局 Species richness pattern of widely distributed endemic species; C: 狭域特有物种的物种丰富度格局 Species richness pattern of narrowly distributed endemic species; D: 广布特有物种和狭域特有物种的热点地区 Hotspots of widely and narrowly distributed endemic species. 图 D 中棕色和黄色色块分别表示物种丰富度前 30% 的狭域特有物种和广布特有物种热点地区, 橙色色块表示物种丰富度前 10% 广布特有物种热点地区 Brown and yellow color blocks represent hotspots in top 30% of species richness of narrowly distributed endemic species and widely distributed endemic species respectively, and orange color blocks represent hotspots in top 10% of species richness of widely distributed endemic species on the map D; 由于物种丰富度前 10% 狭域特有物种热点地区面积太小, 故未在图 D 中标出 The hotspots in top 10% of species richness of narrowly distributed endemic species are not shown on the map D due to their small areas.

图1 中国葡萄科特有物种的多样性分布格局

Fig. 1 Diversity distribution patterns of endemic species of Vitaceae in China

结果显示:中国葡萄科特有种热点地区主要集中在华中、东南及西南地区。广布特有种的分布格局与所有特有种分布格局基本一致,主要集中在华中、华东、华南和西南地区,这些地区均为中国生物多样性极其丰富的热点区域,包含天目山、南岭和哀牢山3个遗传多样性热点地区。中国葡萄科特有种分布面积约 $6.44 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,其中广布特有种分布面积约 $6.33 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,占据绝大部分特有种的分布面积。中国葡萄科狭域特有种热点地区主要集中在西南边境及东南沿海地区,主要包括哀牢山-无量山、西双版纳、滇黔桂喀斯特地区和洞宫山4个热点地区。

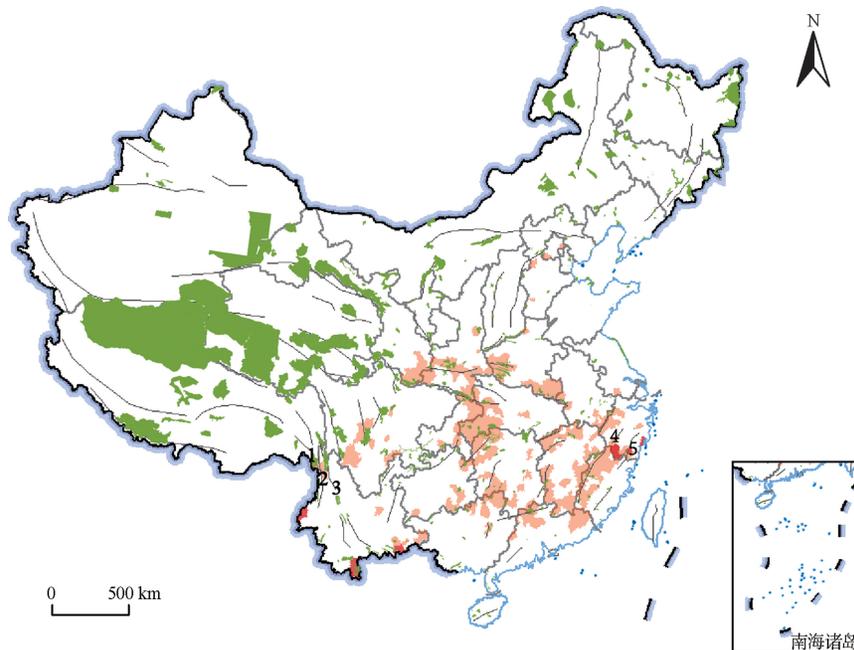
将中国葡萄科广布特有种和狭域特有种热点地区同现有保护地进行叠加分析,结果(图2)显示:广布特有种和狭域特有种热点地区集中在山区,热点地区周围均有零星保护区分布。但部分热点地区附近的保护地面积小且呈零星分布。狭域特有种热点地区附近的保护地大部分呈斑块状分布,如哀牢山国家级自然保护区、无量山国家级自然保护区、滇黔桂喀斯特地区、南岭国家级自然保护区和大别山国家级自

然保护区。

### 2.3 中国葡萄科特有种未来分布预测结果

中国葡萄科特有种中,有42种特有种的模型AUC值均在0.8~1.0之间,表明模型精确度良好,预测结果可信度较高。这42种特有种当前与未来适生区模拟面积见表4。结果显示:42种特有种对气候的响应程度不同,其中,33种特有种未来的总适生区和高适生区均呈现明显扩大趋势,例如闽赣葡萄(*Vitis chungii* F. P. Metcalf)和菱叶葡萄(*Vitis hancockii* Hance);9种特有种未来的总适生区或高适生区呈现明显缩小趋势,例如尖齿蛇葡萄(*Ampelopsis acutidentata* W. T. Wang)以及葡萄属4种特有种桦叶葡萄(*Vitis betulifolia* Diels et Gilg)、庐山葡萄(*Vitis hui* Cheng)、鸡足葡萄(*Vitis lanceolatifolia* C. L. Li)和变叶葡萄(*Vitis piasezkii* Maxim.),这可能与物种的适宜生境有关。

值得注意的是,模拟的葡萄科42种特有种中有37种特有种的未来总适生区有向北部高纬度地区或西部高海拔地区迁移的趋势,选取未来总适生区扩大



审图号: GS(2024)1882

■: 物种丰富度前30%狭域特有种热点地区 The hotspots in top 30% of species richness of narrowly distributed endemic species; ■: 物种丰富度前10%广布特有种热点地区 The hotspots in top 10% of species richness of widely distributed endemic species; ■: 现有保护地 Existing protected areas. ■: 山脉 Mountain. 1: 怒山 Nushan Mountain; 2: 高黎贡山 Gaoligong Mountain; 3: 云岭 Yunling Mountain; 4: 仙霞岭 Xianxia Ridge; 5: 雁荡山 Yandang Mountain.

图2 中国葡萄科广布特有种和狭域特有种的热点地区与现有保护地叠加分析  
Fig. 2 Overlay analysis on hotspots of widely distributed endemic species and narrowly distributed endemic species of Vitaceae in China with existing protected areas

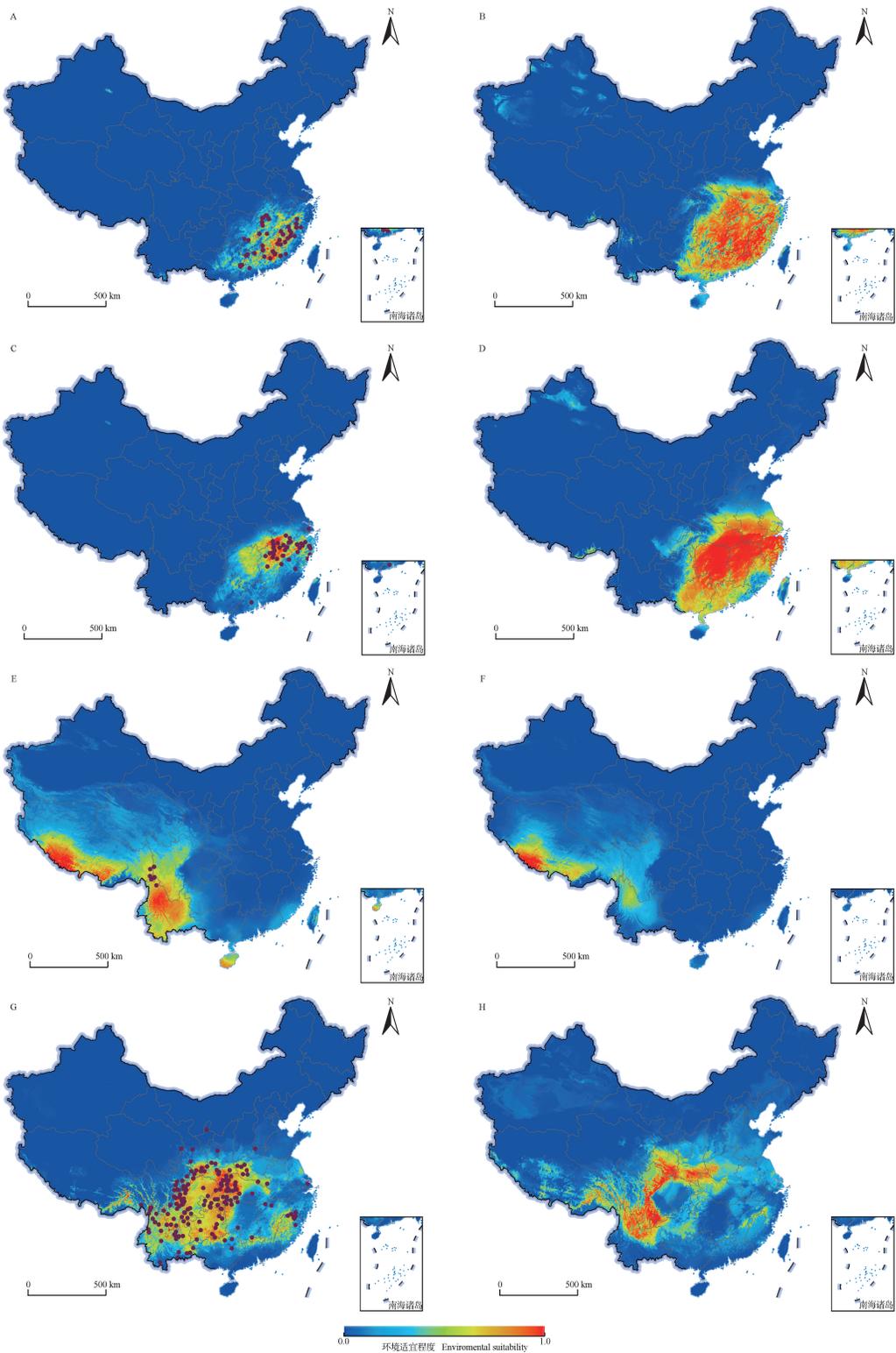
表4 当前(1970年至2000年)与未来(2061年至2080年) SSP5-8.5情景下中国葡萄科42种特有物种的适生区模拟面积<sup>1)</sup>  
 Table 4 Simulated areas of suitable habitats for 42 endemic species of Vitaceae in China under current (from 1970 to 2000) and future (from 2061 to 2080) SSP5-8.5 scenarios<sup>1)</sup>

物种 Species	总适生区模拟面积/km <sup>2</sup> Simulated area of total suitable habitat		高适生区模拟面积/km <sup>2</sup> Simulated area of highly suitable habitat	
	当前 Current	未来 Future	当前 Current	未来 Future
乌头叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis aconitifolia</i>	2.985×10 <sup>6</sup>	4.118×10 <sup>6</sup>	0.525×10 <sup>6</sup>	0.759×10 <sup>6</sup>
尖齿蛇葡萄 <i>Ampelopsis acutidentata</i>	3.001×10 <sup>6</sup>	1.611×10 <sup>6</sup> *	0.492×10 <sup>6</sup>	0.125×10 <sup>6</sup> *
蓝果蛇葡萄 <i>Ampelopsis bodinieri</i>	2.828×10 <sup>6</sup>	3.281×10 <sup>6</sup>	0.469×10 <sup>6</sup>	0.559×10 <sup>6</sup>
三裂蛇葡萄 <i>Ampelopsis delavayana</i>	3.537×10 <sup>6</sup>	4.080×10 <sup>6</sup>	1.147×10 <sup>6</sup>	1.321×10 <sup>6</sup>
葎叶蛇葡萄 <i>Ampelopsis humulifolia</i>	2.743×10 <sup>6</sup>	3.994×10 <sup>6</sup>	0.569×10 <sup>6</sup>	1.210×10 <sup>6</sup>
白藜 <i>Ampelopsis japonica</i>	3.316×10 <sup>6</sup>	4.737×10 <sup>6</sup>	0.902×10 <sup>6</sup>	1.317×10 <sup>6</sup>
羽叶牛果藤 <i>Nekemias chaffanjonii</i>	1.595×10 <sup>6</sup>	2.093×10 <sup>6</sup>	0.296×10 <sup>6</sup>	0.443×10 <sup>6</sup>
大叶牛果藤 <i>Nekemias megalophylla</i>	1.745×10 <sup>6</sup>	1.656×10 <sup>6</sup> *	0.303×10 <sup>6</sup>	0.350×10 <sup>6</sup>
小叶地锦 <i>Parthenocissus chinensis</i>	1.373×10 <sup>6</sup>	1.860×10 <sup>6</sup>	0.362×10 <sup>6</sup>	0.367×10 <sup>6</sup>
异叶地锦 <i>Parthenocissus dalzielii</i>	1.407×10 <sup>6</sup>	1.975×10 <sup>6</sup>	0.335×10 <sup>6</sup>	0.676×10 <sup>6</sup>
长柄地锦 <i>Parthenocissus feddei</i>	2.140×10 <sup>6</sup>	2.365×10 <sup>6</sup>	0.687×10 <sup>6</sup>	0.552×10 <sup>6</sup> *
花叶地锦 <i>Parthenocissus henryana</i>	1.796×10 <sup>6</sup>	2.626×10 <sup>6</sup>	0.344×10 <sup>6</sup>	0.366×10 <sup>6</sup>
绿叶地锦 <i>Parthenocissus laetevirens</i>	1.397×10 <sup>6</sup>	1.901×10 <sup>6</sup>	0.465×10 <sup>6</sup>	0.573×10 <sup>6</sup>
异果拟乌藜莓 <i>Pseudocayratia dichromocarpa</i>	2.085×10 <sup>6</sup>	2.455×10 <sup>6</sup>	0.506×10 <sup>6</sup>	0.666×10 <sup>6</sup>
角花崖爬藤 <i>Tetrastigma ceratopetalum</i>	0.638×10 <sup>6</sup>	1.160×10 <sup>6</sup>	0.074×10 <sup>6</sup>	0.133×10 <sup>6</sup>
台湾崖爬藤 <i>Tetrastigma formosanum</i>	0.312×10 <sup>6</sup>	0.678×10 <sup>6</sup>	0.013×10 <sup>6</sup>	0.115×10 <sup>6</sup>
三叶崖爬藤 <i>Tetrastigma hemsleyanum</i>	1.959×10 <sup>6</sup>	3.039×10 <sup>6</sup>	0.366×10 <sup>6</sup>	0.832×10 <sup>6</sup>
叉须崖爬藤 <i>Tetrastigma hypoglaucum</i>	1.859×10 <sup>6</sup>	2.074×10 <sup>6</sup>	0.372×10 <sup>6</sup>	0.346×10 <sup>6</sup> *
景洪崖爬藤 <i>Tetrastigma jinghongense</i>	0.064×10 <sup>6</sup>	0.088×10 <sup>6</sup>	0.006×10 <sup>6</sup>	0.019×10 <sup>6</sup>
广西崖爬藤 <i>Tetrastigma kwangsiense</i>	2.279×10 <sup>6</sup>	2.703×10 <sup>6</sup>	0.401×10 <sup>6</sup>	0.513×10 <sup>6</sup>
显孔崖爬藤 <i>Tetrastigma lenticellatum</i>	0.385×10 <sup>6</sup>	0.439×10 <sup>6</sup>	0.071×10 <sup>6</sup>	0.110×10 <sup>6</sup>
海南崖爬藤 <i>Tetrastigma papillatum</i>	1.446×10 <sup>6</sup>	1.729×10 <sup>6</sup>	0.178×10 <sup>6</sup>	0.192×10 <sup>6</sup>
蔡氏崖爬藤 <i>Tetrastigma tsaianum</i>	0.447×10 <sup>6</sup>	0.554×10 <sup>6</sup>	0.176×10 <sup>6</sup>	0.147×10 <sup>6</sup> *
西双版纳崖爬藤 <i>Tetrastigma xishuangbannaense</i>	0.545×10 <sup>6</sup>	0.882×10 <sup>6</sup>	0.112×10 <sup>6</sup>	0.159×10 <sup>6</sup>
云南崖爬藤 <i>Tetrastigma yunnanense</i>	0.423×10 <sup>6</sup>	0.598×10 <sup>6</sup>	0.066×10 <sup>6</sup>	0.115×10 <sup>6</sup>
山葡萄 <i>Vitis amurensis</i>	2.403×10 <sup>6</sup>	3.534×10 <sup>6</sup>	0.426×10 <sup>6</sup>	0.685×10 <sup>6</sup>
美丽葡萄 <i>Vitis bellula</i>	2.167×10 <sup>6</sup>	2.705×10 <sup>6</sup>	0.476×10 <sup>6</sup>	1.040×10 <sup>6</sup>
桦叶葡萄 <i>Vitis betulifolia</i>	2.320×10 <sup>6</sup>	2.608×10 <sup>6</sup>	0.637×10 <sup>6</sup>	0.449×10 <sup>6</sup> *
蓼莫 <i>Vitis bryoniifolia</i>	2.366×10 <sup>6</sup>	2.817×10 <sup>6</sup>	0.357×10 <sup>6</sup>	0.524×10 <sup>6</sup>
东南葡萄 <i>Vitis chunganensis</i>	0.674×10 <sup>6</sup>	1.117×10 <sup>6</sup>	0.171×10 <sup>6</sup>	0.302×10 <sup>6</sup>
闽赣葡萄 <i>Vitis chungii</i>	0.609×10 <sup>6</sup>	1.381×10 <sup>6</sup>	0.097×10 <sup>6</sup>	0.629×10 <sup>6</sup>
刺葡萄 <i>Vitis davidii</i>	2.211×10 <sup>6</sup>	2.713×10 <sup>6</sup>	0.578×10 <sup>6</sup>	0.679×10 <sup>6</sup>
菱叶葡萄 <i>Vitis hancockii</i>	0.786×10 <sup>6</sup>	1.618×10 <sup>6</sup>	0.121×10 <sup>6</sup>	0.702×10 <sup>6</sup>
庐山葡萄 <i>Vitis hui</i>	0.878×10 <sup>6</sup>	0.455×10 <sup>6</sup> *	0.258×10 <sup>6</sup>	0.413×10 <sup>6</sup>
鸡足葡萄 <i>Vitis lanceolatifoliola</i>	0.900×10 <sup>6</sup>	0.728×10 <sup>6</sup> *	0.174×10 <sup>6</sup>	0.100×10 <sup>6</sup> *
罗城葡萄 <i>Vitis luochengensis</i>	2.571×10 <sup>6</sup>	4.104×10 <sup>6</sup>	0.470×10 <sup>6</sup>	1.224×10 <sup>6</sup>
变叶葡萄 <i>Vitis piasezkii</i>	2.101×10 <sup>6</sup>	1.972×10 <sup>6</sup> *	0.328×10 <sup>6</sup>	0.200×10 <sup>6</sup> *
陕西葡萄 <i>Vitis shenxiensis</i>	1.756×10 <sup>6</sup>	1.803×10 <sup>6</sup>	0.213×10 <sup>6</sup>	0.263×10 <sup>6</sup>
小叶葡萄 <i>Vitis sinocinerea</i>	2.082×10 <sup>6</sup>	2.344×10 <sup>6</sup>	0.367×10 <sup>6</sup>	0.859×10 <sup>6</sup>
狭叶葡萄 <i>Vitis tsoi</i>	0.457×10 <sup>6</sup>	0.770×10 <sup>6</sup>	0.077×10 <sup>6</sup>	0.283×10 <sup>6</sup>
网脉葡萄 <i>Vitis wilsoniae</i>	2.000×10 <sup>6</sup>	2.689×10 <sup>6</sup>	0.370×10 <sup>6</sup>	0.548×10 <sup>6</sup>
武汉葡萄 <i>Vitis wuhanensis</i>	0.745×10 <sup>6</sup>	1.956×10 <sup>6</sup>	0.122×10 <sup>6</sup>	1.064×10 <sup>6</sup>

<sup>1)</sup> \* : 表示未来适生区呈缩小趋势 Representing the suitable habitat will shrink in the future.

或缩小趋势较为明显的闽赣葡萄、菱叶葡萄、尖齿蛇葡萄和桦叶葡萄作为代表种类,对这4种特有种当前和未来总适生区进行比较。结果(图3)显示:闽赣葡萄的未来总适生区呈现明显的向北部高纬度地区迁

移的趋势,桦叶葡萄的未来总适生区呈现向西部高海拔地区及北部高纬度地区迁移的趋势,菱叶葡萄和尖齿蛇葡萄的未来总适生区呈现向西部高海拔地区迁移的趋势。



审图号: GS(2024) 1882

A, B: 闽赣葡萄 *Vitis chungii* F. P. Metcalf; C, D: 菱叶葡萄 *Vitis hancockii* Hance; E, F: 尖齿蛇葡萄 *Ampelopsis acutidentata* W. T. Wang; G, H: 桦叶葡萄 *Vitis betuifolia* Diels et Gilg. A, C, E, G: 当前总适生区 Current total suitable habitat; B, D, F, H: 未来总适生区 Future total suitable habitat. 图中圆点表示相应种类的分布数据 The points on the maps represent the distribution data for the corresponding species.

图 3 中国葡萄科特有种代表种类的当前和未来总适生区比较

Fig. 3 Comparison on current and future total suitable habitats of representative species of endemic species of Vitaceae in China

### 3 讨论和结论

#### 3.1 中国葡萄科特有种多样性中心

本研究通过统计中国葡萄科特有种在各属中的数量和占比,发现葡萄属的广布特有种占比最高,其次是蛇葡萄属和地锦属;葡萄属和崖爬藤属的狭域特有种占比较高。葡萄属包括与经济作物葡萄最近的野生近缘种,该属在中国分布广泛、生境多样,从海南岛到大兴安岭、从青藏高原到东海之滨均有分布<sup>[12]</sup>。葡萄属有较多的广布特有种和狭域特有种,这些狭域特有种局限分布在特定区域内,更容易受到气候变化、人为干扰的影响,面临较大的灭绝风险<sup>[31]</sup>。

中国葡萄科特有种丰富度较高的区域与广布特有种丰富度较高的区域基本一致,热点地区主要集中在山区,沿中国中部和南部的山脉分布。这些山脉既是孑遗类群的避难所,又是新物种的分化中心,起到“博物馆”和“摇篮”的双重作用<sup>[34]</sup>。葡萄科广布特有种热点地区主要集中在华中、华东、华南和西南地区。这些地区均为中国生物多样性极其丰富的热点区域。例如:高黎贡山、云岭属于横断山脉,生物多样性高,特有成分丰富;且高黎贡山连接着中国西南山地、喜马拉雅山东部地区和印缅地区3个生物多样性热点地区。天目山、南岭以及哀牢山等地则是重要的遗传多样性热点地区<sup>[35-36]</sup>,由于物种进化历史独特和栖息地脆弱,这些地区被列为亟需保护的优先区<sup>[29]</sup>。因此,本研究识别出的热点地区在生物多样性保护实践中具有重要参考意义。

中国葡萄科狭域特有种热点地区主要集中在西南边境和东南沿海地区,包括哀牢山-无量山、西双版纳、滇黔桂喀斯特地区以及洞宫山。由于独特的地形和多样的生境,这些地区孕育了丰富的动植物资源,是生物多样性保护的热点地区。例如:哀牢山-无量山地区地势北高南低,海拔相差较大,是云南生物多样性的关键地区之一<sup>[37]</sup>;滇黔桂喀斯特地区地质历史古老,生物多样性丰富,是中国喀斯特植被和植物区系的核心地区<sup>[38]</sup>;西双版纳地区位于云南省南部,动植物资源丰富,是世界生物多样性保护的关键和热点地区,该地区保存着丰富的国家重点保护野生植物及大量古老孑遗植物<sup>[39]</sup>;洞宫山地区珍稀濒危植物资源丰富<sup>[40]</sup>,设有多个国家级和省级自然保护区,如凤阳山-百山祖国家级自然保护区、乌岩岭

国家级自然保护区及望东垌高山湿地省级自然保护区。现有保护地与中国葡萄科广布特有种和狭域特有种热点地区叠加分析结果显示:中国葡萄科狭域特有种热点地区附近的保护地大部分呈斑块状分布,如哀牢山国家级自然保护区、无量山国家级自然保护区、滇黔桂喀斯特地区、南岭国家级自然保护区和大别山国家级自然保护区。这些斑块状的保护地可能会增加植物近交的风险,从而降低物种的适应能力<sup>[41]</sup>。在未来的自然保护地规划中,应更多地关注中国葡萄科狭域特有种,同时考虑整合现有的零散保护地建立国家公园,以提升种群间的交流和保护成效。

#### 3.2 中国葡萄科特有种未来分布趋势

在未来气候变化下,中国葡萄科绝大部分特有种的适生区面积呈现扩大趋势,这可能是由于本研究的葡萄科植物大多为藤本植物。研究表明:在未来气候变暖的情景下,CO<sub>2</sub>浓度的升高可促进未受人为干扰的森林中藤本植物的生长和繁殖力,原因可能是拥有较高固碳效率的藤本植物比树木更能适应干旱条件,同时森林中树木死亡率的增加为藤本植物留下了更多的生态位<sup>[42-44]</sup>。但由于本研究未考虑土壤、海拔、物种的迁移能力和人类活动等因子对物种适生区的影响,模拟结果中适生区扩大的物种并不意味着未来不受威胁。模拟结果中仅小部分特有种呈现缩小趋势,这与物种的适宜生境有关,例如尖齿蛇葡萄原产于四川、云南和西藏等省(自治区)海拔2 000~3 200 m的区域<sup>[18]39</sup>,全球气候变暖下原生境气温升高不再是适生区,而更高海拔地区变得适宜,将会成为尖齿蛇葡萄的适生区。桦叶葡萄原产于湖南、湖北、河南、陕西、甘肃、四川和云南等省份,生长在海拔650~3 600 m的山沟、沟谷灌丛及林中,该种喜温暖湿润环境,生长过程需要充足的水分<sup>[18]148</sup>。在全球气候变暖的情景下,桦叶葡萄原生境气温升高,不再适宜其生存,该种的适生区会缩小,并向着西部高海拔地区及北部高纬度地区迁移。

在未来气候变化下,葡萄科绝大部分特有种呈现向北部高纬度地区或西部高海拔地区扩散的趋势,与相关研究结果<sup>[45-46]</sup>一致。随着全球气候变暖,物种不得不寻找新的生存空间,可能会向气温较低的高纬度和高海拔地区迁移,但并不是所有物种都能成功地扩散至高纬度或高海拔地区,例如:许多已经位于高纬度或高海拔地区的物种将不再有进一步迁移的空

间,还有些物种因自身扩散能力限制不能迁移至高纬度或高海拔地区,从而面临着严重的生存威胁<sup>[47]</sup>。此外,在人类活动的影响下,许多适宜生境间的自然景观发生了剧烈变化,可能会严重阻碍物种的迁移和种群间的交流<sup>[48]</sup>。因此,即使模型预测有适于物种生存的生境存在,物种也可能因为自身迁移能力有限、自然景观隔离等原因而无法到达新生境,从而走向灭绝。狭域特有种由于其特定的生境、有限的扩散能力以及较小的种群规模,与广布特有种相比更容易受到气候变化和人类活动的影响,面临着更大的灭绝风险<sup>[49]</sup>。为了保护拥有独特遗传多样性和生态功能的狭域特有种,除了在其丰富度中心建立自然保护地外,还应通过建立种质资源库、在植物园引种栽培等迁地保护措施,实现对其种质资源的全面保存。

### 3.3 结论

中国葡萄科12属94种特有种的热点地区主要集中在山区,28种广布特有种热点地区主要分布在华中、华东、华南和西南生物多样性极其丰富的热点区域;28种狭域特有种热点地区主要集中在西南边境和东南沿海地区,包括哀牢山-无量山、西双版纳、滇黔桂喀斯特地区和洞宫山。葡萄科特有种热点地区周围均有保护地,但部分热点地区的现有保护地分布零散(如哀牢山国家级自然保护区、无量山国家级自然保护区、滇黔桂喀斯特地区和大别山国家级自然保护区等地区),需整合零散分布的自然保护地以保护中国葡萄科特有种的种质资源。MaxEnt模型模拟未来分布区发现,33种特有种未来的总适生区与高适生区均呈现明显扩大趋势,例如闽赣葡萄和菱叶葡萄等;9种特有种未来的总适生区或高适生区明显缩小,其中4种为葡萄属特有种。绝大部分物种呈现向北部高纬度地区或西部高海拔地区移动的趋势。但本研究仅考虑了未来气候因子的影响,在今后的研究中应综合考虑土壤、海拔、人类扰动和物种迁移能力等其他因子,以得到更加准确的预测结果。

**致谢:**感谢中国科学院植物研究所植物大数据与生物多样性保护研究团队冯亚磊博士研究生在物种分布数据清洗过程中提供的帮助!

### 参考文献:

[1] 覃海宁,赵莉娜,于胜祥,等.中国被子植物濒危等级的评估[J].生物多样性,2017,25(7):745-757.  
[2] 杨永.中国裸子植物红色名录评估(2021版)[J].生物多样性,2021,29(12):1599-1606.

[3] YE C, LIU H Y, QIN H N, et al. Geographical distribution and conservation strategy of national key protected wild plants of China [J]. iScience, 2023, 26(8): 107364.  
[4] 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.  
[5] LAFFAN S W, CRISP M D. Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora [J]. Journal of Biogeography, 2003, 30(4): 511-520.  
[6] LAMOREUX J F, MORRISON J C, RICKETTS T H, et al. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism [J]. Nature, 2006, 440: 212-214.  
[7] GHASEMI S, MALEKIAN M, TARKESH M, et al. Climate change alters future distribution of mountain plants, a case study of *Astragalus adscendens* in Iran [J]. Plant Ecology, 2022, 223: 1275-1288.  
[8] YOUSEFZADEH H, AMIRCHAKHMAGHI N, NASERI B, et al. The impact of climate change on the future geographical distribution range of the endemic relict tree *Gleditsia caspica* (Fabaceae) in Hyrcanian forests [J]. Ecological Informatics, 2022, 71: 101773.  
[9] CASAZZA G, GUERRINA M, DAGNINO D, et al. Will natura 2000 european network of protected areas support conservation of Southwestern Alps endemic flora under future climate? [J]. Biodiversity and Conservation, 2023, 32: 1353-1367.  
[10] MEROW C, SMITH M J, SILANDER J A, Jr. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter [J]. Ecography, 2013, 36(10): 1058-1069.  
[11] HE P, LI J Y, LI Y F, et al. Habitat protection and planning for three *Ephedra* using the MaxEnt and Marxan models [J]. Ecological Indicators, 2021, 133: 108399.  
[12] 孟聚星,张国海,樊秀彩,等.中国葡萄野生种的分布调查分析[J].植物遗传资源学报,2020,21(6):1539-1548.  
[13] 亓桂梅,赵艳侠,管林生,等.世界抗寒葡萄育种成果及应用概述[J].东北农业科学,2022,47(1):108-111,141.  
[14] 李绍华,梁振昌.中国科学院植物研究所葡萄科研六十载[J].生命世界,2018(4):28-35.  
[15] 陈燕,梁敬钰.蛇葡萄属药用植物的研究进展[J].海峡药学,2009,21(3):5-7.  
[16] 姚文琴,王定瑜,党荣敏,等.狭叶崖爬藤抗类风湿关节炎的实验研究[J].现代医药卫生,2017,33(12):1766-1768.  
[17] 安凤生,孙培福,彭志成.爬山虎属植物在园林中应用及生态效果[J].黑龙江科技信息,2011(20):231.  
[18] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:第四十八卷第二分册[M].北京:科学出版社,1998.  
[19] WEN J, BOGGAN J, NIE Z L. Synopsis of *Nekemias* Raf., a segregate genus from *Ampelopsis* Michx. (Vitaceae) disjunct between eastern/southeastern Asia and eastern North America, with ten new combinations [J]. PhytoKeys, 2014, 42: 11-19.  
[20] DANG V C, NGUYEN V H, DAO B H, et al. A new species and new records of *Cyphostemma* (Vitaceae) from China and Vietnam

- based on morphological and molecular evidence [J]. *Systematic Botany*, 2017, 42(3): 449–457.
- [21] WEN J, LU L M, HSU T W, et al. *Pseudocayratia*, a new genus of Vitaceae from China and Japan with two new species and three new combinations[J]. *Journal of Systematics and Evolution*, 2018, 56(4): 374–393.
- [22] PARMAR G, DANG V C, RABARIJAONA R N, et al. Phylogeny, character evolution and taxonomic revision of *Causonis*, a segregate genus from *Cayratia* (Vitaceae)[J]. *Taxon*, 2021, 70(6): 1188–1218.
- [23] WEN J, LU L M, NIE Z L, et al. A new phylogenetic tribal classification of the grape family (Vitaceae): tribal classification of Vitaceae[J]. *Journal of Systematics and Evolution*, 2018, 56(4): 262–272.
- [24] 黄继红, 马克平, 陈彬. 中国特有种子植物的多样性及其地理分布[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014: 209–211.
- [25] CHEN Z H, CHEN F, LU Y F, et al. Three new species of *Cayratia*-like genera (Vitaceae) from Zhejiang, East China[J]. *Phytotaxa*, 2020, 475(4): 253–266.
- [26] 王文采. 葡萄属一新名和一新种[J]. *广西植物*, 2010, 30(3): 287–289.
- [27] WAN Y Z, SCHWANINGER H, LI D, et al. A review of taxonomic research on Chinese wild grapes [J]. *Vitis-Journal of Grapevine Research*, 2008, 47(2): 81–88.
- [28] MA Z Y, WEN J, FU Q, et al. *Vitis shizishanensis*, a new species of the grape genus from Hubei Province, China[J]. *PhytoKeys*, 2021, 184: 45–54.
- [29] LU L M, ZHAO L N, HU H H, et al. A comprehensive evaluation of flowering plant diversity and conservation priority for national park planning in China [J]. *Fundamental Research*, 2023, 3: 939–950.
- [30] GBIF.org. GBIF occurrence download[DB/OL]. [2023-03-22]. <https://doi.org/10.15468/dl.e9gcg4>.
- [31] XU W B, SVENNING J C, CHEN G K, et al. Human activities have opposing effects on distributions of narrow-ranged and widespread plant species in China[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(52): 26674–26681.
- [32] CAMARGO A, WERNECK F P, MORANDO M, et al. Quaternary range and demographic expansion of *Liolaemus darwini* (Squamata: Liolaemidae) in the Monte Desert of Central Argentina using Bayesian phylogeography and ecological niche modelling[J]. *Molecular Ecology*, 2013, 22: 4038–4054.
- [33] ZHAO X F, LEI M, WEI C H, et al. Assessing the suitable regions and the key factors for three Cd-accumulating plants (*Sedum alfredii*, *Phytolacca americana*, and *Hylotelephium spectabile*) in China using MaxEnt model[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 852: 158202.
- [34] LÓPEZ-PUJOL J, ZHANG F M, SUN H Q, et al. Centres of plant endemism in China: places for survival or for speciation? [J]. *Journal of Biogeography*, 2011, 38: 1267–1280.
- [35] FAN D M, HUANG J H, HU H L, et al. Evolutionary hotspots of seed plants in subtropical China: a comparison with species diversity hotspots of woody seed plants[J]. *Frontiers in Genetics*, 2018, 9: 333.
- [36] DENG T, ABBOTT R J, LI W Q, et al. Genetic diversity hotspots and refugia identified by mapping multi-plant species haplotype diversity in China[J]. *Israel Journal of Plant Sciences*, 2019, 66: 136–151.
- [37] 王群, 郭志祥, 李进斌, 等. 云南哀牢山、无量山国家级自然保护区蝴蝶种群动态及多样性[J]. *生物多样性*, 2020, 28(8): 921–930.
- [38] 许为斌, 黄俞淞, 吴望辉, 等. 典型喀斯特区域植物物种多样性研究: 以广西中越边境喀斯特地区种子植物为例[J]. *广西科学*, 2018, 25(5): 611–619.
- [39] 全东丽, 杨斌, 马文章, 等. 西双版纳苔藓植物多样性及其濒危状况[J]. *生物多样性*, 2021, 29(4): 545–553.
- [40] 丁炳扬, 金孝锋, 张永华, 等. 浙江野生种子植物的分布格局与区系分区[J]. *生物多样性*, 2023, 31(4): 48–61.
- [41] 陈小平, 陈文波. 鄱阳湖生态经济区生态网络构建与评价[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(5): 1611–1618.
- [42] GRANADOS J, KÖRNER C. In deep shade, elevated CO<sub>2</sub> increases the vigor of tropical climbing plants[J]. *Global Change Biology*, 2002, 8: 1109–1117.
- [43] CAI Z Q, SCHNITZER S A, BONGERS F. Seasonal differences in leaf-level physiology give lianas a competitive advantage over trees in a tropical seasonal forest[J]. *Oecologia*, 2009, 161: 25–33.
- [44] DALLING J W, SCHNITZER S A, BALDECK C, et al. Resource-based habitat associations in a neotropical liana community [J]. *Journal of Ecology*, 2012, 100: 1174–1182.
- [45] ROOT T L, PRICE J T, HALL K R, et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants [J]. *Nature*, 2003, 421: 57–60.
- [46] WILSON R J, GUTIÉRREZ D, GUTIÉRREZ J, et al. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change[J]. *Global Change Biology*, 2007, 13: 1873–1887.
- [47] CHRISTMAS M J, BREED M F, LOWE A J. Constraints to and conservation implications for climate change adaptation in plants [J]. *Conservation Genetics*, 2016, 17: 305–320.
- [48] BARBER Q, NIELSEN S, HAMANN A. Assessing the vulnerability of rare plants using climate change velocity, habitat connectivity, and dispersal ability: a case study in Alberta, Canada [J]. *Regional Environmental Change*, 2016, 16: 1433–1441.
- [49] VINCENT H, BORNAND C N, KEMPEL A, et al. Rare species perform worse than widespread species under changed climate[J]. *Biological Conservation*, 2020, 246: 108586.

(责任编辑: 郭严冬)