



竹叶兰的地理分布及气候影响因子

谢春平, 李超杰, 彭贵花, 杨密尔, 陈林, 刘大伟

引用本文:

谢春平, 李超杰, 彭贵花, 杨密尔, 陈林, 刘大伟. 竹叶兰的地理分布及气候影响因子[J]. 信阳师范学院学报自然科学版, 2023, 36(3): 367–372. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2023.03.004

XIE Chunping, LI Chaojie, PENG Guihua, YANG Mier, CHEN Lin, LIU Dawei. Geographical Distribution and Climatic Limiting Factors of *Arundina Graminifolia*[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2023, 36(3): 367–372. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2023.03.004

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2023.03.004>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

中国东南部主要海岛植物地理分布特点及其影响因素

Phytogeographical Distribution and Determination Factors of Coastal Island in the Southeast of China

信阳师范学院学报自然科学版, 2020, 33(1): 54–59. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2020.01.010>

西藏地区种子植物多样性分布格局和多样性分化特点

The Spatial Patterns of Species Diversity of Seed Plants and Its Differentiation in Tibet

信阳师范学院学报自然科学版, 2016, 29(3): 405–411. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2016.03.023>

环境因子对滇西北地区植物多样性分布格局的影响

Effects of Environmental Factors on Spatial Patterns of Plant Diversity in Northwest Yunnan

信阳师范学院学报自然科学版, 2019, 32(1): 62–68. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2019.01.011>

气候变化对尼泊尔地区热带植物海拔分布格局的影响

The Influences of Climate Change on the Elevational Patterns of Tropical Plants in Nepal

信阳师范学院学报自然科学版, 2018, 31(2): 233–239. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2018.02.012>

湿地系统中重金属截留分布的季节性特征及来源研究

Study on the Seasonal Retention and Distribution Characteristics and Source of Heavy Metals in Wetland System

信阳师范学院学报自然科学版, 2021, 34(3): 381–386. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2021.03.007>

竹叶兰的地理分布及气候影响因子

谢春平¹,李超杰¹,彭贵花¹,杨密尔¹,陈林^{2*},刘大伟³

(1. 琼台师范学院 理学院 生物系, 海南 海口 571127;
2. 南京林业大学 生物与环境学院/南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037;
3. 南京森林警察学院 物证检验鉴定中心, 江苏 南京 210023)

摘要:为全面了解竹叶兰当前地理分布现状及气候限制性因子,基于142个地理分布记录和相应的19个生物气候数据,利用主成分分析法对竹叶兰的地理分布格局及其主导环境因子进行分析。结果显示:竹叶兰在中国的水平分布以中亚热带以南为主,同时东部地区的分布要比西部集中;垂直分布累计显示,竹叶兰以中低海拔分布为主,多数在海拔800 m以下生长;主成分分析的结果显示,降水对竹叶兰地理分布格局的影响要强于温度,尤其是干季降水的影响较大,降水和温度分别是限制竹叶兰向西和向北分布扩散的主要气候因子。

关键词:生物气候;水平分布;垂直分布;竹叶兰

中图分类号:Q948.13

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Geographical Distribution and Climatic Limiting Factors of *Arundina Graminifolia*

XIE Chunping¹, LI Chaojie¹, PENG Guihua¹, YANG Mier¹, CHEN Lin^{2*}, LIU Dawei³

(1. Biology Department of Science College, Qiongtai Normal University, Haikou 571127, China;
2. College of Biology and the Environment/Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
3. Center for Physical Evidence Examination and Identification, Nanjing Forest Police College, Nanjing 210023, China)

Abstract:In order to comprehensively understand the current geographical distribution status and climatic limiting factors of *Arundina graminifolia*, the geographical distribution pattern of *A. graminifolia* and its dominant environmental factors are analysed using principal component analysis (PCA) based on 142 geographical distribution records and the corresponding 19 bioclimatic data. The results show that the horizontal distribution of *A. graminifolia* is mainly south of the central subtropics in China. However, the distribution pattern is more concentrated in the east than that in the west. The cumulative vertical distribution shows that *A. graminifolia* is mainly distributed at middle and low altitudes, especially below 800 m. The results of the principal component analysis show that precipitation has a slightly stronger influence on the geographical distribution pattern of *A. graminifolia* than temperature, especially the dry season precipitation. Precipitation and temperature are the main climatic factors limiting the westward and northward distribution of *A. graminifolia* respectively.

Key words: bioclimate; horizontal distribution; vertical distribution; *Arundina graminifolia*

0 引言

环境对物种的地理分布格局具有重要意义,同时也是物种与环境长期适应的结果^[1]。在大尺度

格局上,气候因素对物种的分布具有决定性作用,它往往是限制物种分布的关键性因子^[2]。物种地理分布格局的研究长期以来备受生物地理学领域的关注^[3-4],通过物种分布格局的研究可揭示物种

收稿日期:2023-01-08;修回日期:2023-03-25;*.通信联系人,E-mail:xcp@mail.qtnu.edu.cn;clinechen@njfu.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金项目(31300558,32071782);琼台师范学院科研项目(qtnb202222);大学生创新创业实践项目(S202213811039);琼台师范学院热带生物多样性与资源利用实验室项目(QTPT21-5)

作者简介:谢春平(1980—),男,海南儋州人,副教授,博士,主要从事城市生态学与森林生态学研究。

的形成、演化和对环境的适应机制,并能深刻了解物种的生存现状^[5]。全球气候变暖已造成许多物种的栖息地减少与丧失,为生物多样性保护带来巨大的挑战^[6]。因此,了解目标物种的地理分布格局与气候的相关性是提出有效保护策略的基础^[7]。

中国具有丰富的兰科植物资源,是世界兰科(Orchidaceae)植物多样性分布中心之一,所拥有的兰科植物种类从原始类型到高级类型极其丰富与复杂^[8],因此兰科植物多样性与地理分布的研究在国内获得了广泛关注^[9-10]。在对中国兜兰属宽瓣亚属(*Paphiopedilum* Subgen. *Brachypetalum*)植物地理分布格局及其主导气候因子的研究中发现,昼夜温差月均值、最暖季度平均气温、年平均气温变化范围等3个气候因子是影响中国宽瓣亚属植物分布的主导气候因子^[11]。但具体到特定物种,如硬叶兜兰(*Paphiopedilum micranthum*)的研究结果则显示,顶层土壤质地(壤土)、最干季度降水量、年均降水量和碳酸钙含量等是限制该物种分布的关键性因子^[12]。MaxEnt模型模拟的结果显示,中国白芨(*Bletilla striata*)的适宜分布区主要集中在秦岭与淮河以南地区,而4月最低温度、10月最低温度、年温差和11月降水量是影响该物种潜在分布的最重要气候变量^[13]。限制竹叶花椒(*Zanthoxylum armatum*)地理分布的最重要因素是1月的最高气温,过高的冬季低温并不利于该物种的春化作用^[14]。对具翼龙脑香(*Dipterocarpus alatus*)在泰国湄公河沿岸森林分布的研究表明,降水是影响该物种分布的关键影响因子,所以仅沿岸的少数几个地区适宜具翼龙脑香的生长^[15]。由此不难看出,通过大格局地理分布的研究可精准地了解限制物种地理分布的关键性因子,对资源的开发利用、引种栽培、保护策略制定等方面均具有较高的现实意义^[16]。对兰科植物地理分布与气候相关性进行研究,可以为该物种的保护与资源开发提供依据。竹叶兰[*Arundina graminifolia* (D. Don) Hochr.]隶属于兰科竹叶兰属(*Arundina*)。作为一种民族药用植物,它在治疗风湿病、食物中毒、蛇咬伤、创伤性损伤、解毒和散热等方面具有很好的功效^[17]。因此,竹叶兰在生态习性^[18]、药用化学成分^[19]、药理作用及繁殖栽培^[20]等方面获得了较为深入的研究。但随着竹叶兰野生资源的日益减少,引种栽培竹叶兰成为解决当前资源紧张局面的有效途径^[21]。本研究拟在全面收集竹叶兰地理分布数据的基础上,通过主成分分析方法对生物

气候因子重要性的排序,揭示影响竹叶兰分布的关键性气候因素,为该物种的野外种群保护以及资源的引种开发提供科学参考依据。

1 材料与方法

1.1 样本数据

参与本研究的竹叶兰地理分布数据样本包括野外调查、文献记录及数据库检索等3部分。(1)野外调查主要以华南地区为主,涉及海南、广东和广西部分地区。(2)文献记载以各地植物志、保护区科考报告、公开发表的文献记录为主。(3)数据库检索以国家标本资源共享平台为主(<http://www.nsii.org.cn>),以“物种拉丁名=*Arundina graminifolia*”为检索词(检索截止时间为2022年10月30日)。初步获得841份原始标本记录,同时剔除有误、重复、栽培、信息不全等标本记录。最后,将上述所有记录进行综合汇总,有142个分布记录作为本研究样本数据。

1.2 环境数据

将所获得的竹叶兰分布记录利用Map Location(<https://maplocation.sjfkai.com/>)进行批量查询坐标,获得具体的坐标数据,并导入DIVA-GIS 7.5内提取相应的海拔与19个生物气候数据,空间分辨率为2.5'。DIVA-GIS 7.5的相应环境数据均来自WorldClim数据库,该数据库已获得广泛的认可与应用。

1.3 分析方法

对所获得的环境数据利用PAST 4.11(Paleontological Statistics)进行主成分分析,筛选出第一主成分和第二主成分绝对最大的前4个环境因子,确定为影响竹叶兰地理分布的关键性因子。利用EXCEL对所筛选出的8个环境因子进行描述性统计分析,包括最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数。采用半宽峰(PWH)表示竹叶兰关键环境因子的适宜范围,即:

$$PWH = 2.354S, \quad (1)$$

式中: S 为标准差。适宜分布范围为 $[X - 1/2PWH, X + 1/2PWH]$, X 为各因子的平均值。

2 结果与分析

2.1 地理分布格局

现有的调查数据表明,竹叶兰从东至西的分布包括浙江、福建、江西、广东、海南、湖南、贵州、广西、四川、云南和西藏等11个省区(图1)。

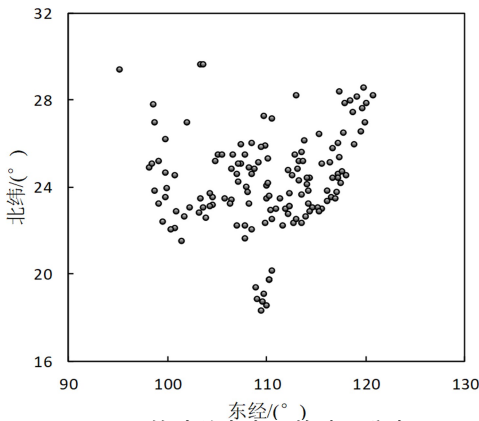


图 1 竹叶兰在中国的地理分布

Fig. 1 Geographical distribution of *Arundina graminifolia* in China

浙江乐清、西藏墨脱、海南三亚和四川峨眉分别为竹叶兰在中国分布区的四至点。从获取的 142 个分布记录看,广东最多(24),其次是广西(29)和云南(27);福建(17)和海南(10)的分布记录也分别为 10 个以上,其余的分布记录均少于 10 个点,其中西藏仅 1 个分布记录点。由此可以看出,该物种的水平分布呈现出以热带和南亚热带分布为主,并逐渐过渡至中亚热带的分布类型。

以竹叶兰的每个分布点对应的海拔为横坐标(x 轴),所占比为纵坐标(y 轴),绘制竹叶兰的垂直分布累计分布图(图 2)。从图 2 可以看出:低于海拔 250 m 的范围内有 50% 的分布点出现;当海拔高度上升至 800 m 时,分布点累计出现 75%;余下 25% 的分布点出现在海拔 800 m 以上。不难看出,竹叶兰是一种以中低海拔分布为主的物种,这也体现出该物种具有一定的喜温特性,这也与其热带-亚热带的水平分布区相吻合。因此,过高的海拔生境可能并不适宜竹叶兰的生长。

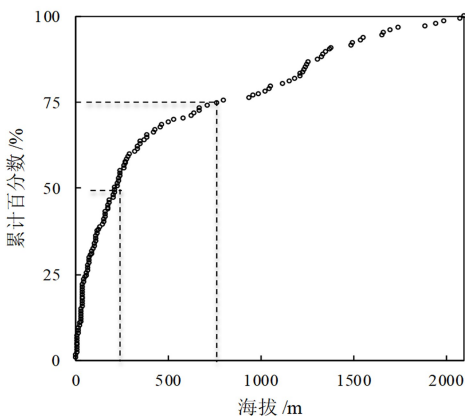


图 2 竹叶兰在中国的垂直分布格局

Fig. 2 Vertical distribution pattern of *Arundina graminifolia* in China

2.2 限制性气候因子

对竹叶兰 20 个环境因子进行主成分分析,结果见表 1。

表 1 竹叶兰在我国的天然分布区环境指标主成分分析
Tab. 1 Principal component analysis on environmental factors of natural distribution area for *Arundina graminifolia* in China

因子	主成分			
	PC1	PC2	PC3	PC4
海拔	-0.306	-0.194	0.060	0.011
年均温	0.102	<u>0.359</u>	-0.081	0.149
昼夜温差均值	-0.215	-0.130	0.085	0.667
昼夜温差与年均温差比值	-0.307	0.093	0.036	0.432
温度变化方差	0.273	-0.237	0.009	-0.105
极端高温	0.303	0.138	-0.075	0.281
极端低温	0.038	<u>0.374</u>	-0.094	-0.066
温度年度范围	0.175	-0.301	0.047	0.270
最湿季均温	0.117	0.310	-0.055	-0.160
最干季均温	0.032	<u>0.362</u>	-0.055	0.201
最热季均温	0.293	0.205	-0.088	0.070
最冷季均温	-0.043	<u>0.374</u>	-0.069	0.152
年均降水	0.173	0.101	<u>0.436</u>	0.033
最湿月降水	0.007	0.124	<u>0.494</u>	-0.001
最干月降水	<u>0.328</u>	-0.102	0.106	0.110
降水变化方差	<u>-0.312</u>	0.111	0.118	-0.073
最湿季均降水	-0.003	0.125	<u>0.505</u>	0.011
最干季均降水	<u>0.329</u>	-0.108	0.114	0.101
最热季均降水	-0.089	0.091	<u>0.458</u>	-0.188
最冷季均降水	<u>0.323</u>	-0.101	<u>0.094</u>	0.145
特征根	7.586	6.709	3.412	1.069
方差贡献率/%	37.928	33.547	17.058	5.343
累计贡献/%	37.928	71.475	88.533	93.876

注:表中下划线数字为各主成分中位列前 4 的影响因子。

第一主成分(PC1)、第二主成分(PC2)和第三主成分(PC3)的贡献率分别为 37.928%、33.547% 和 17.058%,前 3 个主成分的累计贡献率达 88.533% (大于 75%);同时前 3 个主成分的特征根也均大于 1(7.586、6.709 和 3.412),这都说明了影响竹叶兰地理分布的主导环境信息可通过前 3 个主成分进行反映。第一主成分中,因子重要性的排序前 4 的分别为最干季均降水(0.329)、最干月降水(0.328)、最冷季均降水(0.323)和降水变化方差(-0.312)。由这一排序可以看出,影响竹叶兰分布的最关键性因子是降水,而其中以最干季均降水的影响作用较大。第二主成分中,主要影响因子是极端低温(0.374)、最冷季均温(0.374)、最干季均温(0.362)和年均温(0.359)。由此可知,主成分第二轴反映了竹叶兰对水分需求的情况,其中极端低温和最冷季均温对第二轴具有较大的影响,即极端因子对竹叶兰分布的影响。第三主成分的比重

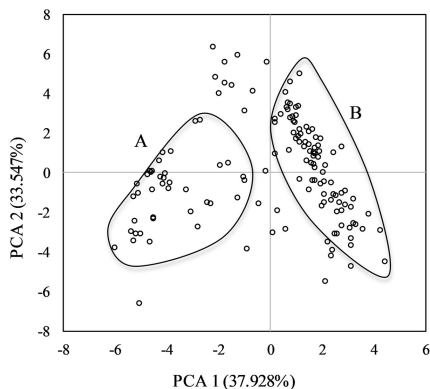
比前两个都低,第二轴仍体现出水分对竹叶兰分布的影响;其中最湿季均降水(0.505)、最湿月降水(0.494)和最热季均降水(0.458)的影响力较大。由于我国热带和亚热带地区雨热同期,因此第三轴也反映出夏季降水对竹叶兰的影响。余下主成分的贡献率均较小,对竹叶兰的分布影响不起主导作用。

基于20个环境因子的作用,竹叶兰在中国的地理分布大致可划分为2类,结果见图3。即西南分布区(A)与东南分布区(B),这与其实际地理分布区的气候特征也相吻合。从分布点的集中程度看,东南分布区的点更为连续与集中,说明了东部环境特征较为一致;而西部地区的分布点较为分散,说明了环境异质性较高,如云、贵、川、藏等具有复杂的地形与气候特征。因此,从东部沿海地区至内陆高山地区的环境变化,降水作用的影响作用较大,亦从表1的结果得到很好的体现。

2.3 分布区气候特征

对前2个主成分筛选出来的8个主导气候环境因子进行描述性统计(表2),第一主成分的主导因子显示最干月降水、降水变化方差、最干季均降水和最冷季均降水的适宜范围是13.91~34.03 mm、58.46~78.76、53.43~122.17 mm和53.36~

152.38 mm,这说明竹叶兰喜欢湿润的环境。在第二主成分中,年均温、极端低温、最干季均温和最冷季均温的适宜分布范围分别为16.97~21.37 °C、>2.52 °C、9.50~15.50 °C和8.29~14.26 °C;其中极端低温、年均温等均显示,竹叶兰具有喜温暖的特性。因此,竹叶兰分布区域的气候特征以温暖湿润为主。



注:图中A、B分别表示西南及东南两区域的分布点。

图3 基于环境因子作用下的竹叶兰地理分布主成分分析二维图

Fig. 3 A principal component analysis showing the geographical distribution of *Arundina graminifolia* based on environmental factors

表2 主成分分析筛选后的8个主导气候因子变量统计

Tab. 2 Variable statistics of eight dominant climatic factors after principal components analysis screening

项目	第一主成分				第二主成分			
	最干月降水/mm	降水变化方差	最干季均降水/mm	最冷季均降水/mm	年均温/°C	极端低温/°C	最干季均温/°C	最冷季均温/°C
最小值	6.00	47.76	21.00	21.00	10.48	-2.70	2.23	2.23
最大值	53.00	100.09	189.00	276.00	25.76	17.40	22.80	21.88
平均值	28.03±12.00	72.71±12.10	101.68±40.99	122.86±59.05	20.06±2.63	7.08±3.87	13.71±3.58	12.48±3.56
变异系数	42.80	16.64	40.31	48.06	13.10	54.69	26.10	28.54
适宜分布范围	13.91~34.03	58.46~78.76	53.43~122.17	53.36~152.38	16.97~21.37	>2.52	9.50~15.50	8.29~14.26

3 讨论

物种的地理分布区格局是其与环境长期相互作用结果的体现,而水热条件是决定物种大格局分布的最直接因素。揭示竹叶兰的地理分布格局及其气候限制性因子,对竹叶兰的种质资源保护与开发具有重要意义。从当前的水平地理分布情况来看,竹叶兰从东至西横跨了我国的热带及亚热带地区(中亚热带以南),从所掌握的地理分布点整体格局来看,东部地区的密集程度要高于西部地区,呈现出从东至西密集度逐渐下降的趋势,这可能与降水量的经度变化有直接的关系。一般而言,中国东部地区受太平洋季风的影响带来较大降水量,向西

则呈逐渐降低的趋势^[22];而主成分分析的结果也支持了降水对竹叶兰地理分布有重要的影响。从东西部地形地貌特征来看,东部多为低山丘陵区,而西部山体海拔和地貌特征则更为复杂多样。以海南分布的竹叶兰为例,多数分布在400~500 m的山区,在海南岛中部山区的五指山、尖峰岭、霸王岭等地均有发现^[23],这也与其垂直分布格局的结果基本吻合。

主成分分析的结果显示,降水因子对竹叶兰的地理分布的影响要强于温度(表1)。第一主成分显示最干季均降水和最干月降水的因子负载量,由此可以看出,干旱季节的降水量是限制竹叶兰从东向西分布的关键。竹叶兰在西藏墨脱的出现,恰好

证明了竹叶兰对水分的需求性;因为,得益于印度洋暖湿气流的深入,在藏东南地区形成了重要水汽通道,使得该区域的降水十分充沛^[24],满足了竹叶兰的生长需求。此外,第一主成分的降水变化方差为负值,说明了各季节降水变化过大反倒不利于竹叶兰的生长。这可能是由于竹叶兰为地生性兰花,过于剧烈的降水变化可能会形成涝或旱的两个极端,从而影响根系在土壤的活动。第二主成分的影响力要弱于第一主成分,但仍有 33.547% 的贡献率。该主成分主要体现了温度对竹叶兰的影响,尤其是低温的影响(即极端低温和最冷季均温)。随着我国西部地势的升高,对温度形成了直接的影响,同时也间接地造成了竹叶兰东西分布不均匀的格局。此外,随着纬度的增加,向北分布的分布点也呈逐渐减少的态势。综合上述分析可知,干季降水和冬季温度分别是限制竹叶兰向西和向北分布的关键性因素。

从野外调查的结果显示,竹叶兰的生境多数与“水”密切相关,如溪岸、有流水的峭壁、水流冲刷缓地等^[25]。但同时亦有文献报道,竹叶兰可在林缘、

路旁、草地阳面等处分布,具有较强的抗逆性和耐贫瘠性^[26-27]。因此,笔者推测该物种较为喜潮湿阴凉,但同时对环境亦有较强的适应性。

4 结论

竹叶兰在中国的分布以中亚热带以南地区为主,呈现出东南部集中、西南部稀疏的分布格局。主成分分析的结果显示,降水对竹叶兰地理分布的影响要强于温度,其中以干季降水的影响较大。降水和温度分别是限制竹叶兰向西和向北分布扩散的主要气候因子。当前野生竹叶兰种群所面临最大的威胁来自人为干扰,因需要加大对该物种的保护与引种栽培,应在现有基础上,提高试管苗的成活数和分蘖数,同时尝试新型的扩繁技术。遗传多样性是育种的基础,但当前竹叶兰的遗传多样性研究仍有待于继续深化。下一步研究应在获取更全面的地理分布数据的基础上,结合相应的物种分布模型,精准模拟竹叶兰的潜在适生区,为该物种的保护与资源利用提供科学参考依据。

参考文献:

- [1] CHUINE I. Why does phenology drive species distribution? [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2010, 365(1555): 3149-3160.
- [2] 邱靖,朱弘,陈昕,等.基于 DIVA-GIS 的水榆花楸适生区模拟及生态特征[J]. *北京林业大学学报*, 2018, 40(9): 25-32.
QIU Jing, ZHU Hong, CHEN Xin, et al. Modeling the suitable areas and ecological characteristics of *Sorbus alnifolia* using DIVA-GIS software[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2018, 40(9): 25-32.
- [3] 赖云云,冯建孟,袁媛媛.气候变化对尼泊尔地区热带植物海拔分布格局的影响[J]. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 2018, 31(2): 233-239.
LAI Yunyun, FENG Jianmeng, YUAN Yuanyuan. The influences of climate change on the elevational patterns of tropical plants in Nepal[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2018, 31(2): 233-239.
- [4] 张梅,季长波,王鹏,等.中国东南部主要海岛植物地理分布特点及其影响因素[J]. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 2020, 33(1): 54-59.
ZHANG Mei, JI Changbo, WANG Peng, et al. Phytogeographical distribution and determination factors of coastal island in the southeast of China[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2020, 33(1): 54-59.
- [5] 王芳,熊喆,延晓冬,等.杨属物种多样性在中国的地理分布格局[J]. *生态学报*, 2018, 38(1): 282-290.
WANG Fang, XIONG Zhe, YAN Xiaodong, et al. Geographical distribution pattern of species diversity of the genus *Populus L.* in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(1): 282-290.
- [6] NIELSEN K S, MARTEAU T M, BAUER J M, et al. Biodiversity conservation as a promising frontier for behavioural science[J]. *Nature Human Behaviour*, 2021, 5(5): 550-556.
- [7] CAI Chaonan, ZHANG Xiaoyan, ZHA Jianjun, et al. Predicting climate change impacts on the rare and endangered *Horsfieldia tetratpala* in China[J]. *Forests*, 2022, 13(7): 1051.
- [8] 张殷波,杜昊东,金效华,等.中国野生兰科植物物种多样性与地理分布[J]. *科学通报*, 2015, 60(2): 179-188.
ZHANG Yinbo, DU Haodong, JIN Xiaohua, et al. Species diversity and geographic distribution of wild Orchidaceae in China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2015, 60(2): 179-188.
- [9] ZHOU Zhihua, SHI Ronghong, ZHANG Yu, et al. Orchid conservation in China from 2000 to 2020: Achievements and perspectives [J]. *Plant Diversity*, 2021, 43(5): 343-349.
- [10] YE Chao, AN Mingtai, SHI Jinzhu, et al. Spatial distribution and its limiting environmental factors of native orchid species diversity

- in the Beipan River Basin of Guizhou province, China[J]. *Ecology and Evolution*, 2022, 12(11): e9470.
- [11] 张央, 安明态, 武建勇, 等. 中国兜兰属宽瓣亚属植物地理分布格局及其主导气候因子[J]. *植物生态学报*, 2022, 46(1): 40-50.
ZHANG Yang, AN Mingtai, WU Jianyong, et al. Geographical distribution pattern and dominant climatic factors of the *Paphiopedilum Subgen. Brachypetalum* in China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2022, 46(1): 40-50.
- [12] 张央, 武建勇, 安明态, 等. 中国硬叶兜兰地理分布格局及其潜在分布区预测[J]. *西北植物学报*, 2021, 41(11): 1932-1939.
ZHANG Yang, WU Jianyong, AN Mingtai, et al. Geographical distribution pattern and prediction of the potential distribution of *Paphiopedilum micranthum* in China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2021, 41(11): 1932-1939.
- [13] GONG Ye, JING Pengfei, WEI Yukun, et al. Potential distribution of *Bletilla striata* (Orchidaceae) in China and its climate characteristics[J]. *Plant Diversity*, 2014, 36(2): 237-244.
- [14] KAUR H, SENA S, JHA P, et al. *Arundina graminifolia* (D. Don) Hochr. (Orchidaceae): A review of its medicinal importance, phytochemistry and pharmacology activities[J]. *South African Journal of Botany*, 2022, 150: 956-964.
- [15] KOLANOWSKA M, KONOWALIK K. Niche conservatism and future changes in the potential area coverage of *Arundina graminifolia*, an invasive orchid species from Southeast Asia[J]. *Biotropica*, 2014, 46(2): 157-165.
- [16] AHMAD S, GAO Jie, WEI Yonglu, et al. The transcriptome profiling of flavonoids and bibenzyls reveals medicinal importance of rare orchid *Arundina graminifolia*[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13: 923000.
- [17] DA SILVA WANDERLEY C, DE FARIA R T, VENTURA M U, et al. The effect of plant growth regulators on height control in potted *Arundina graminifolia* orchids (Growth regulators in *Arundina graminifolia*)[J]. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 2014, 36(4): 489-494.
- [18] 韦阳连, 袁志永, 余金昌. 竹叶兰最新研究进展[J]. *天津农业科学*, 2016, 22(7): 147-150.
WEI Yanglian, YUAN Zhiyong, YU Jinchang. The latest research progresses of *Arundina graminifolia* [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2016, 22(7): 147-150.
- [19] XU Danping, ZHUO Zhihang, WANG Rulin, et al. Modeling the distribution of *Zanthoxylum armatum* in China with MaxEnt modeling[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2019, 19: e00691.
- [20] KAMYO T, ASANOK L. Modeling habitat suitability of *Dipterocarpus alatus* (Dipterocarpaceae) using MaxEnt along the Chao Phraya river in Central Thailand[J]. *Forest Science and Technology*, 2020, 16(1): 1-7.
- [21] 谢春平, 吴显坤, 薛晓明, 等. 浙江楠适生区与气候环境关系的分析[J]. *四川农业大学学报*, 2020, 38(3): 264-271.
XIE Chunping, WU Xiankun, XUE Xiaoming, et al. Analysis on relationship between suitable habitat of *Phoebe chekiangensis* and climatic environmental factors[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2020, 38(3): 264-271.
- [22] JIN Haoyu, CHEN Xiaohong, WU Pan, et al. Evaluation of spatial-temporal distribution of precipitation in mainland China by statistic and clustering methods[J]. *Atmospheric Research*, 2021, 262: 105772.
- [23] 曾凌云. 海南野生竹叶兰[J]. *琼州学院学报*, 2009, 16(5): 53-54.
ZENG Lingyun. Wild *Arundina graminifolia* hochr in Hainan[J]. *Journal of Qiongzhou University*, 2009, 16(5): 53-54.
- [24] 王改利, 周任然, 扎西索郎, 等. 青藏高原墨脱地区云降水综合观测及初步统计特征分析[J]. *气象学报*, 2021, 79(5): 841-852.
WANG Gaili, ZHOU Renran, ZAXI suolang, et al. Comprehensive observations and preliminary statistical analysis of clouds and precipitation characteristics in Motuo of Tibet Plateau[J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2021, 79(5): 841-852.
- [25] 卓书斌, 冯欣欣, 余金昌, 等. 国家Ⅱ级保护植物竹叶兰群落物种多样性分析[J]. *现代园艺*, 2017(11): 16-17.
ZHUO Shubin, FENG Xinxin, YU Jinchang, et al. Analysis of species diversity of the national II protected plant *Arundina graminifolia* community[J]. *Xiandai Horticulture*, 2017(11): 16-17.
- [26] 黄素荣, 谌振, 杨光穗. 竹叶兰试管苗驯化栽培技术初报[J]. *热带农业科学*, 2015, 35(7): 19-21.
HUANG Surong, CHEN Zhen, YANG Guangsui. A preliminary study on domestication and cultivation of *Arundina graminifolia* tube seedlings[J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2015, 35(7): 19-21.
- [27] 黄素荣, 谌振, 杨光穗. 竹叶兰试管苗育苗及园林种植养护技术[J]. *园艺与种苗*, 2017(7): 36-38.
HUANG Surong, CHEN Zhen, YANG Guangsui. Summary of growing seedlings technology with test-tube seedling and planting & maintaining technology for landscaping of *Arundina graminifolia* [J]. *Horticulture & Seed*, 2017(7): 36-38.

责任编辑:任长江