

黑龙江小北湖国家级自然保护区兰科植物多样性及保护研究

项凤影¹, 孙继旭¹, 关艳辉¹, 郭世贤¹, 夏本志¹, 穆立蓄²

(1. 黑龙江小北湖国家级自然保护区管理局, 黑龙江牡丹江 157499; 2. 东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 [目的] 探明黑龙江小北湖国家级自然保护区野生兰科植物资源, 为保护区保护和合理开发利用兰科植物资源及其他调查研究提供参考。[方法] 通过野外调查及查阅文献资料, 对该区域兰科植物多样性及濒危等级进行分析。[结果] 保护区共有野生兰科植物 8 属 11 种, 其中国家 II 级重点保护野生植物 4 种。生活型均为地生兰。小北湖保护区兰科植物集中分布于小北湖区和石头河区。从分布区类型来看, 保护区兰科植物属的区系成分主要为北温带分布(6 属, 占 85.71%), 种的区系成分主要为北温带分布(3 种, 占 27.27%) 和旧世界温带分布(3 种, 占 27.27%)。[结论] 对当前小北湖保护区兰科植物的保护现状进行了分析并提出了保护建议。

关键词 小北湖自然保护区; 兰科植物; 区系; 多样性; 保护

中图分类号 S 759.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)04-0102-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.04.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Biodiversity and Conservation of Orchids in Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve

XIANG Feng-ying, SUN Ji-xu, GUAN Yan-hui et al (Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve Administration, Mudanjiang, Heilongjiang 157499)

Abstract [Objective] Wild Orchid resources in Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve were investigated to provide references for Xiaobeihu Nature Reserve protection and these resources' utilization as well as the other research on Xiaobeihu Nature Reserve. [Method] Based on a field investigation and literature survey, we analyze the diversity and endangered level of Orchids in Xiaobeihu National Reserve. [Result] The results showed that there were 8 genera and 11 species of Orchids in the reserve. For life form, all Orchids were terrestrial Orchids. The Orchids were mainly distributed in Xiaobeihu and Shitouhe area. For floristic types of genera, North Temperate was dominant with six genera (85.71%). The floristic types of species were mainly North Temperate with three species (27.27%) and Old World Temperate with three species (27.27%). [Conclusion] Some protection suggestions were put forward according to its current situation in the local area.

Key words Xiaobeihu Nature Reserve; Orchid; Floristic study; Biodiversity; Conservation

兰科植物是被子植物的最大科之一, 全世界约有 750 属 28 000 种^[1-2]。我国有兰科植物 200 属 1 723 种^[3]。兰科植物多为珍稀濒危植物, 全世界野生兰科植物均被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES) 保护范围, 占该公约保护植物的 90% 以上, 是植物保护中的“旗舰”物种^[4]。我国在《全国野生动植物保护及自然保护区建设工程总体规划》(2001—2050) 中已把兰科植物列为 15 大重点保护野生动植物之一^[5-6]。

兰科植物在植物界的系统演化上具有从原始到高级的一系列进化群, 在进化上有重要的科学意义^[7]。多数兰科植物均被列入 2021 年最新公布的《国家重点保护野生植物名录》中, 鉴于野生兰科植物作为亟需重点保护的类群之一, 野外种群易受到内外因素的双重影响而发生巨大变化^[8], 然而目前国内对小北湖国家级自然保护区兰科植物多样性鲜见报道。笔者对小北湖国家级自然保护区兰科植物种类多样性、生活型、区系成分及濒危等级进行了研究, 并评估了保护现状, 探讨了相关保护策略, 以期决策部门制订野生兰科植物资源的保护、恢复、利用规划及开展相关研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 保护区自然概况 黑龙江小北湖国家级自然保护区(以下简称“小北湖保护区”), 面积 20 834 hm², 位于黑龙江省宁安市境内, 地处长白山北部支脉张广才岭中段, 地理坐标为 128°33'07"~128°45'48"E, 44°03'16"~44°18'59"N。地势

西高东低, 海拔在 360~1 260 m, 平均海拔 810 m, 属中低山丘陵陵区。小北湖保护区地处温带大陆性季风气候区, 因受海洋暖湿气流和西伯利亚冷空气的双重影响, 四季气候变化明显。年平均气温在 2.5℃ 左右, 年均降水量在 650 mm 左右, 主要集中在 7—8 月, 无霜期 90~100 d。保护区内主要河流有石头河、大柳树河、哈拉河等, 各河流最终均汇入牡丹江, 是牡丹江的主要支流。小北湖是保护区内最大的湖泊, 面积为 449 hm², 为一处高山堰塞湖。保护区内土壤是在温带季风气候区森林植被条件下发育的, 保护区地带性土壤是暗棕壤, 是以保护温带森林生态系统及生物多样性为主的森林生态系统类型的自然保护区。在植被分区上, 拥有森林、灌丛、草甸、沼泽和草塘共 5 个自然植被类型, 森林覆盖率 95.7%^[9]。保护区优越的地理条件和气候环境孕育了富有小北湖特色的兰科植物资源。

1.2 研究方法 2017—2021 年通过样线调查和样方统计相结合的调查方法^[10], 对小北湖保护区兰科植物进行了较为全面的调查; 根据《中国植物属的分布区类型》^[11]、《中国东北部种子植物种的分布区类型》^[12], 对保护区兰科植物进行区系分析^[13]; 参照 2021 年最新公布的《国家重点保护野生植物名录》^[14], 对保护区兰科植物进行保护等级划分; 参照 2013 年《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》^[15]、2017 年《中国高等植物受威胁物种名录》^[16] 和中国科学院植物研究所发布的《中国珍稀濒危植物名录》^[17], 对保护区兰科植物进行濒危等级划分。

2 结果与分析

2.1 种类多样性 调查发现, 小北湖保护区共有兰科植物 8

作者简介 项凤影(1989—), 女, 黑龙江绥化人, 硕士研究生, 研究方向: 野生动植物保护。

收稿日期 2021-12-05; **修回日期** 2022-04-25

属 11 种,生活型均为地生兰(表 1)。通过对小北湖保护区兰科植物的分布和生长状况进行综合分析,发现小北湖兰科植物集中分布于小北湖区和石头河区。小北湖兰科植物的花期集中于 6—8 月,有花期重叠现象,如杓兰、紫点杓兰、大花杓兰、东北杓兰、二叶舌唇兰和蜻蜓兰等的花期重叠,二叶兜被兰和绶草具有重叠花期。果期则集中在 7—9 月。

不同兰科植物对生境具有选择性和特异性。如杓兰属植物主要分布在阔叶林和针阔混交林下,二叶舌唇兰、蜻蜓

兰则零星分布在阔叶林、针阔混交林、针叶林下;二叶兜被兰主要分布于熔岩台地以长白落叶松为优势种的针叶林或针阔混交林下。由于乔木层和灌木层的存在,不仅避免了阳光直射,而且给予兰科植物足够的散射光和土壤相对湿度。腐殖质丰富、疏松,进一步为兰科植物生长提供适宜的基质。除此之外,在熔岩台地灌丛、草甸也分布有一些兰科植物,如绶草。细毛火烧兰则仅分布在白桦沼泽生境。

表 1 小北湖自然保护区兰科植物一览

Table 1 Orchids in Xiaobeihu National Nature Reserve

种名 Species	花期 Flower season	果期 Fruit season	生活型 Life form	生境 Habitat	地点 Location	属的分布区类型 Distribution type of genus	种的分布区类型 Distribution type of species
杓兰 <i>Cypripedium calceolus</i>	6 月	7—8 月	地生兰	林缘、林间、林下	小北湖区、石头河区	8.北温带分布	4.北温带分布
紫点杓兰 <i>C.guttatum</i>	6 月	7—8 月	地生兰	林缘、林间草甸、林下	小北湖区、石头河区	8.北温带分布	4.北温带分布
大花杓兰 <i>C.macranthos</i>	6 月	7—8 月	地生兰	林下、林缘、林间草甸	小北湖区、石头河区	8.北温带分布	5.旧世界温带分布
东北杓兰 <i>Cypripedium × ventricosum</i>	6 月	7—8 月	地生兰	林下、林缘、林间草甸	小北湖区、石头河区	8.北温带分布	4.北温带分布
细毛火烧兰 <i>Epipactis papillosa</i>	7—8 月	8 月	地生兰	林下	石头河区	8.北温带分布	8.东亚分布
十字兰 <i>Habenaria schindleri</i>	7—8 月	8—9 月	地生兰	草甸、湿草地	小北湖区	8.北温带分布	10.中国—日本分布
羊耳蒜 <i>Liparis campylos-talix</i>	7—8 月	8—9 月	地生兰	林下、林缘阴湿地	小北湖区、石头河区	1.世界分布	8.东亚分布
二叶兜被兰 <i>Neottianthe cucullata</i>	7—8 月	8—9 月	地生兰	林下、草地	石头河区	8.北温带分布	5.旧世界温带分布
二叶舌唇兰 <i>Platanthera chlorantha</i>	6—7 月	7—8 月	地生兰	林下、林缘	小北湖区、石头河区	8.北温带分布	5.旧世界温带分布
绶草 <i>Spiranthes sinensis</i>	7—8 月	8—9 月	地生兰	林下、灌丛、草地	钻心湖区	8.北温带分布	7.温带亚洲分布
蜻蜓兰 <i>Tulotis fuscescens</i>	6—7 月	7—8 月	地生兰	林下、林缘	小北湖区、石头河区	9.东亚和北美洲间断分布	7.温带亚洲分布

2.2 区系成分 根据《中国植物属的分布区类型》^[11]的划分原则,对保护区兰科植物进行属水平的区系分析,小北湖保护区兰科植物隶属于 3 个分布区类型,北温带分布有 6 属(占除世界分布外的 85.71%),东亚和北美洲间断分布 1 属(占除世界分布外的 14.29%);按照《中国东北部种子植物种的分布区类型》^[12]的划分原则,对保护区兰科植物进行物种水平的区系分析,小北湖保护区兰科植物隶属于 5 个分布区类型,其中,北温带分布有 3 种(占 27.27%),旧世界温带分布有 3 种(占 27.27%),温带亚洲分布有 2 种(占 18.18%),东亚分布有 2 种(占 18.18%),中国—日本分布有 1 种(占 9.09%)(表 2)。

从属的分布区类型和种的分布区类型 2 个层面分析,小北湖兰科植物均以北温带分布为主。因此,从生活型及分布区类型两方面分析,均与其所处地理位置相关,与气候类型相符。

2.3 濒危等级 参照 2021 年最新公布的《国家重点保护野生植物名录》^[14],对保护区 11 种兰科植物进行保护等级划分:小北湖保护区的野生兰科植物中杓兰、紫点杓兰、大花杓兰、东北杓兰为国家 II 级重点保护野生植物。同时,参照

表 2 小北湖自然保护区兰科植物的分布区类型

Table 2 Floristic types of Orchids in Xiaobeihu National Nature Reserve

分布区类型 Floristic type	属数 Number of genera	百分比 Percentage %	种数 Number of species	百分比 Percentage %
世界分布 Cosmopolitan	1	—	—	—
北温带分布 North Temperate	6	85.71	3	27.27
东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. A mer. disjuncted	1	14.29	—	—
旧世界温带分布 Old World Temperate	—	—	3	27.27
温带亚洲分布 Temp. Asia	—	—	2	18.18
东亚分布 East Asia	—	—	2	18.18
中国—日本分布 Sino-Japan(SJ)	—	—	1	9.10
总计 Total	8(7)	100	11	100

注:计算百分比(%)时不包括世界分布类型。

Note: World distribution type is not included in the calculation of proportion(%).

2013 年《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》^[15]、

2017年《中国高等植物受威胁物种名录》^[16]和中国科学院植物研究所发布的《中国珍稀濒危植物名录》^[17]对保护区11种兰科植物进行了濒危等级划分,其中,紫点杓兰、大花杓兰属于濒危(EN),东北杓兰、十字兰、羊耳蒜、二叶兜被兰属于易危(VU),杓兰、细毛火烧兰和蜻蜓兰属于近危(NT),其余种类属于无危(LC)(表3)。

表3 小北湖自然保护区兰科植物珍稀濒危等级

Table 3 Rare and endangered level of Orchids in Xiaobeihu National Nature Reserve

种名 Species	保护级别 Protection level	濒危等级 Endangered level
杓兰 <i>Cypripedium calceolus</i>	II	近危(NT)
紫点杓兰 <i>C. guttatum</i>	II	濒危(EN)
大花杓兰 <i>C. macranthos</i>	II	濒危(EN)
东北杓兰 <i>Cypripedium × ventricosum</i>	II	易危(VU)
细毛火烧兰 <i>Epipactis papillosa</i>	—	近危(NT)
十字兰 <i>Habenaria schindleri</i>	—	易危(VU)
羊耳蒜 <i>Liparis campylostalix</i>	—	易危(VU)
二叶兜被兰 <i>Neottianthe cucullata</i>	—	易危(VU)
二叶舌唇兰 <i>Platanthera chlorantha</i>	—	无危(LC)
绶草 <i>Spiranthes sinensis</i>	—	无危(LC)
蜻蜓兰 <i>Tulotis fuscescens</i>	—	近危(NT)

2.4 植物保护现状 小北湖和石头河区域是小北湖保护区兰科植物的分布中心,均属于中低海拔地区,周边居民违法放牧对小北湖保护区兰科植物造成了很大影响。如在中低海拔区域分布较多的杓兰、紫点杓兰、大花杓兰等国家Ⅱ级重点保护野生植物经常被踩踏和啃食,导致生活史的中断,个体生存和种群延续也进一步受到影响,甚至整株及居群也会消失。保护区内许多兰科植物如二叶兜被兰、绶草等主要生长在熔岩台地上,土层较薄,小型森林火灾的发生,可导致部分兰科植物生境发生不可逆转的退化过程。

地下森林国家公园的旅游公路在保护区内,旅游旺季和大多兰科植物开花期重合,人员流动的频度和规模逐渐增加,一些游客随意践踏、乱扔垃圾等,不仅导致旅游公路附近环境质量下降,栖息地遭受破坏,进一步使兰科植物生境萎缩、退化,生物多样性也同样面临威胁。小北湖自然保护区兰科植物中有些种类存在分布区域狭小问题,如细毛火烧兰仅在调查过程中发现几株繁殖个体,且都集中分布于石头河区白桦沼泽生境中。

3 小北湖自然保护区兰科植物保护策略与建议

基于目前小北湖保护区兰科植物的生存及保护现状,建议制订方式各异、行之有效的兰科植物保护策略。

(1)要因地制宜。根据物种分布区域不同,有针对性地开展保护工作。对于土层较薄的熔岩台地区域,应加强防火,防止发生森林火灾。对于低海拔及接近周边居民区的区域,应尽可能地降低人畜对兰科植物的破坏及干扰,如合理规划周边旅游路线及杜绝散养牲畜等方法。同时,注重对原生境的保护,禁止喷洒除草剂、农药,改用生态防治措施,科学规划国家基本建设工程项目。

(2)要因地制宜。地下森林国家公园的旅游公路在保护区内,针对旅游季和兰科植物花期重叠现象,加大旅游高峰期的巡护力度,将周边旅游引起的人类干扰和破坏降至最低。

(3)要因地制宜。根据每种兰科植物的濒危等级、数量多寡和生境脆弱性等综合评定保护顺序,尤其要重视正处于濒危状态的大花杓兰等兰科植物的分布区,重视生境保护,为兰科植物种群自然扩繁提供基础。

(4)建立完整的小北湖保护区兰科植物资源数据库。重视基础数据的收集和定期持续的野外监测,掌握动态变化数据及干扰因子等相关信息,为保护规划的制订提供理论基础和科学依据。

(5)广泛开展合作交流,拓宽筹资渠道,争取到更多资金助力保护事业。

(6)加强繁殖技术研究。构建网络平台,用于各地进行兰科植物研究和保育信息交流。同时与科研院校合作,建立培育基地,有效保存物种基因库。

(7)重视立法和公众教育。通过相关部门立法,规范科学采集兰科植物,打击非法采挖等违法行为。同时,激发全社会积极参与野生动植物保护及生态文明建设,营造良好的社会氛围。与林草局、林场、自然保护组织和团体等多部门联动,利用多种媒介、多种形式,宣传《森林法》《自然保护区条例》等植物保护相关的法律法规、先进人物事迹,曝光违法行为,充分发挥社会舆论监督作用,也可以通过开展“世界野生动植物日”“爱鸟周”等大型主题科普活动,扩大社会影响。

参考文献

- [1] CHASE M W, CAMERON K M, FREUDENSTEIN J V, et al. An updated classification of Orchidaceae[J]. Bot J Linn Soc, 2015, 177(2): 151-174.
- [2] CHRISTENHUSZ M J M, BYNG J W. The number of known plants species in the world and its annual increase[J]. Phytotaxa, 2016, 261(3): 201-217.
- [3] 中国野生植物保护协会. 中国兰科植物[EB/OL]. (2020-06-19) [2020-07-21]. <https://www.wpca.org.cn/newsinfo/512443.html>.
- [4] 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.
- [5] 国家林业和草原局. 全国野生动植物保护及自然保护区建设工程总体规划(2001—2050)[EB/OL]. (2015-09-14) [2020-07-21]. <https://max.book118.com/html/2015/0914/25293865.shtml>.
- [6] 熊小萍, 刘继云, 鲁才员, 等. 余姚野生兰科植物资源的分布与生境调查[J]. 福建林业科技, 2011, 38(3): 152-157.
- [7] 林红强, 杨攀艳, 刘桂英, 等. 卧龙国家级自然保护区兰科植物多样性及保护研究[J]. 四川林业科技, 2020, 41(3): 14-22.
- [8] 张自斌. 广西雅长兰科植物国家级自然保护区兰科植物多样性及两种兰科植物传粉生态学研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014: 3-6.
- [9] 孙继旭, 项凤影, 马云, 等. 黑龙江小北湖保护区春季鸟类多样性研究[J]. 国土与自然资源研究, 2017(4): 93-96.
- [10] 李南妍, 吴记贵, 蒋万杰, 等. 北京松山国家级自然保护区兰科植物多样性及其保护评价[J]. 植物科学学报, 2013, 31(5): 510-516.
- [11] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, 13(S4): 1-139.
- [12] 傅沛云. 中国东北部种子植物种的分布区类型[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2003.
- [13] 尹伟平, 李国富, 赵振柱, 等. 黑龙江中央站黑嘴松鸡国家级自然保护区兰科植物多样性及分布[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2019, 35(5): 52-56, 65.
- [14] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家林业和草原局 农业农村部公告(2021年第15号): 国家重点保护野生植物名录[EB/OL]. (2021-09-08) [2021-09-21]. http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210908/16251585057_2900.html.

抗寒性研究得出,四季竹和矢竹抗寒性强。该研究中,四季竹、罗汉竹和矢竹的受冻情况相对比较严重。四季竹部分叶片干枯,植株上部枯萎。罗汉竹叶片全部干枯,部分竹秆变色,少部分死亡。矢竹地上部分全部死亡,但竹鞭未受太大影响。这与北京地区天气干燥多风,植株比较缺水造成生长势相对较弱,从而降低了抗寒性有关。另外,2021年1月温度更低,仅 $-20.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,超过这3种竹类植物所能忍受的范围。

4 结论

该研究运用层次分析法,对北京植物园60个竹类植物进行了评价,并用聚类分析法按评价分数值,划分了4个等级。评价等级为I级的竹类植物有28种,占总数的46.7%,这说明近50%的竹类植物在北京地区能够抵御 $-20.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 极端低温,能够适应北京地区的气候条件,可广泛地推广应用;评价等级II级有11种,这部分竹类植物叶片、小枝受轻微影响,抗寒性较强,较适应北京地区气候条件,可以适当推广应用;评价等级III、IV级的竹类植物,受立地条件、周围环境以及管理措施的影响较大,且需要有一定的管理经验,在此基础上,可以在特定条件下小面积栽植。

参考文献

[1] 孙茂盛, 鄢波, 徐田, 等. 竹类植物资源与利用[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
 [2] 刘秋芳, 张旭东, 周金星, 等. 我国竹子抗寒性研究进展[J]. 世界林业研究, 2006, 19(5): 59-62.
 [3] 刘国华, 栾以玲, 张艳华. 自然状态下竹子的抗寒性研究[J]. 竹子研究汇刊, 2006, 25(2): 10-14.

(上接第104页)

[15] 环境保护部, 中国科学院. 关于发布《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》的公告: 公告 2013 年第 54 号[EB/OL]. (2013-09-02) [2021-09-21]. http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm.

(上接第111页)

[74] LEIMU R, MUTIKAINEN P, KORICHEVA J, et al. How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? [J]. *Journal of ecology*, 2006, 94(5): 942-952.
 [75] WAITT D E, LEVIN D A. Genetic and phenotypic correlations in plants: A botanical test of Cheverud's conjecture [J]. *Heredity*, 1998, 80(3): 310-319.
 [76] DAVIES C, ELLIS C J, IASON G R, et al. Genotypic variation in a foundation tree (*Populus tremula* L.) explains community structure of associated epiphytes [J]. *Biology letters*, 2014, 10(4): 1-5.
 [77] 张光明, 谢寿昌, 袁牢山. 木果石栎群落优势种的生态位宽度与重叠[J]. 云南植物研究, 2000, 22(4): 431-446.
 [78] LIU W Y, FOX J E D, XU Z F. Biomass and nutrient accumulation in montane evergreen broad-leaved forest (*Lithocarpus xylocarpus* type) in Ailao Mountains, SW China [J]. *Forest ecology and management*, 2002, 158(1/2/3): 223-235.
 [79] VITOUSEK P M, SHEARER G, KOHL D H. Foliar ^{15}N natural abundance

[4] 葛忠强, 吴德军, 李春明, 等. 10个竹子品种在山东自然寒冷条件下抗寒性评价[J]. 山东林业科技, 2020, 50(5): 13-18, 12.
 [5] 蔡纯. 部分竹种抗寒性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.
 [6] 王文哲, 梁青, 丁振. 日照地区部分竹子的抗寒性研究[J]. 山东林业科技, 2012, 42(5): 22-25.
 [7] 张玲. 引种地被竹的抗旱抗寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
 [8] 黄滔, 黄程前, 刘玮, 等. 湖南长沙地区13种观赏竹抗寒性研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(25): 6-12.
 [9] 徐传保, 赵兰勇, 张廷强, 等. 以电导法配合 Logistic 方程确定四种竹子的抗寒性[J]. 北方园艺, 2009(2): 182-184.
 [10] 徐传保. 部分竹子抗寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
 [11] 蔡纯, 武荣花, 范自川, 等. 我国竹子抗寒性研究进展[J]. 河南农业科学, 2015, 44(5): 13-17.
 [12] 张玮, 谢锦忠. 竹子抗寒性研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5281-5282, 5286.
 [13] 王金革, 陈进勇. 北京植物园竹亚科植物耐寒性评价[J]. 世界竹藤通讯, 2012, 10(2): 1-8.
 [14] 蔡伟国, 张济和. 北京植物园的抗寒竹种[J]. 竹子研究汇刊, 1989, 8(2): 66-71.
 [15] 张济和. 北京植物园竹亚科植物的引种栽培[J]. 中国园林, 1990, 6(3): 44-49.
 [16] 朱莹, 宋华, 刘恒星, 等. 120个有髯鸢尾品种的园林应用综合评价[J]. 中国园林, 2021, 37(9): 101-105.
 [17] 曹茂林. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J]. 江苏科技信息, 2012(2): 39-40.
 [18] 施建敏, 叶学华, 陈伏生, 等. 竹类植物对异质生境的适应——表型可塑性[J]. 生态学报, 2014, 34(20): 5687-5695.
 [19] 赵金龙, 王沂鑫, 韩海荣, 等. 辽河源不同龄组油松天然次生林生物量及空间分配特征[J]. 生态学报, 2014, 34(23): 7026-7037.
 [20] 秦鹏, 顾琪, 王舒宗, 等. 4种地被竹大个体空间分布的点格局分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2018, 42(4): 39-45.
 [21] 王文哲. 日照地区竹子抗寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
 [22] 秦宇. 山东省引种观赏竹的抗寒性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.

[16] 覃海宁, 杨永, 董仕勇, 等. 中国高等植物受威胁物种名录[J]. 生物多样性, 2017, 25(7): 696-744.
 [17] 中国科学院植物研究所(系统与进化植物学国家重点实验室). 中国珍稀濒危植物名录(汇总)[EB/OL]. [2021-09-21]. <http://www.iplant.cn/rep/protlit>.

in Hawaiian rainforest: Patterns and possible mechanisms [J]. *Oecologia*, 1989, 78(3): 383-388.
 [80] HULSHOF C M, VIOLLE C, SPASOJEVIC M J, et al. Intra-specific and inter-specific variation in specific leaf area reveal the importance of abiotic and biotic drivers of species diversity across elevation and latitude [J]. *Journal of vegetation science*, 2013, 24(5): 921-931.
 [81] UMAÑA M N, SWENSON N G. Intraspecific variation in traits and tree growth along an elevational gradient in a subtropical forest [J]. *Oecologia*, 2019, 191(1): 153-164.
 [82] LIU X J, SWENSON N G, LIN D M, et al. Linking individual-level functional traits to tree growth in a subtropical forest [J]. *Ecology*, 2016, 97(9): 2396-2405.
 [83] FAJARDO A, PIPER F I. Intraspecific trait variation and covariation in a widespread tree species (*Nothofagus pumilio*) in southern Chile [J]. *New phytologist*, 2011, 189(1): 259-271.
 [84] 李晶晶. 西双版纳热带季节雨林桐栎桶功能性状种内变异的研究及应用[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018.