DOI: 10.11931/guihaia.gxzw202503055
王思琪, 王健, 黄业鹏, 等, 2026. 辽宁省国家重点保护野生植物分布特征及保护现状 [J]. 广西植物, 46(1): 15-27.
WANG S Q, WANG J, HUANG Y P, et al., 2026. Distribution characteristics and conservation status of national key protected wild plants in Liaoning Province, China [J]. Guihaia, 46(1): 15-27.

辽宁省国家重点保护野生植物分布特征及保护现状

王思琪[1,2], 王　健[3], 黄业鹏[3], 穆立蔷[2,4], 郑宝江[2,5], 王　玲[6], 孙　阁[7], 李中跃[8], 董　上[2,4,9], 郑兰涛[2,4], 史恭发[6], 方林林[6], 张宇彤[2,4], 张育红[10], 姜生伟[10*], 王洪峰[2,4*], 马克平[2,4,11]

(1. 东北林业大学 化学化工与资源利用学院, 哈尔滨 150040; 2. 东北林业大学 东北亚生物多样性研究中心, 哈尔滨 150040; 3. 朝阳市生态环境事务服务中心, 辽宁 朝阳 122000; 4. 东北林业大学 林学院, 哈尔滨 150040; 5. 东北林业大学 生命科学学院, 哈尔滨 150040; 6. 东北林业大学 园林学院, 哈尔滨 150040; 7. 黑龙江大学 现代农业与生态环境学院, 哈尔滨 150080; 8. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 9. 黑龙江省林业科学院伊春分院, 黑龙江 伊春 153000; 10. 辽宁省林业和草原局, 沈阳 110804; 11. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘　要: 为系统掌握辽宁省国家重点保护野生植物的基本现状,支撑地方生物多样性保护决策制定,该研究基于《国家重点保护野生植物名录》(2021 年版),结合标本等数据资料与辽宁省野外实地调查数据,从物种组成、地理分布、濒危等级、受威胁因素及保护现状等方面展开综合分析。运用县级尺度空间自相关分析与热点分析方法,揭示分布聚集特征,并结合内外因划分植物受威胁类型,提出分类保护建议。结果表明:(1)辽宁省共分布国家重点保护野生植物 32 种,隶属 21 科 26 属,以兰科和百合科最为优势。(2)物种分布呈现东南部聚集、西北部稀疏的空间格局,热点区域集中于凤城、宽甸等地。(3)90.63%的物种已在保护地内实现就地保护。(4)辽宁保护植物面临的威胁因子复杂,主要包括生境破坏、采挖压力、气候变化、生态竞争且种群生态脆弱。结论如下:(1)辽宁省国家重点保护野生植物具有典型的地理边界分布特征,需在保护地规划中强化边缘种群保护。(2)植物所受威胁因素因内外因交互而异,应按威胁类型和保护状况实施分级、分类保护措施。(3)建议构建集智能监测、迁地保护、法规政策与公众参与为一体的综合保护体系。该研究结果可为辽宁省生物多样性保护管理与政策制定提供科学依据。

关键词: 保护植物, 辽宁省, 空间分布, 热点分析, 威胁因素
中图分类号: Q948　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3142(2026)01-0015-13

Distribution characteristics and conservation status of national key protected wild plants in Liaoning Province, China

---

收稿日期: 2025-06-11　**接受日期**: 2025-10-10
基金项目: 辽宁省野生植物资源调查项目; 中国科技基础资源调查项目(2019FY100500); 中央高校基本科研业务费(2572022DS05)。
第一作者: 王思琪 (1985—),博士研究生,研究方向为植物分类和生物多样性,(E-mail)bug_girl@ live.com。
* **通信作者**: 姜生伟,博士,正高级工程师,研究方向为林学,(E-mail)jswjjj@ 163.com;王洪峰,博士,高级实验师,研究方向为植物分类和生物多样性,(E-mail)wanghongfeng90@ 163.com。

WANG Siqi[1,2], WANG Jian[3], HUANG Yepeng[3], MU Liqiang[2,4], ZHENG Baojiang[2,5], WANG Ling[6], SUN Yan[7], LI Zhongyue[8], DONG Shang[2,4,9], ZHENG Lantao[2,4], SHI Gongfa[6], FANG Linlin[6], ZHANG Yutong[2,4], ZHANG Yuhong[10], JIANG Shengwei[10*], WANG Hongfeng[2,4*], MA Keping[2,4,11]

(1. *College of Chemistry*, *Chemical Engineering and Resource Utilization*, *Northeast Forestry University*, Harbin 150040, China; 2. *Northeast Asia Biodiversity Research Center*, *Northeast Forestry University*, Harbin 150040, China; 3. *Chaoyang Ecological Environment Affairs Service Center*, Chaoyang 122000, Liaoning, China; 4. *College of Forestry*, *Northeast Forestry University*, Harbin 150040, China; 5. *College of Life Sciences*, *Northeast Forestry University*, Harbin 150040, China; 6. *College of Landscape Architecture*, *Northeast Forestry University*, Harbin 150040, China; 7. *College of Modern Agriculture and Ecological Environment*, *Heilongjiang University*, Harbin 150080, China; 8. *College of Forestry*, *Shandong Agricultural University*, Taian 271018, Shandong, China; 9. *Yichun Branch of Heilongjiang Academy of Foresty*, Yichun 153000, Heilongjiang, China; 10. *Liaoning Forestry and Grassland Administration*, Shenyang 110804, China; 11. *Institute of Botany*, *Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100093, China)

Abstract: To systematically understand thebasic status of national key protected wild plants in Liaoning Province and to support local biodiversity conservation decision-making, based on the *List of National Key Protected Wild Plants* (2021 edition), integrating specimen records and field survey data from Liaoning Province, a comprehensive analysis covering species composition, geographical distribution, endangerment levels, threat factors, and protection status were conducted. County-level spatial autocorrelation and hotspot analysis methods were used to explore distribution clustering patterns. Threat types were classified by combining internal and external factors, and classification conservation strategies were put forward. The results were as follows: (1) There were a total of 32 types of nationally protected wild plants distributed in Liaoning Province, belonging to 21 families and 26 genera, with Orchidaceae and Liliaceae as the dominant families. (2) The distribution exhibited a distinct spatial pattern, with high species richness and aggregation in the southeastern region (notably Fengcheng and Kuandian), and sparse distribution in the northwest. (3) 90.63% of these species had been effectively protected *in situ* within nature reserves. (4) These protected plants faced complex threats, including habitat degradation, overharvesting, climate change, ecological competition, and population ecological vulnerability. The conclusions are as follows: (1) National key protected wild plants in Liaoning exhibit typical boundary distribution characteristics, and greater attention should be paid to edge populations in conservation area planning. (2) Threats arise from interactions between internal and external factors, and conservation measures should be stratified and classified accordingly based on threat types and protection conditions. (3) It is recommended to establish an integrated conservation framework that includes intelligent monitoring, *ex situ* conservation, legal and policy support, and public engagement. These findings provide a scientific basis for biodiversity management and policy-making in Liaoning Province.

Key words: protected plant, Liaoning Province, spatial distribution, hotspot analysis, threat factors

全球生物多样性丧失已成为21世纪最严峻的生态挑战之一,从遗传多样性衰减到生态系统服务功能退化,正全方位威胁人类福祉与可持续发展的根基(Díaz et al., 2019)。在这一背景下,2021年新版《国家重点保护野生植物名录》的颁布,标志着我国生物多样性保护进入精准化、系统化的新阶段(吴欣静等,2023)。新版较1999年版删减44种、新增267种32类,保护植物总数是1999年版的3.6倍,重点强化了对极度珍稀濒危物种、生态系统关键种以及具有重要经济价值物种的保护(鲁兆莉等,2021)。尤其是从“单一物种保护”向“生态系统功能维护”的转变,反映了我国植物多样性保护理念的科学化转型,标志着我国植物保护策略的系统性升级,更体现了对全球生物多样性治理的深刻理解。与此同时,我国植物多样性正面临“保护成效提升与物种丧失风险并存”的双重挑战:一方面,保护地面积持续扩大;另一方面,仍有很多物种面临着种群衰退的风险。

这一现象的背后，是气候变化、土地利用转型和生物入侵等多重压力的叠加效应（Ren et al.，2024）。为此，我国正通过“分级管控-动态监测-生态修复”三位一体的政策框架推进保护实践：从新版名录的制定到实施差异化保护投入；从动态监测和评估体系的建立到利用生态修复手段强化生态系统服务功能。在此背景下，各省区市开展保护植物研究不仅是区域生态治理的需求，还是破解“保护-发展”矛盾的关键突破口。省级行政单元作为国家治理体系中的重要层级，既是国家方针政策的执行者，又是区域生态保护的责任主体。以省域为主体开展保护植物研究，能够将国家战略与地方实践有机结合，形成上下联动、协同推进的保护格局（任海和郭兆晖，2021）。

辽宁省是东亚温带生物多样性的关键节点，作为中国唯一同时毗邻黄海、渤海、东北平原与蒙古高原的省份，其植物区系表现出典型的地理过渡性特征。东北植物区、华北植物区和蒙古草原植物区三大植物区系在此交汇，形成独特的物种分布梯度（周以良，1997；季长波和刘卓，2016）；与此同时，省内县域经济梯度差异塑造了差异化的人为干扰模式：辽东沿海经济活跃区的快速城镇化与辽西生态脆弱区的传统资源依赖，共同构成保护植物面临的复合压力系统（白慧敏，2017）。更为重要的是，辽宁省作为“东北振兴”与“渤海综合治理”两大国家战略的叠加区，在推进环渤海经济带的高速城镇化与东北老工业基地转型的进程中，如何协调生态安全与区域发展的空间博弈，如何实现地方保护实践与国家战略部署的深度协同，如何破解传统工业遗产与新兴绿色产业的土地利用冲突，如何构建基于生态承载力的保护优先序——这些科学命题的解答，都依赖于对保护植物基本情况的掌握及分布特征和保护现状的深刻认知。

辽宁省有野生高等植物 149 科 741 属 2 077 种（张淑梅等，2022），受威胁的植物 95 种（苗青等，2022）。1989 年辽宁省颁布的《辽宁省珍稀濒危保护植物名录》共包含物种 61 种，而目前国家重点保护野生植物的资源本底情况尚不清晰，地理分布格局、受威胁因子等数据缺乏。

为系统阐明辽宁省国家重点保护野生植物的物种构成、濒危等级、空间分布特征及面临的威胁因素，明确辽宁省保护植物的整体保护现状，并提出针对性的保护对策与建议，辽宁省林业和草原局组织开展了“辽宁省野生植物调查”项目，以期为辽宁省保护植物资源的科学管理与保护决策提供科学依据。

1　材料与方法

1.1 数据来源

以《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）》（https://www.forestry.gov.cn/c/www/lczc/10746.jhtml）为依据，收集中国数字植物标本馆（CVH，https://www.cvh.ac.cn/）、中国国家标本资源平台（NSII，http://www.nsii.org.cn/）和中国植物图像库（PPBC，http://ppbc.iplant.cn/）中的分布信息，结合志书、图集、保护区调查报告以及新分布和新记录等资料信息，初步确定物种和分布情况。在辽宁省林业和草原局组织下，通过对辽宁省 100 个县（市、区）和 52 个保护区的系统调查，获得辽宁省保护植物的分布、保护状况以及受威胁因素的详细信息。

1.2 分析方法

根据物种的县级分布精度数据进行保护植物分布分析，使用 ArcGIS10.4 软件进行数据输出并绘制保护植物县级分布图，采用 Moran's I 全局空间自相关分析、Getis-Ord General G 全局热点聚集分析、Anselin Local Moran's I 局部空间自相关分析以及 Getis-Ord Gi* 热点分析，以综合的空间分析方法探讨保护植物的分布特征。县域行政单元的空间数据来源于《全国地理信息资源目录服务系统》（https//www.webmap.cn）。保护植物的濒危等级参照世界自然保护联盟物种生存委员会制定的 IUCN 物种红色名录濒危等级和标准（版本 3.1；IUCN，2012），《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》（2020）等。石松类植物按秦仁昌系统排列（秦仁昌，1978）；裸子植物按郑万钧系统排列（郑万钧等，1975）；被子植物按 APG 系统排列（APG，2016）。

2　结果与分析

2.1 辽宁省国家重点保护野生植物概况

根据《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)》附件(以下简称《名录》)统计,辽宁省共有国家重点保护野生植物 32 种,分别隶属于 21 科 26 属,占全省野生高等植物物种的 1.54%、属的 3.51%、科的 14.09%。其中,石松类植物 2 种、裸子植物 2 种、被子植物 26 种、藻类 1 种、真菌 1 种。包含物种最多的是兰科,含 7 种;其次为百合科,含 3 种;石松科、豆科和伞形科都各含 2 种;其他 16 科仅包含 1 种。包含物种数最多的属是杓兰属,包含 5 种;石松属和贝母属各包含 2 种;其余 23 属都仅包含 1 种。辽宁省国家重点保护野生植物中,除东北红豆杉是国家一级保护植物外,其余 31 种都为国家二级保护植物。由林业和草原主管部门分工管理的有 15 种,其余 17 种由农业农村主管部门分工管理(表 1,附录 1)。

与 1999 年版《名录》中辽宁省分布的保护植物数量(12 种)相比,2021 年新修订的名录在保护等级上均没有变化,保留了原国家重点保护植物 9 种,即东北红豆杉、红松、莲、野大豆、紫椴、黄檗、水曲柳、中华结缕草和松口蘑;删除了原国家二级重点保护野生植物 3 种,即钻天柳、莲座多花筋骨草、莲座蓟;增加了 23 种,其中包括 2 种石松类植物东北石杉和蛇足石杉、1 种藻类植物鹿角菜。相比于 1999 年版《名录》,2021 年版《名录》覆盖更为全面,类群和物种种类都有明显增加。

依据《中国生物多样性红色名录—大型真菌卷》与《中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020)》(生态环境部 中国科学院,2018,2023),辽宁省分布的 32 种国家重点保护野生植物中,包括极危(CR)2 种、濒危(EN)8 种、易危(VU)8 种、近危(NT)2 种、无危(LC)8 种、数据缺乏(DD)3 种、未评估 1 种。

2.2 辽宁省国家重点保护野生植物分布特征

辽宁省 100 县(市、区)中,国家重点保护植物分布数量最多的前 3 个县(市)为桓仁满族自治县(20 种)、凤城市(19 种)和宽甸满族自治县(18 种);超过 10 种保护植物的有本溪满族自治县(15 种)、庄河市(14 种)、新宾满族自治县(14 种)、清原满族自治县(13 种)和东港市(11 种);浑南区、金州区、绥中县等 18 个县(市、区)有保护植物 6~9 种;康平县、甘井子区、长海县等 47 个县(市、区)有保护植物 2~5 种;有 26 个县(市、区)只有 1 种保护植物野大豆(图 1)。

市级分布中,丹东(23 种)、本溪(21 种)、大连(19 种)和抚顺(18 种)的保护植物最多;含 10 种及以上的其余 4 市为葫芦岛(13 种)、锦州(12 种)、铁岭(11 种)和沈阳(10 种);鞍山(9 种)、朝阳(9 种)、辽阳(8 种)、营口(7 种)、阜新(7 种)都不到 10 种,而盘锦最少,只有 2 种,为野大豆和天麻(图 2)。

32 种国家重点野生保护植物中,野大豆的分布最为广泛,辽宁 100 个县(市、区)均有分布,黄檗(52)、紫椴(46)、软枣猕猴桃(40)和水曲柳(37)分布得也较为广泛,在 30 个县(市、区)以上有分布;其次为玫瑰(19)、红松(14)、山茴香(11)和甘草(11),至少在 10 个以上县(市、区)有分布,其余 23 种保护植物分布范围都在 10 个县(市、区)以下,其中龙舌草和东北杓兰都只在一地有分布,分别是宽甸满族自治县和桓仁满族自治县(图 3)。分布范围超 10 个县(市、区)的 9 种植物中,有 5 种为木本植物,3 种为草本植物,1 种木质藤本植物。水生植物、石松类植物、真菌以及藻类植物都因对生境限制较高,分布范围也较为狭窄。

基于辽宁省县级尺度的国家重点保护野生植物分布数据,以综合的空间分析方法探讨保护植物的分布特征。结果(图 4)表明,辽宁省国家重点保护野生植物的分布在县级尺度上存在显著的空间聚集性(正的空间自相关),即高值(物种丰富)区与高值区相邻,低值(物种贫乏)区与低值区相邻。这种聚集格局呈现出明显的空间异质性,具体表现为东南部为密集分布热点区,而西北部则为稀疏分布冷点区。

全局空间自相关分析(Moran's I = 0.437 590, $P<0.01$)及全局热点聚焦分析(Getis-Ord General G = 0.045 600, $P<0.01$)均表明辽宁省的保护植物在县域尺度上具有显著的空间聚集性,在部分地区形成了显著的高聚集模式。高-高聚集区(本区域与邻近区域值均高于空间平均水平)主要分布于东南部,如丹东市、宽甸满族自治县及凤城市等地,这些区域的保护植物种类丰富,并且其邻近县域同样具有较高的物种数,形成稳定的空间聚集区。这一特征可能与该地区较高的森林覆盖率、生境多样性及较好的保护措施相关。相反,低-低聚集区(本区域与邻近区域值均低于空间平均水平)主要位于辽宁省西北部,如阜新市、朝阳市及其周边地区,这些区域的保护植物物种数显著较

表 1　辽宁省国家重点保护野生植物

Table 1　National key protected wild plants in Liaoning Province

科名/编号 Family name/No.	物种名 Species name	保护等级 Protection level	濒危程度 Endangered degree	保护情况 Protection status	分布边界 Distribution boundary
石松科 Lycopodiaceae					
1	东北石杉 *Huperzia miyoshiana*	Ⅱ	VU	Y	SB
2	蛇足石杉 *Huperzia serrata*	Ⅱ	EN	Y	SB
松科 Pinaceae					
3	红松 *Pinus koraiensis*	Ⅱ	VU	Y	SB
红豆杉科 Taxaceae					
4	东北红豆杉 *Taxus cuspidata*	Ⅰ	EN	Y	—
泽泻科 Alismataceae					
5	*浮叶慈姑 *Sagittaria natans*	Ⅱ	NT	N	—
水鳖科 Hydrocharitaceae					
6	*龙舌草 *Ottelia alismoides*	Ⅱ	VU	N	—
百合科 Liliaceae					
7	*轮叶贝母 *Fritillaria maximowiczii*	Ⅱ	EN	Y	—
8	*平贝母 *Fritillaria usuriensis*	Ⅱ	VU	Y	SB
9	*秀丽百合 *Lilium amabile*	Ⅱ	EN	Y	SB
兰科 Orchidaceae					
10	杓兰 *Cypripedium calceolus*	Ⅱ	NT	Y	SB
11	紫点杓兰 *Cypripedium guttatum*	Ⅱ	EN	Y	—
12	大花杓兰 *Cypripedium macranthos*	Ⅱ	EN	Y	—
13	山西杓兰 *Cypripedium shanxiense*	Ⅱ	VU	Y	NB
14	东北杓兰 *Cypripedium* × *ventricosum*	Ⅱ	DD	Y	SB
15	*天麻 *Gastrodia elata*	Ⅱ	DD	Y	—
16	*手参 *Gymnadenia conopsea*	Ⅱ	EN	Y	—
禾本科 Poaceae					
17	*中华结缕草 *Zoysia sinica*	Ⅱ	LC	Y	NB
莲科 Nelumbonaceae					
18	*莲 *Nelumbo nucifera*	Ⅱ	LC	Y	—
豆科 Fabaceae					
19	甘草 *Glycyrrhiza uralensis*	Ⅱ	LC	Y	—
20	*野大豆 *Glycine soja*	Ⅱ	LC	Y	—
蔷薇科 Rosaceae					
21	玫瑰 *Rosa rugosa*	Ⅱ	EN	Y	NB
千屈菜科 Lythraceae					
22	*细果野菱 *Trapa incisa*	Ⅱ	DD	Y	NB
芸香科 Rutaceae					
23	黄檗 *Phellodendron amurense*	Ⅱ	VU	Y	—
锦葵科 Malvaceae					
24	紫椴 *Tilia amurensis*	Ⅱ	VU	Y	SB
猕猴桃科 Actinidiaceae					
25	*软枣猕猴桃 *Actinidia arguta*	Ⅱ	LC	Y	—
杜鹃花科 Ericaceae					
26	兴安杜鹃 *Rhododendron dauricum*	Ⅱ	LC	Y	SB

续表 1

编号/科名 No. /Family name	物种名 Species name	保护等级 Protection level	濒危程度 Endangered degree	保护情况 Protection status	分布边界 Distribution boundary
木樨科 Oleaceae					
27	水曲柳 *Fraxinus mandshurica*	Ⅱ	LC	Y	—
五加科 Araliaceae					
28	* 人参 *Panax ginseng*	Ⅱ	CR	Y	SB
伞形科 Apiaceae					
29	* 山茴香 *Carlesia sinensis*	Ⅱ	LC	Y	NB
30	* 珊瑚菜 *Glehnia littoralis*	Ⅱ	CR	Y	NB
墨角藻科 Fucaceae					
31	* 鹿角菜 *Silvetiasiliquosa*	Ⅱ	—	N	—
口蘑科 Tricholomataceae					
32	* 松口蘑 *Tricholoma matsutake*	Ⅱ	VU	Y	—

注：* 表示农业农村主管部门分工管理的物种；**DD**. 数据缺乏；**EN**. 濒危；**VU**. 易危；**NT**. 近危；**LC**. 无危；**Y**. 已得到就地保护；**N**. 未得到就地保护；**SB**. 分布区南界；**NB**. 分布区北界。下同。

Note: * indicates that species is managed by the agricultural and rural affairs authorities; **DD**. Data deficient; **EN**. Endangered; **VU**. Vulnerable; **NT**. Near threatened; **LC**. Least concern; **Y**. Protected *in situ*; **N**. Not protected *in situ*; **SB**. Southern boundary of distribution area; **NB**. Northern boundary of distribution area. The same below.

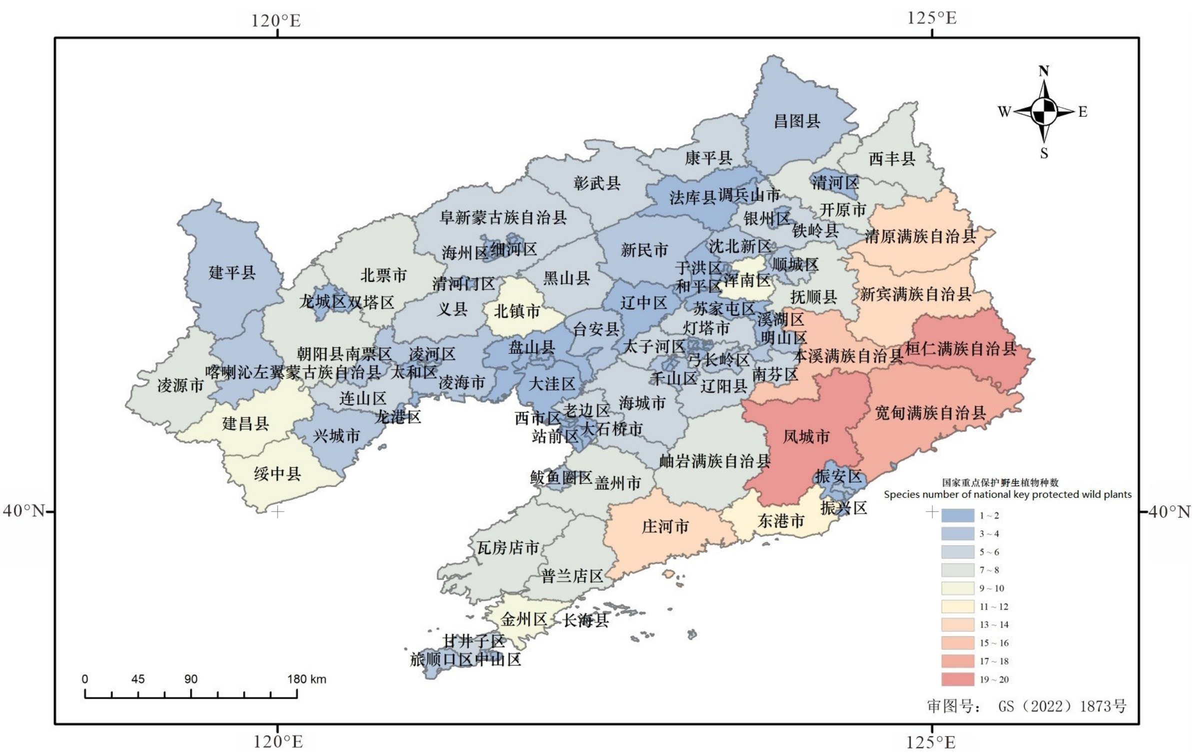


图 1　辽宁省国家重点保护野生植物县(市、区)分布

Fig. 1　Distribution of national key protected wild plants at the counties (cites, districts) in Liaoning Province

低,并且邻近县域同样呈现低物种数聚集,可能与该地区的半干旱气候及土地利用方式有关。此外,高-低和低-高离群点较少,表明辽宁省整体上较少存在孤立的高或低值县域,保护植物的分布更具区域性规律。热点分析进一步明确了辽宁省保护植物的冷热点区域。热点区域主要集中在辽宁省东南部,包括丹东市、凤城市、宽甸满族自治县等地区,显示出该区域保护植物数量明显高于

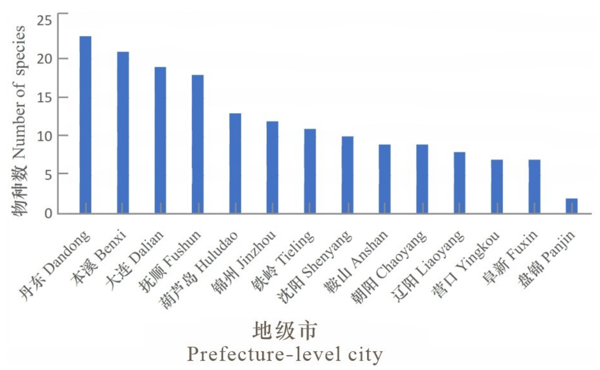


图 2　辽宁省国家重点保护野生植物市级分布

Fig. 2　Distribution richness of national key protected wild plants at the municipal level in Liaoning Province

全省平均水平，并且形成高值聚集区。这些地区多为山地和森林生态系统，适宜多种保护植物生存，并且自然保护区密度较高，可能进一步促进了保护植物的分布。而冷点区域主要位于辽宁省西北部，包括阜新市、彰武县、朝阳市等地区，这些区域保护植物的数量远低于全省平均水平，并且呈现低值聚集模式，可能与较为贫瘠的生态环境和较低的森林覆盖率有关。

综合来看，辽宁省国家重点保护野生植物的分布在县域尺度上表现出显著的空间聚集性，并且热点和冷点区域具有明显的地理分布规律。

2.3 辽宁省国家重点保护野生植物地带性及分布格局

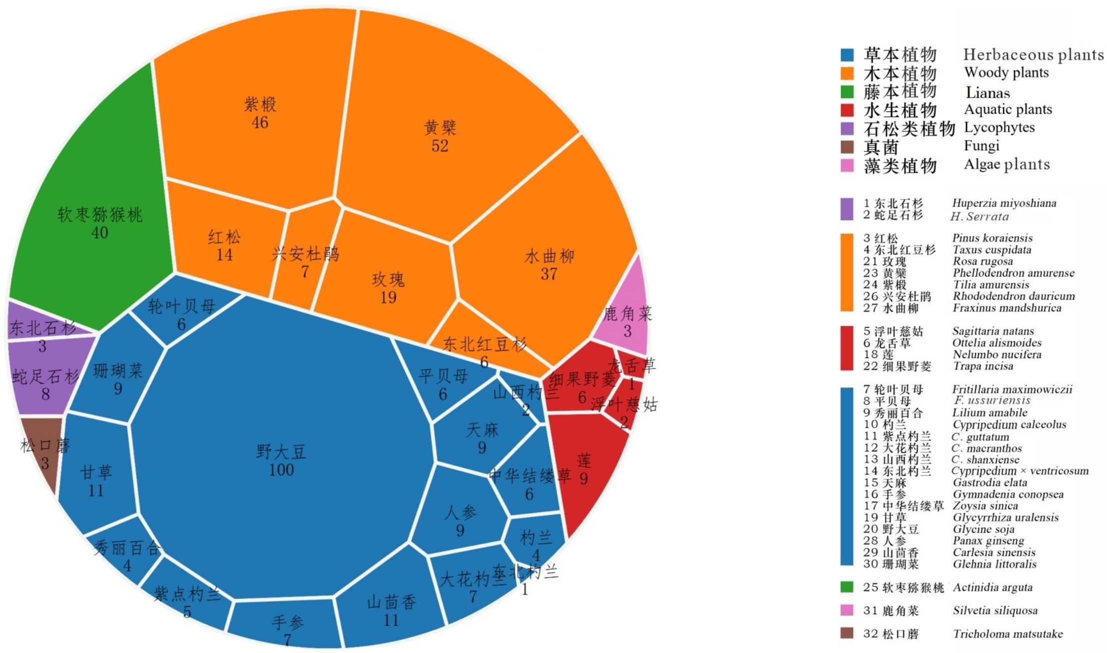
辽宁省国家重点保护野生植物的分布格局在区域尺度上呈现出明显的地带性差异，与植被类型、气候条件及历史变迁密切相关。依据植物区系特征及生态环境，可将全省划分为 4 个主要分布区域，各区域的保护植物组成及聚集特征均表现出显著的空间异质性。

2.3.1 辽宁东部　辽宁东部地区主要包括抚顺、本溪、凤城、宽甸，是长白植物区的最南端，这里雨量充沛，气候湿润，区系成分古老且有明显特色，以红松为主的针叶阔叶混交林是地带性植被，部分海拔超过 1 000 m 的山峰也开始出现垂直地带性，向较高海拔陆续出现山地针叶林带与亚高山岳桦矮曲林带，直至顶部的高山灌丛带和冻原带（何兴元等，2003）。这一区域是辽宁省内多种国家重点保护野生植物的唯一分布地，包括红松、东北红豆杉、蛇足石杉、东北石杉、杓兰、东北杓兰、人参、秀丽百合、松口蘑、兴安杜鹃、天麻、平贝母和手参，占辽宁全部保护植物的 41%；此外，这里还分布着大量水曲柳、紫椴、黄檗、野大豆、软枣猕猴桃和一些杓兰属植物，共计 21 种保护植物，占辽宁全部保护植物近三分之二，是辽宁省生物多样性最丰富的区域。空间分析结果表明，该区域为辽宁省保护植物最显著的聚集区，局部空间自相关分析（Anselin Local Moran's I）识别出多个高-高聚集区（high-high cluster），热点分析（Getis-Ord Gi *）进一步确认凤城、宽甸等地为全省保护植物的核心分布区，体现出典型的热点模式。

2.3.2 辽宁西部和南部　辽宁西部山地和南部半岛地区，主要包括朝阳、葫芦岛、大连、营口，是华北植物区向东北的延伸，气候温暖，是华北暖温带落叶阔叶林的最北端，在辽西山地以油松栎林为地带性植被，在南部半岛以赤松栎林为地带性植被。这一区域保护植物较为分散，但仍具有一定代表性，是轮叶贝母在辽宁唯一的分布地，也是山茴香的主要分布区，此地还分布着大量的紫椴、水曲柳、黄檗、软枣猕猴桃和野大豆，占辽宁全部保护植物的五分之一。空间分析结果表明，该区域的保护植物分布较为零散，仅在大连、葫芦岛等地形成局部聚集，未表现出显著的整体热点分布模式。

2.3.3 辽宁北部　辽宁北部地区，主要包括北票、阜新、彰武、昌图，是蒙古草原植物区在东北部的最南界，温暖干燥，属于森林草原地带，由于开发较早，原生植被早已破坏殆尽，主要分布着元宝槭、蒙椴、荆条、赤杨等耐旱树种，群落结构零散，植物种类多但优势种缺乏。这一区域是甘草在辽宁唯一的分布地，黄檗、水曲柳、紫椴虽也有分布，但数量远少于辽宁其他地区，是辽宁保护植物分布的最冷点地区，只有 5 种保护植物。该区域为辽宁省保护植物的最低聚集区，保护植物种类和数量均远低于全省平均水平。空间分析结果表明，该地区属于低-低聚集区（low-low cluster），在热点分析中被识别为全省的冷点区域（cold spot）。

2.3.4 辽宁沿海和湿地　辽宁的海滨地区和近海沙地，主要是大连、葫芦岛、营口、锦州和盘锦的沿海地带，植被类型受海洋性气候和沙地环境影响，分布范围狭窄但生态适应性独特。该区域的国家重点保护野生植物主要包括藻类植物鹿角菜和玫瑰、中华结缕草、珊瑚菜这些沙地植物。此外，辽宁省内还存在多个水库、河流及湖泊形成的湿地



数字代表各物种在辽宁省分布的县(市、区)数量。

The numbers indicate the number of counties (cities, districts) where each species is distributed in Liaoning Province.

图 3 辽宁省国家重点保护野生植物物种级分布

Fig. 3 Species level distribution of national key protected wild plants in Liaoning Province

生境,分布并不集中,水生植物类国家重点保护植物,如莲、浮叶慈姑、龙舌草和细果野菱,零散分布于这些水生环境中。由于生态环境的局限性,该区域的保护植物数量相对较少,空间分析结果表明未形成大规模聚集区。

2.4 保护情况和受威胁因素

2.4.1 保护现状 截至 2020 年,辽宁省有各类保护区 98 处,包括市县级保护区 51 处、省级保护区 28 处、国家级保护区 19 处;各类公园 137 处,包括森林公园、植物园、海洋公园、地质公园、湿地公园。除了重叠面积,辽宁省受保护的总面积约为(1.72×10^6) hm^2(王诗童等,2021),占辽宁省总面积的 11.57%。32 种国家重点保护野生植物中有 29 种都在保护地内得到了就地保护,占全省分布总数的 90.63%。

根据辽宁省保护植物在保护地内分布特征、生态敏感性以及在保护区内实际采取的保护措施,将其保护现状划分为以下 6 个类别:

(1)自然生态隔离型

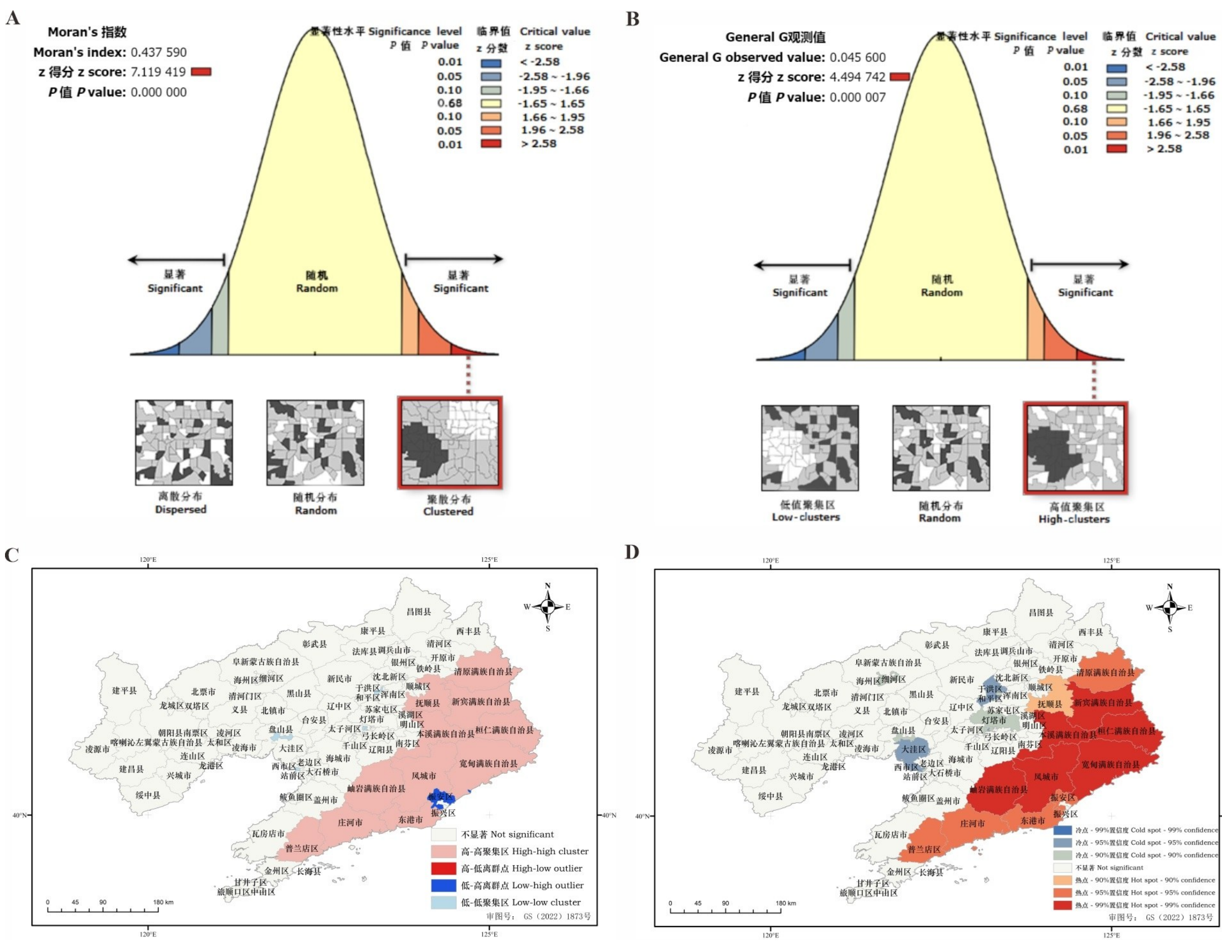
东北石杉、蛇足石杉、兴安杜鹃等物种,目前分布于保护区核心区内高海拔、难以到达的环境,天然的生态隔离条件本身已提供了足够的保护屏障,基本未受到人为采挖和其他直接干扰,未实施特殊的人工保护措施,直接就地保护。

(2)综合保护措施型

红松、东北红豆杉、黄檗、紫椴、水曲柳、软枣猕猴桃等重要木本物种,已在保护区及林场采取了挂牌保护、人工林栽培与植物园迁地保护相结合的综合保护措施。其中,挂牌保护主要针对树龄较长的优良单株或重点种群;人工林栽培及迁地保护措施用于扩大种群数量与储备种质资源。例如,喀喇沁左翼蒙古族自治县十二德堡林场的黄檗迁地保护,辽宁东部地区全面开展的软枣猕猴桃的种植和东北红豆杉的人工栽培。

(3)强化监管型

此类植物如人参、松口蘑、天麻、手参、轮叶贝母和平贝母,其因极高的药用价值和经济价值,长期面临严重采挖和人为干扰的威胁。虽然保护地内已实施了就地保护措施,但是由于保护区的可达性和人为活动干扰风险较高,因此保护区管理部门采取了额外的监管措施,如日常巡护监测、专人监管等措施,以保障种群安全。



A. 全局空间自相关分析；**B**. 全局热点聚集分析；**C**. 局部空间自相关分析；**D**. 热点分析。
A. Moran's I；**B**. Getis-Ord General G；**C**. Anselin Local Moran's I；**D**. Getis-Ord Gi＊.

图 4　辽宁省国家重点保护野生植物的空间自相关与热点分析

Fig. 4　Spatial autocorrelation and hotspot analysis of national key protected wild plants in Liaoning Province

（4）一般就地保护型

杓兰属植物（杓兰、紫点杓兰、大花杓兰、山西杓兰、东北杓兰）、珊瑚菜、玫瑰、山茴香、秀丽百合、中华结缕草、甘草、莲等，在保护区内均有明确分布，目前实施一般性保护区管理，无特殊人为干预措施，主要依靠保护区现有管理体系维持种群稳定。

（5）广布型（未进行特殊保护）

代表物种为野大豆，广泛分布于辽宁各地，种群稳定且规模较大，目前未受到明显威胁，未开展专门的保护措施。

（6）保护缺失型（保护地外分布）

根据实地调查，辽宁省分布的国家重点保护野生植物中有 3 种植物尚未被任何级别的保护地有效覆盖，分别为鹿角菜、浮叶慈姑和龙舌草，三者均属于水生植物。鹿角菜主要分布在沿海潮间带环境中，面临着沿海工业开发、港口建设及旅游开发等人类活动造成的栖息地破坏与丧失的威胁；浮叶慈姑与龙舌草主要生长在内陆淡水湿地和河流环境中，受城乡建设、水利工程建设和农业开发等因素影响，生境正逐渐缩小且分散破碎化严重。目前，这些植物分布区域尚未纳入辽宁省已建立的保护地体系，导致实际保护空缺明显。未来亟须针对这些未被保护地覆盖的水生植物分布区域，建立专门的湿地或滨海保护区域，以加强水生生态系统的保护力度，确保这类国家重点保护植物种群的持续稳定与生态安全。

2.4.2 受威胁因素　辽宁省分布的 32 种国家重点保护野生植物面临多种外部环境威胁因素，影响了保

护植物种群的稳定性和长期存续。此外, 这些植物自身的生态学与生物学特征,如种群规模、遗传多样性、生境特化程度和更新能力等,进一步决定了物种对外部环境变化的响应程度与脆弱性。

2.4.2.1 保护区外保护植物的外部威胁因素

(1) 城市扩张导致的生境丧失与退化

主要由人类活动引起的生境破坏和退化是辽宁省保护植物面临的主要威胁之一。这些活动包括城市扩张、农业开发、旅游设施建设、水产养殖以及工业化进程等。玫瑰、珊瑚菜和中华结缕草分布于海滨与沿海沙地,生境特殊且脆弱,加之旅游开发、土地利用和工业活动频繁,其生境面积不断缩减,生态环境质量明显下降。此外,天麻原有阔叶林生境被人工林所替代,直接破坏了其赖以生存的生态环境。

(2) 过度采挖

辽宁省部分保护植物长期不在保护植物名录内,经过调整后新进入保护植物名录。其中的部分植物具有较高的药用、食用或观赏价值,长期面临人为过度采挖威胁,严重影响种群的自然更新与维持。

(3)水体污染

水体污染对辽宁省水生保护植物的影响尤为突出。莲、浮叶慈姑、龙舌草和细果野菱等植物分布于湿地生境中,但由于靠近城市,其常受到农业和工业排污的影响,水质恶化使得种群健康状况显著下降。

(4)气候变化

全球气候变化表现为温度升高、降水模式改变、极端气候事件频发,这对辽宁省保护植物的分布格局和种群稳定性造成了明显影响。高海拔和湿润环境依赖的植物,如轮叶贝母、平贝母、东北石杉和蛇足石杉等,喜阴湿凉爽气候,气候变暖、干燥化趋势可能会缩小其适生范围,加剧种群衰退风险。

(5)生态竞争

次生林的发育和人为引入的栽培物种对辽宁保护植物形成生态竞争压力,显著挤占原生植物的生态位。例如,细果野菱面临与栽培水生植物的强烈竞争,生存空间不断压缩。还有一些植物,如红松、东北红豆杉和兴安杜鹃,这些物种在辽宁省本就不是优势种群,其竞争能力可能较弱。

2.4.2.2 植物敏感性因素　植物敏感性是指植物种群对外界环境变化的响应程度,反映了其适应能力和生存稳定性,通常与种群结构、遗传多样性、繁殖特征和生态适应能力等因素密切相关(代武君等,2020)。

(1)种群规模小与遗传多样性低

部分物种种群规模狭小,分布分散且长期无明显扩散迹象,这使得其遗传多样性低,生态适应能力弱,因而其种群极易在外界环境变化中衰退。本次调查发现,东北杓兰在辽宁仅存 1 个已知野外种群,个体数量极少,更新能力弱,生长环境局限,缺乏更广泛的种群交换与基因流。这类种群通常存在“遗传基础薄弱”问题,即个体之间的遗传差异有限,种群内基因型多样性偏低,不利于在环境压力下维持生态弹性,属于典型的敏感性类型。此外,兴安杜鹃、东北红豆杉等物种种群也表现出类似的分散性和脆弱性,面临遗传和更新能力双重限制。

(2)自然更新能力弱

部分植物存在种子产量低、萌发率低或幼苗成活率低的问题,限制了其自然更新能力。例如:紫椴受鸟类取食种子及森林演替影响,更新困难;水曲柳野生种群缺少优良单株,导致自我维持能力不足;红松的自然更新受环境变化和病虫害制约明显。

(3)特殊生境依赖性

部分保护植物依赖特定而狭窄的生态位,生境敏感性高,使其在外界干扰下极易受到严重影响。山茴香生长于特定山峰岩石裂缝,大花杓兰对林下光照环境敏感,中华结缕草则严格局限于沿海沙地与盐碱环境,这些物种生境一旦遭受破坏,极易快速衰退。

2.4.2.3 受威胁综合类型划分　基于辽宁省国家重点保护野生植物的外部威胁与内在生态敏感性,本研究将其受威胁状况整合为 5 种内外因相结合的综合类型(表 2):(1)生境特化与环境破坏双重敏感型,如珊瑚菜等沿海特化型植物及山地岩缝生境特异的山茴香;(2)经济价值高、生态敏感与采挖压力共存型,典型代表为药用价值和观赏价值突出的天麻、人参及杓兰属植物;(3)生态竞争力弱与生境破碎化叠加型,主要以东北红豆杉、红松为代表,生态竞争弱且栖息地破碎化明显;(4)保护地缺失与环境胁迫并存型,如浮叶慈姑、龙舌草、鹿角菜等水生或沿海藻类,生境遭遇污染且保护缺位;(5)内外胁迫较低、威胁程度相对较轻型,

表 2　辽宁省国家重点保护野生植物受威胁综合类型与保护对策汇总

Table 2　Summary of threatened comprehensive types and conservation strategies for national key protected wild plants in Liaoning Province

编号 No.	受威胁综合类型 Threatened comprehensive type	代表物种 Representative species	保护对策与建议 Conservation strategies and recommendations
1	生境特化与环境破坏双重敏感型 Highly specialized habitat and habitat destruction type	珊瑚菜、山茴香、中华结缕草、鹿角菜 *Glehnia littoralis*, *Carlesia sinensis*, *Zoysia sinica*, *Silvetia siliquosa*	设立特殊生境保护区，严格生境保护和生态修复工程 Establish special habitat protection zones, enforce habitat conservation and implement ecological restoration projects
2	经济价值高、生态敏感与采挖压力共存型 High economic value, ecological sensitivity and overharvesting pressure type	人参、天麻、轮叶贝母、平贝母、手参、秀丽百合、杓兰属 *Panax ginseng*, *Gastrodia elata*, *Fritillaria maximowiczii*, *F. usuriensis*, *Gymnadenia conopsea*, *Lilium amabile*, *Cypripedium*	监测种群，严格采挖管理，推进人工繁育和专项保护示范基地建设 Monitor populations, regulate harvesting, promote artificial propagation, and establish special conservation demonstration sites
3	生态竞争力弱与生境破碎化叠加型 Weak competitiveness and fragmented habitat type	东北红豆杉、红松、兴安杜鹃、紫椴、黄檗、水曲柳 *Taxus cuspidate*, *Pinus koraiensis*, *Rhododendron dauricum*, *Tilia amurensis*, *Phellodendron amurense*, *Fraxinus mandshurica*	次生林优化改造工程，增强目标植物生态竞争力 Implement secondary forest restoration projects to improve ecological competitiveness of target species
4	保护地缺失与环境胁迫并存型 Lack of protected areas and environmental stress type	浮叶慈姑、龙舌草、鹿角菜 *Sagittaria natans*, *Ottelia alismoides*, *Silvetia siliquosa*	扩建湿地与滨海生态保护区，控制污染源，开展迁地保护 Expand wetland and coastal ecological reserves, control pollution sources, and implement *ex situ* conservation
5	内外胁迫较低、威胁程度相对较轻型 Low internal and external stress and relatively light treat degress type	野大豆、甘草、东北石杉、蛇足石杉 *Glycine soja*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Huperzia miyoshiana*, *H. serrata*	定期监测，维持当前保护强度，必要时进行迁地保护 Conduct regular monitoring, maintain current conservation intensity, and consider *ex situ* conservation if needed

东北石杉、蛇足石杉、甘草和野大豆分布较广或生境特殊，当前受威胁程度较轻。通过内外因结合的综合分类分析，本研究更清晰地揭示了辽宁省国家重点保护野生植物不同威胁类型的具体表现形式，为下一步制定更为精确、科学的保护对策与措施提供明确的逻辑依据与科学参考。

3　保护对策与建议

辽宁省地处东北、华北和蒙古草原三大植物区系交汇地带，同时又是国家"东北振兴"和"渤海综合治理"战略的重要区域。基于前文对辽宁省国家重点保护野生植物的分布特征和威胁因素的深入分析，提出以下有针对性的保护对策与建议，以期在经济发展与生态保护的双重背景下，能够切实维护辽宁省保护植物资源和生态系统稳定。

（1）完善自然保护地体系，强调物种分布边界的特殊保护。在辽宁省分布的 32 种国家重点保护野生植物中，有 16 种（占总数 50%）处于国内地理分布区边界。其中，东北红豆杉、红松、兴安杜鹃等 10 种植物以辽宁为自然分布的南缘界限；珊瑚菜、中华结缕草等 6 种植物则以辽宁为自然分布的北界。这种边界区域植物种群不仅生态需求特殊、对环境变化敏感，而且在遗传多样性与生态适应性方面还具有重要的保护价值和研究价值，甚至可能是未来气候变化背景下物种适应与扩散的关键地区。然而，一些规模较小的边界种群在保护地外还有较多的分散分布，如鹿角菜、浮叶慈姑和龙舌草尚未被任何级别的保护地有效覆盖。因此，建议尽快开展未被保护地覆盖植物分布现状的专项调查，评估物种分布区生态环境与人类活动现状，在分布集中的湿地、河流及滨海生态系统中，尽快规划建设湿地或滨海生态保护区，纳入省级生态保护网络，明确生态保护区界限与保护措施；同时在辽东山区、辽南沿海等边界种群集中分布区域，设立专门针对边界种群的保护小区或微型保护地，实施严格的就地保护和种群监测，建立完善的边缘种群保护网络，以提升保护区体系的整体有效性和生态功能的完整性。

（2）针对辽宁区域特殊植物实施重点物种保

护计划。基于辽宁省保护植物分布的局域性和生态特化性,制定详细的物种保护专项计划。针对人参、手参、轮叶贝母、平贝母等采挖压力大的药用植物,建立种群监测和采挖管理制度,严格限制的同时,大力推进人工繁育措施;针对大花杓兰、中华结缕草、珊瑚菜等生境特异且生态位狭窄的物种,明确生境保护范围,采取精细化的就地保护与人工培育并举的策略。

(3)针对山茴香、秀丽百合和野生玫瑰实施专项保护行动。辽宁是秀丽百合的最大最核心分布区,也是山茴香在全国范围内极少数重要分布区之一,同时还是玫瑰的重要种源地之一。这些物种不仅具有重要的观赏价值和经济开发潜力,还具有非常高的生态价值,亟须特殊保护。建议对这些物种优先开展种群规模评估、生态位研究和种质资源保护。对于秀丽百合和山茴香,优先建立专项保护示范基地,采取就地保护与迁地保护相结合的方式,减少野外资源采挖压力,控制旅游开发与工程建设对生境的影响;对于野生玫瑰,建议建立野生种质资源保护圃,开展种质资源收集与评价,支持品种改良及产业化研究,以促进其野生种群的有效保护和资源的可持续利用。

(4)加强次生林改造,优化物种更新环境。辽宁省境内目前植被类型以次生林为主导,而红松、东北红豆杉、兴安杜鹃等植物在次生林中缺乏竞争优势,更新能力弱。建议开展次生林生态系统优化工程,通过科学的林相调整,适度改变林分结构,增加红松、东北红豆杉等目标保护植物的生态位空间,改善林内光照、水分等生态条件,使次生林逐渐向更适合目标植物生存的原始林生态结构转变。

(5)推进沿海与湿地生态保护修复,实现保护与经济协同发展。辽宁省沿海与湿地区域分布的保护植物,如珊瑚菜、玫瑰、莲、细果野菱等,面临生境破碎化、污染以及人类活动频繁等问题。建议设置弹性生态缓冲区,恢复部分自然植被,保障保护植物的生存空间;建立生态友好的开发模式,推进退养还湿、生态修复和水质提升工程,寻求保护与地方经济发展之间的平衡点,实现可持续利用和保护的协同发展。

(6)强化植物园体系建设,实施迁地保护与野外回归工程。辽宁省已有较好的植物园基础设施和技术储备,是实施迁地保护的重要平台,应发挥已有优势,进一步加强以沈阳植物园、大连植物园等省内植物园为核心的迁地保护体系建设。重点选择东北杓兰、大花杓兰、秀丽百合等在原地保护难度较高或面临严重人为干扰威胁的物种,建立完善的种质资源库,实施系统的人工繁育、种群恢复和野外回归项目。同时,鼓励植物园与科研机构加强合作,研究迁地保护物种的生态适应性和遗传多样性维护技术,开展人工繁育物种回归原生境的适应性研究,为长期有效保护与野外种群恢复提供理论和技术支撑。

(7)完善政策法规体系,加强宣传教育。进一步完善辽宁省省级保护植物名录及相应法规,加强执法检查力度,严格查处非法采挖和破坏行为,并建立动态监管和快速响应机制。同时,开展公众保护意识宣传与教育,增强社会参与度,构建多层次、全方位的社会保护网络。

(8)构建科学监测体系,推动大数据与人工智能技术的应用。建立长期稳定的辽宁省国家重点保护野生植物监测体系,定期开展物种分布调查、种群动态研究与生境评估,提升保护管理决策的科学性和针对性。同时,积极引入大数据分析、遥感监测及人工智能(AI)大模型技术,推动深度学习和监测数据融合应用,实现植物种群分布状况与生态环境变化的实时、精准监测。此外,鼓励高校、科研院所与地方政府合作,开发植物种群自动识别、生态风险智能预警系统,以更快速更准确地识别并动态追踪保护植物种群状况及威胁因素的变化趋势,为保护工作的科学决策提供更精准的数据支持。

致谢 感谢张淑梅、曹伟、李光波、史军、张立秋在资料收集和实地调查过程中给予的帮助。

参考文献:

APG, 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV [J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 181: 1-20.

BAI H M, 2017. Development, utilization and protection of coastal vegetation resources in Liaoning Province [J]. Protection Forest Science and Technology (5): 108-110. [白慧敏, 2017. 辽宁省海岸带植被资源的开发利用与保护 [J]. 防护林科技(5): 108-110.]

CHENG W C, FU L K, CHENG J R, 1975. Gymnospermae Sinicae [J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 13(4): 56-123. [郑万钧, 傅立国, 诚静容, 1975. 中国裸子植物 [J]. 植物分类学报, 13(4): 56-123.]

DAI W J, JIN H Y, ZHANG Y H, et al., 2020. Advances in plant phenology [J]. Acta Ecologica Sinica, 40(19): 6705-6719. [代武君, 金慧颖, 张玉红, 等, 2020. 植物物候学研究进展 [J]. 生态学报, 40(19): 6705-6719.]

DÍAZ S, SETTELE J, BRONDÍZIO E S, et al., 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change [J]. Science, 366(6471): eaax3100.

HE X Y, CHEN W, XU W D, 2003. Characteristics and sustainable development of natural forest vegetation in Liaoning Province [C]// Botanical Society of China. Abstracts of the 70th Anniversary Conference of the Botanical Society of China (1933-2003). Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences: 160. [何兴元, 陈玮, 徐文铎, 2003. 辽宁天然林植被特征与可持续发展 [C]// 中国植物学会. 中国植物学会七十周年年会论文摘要汇编(1933—2003). 中国科学院沈阳应用生态研究所: 160.]

IUCN, 2012. IUCN Red List categories and criteria: version 3.1 [M/OL]. 2nd ed. Gland, Switzerland: IUCN. [2024-05-30]. https://portals.iucn.org/library/node/10315.

JI C B, LIU Z, 2016. Seed plant flora in Laotudingzi Mountain and its relationship with other mountains [J]. Journal of Eastern Liaoning University (Natural Science Edition), 23(1): 21-26. [季长波, 刘卓, 2016. 辽宁老秃顶子保护区种子植物区系及与其他山地的关系 [J]. 辽东学院学报(自然科学版), 23(1): 21-26.]

LU Z L, QIN H N, JIN X H, et al., 2021. On the necessity, principle, and process of updating the List of National Key Protected Wild Plants [J]. Biodiversity Science, 29(12): 1577-1582. [鲁兆莉, 覃海宁, 金效华, 等, 2021.《国家重点保护野生植物名录》调整的必要性、原则和程序 [J]. 生物多样性, 29(12): 1577-1582.]

MIAO Q, YANG Y Y, ZHAI Q, et al., 2022. Current situation and vonservation strategies of rare and endangered plant species in Liaoning Province [J]. Horticulture & Seed, 42(4): 13-14, 17. [苗青, 杨屹岳, 翟强, 等, 2022. 辽宁省珍稀濒危植物现状及保护策略 [J]. 园艺与种苗, 42(4): 13-14, 17.]

Ministry of Ecology and Environment & Chinese Academy of Sciences, 2018. Redlist of China's biodiversity — macrofungi [EB/OL]. (2018-05-17). https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/201805/t20180524_629586.html. [生态环境部 中国科学院, 2018. 中国生物多样性红色名录—大型真菌卷 [EB/OL]. (2018-05-17). https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/201805/t20180524_629586.html.]

Ministry of Ecology and Environment & Chinese Academy of Sciences, 2023. Redlist of China's biodiversity — higher plants (2020) [EB/OL]. (2023-05-19). https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html. [生态环境部 中国科学院, 2023. 中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020) [EB/OL]. (2023-05-19). https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.]

National Forestry and Grassland Administration & Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 2021. Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the National Forestry and Grassland Administration (No. 15, 2021) (National Key Protected Wild Plant List) [EB/OL]. (2021-09-08). https://www.forestry.gov.cn/c/www/lczc/10746.jhtml. [国家林业和草原局 农业农村部, 2021. 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). https://www.forestry.gov.cn/c/www/lczc/10746.jhtml.]

QIN (CHING) R C, 1978. The Chinese fern families and genera: systematic arrangement and historical origin [J]. Acta Phytotaxonomica Sinica, 16(4): 16-37. [秦仁昌, 1978. 蕨类植物科属的系统排列和历史来源 [J]. 植物分类学报, 16(4): 16-37.]

REN H, GUO Z H, 2021. Progress and prospect of biodiversity conservation in China [J]. Ecological Science, 40(3): 247-252. [任海, 郭兆晖, 2021. 中国生物多样性保护的进展及展望 [J]. 生态科学, 40(3): 247-252.]

REN Y, ZHANG B, CHEN X, et al., 2024. Analysis of spatial-temporal patterns and driving mechanisms of land desertification in China [J]. Science of the Total Environment, 909: 168429.

WANG S T, WANG R F, HUANG Z H, et al., 2021. Analysis on spatial distribution pattern and overlapping status of natural protected area in Liaoning Province of northeastern China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 43(11): 89-98. [王诗童, 王锐锋, 黄治昊, 等, 2021. 辽宁省自然保护地空间分布格局与重叠现状分析 [J]. 北京林业大学学报, 43(11): 89-98.]

WU X J, CHEN J F, CUI G F, 2023. Proposals for updating the List of National Key Protected Wild Plant — Based on an analysis of existing conservation lists [J]. Biodiversity Science, 31(7): 22622. [吴欣静, 陈金锋, 崔国发, 2023.《国家重点保护野生植物名录》更新建议——基于对现有保护名录的分析 [J]. 生物多样性, 31(7): 22622.]

ZHANG S M, LI W, LI D N, 2022. Inventory of species diversity of Liaoning higher plants [J]. Biodiversity Science, 30(6): 22038. [张淑梅, 李微, 李丁男, 2022. 辽宁省高等植物多样性编目 [J]. 生物多样性, 30(6): 22038.]

ZHOU Y L, 1997. Geography of the vegetation in Northeast China [M]. Beijing: Science Press. [周以良, 1997. 中国东北植被地理 [M]. 北京: 科学出版社.]

(责任编辑　邓斯丽)

本文附录请到本刊网站(http://www.guihaia-journal.com/gxzw/ch/reader/view_abstract.aspx? file_no=20260104&flag=1 **)下载。**