

黑龙江省林下草本层植物多样性与资源研究

戚福坤^{1,2}, 刘延坤^{1,2}, 陈瑶^{1,3}, 刘玉龙^{1,3}, 李云红^{1,3}, 何萍^{1,2*}

¹黑龙江省生态研究所, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江省森林生态与林业生态工程重点实验室, 黑龙江 哈尔滨

³黑龙江牡丹江森林生态系统定位观测研究站, 黑龙江 牡丹江

收稿日期: 2026年1月5日; 录用日期: 2026年2月10日; 发布日期: 2026年2月24日

摘要

黑龙江省是我国重要的森林资源基地, 在森林生态系统中林下草本层是维持森林生态系统结构与功能的关键组成。本文立足黑龙江省林业林区发展实际, 主要从植物多样性概念及分类、草本层植物多样性影响因素、草本层植物资源研究, 阐述了当前国内外的研究现状。同时观察出当前黑龙江省相关研究面对的一些挑战, 并展望了未来多学科协同的创新路径、未来发展前景与建议。

关键词

黑龙江省, 林下草本层, 植物多样性, 植物资源

Study on the Plant Diversity and Resources of the Herbaceous Layer under the Forest in Heilongjiang Province

Fukun Qi^{1,2}, Yankun Liu^{1,2}, Yao Chen^{1,3}, Yulong Liu^{1,3}, Yunhong Li^{1,3}, Ping He^{1,2*}

¹Heilongjiang Institute of Ecology, Harbin Heilongjiang

²Key Laboratory of Forest Ecology and Forestry Ecological Engineering of Heilongjiang Province, Harbin Heilongjiang

³Mudanjiang Forest Ecosystem Research Station, Mudanjiang Heilongjiang

Received: January 5, 2026; accepted: February 10, 2026; published: February 24, 2026

Abstract

Heilongjiang Province is an important base for forest resources in China. In forest ecosystems, the

*通讯作者。

文章引用: 戚福坤, 刘延坤, 陈瑶, 刘玉龙, 李云红, 何萍. 黑龙江省林下草本层植物多样性与资源研究[J]. 世界生态学, 2026, 15(1): 204-212. DOI: 10.12677/ije.2026.151021

understory herb layer is a key component for maintaining the structure and function of forest ecosystems. This article, based on the development of forestry areas in Heilongjiang Province, mainly discusses the concepts and classifications of plant diversity, factors affecting the diversity of understory herb plants, and research on herb layer plant resources, elaborating on the current research status both domestically and internationally. At the same time, it summarizes some challenges faced by related research in Heilongjiang Province and envisions future innovative paths for multidisciplinary collaboration, as well as prospects and suggestions for future development.

Keywords

Heilongjiang Province, The Herbaceous Layer under the Forest, Plant Diversity, Plant Resources

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

植物多样性研究是现代生态学研究的热点内容之一[1][2]。从 21 世纪开始,中国陆续组织进行了很多次大型的植物资源本底调查,组织编写全国性和地区性的植被专著、各种植物志、中国植物红皮书等,积累了丰富的有关生物多样性的信息,提供了大量的基础知识和理论依据[3]。我国拥有丰富多样的森林植物资源基础,涵盖木材、药用、食用和纤维等各类功能类别,具有重要的生态价值和经济潜力[4]。国内的研究工作从最初的调查和分类阶段转向探索多样性形成机制、功能特性、可持续利用方案以及应对气候变化的对策。近年来,将应用遥感监测和分子标记技术应用在植物资源的动态监测和起源评估上使得效率变得更高,研究规模也有所扩大,为森林资源保护和区域发展提供了技术支持[5][6]。

黑龙江省作为中国最北的省份,具有较高的生物多样性以及丰富的森林资源[7][8]。主要包括红松阔叶混交林、阔叶林、蒙古栎林、白桦林等类型[9]。森林林下草本层在组成、结构、功能以及适应机制方面都具有明显并独特的特征。红松阔叶混交林下草本层通常由一些能控制自身生长的植物像东北延胡索和鹿药等所主导。通过有效利用林间弱光环境形成季节性分层,促进资源的互补利用[10]。白桦林中,常见的植物如鸢尾、萱草和蒲公英等都具有很强的耐寒和耐旱能力,能够适应环境生长[11]。

寒地气候和独特的土壤条件是黑龙江省草本植物多样性的重要环境因素。黑龙江省受温带和寒温带季风气候影响,冬季严寒且漫长,植物生长周期短。大多数草本植物通过多年生或发展地下组织等策略在冬季存活下来。雪融后快速成长、开花结果。黑龙江冻土季可持续 5 个月,独特的黑土和暗棕壤土具有较强的保水和保肥能力[12]。然而,季节性冻土层又影响着根系分布和土壤水分动态变化,导致草本植物多以浅根系为主[13]。

黑龙江省草本植物多样性由多种生态机制的共同作用来维持。主要体现在由环境异质性和生态分化形成空间格局。该地区的复杂地形和丰富物种使得各种资源的分布多样化并可以很好的共存[14]。其次,草本植物与菌类的相互作用可帮助植物在低湿度和弱酸性土壤中有效获取养分,共同调节地下营养物质,为更多物种的共存提供了条件。此外,适度的自然干扰能通过周期性地打破少数优势物种的垄断,小幅度的改变生境,从而促进种群的再生和恢复[15]。最后,由于冬季漫长以及生长周期短,草本植物进化出了地下种子库以及与生物周期缩短等一系列匹配的适应策略,确保种群在时间和空间上的恢复力和可持

续性[16]。这些机制共同维持着丰富而稳定的植物多样性。

2. 植物多样性概念与研究现状

生物多样性一直以来是生态研究的热点问题[17]，其中植物多样性(Plant Diversity)是生物多样性的的重要组成部分[18][19]，植物多样性是群落或生态系统功能维持的基础[20]，是由植物及其与环境之间所形成的复合体及相关的生态过程的总和[21]，具有很多其独有功能和价值[22]，对生态功能可恢复性及稳定性有很大影响，主要体现在调节气候、净化空气、涵养水源、维持生态系统平衡等方面[23]。生态系统生物量中植物生物量占绝大部分[24]，其它物种多样性的保存和进化更是离不开植物多样性[25][26]。植物多样性与生态系统的可持续发展以及全球变化在国际上并称为生态学的三大热点问题[27][28]，植物多样性的保护也成为了国内外重要的研究内容[29]。

植物多样性可简单有效的描述群落和区域多样性[30]。从生态学观点来说，要从不同角度出發，全面系统地描述植物多样性的情况，才能更好的为生态服务功能维持提供帮助[31]。目前对于植物多样性的研究全世界都在进行更宽更深的探索[32]。Ben-Hur 等人系统阐述了植物功能性状在群落组成与动态中的作用，指出不同物种的功能特征与群落稳定性之间存在密切关联[33]，发现不同植物的功能性状对于群落稳定性都有密不可分的关系；Burkle 等人从时空格局角度对植物进行了综合研究，发现植物的生殖性状对其在时间和空间上的分布具有一定影响[34]；Pottier 则借助物种分布模型，对植物的空间分布格局进行了分析[35]。

植物多样性主要表征分为植物多样性特征、分布的均匀性和种类的丰富度[36][37]对植物多样性的研究与分析有利于对其多样性的保护和生态服务功能维持[38]。同时，植物多样性在水土保持、气候调节、生态系统维护等许多方面有无可取代的重要性；对人类的发展来看，有很大的支持作用[39]。随着植物多样性研究成为热点，更多学者偏向于研究植物多样性的研究层次、植物多样性保护及对其评价指数确定等与生态环境紧密相关的内容[40]。马克平，刘玉明认为需要加大资金和物力投入在物种的迁地保护、应对全球气候变化、完善信息系统等多方面[41]。

3. 草本层植物多样性

3.1. 草本层植物多样性在森林生态系统中的作用

林下草本层是森林生态系统中重要组分，是衡量森林生态系统的健康状况、恢复能力和稳定性的标准，并调节整个森林生态系统[42]。

与乔木和灌木不同，草本植物在个体大小、结构特征、生活史策略、物候规律、物质更新速率以及应对干扰的方式等多个方面均存在明显区别[43]。在林分中，草本植物对森林整体的作用往往以间接形式体现。比较林下草本植物与其他层次植被的属性差异，可提升群落研究的全面性，从而深入地揭示森林植被的维持机制与发展趋势[44]。郝占庆对长白山北坡椴树红松林高等植物物种多样性进行了研究[45]；盛伟彤研究了林下草本植物对土壤理化性质的影响和林下植被的发育与演替[46]；夏富才等人研究了长白山林下草本季节动态以及环境解释[47]；李民义等人研究了不同密度人工林下植物多样性[48]；尤其等人研究了不同城市生境自生草本植物群落功能多样性与谱系结构特征[49]，发现林下草本植物不仅为群落中的各类生物提供栖息场所与食物来源，还有保持水土、调节物质循环的功能，同时对维持群落多样性与功能稳定性也具有积极意义。

3.2. 草本层植物多样性影响因子

草本层植物多样性受多重因子的综合调控，这些因子可归纳为非生物因子、生物因子以及人为干扰

三大类[50]。

3.2.1. 非生物因子

非生物因子是多样性格局的基础影响因子。其中，光照是主要限制因子，林下光环境自阳坡向阴坡形成了从阳性到耐阴的草本植物生态序列。林冠层郁闭度则可控制草本层光照强度，控制着草本层植物物种丰富度以及生长情况。光照强度同时还调控土壤的温度、湿度以及养分从而间接影响草本层生物多样性[51]。

土壤因子物理与化学性质的复杂组合可直接与间接影响草本层植物[52]。物理性质上：土壤质地和结构决定土壤的孔隙度、通气性及持水性，从而能营造出干旱到湿润不同的生境[53][54]。土壤水分是维持物种共存的关键机制。土壤容重影响根系穿透，过高的容重会限制深根性物种的定居与生长。化学性质上：土壤养分是最核心的影响因子，其中重要的有有机质(C)、氮(N)和磷(P)的含量及其比例[55]，氮含量丰富通常会导致少数快速生长，养分需求高的物种之间竞争优势扩大，从而降低群落整体的物种丰富度[56]。土壤酸碱度(pH)影响分解、固氮等关键生态过程[57]，同时调控养分，过酸或过碱的土壤环境会导致磷、铁等关键元素被固定或淋失。

地形因子控制生存地环境，影响森林草本层植物多样性分布与格局[58]。海拔梯度是影响最显著的地形要素，通过改变温度和降水等气候条件，决定了草本植物的物种库组成与更替速率，邓涛团队通过在青藏高原对植物进行调查发现海拔在垂直梯度上对植物物种多样性影响最大，物种丰富度(SR)常在中海拔区域处于最大阈值范围，净亲缘关系指数(NRI)则在 4000 m 海拔高度时达到峰值[59]。但在黑龙江省草本层多样性受寒地气候和局地地形因素的交互影响：在小兴安岭地区，草本物种丰富度随海拔升高呈单峰变化，峰值出现在中低海拔[60]；而在大兴安岭北部高纬度地区，由于整体气候严酷，多样性可能随海拔升高持续降低，或表现不明显[61]。坡向通过调节太阳辐射强度，形成不同温度湿度环境：阳坡通常光照充足、土壤相对干旱，多分布耐旱、喜光的草本物种；阴坡阴湿凉爽，适合耐阴、喜湿的植物[62]。坡度与坡位影响土壤的形成与稳定性，陡峭群落相对简单；而缓坡、山麓或沟谷地带则支持更丰富的草本植物种类。

3.2.2. 生物因子

生物因子通过物种间的相互作用去影响植物群落的构建。种间竞争主要是对光、水和养分的竞争[63]。化感作用是某些植物释放次生代谢物质抑制邻近其他植物生长的现象，在特定群落中对物种组成产生一定影响[64]。动物取食具有双重效应：一定阈值下取食通过抑制优势种过度生长而促进植物多样性；但过高强度或选择性的取食压力则导致特定物种减少或消失，从而降低多样性[65]。土壤生物区系，如菌根真菌和根际微生物，与植物形成共生或拮抗关系，影响植物的营养吸收效率、抗逆性和竞争能力，间接调控群落结构[66]。

3.2.3. 人为干扰

人为干扰与全球变化因子正成为影响草本层多样性的主导力量。森林经营管理措施，不同方式与强度的采伐和林下植被清理，可改变林内光照、温度和土壤条件[67]。高强度人为干扰会导致耐阴物种和特化种丧失，使群落生物多样性降低，而适度的抚育强度可以适度增加林下光照，促进耐阴草本和部分阳性草本生长[68]。此外，践踏土壤和选择性啃食植被也会影响生物多样性。人为原因直接或间接导致大气氮沉降持续增加是许多温带及北方森林植物多样性下降、物种组成均质化的重要驱动因子[69][70]。气候变化，包括气温升高、降水格局改变以及极端气候事件则改变物种的生理适应范围、物候同步性、种间竞争关系以及潜在分布区，对草本层以及生态群落产生长远并且多维度影响[71]。

影响因子作用于黑龙江森林草本层概念图见图 1。

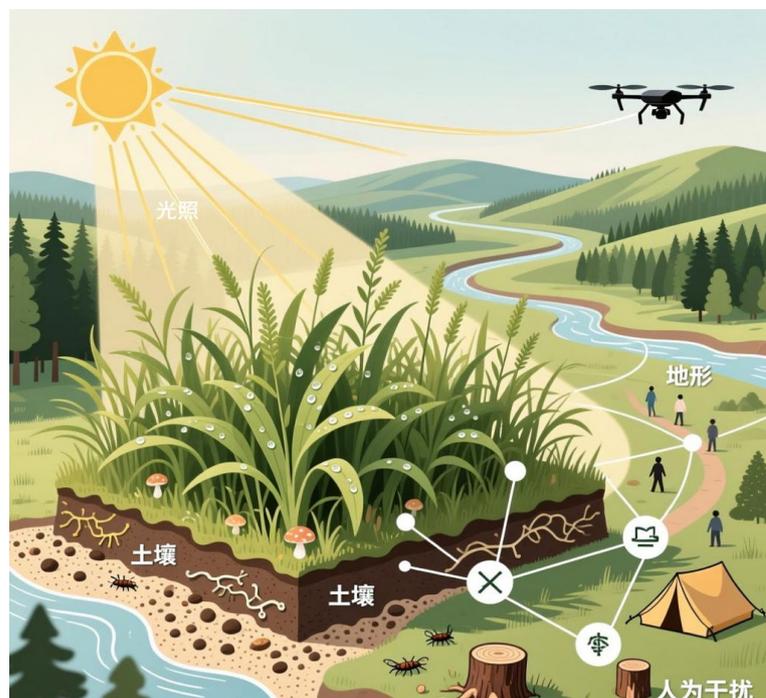


Figure 1. Conceptual diagram of influencing factors on herb layer plant diversity
图 1. 草本层植物多样性影响因子概念图

4. 草本层植物资源研究现状

黑龙江省不仅生态功能突出,其森林生态系统下还蕴藏着丰富且具有重要经济价值的草本植物资源,尤其是药用植物资源和可食用植物资源,对林区经济发展具有重要意义,是生物多样性保护与可持续利用的重点。

黑龙江省林区素有“北药”宝库之称,针阔混交林下是众多道地药材和传统药用植物的天然栖息地。黑龙江省常见的药用草本包括刺五加(*Eleutherococcus senticosus*)、黄芪(*Astragalus membranaceus*)、白鲜(*Dictamnus dasycarpus*)、龙胆属(*Gentiana*)、苍术(*Atractylodes lancea*)等数十种[72]。目前主要在资源调查、蕴藏量估算、采收期确定及野生抚育初步探索等方面开展研究。

林下丰富的山野菜是绿色食品产业的重要源头[73]。常见的种类如东北蹄盖蕨(*Athyrium brevifrons*)、黄花菜(*Hemerocallis citrina*)、桔梗(*Platycodon grandiflorus*)等[74] [75]。现有研究多为营养成分分析、采集与加工技术相关方向研究,缺少野生资源或种植方面研究。

黑龙江省有许多草本植物可药食同源[76],林下还有许多具有潜在价值的如蜜源植物、观赏植物、纤维植物、香料植物等资源植物[77]。

下面是根据穆立嵩和王洪峰等人整理统计的黑龙省野生维管植物名录[78]并结合黑龙省“北药”发展以及“九珍十八品”整理出 30 种黑龙省主要林下经济草本植物(见表 1)。

但黑龙省对植物资源蕴藏量研究重点多以乔木如落叶松、红松、白桦;小乔木如蓝靛果忍冬或者灌木如五味子、笃斯越橘等能带来大规模经济效益并形成或开始形成产业链的植物为主,除少数重点药用植物如刺五加在依兰县通过调查估算分布密度有 2907 株/hm² [79],或者如芍药只调查了野生资源分布区域和人工栽培区域有哪些[80],但没有分布密度或者蕴藏量数据来源,绝大多数草本资源植物如白鲜、

Table 1. Main herbaceous plants for understory economy in Heilongjiang province
表 1. 黑龙江省主要林下经济草本植物

中文名	拉丁名	生境偏好	主要用途
黄耆	<i>Oxytropis xinglongshanica</i>	向阳山坡、林缘及疏林下	药用
芍药	<i>Paeonia lactiflora</i>	林下或山坡草地	药用、香料
刺五加	<i>Eleutherococcus senticosus</i>	针阔混交林、阔叶林林下及林缘	药用、食品加工
白鲜	<i>Dictamnus dasycarpus</i>	向阳疏林下、林缘及灌丛	药用
防风	<i>Saposhnikovia divaricata</i>	草原、丘陵、多石质山坡及林缘	药用
大叶柴胡	<i>Bupleurum longiradiatum</i>	向阳山坡、林缘隙地及灌丛	药用
苍术	<i>Atractylodes lancea</i>	林下、林缘及灌丛间	药用
平贝母	<i>Fritillaria usuriensis</i>	林下、草甸及河谷	药用
北乌头	<i>Aconitum kusnezoffii</i>	山地草甸、疏林下及林缘	药用
升麻	<i>Actaea cimicifuga</i>	林缘灌丛、草甸及山坡疏林下	药用
玉竹	<i>Polygonatum odoratum</i>	林下、林缘阴湿处	药用、食用
黄精	<i>Polygonatum sibiricum</i>	林下、灌丛或山坡阴处	药用、食用
黄芩	<i>Scutellaria baicalensis</i>	向阳草坡、林缘及休耕地	药用
轮叶沙参	<i>Adenophora tetraphylla</i>	林缘、山坡草地及灌丛中	药用、食用
紫菀	<i>Aster tataricus</i>	林下、林缘湿地及河边	药用
龙胆	<i>Gentiana scabra</i>	林缘、草甸及山坡草地	药用
徐长卿	<i>Vincetoxicum pycnostelma</i>	向阳山坡、林缘及灌丛中	药用
白头翁	<i>Pulsatilla chinensis</i>	林缘、干燥山坡及草甸	药用
鹿蹄草	<i>Pyrola calliantha</i>	林间空地、林缘及向阳山坡	食用、药用
东北蹄盖蕨	<i>Athyrium brevifrons</i>	湿润林下、沟边及灌丛	食用、食品加工
东北牛防风	<i>Heracleum moellendorffii</i>	林下、林缘溪流旁及湿草甸	食用、食品加工
蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>	广泛适应，常见于林缘、路旁	食用、药用
歪头菜	<i>Vicia unijuga</i>	林下、林缘及灌丛中	食用、饲用
牛蒡	<i>Arctium lappa</i>	林缘、村落旁及山坡	药用、食用
展枝沙参	<i>Adenophora divaricata</i>	林下、林缘草地及灌丛中	药用、食用
蹄叶橐吾	<i>Ligularia fischeri</i>	林下、林缘湿地及河边	药用、食用
藿香	<i>Agastache rugosa</i>	林缘、山坡草地及溪边	药用、香料、蜜源
穿龙薯蓣	<i>Dioscorea nipponica</i>	灌丛、林下以及林缘	药用、食品加工
铃兰	<i>Convallaria keiskei</i>	阴湿林下、灌丛及沟边	药用、观赏、香料
白屈菜	<i>Chelidonium majus</i>	林缘、屋旁及多石山坡	药用

龙胆属等多种资源植物都缺乏全省或主要分布区概况以及准确蕴藏量数据。这导致难以科学制定针对具体物种的可持续采收计划和资源保护策略。

5. 结论

黑龙江省针阔混交林草本层多样性研究存在些许不足：长期定位监测网络缺失；研究多趋向乔木层，

缺乏草本群落构建、功能性状及生态位解析；资源本底调查欠缺，可持续利用技术缺乏；科研成果难以转化为实际经营与保护措施。

未来，可针对经济价值以及社会效益高的草本植物资源开展区域化调查与资源蕴藏量分析，完善黑龙江省植物资源本底。同时可构建森林乔木-草本层长期的观测网络，推动数据标准化与共享，提升草本层在生态监测中的比重；融合多项前沿技术，深化草本层与多种影响因子之间响应机制研究；系统性开展资源普查与植物资源数据库建设，为日后黑龙江省林草种植业发展以及资源分布研究打好基础；对草本层保护也可纳入森林经营方案，促进科研成果落地，实现生态保护与资源可持续利用的统一。

基金项目

黑龙江省省属科研业务费项目(SCZ2024-04)。

参考文献

- [1] 黄忠良, 孔国辉, 何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究[J]. 生态学报, 2000(2): 193-198.
- [2] Wang, Z., Rahbek, C. and Fang, J. (2012) Effects of Geographical Extent on the Determinants of Woody Plant Diversity. *Ecography*, **35**, 1160-1167. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07786.x>
- [3] 肖金学, 王文强, 廉振民. 中国生物多样性研究现状分析[J]. 安徽农业科学, 2007(34): 11172-11174.
- [4] 黄思明, 高群. 谈森林植物资源的特点、现状与保护[J]. 林业勘查设计, 2012(4): 26-27.
- [5] 高永刚, 刘丹, 张福娟, 等. 卫星遥感在森林病虫害监测上的研究进展[J]. 中国农学通报, 2006(2): 113-117.
- [6] 马有国, 杜学惠. 森林健康评价的遥感技术研究[J]. 森林工程, 2019, 35(2): 37-44.
- [7] 马克平. 黑龙江省植物资源概述[J]. 齐齐哈尔师范学院学报(自然科学版), 1987(3): 32-37.
- [8] 周瑞昌, 周以良. 黑龙江省植物资源[J]. 自然资源研究, 1985(4): 19-28.
- [9] 刘运伟, 张巍, 李相全, 等. 小兴安岭(伊春)森林植物资源潜力物种开发建议[J]. 中国林副特产, 2021(6): 67-70+74.
- [10] 段文标, 王丽霞, 陈立新, 等. 红松阔叶混交林林隙大小及光照对草本植物的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(3): 614-620.
- [11] 赵丽娜, 孙广玉, 尹鹏达, 等. 小兴安岭天然白桦林植物物种多样性的多尺度分析[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(6): 46-48.
- [12] 周梅, 余新晓, 冯林, 等. 大兴安岭林区冻土及湿地对生态环境的作用[J]. 北京林业大学学报, 2003(6): 91-93.
- [13] 胡海辉, 徐苏宁. 黑龙江自然植物群落调查与寒地城市绿化模拟策略[J]. 中国园林, 2013, 29(8): 104-108.
- [14] 董世林, 马克平, 田兴军, 等. 黑龙江省植物特点及野生植物资源概论[J]. 东北林业大学学报, 1988(3): 81-86.
- [15] 毛志宏, 朱教君, 谭辉. 干扰对辽东山区次生林植物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2006(8): 1357-1364.
- [16] 杨扬, 陈建国, 宋波, 等. 青藏高原冰缘植物多样性与适应机制研究进展[J]. 科学通报, 2019, 64(27): 2856-2864.
- [17] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.
- [18] 宋平, 刘志. 大兴安岭森林植物资源及其开发利用研究[J]. 内蒙古林业调查设计, 1995(4): 24-27.
- [19] Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., et al. (2001) Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, **294**, 804-808. <https://doi.org/10.1126/science.1064088>
- [20] Gao, J., Liu, Y. and Bogonovich, M. (2018) Habitat Is More Important than Climate and Animal Richness at Shaping Latitudinal Variation in Plant Diversity in China. *Biodiversity and Conservation*, **27**, 3679-3691. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1620-0>
- [21] Gao, J. and Liu, Y. (2018) Climate Stability Is More Important than Water-Energy Variables in Shaping the Elevational Variation in Species Richness. *Ecology and Evolution*, **8**, 6872-6879. <https://doi.org/10.1002/ece3.4202>
- [22] Díaz, S. and Cabido, M. (2001) Vive la Différence: Plant Functional Diversity Matters to Ecosystem Processes. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**, 646-655. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(01\)02283-2](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(01)02283-2)
- [23] 王昕. 森林垂直结构和大树对植物多样性海拔梯度格局的影响[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2022.

- [24] 刘利. 辽宁凤凰山自然保护区种子植物多样性分析[J]. 辽东学院学报: 自然科学版, 2007, 14(1): 30-35.
- [25] 曹铭昌, 乐志芳, 雷军成. 全球生物多样性评估方法及研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(1): 8-16.
- [26] 李迪强, 林英华, 陆军. 尤溪县生物多样性保护优先地区分析[J]. 生态学报, 2002(8): 1315-1322.
- [27] UCN Conservation Monitoring Centre, *et al.* (1984) The IUCN/WWF Plant Conservation Programme 1984-1985. IUCN.
- [28] 王献溥, 宋朝枢. 生物多样性就地保护[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [29] Hooper, D.U. and Vitousek, P.M. (1997) The Effects of Plant Composition and Diversity on Ecosystem Processes. *Science*, **277**, 1302-1305. <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1302>
- [30] 樊新宇. 哈尔滨体育公园植物多样性及景观应用分析[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2022.
- [31] Lubchenco, J., Olson, A.M., Brubaker, L.B., Carpenter, S.R., Holland, M.M., Hubbell, S.P., *et al.* (1991) The Sustainable Biosphere Initiative: An Ecological Research Agenda: A Report from the Ecological Society of America. *Ecology*, **72**, 371-412. <https://doi.org/10.2307/2937183>
- [32] 马克平. 监测是评估生物多样性保护进展的有效途径[J]. 生物多样性, 2011, 19(2): 125-126.
- [33] Ben-Hur, E., Fragman-Sapir, O., Hadas, R., Singer, A. and Kadmon, R. (2012) Functional Trade-Offs Increase Species Diversity in Experimental Plant Communities. *Ecology Letters*, **15**, 1276-1282. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01850.x>
- [34] Burke, J.L., Maerz, J.C., Milanovich, J.R., Fisk, M.C. and Gandhi, K.J.K. (2011) Invasion by Exotic Earthworms Alters Biodiversity and Communities of Litter- and Soil-Dwelling Oribatid Mites. *Diversity*, **3**, 155-175. <https://doi.org/10.3390/d3010155>
- [35] Pottier, J., Dubuis, A., Pellissier, L., Maiorano, L., Rossier, L., Randin, C.F., *et al.* (2012) The Accuracy of Plant Assemblage Prediction from Species Distribution Models Varies along Environmental Gradients. *Global Ecology and Biogeography*, **22**, 52-63. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00790.x>
- [36] 铁军, 李燕芬, 王霞, 白凤麟, 崔方天, 金山. 山西历山国家级自然保护区猕猴栖息地森林群落物种多样性[J]. 生态学杂志, 2015, 34(11): 3009-3015.
- [37] 邓莉萍, 白雪娇, 秦胜金, 魏亚伟, 周永斌, 李露露, 牛沙沙, 韩美娜. 辽东山区次生林物种多样性的空间分布及尺度效应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(7): 2197-2204.
- [38] 张建宇. 大兴安岭森林植物多样性、群落结构特征及耦合关系分析[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2018.
- [39] 王献溥. 应该保护植物的多样性[J]. 大自然, 1988(4): 16-18.
- [40] 孙志勇, 季孔庶. 植物多样性研究进展[J]. 林业科技开发, 2012, 26(4): 5-9.
- [41] 马克平, 刘玉明. 生物多样性的测度方法 I: α -多样性的测度方法(下) [J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-234.
- [42] 拓行行, 李玉华, 俞瀚林, 等. 宁南山区华北落叶松林下草本层群落特征及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2023, 42(10): 2449-2458.
- [43] Gonzalez, M., Deconchat, M. and Balent, G. (2009) Woody Plant Composition of Forest Layers: The Importance of Environmental Conditions and Spatial Configuration. *Plant Ecology*, **201**, 305-318. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9572-9>
- [44] 梁英明, 王德荣, 蒋勇, 蒲永波, 李兴红, 兰立达, 李德文. 亚高山3种森林群落的结构特征与物种多样性[J]. 四川林业科技, 2009, 30(4): 23-27.
- [45] 张健, 郝占庆, 宋波, 等. 长白山阔叶红松林中红松与紫椴的空间分布格局及其关联性[J]. 应用生态学报, 2007(8): 1681-1687.
- [46] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林下植被发育与演替的定位研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 463-471.
- [47] 夏富才, 赵秀海, 潘春芳, 等. 长白山阔叶红松林及杨桦林下草本季节动态及环境解释[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(11): 83-89.
- [48] 李民义, 张建军, 郭宝妮, 等. 晋西黄土区不同密度油松人工林林下植物多样性及水文效应[J]. 生态学杂志, 2013, 32(5): 1083-1090.
- [49] 尤其, 张永才, 木志强, 等. 郑州不同城市生境自生草本植物群落功能多样性与谱系结构特征[J]. 生态学报, 2025, 45(18): 9066-9079.
- [50] 胡文浩, 张晓婧, 陈雅杰, 等. 坝上地区不同年代退耕还林生境的草本层植物多样性及影响因子[J]. 生态学报, 2021, 41(3): 1116-1126.
- [51] 半山. 光照对植物的影响[J]. 阅读, 2025(ZE): 34-35.

- [52] 徐琪, 李祖婵, 杨健雄, 等. 闽江福州河段江心洲优势草本植物生态位、种间联结及其与土壤因子的关系[J]. 东北林业大学学报, 2024, 52(12): 55-66.
- [53] 孙婉怡, 余新晓, 贾国栋, 等. 内蒙古半干旱地区不同人工林土壤因子与林下植物多样性的相关性[J]. 东北林业大学学报, 2024, 52(7): 51-57.
- [54] 曹薇, 迟晓雪, 王畅, 等. 不同改良措施对退化草甸草原植物群落特征与土壤养分的影响[J]. 草地学报, 2025, 33(10): 3272-3279.
- [55] 赵洛琪, 付登高, 吴晓妮, 等. 滇中不同植物群落土壤养分及其计量比的变化特征[J]. 土壤, 2020, 52(6): 1248-1255.
- [56] 王丽娜, 于永强, 芦东旭, 等. 土壤 pH 调控固氮植物和非固氮植物间的氮转移[J]. 植物生态学报, 2022, 46(1): 1-17.
- [57] 李子雁, 刘尊驰, 鄢创, 等. 内蒙古草原不同土壤 pH 条件下植物生物量和多样性的关系: 样带调查和控制实验的比较研究[J]. 草业学报, 2020, 29(1): 38-49.
- [58] 陈明苗, 张楚然, 邓云, 等. 地形因子对亚热带半湿润常绿阔叶林木本植物萌生特征的影响[J]. 生物多样性, 2024, 32(12): 169-180.
- [59] 刘锋, 梁致远, 李杰, 等. 青藏高原陆生维管植物分布及其保护[J]. 中国科学: 生命科学, 2023, 53(8): 1133-1145.
- [60] 邓逸飞, 王臻臻, 段文标, 等. 小兴安岭地区不同演替阶段林下植物多样性及其优势种生态位特征[J]. 生态学报, 2025, 45(12): 6000-6011.
- [61] 魏晓雪, 岳发号, 邓睿, 等. 大兴安岭寒温带针叶林群落特征及其物种多样性[J]. 森林工程, 2025, 41(4): 657-665.
- [62] 张婷, 张建利, 杨涛, 等. 地形因子对 FAST 周边喀斯特植物多样性及空间分布的影响[J]. 广西植物, 2023, 43(3): 473-483.
- [63] 向泽宇, 唐忠炳, 彭昕桁, 等. 武功山山地草甸植物群落特征和生态位[J]. 草业学报, 2025, 34(9): 12-25.
- [64] 宋歌, 邓雅楠, 李雅凝, 等. 蒙古栎枯落叶挥发油对 4 种草本植物种子萌发和幼苗生长的化感作用[J]. 草地学报, 2024, 32(11): 3522-3529.
- [65] 冯佳楠, 于晶晶, 张明海. 植食性动物与植物互作关系研究进展[J]. 西部林业科学, 2022, 51(2): 131-137.
- [66] 李嘉图, 徐建明, 胡凌飞. 微生物调控植物应对盐胁迫的作用机制[J/OL]. 中国生态农业学报(中英文), 1-15. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=1UVqcA8TepDqSXkHY8P7wbXH_wj5DZrPKgWBmjKywZJd40xM3T6QytKfzk9mxJiS9EsvePM6O6u40whipbLU12H34nZ4-lq-OArPgCHjwnex-eggzHqMO7toaQ_jrlh2UqJvjM7IrUD5MBN-uu8z11B5qBBTZ1ivB9pJLlxVM5lwQii9PGDVXw=&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2025-12-26.
- [67] 王俊哲, 陈文举, 刘蓝鑫, 等. 间伐强度对林下植物多样性和土壤性质的动态影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2026(7): 34-45.
- [68] 耿铁桥, 铁牛. 不同采伐方式对大兴安岭兴安落叶松林及植物多样性的影响[J]. 吉林农业, 2018(8): 64-65.
- [69] 向雪梅, 德科加, 张琳, 等. 增温及氮沉降对青藏高原高寒草甸植物-土壤-酶生态化学计量特征的影响[J]. 中国草地学报, 2025, 47(5): 21-33.
- [70] 白涵, 郝珉辉, 何怀江, 等. 东北主要树种幼树叶片功能性状对模拟氮沉降的响应[J]. 林业科学, 2025, 61(5): 23-32.
- [71] 祖奎玲, 史东敏, 朱国进, 等. 植物繁殖物候对气候变化响应与生态效应的研究进展[J]. 中国科学: 生命科学, 2025, 55(11): 2223-2238.
- [72] 程海涛, 贝雷, 梁启超, 等. 小兴安岭野生药用植物资源调查与评价[J]. 中国农学通报, 2012, 28(25): 93-96.
- [73] 那晓婷, 韩哲英, 韩升台. 黑龙江省山野菜的开发利用现状及分析[J]. 中国林副特产, 2007(3): 89-90.
- [74] 孙秀云. 黑龙江省食用药用蕨类植物资源[J]. 中国林副特产, 2005(4): 51-52.
- [75] 李阳, 张巍, 周后钦, 等. 浅析黑龙江省山野菜资源的开发与利用[J]. 中国林副特产, 2019(6): 76-77.
- [76] 赵宏, 王宇亮, 王朝兴. 黑龙江省药食同源资源[M]. 北京: 化学工业出版社, 2021: 182.
- [77] 周家明, 柴万斌, 韩联生, 等. 黑龙江省森林经济植物资源调查和开发利用[J]. 林化科技通讯, 1986(Z1): 19-23.
- [78] 王洪峰, 董雪云, 穆立蕾. 黑龙江省野生维管植物名录[J]. 生物多样性, 2022, 30(6): 25-30.
- [79] 郑春华, 孙元发. 黑龙江省依兰县刺五加资源的调查[J]. 防护林科技, 2016(5): 79-80.
- [80] 张瑶, 李奇遥, 朴成玉, 等. 黑龙江省芍药资源分布及人工栽培品赤芍质量研究[J]. 现代中药研究与实践, 2024, 38(5): 1-6.