

目录

大会报告人摘要	1
冷杉属和杜鹃花属的时空演化与濒危物种保护	1
新疆生物多样性调查与科考新发现	1
物种共存的理论前沿和实验研究	2
植物群落性状：群落结构维持和功能优化	3
森林生物多样性与生态系统功能：关系和机理	3
全球 30 米地表覆盖精细分类与动态更新研究	4
全球生物多样性保护地区面临严峻农业土地利用活动威胁	4
海岸带生态系统保护修复：理论联系应用	5
专题报告会摘要	6
专题 1. 生物多样性与生态系统功能及服务（召集人：郑华、刘晓娟）	6
树种丰富度提高了幼林凋落物与木材产量的比值	6
土壤生物与退化生态系统恢复	6
树种多样性与森林土壤有机碳组分多样性研究	7
温带森林生物多样性与生态系统功能关系：从单一功能到多功能性	8
阐明天然林中生物多样性与生态系统稳定性关系	8
人类主导环境下植被生态系统多维结构与功能遥感监测与保护	9
中国胡杨遗传多样性格局特征及资源评价保护	10
河南省木本植物多样性与生物量关系及影响因子分析	11
树影之下：城市绿地的地栖动物多样性及其适应机制	11
亚热带森林生物多样性与生态系统功能实验基地（BEEF-China）样地介绍	12
专题 2. 生物多样性起源和演化（召集人：伊廷双）	13
A comprehensive alignment-filtering methodology improves phylogeny particularly by filtering overly divergent segments	13
苏铁多样性的起源与演化-以苏铁属和双子铁属为例	14
The origin and morphological character evolution of the paleotropical woody bamboos	15
紫花苜蓿应对气候变化的演化基因组学分析	16
Comparative genomics sheds new light on the convergent evolution of infrared vision in snakes	17
猴面包树的进化与保护	17
鼠李科在全球温带地区的快速多样化	18

织纹螺科贝类的物种多样性与系统演化研究.....	19
专题3. 生物多样性编目（召集人：白明、李文军）.....	20
西藏脉翅总目昆虫分类与系统演化.....	20
锈革孔菌目真菌多样性与适应性演化.....	20
中国“软鞘甲虫”编目及多样性研究.....	21
世界维管植物名录进展.....	21
喜马拉雅-横断山地区小型兽类多样性及分类研究.....	22
动物寄生线虫分子系统学与关键类群的演化.....	23
河南高等植物多样性编目进展.....	24
江西新余市两栖爬行动物多样性及分布格局研究.....	24
甘肃高等植物多样性编目进展.....	25
中国瓢虫科物种多样性研究进展.....	25
伏牛山区野生动物资源多样性及空间分布格局.....	26
中国哺乳动物新分布记录研究现状与问题探讨.....	27
专题4. 生物多样性维持机制（召集人：王绪高、林露湘）.....	28
暖温带-北亚热带过渡区森林生物多样性与生态系统功能关系研究.....	28
新疆典型山地针叶林群落特征.....	28
菌根混交林的物种共存机制：外生菌根稳定化假说.....	29
Phosphorus enrichment drives plant traits: implications for biodiversity maintenance in tropical forests.....	30
历史人为干扰对中国西南热带森林的遗留效应.....	31
化肥和农药施用对农业景观土壤微生物群落重构过程及维持机制研究.....	32
Allelochemical and soil fungi co-determine density dependence in a temperate forest..	32
成熟天坑是岩溶地区的土壤微生物热点区域.....	33
蚂蚁与植物的相互作用对群落密度制约的影响.....	34
专题5. 生物多样性大数据与人工智能（召集人：吴慧、林聪田）.....	35
科学数据语义关联与智能化服务研发实践.....	35
多组学大数据整合与应用.....	35
亚洲植物数字化计划（Mapping Asia Plants）：从中国到亚洲的尝试.....	36
菌物标本馆（HMAS）数据库建设和数据资源现状	37
构建植物科学的数据未来：中国科学院植物大数据平台的发展与创新	37
面向城市规划应用的长三角生物多样性平台建设	38

人工智能技术在支撑生物多样性研究工作中的应用和思考	38
国家植物园智能保育体系建设思考	39
野生动物智能识别与监测技术的研究	40
遥感监测城市绿地生物多样性的研究进展	40
生物多样性智慧监测体系构建及实践	41
专题 6. 生物多样性对全球变化的响应（召集人：屈延华、张健）	42
气候变化下的西南山地鸟类多样性分布与适应	42
片段化生境中鸟类食果网络的空间结构	42
青藏高原“鸟鼠同穴”揭示气候变化下的伞护种效应	43
蚜虫类害虫生殖模式的全球格局及其对气候变化的响应	44
全球变化对生物多样性的影响	44
基于最大熵值（MaxEnt）算法模型评价气候变化对非典型 洞穴鱼类多鳞白甲鱼空间分布的影响	45
基于种群基因组数据揭示藏东南-云南西部雀形目鸟类的进化潜力恢复过程	46
城市化对植食强度的影响初探	46
生物多样性动态变化中的马太效应：狭域种分布收缩而广布种分布扩张	47
叶形态时空格局的环境驱动因素及其对生态系统的影响	47
山地生物多样性的长期联网研究	48
河南段黄河“滩河林田草综合生态空间”温室气体排放的温度敏感性及微生物驱动机制	48
城市森林对臭氧污染和大气增温响应的树种差异	49
专题 7. 生物多样性保护优先区与昆蒙框架（召集人：徐靖、申小莉）	50
Post-2020 biodiversity framework challenged by cropland expansion in protected areas	50
全球保护区内不同尺度农业的格局、驱动因素及生物多样性影响	51
专题 8. 国家公园与就地保护（召集人：张玉钧、李健）	52
国家公园对就地保护的作用和意义	52
高黎贡山生物文化多样性	52
生物多样性指数，浙江有多友好	53
多尺度建模确定国家公园内东北虎保护重点	53
国家公园社区发展与生态保育的协同	54
专题 9. 国家植物园与迁地保护（召集人：星耀武、文香英）	55
动植物互作在濒危植物迁地保护和野生种群间的变化：以黄梅秤锤树为例	55

西双版纳国家植物园创建与迁地保护	55
极小种群野生植物保护生物学研究	56
“黏码”在植物信息管理系统的应用——以 XIMS 系统为例	56
基因组时代的植物迁地保护工作和思考	57
专题 10. 濒危物种评估与保护 (召集人: 金效华、胡义波)	58
红豆杉属物种多样性与保护研究	58
三江源国家公园人与雪豹的竞争与共存	58
基于非损伤技术的我国重引入动物生存评价与保护	59
华北特有物种分类地位评估及对保护管理的启示	59
食物网-代理种的理论前沿和实验研究	60
黑颈鹤从近期剧烈种群瓶颈中快速恢复的遗传机制	61
百山祖冷杉复合群的现状和保护遗传学研究	62
以勺嘴鹬为代表的海滨湿地保护	62
Assessing the potential of species loss caused by deforestation in a mature subtropical broadleaf forest in central China	63
中国水韭科的物种多样性与保护	64
珍稀植物水青树自然种群的空间分布格局及其影响因素	65
专题 11. 生态修复与生物多样性保护 (召集人: 白永飞、罗明、刘艳书)	67
集约化生态田园系统构建理论与技术体系	67
我国首座森林生态站 70 年发展历程与研究展望	67
海南贝类种类多样性及经济潜力	68
湖南八大公山人工林与自然恢复植物多样性与生态系统服务的比较	69
Assessing UN SDG Indicator 15.3.1 on land degradation by combining national and global datasets	70
城市蓝绿空间规划、建设、管养中的生物多样性保护实践	71
专题 12. 生物入侵与生物多样性保护 (召集人: 于飞海、刘春龙)	72
全球归化树种及其生态影响	72
松材线虫病入侵对森林植物多样性影响研究	72
植食性昆虫对菌根真菌多样性的影响及对植物入侵的意义	73
入侵淡水鱼类应对环境胁迫的多分子层次响应机制	74
在环境生态位框架下理解生物入侵	75
基于 eDNA 技术的广东省典型自然保护区外来物种入侵风险	75
整合生理数据评估外来物种红耳龟的入侵风险	76

外来和土著鱼类营养特征及种间相互作用	77
人类活动影响下的沼蛤 (<i>Limnoperna fortunei</i>) 生物入侵	77
海洋入侵海鞘快速响应全球气候变化的生态组学研究	78
专题 13. 公众参与与生物多样性保护 (召集人: 李忠秋、彭奎)	79
社会组织参与自然保护地治理的资金途径与障碍研究	79
上海“貉口普查”: 公众如何参与生物多样性调查与保护	79
社区参与推动天行长臂猿栖息地恢复和质量提升	80
蓝冠噪鹛乡村守望者	80
基于自然教育的公众参与实践	81
公民科学促进路杀研究	82
以 OECMs 建设推动全社会参与生物多样性治理	83
杭州寺坞岭的竹林生物多样性修复及公众参与保护	83
自然保护地获取多元化资金的路径方法研究——从保护地管理机构的视角	84
从本土到国际: 非国家主体在生物多样性保护过程中的多层次创新实践	85
生态与进化生物学方法讨论会暨生态学期刊交流会 (组织人: 乔慧捷)	86
基于无人机的长期协同监测网络及其在生态位模拟中的应用	86
基于个体模型探究迁徙物种的时间生态位共存	86
三维视角下巨树寻找与测量的方法学探讨	87
质兰自然保护新秀奖学生报告会	89
生草覆盖对集约化种植中生物多样性与土壤生态系统功能的影响	89
庐山地区 2 种林分的群落特征、物种多样性差异及其耦合关系	89
传统农业系统对于自然保护区功能提升的潜在贡献	90
牧民参与青藏高原生态修复: 基于本土价值观的叙事创新	91
Terrestrial biodiversity monitoring based on environmental DNA	92
Growth in global fuelwood consumption boosts economic value but negatively impacts biodiversity	92
High importance of migratory birds for plant-frugivore interactions on reservoir islands	94
基于不同生境的北京城市公园绿地自生植物分布特征研究	95
国家公园社区支持游憩的空间模式选择	95
低维护景观会成为植物入侵的窗口吗? ——对自生植物景观管理方法的探讨	96
国家公园居民对当地旅游支持意愿的影响机制	97

Insect herbivory on woody broadleaf seedlings along a subtropical elevational gradient supports the resource concentration hypothesis	97
The relationship and mechanism of tree species diversity and stand structural complexity in Tiantong's 20 ha dynamic plot	98
河南省黑鹳种群现状及适宜栖息地分布研究	99
河南太行山华北豹时空分布格局及栖息地预测	100
伏牛山南坡不同相对密度梯度锐齿槲栎林地上生物量驱动因素研究	101
基于文献计量学的森林土壤碳汇与碳源比较分析:发展、热点与趋势	102
RAD-seq data for <i>Engelhardia roxburghiana</i> provide insights into the palaeogeography of Hainan Island and its relationship to mainland China	103
河南大别山国家级自然保护区鸟兽多样性及时空分布	104
河南黄河湿地植物及优势植物真菌多样性研究	105
北热带喀斯特季节性雨林土壤细菌多样性分布格局及其影响因子	105
喀斯特季节性雨林优势树种叶片非结构性碳水化合物空间变异及生态驱动因素	106
不同火烈度下亚热带半湿润常绿阔叶林火烧迹地植被恢复特征	107
不同情境下中国特有植物多样性热区的变化	108
华北地区豹种群适宜栖息地变化研究	109
旅游仪式感对自然保护地志愿旅游者角色认同的影响研究	109
额尔古纳风景名胜区典型北方草原生物多样性保护与旅游发展协调机制研究 ...	110
成熟天坑土壤古菌多样性和功能研究	111
盐碱湿地植物群落对生物炭添加的响应特征	111
气候变化下的生物多样性保护进展评估——指标现状及建议	112
基于深度神经网络的华北豹个体识别	113
北京油鸡品种的形成和保护利用	113
可变剪接在平行进化中的作用及对进化潜力的影响: 以刺鱼为例	114
海南省野生维管植物编目	115
Biotic factors drive woody plant species diversity across a relative density gradient of <i>Quercus aliena</i> var. <i>acuteserrata</i> Maxim. in the warm–temperate natural oak forest, Central China	115
森林土壤有机碳库对大树死亡的响应	116
How functional traits modulate the mechanisms underlying tree seedling survival before and during drought	117
Impacts of different levels of urban expansion on habitats at the regional scale and their critical distance thresholds	118

Expanding protected areas for biodiversity and ecosystem services considering climate change: a case of the Yangtze River Economic Belt in China.....	119
Strengthened conservation efforts needed to alleviate increasing agricultural pressures in biodiversity hotspots	120
高度特化的食性驱动肠道菌群多样性和功能的下降.....	121
专食性昆虫驱动的入侵植物挥发物对昆虫的防御演化	122
西南山地橘小实蝇（ <i>Bactrocera dorsalis</i> ）入侵及适应规律	123
云南食花的生物文化多样性研究.....	124
稀有种优势会增加森林树木 β 多样性.....	125
兜兰属宽瓣亚属植物生境特征及根际土壤微生物多样性研究	125
未来土地利用变化对华北豹生态网络连通性的影响	126
重金属污染对城市绿地丛枝菌根真菌多样性的影响.....	126
自然恢复的橡胶人工林林下植被的群落特征变化	127
入侵物种的隐藏经济损失——以中国农林“害虫”为例	128
河南省近四十年的外来入侵植物：现状和未来预测	128
Clonal integration facilitates the expansion of <i>Hydrocotyle vulgaris</i> from a limited space to a larger area.....	129
麦地卡湿地夏季蝶类多样性研究.....	130
Interpreted response characteristics of biodiversity to key environmental drivers in mainland Southeast Asia	130
ILSM: 一个分析多层互作网络中互连结构的 R 包.....	131
濒危植物蝴蝶树所在群落不同林层优势树种生态位与种间联结	132
鄂东南典型湖泊浮游植物群落结构及影响因素	133
多组学解析镉胁迫下小麦根际微生物代谢特征及对镉吸收的影响	133
“价值—成本”权衡下神农架国家公园优先保护区识别	135
入侵植物生物炭对盐碱湿地微生物群落的影响	136
地中海大麦的发现、溯源和适生区预测	136
土壤遗留效应对两种入侵植物幼苗生长和竞争的影响	137
Historical and future dynamics of soil organic carbon and driving mechanisms of Qinling Mountains	138
基于物种智能识别与增强现实（AR）剧本化互动技术的公众参与生物多样性保护创新公益模式.....	139
The difficult dynamics of seedling-to-sapling transitions in a fragmented habitats.....	139

生境片段化通过自上而下的营养级联效应影响异囊地蛛 (<i>Atypus heterothecus</i>) 的种群密度和个体大小.....	140
基于 DNA-SIP 的甲烷微生物氧化驱动氧化亚氮排放研究	141
森林土壤有机碳库对大树死亡的响应机制.....	141
茂兰国家级自然保护区珍稀濒危种子植物研究.....	142

大会报告人摘要

冷杉属和杜鹃花属的时空演化与濒危物种保护

汪小全

中国科学院植物研究所 北京 100093

xiaoq_wang@ibcas.ac.cn

地球上生物类群的分布极不均匀。为什么有些类群能形成大量的物种、适应多样的生境并在全球广泛分布？遗传和环境因子如何共同驱动了这些类群的时空演化？为回答上述问题，我们在全球取样基础上，通过转录组测序筛选出数以千计的直系同源基因，构建了高分辨率的冷杉属、杜鹃花属等类群的物种进化树，并在此框架下，结合分子钟度量、祖先分布区重建以及生态因子和形态性状的适应性分析等，揭示了这些类群的时空演化历史、物种多样性分布格局的环境驱动因子及其形态特征在生态适应中的意义。同时，我们还对杜鹃花属9个物种进行了高质量的基因组测序、组装和综合基因组分析，并对该属分布海拔最高的雪山杜鹃进行了覆盖物种分布区的群体取样和全基因组重测序，揭示了该属适应多种生境的分子机制。此外，为探讨杜鹃花属花色多样性的形成机理和适应意义，我们还综合运用代谢组学、转录组学和基因组学等多学科方法，鉴定了杜鹃花属不同物种中参与花青素和类胡萝卜素生物合成的基因，研究了其花瓣颜色关键调控基因的进化和功能。我们的研究有助于理解世界性植物大属的适应性进化，并对理解植物的地理分布格局具有重要意义，同时还能为这些类群中的濒危物种（如百山祖冷杉等）保护提供科学指导。

关键词：谱系基因组学；基因组进化；适应性进化；物种形成；生物地理；花色

新疆生物多样性调查与科考新发现

张元明¹，李文军¹，杨维康¹，郭宝成²，张道远¹，安黎哲³

1. 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011

2. 中国科学院动物研究所 北京 100101

3. 北京林业大学 北京 100101

zhangym@ms.xjb.ac.cn

新疆复杂多样的生态环境和气候条件，孕育了丰富的生物多样性。第三次新疆科考在全

区范围内开展了生物多样性和生物资源本底调查，结果表明，新疆有野生维管植物共有 113 科 800 属 4,109 种，其中石松类和蕨类植物 14 科 23 属 52 种，裸子植物 3 科 6 属 22 种，被子植物 96 科 771 属 4,035 种。脊椎动物 774 种，其中哺乳动物有 144 种，分属 7 目 21 科；鸟类有 478 种，隶属 19 目 53 科；爬行类动物有 50 种，隶属 2 目 8 科；两栖类动物有 10 种，隶属 2 目 3 科；鱼类有 92 种，隶属于 9 目 19 科。通过第三次科考，发现动物、植物和微生物新物种 13 个（包括和布克赛钩虾、青河绢蒿、斑点蜡孔菌等），同时新增一批中国新记录属、种（包括跳卵蜂属、腐木烟杆藓、大孔薄孔菌等），进一步丰富了对新疆生物多样性的认识。初步建成干旱区生物种质资源收集保育平台和配套技术体系，编写完成干旱区特殊生物种质资源名录，收集了干旱区种质资源 59,476 份，占科考总任务量的 69%，完成 72.8 万份标本数字化（其中新疆 45.8 万份、中亚 27 万份），占任务总量的 91%，并实现濒危植物阿魏、雪白睡莲异地引种的突破。基于全球钩虾的分子和分布数据，发现湖泊钩虾从天山起源，并证明天山是世界冷水性生物的起源地。发现齿肋赤藓具有超强的耐干、耐低温、抗辐射能力，且在模拟火星环境下能够存活，刷新了生命体对极端环境的耐受记录。重点开展特殊抗逆种质调查及优异遗传资源挖掘和利用，建立了多套天山野果林重要物种的高质量基因组，建成全球首个耐脱水植物基因组数据库 Drying without Dying；筛选出 160 余种各类典型抗逆植物和 130 余种抗逆微生物菌种，充分挖掘优质抗逆基因，为实现高产、抗寒、抗旱、抗病、抗虫等新种质创制奠定基础。

物种共存的理论前沿和实验研究

储诚进

中山大学 生态学院 广州 510275

chuchjin@mail.sysu.edu.cn

阐明自然群落中物种共存和生物多样性的维持机制是开展生态系统保护和重建的基础。定量刻画和预测种群的动态贯穿于生态学过去 100 多年的发展历史过程中，并在此基础上试图从生物间相互作用的角度揭示复杂系统的内在运行规律。本报告涉及种群动态的指数增长、逻辑斯蒂增长和种间互作模型等经典的物种共存理论；详细介绍自 2000 年以来在该领域的新的理论进展和实验研究，包括生物多样性的中性理论、现代生态位理论和当代物种共存理论等。面对快速变化的环境条件，提出结合瞬态理论开展研究的必要性和可行性，从而揭示全球变化和人类活动等对自然生态系统所带来的深远影响。

植物群落性状：群落结构维持和功能优化

何念鹏

东北林业大学 哈尔滨 150040

henp@nefu.edu.cn

功能性状是植物、动物和微生物等生命体对外界环境长期适应和演化后所呈现的相对稳定、并可度量的特征参数，是人们认知生物及其对外界环境变化响应与适应机制的重要途径。然后，受传统功能性状定义的约束和人们认识的局限性，当前绝大多数有关功能性状研究都聚焦在器官、个体或种群水平，而群落尺度的功能性状研究相对较少。在本次报告中，我们将以原创性发展的植物群落性状和生态系统性状的理论基础、概念体系和潜在生态学意义出发，并在样带、青藏高原、全国尺度揭示了植物群落性状二维特征（效率性状和数量性状）的空间变异规律及其影响因素，为深入探索生态系统碳-氮-水循环的生物调控机理提供了新思路。在此基础上，还将探讨如何利用植物群落性状预测生态系统（多）功能的时空变化。在具体研究过程中，研究人员以“植物群落性状二维特征”为基础、引入了经典“发动机功率输出模式”，创新发展了基于植物群落性状的生态系统生产力（或多功能）预测新理论框架（TBP），多项案例研究从样地-区域-全球尺度、从单性状-生产力和多种性状-生态系统多功能等不同角度，均证明了新理论框架的高预测能力和科学性。相关研究开拓了植物群落性状的性研究领域、开拓了“光量子传递模式”和“分层光能利用率模式”外的第三种生产力预测模式，具有能整合多源数据与高新遥感数据的能力，为生态系统碳氮循环调控机理研究提供了新途径、也为新一代生态机理过程模型开发奠定理论基础。

森林生物多样性与生态系统功能：关系和机理

刘晓娟

中国科学院植物研究所 北京 100093

liuxiaojuan06@ibcas.ac.cn

森林生物多样性是全球生物多样性保护的关键，但受到人类活动和气候变化的影响正加速丧失，这对生态系统功能构成严重威胁。因此，生物多样性的改变对生态系统功能产生的长期影响是当前生态学研究的热点。本报告将涵盖全球并聚焦我国的森林生物多样性实验，总结回顾对森林生物多样性与生态系统功能关系的研究。特别围绕“多维度和多营养级生物多样性对生态系统功能的影响”这一主题，分享近期在时空尺度的系列研究。同时也对未来

这一领域的研究方向提出展望和讨论。

全球 30 米地表覆盖精细分类与动态更新研究

刘良云

中国科学院空天信息研究院 北京 100094

liuly@radi.ac.cn

土地覆盖产品是全球变化、可持续发展评估、生态环境监测、地理国情分析等不可或缺的基础空间信息数据。如何利用卫星遥感准确量化全球土地覆盖及其变化一直是遥感领域的重要前沿和热点。我们提出了基于全球地物图像波谱库的地表覆盖精细分类算法，构建了全球地物图像波谱库，并研发了 1985-2020 年全球 30 米地表覆盖精细分类产品(GLC_FCS30)；然而，当前遥感静态分类产品精度有限，还无法满足地表动态变化监测的需求，为此，我们进一步发展了基于长时间序列遥感数据的地表覆盖自动更新算法，提出了融合多源先验产品和时序卫星遥感数据的湿地动态和城市变化监测方法等，突破了全球 30 米土地覆盖动态更新关键技术，并最终研发了该 GLC_FCS30D 数据集，成功实现了全球 30 米土地覆盖制图从静态分类到动态更新的跨越，并监测了 1985 至 2022 年全球陆地区域在 30 米分辨率下的土地覆盖及其动态变化。

作为国际上时间跨度最长、分类体系最精细的全球 30 米土地覆盖遥感产品，GLC_FCS30D 一经发布即得到广泛关注和下载，并被地球大数据科学数据共享服务网站、OpenLandMap 和 Google Earth Engine Community 等国内外平台收录，累计下载 100 多万人次、7 个 PB、5,000 多万个 5° 图幅。

全球生物多样性保护地区面临严峻农业土地利用活动威胁

董金玮

中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

dongjw@igsnrr.ac.cn

近年来，人类活动对生物多样性施加了巨大压力，导致地球进入了第六次大规模物种灭绝时期，其中，农业土地利用活动是生物多样性下降的重要因素之一。建立自然保护区并对高生物多样性热点地区进行保护，被视为阻止生物多样性丧失的重要手段。然而，21 世纪以来，全球生物多样性保护地区是否面临农业土地利用活动的威胁，目前尚不明确。本报告

重点介绍全球两个典型生物多样性保护地区——自然保护区和生物多样性热点地区——内的农业土地利用变化及其对生物多样性的影响。研究表明，这两个全球生物多样性保护地区内的农业扩张显著，尤其是在非洲、东南亚等地区变化更为明显，与全球濒危物种分布存在一致性。因此，为防止物种灭绝，迫切需要采取新的生物多样性保护措施；本研究结果也为2020年后的全球生物多样性框架的执行提供科学参考。

海岸带生态系统保护修复：理论联系应用

贺强

复旦大学 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 上海 200433

qhe@fudan.edu.cn

地处人口高度密集、大型城市汇聚、经济社会发展迅猛的陆海交错区，海岸带生态系统是人类社会发展的重要支撑，但受到人类活动、生物入侵、气候变化等多重胁迫，退化态势严峻。高效推进海岸带生态系统保护修复对实现人与自然和谐共生的意义尤为重大。我国政府签署的昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架确立了到2030年保护至少30%海岸带生态系统、修复至少30%退化区域的目标。报告将结合近年来国内外研究，回顾海岸带生态系统的演变态势，解析现有保护修复工程的成效及瓶颈，从基础生态学理论联系应用实践的角度，探讨高效推进保护修复的潜在途径。

专题报告会摘要

专题 1. 生物多样性与生态系统功能及服务（召集人：郑华、刘晓娟）

树种丰富度提高了幼林凋落物与木材产量的比值

黄志群

福建师范大学 福州 350007

zhiqunhuang@fjnu.edu.cn

The positive effect of tree species richness on forest productivity has been widely confirmed. However, most of these studies that measure aboveground net primary productivity (NPP) focused exclusively on the wood growth, or litterfall productivity separately, and neglect the fractional allocation between wood growth and litterfall productivity. Here, we studied the effect of tree species richness on total aboveground NPP and how tree species richness shifts the carbon allocation between wood growth and litterfall in a subtropical tree diversity experiment. We observed that greater tree species richness led to higher total aboveground NPP, with a more pronounced increase in mixed forests dominated by resource acquisitive species. Greater tree species richness also induced larger tree height variation and higher tree mortality rate, which led to a shift of aboveground NPP allocation in favour of litterfall productivity more than wood growth. In addition, higher soil nitrogen availability under higher functional diversity resulted in a higher allocation of aboveground NPP to wood biomass. However, this facilitation through soil nitrogen availability did not explain the tree species richness - aboveground NPP allocation relationship. Given that NPP allocation affects the carbon cycle, our results demonstrate that tree species richness can not only increases above ground carbon storage, but more importantly the allocation of NPP to leaves, the fast turnover organs, determining the potential of plants to capture water, nutrients, and light.

土壤生物与退化生态系统恢复

刘占锋

中国科学院华南植物园 广州 510650

liuzf@scbg.ac.cn

陆地生态系统从生态学功能的角度可以分为地上生产者和地下分解者两个子系统。越来越多的研究表明生态系统的地上和地下部分是密切联系的，并且这种生物学联系在驱动生态系统的结构和功能方面发挥着重要作用，日益成为生态学研究关注的焦点。作为陆地生态系统的分解者，土壤生物群落及其与地上植被的相互作用在驱动分解、土壤养分循环以及土壤结构形成等诸多生态过程方面发挥着重要的作用，并且与植被恢复演替过程中生态系统结构和功能的重建密切相关。土壤生物群落可以通过分解转化有机质和释放植物生长所需的养分来影响地上植被群落的组成和物种更替。地上植被物种功能性状和组成反过来可以影响土壤微生物群落结构及其驱动的生态过程。因此，将“地上-地下生物学联系”的概念与恢复生态学研究整合，不仅有助于从土壤生物群落的角度阐明生态系统演变化与恢复的生态学机理，也可为指导退化生态系统地上-地下的协同恢复提供重要的理论依据。

关键词：土壤生物群落结构与功能；植物-土壤相互作用；退化生态系统恢复

树种多样性与森林土壤有机碳组分多样性研究

王晖

中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室 北京 100091
wanghui@caf.ac.cn

本报告以我国随纬度梯度不同气候区典型天然林生态系统为对象，研究了树种丰富度、树种组成和功能多样性对土壤有机碳化学组分的影响，建立了树种多样性与土壤碳组分多样性之间的联系，提出了森林土壤有机碳组分多样性和均匀度维持碳稳定的新观点，并首次给出了碳组分多样性和均匀度的计算方法和数学公式，用于表征森林土壤有机碳在变化环境下抵抗分解的潜在抗性。该观点认为碳稳定性不仅取决于单一碳组分，更是受碳组分多样性影响，各类碳组分分布的越多样、越均匀，碳被分解掉的风险就越小。该观点从碳组分多样性的新视角认识森林土壤有机碳稳定性机制，改变了通常认为土壤中稳定性高的碳组分越多，碳就越稳定、越不容易分解的观点。该研究还表明：树种功能多样性和特定功能树种（指示树种重要值）而不是树种丰富度对提升土壤有机碳化学稳定性的直接重要贡献。该成果取得

的新发现得到国内外同行后续研究的印证,为森林经营中加强特定功能树种的管护而并非简单增加树种丰富度进而有效提升森林土壤固碳稳定性和潜力提供科学依据。

关键词: 森林碳汇; 树种多样性; 气候变化; 土壤固碳; 人工林经营

温带森林生物多样性与生态系统功能关系: 从单一功能到多 功能性

郝珉辉

北京林业大学 北京 100083

haomh@bjfu.edu.cn

生物多样性是生态系统功能形成和维持的重要基础,阐明生物多样性与生态系统功能关系是开展森林经营实践的必要前提。然而,传统生物多样性与生态系统功能关系的研究通常只关注生态系统功能的某一方面(例如生产力),而忽略了生态系统最为重要的价值在于其能够同时提供多种生态功能和服务,即生态系统的多功能性。本研究以温带针阔混交林为研究对象,整合了森林生产力、灌草丰富度、土壤和凋落物碳储量等多种功能指标用于量化生态系统的多功能性,探讨不同维度生物多样性与生态系统多功能性关系;同时结合生态位互补、生物量比率以及植被数量假说,揭示生物多样性对生态系统多功能性的影响机制。结果显示:①功能多样性对生态系统多功能性并无显著影响,结果不支持生态位互补假说;②功能组成以缓生-保守型性状为主的群落表现出更高的生态系统多功能性,结果支持了生物量比率假说;③相比功能多样性和功能组成,植被生物量对生态系统多功能性的影响更加显著,结果同时支持了植被数量假说。以上结果表明,植被数量效应和生物量比率效应是调控温带针阔混交林生物多样性与生态系统多功能性关系的主导机制,维持一定的林分密度和保守物种的比例有助于提高森林生态系统多功能性,研究结果能够为进一步实现温带森林的多功能经营提供了理论依据。

关键词: 生物多样性; 生态系统多功能性; 功能多样性; 功能组成; 生态位互补假说; 生物量比率假说

阐明天然林中生物多样性与生态系统稳定性关系

乔雪涛¹, 张春雨², 赵秀海², 王少鹏^{1*}

1. 北京大学 城市与环境学院生态研究中心 地表过程分析与模拟教育部重点实验室 北京 100871
2. 北京林业大学 国家林业和草原局森林经营工程技术研究中心 北京 100083
shaopeng.wang@pku.edu.cn

树种多样性对森林生态系统稳定性的促进作用已被理论和实验研究广泛证实。随着地球上生物多样性跨尺度变化的加剧,研究者愈发关注现实世界的生态系统,以探讨生物多样性是否以及如何影响自然生态系统及其功能的稳定性。基于一系列的天然林生态系统,本研究揭示了生物多样性与稳定性之间的关系,提供了在多空间尺度上,天然林的生物多样性对稳定性产生积极影响的证据。进一步的研究分析了森林稳定性在不同纬度上的空间格局及其驱动因素,发现区域稳定性和空间异步性随纬度的增加而降低。而这种多空间尺度上的稳定性格局,主要受到生物多样性和环境异质性的影响。本研究发展并构建了一个新的多空间尺度概念框架,系统阐述了生物多样性与总体稳定性、以及生物多样性与组成稳定性之间的关系,并首次提供了有关森林生态系统总体和组成稳定性对择伐响应存在尺度依赖性的证据。此外,研究还阐明了天然林中生物多样性在多响应阶段的生态效益,既能缓冲外界干扰,又能增强恢复能力。本研究强调,保护天然林群落的生物多样性以及维持异质性景观,对于缓解气候变化和森林退化带来的负面影响至关重要。

关键词: 生物多样性; 环境异质性; 稳定性; 空间尺度; 抵抗力

人类主导环境下植被生态系统多维结构与功能遥感监测与 保护

李旺¹, 郭文永², Maya Pasgaard³, Jens-Christian Svenning³

1. 中国科学院空天信息创新研究院 遥感科学国家重点实验室 北京 100101
2. 华东师范大学 生态与环境科学学院 上海 200241
3. 奥胡斯大学 生物科学系 奥胡斯 丹麦
liwang@aircas.ac.cn

当前气候变化和人类活动已成为改变地球系统结构和功能的主要驱动因子,与之相伴而来的是全球生物多样性与气候双重危机。为此,世界各国建立了越来越多保护地用来保护典型脆弱植被生态系统的生物多样性与生态系统功能,但围绕在保护地周边日益增长的人类压力给相关政策的实施造成了严峻挑战。如何从人类影响的视角准确刻画植被生态系统结构与

功能的空间分布格局与过程是研究生物多样性与生态系统功能及其两者关系的重要环节。本研究将以森林和稀树草原两个受人类活动影响明显的植被生态系统为对象,介绍如何从多源遥感的视角探究人类活动对典型脆弱植被生态系统多维结构和功能的影响,包括如何利用多源卫星遥感技术刻画森林和稀树草原多维结构的空间分布格局。着重分析不同人类管理模式如何影响这种多维结构的空间分布格局,并介绍构建保护地和踢除人类干扰如何影响植被碳储量和生物多样保持等生态系统功能。本研究从卫星遥感的视角特别揭示了人类压力已延伸到通常被认为受到保护和完整性较高的植被生态系统,有助于对关于植被生态系统退化驱动因素的普遍看法做出修正,并从遥感的视角指出更好地管理和更可持续地维护森林和稀树草原的原始状态对恢复和保护全球生物多样性热点地区的生态系统功能至关重要。

关键词: 生物多样性; 生态系统功能; 多源遥感; 人类活动

中国胡杨遗传多样性格局特征及资源评价保护

盖中帅, 陈向向, 郭雪飞, 李志军*

塔里木大学 新疆阿拉尔 843300

lizhijun0202@126.com

针对胡杨遗传多样性本底不清无法全面精准保护的问题,首先,基于 SNPs 分子标记对新疆、甘肃、内蒙古、青海和宁夏 85 个胡杨居群的 1,620 份样本进行遗传特征分析,揭示了地理环境因子驱动下胡杨形成新疆南疆、甘肃-宁夏-内蒙古、新疆北疆和青海 4 个亚群的遗传分化机理;其次,基于基因型和表型多样性以及遗传相似性,筛选出 655 份代表我国胡杨 97% 遗传多样性的核心种质。最后,基于遗传多样性、群落健康及生态环境健康等指标,利用层次分析法建立了核心种质分布区生态风险评价体系,评价划分了胡杨遗传多样性生态风险由高到低的 5 个等级 (I~V 级),明确 655 份核心种质中生态风险 I 级 (遗传多样性最高但健康状况最差) 到 V 级 (遗传多样性最低但健康状况最好) 的比例依次为 46.3%、24.8%、12.7%、11.1%、5.1%,阐明新疆南疆亚群是核心种质数量最多、遗传多样性最丰富且生态风险最高的区域。最终,提出了以南疆亚群核心种质保护为重点,兼顾其他亚群小种群保护的优先保护方案。

关键词: 胡杨; 遗传多样性; 核心种质; 生态健康; 生态风险分区

河南省木本植物多样性与生物量关系及影响因子分析

陈云, 邵毅贞, 袁志良*

河南农业大学 生命科学学院郑州 450046

yzlsci@163.com

河南省地处中原, 属于我国暖温带与亚热带过渡的重要地带, 也是我国东部湿润地区向西北半干旱地区过渡的区域。自 2017 年至 2019 年在河南省范围内以县域为单位进行了植物实地调查, 开展了三方面的具体研究工作。结果如下: 1) 目前河南省共有维管 211 科、1,329 属、5,021 种。木本植物自然分布 89 科、279 属、1,056 种 (含亚种及变种); 2) 河南省森林生物量表现出明显的聚集空间分布。生物量密度较低的区域主要位于河南东部, 而中等密度的区域主要分布在河南中部和西部, 高密度的区域主要集中于河南南部和西南部; 3) 在 10 平方公里的空间尺度上, 物种多样性、气候和地形直接对森林地生物量产生积极影响, 而人为干扰则直接对生物量产生负面影响。随着空间尺度的增加, 气候和地形对森林地生物量的影响逐渐增加, 而植物多样性的影响减少。研究结果以期为河南森林生态系统恢复重建和林木资源经营管理提供科学依据。

关键词: 植物多样性; 森林生态系统; 物种共存

树影之下: 城市绿地的地栖动物多样性及其适应机制

张梦园¹, 范舒欣², 李晓璐², 李一彤², 李坤², 徐一丁³, 董丽^{2,*}

1. 中国科学院大学 人居科学学院 北京 100190;

2. 北京林业大学 园林学院 北京 100083;

3. 中国城市规划设计研究院 风景园林和景观研究分院 北京 100044;

dongli@bjfu.edu.cn

全球快速城市化导致生物多样性丧失的加剧, 特别是城市地区地栖动物的减少。城市绿地是城市野生地栖动物的主要生存空间, 植被在其中发挥着至关重要的作用。但目前地栖动物对绿地的适应机制尚不明确, 难以切实指导城市绿地的规划设计与管理实践。本研究利用红外相机陷阱采集了北京温榆河-北运河生态廊道地栖动物的物种、功能、系统发育多样性和群落构成, 分析了植被结构和植物群落构成对地栖动物多样性的影响, 并建立了植物-地栖动物相互作用网络, 以探究植物对地栖动物的食物供给。本研究发现, 在植被结构层面,

植被斑块的高度连通性和均匀分布对地栖动物具有普遍的积极影响,灌木林对河岸走廊中的哺乳动物具有支持作用;在植物群落层面,高大的草本植物可提高地栖动物停留和通过的意愿,乡土植物是地栖动物的主要食物资源。研究结果能够作为了解北京市野生地栖动物多样性的基础资料,并为基于动物多样性提升的城市绿地植物景观规划与设计提供参考。

关键词: 城市生物多样性; 地栖动物; 城市绿地; 生态廊道

亚热带森林生物多样性与生态系统功能实验基地 (BEF-China) 样地介绍

李珊^{1,2,*}, 刘晓娟^{1,2}

1. 中国科学院植物研究所 植被与环境变化重点实验室 北京 100093;
2. 浙江钱江源森林生物多样性国家野外科学观测研究站 衢州 324000

lishan8787@ibcas.ac.cn

生物多样性与生态系统功能的关系(BEF)及其内在机制是当前生物多样性研究领域的热点问题。目前关于BEF的研究多以草地生态系统为主,对陆地生态系统中生产力最高、组成最复杂的森林生态系统的研究相对较少。亚热带森林生物多样性与生态系统功能实验研究基地(BEF-China)是目前包含树种最多、涉及多样性水平最高的大型森林控制实验样地。本次报告主要介绍BEF-China样地的历史过往,实验设计和主要研究成果,为理解森林生态系统中生物多样性与生态系统功能的关系且为生物多样性保护及生态修复提供科学依据。

关键词: 生物多样性; 生态系统功能; BEF-China

专题 2. 生物多样性起源和演化（召集人：伊廷双）

A comprehensive alignment-filtering methodology improves phylogeny particularly by filtering overly divergent segments

Qiang Zhang^{#, *}, Xinmei Qin[#], Yongbin Lu, Pengwei Li, Xiaoyuan Mo, Xiyang Huang^{*}

Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain,
Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of
Sciences, Guilin 541006, China
qiangzhang04@126.com; xiyangHuangGxib@126.com

1. Alignment problems may be complicated and diverse and the performance of the existing alignment-filtering tools, particularly their potential effect on phylogenetic inferences, have remained debated or limitedly explored.

2. In the present study, we developed a new R package named alignmentFilter to treat the diverse alignment problems, especially masking ambiguously-aligned or overly divergent segments using a newly devised grouping-regrouping algorithm acting on sequence divergence in each of sliding windows throughout alignment. Then we tested and compared the power and accuracy of the prevalent/representative alignment-filtering tools, particularly the effect on phylogenies based on simulated and Angiospermae and Mammalia genome-scale data.

3. The results indicate that alignmentFilter has superior sensitivity and specificity for recognizing correctly and wrongly-aligned residues among all the filtering methods in simulation. The alignment-filtering methods alone may affect the phylogenies decisively, producing (strongly-supported) phylogenetic conflicts. In most cases, alignmentFilter most efficiently improves phylogenies, producing trees more concordant to the priori tree regarding to both topology and branch length in simulation and yielding more congruent Mammalia phylogenetic relationships.

4. The concepts and algorithms of alignmentFilter differ from all existing alignment-filtering methods. It is not susceptible to specific types of alignment errors that usually baffle other methods and can reach the optimal solution frequently with lowest computation complexity. The

biological or statistical sense of the key optional stringency-controlling parameter is more straightforward and the setting and outcome may be more adjustable or predictable. A better and more comprehensive solution of alignment problems and improving phylogenies will benefit tremendous downstream analyses sourced from alignment and phylogeny.

Keywords: Angiospermae, Mammalia, multiple sequence alignment (MSA) quality, phylogenetic accuracy, sequence divergence, simulation

苏铁多样性的起源与演化-以苏铁属和双子铁属为例

刘健¹, LINDSTROM Anders J.², 龙帅¹, 龚奕青³, 董珊珊³, LIU Yu-Sheng (Chris)⁴,
潘跃芝^{1,*}, 张寿洲^{3,*}, 龚洵^{1,*}

1. 中国科学院昆明植物研究所 昆明 650201

2. Global Biodiversity Conservancy Bangkok Thailand 20250

3. 中国科学院深圳仙湖植物园 深圳 518004

4. University of Missouri-Kansas City USA Indianapolis 46202

gongxun@mail.kib.ac.cn; shouzhouz@sxbg.ac.cn

作为现存种子植物中最古老的谱系之一, 苏铁类植物在热带和亚热带地区经历了灭绝后的再多样化。然而, 这些类群的起源存在一些争议, 且进化和生态因子如何驱动其多样性分布很少被具体研究。在本研究中, 我们选取苏铁目两个科的代表属, 苏铁属 (*Cycas*) 和双子铁属 (*Dioon*) 为例, 首先基于转录组测序数据重建了其系统发育, 基于时空演化分析和物种分布数据, 评估了进化和生态等因素对塑造其分布格局模式的贡献。我们的结果支持这两个属的古近纪 (Paleogene) 多样化假说: 苏铁属起源于始新世的东亚地区, 随着全球气候变冷, 在整个演化过程中一直向南扩散; 而双子铁属起源于环墨西哥火山带地区, 随着中美洲干旱化 (Aridification) 和变冷发生了向南和向北的扩张。此外, 本研究还发现苏铁属对祖先季风气候具有强烈的保守性, 这在影响其当前多样性格局中发挥了关键作用, 与水相关的气候变量, 特别是降水季节性 (季风作用) 和潜在蒸发, 是造成靠近赤道地区苏铁属多样性较少的主要因素。而对于双子铁属, 由于造山运动引起的干旱化在其整个演化历史中发挥了重要作用, 地理隔离和环境异质性共同促进了支系的分化和物种多样化。在保护启示上, 尽管苏铁类植物对高温环境的偏好可能使其在未来气候变暖背景下的适应性增强, 但气候变化所导致的降水季节性波动以及极端环境等可能会威胁这一濒危谱系的生存。

关键词: 系统发育; 起源; 多样化; 苏铁植物

The origin and morphological character evolution of the paleotropical woody bamboos

LIU JingXia¹, GUO Cen², MA PengFei^{1,3}, ZHOU MengYuan¹, LUO YaHuang³, ZHU GuangFu¹,
XU ZuChang¹, MILNE Richard⁴, VORONTSOVA MariaS.⁵, LI DeZhu^{1,*}

1. Germplasm Bank of Wild Species & Yunnan Key Laboratory of Crop Wild Relatives Omics, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650201, China;
2. Center for Integrative Conservation & Yunnan Key Laboratory for the Conservation of Tropical Rainforests and Asian Elephants, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun, Mengla, Yunnan 666303, China;
3. State Key Laboratory of Plant Diversity and Specialty Crops, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650201, China;
4. Institute of Molecular Plant Sciences, School of Biological Sciences, University of Edinburgh, Edinburgh, EH9 3JH, UK;
5. Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, UK

dzl@mail.kib.ac.cn

The woody bamboos (Bambusoideae) exhibit distinctive biological traits within Poaceae, such as highly lignified culms, rapid shoot growth, monocarpic mass flowering and nutlike or flesh caryopses. Much of the remarkable morphological diversity across the subfamily exists within a single hexaploid clade, the paleotropical woody bamboos (PWB), making it ideal to investigate the factors underlying morphological evolution in woody bamboos. However, the origin and biogeographical history of PWB remain elusive, as does the effect of environmental factors on the evolution of their morphological characters. We generated a robust and time-calibrated phylogeny of PWB using SNPs retrieved from *MiDdRAD*-seq, and explored the evolutionary trends of habit, inflorescence, and caryopsis type in relation to environmental factors including climate, soil, and topography. We inferred that the PWB started to diversify across the Oligocene-Miocene boundary and formed four major clades, i.e. Melocanninae, Racemobambosinae *s.l.* (comprising Dinochloinae, Greslanlinae, Racemobambosinae *s.str.* and Temburongiinae), Hickeliinae and Bambusinae *s.l.* (comprising Bambusinae *s.str.* plus Holttumochloinae). The ancestor of PWB was reconstructed as having erect habit, indeterminate inflorescence and basic caryopsis. The characters including climbing/scrambling habit, determinate inflorescence, and nucoid/bacoid caryopsis have since undergone multiple changes

and reversals during the diversification of PWB. The evolution of all three traits was correlated with, and hence likely influenced by, aspects of climate, topography, and soil, with climate factors most strongly correlated with morphological traits, and soil factors least so. However, topography had more influence than climate or soil on the evolution of erect habit, whereas both factors had greater effect on the evolution of bacoid caryopsis than did soil. Our results provide novel insights into morphological diversity and adaptive evolution in bamboos for future ecological and evolutionary research.

Keywords: Bambuseae; ddRAD-seq; phylogenomics; biogeography; morphological evolution; environmental factors.

紫花苜蓿应对气候变化的演化基因组学分析

张帆, 周永锋*

中国农业科学院 深圳农业基因组研究所 深圳 518000

zhouyongfeng@caas.cn

鉴于气候变化对农业和食品安全的影响日益加剧,深入理解气候适应的演化动态并揭示气候适应性相关的变异位点,有助于培育应对未来气候变化的气候韧性作物。紫花苜蓿作为适应性强且分布广泛的牧草之王,是研究物种对气候变化响应的绝佳模型。我们利用苜蓿属的24个物种共702份种质资源的基因组重测序数据,开展了群体基因组学分析,以揭示苜蓿的气候适应性及其对未来气候变化响应的遗传脆弱性。我们发现,种间遗传交流丰富了苜蓿的基因库,特别是防御和胁迫响应相关的基因。黄花苜蓿和紫花苜蓿的亚种间基因渐渗,不仅增加了紫花苜蓿的气候适应性,但也引入了遗传负担。我们共鉴定出1,671个与气候适应相关的基因,其中5.7%是来自黄花苜蓿亚种的基因渐渗。通过整合气候因子相关的变异位点和气候数据,我们鉴定了未来气候变化相关的遗传脆弱群体,特别是北半球高纬度地区的群体,这为有针对性的保护行动和育种工作提供解决方案。此外,我们还发现了具有预适应能力的群体,这些群体表现出对气候波动更高的韧性,有助于为未来育种提供潜在的解决办法。这项研究加深了我们对紫花苜蓿地域适应性的理解,并有助于培育具有气候抗逆性的新品种,为应对未来气候变化的农业研究策略做出了贡献。

关键词: 苜蓿, 地域适应性, 群体遗传学, 适应性渐渗, 遗传脆弱性, 紫花苜蓿育种

Comparative genomics sheds new light on the convergent evolution of infrared vision in snakes

陈进民^{1,*}, 邹大虎²

1. 安徽师范大学生命科学学院 安徽 241000

2. 三峡大学生物与制药学院 湖北 443002

chenjinminkiz@126.com

Infrared vision is a highly specialized sensory system that evolved independently in three clades of snakes. Apparently, convergent evolution occurred in the transient receptor potential ankyrin 1 (TRPA1) proteins of infrared-sensing snakes. However, this gene can only explain how infrared signals are received, and not the transduction and processing of those signals. We sequenced the genome of *Xenopeltis unicolor*, a key outgroup species of pythons, and performed a genome-wide analysis of convergence between two clades of infrared-sensing snakes. Our results revealed pervasive molecular adaptation in pathways associated with neural development and other functions, with parallel selection on loci associated with trigeminal nerve structural organization. In addition, we found evidence of convergent amino acid substitutions in a set of genes, including *TRPA1* and *TRPM2*. The analysis also identified convergent accelerated evolution in non-coding elements near 12 genes involved in facial nerve structural organization and optic nerve development. Thus, convergent evolution occurred across multiple dimensions of infrared vision in vipers and pythons, as well as amino acid substitutions, noncoding elements, genes and functions. These changes enabled independent groups of snakes to develop and use infrared vision.

Key words: infrared vision; snakes; convergent evolution; comparative genomics; multiple dimensions

猴面包树的进化与保护

万俊男, 王生位, 万涛*, 王青锋*

中国科学院武汉植物园 武汉 430074;

中国科学院中-非联合研究中心 武汉 430074

wantao@wbgcas.cn; qfwang@wbgcas.cn

猴面包树是一类引人注目的植物，具有奇特的形态和特殊的生态价值。这些壮观的树木也影响了当地文化，激发了无数的艺术创作、神话传说和民间传统。我们对所有现存的八个猴面包树物种进行了全基因组测序，基于这一数据，论证了马达加斯加应被视为现存谱系的起源中心。综合基因组学和生态学分析，我们揭示了猴面包树的网状进化历史最终导致了该类群物种多样性。结果还表明，马达加斯加猴面包树的种群动态历史可能受到种间竞争和岛屿地质历史的影响，特别是当地海平面的变化。基于这些结果，我们建议应更多关注马达加斯加猴面包树的保护状况，尤其是增加对基因流和竞争的负面影响的关注。目前我们正继续以马达加斯加猴面包树为例，进一步探究该岛物种多样性发生过程中更多的进化生物学问题。

关键词：猴面包树；马达加斯加；基因组；物种多样性

鼠李科在全球温带地区的快速多样化

田琴^{1,2}, Renske E. Onstein^{3,4,*}, 伊廷双^{1,*}

1. Germplasm Bank of Wild Species, Yunnan Key Laboratory of Crop Wild Relatives Omics, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100040, China
3. Naturalis Biodiversity Center, Darwinweg 2, 2333CR Leiden, the Netherlands
4. Evolution and Adaptation, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle–Jena–Leipzig, Puschstrasse 4, Leipzig 04103, Germany

onsteinre@gmail.com; tingshuangyi@mail.kib.ac.cn

鼠李科共有 63 属 1,100 余种，该科物种全球广布，但是在温带地区，尤其是地中海生态系统中具有最高的物种多样性。因此，该科植物呈现出双峰纬度梯度多样性分布格局，即物种丰富度在南北半球的温带地区最高，是研究温带地区生物多样性演化的一个理想模式。以往对温带地区的多样性研究往往关注单一的生物多样性热点地区，尤其是温带山地(如横断山、喜马拉雅山)，因此，缺乏在全球视角下温带地区生物多样性形成与演化机制的深入研究。本论文利用杂交富集测序获得 89 个低拷贝核基因，构建了 58 属 608 种的鼠李科系统发育树，并基于此系统发育框架，整合多种数据(分布点、化石、古气候、环境图层)，采用综合的分析方法(生态学、生物地理学、宏观进化生物学)，在不同尺度下(全球、区域热点和局域栅格)，全面深入探讨了新生代以来全球气候变化下，宏观进化过程中的三个主

要因素，即多样化速率、扩散速率和进化时间，是如何驱动鼠李科植物在全球温带地区的多样化。我们的研究结果显示，鼠李科植物主要在渐新世期间，在环境相似但地理上分离的多个温带地区进行了独立的拓殖，这与当时全球气温下降导致温带生物群区的扩张一致。除了中国南部，鼠李科在全球、区域和局域尺度下的多样化是高就地多样化的结果，而不是高的迁入速率或较长的进化时间导致的。中国南部地区较其他热点地区更早被鼠李科拓殖，其多样化可以用时间假说来解释。渐新世以来温带生境的大规模扩张可能为鼠李科物种在温带地区快速的就地多样化提供了生态机会。我们的研究揭示了鼠李科大部分温带生物多样性热点区域起源和演化过程具有相似的模式，但有些热点区域具有独特的演化过程和驱动力。总之，该研究为温带地区全球多样性的起源和演化机制探究提供了一个典型案例。

关键词：鼠李科；宏观进化；系统发育基因组学；生物多样性热点；物种丰富度

织纹螺科贝类的物种多样性与系统演化研究

杨毅^{1*}, 王爱民¹, 李琪², ZARDOYA Rafael³, 刘春胜¹

1. 海南大学海洋生物与水产学院, 海口 570228;
2. 中国海洋大学水产学院, 青岛, 266003;
3. 西班牙国家自然科学博物馆, 马德里, 28006

yiyangouc@outlook.com

织纹螺科 (Nassariidae) 贝类主要栖息于海洋中，分布广泛，全世界已知约 19 属 300 余种。据国内学者统计中国织纹螺共 3 属 60 余种。织纹螺科的分类主要依据贝壳和齿舌的形态特征，然而这些形态特征往往呈现出“异源同型 (homoplasy)”的特性，因此仅仅依靠它们很难客观、准确地建立织纹螺科的分类系统。本研究在世界范围内开展织纹螺科标本收集工作，基于线粒体基因组重建了织纹螺科属级阶元的系统发育关系。研究结果表明，以往划归到织纹螺科内的一些属（包括 *Cyllene*, *Anentome*, *Tomlinia*, *Engoniophos*, *Phos* 和 *Antillophos*）在蛾螺总科内表现出和织纹螺科更远的亲缘关系，只有织纹螺亚科 Nassariinae 和大织纹螺属 *Bullia* 能更准确地代表织纹螺科。织纹螺亚科的系统发育树获得较高的支持度，共识别出七个独立的进化支，分别对应了不同的地理类群。生物地理分析结合估算的分歧时间树表明，织纹螺亚科可能起源于古新世晚期的印度—太平洋海域。随后的古气候变化和大陆漂移事件促使该亚科内部的多样化，进而导致现今属的全球分布。

关键词：织纹螺科；起源演化；物种多样性；系统发育关系

专题 3. 生物多样性编目（召集人：白明、李文军）

西藏脉翅总目昆虫分类与系统演化

刘星月

中国农业大学 植物保护学院 北京 100193

liuxingyue@cau.edu.cn

脉翅总目昆虫是完全变态类昆虫中较为古老的类群，其在西藏的区系和物种多样性本底数据长期缺乏全面系统的研究。本报告系统梳理了西藏脉翅总目昆虫的研究概况与历史，展示宽胸星齿蛉(*Protohermes latus*)、西藏盲蛇蛉(*Inocellia tibetana*)、藏华旌蛉(*Sinonemoptera tibetana*)等近年来西藏脉翅总目昆虫分类研究的新发现，并对部分类群的系统演化进行了探讨。目前，西藏共记录脉翅总目昆虫 3 目 11 科 112 种，其中林芝地区的区系最为丰富。喜马拉雅及横断山脉在中新世后的大规模造山运动，驱动了星齿蛉属等类群的物种加速分化。藏华旌蛉(*S. tibetana*)与其近缘种中华旌蛉(*Sinonemoptera sinica*)的分化可能与怒江干热河谷生境的碎片化相关。

关键词：脉翅总目；分类学；新种；系统演化；西藏

锈革孔菌目真菌多样性与适应性演化

王雪蔚^{1,2}, 姜霁航¹, 周丽伟^{1,*}

1. 中国科学院微生物研究所真菌学国家重点实验室 北京 100101;

2. 中国科学院大学 北京 100049

liwei_zhou1982@im.ac.cn

锈革孔菌目是隶属于担子菌门、蘑菇纲的大型真菌类群，以往对该目整体的系统发育关系缺乏准确认识。此外，大型真菌生物性状演化及多样性形成机制尚缺少在目级分类尺度的研究。本研究首先构建了锈革孔菌目更趋于自然的系统发育框架，将该目的一千余个物种划分在 15 个科（含 7 个新科）及 19 个独立的属中。经几乎完全的物种取样（99.6%），推测出锈革孔菌目祖先生物性状为子实体平伏状、子实层光滑至疣状、腐生于种子植物上，且呈现适应性演化的特征。在演化过程中，物种多样化速率发生了 6 次明显转变，其中叶孔菌属的快速多样化驱动了 1 亿年前整个目物种多样化速率的跃升。关联生物性状的物种多样化速

率分析发现，寄生营养型是物种多样化最主要的驱动因素，被子植物扩张和全球气温升高与物种多样化速率正相关。本研究首次证实了蘑菇纲中精细的目级尺度具有与整体不同的演化规律及物种多样化驱动因素，为进一步揭示真菌演化规律提供参考。

关键词：大型真菌，新分类单元，生物性状，多样化速率，全球变暖

中国“软鞘甲虫”编目及多样性研究

刘浩宇

河北大学 生命科学学院 保定 071002

liuhy@aliyun.com

软鞘类甲虫最早由 Latreille (1802) 提出，当时作为一个科，但它并不是一个单系，在历史上曾经有很多远缘的类群囊括在其中，主要包括花萤总科和郭公总科及一些其他类群。直到 Crowson (1955) 建立第一个鞘翅目自然分类系统，才彻底将他们分开，并将狭义软鞘类的名称用花萤总科来代替，而后者现又被合并在广义叩甲总科。这些甲虫的成虫和幼虫生境相似，形态发生趋同进化，体壁和鞘翅大多较柔软。“软鞘甲虫”不仅在鞘翅目系统发育中具有重要的位置，并且在生态系统中扮演传粉、捕食等重要角色，并且还具有发光、幼态持续等独特的生物学特征，因此具有重要的研究意义和价值。近年，河北大学“软鞘甲虫”研究团队，通过整合分类、系统发育、生物地理及生物多样性相关研究方法，开展了中国软鞘类甲虫的系统分类和编目工作；同时，以具重要生态功能价值的部分萤类为对象，分别从多样性格局及特有性格局、生态适应性以及多样性驱动因素等方面探讨了中国昆虫大尺度多样性格局的形成机制。

关键词：昆虫分类；生物多样性；地理分布；萤类；系统进化

世界维管植物名录进展

王洪峰

东北林业大学 哈尔滨 150006

wanghongfeng@nefu.edu.cn

1753年，林奈发表了《植物种志》(Species Plantarum)，为约7,300种植物制定了统一

的学名,瑞士的 De Candolle 家族记录了 58,975 种植物。1862-1883 年,英国学者乔治·本特姆 (George Bentham) 和约瑟夫·道尔顿·胡克 (Joseph Dalton Hooker) 记录了 97,205 种植物。1893 年,英国皇家植物园启动了邱园植物名称索引 (Index Kewensis) 项目,首次公布时记录了大约 300,000 个植物名。1982 年,密苏里植物园发布了 Tropicos 数据库,1997 年,英国雷丁大学牵头成立了国际组织 Species 2000,2000 年,英国皇家植物园 Kew Gardens、哈佛大学植物标本馆 Harvard University Herbaria、澳大利亚国家植物标本馆 Australian National Herbarium 三大机构基于多个前期植物学项目的成果,共同创办了国际植物名称索引 (IPNI)。

2001 年,GBIF 创建了一个全球最大的标本数据共享平台,提供了数亿条标本记录。2008 年,为了完成《全球植物保护战略》的 16 个任务,英国皇家植物园邱园 (Kew Gardens) 和密苏里植物园 (Missouri Botanical Garden) 联合发起了 The Plant List (TPL)。2012 年,全球约 100 余个植物学机构如英国皇家植物园、密苏里植物园、纽约植物园等合作组织开发了 WFO 项目。2017 年,英国皇家植物园邱园 (Kew Gardens) 正式启动 Plants of the World Online (POWO) 项目,2020 年,英国皇家植物园邱园又发起了 World Checklist of Vascular Plants (WCVP)。2021 年,莱比锡大学的 Martin Freiberg 及其团队整合了多个现有数据库的信息,创建了 Leipzig Catalogue of Vascular Plants (LCVP),该名录包含了超过 35 万条维管植物名称,其中包括大约 180,000 个被接受的物种名称,约 1 万个杂交种,以及超过 10 万个异名记录和大约 35,000 个未解决的名称,是当前最全面和最新的全球维管植物名录之一。

自 2002 年《全球植物保护战略》发布以来,众多研究者对全球维管植物的物种数量进行了估算。然而,由于视角和计算方法的不同,不同学者对全球植物物种数量的估算结果差异十分显著,其范围介于 223,000 至 422,127 之间。

喜马拉雅-横断山地区小型兽类多样性及分类研究

陈中正^{1,*}, 蒋学龙²

1. 安徽师范大学 生态与环境学院 芜湖 241002;
2. 中国科学院昆明动物研究所 昆明 650204

zhongzheng112@126.com

喜马拉雅-横断山是全球生物多样性热点区域,也是我国乃至世界重要的物种基因库,保存了大量的特有哺乳动物物种。由于特殊的地理环境和交通条件,该地区生物多样性调查仍存在诸多空白区和薄弱区。近些年来,我们在前期调查的基础上对喜马拉雅-横断山的一些调查薄弱区开展了深入的调查,较为系统的获得了该地区的小型兽类标本。我们结合形态

学和分子系统学等方法对其中部分类群的分类进行了整理,共发现小型兽类新属1个:高山麝属(*Alpiscaptulus*);新种7个:霍氏缺齿麝(*Chodsigoa hoffmanni*)、墨脱麝(*Alpiscaptulus medogensis*)、高黎贡林麝(*Mesechinus wangi*)、雪山大爪麝(*Soriculus nivatus*)、墨脱大爪麝(*Soriculus medogensis*)、背崩大爪麝(*Soriculus beibengensis*)、木里麝(*Eospalax muliensis*);恢复有效性物种3个:烟黑缺齿麝(*Chodsigoa furva*)、高原巢鼠(*Micromys pygmaeus*)、小大爪长尾麝(*Soriculus minor*)。此外,我们的研究还发现喜马拉雅-横断山地区仍有多个类群与已知物种存在明显的分化,说明其小型兽类多样性可能仍被显著低估,该区域小型兽类多样性资源仍待进一步挖掘。

关键词: 小型兽类; 分类; 喜马拉雅; 横断山区

动物寄生线虫分子系统学与关键类群的演化

李亮^{1,2,*}, 陈慧霞^{1,2}, 吕亮^{1,2}, 曾嘉露^{1,2}

1. 河北师范大学 生命科学学院 石家庄 050024;

2. 河北省生态环境协同创新中心 石家庄 050024

liangliangex369@126.com

动物寄生线虫是动物寄生虫的重要组成类群之一,可寄生于各类脊椎动物和无脊椎动物体内,给人类和动物健康以及社会经济带来严重危害。目前关于动物寄生线虫物种多样性仍不清楚,一些重要动物寄生线虫代表类群的分类系统尚存在诸多争议,关于其早期演化历史更是知之甚少。基于上述问题,课题组近些年对采自世界各地的动物寄生线虫进行了整合分类学研究,发现报道了大量动物寄生线虫新物种,并且首次测序组装了一些未曾报道的科、亚科和属级阶元代表类群的线粒体基因组。此外,基于核基因、线粒体基因组和简化基因组等不同分子数据,重建了蛔目、尖尾目、圆线目、杆形目等代表类群的系统发育关系,厘清了一些科、亚科、属的系统地位。同时揭示了蛔总科线虫最早起源于石炭纪早期(3.65–3.25亿年前)的陆生四足类动物体内,将蛔总科线虫的起源时间提早了约1亿年,并且否定了当前被广泛接受的海洋起源假说;同时发现蛔总科线虫在距今2.68–1.54亿年前的三叠纪时期经历了一次快速辐射分化事件,提出海平面的剧烈变化是导致蛔总科线虫快速辐射分化的重要原因的假说。

关键词: 寄生虫; 动物寄生线虫; 物种多样性; 分子系统学; 演化历史

河南高等植物多样性编目进展

李家美*，张梦帆，苏静，韩明磊，李海洋，赵婉瑜

河南农业大学 生命科学学院 郑州 450002

jiamei_li@126.com

河南省地处中原，地理环境复杂多样，为各种类型植物的生长提供了多种多样的自然条件。历年来，河南省丰富的植物多样性受到有关部门和广大学者的关注。前人采集的大量植物标本为《河南植物志》1-4 册的出版提供了有力支撑。然而，《河南苔藓志》有待整理出版，而且，《河南植物志(补修编)》缺少大量野外调查，遗漏了之前发表的一些新记录。我们利用近年来国内外最新研究成果，确定了河南省高等植物的有效性和分类归属，对河南省野生高等植物名录进行了系统的整理与修订。结果表明：河南省苔藓植物有 82 科 222 属 732 种；石松和蕨类植物有 32 科 73 属 282 种及种下单位；裸子植物有 4 科 9 属 18 种；被子植物有 156 科 945 属 3,124 种；此外，我们收录了河南国家重点保护野生植物 33 科 50 属 67 种 1 亚种 6 变种，包括极小种群 4 种 1 亚种。

关键词：高等植物；名录；生物多样性；编目；河南

江西新余市两栖爬行动物多样性及分布格局研究

张曼玉¹，王臻祺²，仇志欣³，吴怀远⁴，张天祥¹，张阳¹，韩卫杰¹，黄晓凤^{*}

1. 江西省林业科学院 南昌 330013;

2. 南京林业大学 南京 210037;

3. 河海大学 南京 210024;

4. 新余市林业局 新余 338099

xiaofeng_huang2024@126.com

新余市位于江西省中部偏西，生态环境优良，但历史上未开展过系统的动物多样性调查。本研究于 2023 年 7-8 月通过样线法和访问调查法在新余市全域开展了两栖爬行动物全面调查，共记录两栖动物 1 目 7 科 16 属 20 种 2,566 只，爬行动物 1 目 2 亚目 8 科 18 属 23 种 144 只。其中，国家 II 级重点保护野生动物 1 种，易危 (VU) 5 种，近危 (NT) 1 种，中国特有 2 种，调查发现了 1 个江西省新分布物种-古氏草蜥 (*Takydromus kuehnei*)。通过分析发现，饰纹姬蛙 (*Microhyla fissipes*) 和北草蜥 (*T. septentrionalis*) 分别在两栖和爬行动物群

落中占绝对优势；东洋界华中-华南区物种居多；陆栖-静水型两栖动物和陆栖型爬行动物的多样性最高；境内西南部丘陵山林区为两爬分布热点区域。本次调查研究填补了新余市两栖爬行动物的研究空白。

关键词：新余市；两栖动物；爬行动物；生态型；生物多样性

甘肃高等植物多样性编目进展

杜维波

甘肃农业大学 林学院 兰州 730070

dsjzxw1@163.com

甘肃位于我国西北，地跨四个气候带，三大水系，多个自然地理单元，是我国东西区域的交汇地带，生态系统类型多样，植物多样性十分丰富。通过整理近代以来对甘肃植物多样性的研究发现，建国以前，约有 19 位外国人和 10 余位中国学者在甘肃开展了植物采集工作。建国以来，在以孔宪武为代表的推动下，编写甘肃植物专著近 100 部。但甘肃省级行政区划变动比较频繁，是植物区系成分最复杂的省份，包括了青藏高原区系、古地中海区系、泛北极区系和东亚区系，导致植物多样性尚无准确数据。近期的研究表明，甘肃苔藓类 89 科 269 属 822 种；广义蕨类 25 科 74 属 319 种；野生裸子植物 4 科 15 属 50 种 6 变种。甘肃特有维管植物 18 科 21 属 30 种。国家重点保护野生植物中高等植物 50 科 81 属 121 种 2 亚种 3 变种。自 2000 至 2023 年，甘肃共发表新分布类群 209 种，新亚种 3 种，新变种 20 种，新种 87 种，主要为被子植物。目前，应进一步联合省内外专家，梳理标本和文献数据，争取早日完成甘肃植物多样性本底数据编目。

关键词：甘肃省；高等植物；多样性；编目

中国瓢虫科物种多样性研究进展

陈晓胜^{1,*}，王兴民²

1. 华南农业大学 林学与风景园林学院 广州 510642;
2. 华南农业大学 植物保护学院 广州 510642

xshchen@scau.edu.cn

瓢虫科隶属鞘翅目 (Coleoptera)、多食亚目 (Polyphaga)、瓢甲总科 (Coccinelloidea)，

是一类重要的天敌昆虫，主要捕食蚜虫、粉虱、介壳虫、叶螨等农林害虫，对控制这些害虫的种群数量起着重要的作用。目前全世界瓢虫科种类已知超过 6,900 种，我国地跨东洋区和古北区两大动物地理区系，瓢虫资源丰富。近 20 年来，通过对我国 32 个省（区）的瓢虫物种多样性进行系统的调查研究，共采集瓢虫标本 30 万号。基于比较形态学和分子生物学等方法，经整理和鉴定，完成了我国瓢虫科 2 亚科 26 族 94 属 1,079 种的编目工作。目前已发表瓢虫科新种 304 种、新记录种 50 种，使我国瓢虫科种类数量从 2004 年的 725 种提升至 1,079 种，成为世界瓢虫科物种多样性最为丰富的国家。同时基于形态和分子数据，阐明了瓢虫科各族、属之间的系统发育关系，极大地促进了我国瓢虫科分类事业的发展。研究结果不仅对了解我国乃至世界瓢虫科物种多样性、区系组成、起源与演化等具有重要科学意义，而且在瓢虫的保护、利用和引进等方面也具有重要实际意义。

关键词：鞘翅目；瓢虫科；物种多样性；生物防治

伏牛山区野生动物资源多样性及空间分布格局

侯银梦，朱艳军，王同行，李淑娟，刘清熔，王晶钰，陈卓，陈晓虹*

河南师范大学 生命科学学院 新乡 453007

河南省太行山森林生态系统野外科学观测研究站 新乡 453519

xhchen-xx@sohu.com

伏牛山区独特的自然环境和区位孕育了丰富多样的生物资源。本研究运用文献资料法、样线法、样点法、红外相机法和分子生物学技术，对伏牛山区开展野生陆栖脊椎动物资源多样性和分布格局调查，以建立本地野生陆栖脊椎动物资源库和数据库，编制物种名录。结合文献和实地调查，该地记录野生陆栖脊椎动物 4 纲 28 目 97 科 363 种，其中哺乳纲 6 目 18 科 32 种、鸟纲 18 目 60 科 279 种、爬行纲 2 目 12 科 38 种、两栖纲 2 目 7 科 14 种。发现河南省动物新纪录 3 种、白头蝰、黑脊蛇和棘腹蛙。国家一级重点保护野生动物 11 种，二级 55 种。动物区系以广布种为主、占总种数的 67.77%，其次是东洋界物种、占 20.66%；古北界物种最少、占 11.57%。物种多样性在不同县域、海拔、季节均有差异，洛宁县香农威纳 Shannon 指数与均匀度 Pielou 指数最高；春季 Shannon 指数和 Pielou 指数最高；海拔 100~1 600 m 范围鸟类 Shannon 指数与 Pielou 指数变化平稳；不同类群在县域、季节和海拔多样性差异较大。研究为伏牛山区陆栖野生动物保护和维持山地物种多样性有重要意义。

关键词: 陆栖脊椎动物; 多样性; 分布格局

中国哺乳动物新分布记录研究现状与问题探讨

丁晨晨^{1,2,#}, 丁家乐^{3,#}, 乔慧捷^{1,*}, 蒋志刚^{1,*}

1. 中国科学院动物研究所 北京 100101;

2. 北京大学 城市与环境学院 北京 100871;

3. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院 乌鲁木齐 830054

代表共同第一作者

jiangzg@ioz.ac.cn; qiaohj@ioz.ac.cn

物种地理分布是生物地理学、宏观生态学和保护生物学研究的核心问题之一, 物种时空分布知识匮乏(例如记录不全、不准确)被称为华莱士短缺(*Wallacean shortfall*), 会阻碍我们对生物多样性分布格局及其背后生态和进化过程的理解。在本研究中, 我们通过文献检索汇集了2001-2023年间发表的192篇中国哺乳动物国家和省级水平上的新分布纪录(不包含新种)文章, 涵盖7目26科150种, 主要探究物种新纪录的分类学特征、时空分布模式及生物地理特征等, 并通过构建广义线性回归模型分析物种新纪录与物种内外部特征的生态关联。结果表明, 翼手目(Chiroptera, n=69)、啮齿目(Rodentia, n=27)和劳亚食虫目(Eulipotyphla, n=26)是新纪录发现最多的类群, 云南(n=31)、广东(n=22)和西藏(n=18)是发现新纪录物种最多的省份, 省份新纪录物种数与该省份物种丰富度和现今调查研究努力呈显著正相关($r > 0.5, p < 0.05$), 而与以往调查努力呈负相关; 西部高原山地亚区(n=39)和东部丘陵平原亚区(n=33)是发现新纪录最多的动物地理区; 66种新纪录物种出现在新的动物地理亚区, 其中两种新纪录(毛冠鹿和小麂)新分布纪录跨越到新的动物地理界; 新纪录发现随时间呈波动上升的趋势, 2017-2021年是新纪录发表最多的时期; 61种(40.7%)的新纪录物种发现地位于物种原分布区的北部和东北部, 其次为东部(n=32, 21.3%)。此外, 我们也发现物种身体大小(体重)是影响物种新纪录发现最重要的因子, 其次是栖息地宽度和人口密度。这些发现不仅丰富和完善了我国的哺乳动物分布记录, 也为保护和管理动物资源提供了基础资料和科学依据。我们建议加大对生物多样性丰富地区的调查监测力度, 增加对小型动物的分类和分布研究, 促进物种分布数据完善、及时更新和共享, 从而更好地支持生物多样性分布格局和过程研究、生物地理区划以及物种保护管理。

关键词: 哺乳动物; 新纪录; 华莱士短缺; 生物多样性编目; 地理分布; 生物地理区划

专题 4. 生物多样性维持机制（召集人：王绪高、林露湘）

暖温带-北亚热带过渡区森林生物多样性与生态系统功能关系研究

王婷，袁志良*，陈云，叶永忠

河南农业大学 郑州 450046

不同 zhiliangyuan@henau.edu.cn

暖温带-北亚热带森林过渡带具有丰富的生物多样性和复杂的生态系统，近年来基于太行山、伏牛山及白云山等固定样地监测，对该区域森林生态系统的生物多样性和生态系统功能关系及其维持机制开展了系列研究，主要有以下几个方面：基于多种环境梯度和森林类型研究环境因子对生物多样性及生态系统功能的影响，结果表明随着优势树种相对密度的增加，林分物种多样性呈显著的下降趋势，生物因子对物种多样性有极为显著的直接影响，而土壤因子通过生物因素对物种多样性有间接的影响；利用种群-群落关系研究了不同人为干扰、不同海拔梯度等对森林群落结构和物种分布的影响，研究结果表明木本植物在不同干扰林分中的分布并非随机的，灌木比木本植物表现出更高的特化性；基于树木年轮学方法，研究了宝天曼自然保护区树木生长对气候变化的响应以及不同径级华山松碳储量的动态变化，结果表明个体死亡率是限制中小径级华山松碳储量增长的重要因素，树木生理生长的影响是限制大径级华山松碳储量增加的主要因素；宝天曼不同种针叶树生长均与当年生长季降水量显著正相关，与温度显著负相关；树木不同生长阶段储存的生物挥发性有机物（BVOCs）也受气候变化的影响，BVOCs 与年降水量无显著联系，温度对不同种类 BVOCs 的影响不同。

关键词：过渡带；生物多样性；树木年轮；碳储量

新疆典型山地针叶林群落特征

黄继红，丁易，臧润国*

中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 北京 100091

zangrung@caf.ac.cn

针叶林是我国分布最广的一种植被型组。据统计针叶林的木材蓄积量约占我国森林总蓄积量的 65%，在用材、林产品供给、水土保持，环境改善以及生物多样性维持等方面均具有重要作用。目前对新疆天山云杉林和阿尔泰山寒温带针叶林群落特征尚缺乏系统的研究。

本研究基于在新疆天山和阿尔泰山分别建立典型山地针叶林固定样地，研究了天山云杉林和寒温带针叶林的群落组成和结构特征。结果表明天山云杉群落主要由天山云杉 (*Picea schrenkiana*)、天山桦 (*Betula tianschanica*) 和欧洲山杨 (*Populus tremula*) 组成，其中天山云杉和天山桦占个体总数的 96%。天山云杉种群具有较高的死亡率和较低的更新率，其生长与生物因素的相关性强于非生物因素，其木材密度的种内变异对生长具有突出的解释贡献。阿尔泰山寒温带针叶林群落主要由西伯利亚落叶松 (*Larix sibirica*)、西伯利亚云杉 (*Picea obovata*)、西伯利亚红松 (*Pinus sibirica*) 和疣枝桦 (*Betula pendula*) 等组成，这四种占群落个体总数的 98%。该群落优势树种空间格局基本呈小尺度上的聚集。群落树木之间的促进作用比竞争作用更普遍。氮磷共同限制调节该群落的物种共存。西伯利亚云杉在高氮磷比生境占据绝对竞争优势，西伯利亚红松在低氮磷比生境避免竞争排除。氮磷含量对树种分布同样重要，更多作用于胸高断面积。

关键词：森林植被；山地针叶林；森林动态监测样地；功能性状；物种共存；

菌根混交林的物种共存机制：外生菌根稳定化假说

毛子昆，王绪高*

中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016

wangxg@iae.ac.cn

在温带混交林中，外生菌根 (EM) 优势树种常与丰富多样的丛枝菌根 (AM) 非优势树种共存。为了探究这种“EM 优势种 vs. AM 多样种”的共存过程，我们系统总结了以往研究中涉及的三种理论假说：AM 树种稳定化假说、AM-EM 互补效应假说、EM 树种稳定化假说，并运用空间点格局分析手段（主要基于成对相关函数 $g_{1,2}(r)$ 和异质性泊松零模型），研究了长白山 25ha 阔叶红松林和 24ha 次生杨桦林的 AM 和 EM 树种的空间关联性，在自然条件下对三种假说进行定性检验。结果显示，两个温带森林中的树种负关联性（如竞争作用）主要与 AM 树种有关，而树种正关联性（如促进作用）主要由 EM 树种导致。由于 EM 大树呈现明显的聚集分布格局，并且对邻域 AM 和 EM 小树存在显著的促进作用，因此，EM 大树周围是 AM 和 EM 树种共存的热点区域，支持了 EM 树种稳定化假说。根据以上研究

结果，我们进一步凝练出“双阶段的外生菌根稳定化”机制，为 AM-EM 混交林的共存机制研究提供了一种新的理论假说。

关键字：丛枝菌根树种；外生菌根树种；空间关联；物种共存；温带森林

Phosphorus enrichment drives plant traits: implications for biodiversity maintenance in tropical forests

Ewuketu Linger¹, Tao Zhang¹, Linlin Lin¹, Wenxing Long^{1,2,3,*}

1. School of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China;

2. School of Ecology, Hainan University, Haikou 570228, China;

3. Collaborative Innovation Center of Ecological Civilization, Hainan University, Haikou 570228, China

ewuketu05@gmail.com

Phosphorus (P) is essential for forest productivity, yet its influence on plant traits and biodiversity in natural ecosystems remains complex and underexplored. In this study, we conducted a global meta-analysis and an in-situ experiment in a tropical cloud forest (TCF) in Hainan, China, to assess how P addition impacts above- and below-ground plant traits, with a focus on threshold effects and environmental modifiers. The meta-analysis, covering 107 experiments across 683 sites, revealed that P addition significantly increased above-ground traits, such as net primary productivity (ANPP) by 101% and leaf area by 96%, while decreasing the leaf N: P ratio by 99%. Below-ground responses were mixed, with specific root length (SRL) decreasing by 57%, but root diameter and productivity increasing by 19% and 20%, respectively. The in-situ experiment examined five prevalent tree species and demonstrated that higher P levels enhanced above-ground traits like leaf dry mass and chlorophyll content, while below-ground traits, such as root dry mass, generally decreased under control conditions. Species-specific responses highlighted diverse strategies for optimizing growth and survival in nutrient-limited environments, with temporal shifts indicating dynamic plant responses to P enrichment over time.

These findings underscore the critical role of P in driving plant trait dynamics and biodiversity, especially in phosphorus-limited ecosystems. Identifying environmental thresholds and species-specific responses is crucial for optimizing ecosystem productivity and resilience,

informing conservation and management strategies to maintain biodiversity and ecosystem function in the face of environmental changes.

Key words: Functional traits response; Phenotype plasticity; Phosphorus enrichment; Tropical forest

历史人为干扰对中国西南热带森林的遗留效应

邓云^{1,2,3}, 张文富^{1,2,3}, 曹敏^{1,2,3,*}, 董金龙^{1,2,3,5}, 陈辉^{1,2,3}, 邓晓保^{1,2,3}, 刘佳佳⁴, 宋晓阳^{1,2}, 夏尚文^{1,2}, 沙丽清^{1,2}, 袁盛东^{1,2,3}, 林露湘^{1,2,3}

1. 中国科学院西双版纳热带植物园 热带森林生态学重点实验室 勐腊 666303
2. 中国科学院核心植物园植物生态中心 勐腊 666303
3. 中国科学院西双版纳热带植物园 云南西双版纳森林生态系统国家野外科学观测研究站
勐腊 666303
4. 复旦大学 生命科学院 上海 570228
5. 中国科学院大学 生命科学学院 北京 100049
caom@xtbg.ac.cn

人类活动干扰在热带森林中普遍存在，并影响着林冠层的物种组成。本研究以西双版纳热带季节雨林 20 公顷动态样地为主要研究区域，根据 1965 年的全色航空正射影像确定历史干扰斑块的范围和边界，通过多元回归树对驱动林冠层树种聚类的原因进行探讨，比较了这些林冠树种在不同干扰区域之间的丰富度、多度和多样性差异。研究结果表明，1965 年历史全色影像中亮度值的变异系数是驱动当代林冠层物种聚类的主要因素。在林冠种的更新过程中，各径级内不同干扰区域间的树种丰富度和多度均相似，但物种组成始终不同。虽然在林下层（胸径 < 20 cm）中大种子和强萌生树种的物种数占比和个体数占比在干扰和未干扰森林之间并无显著差异，但随着胸径的增加，这些不同散布和繁殖策略的功能类群树种的比例差异会变得越来越显著。与丰富度和物种相似性等多样性指标相比，特定功能类群树种的配置比例可以更好地指示次生演替过程中不同适应策略的生态种组相互迭代的动态过程。

关键词：历史干扰；遗留效应；次生林；林冠种；生态种组

化肥和农药施用对农业景观土壤微生物群落重构过程及维 持机制研究

李培坤, 丁圣彦*, 赵清贺*

河南大学 地理与环境学院 开封 475001

syding@henu.edu.cn; zhaoqinghe@henu.edu.cn

农业景观受到不同农药和化肥施用的显著影响。了解土壤微生物群落结构及其重构过程与机制对于反映农药和化肥施用对农田生态系统的影响具有重要意义。本研究使用偏 RDA 分析、Mantel 检验等方法量化了农药、化肥施用对微生物群落组成的影响；采用系统发育随机零模型和结构方程模型，阐明了微生物群落的重构过程与机制；通过随机森林模型识别了响应土壤质量的标志性土壤生物指示种。结果表明，过量农药显著降低了土壤真菌和原生生物的多样性，而过量化肥对细菌多样性的影响最大；土壤总氮，pH 值和根生物量是驱动微生物群落物种周转和群落重构的关键因素；土壤细菌群落和原生生物群落的构建分别由确定性过程和随机性驱动。而土壤真菌在过量化肥施用下其群落构建过程以异质性选择驱动。同时，Chlorophyta、Colpodellidae、Zoopagomycota、Dadabacteria 等微生物类群被识别为响应土壤质量的指示种。本研究为保护和维持生态系统服务与农业生产环境，以及提高农业生态环境监测的靶向性和准确性提供了科学依据。

关键词：土壤微生物；农药；化肥；群落重构；指示物种

Allelochemical and soil fungi co-determine density dependence in a temperate forest

XU Zhichao^{1,2} and WANG Xugao^{1,2,*}

1. CAS Key Laboratory of Forest Ecology and Management, Institute of Applied Ecology,
Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China.

2. Key Laboratory of Terrestrial Ecosystem Carbon Neutrality, Liaoning Province, China
wangxg@iae.ac.cn

Ecological theory predicts that high local diversity observed in plant communities could be maintained by repulsive interactions from soilborne pathogen and allelopathic autotoxicity that

result in conspecific negative density dependence (CNDD), but mutualistic fungi and allelopathic promotion simultaneously have counteracting effects on this biotic process. Here, we added phenolic acids to pot grown plants to quantify allelochemical impacts on plant growth, soil fungi, and plant-fungi interactions. We combine this with an extensive field survey to test how these mechanisms influence CNDD in a temperate forest. Allelopathy effects on seedling growth are generally stronger than microbial effects, but results differed among tree species. Combined with variation in natural CNDD, these results indicate multiple scenarios with respect to allelopathy and microbial effects on CNDD. Further, they show that allelopathy may be an important driver of CNDD via effects on both plants and plant-microbe interactions.

Keywords: Soil fungi; Allelopathy; Janzen-Connell hypothesis; Seedling demographics; Temperate forest

成熟天坑是岩溶地区的土壤微生物热点区域

杨俊博¹, 王晓慧¹, 王柯懿¹, 曾丹娟¹, 莫凌¹, 李帅^{2,3}, 房保柱^{4,5}, REKADWAD Bhagwan⁶,
李文均^{2,4,5,*}, 蒲高忠^{1,*}

1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室 桂林 541006;
2. 中山大学 生命科学学院 南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海） 水产动物疫病防控与健康养殖全国重点实验室 广州 510275;
3. 嘉应学院 生命科学学院 梅州 514015;
4. 中国科学院新疆生态与地理研究所 干旱区生态安全与可持续发展重点实验室 荒漠与绿洲生态国家重点实验室 乌鲁木齐 830011;
5. 中国科学院新疆生态与地理研究所 新疆干旱区生物多样性保育与应用重点实验室 乌鲁木齐 830011;
6. Yenepoya Research Centre, Yenepoya (Deemed to be University), Mangalore 575018, India;
liwenjun3@mail.sysu.edu.cn; pukouchy@163.com

【目的】人类活动加速西南岩溶地区的土地退化和生物多样性丢失。天坑是岩溶地区呈漏斗或竖井状、深度与开口平面宽度约百米及以上的巨大塌陷负地形。成熟天坑具有完整的侧壁, 是全球变化背景下的生物避难所。但少有研究关注成熟天坑的土壤生物多样性及维持机制。**【方法】**用高通量测序技术测定了贵州 4 个成熟天坑土壤细菌和真菌多样性, 根据 FAPROTAX 和 Funguild 数据库量化微生物功能。**【结果】**与天坑外相比, 天坑土壤具有更高

的养分含量、细菌和真菌多样性及特有物种丰度；与人类肠道和疾病、芳香物质分解、塑料降解等功能相关的微生物丰度显著高于天坑外。并且，天坑内的微生物功能装配模式与天坑外明显不同。【结论】与周边地区相比，成熟天坑内丰富的土壤养分驱动了较高的微生物多样性和功能。因为土壤微生物热点被定义为较小体积且具有较高过程速率的土壤，本研究建议将土壤微生物热点理论应用到景观尺度，即天坑是岩溶地区的土壤微生物热点。

关键词：土壤生态学；岩溶天坑；微生物多样性；土壤热点

蚂蚁与植物的相互作用对群落密度制约的影响

周刚，乔秀娟*，江明喜*

中国科学院武汉植物园 武汉 430000

zhougang@wbgcas.cn

森林群落中的物种如何维持共存是生态学研究中的经典问题。地下菌根真菌与植物根系的相互作用对密度制约的影响已经研究的相当深入，但是对地上蚂蚁与植物的相互作用对群落密度制约的影响关注较少。为此，基于湖南八大公山亚热带山地常绿落叶阔叶混交林和西双版纳热带季节雨林动态监测样地研究平台，分别研究了蚂蚁与植物的相互作用对密度制约的影响。在亚热带山地森林动态监测样地中，利用广义线性混合模型（GLMMs）和线性混合模型（LMMs）评估了蚂蚁与植物的共现关系和同种密度对幼苗的存活和生长的影响；在热带雨林动态监测样地中，利用广义线性混合模型（GLMMs）和线性混合模型（LMMs）评估了蚂蚁和同种密度对幼苗存活和大树生长的影响，两项研究均发现蚂蚁可以缓解植物的同种密度制约效应，拓展了自上而下的生态调控理论（植食者-植物），为研究物种共存理论提供了新的思路。

关键词：物种共存；密度制约；动植物相互作用；动态监测样地

专题 5. 生物多样性大数据与人工智能（召集人：吴慧、林聪田）

科学数据语义关联与智能化服务研发实践

刘峰*，韩芳，陈锟，夏景隆，孟金豹，魏天珂

中国科学院计算机网络信息中心 北京 100083

liufeng@cnic.cn

【目的】当前在 AI For Science 和融合科学等新型科研范式驱动下，迫切要求科学数据从传统的共享服务向交叉融合、知识化、智能化服务转变。结合语义关联技术与大语言模型对海量优质科学数据进行语义关联、知识组织、跨域融合并提供各类智能化服务是解决这个问题的核心路径。**【方法】**本报告对国内外数据关联技术、领域应用研究进展进行了广泛调研，对结构化数据语义发布、跨端点关联融合、基于大模型的知识发现等关键技术进行突破并研发了相关工具集，构建了科学数据语义关联网络 OpenCSDB 和科学数据智能服务助手 Dr.DI。**【结果】**初步实现了科学数据跨域关联组织与融合服务，基于大模型的科学数据的智能问答、知识发现以及辅助科研的图文检索、智能阅读写作、自动标注等服务。**【结论】**目前 OpenCSDB 网络和 Dr.DI 工具已在多个数据中心展开应用实践，取得较好的成效，希望未来相关系统和工具能为植物领域生物多样性数据的关联融合、知识化、智能化服务提供助力和支撑。

关键词：数据关联；关联网络；大语言模型；智能服务

多组学大数据整合与应用

唐碧霞

中国科学院北京基因组研究所（国家生物信息中心）北京 100101

tangbx@big.ac.cn

基因组、转录组、表观组等多组学数据，因含有丰富的生物分子遗传信息，对生物遗传多样性的研究以及生物多样性的保护具有重要意义。为保护我国生物数据主权，国家基因组科学数据中心成立并构建了覆盖组学数据汇交、特色数据资源以及知识信息的多组学数据资

源体系。在家犬的多组学综合应用平台中，通过数据整合方法构建了包含了品种、疾病以及基因型-表型数据的表型知识库。并进一步的开发了狗的图像识别方法，将图像与表型知识库进行关联。最后，通过应用检索结果增强技术实现了表型数据的智能检索。

亚洲植物数字化计划（Mapping Asia Plants）：从中国到亚洲的尝试

徐学红^{1,2}，李文军³，朴美玲^{1,2}，王洪峰⁴，刘博⁵，林秦文¹，薛建华¹，马克平^{1,2,*}，

1. 中国科学院植物研究所 北京 100093；

2. 中国科学院生物多样性委员会 北京 100093；

3. 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011；

4. 东北林业大学 哈尔滨 150040；

5. 中央民族大学 北京 100081

kpma@ibcas.ac.cn

随着全球生物多样性信息学的蓬勃发展，大型生物多样性数据库如 GBIF 等的建立和完善，为生物多样性大尺度格局、生物多样性保护规划、生物多样性对全球变化的响应、外来种入侵态势预测等方面的研究提供了重要数据支撑。面对绿色“一带一路”建设的重大机遇与挑战，强化生物多样性研究与保护，特别是植物多样性的大数据平台建设，成为推动区域可持续发展与环境保护的关键。

亚洲地区因生物多样性数据匮乏、研究水平不一而面临显著挑战，亟待构建综合信息平台以整合多源生物编目信息，提升区域生物多样性保护能力。中国历经数十年发展，已构建起较为完善的生物多样性信息网络，极大丰富了我国生物多样性信息资源。然而，亚洲整体仍缺乏区域尺度的综合数据库，特别是在植物多样性数据方面，现有数据占比较低，严重制约了生物多样性研究的深入开展。

在此背景下，中国科学院生物多样性委员会主导的“亚洲植物多样性数字化计划”（Mapping Asia Plants， MAP）应运而生，核心是通过整合亚洲地区植物资源信息，建立植物物种名录与分布数据库，为亚洲植物多样性保护与研究提供综合性基础信息和跨学科数据挖掘环境。MAP 项目已取得显著进展，覆盖了东南亚、南亚、中亚、东北亚及北亚等区域，建立了较为全面的植物物种名录及分布数据库，有效填补了亚洲植物多样性数据空白。随着 MAP 项目的持续推进和亚洲植物多样性数据库的不断完善，将为全球生物多样性保护与研究开辟新的篇章。

菌物标本馆（HMAS）数据库建设和数据资源现状

赵明君*, 王科, 蔡磊

中国科学院微生物研究所 真菌学国家重点实验室 北京 100101

zhaomj@im.ac.cn

中国科学院微生物研究所菌物标本馆（HMAS）于 1988 年启动真菌标本管理系统建设工作，并于 1990 年完成数据库构建，成为国内首个真菌资源数据库。二十世纪初，菌物标本馆将原有真菌标本管理系统升级为菌物标本信息管理系统，并陆续构建了世界菌物名称信息库（Fungal Names）和中国菌物名录数据库对国内外菌物资源数据进行收集。目前，累计数据量超过 154 万条，图像信息 44.7 万张。依照统一的标准对上述数据信息进行整合，获得 21.08 万条中国菌物经纬度分布数据、1 万个物种的形态特征数据（包括子实体、菌盖、菌柄、担子、担孢子、子囊、子囊孢子等结构的形状、颜色和大小等）。这些数据为中国大型真菌红色名录评估、中国生物物种名录编研、标本资源库和物种多样性平台建设提供了重要支撑。除了服务于传统的生物多样性和物种保护研究，文献和专著中提取的文本信息以及各类菌物图像也将成为人工智能研究的重要语料和图像库，为人工智能在生物科技领域的智能化研究提供助力。

关键词：菌物；资源；人工智能

构建植物科学的数据未来：中国科学院植物大数据平台的发 展与创新

吴慧，李敏，汪小全

中国科学院植物研究所 北京 100093

wuhui@ibcas.ac.cn; xiaoq_wang@ibcas.ac.cn

植物大数据是国家的重要战略资源，不仅支撑植物科学研究和资源研发，而且关乎国家生态安全和资源安全。为了推动植物大数据的整合与共享，中国科学院植物科学数据中心于 2020 年 9 月成立，由中国科学院植物研究所牵头，联合院内三园两所等 6 家宏观植物学单位建设。中心围绕植物物种、植被生态、迁地保育等领域，持续开展战略性、基础性科学数据汇聚与长期保存，构建了集数据汇聚-质量控制-挖掘分析-可视化展示于一体的大数据平台

(www.plantplus.cn)，汇聚全国 200 多家科研院所和教学单位的宏观植物学数据，，数据达 17 亿条，形成了物种全时空、多维度、全生命周期的综合数据库，打造了“大数据+人工智能”的植被图实时更新工作新范式，研发了国家重点保护野生植物信息系统、外来入侵植物预警系统、国家植物园迁地保育系统等数据产品，持续开展了“花伴侣”专业版等智能识别软件更新与应用，综合服务平台页面访问达 1.2 亿人次，“花伴侣”植物物种智能识别系统用户达 1,200 万，为植物科学及相关学科研究提供大数据交叉研究平台，为生物多样性保护、资源安全保障和农业转型发展等重大国家战略提供科技支撑。

面向城市规划应用的长三角生物多样性平台建设

周梦洁*，陈海涛，江晨
中国城市规划设计研究院上海分院 上海 200335
954027631@qq.com

为了深入理解并保护城市中的生物多样性，研发长三角城市生物多样性平台，集成长三角地区鸟类、兽类、两栖、爬行、植物等 5 大类、5,417 个物种的分布数据，为长三角城市生物多样性研究提供智慧化的数据底座与分析平台。功能上面向城市研究，在区域、城市、区块等三个尺度实现地图查询、模拟分析和指数评价三大功能。一是地图查询模块，可实现物种分布查询、物种清单查询和候鸟迁徙廊道查询等功能。二是模拟分析模块，能实现特定区域物种分布模拟、生物廊道模拟和城市建设影响模拟。三是指数评价模块，以城市为单元，形成生物多样性、物种优势度和红色名录指数三个评价功能。平台的开发实现了生物多样性数据的集成化、精细化、可应用、可更新，未来将进一步扩大数据覆盖度，拓展更多功能模块。

关键词：长三角；生物多样性；规划应用；功能模块

人工智能技术在支撑生物多样性研究工作中的应用和思考

许哲平
中国科学院文献情报中心 北京 100190
xuzp@mail.las.ac.cn

【研究目的】收集、整理和分析支撑生物多样性研究工作的人工智能技术，并分析其应

用场景、技术方案和对未来的思考。【方法】通过文献调研、案例分析、开源定制开发等方法，对研究材料、数据和技术方案进行分析和复现。【结果】人工智能技术已经在生物多样性研究工作中发挥了重要作用：（1）数据检索、收集、处理和分析；（2）预训练文本大语言模型；（3）多模态（文本、图像、音频和视频等）大语言模型；（4）野外生物快速监测等。但是，也存在如下问题：（1）生物多样性原始数据的缺失会影响 AI 技术的应用结果，需要持续开展数据的积累工作。（2）数据凭证、数据安全和数据隐私是 AI 应用结果可信度和可靠性的重要前提。（3）从业人员的 AI 素养和能力对学科发展至关重要。【结论】AI 技术是生物多样性信息学的重要趋势，已经在催生和变革新的科研范式，一方面要学习和使用这种新技术，提高工作效率。另一方面，也要考虑技术的局限性和专业数据对其的影响。

关键字：人工智能；大语言模型；生物多样性信息学；数据隐私；数据安全

国家植物园智能保育体系建设思考

陈建平

上海辰山植物园 上海 210602

chenjianping@csnbgsh.cn

植物多样性保护工作涵盖了野外调查、监测与评估、就地保护、迁地保护、可持续利用、政策法规建设、基础科研、科普与公众参与等核心环节，涉及多维度的数据采集与处理。随着数据共享平台和数据采集技术的进步，通过多源数据的集成与整合，以及数据采集范围与密度的不断增加，推动了领域大数据的形成，并促进了 AI 应用的突破。AI 应用的深入使得数据生成的速度与体量大幅提升，AI 与大数据的发展呈现出相互强化的效应，形成了互为因果的加速发展关系。技术的进步将优化植物多样性保护的工作流程，推动应用场景的智能化，进而带来工作模式的颠覆性革新，推动生物多样性保护进入 AI4Science 的全新时代。国家植物园作为植物多样性保护的核心力量，应深刻把握技术进步的趋势，积极推动智能化保育的理论与技术研究，建设基础信息服务平台，促进区域内植物保护网络体系的发展，推动植物多样性保护事业的高质量发展。

关键词：植物多样性保护；AI；大数据；国家植物园

野生动物智能识别与监测技术的研究

林聪田, 王江宁, 纪力强*

中国科学院动物研究所 北京 100101

ji@ioz.ac.cn

随着气候变化及人类影响不断加剧, 地球上的动物多样性在加速丧失。如何长期、有效并且智能地监测野生动物多样性变化已经成为生物多样性研究和保护的重要课题之一。近年来, 生物多样性大数据得到快速积累, 人工智能技术日新月异, 丰富的动物声音、影像及描述数据为训练野生动物智能识别模型奠定良好的基础, 为野生动物智能监测提供了良好的机遇。本研究阐述了一种基于 AI 的野生动物智能监测技术, 由声音、影像等传感器、智能识别模型、网络回传设施及监测数据平台组成, 构建了一套相对完整的野生动物智能监测技术体系。在传感器方面, 研发了多种适用于不同生境的采集设备, 并集成红外相机、环境监测仪等现有设备, 提升监测能力; 在模型方面, 以动物声音、影像、分布、描述等多模态数据为基础, 研发基于深度学习的动物智能识别模型, 同时开展基于多模态大模型的物种智能识别方法的初步探索; 所有监测数据通过网络回传到数据平台, 支持动物多样性研究与保护。该技术被生态环境部“五基”监测体系和国家气象局物候工程采纳, 目前在北京、上海、黑龙江、内蒙古等 10 多个省份开展应用, 采集数据超过 3,000 万条, 取得初步成效, 有力支持这些区域动物多样性与动物物候监测。下一步, 团队将总结在实际应用过程中遇到的问题, 继续完善各类传感器设计, 扩大智能监测的类群范围, 重点针对鱼类、昆虫等难以监测和识别的类群开展深入研究。

关键词: 动物多样性; 人工智能; 传感器; 识别模型

遥感监测城市绿地生物多样性的研究进展

李晶¹, 曹恺¹, 季凌波¹, 邱凤², 陈慧萍¹, 汤博^{1,*}

1. 浙江省生态环境科学设计研究院 杭州 310007;

2. 生态环境部南京环境科学研究所 南京 210042

tangbo1984278@163.com

城市生物多样性的丧失将危及城市基本的生态系统功能和服务, 对生态环境造成的后果难以估量。当前亟需开展城市生物多样性监测, 以便更好地了解城市物种分布与丰度、生境

质量与生态系统功能情况，提高城市生态保护成效。遥感技术能够提供连续的、大尺度的对地监测数据，已广泛应用于各类生态环境问题研究。通过遥感影像获得地物光谱特性，建立其与物种分布、生境质量、生态系统功能之间的联系，可应用于全球或区域不同尺度的生物多样性监测研究。本研究从总结了遥感技术在城市绿地生物多样性监测中的方法和应用。在此基础上，本文讨论了目前国产卫星遥感监测城市生物多样性的现状和发展方向，以及如何构建高效的城市生物多样性监测网络。总体来说，城市生物多样性研究尚未充分挖掘遥感技术在数据获取、信息解译等方面的潜力，未来通过将遥感监测与大数据分析技术相结合，可实现城市生物多样性智慧化监测。

关键词：城市绿地；生物多样性；遥感；无人机；监测网络

生物多样性智慧监测体系构建及实践

迟涛

安徽南创生态科技有限公司 合肥 230011

ctgiser@163.com

本研究以生物多样性智慧监测为手段，以浙江省丽水市为试点区域，探索建立了全国首个覆盖全市域的生物多样性智慧监测体系，实现了监测数据自动采集、物种智能识别、生物多样性预测预警分析模型、报告一键生成等功能，显著提升了生物多样性保护基础保障能力，进一步完善了生态环境监测体系。建立了物种识别和数字监管系统、实现了对华东地区 350 种脊椎动物 AI 识别，准确率达 85% 以上，提高了监测效能；构建了全市域生物多样性智慧监测网络，通过实时传输红外相机、两爬雷达相机、鸟类声纹监测仪、昆虫监测仪（蝴蝶）等自动化监测设备以及水体环境 DNA 采集，收集 600 余个监测点位数据，实现了高等植物、陆生脊椎动物、陆生昆虫、水生生物的智慧化监测。

关键词：智慧监测体系；AI 识别；数字监管；自动化监测

专题 6. 生物多样性对全球变化的响应（召集人：屈延华、 张健）

气候变化下的西南山地鸟类多样性分布与适应

吴永杰

四川大学 生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室 成都 610065

wuyongjie@scu.edu.cn

西南山地作为全球著名的生物多样性热点地区，是中国鸟类物种多样性最高的区域，拥有大熊猫、绿尾虹雉、四川山鹧鸪等丰富的特有珍稀物种。西南山地位于东洋界和古北界的交汇地带，又位于四川盆地向青藏高原的地理过渡地带。特殊的地理位置、地质历史和动植物区系使该地区成为物种多样性研究的热点地区。长期以来南北走向的横断山脉被认为是物种南北迁徙的走廊，但该地区生物通道的具体位置具体在哪里？四川盆地和横断山对本地区生物地理格局愈合影响？诸多问题有待解决。

通过整理 900 多种鸟类的分布名录和数据，我们的研究表明位于青藏高原和四川盆地之间的川西高山峡谷区是一条维系东洋界和古北界物种迁徙扩散的重要生物多样性通道，气候变化、四川盆地及周边山地的地貌共同塑造了本地区的物种多样性分布格局。鸟类因具备飞行能力，其分布和行为特征对环境变化的响应迅速而敏感，是重要的环境变化指示物种。横断山区位于盆地和高原之间，具有显著的海拔落差，是研究鸟类高海拔适应的理想地区。我们依托横断山区的最高峰贡嘎山（海拔 7,508.9 米），基于鸟类雄性早现的行为特征，开展了一系列鸟类形态、行为、生理、遗传、迁徙规律、鸣声等适应表型和机制的研究，对高海拔鸟类的适应机制有了更全面和深入的认识。

片段化生境中鸟类食果网络的空间结构

朱晨¹, 李万德², 丁平^{1,*}, 斯幸峰^{2,*}

1. 浙江大学 生命科学学院 浙江杭州 310058;

2. 华东师范大学 生态与环境学院 上海 200241

dingping@zju.edu.cn; sixf@des.ecnu.edu.cn

生境片段化将引起动植物食果与种子传播互惠关系的变化，进而影响森林的种子传播功

能和更新过程。本研究以千岛湖片段化陆桥岛屿系统为研究平台,利用高置红外相机对鸟类-结果植物的食果互作开展大规模监测,从空间网络的角度在物种和(集合)群落两个水平探究生境片段化对鸟类食果互作的影响。以入侵植物垂序商陆的食果互作为例,研究发现在隔离度较高和本土植物丰富度较低的岛屿上入侵植物对食果网络的融入程度更高,且垂序商陆的食果者具有食果泛化等特征;体型较大和扩散能力较弱的鸟类主要被限制在于大岛和大陆上,体型越小和扩散能力越强的鸟类具有越高的集合网络拓扑中心性。本研究发现生境片段化显著地改变了动物介导的种子传播功能,因此在研究物种扩散和管理种群时需同时考虑食果互作和生境片段化的影响。此外在制定片段化森林的恢复以及物种的保护策略时,注重保护面积较大斑块的同时应充分重视小体型和扩散能力强的食果鸟类的功能重要性。

关键词: 食果鸟类; 种子传播; 生境片段化; 互作网络; 集合网络

青藏高原“鸟鼠同穴”揭示气候变化下的伞护种效应

陈逸林^{1, #}, 葛德燕^{1, #}, Per G. P. Ericson², 宋刚¹, 温知新¹, 罗旭³, 杨奇森^{1,*}, 雷富民^{1,4,*},
屈延华^{1,*}

1. 中国科学院动物研究所 北京 100101;
2. 瑞典自然历史博物馆 瑞典;
3. 西南林业大学 昆明 650224;
4. 中国科学院动物进化和遗传学卓越中心 昆明 100039

quyh@ioz.ac.cn

伞护种是保护生物学里的重要概念之一,其指代了某类生态系统里的代表物种,通过保护这类物种,能使生态系统里的其它类群共同受益,达到“伞护效应”。但少有研究评估未来气候变化下伞护种能否持续为共生类群提供“伞护效应”。本研究以青藏高原高寒草甸生态系统最为重要的物种之一,高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*),和两种共生鸟类,白腰雪雀(*Onychopruthus taczanowskii*)和棕颈雪雀(*Pyrgilauda ruficollis*)为对象,探讨气候变化下的伞护种效应。通过结合生态基因组学框架、生态位模型、景观连通性分析等不同手段,我们从物种的局部适应、迁徙等多方面探讨了不同物种对气候变化的响应的异同。结果显示三个物种有着相似的响应模式,暗示伞护种高原鼠兔在未来气候变化下能有效为其共生类群提供持续的“伞护效应”,强调了针对伞护种开展保护的重要性。本研究为生物多样性保护的有效开展提供了一定的理论基础。

关键词: 气候变化; 青藏高原; 伞护种

蚜虫类害虫生殖模式的全球格局及其对气候变化的响应

彭欣, 吴杨雪, 黄晓磊*

福建农林大学 闽台作物有害生物生态防控国家重点实验室 福州 350002

huangxl@fafu.edu.cn

蚜虫是重要的农林业害虫类群,它们主要有两种生殖模式,即有性生殖和孤雌生殖交替的周期性孤雌生殖,以及专性孤雌生殖。蚜虫生殖模式被认为受到温度的调控,但其全球格局与温度的关联尚没有系统研究。本研究基于全球范围蚜虫生殖模式记录,发现两种生殖模式有明显的生态位差异,周期性孤雌生殖的发生随纬度升高和温度降低而增加,专性孤雌生殖则相反。专性孤雌生殖分布区五个温度气候因子的最大阈值均大于周期性孤雌生殖,表明温度是调控蚜虫生殖模式的关键因子,其中年均温和最冷月最低温分别对周期性孤雌生殖和专性孤雌生殖影响最大。在未来全球变化情景下,蚜虫适生区范围将不断扩大,并向高纬度地区扩散。在 SSP1.26 和 SSP5.85 途径下,蚜虫适生区范围到 21 世纪末将分别扩大 14.27% 和 32.54%,其中专性孤雌生殖适生区将分别扩大 11.64% 和 29.34%。考虑到专性孤雌生殖物种可全年对农林业造成危害,其分布范围的扩大将给农业害虫防控带来重要挑战。

关键词: 生物多样性格局; 生殖模式; 随机森林; 全球变化; 适生区

全球变化对生物多样性的影响

冯刚

内蒙古大学 生态与环境学院 呼和浩特 010021

qaufenggang@163.com

全球变化(例如气候变化、人类活动等)对生物多样性及其地理分布的影响是生态学和生物地理学中的一个重要话题。然而,很少有研究同时评估这些影响因素的相对重要性。在本次报告中,我们将末次最大冰期-当代气候变化、不同时期人类活动等因素与不同地区和维度的脊椎动物多样性格局联系起来。我们的结果表明,中国西南地区鸟类群落的系统发育结构更聚集,具有更高的演化速率,由更年轻的分支构成。这些格局与中国西南地区稳定的古气候、较高的植物多样性和较高的海拔范围有关。另外,人类活动影响了中国受威胁哺乳

动物和受威胁鸟类的分布，也导致了内蒙古草原鸟类群落的生物同质化。全球尺度上，原始林的鸟类物种丰富度更高，受威胁物种、大型物种和特有物种更多，原始林鸟类群落三个维度的 β 多样性显著高于人工林，并且周转组分始终占总体 β 多样性的主要部分。不同时期的气候变化、人类活动和物种性状共同影响全球和区域尺度的脊椎动物种群动态。我们的研究强调了在研究脊椎动物多样性格局中考虑多尺度全球变化因素的重要性。

关键词：气候变化；人类活动；脊椎动物；生物多样性

基于最大熵值（MaxEnt）算法模型评价气候变化对非典型洞穴鱼类多鳞白甲鱼空间分布的影响

董响红¹，居涛²，石磊³，罗超⁴，甘雷¹，王桢璐¹，王惟惟¹，何浩宇¹，张书海¹，周岳兵¹，安苗¹，姜海波¹，邵俭¹，项涛^{5,*}

1. 贵州大学 动物科学学院高原山地动物遗传育种与繁殖教育部重点实验室 贵阳 550025;

2. 广西海洋科学院 南宁 530007;

3. 云南大学 生态与环境学院高原湖泊生态与治理研究院 昆明 650504;

4. 贵州大学 林学院 贵阳 550025;

5. 法国图卢兹第三大学 图卢兹 31062

tx.xiang@outlook.com

全面理解濒危物种的空间分布将如何应对全球气候改变对于制定适宜性的管理、保护以及修复措施至关重要。然而，遗憾的是先前工作主要集中在地表物种上，却在一定程度上忽视了对气候变化更加敏感的地下类群，这明显阻碍了普适性规律的发现。有鉴于此，本研究以特有的喜河流性的非典型洞穴鱼类——多鳞白甲鱼（*Onychostoma macrolepis*）为例，构建了一个最大熵值（MaxEnt）算法模型用以预测这样该物种的空间分布将如何应对未来气候改变（三个全球气候模式 \times 两种共享社会经济路径 \times 三个未来时间节点）。结果发现：（1）相比于降雨，与温度有关的环境变量在决定多鳞白甲鱼的空间分布方面更为重要；（2）多鳞白甲鱼的适生区和分布质心将缩减并向东北或西北方向偏移。将本文的结果同这一物种的有限扩散潜力与独特生境需求结合起来，我们因此建议采取“原位保护”这一策略用以保护这一孑遗物种。

关键词：全球气候改变；物种分布模型；最大熵值算法；空间分布；洞穴鱼类

基于种群基因组数据揭示藏东南-云南西部雀形目鸟类的进化潜力恢复过程

董锋*, 司旭蕊, 何芸睿, 崔宁, 李学荣
中国科学院昆明动物研究所 昆明 650201
dongfeng@mail.kiz.ac.cn

解析遗传多样性的决定因素一直是种群遗传学和进化生物学的核心议题之一。本研究中, 我们构建了藏东南-云南西部 120 个雀形目鸟类的种群基因组数据, 以期解析其种间遗传多样性变异和潜在驱动因素。结果表明, 这些物种间的遗传多样性差异达 32 倍; 历史种群动态 (尤其是晚更新世期间) 是唯一显著性关联因子, 而种群数量、自然选择、生活史和生态特征等现代因素均无显著相关性。这些结果表明当前物种的遗传多样性正从历史干扰中逐步恢复, 迫切需要有效保护政策以维持物种进化潜力。

关键词: 鸟类; 藏东南; 云南西部; 基因组多样性; 进化潜力

城市化对植食强度的影响初探

张霜
中国科学院生态环境研究中心 北京 100085
shuangzhang@rcees.ac.cn

夜间人工照明 (ALAN) 对自然生态系统施加的压力日益增大, 但其对生物相互作用的影响尚不清楚。本研究旨在评估 ALAN 如何影响两种常见行道树国槐 (*Styphnolobium japonicum*) 和白蜡 (*Fraxinus pennsylvanica*) 的叶功能性状和食草作用, 通过在中国北京城市的实地调查和配对实验进行。我们发现 ALAN 导致叶片韧性增加, 叶片植食强度降低。此外, ALAN 对叶片营养、大小以及防御物质显示出物种特异性效应。研究结果表明, ALAN 可以显著改变一些关键功能性状和生态过程 (如营养循环、能量流动)。总体而言, 我们认为高强度的 ALAN 将对城市植物向更高营养级的能量流动产生不利影响, 对城市生态系统中生物多样性的维持 (例如, 节肢动物多样性、鸟类多样性) 构成潜在威胁。

生物多样性动态变化中的马太效应：狭域种分布收缩而广布种分布扩张

徐武兵^{1,*}, Jonathan Chase²

1. 中国科学院植物研究所 北京 100093;

2. German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Leipzig, 04103, Germany.

xuwubing4413@163.com

人类活动正重塑物种空间分布，改变群落物种组成，然而并不清楚哪些物种特征会影响物种成为群落组成变化中的“赢家”或“输家”。我们整合了全球陆地、淡水和海洋生态系统中不同生物类群的 238 个集合群落的时间动态数据，度量了物种在每个集合群落中出现频率（占有率）随时间的变化量，分析了占有率变化与物种分布区大小的关系。研究发现，整体上广布物种的占有率随时间增加，而狭域物种的占有率随时间下降；上述变化趋势在海洋生态系统中最明显，陆地生态系统中次之，淡水生态系统中趋势不明显；此外，在陆地生态系统中位于自然保护地内的集合群落，上述变化趋势较弱。这些结果说明，群落物种组成正发生系统性有方向的变化，其中狭域物种的分布在下降，但建立自然保护地进行栖息地保护可以缓解这种变化。

关键词：生物多样性变化；分布区大小；自然保护地

叶形态时空格局的环境驱动因素及其对生态系统的影响

李耀琪¹, 邹东廷², 王志恒^{2,*}

1. 西交利物浦大学 健康与环境科学系 江苏 215123;

2. 北京大学 生态研究中心 地表过程分析与模拟教育部重点实验室 北京 100871

zhiheng.wang@pku.edu.cn

叶片形态多样，植物学家致力于探索不同叶片的生态学意义及其对环境的响应。受限于数据，中国虽然具有极高的植物多样性，对叶片性状的大尺度研究却仍匮乏。通过整合共享数据库、植物标本、已发表的植物志及相关文献，我们收集、整理了中国近百年来七种植物六千余份标本和一万余种木本植物的叶形态数据。通过估算叶性状的时空分布，评估了叶性状应对气候变化和预测生态系统生产力的潜力。结果发现种内平均叶大小随时间呈上升趋

势，其时间变化与降水量呈显著正相关，而叶形状则主要与温度有关。研究揭示了植物叶形态随气候变化的时空变化，提出标本在研究植物应对气候变化上的重要性。大尺度研究指出，植物平均叶大小由东南向西北逐渐减小，叶大小的空间变异与气候密切相关。叶大小能很好地预测生态系统初级生产力且不受植物生活型或进化历史的影响。保存完好的叶化石可作为重建古初级生产力的替代指标，将群落水平的叶性状尺度推移到生态系统功能。

山地生物多样性的长期联网研究

张健

中山大学 中山 510275

zhangjian6@mail.sysu.edu.cn

生物多样性的海拔梯度格局是生态学与生物地理学研究的基本问题，相关研究工作可以至少追溯到亚历山大·冯·洪堡。山地系统是生物多样性的天然实验室，为理解全球变化下的物种响应与适应提供了理想平台。本报告将以我国山地系统为主要对象，聚焦在物种丰富和地形复杂的亚热带地区，介绍我们在山地系统建立的生物多样性长期联网研究平台 BEST (Biodiversity along Elevational gradients: Shifts and Transitions)。

河南段黄河“滩河林田草综合生态空间”温室气体排放的温度敏感性及微生物驱动机制

刘凤琴

河南农业大学 郑州 450002

zkfengqin@outlook.com

黄河中下游滩区受农业生产及人为活动的影响，其温室气体排放成为研究热点。本研究在黄河河南段选取了 15 个滩区，考察了各滩区的嫩滩、二级滩、林地、池塘和农田土壤等五类典型生境土壤潜在温室气体排放速率及温度敏感性 Q_{10} ，结果表明人为活动如湿地开垦、氮肥施用等造成了黄河滩区湿地土壤受到氮素污染的影响严重。在 10°C 和 30°C 有氧条件下，池塘土壤呼吸速率最高，均值分别为 $22.12 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $32.80 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。随着温度升高，各生境土壤样品温室气体排放速率逐渐升高，然而，在缺氧环境下，林地土壤在 10°C 时发生 N_2O 爆发 ($49.99 \text{ } \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)。变形菌门 (Proteobacteria) 是河南段黄河滩区土壤内优势群落，相对丰度为 30.67% ~ 49.79%。整体上河南段黄河滩区土壤细菌群落构建由确定性过

程主导,但林地土壤的 $|\beta\text{-NTI}| < 2$,受到同质化扩散的影响相比其他各组更高。本研究成果可为构建河南段黄河滩区“滩河林田草综合生态空间”,筑牢黄河滩区生态屏障提供科学依据。

关键词: 黄河滩区土壤; 温室气体; 土壤微生物; 温度敏感性 Q10

城市森林对臭氧污染和大气增温响应的树种差异

徐胜^{1,2,5}, 王义婧^{1,2,3}, 张艺欣^{1,6}, 王瑞婷^{1,2}, 何兴元^{1,2,4,5,*}

1. 中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016;

2. 中国科学院大学 北京 101417;

3. 沈阳工学院 抚顺 113122;

4. 中国科学院沈阳树木园 沈阳 110016;

5. 辽宁沈阳城市生态系统国家定位观测研究站 沈阳 110164;

6. 沈阳农业大学 沈阳 110866

hexy1962@126.com

近年来,全球变暖等全球变化现象对陆地生态系统碳循环产生了重大影响。随着城市化加剧,城市近地表气温和臭氧浓度升高日趋明显,二者及其复合效应会对城市森林生态系统的碳循环过程产生潜在的深远影响,然而关于增温和臭氧的复合作用对城市树木生长和光合作用的影响机制仍有许多不确定性。多年来,我们以沈阳城市森林典型树种银杏、银中杨、蒙古栎和油松等多个树种为试验材料,通过开顶箱模拟控制试验,开展了大气增温、臭氧浓度升高以及二者复合对不同树种生长、光合作用等多个生理生态过程的影响研究。结果表明:增温促进了不同树木生长和生物量积累;臭氧显著抑制了树木株高和生物量。臭氧胁迫下,不同树种表现出明显的可见伤害症状及生理代谢差异,相比针叶树种,阔叶树种对臭氧更敏感。一定增温处理可有效减缓臭氧对树木生长及生理代谢的不利影响。研究结果可为应对气候变化背景下的城市森林树种选择及其多样性保护提供科学依据。

关键词: 臭氧胁迫; 气候变暖; 城市森林; 树种响应; 碳分配

专题 7. 生物多样性保护优先区与昆蒙框架（召集人：徐靖、申小莉）

Post-2020 biodiversity framework challenged by cropland expansion in protected areas

Ziqi Meng^{1, 2}, Jinwei Dong^{1,*}, Erle C. Ellis³, Graciela Metternicht⁴, Yuanwei Qin⁵, Xiao-Peng Song⁶, Sara Löfqvist⁷, Rachael D Garrett^{7, 8}, Xiaopeng Jia⁹, Xiangming Xiao⁵

1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County, MD 21250, USA;
4. School of Science, Western Sydney University, Penrith, NSW 2751, Australia;
5. Department of Microbiology and Plant Biology, University of Oklahoma, Norman, OK, 73019, USA;
6. Department of Geographical Sciences, University of Maryland, College Park, MD 20740, USA;
7. Environmental Policy Lab, Departments of Environmental System Science and Humanities, Political and Social Science, ETH Zurich, Switzerland;
8. Department of Geography and Conservation Research Institute, University of Cambridge, United Kingdom;
9. Key Laboratory of Desert and Desertification, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China.

dongjw@igsnrr.ac.cn

Protected areas (PAs) are essential for biodiversity conservation but are threatened by cropland expansion. Recent studies have only reported global cropland expansion in large PAs between 1990–2005. However, the amount of cropland expansion in global PAs (including relatively small PAs) since the 2000s is unclear. Using 30-m cropland maps, we find that the cropland expansion in PAs accelerated dramatically from 2000 to 2019, compared to that of global croplands. The areal expansion was mainly in large PAs, less-strict PAs, and Afrotropical PAs, which also matches the higher species extinction risks. Such PAs appear to be less effective due to greater threats, such as higher background cropland expansion rate. Notably, some PAs with the highest conservation levels failed to prevent cropland expansion. This new picture of cropland

dynamics in PAs illustrates that cropland expansion is an ongoing intractable global conservation challenge that will impinge on the aspirations of the post-2020 global biodiversity framework.

全球保护区内不同尺度农业的格局、驱动因素及生物多样性影响

李娟

西交利物浦大学 苏州 215123

juan.li@xjtlu.edu.cn

保护区和关键生物多样性区域在当前和未来的全球生物多样性保护中至关重要,但农业扩张正对这些区域的完整性构成日益严峻的威胁。基于高分辨率数据集,本研究首次对全球范围内保护区和关键生物多样性区域内工业化农业与小农农业的分布进行了系统评估。结果表明,全球 10% 的陆地保护区和 15.7% 的关键生物多样性区域受到农业活动的影响,且工业化农业和小农农业的影响总面积大致相当,但在不同地理区域和生态系统中的表现存在显著差异。小农农业主要由贫困和人口密度驱动,而工业化农业则依赖于有利的生物物理条件。欧洲的保护区面临最大的农业压力,58.9% 的保护区受到影响。我们还发现,农业活动使保护区内鸟类和哺乳动物的物种丰富度相比未受干扰的栖息地下降了 19.2% 至 39.4%。值得注意的是,小农农业对物种丰富度的支持显著高于工业化农业,尤其是在受威胁的鸟类群体中。我们的研究为在日益受人类活动影响的世界中,制定平衡生物多样性保护与粮食安全需求的有效策略提供了重要依据。

专题 8. 国家公园与就地保护（召集人：张玉钧、李健）

国家公园对就地保护的作用和意义

张玉钧

北京林业大学 国家公园研究中心 北京 100083

yjzhang622@foxmail.com

就地保护是生物多样性保护中的一种有效手段。为了保护生物多样性，把包括保护对象在内的一定面积的陆地或水域划分出来进行就地保护和管理。就地保护的对象主要包括有代表性的自然生态系统和珍稀濒危动植物的天然集中分布区等。就地保护的主要途径是建立以国家公园为主体的自然保护地体系。国家公园建设对就地保护具有重要的作用和意义。

关键词：就地保护；自然生态系统；自然保护地；国家公园

高黎贡山生物文化多样性

龙春林

中央民族大学 北京 100081

long@mail.kib.ac.cn

生物文化多样性（Biocultural diversity）是生物多样性与文化多样性之间的相互关系和互动，是生物多样性、文化多样性、语言多样性及其之间复杂联系的总和，是保持自然界和人类社会健康发展的基础，它强调地方知识和传统智慧在环境保护和可持续发展方面的重要性，备受联合国环境规划署（UNEP）等诸多国际组织和政府部门的关注。高黎贡山是中国生物多样性最丰富的地区，其文化多样性也异常丰富，是全球生物文化多样性最为突出的区域之一。然而，高黎贡山的生物文化多样性却缺乏研究，严重制约当地生物文化多样性的保护和利用。本研究利用民族生物学和民族生态学等手段，以独龙族传统养蜂和怒江傈僳族自治州名木古树为对象，从一个侧面揭示当地生物文化多样性。研究表明，高黎贡山的生物多样性和文化多样性相互依存、协同演化；各民族拥有极为丰富的生物多样性相关传统知识和生态智慧，有利于当地生物文化多样性的保护和发展。研究也发现，当地的生物多样性相关传统知识正在快速消失，亟待进行抢救性收集、研究、保护，并应用于当地的可持续发展。

生物多样性指数，浙江有多友好

李健

浙江农林大学

lijian@zafu.edu.cn

如何统筹考虑生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性，围绕《生物多样性公约》和《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》确立的目标，兼顾生物多样性保护的主体，涵盖生物多样性保护的工作层级？浙江发布生物多样性友好指数，指数主要包括5个目标层，分别为管理、保护、安全、利用和公众友好。目标层下设准则层和指标层，目前共有26个指标。这26个指标包括生物多样性保护工作机制、人才保障、自然保护地建设、生物多样性体验地建设、执法监管等。友好指数秉持人与自然和谐共生理念，科学客观的评判地区在生物多样性保护制度建设、保护成效、生物安全、可持续利用和公众参与等方面工作开展情况和取得成效，能科学反映地区生物多样性友好程度，并充分调动各地生物多样性保护工作积极性。同时，浙江要继续做生物多样性保护的先行者需要抓住的关键点，立足实际，不断完善生物多样性“多维保护”工作体系，提升治理能力，走好保护与富元协同发展之路。

多尺度建模确定国家公园内东北虎保护重点

王大伟¹, 苏元博¹, James L.D. Smith², 葛剑平¹, 王天明^{1,*}

1. 北京师范大学 生命科学学院 北京 100875;
2. 明尼苏达大学 渔业、野生动物与保护生物学系 圣保罗 MN55108 美国

wangtianming@bnu.edu.cn

新成立的东北虎豹国家公园（NTLNP）作为濒危野生动物的旗舰保护区，对拯救濒危大型猫科动物至关重要，但其是否适合支持广域活动的顶级捕食者及其猎物的生存，尚未得到充分评估。我们通过结合贝叶斯加性回归树（BART）的多尺度物种分布模型和电路理论模型，评估了东北虎及其主要猎物梅花鹿在 NTLNP 内的栖息地及连通性。结果表明，东北虎和梅花鹿的栖息地高度重叠（超过 50%），主要集中在中俄边境，共享低海拔、靠近道路以及更复杂地形的栖息地特征。多尺度 BART 模型预测了 4 个虎核心栖息地和 28 个梅花鹿核心栖息地，总面积分别为 3,555.61 km² 和 3,468.41 km²，占 NTLNP 面积的 23.8% 和 23.2%。栖息地间共有 4 条虎廊道和 48 条梅花鹿廊道。相机陷阱数据表明，东北虎及其猎物在这些区域内依然面临较大挑战，包括人类活动、放牧和家犬（及其带来的恐惧和疾病威胁）。我

们建议优化 NTLNP 的分区设计，以提供更好的保护。我们的研究结果可为优先保护东北虎栖息地提供指导，并为国内外其他国家公园的设计和管理提供参考。

关键词：东北虎；多尺度建模；栖息地适宜性；分区规划；人为干扰

国家公园社区发展与生态保育的协同

张婧雅*，叶雅慧，何可心

华中农业大学 园艺林学学院 武汉 430070;

zhangjy@mail.hzau.edu.cn

全世界约 50%的保护地建立在原住居民的土地之上，社会经济活动是自然保护地治理必须面对的问题。神农架国家公园涉及多个乡镇居民点及农耕和旅游活动，人地空间分散、关系复杂。探究神农架国家公园人类活动强度和生态脆弱性的空间权衡关系，识别潜在人地冲突空间。在此基础上，选取其中的典型区域木鱼镇社区，通过实地问卷访谈和参与试制图，阐明其潜在冲突的主要类型、强度等特征。利用地理探测器和结构方程模型，揭示其冲突的主要原因，并提出社区发展的优化调控建议，以期对中国国家公园生态保护修复与社区协同发展的建设提供参考。

关键词：国家公园；人地耦合系统；社区发展；社区生计；居民感知

专题 9. 国家植物园与迁地保护（召集人：星耀武、文香英）

动植物互作在濒危植物迁地保护和野生种群间的变化：以黄梅秤锤树为例

魏新增*，江明喜

中国科学院武汉植物园 武汉 430074

xzwei@wbgcas.cn

生物互作对植物迁地保护的成功至关重要。为探索动植物互作在迁地和野生种群间的变化，本研究比较了濒危植物黄梅秤锤树的虫食和传粉特征在野生种群和三个迁地保护种群（近地种群、北方种群和南方种群）间的差异。野生、近地和北方种群的主要植食动物为刺蛾科幼虫，而南方种群中观测到的唯一植食动物为蜗牛。与野生种群相比，近地种群的叶片虫食率无显著变化，而北方和南方种群的叶片虫食率均显著降低。只有中华蜜蜂同时出现在4个种群中。北方和南方种群缺失了部分在野生和近地种群中均出现的传粉者，而在北方和南方种群中记录到一种在野生和近地种群中均未出现的传粉昆虫。与野生种群相比，昆虫访花频率在南方种群显著升高，但是在近地和北方种群中无显著变化。总之，与野生种群相比，虫食和传粉特征在北方和南方迁地种群中均有所变化。本研究为拮抗和互利生物互作均在迁地和野生种群间发生变化提供证据，未来植物迁地保护有必要整合虫食和传粉管理。

关键词：保护生物学；濒危植物；动植物互作；迁地保护

西双版纳国家植物园创建与迁地保护

肖云学

中国科学院西双版纳热带植物园 园林园艺中心 666303

xiaoyunxue@xtbg.org.cn

国家植物园体系建设是推进生态文明建设体制改革的重大实践，也是我国实施生物多样性保护战略的重要抓手。迁地保护是国家植物园体系建设的重要内容，代表国家迁地保护的最高水平，引领区域性的生物多样性保护。报告简要介绍西双版纳国家植物园创建中关于迁地保护的建设目标、思路及重点建设项目。以龙脑香科植物迁地保护为例，从野外资源调查、

关键技术繁育、遗传多样性评估、生态适应性研究、濒危机制、野外回归等方面系统介绍了龙脑香科植物迁地保护工作，以期在国家植物园体系建设中实现高质量的迁地保护，为其它类群的迁地保护提供参考。

关键词：国家植物园；生态文明；迁地保护；龙脑香科

极小种群野生植物保护生物学研究

杨静

中国科学院昆明植物研究所 昆明 650203

yangjing@mail.kib.ac.cn

2012年和2022年，国家及云南省已经发布了第一批和第二批极小种群野生植物名录。针对名录中的植物，开展的人工繁殖、就地保护、迁地保护和回归自然等工作有序积极开展。针对一些特定物种的保护生物学研究也同步展开。报告将介绍中国科学院昆明植物研究所极小种群野生植物保护团队在漾濞槭、华盖木、滇桐、梧桐属等物种中开展的保护生物学基础研究，探讨物种的研究结果与保护相结合的指导作用。

关键词：极小种群野生植物；保护遗传学；繁殖生物学。

“黏码”在植物信息管理系统中的应用——以 XIMS 系统为例

朱仁斌

中国科学院西双版纳热带植物园 西双版纳 666300

zhurenbin@xtbg.ac.cn

西园信息管理系统（XIMS）是中国科学院西双版纳热带植物园自主开发的一款植物园专用信息管理软件，可实现植物园的专类园、标本馆、种子库三大基本单元数字化管理。研发团队首次提出并在 XIMS 系统中使用“黏码”概念，让整个系统数据与数据之间强强关联，物种信息无论在那个环节修订，均可以实现全局变动，实现全园数据高效统一、实时变动。XIMS 系统有手机 APP 和网页端 2 个版本，方便在不同场景下使用，主要包括信息采集、信息登记、活植物管理、日常记录四大功能模块。每条数据之间通过主键互相关联，并利用

“黏码”将所有数据串联在一起。

管理人员完成野外采样后，采集信息（连同实体）可推送至引种登记、标本登记或种子库登记等一个或多个环节。其中引种号登记完成后，数据则继续推送至活植物管理，包括苗圃、定植、回归、原生种和已注销 5 个子模块。日常管理包括定位、物候、测量、灾损、检疫、清查、鉴定、注销、标本录入和培育 10 个子模块，数据录入标准且操作简便。除标本录入关联标本登记外，其余日常管理数据均关联活植物管理或定位数据。注销操作与活植物数据关联，实现活植物数据实时更新。XIMS 系统还能实现跨植物园合作，任何植物园都可以使用该系统进行园区管理，实现植物引种-登记-培育-注销全生命周期标准化、数字化管理，实现植物园间数据互动。

基因组时代的植物迁地保护工作和思考

严岳鸿

深圳市兰科植物保护研究中心，深圳 5181141

yhyan@sibs.ac.cn

人类世以来，随着人类社会和经济的快速发展，人类活动和气候变化等原因促使全球生物多样性的急剧丧失。植物是全球生物多样性的核心组成部分，据估计全球约有 2/5 的植物具有灭绝风险；因此，通过迁地保护来拯救濒危植物已经成为植物园的核心工作之一。基于物种的植物多样性迁地保护已取得重要进展，但基于遗传多样性的植物多样性迁地保护仍是一个挑战。基因组技术的快速发展，为准确识别濒危植物的分类地位、探索濒危植物的种群演化动态及其濒危的历史成因、解析全基因组水平的遗传多样性及其对未来气候的适应能力提供了可能；这为我们确定优先或重点保护的濒危植物种群，并建立适应环境变化的植物群落提供了技术和方法的支撑。本文通过总结基因组学时代的濒危植物研究，概括了迁地保护中所面临的挑战，进而有针对性地指出迁地保护研究的重点发展方向，以期推动中国濒危植物迁地保护的发展。将基因组学用于全球变化背景下迁地保护策略的制定，为中国濒危植物的迁地保育工作注入新的活力；加快推动国家植物园体系的建设并深入推进生态文明建设的高质量发展。

专题 10. 濒危物种评估与保护（召集人：金效华、胡义波）

红豆杉属物种多样性与保护研究

高连明*, 秦汉韬, 付超男, 刘杰

中国科学院昆明植物研究所 昆明 650201

gaolm@mail.kib.ac.cn

红豆杉属具有重要的经济价值和生态价值，国产全部物种列为国家一级重点保护野生植物，多个物种为濒危物种。然而，由于该属植物的分类困难，物种界限不清，影响了物种的有效保护和资源合理利用。我们基于 DNA 条形码和地理分布数据，澄清了红豆杉属植物的物种划分和地理分布现状，确定了该属全球有 16 个物种，并对其保护现状进行了评估。基于物种分布数据对国产红豆杉属物种的生态位分化与物种分布格局动态进行了研究，发现物种间普遍存在生态位分异，在全球变化情景下，多个物种面临适生区损失、面积减少，以及海拔加速上升的威胁。基于多学科证据对国产特有物种高山红豆杉的保护成效进行了评估，探讨了影响其种群动态变化的主要因素，并提出了相应的保护对策与管理建议。

三江源国家公园人与雪豹的竞争与共存

连新明^{1,2,*}, 王东^{1,2}

1. 中国科学院西北高原生物研究所, 高原生物适应与进化重点实验室 西宁 810008;

2. 中国科学院大学 北京 100049;

lianxinming@nwipb.cas.cn

野生动物肇事导致人兽冲突不断恶化，由此产生的报复性猎杀严重威胁野生动物的生存。由于缺乏对肇事动物的了解以及人兽冲突相关研究，导致难以制定切实可行的保护和管理措施来缓解人兽冲突以实现人与野生动物的和谐共存。近年来，我们通过问卷调查了解了三江源国家公园人与雪豹之间的冲突现状，同时结合红外相机监测数据，掌握了雪豹、岩羊和家畜三个(类)物种的时空利用格局差异，进而探讨了国家公园内人与雪豹的竞争与共存。研究结果表明，三江源国家公园内牧民对雪豹肇事的态度已经从中立转为消极；雪豹属于典型的夜行性动物，而岩羊和家畜以昼间活动为主且两者的时空重叠度均较高，从而增加了雪豹捕食家畜的机会，是当地人兽冲突发生的主要原因。基于研究结果，未来可以采取规范放

牧区域，减少家畜与野生动物生境利用的高重叠几率；还可以建立生态廊道来避免雪豹与家畜的相遇，同时确保雪豹可在不同生境间的扩散和迁移；此外，加强宣传教育，提高人类的防范意识和应对技能，尤其是家畜圈舍的加固防范；最后，加大对雪豹行为的研究，掌握肇事机制是预防人兽冲突的关键。

关键词：保护生物学；雪豹；人兽冲突；竞争；共存

基于非损伤技术的我国重引入动物生存评价与保护

闫利平¹，唐丽萍²，胡德夫¹，李凯¹，张东^{1,*}

1. 北京林业大学 北京 10083;
2. 中国科学院动物研究所 北京 100101;

ernest8445@163.com

重引入是濒危物种保护的重要途径。普氏野马（*Equus przewalskii*）是我国物种重新引入的成功范例，也是现存唯一的野生马种。20世纪80年代，我国启动普氏野马重引入项目，并于2001年首次实现其野外放归，我国在重引入和保护普氏野马方面取得了显著进展，研究涵盖了保护遗传、行为生态、栖息地以及寄生虫疾病生态等多个方面。基于非损伤技术，通过微卫星和谱系数据发现中国区普氏野马存在遗传多样性低和近交现象；通过长期野外跟踪监测，发现普氏野马群体的等级序列与年龄相关，其家域面积随季节变化显著；针对普氏野马栖息地开展了综合评估，发现普氏野马通过时间生态位分化与同域分布的蒙古野驴共存。基于形态鉴定及宏基因组测序，明确了圈养和野放普氏野马感染的寄生虫种类及感染数量，探明了优势病原体的侵袭途径，发现了马科动物-胃蝇协同演化机理。

关键词：普氏野马；重引入；栖息地；疾病生态；协同演化

华北特有物种分类地位评估及对保护管理的启示

王楠，谷函泽，沐先运*

北京林业大学 生态与自然保护学院 北京 100083

xymu85@bjfu.edu.cn

物种是生物多样性的基本组成之一，是生物演化的基本单位，独立的分类地位是物种保

护的前提和基础。中国是国际生物多样性热点区域，生物资源丰富。虽然我国野生动植物保护与管理已取得了显著成效，但仍面临挑战。国家级重点保护野生动植物名录是我国开展生物多样性保护的重要落脚点之一，囿于有限的保护资源，物种保护等级评估慎之又慎。由于新技术、新成果不断涌现，加之部分类群具有复杂的演化历史，导致对一些物种的划分和分类处理存在争议，给保护工作带来不利影响。百花山葡萄（*Vitis baihuashanensis*）为国家一级重点保护野生植物，北京水毛茛（*Batrachium pekinense*）位列国家二级，它们均为华北特有、狭域分布物种，但分类地位均有争议。鉴于此，我们基于整合物种概念，在长期野外调查的基础上，开展形态学、系统发育、群体遗传、传粉、种苗繁育、野外回归等综合研究，结果不支持上述物种独立的分类地位，支持前人的归并处理。因此，建议《国家重点保护野生植物名录》应阶段性、持续性更新，确保经费等保护资源得到高效配置；其次，在大数据、人工智能等蓬勃发展的当下，采用新技术、新方法深入开展相关物种的系统学研究，筑牢基石，助力生物多样性保护。

关键词：濒危物种；物种划分；整合物种概念；百花山葡萄；北京水毛茛

食物网-代理种的理论前沿和实验研究

周学红^{1,*}，王强²，李星醇¹

1. 东北林业大学 野生动物与自然保护地学院 哈尔滨 150040;
2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所 中科院湿地生态与环境重点实验室 长春

130102

xuehong_zhou2012@nefu.edu.cn

面对当前全球生物多样性丧失的严峻挑战，亟须制定高效的保护决策以减缓生物多样性丧失速度。然而，面对有限的保护资源，如何制定效益最大化的保护策略是当前保护工作面临的关键问题之一。代理种概念的出现可有效聚焦保护重点，已被视为新型保护“捷径”。尤其是作为主流代理种的伞护种、关键种，受到了保护生物学家的广泛关注。食物网是生态学研究的核心内容之一。本研究从食物网视角出发，基于有向加权食物网核心框架，结合网络中心性理论，应用 MixSIAR 模型，创新性地提出“食物网-伞护种”“食物网-关键种”重要概念，基于此创立“食物网-伞护种”“食物网-代理种”定量选择方法。并以全球濒危物种东方白鹳（*Ciconia boyciana*）为案例物种，于湖泊湿地、沼泽湿地及湖泊-沼泽湿地开展系列研究。研究结果表明，“食物网-代理种”概念的提出与方法的创立，从根本上打破了代理种传统选择方法的局限性，有助于提升野生动物群落乃至生态系统的整体保护效果，对于

濒危物种保护工作具有重要意义。

关键词：食物网；濒危物种；伞护种；关键种；稳定性

黑颈鹤从近期剧烈种群瓶颈中快速恢复的遗传机制

崔宁¹, 马珣涛², 伍和启¹, 陈晓澄³, 洪志铭⁴, 张立勋⁵, 雷富民⁶, 杨乐⁷, 岩道¹, 杨晓君¹, 董锋¹

1. 中国科学院昆明动物研究所 昆明 650201;

2. 四川农业大学 雅安 625014;

3. 中国科学院西北高原生物研究所 西宁 810008;

4. 中国台湾“中研院” 台北;

5. 兰州大学 兰州 730000;

6. 中国科学院动物研究所 北京 100101;

7. 西藏自治区高原生物研究所 西藏 850000

dongfeng@mail.kiz.ac.cn

许多动植物物种正在经历数量锐减，迫切需要深入了解伴随这些种群动态的遗传效应。

流行的小种群范式（small population paradigm）认为，种群数量锐减会导致有害突变的积累（即遗传负荷，genetic load）和灭绝风险的增加。然而，自然界中同时存在的种群瓶颈后快速恢复的案例表明种群数量锐减的遗传效应远比我们已知的复杂。黑颈鹤（*Grus nigricollis*）是从种群瓶颈中快速恢复经典物种之一，在20世纪80年代快速下降至100-300个体，根据小种群范式，该物种将会深陷灭绝旋涡；然而，黑颈鹤经历了瓶颈后的快速种群增加，到2020年已至15,000只。为了研究背后遗传过程，我们组装了该物种的第一个染色体水平基因组，并通过分析42个现代基因组和11个历史基因组来比较瓶颈前和瓶颈后的种群基因组特征。研究发现，现代基因组的基因组多样性比历史基因组少，遗传负荷更大，种群瓶颈过程中高危害有害突变的清除可能是该物种实现快速种群恢复的背后遗传机制。模拟分析同时发现，若种群瓶颈持续增加到5代，黑颈鹤种群可能因有害突变的快速累积而逐步走向灭绝。我们的研究表明，种群数量快速恢复既是该物种逃离灭绝漩涡的触发因素，也是其结果。与小种群范式形成鲜明对照，这些研究结果揭示了在特定时间内种群数量锐减也可能具有种群恢复转机，迫切需要在种群崩溃趋势变得不可逆转之前实施积极有效的保护策略。

关键词：种群瓶颈；遗传负荷；选择系数；黑颈鹤

百山祖冷杉复合群的现状和保护遗传学研究

向巧萍

中国科学院植物研究所 北京 100093

qpxiang@ibcas.ac.cn

冷杉属 (*Abies*) 植物在北半球高纬度和高海拔地区形成广袤的森林，具有重要的生态和经济价值。冷杉性喜冷湿，对气候变化敏感，分布于我国亚热带地区的百山祖冷杉复合群，包括百山祖冷杉 (*A. beshanzuensis*)、资源冷杉 (*A. ziyuanensis*) 和大院冷杉 (*A. dayuanensis*)，它们种群极小，分布局限，均被列为国家一级保护植物。该复合群在分类上长期存在争议，现行分类依据形态和地理分布将大院冷杉归并到资源冷杉，并将资源冷杉处理为百山祖冷杉的变种，但该物种划分假说有待群体历史证据的验证。近期我们对该复合群全部已知分布点进行了实地调查，现状如下：1. 百山祖冷杉现存仅 3 株原生大树，育有 40 余株的实生苗、大院冷杉原生个体约 390 株、资源冷杉原生植株约 117 株，主要分布于广西银竹老山自然保护区；2. 发现广西全州县一个资源冷杉新分布点，澄清湖南双牌县打鼓坪林场记载的冷杉为错误鉴定；3. 发现该复合群自然繁育能力低，目前通过人工繁育以获得大量的实生苗。在实地考察的基础上，该研究对百山祖冷杉、资源冷杉和大院冷杉分布区内 8 个分布点的 23 株个体进行靶向捕获测序，获得了 60 个单拷贝核基因中的 805 个单核苷酸多态性位点。种群遗传结构和历史动态分析表明，这些个体可分为两个谱系，分别对应于百山祖冷杉和资源冷杉，其中资源冷杉在 2.35 Ma 前与百山祖冷杉和大院冷杉的共同祖先分化，而大院冷杉与百山祖冷杉亲缘关系更近，形成一个谱系。百山祖冷杉、资源冷杉和大院冷杉的遗传多样性水平整体较低，种群间存在较为明显的遗传分化（遗传分化指数 0.083 – 0.208）。由于未检测到分化后的谱系间遗传交流，推测分布区的碎片化是谱系间遗传交流受阻进而产生分化的主要原因。生态位比较分析结果显示百山祖冷杉、资源冷杉和大院冷杉分布区的年平均气温和最冷季平均气温显著高于东亚分布的非濒危冷杉物种，全球气候变暖是导致其濒危的关键因素。综合以上研究结果，我们对百山祖冷杉、资源冷杉和大院冷杉这群植物进行新的分类处理，将大院冷杉处理为百山祖冷杉的异名，恢复资源冷杉种的地位。在对其濒危机制深入理解的基础上，该研究建议在西南的横断山和秦巴山地区尝试迁地栽培实验，同时就地人工辅助育种。

以勺嘴鹬为代表的海滨湿地保护

黄建^{1,*}, 孙莉莉¹, 尹玉柱¹, 陈庆¹, 贾亦飞²

1. 深圳市红树林湿地保护基金会 深圳 518000;
 2. 北京林业大学 北京 100091
- huangjian@mcf.org.cn

为了加强东亚-澳大利西亚迁飞通道滨海湿地及以勺嘴鹬为代表的关键水鸟的保护，红树林基金会与北京林业大学东亚澳大利西亚候鸟迁徙研究中心联合启动了“拯救勺嘴鹬”项目。通过组织建立中国勺嘴鹬保护网络，支持和组织在国内开展勺嘴鹬相关的研究和保护工作，先后在江苏条子泥、广东雷州湾等勺嘴鹬栖息的关键区域开展工作，包括但不限于水鸟监测、高潮位栖息地的管理、栖息地修复、CEPA 活动等。与此同时，积极开展国际合作交流，项目组成员先后成为 EAAFP 勺嘴鹬工作组核心成员，并支持勺嘴鹬在俄罗斯的繁殖生态研究及保护工作；在缅甸等越冬地支持越冬种群调查和社区居民的替代生计工作；通过国内外一系列的研究和保护工作，持续监测勺嘴鹬全球种群动态，并针对致危因素，如高潮地的缺失开展了针对性的保护修复措施，一定程度上消除了勺嘴鹬面临的生存威胁。同时，通过对勺嘴鹬的监测和保护工作，落实了昆蒙协定和湿地公约的相关任务。

Assessing the potential of species loss caused by deforestation in a mature subtropical broadleaf forest in central China

Junru Zhang, Xuechun Qu, Yiming Huang, Mengxi Tan, Kun Xu*

College of Life Sciences, Hubei Normal University, Huangshi, Hubei 435002, China

kunxu1@hbnu.edu.cn

Deforestation is a major type of land use change to accommodate increasing population, especially in developing countries. The risk of diversity loss due to habitat loss can be estimated using species-area relationship based on abundance of each species. However, deforestation often occurs before there is any understanding of the impact of deforestation on tree diversity. Here, we assessed the potential effect of forest habitat destruction on the loss of species richness in a mature subtropical broadleaf forest in central China. We surveyed and constructed the species-area relationship for 54,400 m² plots, and simulated habitat loss scenarios by randomly and aggregately sampling plots. Rank-abundance of the 21 tree species was best fitted by the Zipf-Mandelbrot model, and our sample size was sufficient by the criterion of Hill numbers at orders q = 0, 1, and 2.

We found that the number of species lost due to loss of habitat was well predicted by the random placement species loss-area curve, and was lower than that due to aggregated habitat destruction by less than one species. The probability of losing one species reached 40% when losing 16 plots by aggregated sampling, 10 plots fewer than that by random sampling. Moreover, the probability of losing two species was 10%-22% higher by aggregately sampling than that by randomly sampling when losing 17-34 plots (0.68-1.36 ha). Considering that aggregated deforestation is common in reality, the results imply that the number of tree species loss due to deforestation could be higher than the theoretical estimation. Our study suggests the importance of assessing the impact of deforestation on tree diversity before selective logging in subtropical forests.

Keywords: Species loss; deforestation; biodiversity assessment; species-area relationship; subtropical broadleaf forest

中国水韭科的物种多样性与保护

顾钰峰, 舒江平, 刘保东, 严岳鸿*

深圳市兰科植物保护研究中心 兰科植物保护与利用国家林业和草原局重点实验室 深圳

518114

水韭科植物的起源时间可以追溯到 3.5~4.0 亿年前的泥盆纪中期至晚期, 目前仅有水韭属一个属存在, 全世界约有 250 个物种。目前, 我国记载有水韭科植物有 13 种, 即高寒水韭 (*Isoëtes hypsophila*, 1923)、中华水韭 (*I. sinensis*, 1927)、台湾水韭 (*I. taiwanensis*, 1972)、云贵水韭 (*I. yunguiensis*, 2002)、东方水韭 (*I. orientalis*, 2005)、香格里拉水韭 (*I. shangrialaensis*, 2019)、保东水韭 (*I. baodongii*, 2021)、湘妃水韭 (*I. xiangfei*, 2022)、隆平水韭 (*I. longpingii*, 2022)、青锋水韭 (*I. fengii*, 2023)、长兴水韭 (*I. changxingensis*, 2024)、长乐水韭 (*I. changleensis*, 2024) 和余杭水韭 (*I. yuhangensis*, 2024)。从发表时间可以看出, 最近五年新发表了 8 个物种, 而从中国第一个水韭科物种被发现后的近百年中, 中国被报道的物种仅 5 个。早期我国学者在水韭科的分类研究方面欠缺, 最早发表的 3 个物种 (高寒水韭、中华水韭和台湾水韭) 都是国外学者。此外, 早期发现的种群大多被默认为“中华水韭”而缺少深入研究, 导致很多种群在被发现或者鉴定前就消失, 甚至没有标本信息存留, 这些种群至今不能确定其物种归属。

我们通过对国内水韭科植物各分布点进行取样, 包括对早期采集的现存标本进行观察取

样，大范围开展叶形态解剖、染色体数目统计和孢子扫描及利用叶绿体基因组进行系统发育重建，以对中国水韭科植物物种多样性进行详细解析。同时，我们通过分子定年推断中国水韭科植物的分化时间，并结合地质事件和水系分布对中国水韭科植物的物种形成进行解析。经过对多种数据的比对分析，我们认为中国水韭科的物种多样性远超我们已知的认知，物种数可能超过 20 个。分子定年的结果显示，高寒水韭是中国水韭科植物祖先类群，其分化时间约在 48.05 Ma 之前，这与青藏高原的隆起时间（约 50 Ma）基本一致；其他物种的分化时间集中在 3~20 Ma 之间，而这期间青藏高原发生了两次剧烈的隆起活动。中国水韭科植物物种形成在时间上与青藏高原的隆起基本保持一致，说明青藏高原的隆起直接影响了中国水韭科植物的物种形成。地理分布和水系匹配结果显示，不同的物种分布于不同的水系中，每个区域的种群都具有其独特的遗传特性，可以推断地理隔离是推动水韭科物种形成的关键作用。

我国水韭科的保护仍存在很多问题，野外多数居群处于未被保护的状态，零散分布的居群难以建立保护体系、公众对该科物种的认识了解不足而极易把水韭科植物当成杂草清理、部分地区相关管理部门对水韭科的了解不充分导致保护工作滞后等原因，造成国内多个分布点的居群已经灭绝或者濒临灭绝。水韭科在野生环境中的生存竞争力较弱，对水环境变化极为敏感，对水质要求较高，极易受到人为活动的影响，加之气候变化等因素，水韭科在自然状态下生存面临极大威胁。水韭科的迁地保护是另一个难题，一味的野外挖掘引种依然是多数单位的迁地保护方式，人工扩繁技术仅在少数单位掌握，且水韭科的孢子繁育难度较大，大小孢子的萌发时间差不好掌控，导致孢子繁育难以成功。

关键词：水韭科；隐性物种；物种多样性；物种保护；分类学

珍稀植物水青树自然种群的空间分布格局及其影响因素

陈锐，憨宏艳，甘小洪*

西华师范大学 生命科学学院 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室 南充 637009
bhgan@cwnu.edu.cn

研究种群空间分布格局有助于了解种群现状、种内种间关系及其与环境因子的关系，对于物种的有效保护具有积极意义。本研究运用点格局、冗余分析和系统发育等方法对贵州雷公山（GZLGM）、云南白马雪山（YNBMSM）、四川美姑（SCMG）和陕西佛坪（SXFP）4 个水青树代表种群的空间分布格局进行分析，研究发现：（1）SXFP 种群在所有尺度上均为

随机分布，其余种群均在 0-6 m 或 2 m、6 m 呈聚集分布；(2) 种群内成树和老树之间均无空间关联性，GZLGM、YNBMSM、SCMG 三个种群内幼树和成树在 0-10 m 呈空间正关联；(3) 4 个种群与大部分伴生物种在 0-10 m 或 10-30 m 呈正关联性；(4) YNBMSM 和 SCMG 的水青树群落谱系结构主要以生境过滤为主，GZLGS 和 SXFP 种群主要以竞争排斥为主。综上，水青树种群在部分小尺度上或特定尺度上呈聚集分布；种群内幼树和成树大多在小尺度上或特定尺度上呈正关联性，其余尺度上为随机分布或无关联性。水青树的分布主要受空气湿度、土壤湿度、灌草丛高度、种内种间竞争及历史进化因素综合作用的影响。在就地保护中，可人工培育幼苗和幼树，补充到野外生境中，促进现有种群复壮。

关键词：水青树；濒危植物；种群空间分布格局

专题 11. 生态修复与生物多样性保护（召集人：白永飞、罗明、刘艳书）

集约化生态田园系统构建理论与技术体系

张海芳，王慧，张艳军，赵建宁，刘红梅，杨殿林*

农业农村部环境保护科研监测所 天津 300191

yangdianlin@caas.cn

长期以来，集约化农田大面积、单一化种植，生物多样性遭到破坏，造成生产力下降、养分循环失衡、传粉能力下降、病虫害多发、固碳能力下降等农田生态系统综合服务功能障碍，重构健康的农田生态系统，保护农业生物多样性，提升农田生态系统服务功能，是集约化农田实现可持续发展最有前途的解决方案。

建设生态田园主要是基于生态系统管理方法，从“田内、田边、田外”农田生态系统管理整体设计，集成农田生物多样性保护、作物多样性轮间作、农田半自然生境构建、病虫害绿色综合防控、化肥农药减施增效、立体种养等关键技术，创新“43-543”农业生物多样性保护与生态田园建设技术体系。集约化生态田园建设，协同增强农田生物多样性保护、病虫害控制、土壤肥力提升、固碳减排、水源涵养、侵蚀控制和可持续产量等生态系统服务功能，以及气候异常条件下抗逆缓冲能力，持续推进农田生态系统健康管理，保障粮食安全和集约化农业可持续发展。

关键词：生物多样性；生态强化；生态系统管理；生态田园；可持续集约化

我国首座森林生态站 70 年发展历程与研究展望

李世东^{1,†}，许格希^{2,3,†}，陈欢欢¹，史作民^{2,3,*}，刘世荣^{2,3,*}，蒋有绪^{2,3,*}，周霄羽^{2,3}，王小艺^{2,3}，杨洪国⁴，刘兴良⁵，理永霞^{2,3}，赵广东^{2,3}，刘顺^{2,3}，慕长龙⁵，孙尚伟⁴，庞勇⁶，王晖^{2,3}，冯秋红⁵，陶钢⁷，杜文鉅⁸，张桂林⁹，刘千里¹⁰，张刚¹¹，颜贵军⁸，范贤君¹²，林达⁹，张利¹⁰，张璇⁶，董生刚¹¹，宋洪腥¹²，陈淼^{2,3}，陈健^{2,3}，邢红爽^{2,3}

1. 国家林业和草原局 北京 100085；
2. 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 国家林业和草原局森林生态环境重点实验室 北京 100091；
3. 四川米亚罗森林生态系统国家定位观测研究站 理县 623100；

4. 国家林业和草原局 国家陆地生态系统生态定位观测网络中心 北京 100091;
5. 四川省林业科学研究院 四川卧龙森林生态系统定位观测研究站 成都 610081;
6. 中国林业科学研究院 北京 100091;
7. 四川省阿坝藏族羌族自治州人民政府 阿坝州 623100;
8. 四川省阿坝藏族羌族自治州理县人民政府 阿坝州 623100;
9. 四川省阿坝藏族羌族自治州林业和草原局 阿坝州 623100;
10. 四川省阿坝藏族羌族自治州林业和草原科学技术研究所 汶川 623000;
11. 四川省阿坝藏族羌族自治州川西国有林保护局 阿坝州 623100;
12. 四川省阿坝藏族羌族自治州理县林业和草原局 阿坝州 623100

†同等贡献

shizm@caf.ac.cn; liusr@caf.ac.cn; jiangyx@caf.ac.cn

四川米亚罗森林生态系统国家定位观测研究站（简称“米亚罗生态站”）可追溯至 1955 年，从我国生态站网络奠基人蒋有绪在川西亚高山林区开展植物群落类型调查开始。米亚罗生态站的创建开拓了我国森林定位观测研究的新纪元，相关研究成果为长江上游水源涵养林保护、生态屏障等国家战略的确立提供了科学依据。本文回顾总结了米亚罗生态站 70 年来在森林气象与水文、恢复与演替、碳固持与循环、气候变化响应与适应等领域的研究成果。本文着重指出川西亚高山森林具有强大的水源涵养和固碳增汇潜力，是当前森林生态系统修复与多功能精准提升研究的天然“实验室”。继续开展川西森林长期定位监测研究，加强多学科交叉与融合创新，实现科学研究、观测评估、示范应用、社会服务等一站多能定位，将会对引领西南林区森林保护与修复、生态系统功能提升和森林可持续经营等方面的研究提供引领与示范。

关键词：米亚罗生态站；森林生态系统；亚高山森林；西南林区；发展历程；研究展望

海南贝类种类多样性及经济潜力

王爱民*，杨毅，刘春胜，李凤萍，李婉莹，衡心，韩武，刘明洁

海南大学 海洋生物与水产学院 海口 570228

aimwang@163.com

海南岛拥有丰富的生态系统，孕育了大量的海洋生物资源，尤其是贝类资源。据统计南海贝类达到 600 多种，占我国海产贝类总量的约 30%。为了对海南岛贝类的物种多样性进一步系统评估，团队自 2021 年开始围绕海南岛开展了贝类样品采集工作，采样地点涵盖了

海南岛沿岸多个具有代表性的区域。随后，通过传统的形态学方法与现代DNA条形码技术相结合，对采集的贝类标本进行了鉴定和分类。我们共记录到贝类物种近300种。世界珍珠养殖业的四种经济珍珠贝，如马氏珠母贝、大珠母贝（白蝶贝）、珠母贝（黑蝶贝）和企鹅珍珠贝在海南均有分布。在此基础上，本研究对于特定具有经济潜力的双壳贝类开展了苗种繁育研究，对大型双壳贝类开展了固碳潜力评估。未来我们将继续深入挖掘海南岛贝类物种多样性，在合理开发的基础上优化重要经济贝类水产养殖技术，以实现经济效益和生态保护的双重目标，为海南省的蓝色经济发展及生态保护策略提供更为全面的科学支撑。

关键词：海南；贝类；物种多样性；经济贝类；碳汇渔业

湖南八大公山人工林与自然恢复植物多样性与生态系统服务的比较

王庆刚^{1,*}，赵心悦¹，张恒瑞¹，郭雅欣¹，姚钊¹，许宇帆¹，谷志荣²

1. 中国农业大学 资源与环境学院 生物多样性与有机农业北京市重点实验室 北京 100193
2. 湖南八大公山国家级自然保护区管理处 张家界 427100

wangqg@cau.edu.cn

采用自然或近自然的方式实现生态系统的修复受到人们的重视。人工林和自然恢复对生物多样性及其生态系统服务的影响还有待进一步评估，尤其需要将恢复年限考虑进来。研究选择了湖南省桑植八大公山林龄在6-38年之间的20个杉木人工林样地，每个人工林样地匹配选择1-3个年限接近的自然恢复群落作为对照，比较了人工和自然两种不同的恢复模式下退耕地植被恢复过程中林下草本植物多样性和生态系统多服务性的差异。人工林下与自然恢复状况下的草本植物物种组成随年限增加越来越相似，但功能组成却随恢复年限差异越来越大，谱系组成随年限无显著变化。物种组成和功能组成等随恢复年限变化的影响因素不同。恢复初期，人工林生态系统多服务性高于自然恢复；随着恢复年限的增加，自然恢复的生态系统多服务性逐渐超过人工林。对多样性保持进行评价时要考虑多样性的多个维度。从长远看自然恢复的多服务性更佳，但人工林可以短期内较快的提升多服务性。

关键词：人工林；自然恢复；草本植物；生态系统多服务性

Assessing UN SDG Indicator 15.3.1 on land degradation by combining national and global datasets

Abiot Molla^{1,2,*}, Yin Ren^{1,*}, Shudi Zuo^{1,*}, Zhu Pengfei¹, Wu Zhifeng¹, Kindeneh Bekele¹,
Panfeng Dou³

1. Key Laboratory of Urban Environment and Health, Fujian Key Laboratory of Watershed Ecology, Key Laboratory of Urban Metabolism of Xiamen, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021;

2. College of Agriculture and Natural Resources, Debre Markos University, Debre Markos +251269, Ethiopia;

3. School of Civil Engineering, Putian University, Putian, 351100
sdzuo@iue.ac.cn; yren@iue.ac.cn

Land degradation (LD) is a critical environmental challenge caused by human activities and climate change. Reversing degraded land requires effective LD monitoring. The UN SDG indicator 15.3.1, "Proportion of land that is degraded over total land area," was established to assess and report LD status at regional and global levels. However, SDG indicator 15.3.1 requires comprehensive, consistent, easily accessible data and would induce large uncertainty, especially in mountainous regions. This study assesses LD in Southern China's hilly regions by integrating national and global land cover (LC) datasets with a customized LC transition matrix to improve the effectiveness of SDG indicator 15.3.1 for LD assessment. The results of LD by national LC datasets were compared with the global (default) datasets provided by the Trend. Earth plugin in QGIS. Both sets of results were then compared with the validated LD findings. Using default LC datasets, 20.58% of land areas were classified as degraded, compared to 12.74% with national LC datasets. Land improvement assessed by national data was 7.58% higher than default datasets. The LD results by national datasets and customized LC transition were closest to the validated LD data, with 94% overall accuracy. Therefore, incorporating national LC datasets and a customized LC transition matrix into UN SDG indicator 15.3.1 could enhance the effectiveness of assessing land degradation in mountainous regions. Moreover, the study also showed how to validate LD results, which several LD studies neglected.

Keywords: Customized; global datasets; Mountainous regions; National datasets; SDG indicator 15.3.1

城市蓝绿空间规划、建设、管养中的生物多样性保护实践

牛铜钢, 高倩倩, 张婧, 王忠杰*

中国城市规划设计研究院 北京 100044

65889740@qq.com

2021年,《中国的生物多样性保护》把城市生物多样性保护作为推进城乡建设绿色发展的重要内容,中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于进一步加强生物多样性保护的意见》将“自然保护地、城市绿地等保护空间标准化、规范化建设”和“优化建设动植物园”作为“持续优化生物多样性保护空间格局”的重要举措。中国城市规划设计研究院在城市蓝绿空间规划、建设、管理全过程工作中,始终将城市生物多样性保护作为重要和优先事项。报告以雄安新区启动区详细规划、北京南苑森林湿地公园规划设计、宿迁古黄河公园生物多样性提升等项目为例,探讨如何在城市蓝绿空间规划层面、建设层面、管理层面保护、恢复和提升生物多样性。

关键词: 城市蓝绿空间; 规建管; 生物多样性保护

专题 12. 生物入侵与生物多样性保护（召集人：于飞海、刘春龙）

全球归化树种及其生态影响

郭文永*, 高源, 郭坤

华东师范大学 生态与环境科学学院 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站 上海

200241

wyguo@des.ecnu.edu.cn

作为陆地生态系统的重要组成部分,全球树种正经历着前所未有的高强度人类活动的影响。然而,当前尚不明确树种多样性在全球范围内发生了多大程度的改变及其可能导致的生态影响。本研究聚焦全球外来归化树种,通过对相关树种全球范围内分布变化的分析,评估归化树种在全球次大陆间物种组成和系统发育 β 多样性的变化强度以及潜在驱动机制。同时,系统分析了全球外来归化树种、濒危树种和其他树种在功能性状和适宜环境等方面差异,并对未来潜在归化树种的影响及其在全球气候空间的分布趋势进行了预测。本研究的相关结果可为全面了解归化树种的生态影响提供科学依据,也可为预防潜在归化树种的进一步扩散提供数据和理论支撑。

关键词: 生物入侵; 归化植物; 生物同质化; 生物多样性; 濒危物种

松材线虫病入侵对森林植物多样性影响研究

黄季夏*, 张子静

北京林业大学 林木资源高效生产全国重点实验室 北京 100083

huangjx@bjfu.edu.cn

近年来,植物多样性受到松材线虫病 (PWD) 入侵的严重影响。然而天然林和人工林的植物多样性受 PWD 入侵的影响在多大程度上不同尚未可知。本研究收集时间跨度为 1986-2018 年超过 21 万条精细化的松材线虫病发生森林小班数据和长时序的植物多样性样方调查数据,分析 PWD 入侵对中国植物多样性造成的损失和恢复时间,尤其是天然林和人工林植物多样性受到的影响程度。结果表明: (1) PWD 入侵后,植物多样性水平在短期内

快速下降，并且在入侵第三年达到最低，此时相对于未入侵前植物多样性水平下降了 9.1%。入侵第 6 年，植物多样性水平恢复到入侵以前。(2) 人工林对于 PWD 的抵抗力弱于天然林。人工林发生 PWD 的概率约为天然林的四倍。PWD 入侵后，天然林植物多样性水平的下降率始终小于人工林，二者多样性水平在入侵第三年分别下降了 6.46% 和 9.82%。(3) 从 PWD 入侵第三年开始，天然林和人工林的植物多样性开始恢复，天然林只需两年的时间就可恢复至原植物多样性水平之上，而人工林耗费三年才可基本恢复至原水平。本研究揭示了天然林和人工林二者植物多样性对 PWD 入侵的响应差异，表明 PWD 的入侵对于植物多样性的影响是不容忽视的，为地方政府和管理者对 PWD 的防治和植物多样性的保护提供了理论依据。

关键字：松材线虫病；天然林/人工林；植物多样性

植食性昆虫对菌根真菌多样性的影响及对植物入侵的意义

王丁力，丁建清*
河南大学 开封 475001
jding@vip.henu.edu.cn

植物是连接地上植食性昆虫与地下土壤微生物的桥梁，昆虫-植物-土壤微生物的相互作用影响着彼此的生物多样性进程。植物诱导防御反应导致的根系分泌物变化在驱动地上-地下生物互作过程中发挥着重要作用。解析植物介导的地上植食性昆虫与地下土壤微生物的多样性关系与机制，可以提高对地上-地下生物互作及生物多样性维持机制的认识。以乌柏及其多种类型的植食性昆虫和根际微生物（细菌、真菌和丛枝菌根真菌 AMF）为研究对象。通过进行野外调查、野外控制实验、昆虫取食强度实验、昆虫种类实验和化学物质添加实验，主要结果发现，(1) 昆虫多样性与 AMF 多样性呈现明显负相关，且气候对细菌和真菌多样性的影响最大，而昆虫取食率对 AMF 多样性影响最大；(2) 昆虫危害率与 AMF 侵染率呈明显负相关关系，且中度和高度取食明显降低了 AMF 侵染率；(3) 昆虫取食可能通过降低根部碳和根系分泌物中碳、槲皮素和槲皮苷减少了 AMF 侵染率；(4) 葡萄糖、槲皮素和槲皮苷添加增加了 AMF 侵染率和球囊霉属的相对丰度。该结果解析了地上昆虫多样性对地下微生物多样性的影响，揭示根系分泌物驱动的地上植食性昆虫多样性对根际微生物多样性的调控机制。既然植食性昆虫是影响地下菌根真菌的重要因素，植物-菌根真菌共生对植物入侵成功有重要作用，促使这种互作关系增强的驱动因素并不清楚。植食性昆虫是否调控入侵植物-地下菌根真菌的互作关系，在入侵与本土近缘种植物间有何差异？我们在不同

纬度带（25°N、35°N、41°N）进行了入侵植物与其近缘种的调查，以及4对植物的同质园实验，通过昆虫危害和菌根真菌分析，结果发现，（1）入侵植物受到植食性昆虫危害明显比本土植物少；但入侵植物的根部AMF侵染率明显大于本土植物；（2）AMF侵染率随植食性昆虫危害增加而降低，天敌逃逸是增加入侵植物-菌根真菌互惠共生的重要因素。接下来我们也要进行昆虫调控入侵植物菌根真菌的机制研究，这些结果有助于阐明植食性昆虫减少（天敌逃逸）导致入侵植物与菌根真菌互惠能力增加（互惠共生）的调控机制。

入侵淡水鱼类应对环境胁迫的多分子层次响应机制

任星玥[†]，罗嫚[†]，胡俊韬^{*}

复旦大学 生命科学学院 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 上海 200438

[†]表示相同贡献

juntao_hu@fudan.edu.cn

气候变化和人类活动使得极端温度事件更加普遍，也导致了淡水体盐度在过去一个世纪持续上升。理解入侵生物应对环境胁迫的分子调控机制对预测入侵生物应对环境变化的能力至关重要。尽管大量研究关注了基因表达、转录后调控及表观遗传修饰等分子机制独立调控入侵淡水鱼类响应环境变化的机理，但对这些分子机制在入侵淡水鱼类环境胁迫响应种的互作模式和相对贡献并不明确。入侵淡水鱼类代表种西部食蚊鱼的广温和广盐性为探究入侵淡水鱼类应对环境胁迫的多分子层次响应机制提供了契机。本研究针对西部食蚊鱼的极端温度耐受性及对极端盐度胁迫的时空可塑性响应在基因表达、可变剪接、DNA甲基化、microRNA表达等不同分子机制层面进行了定量分析。在极端温度耐受性研究中我们发现，基因表达与可变剪接的调控作用可能并不相同，体现在发生差异可变剪接的基因与发生差异表达的基因重叠较少。此外，表观遗传与基因表达间的互作较弱，体现在差异甲基化基因与差异表达的基因不重叠，且无microRNA在西部食蚊鱼应对极端温度胁迫时发生差异表达。在盐度胁迫研究中我们发现，是否有过盐度胁迫经历对种群再次面对盐度胁迫时是否能够产生适应性基因表达可塑性响应具有显著影响，而参与产生适应性可塑性的基因受到的自然选择压力较其他基因更小，且在拥有不同盐度胁迫经历的种群间受到不同microRNA的调控，表明产生适应性可塑性的基因可能可以为入侵淡水鱼类种群快速适应盐度变化提供了更高的进化潜能，且microRNA对于适应性可塑性的调控存在冗余。这些结果展现了不同分子机制在调控入侵淡水鱼类响应环境胁迫时的复杂调控作用，为预测入侵淡水鱼类在全球变化背景下的适应性提供了理论支持。

关键词: 转录组; 表观遗传组; 环境胁迫; 西部食蚊鱼

在环境生态位框架下理解生物入侵

刘春龙^{1,*}, Céline BELLARD², Jonathan M. JESCHKE^{3,4}

1. The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, College of Fisheries, Ocean University of China, 5 Yushan Road, Qingdao, Shandong Province 266005, PRC

2. Université Paris-Saclay, CNRS, AgroParisTech, Ecologie Systématique Evolution, Gif-sur-Yvette, France

3. Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries (IGB), Berlin, Germany

4. Institute of Biology, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany

liuchunlong@ouc.edu.cn

在统一框架下理解和预测生物入侵已经成为生物保护的核心目标。环境生态位对理解生物入侵非常重要,但是生态位概念在不同的入侵阶段只被零星使用。本研究提供了一个在物种和种群水平上整合环境生态位和入侵过程的理论框架。通过阐明物种和种群在生态位空间中的表现及特征,本研究简述了如何运用生态位的不同维度理解外来物种在整个入侵过程中的成功与影响,以及当前的研究进展。此外,生态位框架还能灵活地整合影响外来物种入侵成功和影响的其他因素。

关键词: 环境生态位框架; 外来入侵物种; 生态位广度; 生态位动态

基于 eDNA 技术的广东省典型自然保护区外来物种入侵风险

魏玉峰¹, 吴春燕², 高养春^{1,*}

1. 广东省科学院动物研究所 广州 510260;

2. 广州大学 广州 510006

gaoyc0412@163.com

自然保护区具有阻碍外来物种入侵和保护濒危/受胁物种的功能,但隐匿于水下的外来水生脊椎动物在自然保护区的入侵风险尚不清楚。本研究利用 eDNA 技术解析了广东省 8 个典型自然保护区的水生脊椎动物的多样性并评估外来物种的入侵风险。eDNA 分析共鉴定出 104 种水生脊椎动物,其中被列为中国外来入侵物种共 9 种:齐氏罗非鱼、伽利略罗非鱼、

尼罗罗非鱼、坦桑尼亚罗非鱼、食蚊鱼、革胡子鲶、蛇鳄龟、红耳龟及美洲牛蛙；同时也鉴定出虎纹蛙、方氏鲴及多鳞白甲鱼等 16 种濒危/受胁物种。其中，5 种（55.56%）外来入侵物种分布于至少 6 个（75.00%）自然保护区，并且在所有自然保护区均检测到齐氏罗非鱼和伽利略罗非鱼，表明这些入侵物种在广东省的自然保护区具有较为广泛的分布。除此之外，基于序列相对丰度所进行的物种排序发现这些入侵物种均位于所有水生脊椎动物前 63.46%，并且在丰度为前十名水生脊椎动物中共鉴定出 3 种外来入侵生物，表明外来入侵物种具有较高的丰度。较广的地理分布及较高的物种丰度表明广东省的自然保护区具有较高的外来物种入侵风险，亟需采取有效措施防控这些外来入侵物种。本研究可为广东省自然保护区外来入侵水生脊椎动物的防控及濒危/受胁物种保护措施的制定提供支撑。

关键词：自然保护区；水生脊椎动物；入侵生物；入侵风险；eDNA

整合生理数据评估外来物种红耳龟的入侵风险

魏玉峰^{1,*}, 高养春¹, 龚世平^{1,2}, 段好冉¹, 葛研¹

1. 广东省科学院动物研究所 广州 510260;

2. 暨南大学 生命科学技术学院 广州 510632

wyf6123@126.com

物种分布模型（Species distribution model, SDM）是预测外来物种潜在分布区域和评估入侵风险的重要工具。但由于 SDM 常忽略物种响应环境变化的生理过程而备受质疑。整合生理数据对提高 SDM 的预测精度至关重要。红耳龟（*Trachemys scripta elegans*）是世界最危险的 100 种外来入侵物种之一，在中国广泛分布。为了准确预测红耳龟在中国的潜在入侵区域，本研究在大范围分布点调查的基础上，基于 217 个野外分布点数据，将胚胎发育温度耐受数据与 SDM 整合。结果表明，红耳龟胚胎温度耐受范围为 21.8℃~33.1℃；在中国的高适宜性入侵区域主要集中于华南、华中和华东地区，在华北和西南地区有少部分区域，东北和西北大部分地区无入侵风险。整合胚胎温度耐受数据后，SDM 预测高适宜性入侵区域面积缩小 20.9%，主要集中于预测区域的边缘。本研究揭示，胚胎生理耐受数据的引入可排除不适宜入侵的分布点，能有效提升 SDM 的预测精度。本研究对 SDM 预测方法的改进和优化具理论意义，为红耳龟入侵防控和风险评估提供重要科学依据。

关键词：生物入侵；红耳龟；胚胎发育；物种分布模型；预测精度

外来和土著鱼类营养特征及种间相互作用

韦慧

中国水产科学研究院珠江水产研究所 农业农村部外来入侵水生生物防控重点实验室/中国水产科学研究院外来物种与生态安全重点实验室 广州 510380
weihui0630@163.com

水生生态系统通常存在多种外来鱼类共存的现象，它们可能会通过与土著物种的营养级互作，从而对水生生态系统构成威胁。然而，关于多种共存外来鱼类与土著鱼类之间相互作用的研究仍然很少。本研究从珠江下游流域的 6 条河流中收集了 11 种外来鱼类、44 种本地鱼类、35 种大型无脊椎动物等共计 551 个个体，以及 162 个基础资源样本。利用氮和碳稳定同位素分析，计算了本地和非本地鱼类在群落水平上的营养结构指标以及群落水平和功能摄食群水平上生态位重叠度。同时基于它们潜在的食物来源，估算了本地和非本地鱼类的食物组成。研究发现由于营养特征的相似性，土著和外来鱼类之间存在高度的生态位重叠。这种重叠是双向的，土著和外来功能摄食群都显示出能够占据彼此的生态位空间。外来碎屑食性和杂食性鱼类之间的生态位重叠也很普遍。外来鱼类在河流中与土著鱼类显示出明显不同的饮食组成，这表明了它们的食物来源具有可塑性。尽管这些发现有限，但它们表明，由于鱼类的生态位可塑性，土著地和外来鱼类之间的营养相互作用可能在群落水平上达到动态平衡的状态。

关键词：多物种共入侵；营养互作；食性；稳定同位素分析；生态影响

人类活动影响下的沼蛤（*Limnoperna fortunei*）生物入侵

张家豪^{1,2}, 徐梦珍^{1,*}

1. 清华大学 水沙科学与水利水电工程国家重点实验室 北京 100084;
2. 重庆交通大学 国家内河航道整治工程技术研究中心 重庆 4000743

mzxu@mail.tsinghua.edu.cn

入侵生物破坏栖息地、改变物质循环和能量流动，导致生物多样性丧失、物种灭绝等问题。伴随航运贸易和调水工程的发展，水媒传播的入侵生物记录逐年递增，原产于我国南方的淡水贝类沼蛤（*Limnoperna fortunei*）已入侵日本、韩国、南美等地，造成了严重的生物入侵与污损问题。然而，人类活动对其入侵的影响尚未明确，未来入侵风险的发展态势仍不

清晰。本研究基于沼蛤幼虫随水扩散的入侵特性，结合生态位模型和扩散模型，评估了全球范围内的沼蛤入侵风险，并探讨了航运和调水工程这两类人类活动对其入侵扩散的影响。模型结果显示，航运和跨流域调水工程打破了原有地理阻隔，增大了流域间的连通性，扩大了入侵风险区域。航运主导了跨洋传播，沿海流域成为入侵的桥头堡；调水工程进一步地促进了沼蛤在内陆地区的扩散。同时，自然环境及压舱水管理条例等自然或人为条件会限制其入侵。因此，采取必要的管理措施，如限制压舱水排放、调整工程调度等有助于降低沼蛤的入侵风险。

关键词：沼蛤；生物入侵；全球航运；调水工程；风险评估

海洋入侵海鞘快速响应全球气候变化的生态组学研究

陈义永¹，张志新²，高养春³，胡俊韬⁴，战爱斌^{1,*}

1. 中国科学院生态环境研究中心 北京 100085;
2. 中国科学院南海海洋研究所 广州 510275;
3. 广东省科学院动物所 广州 510260;
4. 复旦大学 生命科学学院 上海 200438

zhanaibin@hotmail.com; azhan@rcees.ac.cn

生物入侵是 21 世纪最棘手的全球性生态环境问题之一，对生物多样性、经济发展和人类健康构成极大威胁。全球气候变化影响生物的地理分布，加速了外来物种的迁移和入侵。适应性演化是入侵生物响应全球气候变化的重要机制，但是目前关于全球气候变化背景下海洋入侵生物适应性演化的生态学过程与机制尚不明晰。基于此，本研究选取典型海洋入侵生物海鞘为研究对象，利用多组学分析和模型预测对入侵海鞘群体开展生态组学研究。首先，通过利用多学科手段证实了入侵生物局域适应的快速微进化过程，发现了在强选择压力下海洋入侵生物的适应性演化过程很快（10 代之内）。其次，揭示了环境驱动下遗传与表观遗传多样性的变化格局，发现并证实了遗传变异和表观遗传变异在微进化中的功能互补机制。最后，构建了整合基因组变异和表观基因组变异等多组学信息的入侵风险评估模型，为全球气候变化背景下外来物种早期监测预警提供科学指导。

关键词：生物入侵；适应性进化；气候变化；生态组学；入侵风险

专题 13. 公众参与与生物多样性保护（召集人：李忠秋、彭奎）

社会组织参与自然保护地治理的资金途径与障碍研究

彭奎¹, 王倩², 何思源^{2*}

1. 北京永续全球环境研究所 北京 100086;
2. 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

hesy@igsnrr.ac.cn

资金短缺是全球生物多样性保护面临的最大挑战之一，当前 1,000 多亿美元的投入与每年高达 7,000 亿美元的保护资金需求存在巨大差距，且往往分配不均。包括社会组织在内的非政府行为体，具有强烈的意愿和能力参与自然保护地治理，但往往对参与路径不清楚，或自然保护地管理方对多元化资金渠道不够了解。本研究通过文献梳理、案例分析和访谈调研，分析了社会组织投资自然保护的障碍和制度需求，详细讨论社会组织如何通过提供资金、技术和管理知识，增强自然保护地的保护能力；同时也关注政府如何创新政策，激励社会资本的投入，以及如何通过法律和政策框架，为社会组织的参与提供支持和保障，探索和总结社会组织参与自然保护地治理的路径，以及自然保护地如何实现资金的多元化。针对中国社会组织参与自然保护地治理的投融资现状问题，从政府制度建设、战略计划、组织管理、资金风险管理、组织成长等宏观角度，对社会组织向自然保护地投入资金提出了策略和建议。

关键词：自然保护地治理；保护融资；社会组织；多元参与

上海“貉口普查”：公众如何参与生物多样性调查与保护

冯一迪¹, 李梓榕², 郑运祥², 王放^{3*}

1. 北京市海淀区山水自然保护中心 北京 100871;
2. 上海市林业总站 上海 200072;
3. 复旦大学 生命科学学院 上海 200433

wfang@fudan.edu.cn

城市化在促进经济和社会发展的同时，往往伴随着生物多样性的急剧变化和城市可持续发展挑战。2022-2024 年每年 7 月，本项目通过公民科学的组织形式，以国家二级保护野生

动物貉作为研究对象，在上海市开展“貉口普查”，通过样线同步调查、访谈调查等方式，调查貉在上海的分布范围、数量、行为，猫粮、垃圾等社区管理要素，以及社区居民对貉的态度。三年共计超过1,000人次线下参与，形成《上海城市常见野生动物“怎么办”社区管理手册》等一系列科普宣传资料，核心结论转化为相关法规，获得“梁希科普奖（活动类）”并入选2024年“美丽中国，我是行动者”十佳公众参与案例，推动并合作建立“貉谐社区”，探索出“政府-高校-社会组织-公众”的城市基层社会治理的新模式。

关键词：生物多样性；公众参与；城市；貉

社区参与推动天行长臂猿栖息地恢复和质量提升

韩茜妹，陈镜羽，阎璐*

大理白族自治州云山生物多样性保护与研究中心 大理 671003

yanlu@cloudmountain.cn

中国野外现存不足150只的天行长臂猿（*Hoolock Tianxing*），其中约一半种群分布在云南盈江县的非保护区森林中。梨树-拉马河片区是该地区天行长臂猿栖息地与集体林重叠度最高的区域，同时也是海拔较低且种群集中的关键栖息地。然而，该区域内存在较大的林窗和较差的林冠层连通性，限制了长臂猿的活动范围和路径选择。为提升栖息地的连通性与质量，在大尺度上，在梨树-拉马河间的光坡区域种植先锋树种及长臂猿的木本食物树种，并在林下种植藤本植物作为食物来源；在小尺度上，在林窗间架设绳桥，帮助长臂猿更高效地获取食物资源。为了支持这些保护行动，云山保护与梨树社区、拉马河社区探索出天行长臂猿保护生态公共事务基金这一行动逻辑框架。以妇女组作为组织方与生态公共事务基金的管理方，展开天行长臂猿社区保护项目。截至2024年7月，梨树-拉马河社区已共同完成近2平方公里的栖息地质量提升工作，并通过绳桥-红外相机监测，为生物多样性监测提供了重要数据支持。

关键字：社区参与；栖息地恢复；绳桥；天行长臂猿；生物多样性保护

蓝冠噪鹛乡村守望者

杨海明^{1,*}，吴祥艳²，杨波³

清华同衡规划设计研究院 北京 100085

中央美术学院 北京 100105
景德镇学院 景德镇 333032
yang1642@163.Com

蓝冠噪鹛（学名：*Garrulax courtoisi*）中国特有 IUCN 极度濒危物种，1919 年由法国博物学家在江西婺源科学发现，1923 年由法国国家自然博物馆科学命名，此后几十年间“销声匿迹”。2000 年江西婺源林业局在渔潭村再次发现了蓝冠噪鹛。

由于蓝冠噪鹛一度“销声匿迹”，作为“国家三有动物”的蓝冠噪鹛，直到 2023 年 6 月才列入“国家重点野生动物保护名录”。蓝冠噪鹛的重新发现并未在崇山峻岭之中，而是充满烟火气息的徽州传统村落里。针对蓝冠噪鹛的乡村公益保护，“公众参与”生态社区公益保护是必由之路！

2019 年蓝冠噪鹛科学发现 100 周年，在南昌与婺源先后开展自然教育系列活动，相关野生动物保护机构、中小学、高等院校、社会志愿者纷纷参与，《人民日报》、《光明日报》、《国家地理》等国家级媒体高度关注，社会反应良好。2023 年蓝冠噪鹛科学命名 100 周年，蓝冠噪鹛中法国际交流如期在江西婺源举行。10 月 11 日习近平总书记视察江西婺源石门村，亲自指示：关注蓝冠噪鹛保护，推动江西婺源乡村振兴！

关键词：百年传奇；生态社区；公众参与；自然教育；乡村振兴

基于自然教育的公众参与实践

王开颜，蒋泽银*，关磊，朱真
北京市企业家环保基金会 北京 100012
jiangzeyin@see.org.cn

全球正经历第六次物种灭绝危机，人类活动及其背后的价值观是核心驱动力。中国生物多样性保护面临社会力量薄弱挑战，凸显公众参与的迫切性。本研究聚焦于新龙公益保护地与候鸟保护案例，探索出以地方民间保护网络为依托，融合自然教育与公民科学的公众参与模式，构建“认识-了解-保护”三层递进的公众参与体系，旨在实现生物多样性保护主流化与全民化的目标。并基于实践探索总结出组建网络，广泛动员公众参与；宣传报道，提升项目社会影响力；适龄适配，融入多元参与方式；持续创新，培养公众持久参与意识四条实践经验，为提升我国生物多样性保护的社会参与度和成效提供可供借鉴的经验参考。

关键词：公众参与；自然教育；公民科学；生物多样性保护

公民科学促进路杀研究

李忠秋*，赵梓羲，吴琼，陈鑫淼

南京大学 动物行为与保护实验室 南京 210023

Lizq@nju.edu.cn

在道路网络急速扩张的今天，交通发展和生态保护的矛盾逐渐显现，其中道路交通造成的动物道路死亡（即路杀）是道路对野生动物最直接、最重要的影响，也是野生动物面临的第三大死亡威胁。2020年11月至2021年10月，我们以华东地区的特大城市南京为例，采用样线法对南京市不同行政等级道路的动物路杀情况进行调查，探讨道路及其周边环境对动物路杀的影响，并估计动物道路死亡数量来量化道路对南京市鸟类和小型哺乳动物的影响。调查期间共记录21种293只路杀动物。猫和狗是最常被路杀的哺乳动物，乌鸫和麻雀是最常被路杀的鸟类。对道路死亡动物进行时间分析发现，5月、6月和7月是动物路杀的高峰期。结合尸体持久性实验及探测概率等因素后，我们估计南京市鸟类和兽类的年度道路死亡数为571,326（472,161-607,297）只。

南京路杀研究获得了广泛的关注，并促使我们思考如何全面系统的评价全国路杀的基本格局。基于此，在上海自然博物馆、猫盟、中国科学院昆明动物研究所等十余家单位的支持下，我们于2023年底开发上线了路杀生物调查小程序，组建了全国路杀调查志愿者网络，尝试利用公民科学开展全国路杀格局的研究。截止到6月30号，小程序的使用者超过了3,800人，半年期间我们收到了来自全国28个省市自治区的路杀生物记录，其中有效路杀数据达到1,460条，在这其中，两栖类450条，爬行类403条，鸟类358条，哺乳类183条，猫、狗、家禽家畜及未识别共66条；国家二级以上重点保护物种包括黄额闭壳龟（*Cuora galbinifrons*）等广受关注的珍稀物种21种。

公民科学在推动路杀现象研究方面发挥着至关重要的作用。通过其参与性研究模式，公民科学能够显著扩展路杀数据收集的地理和人群覆盖范围，为研究者提供了更为丰富和多元的实证数据基础。此外，公民科学的实践不仅提升了公众对野生动物保护议题以及道路生态影响的认知水平，还激发了社会对这些紧迫问题的广泛关注与积极行动。最终，公民科学项目通过让公众直接参与科学探究过程，有效地促进了科学素养的提升，同时增强了公众对环境保护议题的责任感和参与度。

关键词: 路杀；野生动物；交通；道路生态学

以 OECMs 建设推动全社会参与生物多样性治理

刘文慧

中国环境科学研究院 北京 100012

wenhui211@126.com

中国作为联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会（COP15）主席国，推动达成了具有里程碑意义的《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》（简称《昆蒙框架》），为全球生物多样性治理指明了方向。如何推动实现各项目标至关重要，《昆蒙框架》提出要以“全政府全社会方法”推动框架目标的实现，在全政府推动方面，中国已经建立了良好的工作机制。在全社会参与方面，目前尚缺乏一个全面有效的参与机制。近来，OECMs 逐渐引起各方的关注，它提供了一种更广泛的方法，将保护的区域扩大到传统保护地边界之外，并认可当地社区、原住民和其他行动者在管理和保护生物多样性方面的重要作用。因其包容性和灵活的方法为生物多样性保护和治理提供了新的可能性，有利于促进将生物多样性融入社会和经济发展进程中。因此，展望未来，将 OECMs 的建设与管理打造成一个全社会参与的平台，成为了一个值得探索的方案。这一平台不仅能够鼓励社会各界，包括企业、非政府组织和科研机构等，根据自身资源和优势提出保护与管理方案，共同参与 OECMs 的建设和管理，还可以开展多种形式的生物多样性保护宣传活动，提高公众对生物多样性价值的认识和保护意识。这将激发社会各界的创新活力，推动生物多样性保护领域的技术进步和科学研究，为生物多样性治理提供更多元化的解决方案。

杭州寺坞岭的竹林生物多样性修复及公众参与保护

刘申敏

杭州市萧山区民生通惠乡村振兴服务中心 杭州 272511

grace_min@126.com

“江河荟浙江翠”寺坞岭自然地位于杭州市萧山区义桥镇寺坞岭，海拔 520 米，处于富春江、钱塘江、浦阳江三江汇流核心区域。自然地以云峰山为主体，通过竹林生态恢复来提升生物多样性，以山体变化展现生态修复历程，集生态保护、科学研究、科普宣传、自然教育为一体，旨在让更多公众了解生物多样性、本土物种以及生态修复的意义，并参与到生物

多样性保护中来。自然地总面积约 500 亩，包括竹林生物多样性修复试验地 400 亩，已监测到 619 种动植物，包含国家一级保护 1 种，二级保护动物 14 种，三有保护动物 108 种，为物种保护与科学的研究奠定坚实基础。

自然地项目于 2021 年 9 月开启，以公益投入探索林地生态恢复及恢复后可持续保护模式。自然地试图恢复这里被毛竹入侵之前的阔叶林，继而让本土动物也回归山地。实验按照群落演替的规律来进行，以尽可能达到模拟自然的效果，采用间伐、开林窗和引入本土物种的方式，恢复竹林的生物多样性，对浙江省山地丘陵地带的生态环境修复有着重要示范效应。

自然地开发设计了 30+ 自然教育课程，每年开展自然教育、自然体验、座谈会、等 200+ 场活动，吸引超 30 万人次参观，促进社会共同参与生态环境保护。同时，项目依托资源优势发展生态经济，统筹推进产业生态化与生态产业化，形成经济与生态的协调发展，带动周边村庄实现生态共富。

关键词：森林生他修复；生物多样性保护；公众参与；生态产品价值实现

自然保护地获取多元化资金的路径方法研究——从保护地管理机构的视角

林雅莉

福建农林大学 金山学院 福州 350002

994832608@qq.com

我国自然保护地体系仍处于建设探索，资金机制与法律保障尚未健全。在此阶段，亟需厘清现有自然保护地多元资金获取路径，创新资金来源渠道，建立多元资金组合的方式，以效缓解政府财政压力，保障自然保护地投入的稳定性与可持续性。本研究分析国际自然保护地多元资金渠道的经验做法，总结我国自然保护地资金保障制度的现状及问题的基础上，就我国自然保护地如何基于保护地价值，拓宽多元资金融资途径，有效利用社会资本，支持自然保护地的高质量发展进行研究探索。研究旨在为提高自然保护地的管理效能，充分发挥社会资本潜力，拓宽自然保护地建设的融资渠道提供思路和决策支持，以推动自然保护地多元资金保障机制的构建，促进自然保护地高质量发展。

从本土到国际：非国家主体在生物多样性保护过程中的多层次创新实践

王倩

永续全球环境研究所

qianwang@geichina.org

在全球化背景下的生物多样性保护领域，非国家主体（Non-State Actors, NSAs）的参与对于推进国际环境治理目标具有至关重要的作用。北京市朝阳区永续全球环境研究所（GEI），作为中国本土的非盈利非政府组织，通过在中国西部八省包括宁夏、青海、云南等地的本土实践，以及在东南亚和非洲的国际项目，显著地展现了非国家主体在生态保护和社区发展中的积极作用。

GEI 通过联合民间社会组织力量，推动成立了中国公民生物多样性保护联盟和社会公益保护地联盟，旨在整合社会各界资源，共同推进生物多样性保护领域的实践探索、研究和政策倡导。此外，GEI 还推动建立了中国-东南亚社区协议保护网络和中非民间生物多样性保护对话平台，加强了区域间的行业协作和赋能交流，从而提升了非国家主体在全球环境治理中的影响力。在国际环境治理层面，GEI 在联合国气候大会（UNFCCC COP）、联合国生物多样性大会（CBD COP15）、湿地大会（Ramsar COP）等重要国际舞台上积极发声，展现了中国非国家主体在全球环境治理中的积极参与和贡献。特别是在 COP15 第二阶段会议上，GEI 组织的多场论坛和边会，加强了全球非国家主体在生物多样性保护中的共同行动，为实现《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》（KM-GBF）目标提供了实质性支持。

GEI 的实践案例为非国家主体在全球环境治理中的参与提供了实证研究的范例，其在本土实践与国际合作中的创新方法，为实现可持续发展目标（SDGs）和昆蒙框架 3030 目标提供了新的视角和策略。GEI 的经验表明，非国家主体能够在国际环境治理中发挥独特的桥梁作用，通过民间外交等相对灵活的方式促进不同文化和国家间的合作和交流，为实现“人与自然和谐共生”的人类命运共同体的愿景而努力。

关键词：非国家主体；本土实践；生态保护；社区发展；民间外交；国际环境治理

生态与进化生物学方法讨论会暨生态学期刊交流会（组织人：乔慧捷）

基于无人机的长期协同监测网络及其在生态位模拟中的应用

骆逸飞，孙义，宣树华*

南通大学 地理科学学院 脆弱生态环境研究所 南通 226000

yis@ntu.edu.cn

团队自主开发的基于小型无人机的长期-协同航拍系统（FragMAP），实现了对草地的协同观测和协同分析，并构建了完整的信息提取和数据分析体系。基于该系统，团队在全国主要草地分布地区（包括青藏高原、内蒙古、新疆、贵州等）布设 4,000 余个观测点（每个点包含 12-100 个长期固定航拍样地），飞行 2 万余次，获得航拍照片 40 余万张，初步搭建了我国首个草地生态系统长期-协同观测网络。该系统突破了传统地面采样和遥感反演的局限性，成功开发出基于高分辨率航拍照片的草地生态系统关键参数（植被盖度、地上生物量、植物物种多样性、裸地斑块、家畜动态分布以及高原鼠兔洞口）的快速、无损提取方法，以及基于空-天-地一体化监测思路实现区域植被盖度高精度反演的方法。基于 FragMAP，以青藏高原上高原鼠兔洞口监测和分析为例，团队在生态位模型的构建过程中对负样本和伪负样本的数量、伪负样本的生成策略等变量进行了控制，并评估不同构建策略下生态位模型的性能表现，揭示了利用无人机进行样本采集的基础上，使用伪负样本的可行性、数量范围和获取方法这一系列问题。

关键词：FragMap; BIOMOD2; 生态位模型; 高原鼠兔

基于个体模型探究迁徙物种的时间生态位共存

刘金，王少鹏*

北京大学 城市与环境学院 北京 100871

shaopeng.wang@pku.edu.cn

生态群落季节性的本质是生物对时间生态位的利用。物种在时间生态位上的差异通过影响种间相互作用的时长和强度从而影响共存。迁徙行为是动物应对环境季节性变化而演化出来的一种生活史策略。在面对环境变化时，动物的迁徙时间能够发生适应性的改变。一方面，这种改变会通过生物个体的生活史权衡改变个体适合度的分布，从而影响自身的种群动态，种群动态会进一步改变与之相关联的种间作用；另一方面会影响种内迁徙时间的分布宽度，通过种间时间生态位的重叠影响种间作用。本研究通过构建包含两个迁徙物种的个体模型（agent-based model），来探究在季节性群落的前提下，迁徙物种的时间生态位与物种共存之间的关系。本研究发现时间生态位的重叠、优先效应及个体在时间生态位上的可塑性均对物种的共存产生了影响。本研究通过将个体性状的适应性改变与种间关系构建联系，提供了一种从时间维度去理解群落动态的可能性。

关键词：时间生态位；共存；动物迁徙；群落季节性；个体模型

三维视角下巨树寻找与测量的方法学探讨

任清^{1,2#}, 关宏灿^{2,3,4,#}, 杨海涛¹, 苏艳军^{5,6}, 陶胜利², 程凯^{1,2}, 李文楷⁷, 杨泽坤¹, 黄国然

⁸, 李成⁹, 徐光彩¹⁰, 吕植¹¹, 郭庆华^{1,2,*}

1. 北京大学 地球与空间科学学院遥感与地理信息系统研究所 北京 100871;
2. 北京大学 城市与环境学院生态研究中心 北京 100871;
3. 海南大学 生态学院 海口 570228;
4. 海南大学 协同创新中心 海口 570228;
5. 中国科学院植物研究所 植被与环境变化国家重点实验室 北京 100093;
6. 中国科学院大学 北京 100049;
7. 中山大学地理科学与规划学院 广州 510275;
8. 西南林业大学林学院 昆明 650224;
9. 西子江生态保育中心 深圳 518112;
10. 北京数字绿土科技股份有限公司 北京 100091;
11. 北京大学 生命科学学院 北京大学自然保护与社会发展研究中心 北京 100871

#表示作者对本文贡献相等

guo.qinghua@pku.edu.cn

巨树在森林生态系统中发挥关键作用，但目前对于巨树重要生态价值的理解受限于对其精确位置和结构特征的有限知识。在全球人为干扰不断加剧的背景下，迫切需要设计出一种实用的方法，以准确高效地发现和测量巨树。本研究提出了一种基于激光雷达（lidar）的新

框架，用于发现和测量巨树。该框架整合了多平台激光雷达，包括星载、无人机（UAV）和背包激光雷达，创建了一套新的方法框架。该框架中涉及的算法已编制成代码包，并以开源形式提供。该方法成功识别了大量的中国巨树，包括亚洲最高的树木——2023年5月在雅鲁藏布大峡谷发现的一棵高达102.3米的西藏柏木。这一发现不仅打破的新的亚洲记录，还证明了框架的有效性。利用激光雷达融合数据，我们在单木和林分尺度进行了结构参数的精细测量，揭示了这棵巨树的独特性。本框架的建立将促进巨树发现和测量的高效性，从而推动巨树生态学的进展。

关键词：多平台激光雷达；巨树；森林结构参数；三维点云数据；亚洲最高树

质兰自然保护新秀奖学生报告会

生草覆盖对集约化种植中生物多样性与土壤生态系统功能 的影响

杨复香, 徐芷晴, 陈浩, 谭文峰*

华中农业大学 资源与环境学院 武汉 430070。

tanwf@mail.hzau.edu.cn

为探究集约化种植体系对生物多样性与土壤生态系统功能的影响, 使用陷阱法于 2023 年 4 月-2024 年 1 月 (春、夏、秋、冬季) 调查了湖北省秭归县不同种植年限 (代表不同集约化程度) 和管理措施柑橘园中的地表蚂蚁群落, 同时测定相应的土壤环境因子。共捕获蚂蚁 40,220 头, 经形态学和分子生物学鉴定隶属于 6 亚科 27 属 42 种。不同样点中蚂蚁群落组成差异显著, 具体表现为: 随集约化种植年限增加, 蚂蚁多度与物种丰富度逐渐下降, 功能群组成简化, 而生草覆盖增加了蚂蚁多度与物种丰富度, 缩小了不同种植年限柑橘园之间的功能群组成差异。回归分析结果显示蚂蚁多样性与土壤生态系统功能呈显著线性正相关 ($P<0.05$), 其中气候特化种 (CS) 和专业捕食者 (SP) 功能群是指示土壤生态系统功能的重要功能群。综上, 生草覆盖减弱了集约化种植对蚂蚁多样性的负面影响, 并提高了土壤生态系统功能。同时蚂蚁多样性组成对土壤生态功能和集约化种植强度具有较好的指示作用, 能为土壤健康管理提供有效的生物监测。在集约化农业生产中, 适当增加景观组成异质性有望实现生物多样性保护, 土壤生态系统功能多样化并同步达成农作物持续稳产目标。

关键词: 集约化种植; 生草覆盖; 蚂蚁; 物种多样性; 土壤生态功能

庐山地区 2 种林分的群落特征、物种多样性差异及其耦合关 系

韩学娇

江西农业大学 南昌 330045

18253880768@163.com

准确理解人工林林分群落特征及其与物种多样性耦合关系是提升人工林管理、达到多样性保护的关键。选择庐山地区典型日本扁柏林、日本柳杉林为研究对象，分别对乔木层、灌木层、草本层和藤本层特征（高度、胸径、冠幅、盖度等）进行调查并计算 6 种物种多样性指数，旨在探究林分间差异及其耦合关系变化。结果表明：(1) 共计有 15 种乔木，分属于 11 科、13 属；81 种灌木，分属于 39 科、61 属；有 37 种草本植物，分属于 25 科、35 属；有 9 种藤本，分属于 9 科，9 属。(2) 2 种林分的乔木层的胸径、树高、枝下高、总辐射表现显著差异 ($P<0.05$)；2 种林分的灌木层的盖度、冠幅、地径、株高表现显著差异 ($P<0.05$)；2 种林分的草本层的盖度、高度、株数表现出显著差异 ($P<0.05$)；2 种林分的藤本层差异不显著。(3) 2 种林型的灌、草、藤 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Richness 指数及 Margalef 指数均表现出日本柳杉林较大，灌木层和草本层的 Pielou 指数、草本层和藤本层的 PIE 指数均为日本扁柏林较大。2 种林型间多样性指数差异显著程度，呈现灌木层>草本层>藤本层，藤本层不存在显著差异。(4) 相关性分析 (Pearson)、冗余分析 (RDA) 结果表明林分群落特征和物种多样性关系存在明显森林类型间差异。总体表现为灌木特征（冠幅、地径）、草本层特征（盖度、株数和高度）、藤本层（冠幅、地径和高度）对多样性均有较大影响。以上结果表明，林分群落特征与物种多样性存在耦合关系，上述解耦合结果为通过维持良好森林结构、多样性保护具有实践意义。

关键词：物种多样性；林分群落特征；耦合关系；Pearson 分析；RDA 分析

传统农业系统对于自然保护区功能提升的潜在贡献

郭旋

中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

guoxuan18@mails.ucas.ac.cn

建立自然保护地网络是遏制生物多样性锐减和生境丧失的重要途径。尽管全球自然保护地实践已取得巨大进展，昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架仍提出进一步提高自然保护地建设规模和保护成效的要求。在自然保护地拓展空间有限的情况下，保护行动需要扩展至现有的自然保护地边界之外已成为全球共识，探索其他有效的基于区域的保护措施及保护地外的生物多样性保护机制，成为自然保护地未来发展的方向。以农业文化遗产为典型代表的农业生产实践积累了人地和谐的发展理念和环境友好的生态技术，创造出丰富多样的土地利用系统和景观结构，使得中国传统农业系统在兼顾粮食生产的同时仍保留着较高程度的农业生

物多样性，是潜在的自然保护用地。以中国现有的自然保护区和中国重要农业文化遗产为研究对象，分析农业文化遗产对于自然保护地面积补充、功能提升的潜在贡献。结果表明，近三分之一的中国重要农业文化遗产与自然保护区存在密切的空间相关关系，且能够促进与其空间相关的自然保护区的生态系统完整性；超过 70%的中国重要农业文化遗产覆盖了至少一条自然保护区的潜在生态廊道，中国重要农业文化遗产有潜力促进自然保护区网络建设和面积补充；借助倾向匹配得分方法，分析发现与中国重要农业文化遗产空间相邻的自然保护区相比非相邻的自然保护区具有更高的生态系统服务功能。

牧民参与青藏高原生态修复：基于本土价值观的叙事创新

戴胡萱^{1,2}, 朱子云³, 扎琼巴让⁴, 果洛周杰⁵, Mark Riley², 吕植³, 李黎^{1,*}

1. 西交利物浦大学 苏州 215000;
2. 利物浦大学 利物浦 L7 7AJ;
3. 北京大学 北京 100871;
4. 噶沙村 若尔盖 624400;
5. 科索村 久治 624700

li.li01@xjtlu.edu.cn

生态修复是促进生物多样性保护的关键措施，当地社区的参与对生态修复项目的长期有效性至关重要。然而，生态修复活动及其涉及的新技术与当地社区的传统价值观可能并不相符，这往往导致社区参与度较低。我们通过 Q 方法对青藏高原的两个牧业社区进行调查，基于牧民对草地生态修复活动的态度和实际参与度，理解社区参与和当地传统价值观之间的关系。研究发现，根据对草地修复的不同态度，牧民可以被分为八种类型。其中，有一类可被称为“积极推动者”的牧民，他们为草地修复活动创建了符合传统价值观和文化背景的叙事，使得作为新做法的生态修复更容易被当地社区所接受，从而推动本社区的变革性行动。本研究还探讨了牧民对于草地修复与生物多样性之间关系的看法，以及社区精英在促进多方合作方面的作用。研究提出，决策者应当意识到当地传统价值观和文化背景对于社区行动的影响，认可当地人在叙事创新方面的重要作用，并通过充分的对话促进相互之间的信任与合作。

关键词：生态修复；本土价值观；生物多样性；社会-生态系统；青藏高原

Terrestrial biodiversity monitoring based on environmental DNA

Yiqiu Lu, Yuran Dong, Min Zhang, Lingfeng Mao*

Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Laboratory of Biodiversity and Conservation, College of Ecology and Environment, Nanjing Forestry University; Nanjing 210037, China.

maolingfeng2008@163.com

The use of environmental DNA (eDNA) for biodiversity monitoring has surged in recent years, driven by advancements that enable the rapid and cost-effective detection of species from DNA present in the environment. While eDNA has become a widely used tool for monitoring aquatic biodiversity, its application in terrestrial ecosystems remains less common due to the greater complexity and heterogeneity of these environments. However, eDNA approaches offer several advantages over traditional monitoring methods when applied to terrestrial ecosystems. These benefits include the ability to target a broader range of species, reduced time and costs, minimal need for taxonomic expertise, and minimal environmental disturbance. To evaluate the feasibility of using eDNA for terrestrial biodiversity monitoring, we conducted community simulation experiments to verify the reliability of the results. We also plotted space/time accumulation curves to assess the adequacy of our sampling. Based on these experiments, we successfully identified plant species in the forests of eastern China, examined their spatial and temporal distribution, and carried out phylogenetic diversity analyses.

Keywords: environmental DNA; biodiversity monitoring; species identification; phylogenetic diversity

Growth in global fuelwood consumption boosts economic value but negatively impacts biodiversity

YAO Yunong^{1,2}, ZHANG Xiaobiao^{1,2}, CAI Zhengwu^{1,2}, POLASKY Stephen^{3,4}, WU Tong⁵, HAN Baolong^{1,2} and OUYANG Zhiyun^{1,2,*}

1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;
3. Department of Applied Economics, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108;
4. Natural Capital Project, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108;
5. The Natural Capital Project and Stanford Center on China's Economy and Institutions, Stanford University, Stanford, CA 94305
zyouyang@rcees.ac.cn

Fuelwood is a crucial energy source for heating, cooking, and power generation in developing countries. However, its overuse impedes economic and social progress and negatively impacts biodiversity. This study evaluates global fuelwood consumption from 2000 to 2021, focusing on its spatial and temporal trends, economic value, and relationship with economic development. It also examines the key factors influencing fuelwood consumption and its impact on biodiversity. The findings reveal that global fuelwood consumption increased by 8.30% during this period, while per capita consumption declined by 15.81%. Simultaneously, the global market value of fuelwood nearly doubled, rising from \$57,527.6 million in 2000 to \$165,165.7 million in 2021. Economic development has driven this overall increase in fuelwood consumption, although per capita consumption follows an inverted “S” curve, correlating with economic growth stages. Low- and middle-income countries remain heavily dependent on fuelwood, which presents greater risks to livelihood security, while high-income countries enjoy more stable and sustainable conditions. Fuelwood consumption is concentrated in countries with lower biodiversity, where it has increasingly negative effects on global habitat quality. In low-income countries that rely heavily on fuelwood, the overexploitation of forest resources poses a direct threat to biodiversity. These findings suggest that future policies should focus on improving fuelwood resource management in low-income countries by promoting alternative energy sources and enhancing energy efficiency. Such strategies could mitigate the ecological impacts and ensure sustainable development. Additionally, fostering energy diversification and efficiency is essential for the long-term sustainable use of fuelwood resources worldwide.

Keywords: Fuelwood; economic value; GDP; biodiversity; sustainable development

High importance of migratory birds for plant-frugivore interactions on reservoir islands

LI Wande^{1,2}, GRASS Ingo^{2,3}, ZHU Chen⁴, HILLER Thomas^{2,3}, KASTEN Marit Kinga^{2,3}, BECKER David^{2,3}, TASSONI Sara^{2,3}, DING Ping⁴, and SI Xingfeng^{1*}

1. Zhejiang Zhoushan Island Ecosystem Observation and Research Station, Institute of Eco-Chongming, Zhejiang Tiantong Forest Ecosystem National Observation and Research Station, School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, 200241

Shanghai, China;

2. Ecology of Tropical Agricultural Systems, Institute of Agricultural Sciences in the Tropics, University of Hohenheim, 70599 Stuttgart, Germany;.

3. Center for Biodiversity and Integrative Taxonomy (KomBioTa), University of Hohenheim, 70599 Stuttgart, Germany;

4. MOE Key Laboratory of Biosystems Homeostasis and Protection, College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, 310058 Zhejiang, China
sixf@des.ecnu.edu.cn

Seed dispersal mediated by frugivorous birds is a crucial ecological process with significant implications for forest regeneration and biodiversity conservation. Migratory birds, with their remarkable long-distance dispersal capabilities, can play a key role in seed dispersal. However, our understanding of the role of migratory birds in plant-frugivore interactions remains limited. In this study, we recorded 11,635 interactions between fruiting plants and frugivorous birds using arboreal camera traps on 13 forested islands during the main fruiting period over three years. These interactions involved 48 bird species, of which 15 were migratory. Interactions between migratory birds and fruiting plants were widespread, with two-thirds of all plant species interacting with migratory birds. The species richness of migratory birds involved in plant-frugivore interactions increased with island area. However, the proportion of migratory frugivorous birds relative to the total frugivorous bird community was higher on smaller islands. Furthermore, plant-frugivore interactions involving migrants exhibited distinct temporal dynamics, with peak interaction periods consistently occurring from October to January across the study years. These findings highlight the dynamic nature of seed dispersal environments and the crucial role of migratory frugivores in maintaining plant-frugivore interactions in fragmented habitats. Future research should focus on how to facilitate the conservation of migratory birds in order to

maintain their important ecological role in plant-frugivore interactions and seed dispersal in fragmented landscapes.

Keywords: seed dispersal, frugivore, fruit-eating birds, habitat fragmentation, island biogeography, migratory birds, plant-bird interaction, temporal dynamics, Thousand Island Lake

基于不同生境的北京城市公园绿地自生植物分布特征研究

李晓璐, 张梦园, 范舒欣, 骆沁宇, 李一彤, 董丽*

北京林业大学 园林学院 北京 100083

dongli@bjfu.edu.cn

长期以来城市绿地大量应用数量有限的以观赏效果为主要目标的栽培植物品种并进行高精度的养护管理,不仅造成了景观同质化问题,更是削弱了城市绿地的生物多样性支持功能。自生植物生命力顽强且具有独特的环境适应性和敏感性,可对环境变化作出迅速反应而自然更新,在低维护景观营建中起到关键作用。为了探究在公园环境中不同生境下自生植物物种组成和分布特征,该研究以北京市9个城市公园绿地为研究样地,将其生境分为人工草坪、栽培乔木群落等11种类型,调查和分析了这些生境下自生植物的物种组成和多样性特征,结果表明:①自生植物共记录到247种,隶属于67科、179属,以乡土植物为主(70.45%);包含生活型6类,其中一、二年生草本植物最为丰富,共计99种,占物种数的40.08%;②不同频度类型中,在春季、夏季和秋季中都是低频种物种数量最多,分别占该季物种总数的66.88%、70.97%和73.91%;③在11类生境中,栽培乔草群落和滨水栽培群落支撑了最多的自生植物,分别为163和134种;与其他生境相比,假山叠石和未种植地生境自生植物的多样性更高。研究显示,在公园中加强对自生植物多样栖息地的营建,才能更好地保护城市的植物多样性。

关键词: 公园绿地; 生境; 自生植物; 城市生物多样性

国家公园社区支持游憩的空间模式选择

余翩翩¹, 刘彦彤¹, 潘恺晨¹, 洪静萱¹, 徐姝瑶¹, 张玉钧^{1,2,*}

1. 北京林业大学园林学院 北京 100083;

2. 北京林业大学国家公园研究中心 北京 100083

游憩利用是国家公园生态价值转化及全民公益性理念体现的关键途径，社区支持游憩（CBR）有助于将保护与社区生计联系起来，在保护生物多样性的同时促进社区发展。参考 CBR 理念并结合中国国情，提出国家公园 CBR 的概念内涵，建立涵盖空间分布特征、关键影响要素和可持续性水平的国家公园 CBR 发展潜力评价分类体系，对国家公园 CBR 模式适宜社区进行空间识别和类型划分。并以武夷山国家公园为例开展实证研究，通过综合考虑社区空间分布特征和资源特点得到 CBR 适宜性评价，进而从生态、社会、经济、制度和技术五个维度对比 8 个典型社区的游憩可持续性水平差异及各维度的属性影响力，得到 CBR 的发展潜力评价，以此为依据将社区划分为游憩驱动型、特色挖掘型、协调发展型和保护优先型 4 种 CBR 发展模式，并从游憩服务功能、空间布局及管理措施等方面，剖析 CBR 在中国国家公园社区的实施路径，以期促进自然保护与社区福祉的双赢，为制定和优化国家公园游憩发展策略提供决策支持。

关键词：国家公园；社区支持游憩；发展潜力；空间模式；武夷山国家公园

低维护景观会成为植物入侵的窗口吗？——对自生植物景观管理方法的探讨

姚兴达^{1,2}, 李健^{1,*}

1. 浙江农林大学 杭州 311300;
2. 浙江省园林植物与花卉研究所 杭州 311251

lijian@zafu.edu.cn

【目的】入侵植物是低维护植物景观营建中不可回避的问题，研究入侵植物对自生植物景观的影响机制对自生植物景观化应用和管理具有重要意义。**【方法】**该研究采用分层随机抽样对西溪湿地草本层自生植物群落进行调查，分析了外来入侵植物在自生植物景观中的入侵现状，并从群落物种多样性、群落结构、生态位重叠和物种聚类等方面探讨了入侵植物对自生植物景观的影响机制。**【主要结果】**1) 优势入侵种泛滥造成西溪湿地不同生境间的景观均质化，其他入侵种的生境间差异改变了各生境景观异质性的表现形式，从而影响整体的景观风貌；2) 入侵植物能够影响群落的物种组成和多样性特征，从而改变自生植物群落的景观外貌；3) 根据西溪湿地外来植物入侵的主要群落类型，分别提出了能够有效控制入侵植物蔓延的低维护景观管理方法，为西溪湿地保护与管理提供了科学建议。

关键词：入侵植物；自生植物景观；低维护

国家公园居民对当地旅游支持意愿的影响机制

刘彦彤¹, 余翩翩¹, 张玉钧^{1,2,*}

1. 北京林业大学园林学院 北京 100083;
2. 北京林业大学国家公园研究中心 北京 100083

yjzhang622@foxmail.com

社区居民是国家公园发展过程中的重要利益主体,研究其关于旅游发展的感知与态度既对国家公园生态保护与经济建设产生促进作用,又对和谐社会建设具有理论与实践意义。为厘清作用机制,本文以大熊猫国家公园唐家河片区为案例,从社区居民感知视角出发,运用结构方程模型,以社区旅游增权为中介变量,探究社会公平感对旅游发展支持度的影响机理。基于326份有效问卷,运用结构方程模型实证检验了构成社会公平感知的分配公平、程序公平和互动公平的3个维度与社区旅游增权对社区旅游发展支持度的作用机制。结果表明:1)社会公平感知的3个维度都对旅游发展支持度有着显著的积极影响;2)社会公平感知是社区旅游增权的重要驱动因素;3)社区旅游增权(4个纬度)在社会公平感知与旅游发展支持意愿之间起着部分中介作用。本文以期为国家公园周边社区提升生活质量,增强旅游发展满意程度,提供参与旅游活动内生动力提供指导。

关键词：国家公园；社区支持游憩；发展潜力；空间模式；武夷山国家公园

Insect herbivory on woody broadleaf seedlings along a subtropical elevational gradient supports the resource concentration hypothesis

Wang Xiaoran^{1,2}, Chen Lin³, Zhang Hongwei¹, Liu Pengcheng¹, Shang Xiaofan¹, Wang Fang¹,

Zhang Zhaochen⁴, Zhao Jingchao¹, Sun Mufan¹, Chen Junhong¹, and Zhang Jian^{1,2,*}

1. Center for Global Change and Complex Ecosystems, Zhejiang Tiantong Forest Ecosystem National Observation and Research Station, School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai, 200241, China

2. Shanghai Institute of Pollution Control and Ecological Security, Shanghai 200092, China

3. Administration of Guanshan National Nature Reserve, Yichun, 336300, China

4. Lushan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Jiujiang, 332900, China

jzhang@des.ecnu.edu.cn

Theories of plant–herbivore interactions hold that seedlings are more vulnerable to herbivory in warmer and more stable climates at lower elevations. Hypotheses of plant apparency, resource concentration, and resource availability have been proposed to explain variability in leaf herbivory. However, seasonal differences in the effects of these hypotheses on leaf herbivory on seedlings remain unclear. **Methods:** We evaluated the three herbivory hypotheses by comparing the percentage and frequency of leaf herbivory in understory broadleaf seedlings in a subtropical forest in May (spring) and October (autumn) along an elevational gradient (290–1,370 m a.s.l.). In total, we measured 2890 leaves across 696 seedlings belonging to 95 species and used beta regressions to test the effects of plant apparency (e.g., leaf area, seedling height), resource concentration (e.g., plant species diversity), and resource availability (e.g., canopy openness, soil available N and P) on leaf herbivory. **Results:** Seedlings exhibited unimodal patterns of leaf herbivory along elevation, with drivers of leaf herbivory varying by the month. Variation in the frequency of leaf herbivory was best explained by the resource concentration hypothesis (e.g., plant species diversity) in both months, and herbivory was lower on seedlings in sites with higher plant diversity. Plant apparency hypothesis (e.g., leaf area, seedling height) was weakly supported only in spring, and the evidence for resource availability hypothesis (e.g., canopy openness, soil nutrients) was mixed. **Conclusions:** This study supports the resource concentration hypothesis and reveals the importance of seasonal difference on understanding leaf herbivory patterns and the drivers of plant diversity in subtropical forests.

Keywords: biotic interaction, plant apparency hypothesis, plant-insect interaction, resource availability hypothesis, seasonal difference

The relationship and mechanism of tree species diversity and stand structural complexity in Tiantong's 20 ha dynamic plot

JIN Chao ¹, YANG Jing ¹, and SHEN Guochun ^{1, 2, *}

1. Zhejiang Tiantong Forest Ecosystem National Observation and Research Station, School of

Ecological and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200241;
2. Shanghai Institute of Pollution Control and Ecological Security, 1515 North Zhongshan Rd.
(No.2), Shanghai 200092
gcshen@des.ecnu.edu.cn

The relationship between tree species diversity and stand structural complexity plays a crucial role in maintaining forest ecosystem functioning, but this relationship remains controversial in natural forest ecosystems. Here, we used the field measurements and aerial lidar from the Tiantong's 20-ha forest community to explore the relationship between tree species diversity and stand structural complexity in natural forests. Considering the difference between control experiments and natural forests, stand density and canopy height were parameterized to examine how these variables varied within communities to obscure the direction between tree species diversity and stand structural complexity. Our study found that tree species diversity was negatively related to stand structural complexity in the Tiantongshan forest community, and the variation of stand density and canopy height within communities is a fundamental driver of this relationship from positive to negative. Furthermore, more species and lower stand structural complexity can be observed in communities with higher stand density. Taller canopy height often indicates that more space can be potentially filled by canopy but also decreases tree species diversity by excluding the shade-intolerance species in the understory. We conclude that the positive or negative direction of tree species diversity and stand structural complexity may change with the variation of stand density and canopy height within the forest community.

Keyword: stand structural complexity, tree species diversity, lidar, niche space, canopy height

河南省黑鹳种群现状及适宜栖息地分布研究

王雅心, 朱艳军, 侯银梦, 陈晓虹*
河南师范大学 生命科学学院 河南省太行山森林生态系统科学野外观测研究站 新乡
453007
xhchen-xx@sohu.com

黑鹳 (*Ciconia nigra*), 国家一级重点保护野生动物, 其种群现状和分布范围一直是其种群生态学和保护生物学的重点研究内容。然而, 河南省对黑鹳种群现状和分布尚缺乏系统

性研究。本研究结合样线法、文献法、和在线数据库记录，对河南省黑鹳的种群现状进行研究，并基于 198 个分布位点和气候、地形、植被、水源及人为干扰等 29 项环境因子，使用最大熵（Maxent）模型模拟河南省黑鹳的适宜栖息地。结果显示：（1）黑鹳在河南省主要分布于黄河湿地和西部山区；（2）越冬期集中于 11 月至次年 2 月，少数在河南繁殖；越冬期最大种群数量出现在 2023 年 11 月-2024 年 2 月，121 只；繁殖期最大种群数量出现在 2023 年，47 只；（3）越冬期和繁殖期的活动集中分布于海拔 0~200 m 和 500~1000 m 范围；（4）Maxent 模型对黑鹳适宜栖息地的模拟结果优秀（AUC=0.917），最暖季度降水量（bio18）、坡向（asp）、到河流距离（dis_river）和归一化植被指数（NDVI）是影响适宜栖息地分布的主要环境因子；（5）高、中、低适生区面积分别为 1,317 km²、1,010 km²、3,077 km²，主要分布于河南黄河湿地，以及西部山区的洛河、伊河流域，整体沿河流呈带状分布。

关键词：河南省；黑鹳；种群现状；Maxent 模型；适宜栖息地

河南太行山华北豹时空分布格局及栖息地预测

韩仡博，马富明，陈晓虹*

河南师范大学 生命科学学院 河南省太行山森林生态系统野外科学观测研究站 新乡

453007

xhchen-xx@sohu.com

华北豹（*Panthera pardus*）是国家一级重点保护野生动物，对华北地区生态系统具有重要意义。然而，河南太行山华北豹的种群数量、时空分布等缺乏详细数据，不利于华北豹生存现状的评估和保护。本研究在太行山猕猴国家级自然保护区及周边采用踏查法、红外相机法（196 台红外相机 79 个月的监测数据）、Biomod2 物种分布模型预测、人工个体识别和深度神经网络 AI 模型个体识别技术，以分析华北豹的资源现状、时空分布和潜在栖息地。通过监测，有 7 台相机获得 2375 张华北豹影像，识别华北豹 39 只，其中济源 30 只，焦作 9 只，种群稳定且两地个体没有交流。华北豹主要在海拔 1,200 至 1,400m 的落叶阔叶林活动，最大活动面积 181.10km²，日活动高峰 18:00 至 22:00。预测潜在栖息地面积 885.82km²，高适生区 468.46km²，大部分位于保护区内。华北豹栖息地鸟兽资源丰富，可为华北豹的生存繁衍提供充足的食物。华北豹栖息地受人为干扰较大，98.11% 相机位点发现人类活动，2 个居民点距华北豹最近活动位点不足 1km。研究为华北豹的保护和太行山国家公园建设提供了科学依据。

关键词: 华北豹; 太行山; 种群资源; 时空分布格局; 潜在栖息地

伏牛山南坡不同相对密度梯度锐齿槲栎林地上生物量驱动 因素研究

王冠杰¹, 杨柳¹, 王婷¹, 于晨一¹, 刘升云¹, 李镇江¹, 陈志成^{2,3,4}

1. 河南农业大学 林学院 郑州 450046;
2. 国家林业局 森林保护学重点实验室 北京 100714;
3. 中国林业科学研究院 森林生态环境与自然保护研究所 北京 100091;
4. 宝天曼森林生态系统国家野外科学观测研究站 南阳

tingwang@henau.edu.cn

森林地上生物量 (AGB) 在全球碳循环中发挥着关键作用, 以往研究已经对多种非生物和生物因素对地上生物量的影响进行研究, 而在北亚热带-暖温带过渡森林中, 这些因素对优势物种相对密度梯度上的地上生物量的影响机制尚不清楚。本研究基于锐齿槲 (*Quercus aliena* var. *acuteserrata*) 种群的九个相对密度梯度 (10% - 90%), 为每个梯度选择四块样地 (20 m × 20 m) 来探讨地上生物量的变化及其驱动因素。采用广义线性混合模型 (GLMM) 和结构方程模型 (SEM) 来分析变量之间的相互关系及其对地上生物量积累的多重影响。研究结果表明, 随着优势物种锐齿槲栎的相对密度增加, 地上生物量、土壤养分、种内竞争强度和进化多样性显著增加, 而物种多样性、种内和种间胸径变异系数和种间竞争强度均显著降低。GLMM 和 SEM 分析表明, 土壤养分通过调节树木生物多样性和种间排斥压力 (种间胸径变异系数和竞争强度), 对群落地上生物量的积累具有极为显著的积极作用。物种多样性和种间胸径变异系数对地上生物量有负面影响, 而优势物种的竞争强度则有正向作用。研究表明优势物种的密度依赖效应可能是导致该过渡区地上生物量积累增加的潜在原因。我们的研究为预测生物多样性、林分结构和土壤养分变化对森林碳汇和森林生态系统管理提供了有益的见解。

关键词: 锐齿槲栎; 地上生物量; 密度依赖性的选择效应; 相对密度; 伏牛山

基于文献计量学的森林土壤碳汇与碳源比较分析:发展、热点与趋势

Liu Qi^{1, 2, 3}, Wang Shengqiang^{2, *}, Ma Ruixia^{1, 3}, Huang Fuzhao^{1, 3}, Li Jianxing^{1, 3}, Ye Shaoming², and Guo Yili^{1, 3, *}

1. Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi, 541006, China

2. Guangxi Colleges and Universities Key Laboratory for Cultivation and Utilization of Subtropical Forest Plantation, Guangxi Key Laboratory of Forest Ecology and Conservation, College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China

3. Nonggang Karst Ecosystem Observation and Research Station of Guangxi, Chongzuo, Guangxi, 532499, China"

yiligu0810414@163.com; shengqiang@gxu.edu.cn

森林碳汇在减缓气候变化方面发挥着至关重要的作用,土壤是森林生态系统碳库的重要组成部分。森林土壤的碳源和碳汇广受学术界关注。本文采用文献计量学方法,对森林土壤碳汇和碳源研究的发文和合作、重要理论以及热点趋势进行了回顾和比较。我们发现森林土壤碳源的发文量远远超过碳汇,且两者趋势具有显著的相关性。美国、中国、欧洲国家和机构在合作研究方面表现出色。在森林土壤碳汇研究中,被引最多的前 10 篇文章集中在气候变化、土壤呼吸和大规模调查方面。对于森林土壤碳源,重点是气候变化和土壤有机质。碳汇研究滞后于碳源研究,许多热点问题尚未解决。森林土壤碳汇和碳源的研究在技术方法、温室气体、生态系统类型、生态系统过程和功能等方面都取得了进展。为了今后的发展,我们建议: (a)为测量和计算土壤碳库和系统地审查现有模型制定统一的技术程序和培训; (b)补充关于碳、氮和水循环耦合的研究; (c)增加长期动态监测,以考虑气候、植被和动物变化对森林土壤碳的影响; (d)设计有效的森林土壤碳项目,促进碳交易市场,提高社会对森林土壤碳的认识。

关键词: 森林土壤; 碳汇; 碳源; 文献计量学

RAD-seq data for *Engelhardia roxburghiana* provide insights into the palaeogeography of Hainan Island and its relationship to mainland China

HUANG Pei-Han^{1,2,6}, WANG Tian-Rui^{2,3}, LI Min^{1,6}, LU Zi-Jia^{2,5}, SU Ren-Ping^{1,6}, FANG Ou-Yan^{1,6}, LI Lang¹, ZHOU Shi-Shun⁴, TAN Yun-Hong⁴, MENG Hong-Hu^{1,4,*}, SONG Yi-Gang^{2,*} and LI Jie^{1,*}

1. Plant Phylogenetics and Conservation Group, Center for Integrative Conservation & Yunnan Key Laboratory for Conservation of Tropical Rainforests and Asian Elephants, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla 666303, China;
2. Eastern China Conservation Centre for Wild Endangered Plant Resources, Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602, China;
3. Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China;
4. Southeast Asia Biodiversity Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Nay Pyi Taw 05282, Myanmar;
5. College of Life Sciences, Shanghai Normal University, 100 Guilin Rd., Shanghai 200234, China;
6. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
menghonghu@xtbg.ac.cn; ygsong@cemps.ac.cn; jieli@xtbg.ac.cn

Hainan Island in southern China is situated within the Indo-Burma biodiversity hotspot, and has attracted the attention of evolutionary biologists, geologists, and biogeographers. However, the palaeogeography of Hainan Island and its relationship with mainland China remains contested. In this paper, we report RAD-seq data for *Engelhardia roxburghiana* populations from Hainan Island and adjacent mainland areas to identify genetic diversity, structure, divergence time, and demographic dynamics over geologic time. Findings were assessed using climate model data to constrain suitable distribution areas. Results indicate that *E. roxburghiana* dispersed from the Chinese mainland to Hainan Island via a hypothetical land bridge during the late Eocene so that the drift of Hainan Island was impossible. We cast doubt on the hypothesis that Hainan Island was connected to Vietnam and Guangxi at this time. We emphasize that higher genetic diversity in the Yunnan-Guizhou Plateau and Chiang-nan regions is the result of mixed populations or the existence of refugia, and lower genetic diversity in the Indochina Peninsula is due to a historical bottleneck. From the late Eocene to Oligocene, the arid belt that dominated East Asia retreated,

facilitating the expansion of *E. roxburghiana* from the Indochina Peninsula to southern China. The main diversification of *E. roxburghiana* occurred in the Miocene following the strengthening precipitation within the East Asian Summer Monsoon. Climatic oscillations during the Quaternary led to the contraction of *E. roxburghiana* in the Indochina Peninsula, with expansion after Last Glacial Period (LGP; 119 to 11.7 ka). Southern China has served as a refugium and continues to do so in the future. In summary, our study elucidates the evolutionary trajectory of *E. roxburghiana* through large-scale sampling, providing insights into the palaeogeography of Hainan Island and its biogeographic relationships with adjacent mainlands.

Keywords: Hainan Island, geology history, evolutionary trajectory, RAD-seq, *Engelhardia roxburghiana*

河南大别山国家级自然保护区鸟兽多样性及时空分布

王晶钰, 侯银梦, 马富明, 王同行, 王雅心, 陈卓, 陈晓虹*

河南师范大学 生命科学学院 郑州 453007

河南省太行山森林生态系统野外科学观测研究站 新乡 453007

xhchen-xx@sohu.com

河南大别山国家级自然保护区位于大别山北麓腹地, 地处中国南北地理分界线。为摸清该地鸟兽多样性及时空分布, 本研究基于红外相机调查法于2021~2023年进行鸟兽资源调查。结果表明: (1) 该地记录到鸟兽12目23科49种, 其中鸟类7目13科35种, 兽类5目10科14种; 国家一级重点保护野生动物3种, 分别是白冠长尾雉、安徽麝和林麝; 国家二级10种。(2) 鸟类相对多度指数居前3位的是白冠长尾雉、勺鸡、山斑鸠; 兽类相对多度指数居前3位的是小麂、花面狸、野猪。(3) 鸟类种数春季最多、26种, 夏季最少; 兽类物种数四季均衡。(4) 日活动节律显示: 鸟类白冠长尾雉呈单峰型, 勺鸡和环颈雉呈双峰型; 兽类林麝、野猪、猪獾、黄鼬和鼬獾呈单峰型, 小麂、亚洲狗獾呈双峰型, 安徽麝有3个活动高峰。(5) 鸟类垂直分布多呈单峰型, 兽类均呈复合型。研究完善了保护区鸟兽类资源多样性和时空分布信息, 为鸟兽多样性保护和管理提供了科学依据。

关键词: 鸟兽多样性; 河南大别山国家级自然保护区; 红外相机; 时空分布

河南黄河湿地植物及优势植物真菌多样性研究

刘雯君, 邵毅贞, 陈云, 袁志良*

河南农业大学 生命科学学院 郑州 450046

yzlsci@163.com

湿地生态系统承担着重要的生态功能, 但河南省内黄河湿地植物多样性的分布尚不明确, 植物群落和土壤真菌相互作用机制仍不清楚。本研究基于河南省内设置的 18 个大样地数据为基础, 分析探究河南省黄河流域植物多样性情况及不同植物群落与土壤真菌的相互作用机制。结果显示: (1) 河南黄河湿地植物共有 182 种, 隶属于 46 科 136 属, 植物区系组成主要以热带型和温带型分布为主。不同区域湿地中植物的分布存在显著差异。(2) 5 种植物群落类型间真菌 α 多样性差异较大, 真菌优势门均为子囊菌门 (Ascomycota)。(3) 5 种群落类型间真菌网络复杂性差异较大。钻叶紫菀群落的真菌网络稳定性最高, 芦苇和假苇拂子茅的网络稳定性较差。(4) 土壤理化性质对不同植物群落的真菌群落结构影响差异较大。PH、含水率以及有机质是主要影响因素。我们的研究探讨了河南黄河湿地植物多样性分布情况以及不同植物群落间土壤真菌多样性的差异, 为河南湿地植物引种和生态保护提供了理论依据。

关键词: 河南黄河湿地; 植物多样性; 植物群落; 真菌多样性

北热带喀斯特季节性雨林土壤细菌多样性分布格局及其影响因子

杨美雪^{1,2,3}, 罗婷^{1,2,3}, 钟艺倩^{1,2,3}, 吴森锐^{2,3}, 陶旺兰^{2,3}, 陆芳^{2,3}, 王斌^{2,3}, 向悟生^{2,3},
唐年武^{2,3,*}, 李先琨^{2,3,*}

1. 广西师范大学 生命科学学院 桂林 541006;
2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物所 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室
桂林 541006;
3. 弄岗喀斯特生态系统广西野外科学观测研究站 崇左 532499
tangnianwu@163.com; xiankunli@163.com

为探究北热带喀斯特季节性雨林土壤细菌多样性分布特征及影响因子, 给该地区土壤微生物多样性及其维持机制的解析提供参考依据。以弄岗北热带喀斯特季节性雨林 15 公顷长

期动态监测样地（以下简称弄岗样地）为例，运用扩增子（16S rRNA 基因）高通量测序技术及相关方法对其土壤细菌群落组成、多样性分布格局及其潜在影响因子进行分析。研究发现：弄岗样地土壤共包含细菌 OTU（操作分类单元）5,841 个，隶属于 35 门、104 纲、242 目、373 科、677 属与 1,501 种，主要优势细菌门为变形菌门、放线菌门、酸杆菌门等；洼地与中坡生境的优势细菌门都为变形菌门，山顶生境则为放线菌门；生境水平上，土壤细菌总 OTU 数与特异 OTU 数呈现出洼地大于中坡、中坡大于山顶规律，群丛水平上尽管山顶群丛（HH）的 OTU 总数显著少于其他群丛，但其特异 OTU 数量却是最多。土壤细菌多样性指数在洼地与中坡生境间差异不明显，但山顶显著低于洼地与中坡生境，群丛 HH 也显著低于其他群丛。PCoA 表明，土壤细菌群落结构在不同生境及群丛中存在明显差异；LEfSe 表明，洼地与山顶生境标志类群较多，中坡的差异指示种最少；相关性（Spearman correlation 与 Mantel test）及 RDA 表明，海拔（ELE）是影响不同生境土壤细菌分布的主要因子，土壤有机碳（SOC）、碱解氮（AN）及速效磷（AP）影响次之。Tax4Fun 功能预测显示：土壤细菌群落功能在不同生境及群丛间存在显著性差异，其中山顶最为特殊。本研究揭示了弄岗样地的土壤细菌群落组成及其多样性分布格局，明确了海拔是影响其分布的首要因子。

关键词：喀斯特季节性雨林；土壤细菌；群落多样性；生境；海拔；理化因子

喀斯特季节性雨林优势树种叶片非结构性碳水化合物空间 变异及生态驱动因素

钟艺倩^{1,2,3}，杨美雪^{1,2,3}，吴森锐^{1,2}，王艳萍^{1,2,3}，陆芳^{1,2}，陶旺兰^{1,2}，李健星^{1,2}，赵弘明^{1,2}，向悟生^{1,2}，王斌^{1,2,*}，李先琨^{1,2,*}

1. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室 桂林 541006;
2. 弄岗喀斯特生态系统广西野外科学观测研究站 崇左 532499;
3. 广西师范大学 生命科学学院 桂林 541006
wangbinzjcc@qq.com; xiankunli@163.com

为明确北热带喀斯特季节性雨林优势植物叶片非结构性碳水化合物（NSC）含量的空间差异及其生态驱动因素，本研究以喀斯特季节性雨林不同生境条件下 31 个优势树种为研究对象，分析其叶片 NSC、可溶性糖、淀粉含量及糖淀粉比的空间变异，并探讨了这些变异与地形特征、土壤性质、生物群落属性及叶片功能性状之间复杂的内在关系。研究发现：(1) 在洼地、中坡、山顶三个生境中，优势树种叶片 NSC 及其组分的含量表现出显著的空间差异，

整体呈现山顶>中坡>洼地的趋势。(2) NSC 的空间变异受多种生态因子的综合调控。平均海拔、叶厚度、群落内树木平均胸径及南北坡向对 NSC 含量具有显著正向影响；而群落内树木平均高度、土壤有机质含量则与 NSC 含量显著负相关。(3) NSC 组分中，可溶性糖占据主导地位，其含量与多种生态因子正相关，但与土壤有机质含量负相关；糖淀粉比与平均海拔、叶厚度、群落物种丰富度以及群落平均高度正相关，而与坡度和土壤有机质含量负相关。以上结果表明喀斯特季节性雨林中优势树种叶片 NSC 及其组分存在显著的空间变异，并与多种生态因子密切相关，反映了不同生境条件下优势树种具有不同的非结构性碳水化合物积累策略和环境适应机制。

关键词： 非结构性碳水化合物；空间变异；生态驱动因素；喀斯特季节性雨林

不同火烈度下亚热带半湿润常绿阔叶林火烧迹地植被恢复特征

苏维翰^{1,3}, 邓云^{1,2,*}, 苏跃波¹, 林露湘^{1,2}

1. 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室 云南勐腊 666303
2. 云南西双版纳森林生态系统国家野外科学观测研究站 云南勐腊 666303
3. 中国科学院大学 北京 100049

dy@xtbg.org.cn

次生林演替过程中的功能种组迭代和适应策略变化是全球变化背景下森林生态系统保护与恢复研究中的热点问题。传统研究重视植物功能性状在生长-存活权衡关系 (growth–survival trade-off) 的同时，对树型-更新权衡关系 (stature–recruitment trade-off) 在次生林演替进程中的变化规律却仍不明确。为了解人为和历史干扰频繁的滇中高原地区的亚热带半湿润常绿阔叶林次生林演替进程中林冠树种的功能多样性在树型-更新权衡关系中的选择策略变化规律，本研究以大理鸡足山余金庵 40 年前经历火烧且烈度通过差值归一化燃烧指数 (difference Normalized Burn Ratio, dNBR) 定量评估的火烧迹地为研究平台展开。结果表明：(1) 运用多元回归树 (Multivariate Regression Trees, MRT) 将研究区样方划分为未干扰 (I)、中低度 (II) 和中高度 (III) 3 个林火强度聚类组；(2) 聚类组II和III的物种丰富度随径级的减小而增加，各聚类组的多度均在 $10 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 20 \text{ cm}$ 时最大；(3) 非度量多维尺度 (Nonmetric Multidimensional Scaling, NMDS) 结果表明，随着径级的降低，聚类组II和III与聚类组I的群落组成逐渐趋于一致，且聚类组II率先趋近于聚类组I；(4) Mantel 检

验结果表明, 常绿树种在 DBH ≥ 10 cm 时与 dNBR 存在显著正关联; (5) 根据群落加权平均性状值 (Community Weighted Mean, CWM) 结果, 聚类组II和III物种水平的种子最大长度、强分枝、木质密度性状均随径级的减小而增加, 而最大树高性状趋势与之相反。本研究结果阐明了不同径级中物种丰富度、群落相似性及功能性状等多维属性在不同林火烈度下的差异, 揭示了次生亚热带半湿润常绿阔叶林林冠层恢复过程中的多样性变化和适应策略转变, 将为当地亚热带半湿润常绿阔叶林的保护与恢复提供基础性的数据资料参考。

关键词: 林火强度; 生物多样性; 林冠种; 径级; 群落加权平均值

不同情境下中国特有植物多样性热区的变化

曹喆^{1,2}, 徐舒逸^{1,2}, 董水星^{1,2}, 俞方圆³, 黄继红^{1,2,*}, 许玥^{1,2}, 姚杰^{1,2}, 丁易^{1,2}, 臧润国^{1,2}

1. 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所 生物多样性保护国家林业和草原

局重点实验室 北京 100091;

2. 南京林业大学 南方林业创新中心 南京 210037;

3. 广州大学 地理科学与遥感学院 广州 510006

northalluvion@caf.ac.cn

气候和土地利用方式直接影响着物种的空间分布, 其可改变物种的空间分布, 进而导致物种多样性的空间分布格局发生显著变化。关于气候和土地利用变化引起的植物多样性空间分布格局发生怎样的变化尚鲜有报道。本研究以中国特有植物为研究对象, 基于中国特有乔木植物物种的空间地理分布数据, 运用 Biomod2 集成物种分布模型和 R 统计分析以及基于物种丰富度最高的前 5% 的热点区域识别方法, 分析了当前和未来 (2050 年 SSP1-2.6、SSP5-8.5 两种气候和土地利用情境) 中国特有乔木植物物种多样性热点地区空间分布的变化。结果表明, 当前和未来不同情景下, 热点地区都主要分布在山区, 但未来气候和土地利用变化明显影响了中国特有乔木植物物种多样性热点地区的空间分布。在当前, 共确定热地地区 15 个, 主要分布在南岭、天目山、武夷山、雁荡山、戴云山、罗霄山、雪峰山、武陵山、重庆东部和湖北西部山区; 在未来 SSP1-2.6 情境下, 热点地区共计 18 个, 主要分布并于戴云山、雁荡山、武夷山、南岭、贵州东部山区、秦岭、大巴山、武当山及横断山脉; 未来 SSP5-8.5 情境下, 热点地区共计 25 个, 主要分布于戴云山、雁荡山、武夷山、南岭、秦岭、武当山、横断山脉、西藏东南部山区。随着气候和土地利用变化的加剧, 热点地区的数量明显增加, 其空间分布的破碎化程度加剧。分布于武夷山一带的热点地区的面积减小, 而南岭、秦岭以及横断山脉一带的热点地区面积增加。热点地区的物种丰富度格局也发生了明

显的变化，当前物种最丰富区域主要集中于东部山地，武夷山、南岭；未来物种最丰富区域主要集中于中西部山地，秦岭、横断山脉。由此可见，气候和土地利用变化将显著改变中国特有乔木植物多样性热点地区的空间分布格局和物种组成。该研究可为全球变化背景下的区域尺度生物多样性保护提供科学依据。

关键词：特有植物；生物多样性；热点地区；气候和土地利用变化；物种分布模型

华北地区豹种群适宜栖息地变化研究

周丽娜，李彦，梁国付*

河南大学地理与环境学院 开封 475004

liangguofu@henu.edu.cn

保护大型食肉动物是全球生物多样性保护的重要研究内容。气候和土地利用变化是影响华北豹（*Panthera pardus japonensis*）数量和分布的关键因素，本研究旨在探讨未来不同气候情景下华北豹适宜栖息地的空间变化。通过利用 BioMod2 模型（RF、XGBOOST、CTA、FDA、GAM、GBM、GLM、MAXENT 8 种单一模型以及组合模型），结合华北豹出现点和影响华北豹分布的地理环境因素，模拟了 2050 年 4 个未来气候和土地利用变化情境下（SSP126、SSP245、SSP370、SSP585）下华北豹适宜栖息地的空间变化。结果表明，集合模型 TSS 和 AUC 均值分别为 0.864、0.978，与单一模型相比模型性能明显提高，影响华北豹分布的前 3 个重要环境变量因子为森林覆盖度、降水量和人口密度。当前华北豹的适宜栖息地主要分布在研究区的南部和西部，在 SSP126 情景下，华北豹的适宜栖息地面积远大于当前的面积。未来的 4 个气候情景下，随着时间的推移，栖息地的适宜性明显下降，高度适宜栖息地和中等适宜栖息地面积大幅度减少。本研究能为大型食肉动物的保护和可持续管理提供参考。

关键词：华北豹；生境适宜性；BioMod2 模型；生物多样性保护

旅游仪式感对自然保护地志愿旅游者角色认同的影响研究

张婷，张海霞*

（浙江工商大学 杭州 310000）

avivachang@126.com

自然保护地志愿者服务是社会力量参与自然保护地供给的重要形式之一,志愿者对角色的认同有助于其将集体意识融入个人意识,为自然保护地保护和发展贡献个人力量。如何使志愿旅游者在自然保护地志愿服务和旅游休闲中获得对其角色的认同,以实现其对自然保护地的认同与保护落地,是自然保护地建设与管理需要解决的关键问题。研究采用结构方程模型,研究自然保护地志愿旅游者的旅游仪式感对其角色认同“认知—情感—行为”三维度的影响。研究发现:(1)志愿旅游者的旅游仪式感包含象征性、场域性、形式性、反结构性、区分性和隔离性六大属性维度,旅游仪式感的产生以及对志愿旅游者角色认同的影响通过其二阶潜变量的作用发挥来实现;(2)旅游仪式感对志愿旅游者角色认同具有正向影响,其中对角色情感的正向影响效应最大。该研究在自然保护地情境下验证了志愿旅游者的旅游仪式感与角色认同间的作用关系,丰富了旅游仪式理论和角色认同理论的应用场景。

关键词: 自然保护地; 志愿旅游者; 旅游仪式感; 角色认同; 丹霞山世界自然遗产地

额尔古纳风景名胜区典型北方草原生物多样性保护与旅游 发展协调机制研究

顾轩瑞, 晁储同, 王忠君*

北京林业大学 北京 100091

wangzj814@bjfu.edu.cn

额尔古纳国家级风景名胜区作为典型的北方草原生态系统、呼伦贝尔国家公园候选区的重要组成部分,在区域生态安全中扮演着至关重要的角色,也面临着区域划分零散、外围空间被农牧业占用、保护分区划分不合理等问题。研究基于 GIS 空间分析,构建由地形地貌、土地类型、植被覆盖、生物多样性、人类活动等指标组成的生态敏感评价指标体系,开展单项因子和综合的生态敏感性评价。根据评价结果,在风景名胜区中规划以资源保育区为核心的保护分区体系。在此基础上探讨了在现有的现实和制度条件下,如何就已经形成的相互隔离的岛屿状生态系统开展生态保护活动,协调保护与旅游开发之间的关系。最终为额尔古纳风景名胜区以及其他类似区域的生物多样性保护与可持续旅游发展提供实践参考,具体保护措施包括最大化自然群落的保护以及实施人工生态修复等。

关键词: 风景名胜区; 国家公园与就地保护; 生态敏感性评价

成熟天坑土壤古菌多样性和功能研究

姚璐^{1,2}, 杨俊博², 王晓慧², 王柯懿², 曾丹娟², 莫凌², 蒲高忠^{2,*}

1. 广西大学 资源环境与材料学院 南宁 530004;
2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所 广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室 桂林 541006
pukouchy@163.com

【目的】天坑是岩溶地区呈漏斗或竖井状、深度与开口平面宽度约百米及以上的巨大塌陷负地形。成熟天坑具有完整的侧壁，保育了独特的生物资源。但罕有研究调查成熟天坑的土壤古菌多样性。**【方法】**用高通量测序技术测定了贵州 4 个成熟天坑土壤古菌多样性，根据 FAPROTAX 数据库和 PICRUSt2 软件预测古菌功能。**【结果】**天坑土壤古菌的优势门、属、种分别为 Crenarchaeota、Nitrosphaeraceae 科的未知属和未知种，相对丰度分别为 78.4~99.4%、60.3~77.9% 和 35.7~61.6%。天坑土壤的古菌物种丰富度、代谢功能如细胞运动和脂质转运和代谢等显著低于天坑外，但养分循环相关的功能如硝化和甲基营养、以及代谢功能如核苷酸运输和代谢、RNA 生成和修饰等显著高于天坑外。此外，天坑古菌的共存关系与天坑外明显不同。**【结论】**天坑内的古菌多样性和功能与周边地区明显不同，成熟天坑内丰富的土壤养分驱动了较高的古菌养分循环相关功能。本研究揭示了成熟天坑对西南岩溶地区土壤古菌多样性的影响，对岩溶地区土壤资源利用具有现实意义。

关键词：土壤生态学；岩溶天坑；微生物多样性；古菌

盐碱湿地植物群落对生物炭添加的响应特征

王子怡¹, 贺梦璇¹, 卢学强², 蒙梓睿¹, 刘杰³, 莫训强^{1,*}

1. 天津师范大学 地理学部 天津 300387;
2. 南开大学 环境科学与工程学院 天津 300350;
3. 兰州大学 草地农业生态系统国家重点实验室 草地微生物研究中心 兰州 730000
421973@163.com

生物炭作为土壤改良剂在修复盐碱土壤中表现出良好的成效，但盐碱湿地植物群落对生物炭添加的响应特征仍有待补充。本研究通过土壤种子库构建自然萌发的湿地植物群落。采用温室盆栽实验，添加 1%、3% 和 5% (w/w) 浓度的核桃壳生物炭 (*Juglans regia* biochar, JBC)、互花米草生物炭 (*Spartina alterniflora* biochar, SBC) 和黄顶菊生物炭 (*Flaveria bidentis*

biochar, FBC), 探究不同类型和浓度的生物炭对盐碱土壤的修复效果及对湿地植物群落的潜在影响。研究结果表明: 施加生物炭有效提高了土壤 pH 和速效钾含量, 降低了土壤含盐量, 但对土壤氮和磷的养分含量提高不显著; 施加生物炭降低了植物群落的丰度、茎粗、株高和生物量, 其受土壤 pH、含盐量和养分水平的影响; 多数生物炭处理降低了群落物种多样性, 但群落功能多样性和稳定性因施加不同类型和浓度的生物炭而存在显著差异。研究结果还揭示群落稳定性受土壤因子限制外, 与群落多样性也密切相关。由于生物炭对植物群落产生潜在的负面影响, 应谨慎考虑生物炭用于改善盐碱湿地。

关键词: 生物炭; 盐碱湿地; 土壤理化性质; 植物群落

气候变化下的生物多样性保护进展评估——指标现状及建 议

刁澄怡, 申小莉*

中国科学院植物研究所 北京 100093

xlshen@ibcas.ac.cn

气候变化和生物多样性丧失是全球面临的两大环境问题, 同时也是两个紧密关联的问题。合理的指标可以准确地评估气候变化下的生物多样性现状, 并指导保护工作的进展。本研究系统查阅了《生物多样性公约》缔约方提交的 190 份第六次国家报告, 汇总了报告中用于评估与气候变化相关的爱知目标 10 (易受气候变化影响的生态系统) 和爱知目标 15 (生态系统的恢复和复原力) 执行进度的指标信息。我们根据三项属性 1) 减缓或适应 2) 基于行动或基于结果 3) 有无证据对指标进行了评分。报告中共计提供了 687 条指标, 其中, 与生物多样性直接相关的指标占 40%, 而生态系统的指标占比 (34%) 远大于物种 (4%) 和基因 (2%)。基于行动的指标比例 (54%, 例如制定政策、开展研究、管理保护地) 略高于基于结果的指标比例 (46%, 例如种群丰度、灭绝风险、保护地面积)。所有指标中, 有证据支撑的指标占比为 41%, 其中绝大多数来自经济发达的国家。为实现《昆蒙框架》的保护愿景, 我们建议分阶段推进气候变化下生物多样性保护的评估工作, 将基于行动的指标纳入到行动目标 8 的监测框架中。此外, 充足的资金是支撑气候变化保护规划的重要前提。缔约方应关注和援助低收入国家, 确保保护行动的切实落实, 从而提高生物多样性应对气候变化的能力。

关键词: 气候变化; 生物多样性; 评估指标; 监测

基于深度神经网络的华北豹个体识别

上官国庆¹, 何静², 申华磊^{1,3}, 陈晓虹^{2,4*}

1. 河南师范大学 计算机与信息工程学院 新乡 453007;
2. 河南师范大学 生命科学学院 新乡 453007;
3. 河南省教育人工智能与个性化学习重点实验室 新乡 453007;
4. 河南太行山森林生态系统野外科学观测研究站 新乡 453007

xhchen-xx@sohu.com

本研究基于深度学习技术构建一套华北豹个体识别系统,以支持野生华北豹的监测和保护工作。首先,对比和优化多种深度学习模型,选出最优架构。第二,收集不同环境下同一华北豹个体在不同时间节点的多个样本图像,以确保模型的鲁棒性。第三,建立并使用野生华北豹样本库以验证模型的精确度和鲁棒性;生成个体的数据库,评估模型在实际应用中的性能。第四,制定有效的模型更新策略,使模型适应野外数据的不断更新,确保其部署后的性能。最后,以上述研究为基础,开发一套野生华北豹自动监测系统,为其保护提供技术支持。

关键词: 华北豹; 个体识别; 深度学习; 计算机视觉

北京油鸡品种的形成和保护利用

孔源, 王宇占*, 赵毅强*

中国农业大学 生物学院 北京 100193

yiqiangz@cau.edu.cn

【目的】探究北京油鸡品种的来历、保种效果、性状选择和品种开发。**【方法】**选取 42 个中国地方鸡品种以及 2 个原鸡品种共 1,157 个样本的基因组重测序数据,结合群体结构分析、基因组全局相似性分析、局部精细祖源分析、选择信号分析等方法展开分析。**【结果】**北京油鸡的基因组结构复杂,全局祖源比例较为稳定,但局部祖源成分尚不稳定,其中河南正阳三黄鸡基因组中包含的祖先成分对其遗传贡献最高;近 10 年保种中存在基因组多态降低以及个体间局部单倍型祖源相似性增加的问题,可能是近交程度增加所导致的;选择信号分析中找到了五趾基因 *Lmbr1*,位于 Z 染色体上 12.21-13.89Mb 与产蛋量相关的区域,以及

与精子发生相关的基因 *Henmt1*。【结论】北京油鸡是个近期杂交培育的品种，河南正阳三黄鸡对其遗传贡献最大，近 10 年保种中近交程度有所增加，在其基因组上发现了与五趾、产蛋量以及弱精症相关的基因和区域，优良产蛋性状可能在品种培育时有意引入，而弱精症则可能是选择的副产品。

关键词：北京油鸡；全局祖源推断；保种；选择信号

可变剪接在平行进化中的作用及对进化潜力的影响：以刺鱼为例

罗嫚，胡俊韬*

复旦大学 生命科学学院 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 进化生物学研究中心
上海 200433
juntao_hu@fudan.edu.cn

理解在相同环境中发生的相似表型变化的可重复性（平行进化），揭示平行进化的分子基础，对于预测生物在全球变化背景下的进化潜力具有重要意义。目前，种群应对不同环境的基因表达差异已经得到广泛的研究，但转录后调控机制之一的可变剪接在平行进化中的作用及进化潜力知之甚少。本研究以三刺鱼（*Gasterosteus aculeatus*）为研究对象，利用来自加拿大（Ca1, Ca2）和苏格兰（Sc）的 3 对独立进化的海洋-淡水生态型种群的已发表的转录组测序数据，通过确定生态型对之间重复的差异表达或差异剪接的基因，比较平行表达和平行剪接位点之间的遗传结构和生物过程，比较基因表达和可变剪接水平上的平行性程度，分析了基因表达和可变剪接在平行进化中的进化潜力，结果发现，尽管在生态型对之间重复的差异性剪接和差异性表达都显示出平行分化的趋势，但可变剪接的平行性程度低于基因表达。此外，可变剪接和基因表达的平行分化可能与不同的顺式调控遗传变异和功能独特的基因集合有关。最后，我们发现相较于平行表达基因，平行剪接的基因具有更高的核苷酸多样性，这表明在平行进化过程中，可变剪接比基因表达具有更高的进化潜力。本研究从剪接水平上为自然选择的决定性在适应新环境中的作用提供了新的见解，强调了可变剪接在野生种群应对环境变化过程中的潜力，有助于我们了解动物应对环境变化的能力以及进化的可预测性。

关键词：可变剪接；基因表达；平行进化；进化潜力；三刺鱼（*Gasterosteus aculeatus*）

海南省野生维管植物编目

梁彩群¹, 陈玉凯², 杨小波^{1,*}, 张凯², 李东海¹, 江悦馨¹, 李婧涵¹, 王重阳¹, 张顺卫¹, 朱子丞¹

1. 海南大学生态与环境学院, 海口 570228;

2. 海南师范大学生命科学学院, 海口 571100

yanfengxb@163.com

海南省是我国热带雨林连片面积较大的地区, 是我国物种多样性最为丰富的生物多样性关键地区之一, 关于海南省植物编目的工作在 2012–2015 年期间就陆续出版《海南植物物种多样性编目》、《海南植物名录》和《海南植物图志》, 相关编目进展在国内算是较好的, 但是随着对海南植物研究的深入, 原来所记录的一些维管束植物类群经过分类修订后名称发生了变化, 科属分类及其名称需要进行调整, 同时原来所采用的分类系统也亟需更新。本文在《海南植物名录》和《海南植被图志》的基础上, 结合历年实际野外调查经验, 通过系统检索文献资料、查阅相关书籍对现有编目数据进行查漏补缺, 修订名称、更新分类系统, 完善植物分布区、保护等级状况等相关信息, 最终完成海南省野生维管植物编目和分布数据集。截止 2023 年 2 月, 该数据集共有数据 4,945 条, 其中包括石松类植物 2 科 6 属 39 种, 蕨类植物 32 科 121 属 531 种, 裸子植物 6 科 10 属 27 种, 被子植物 181 科 1,380 属 4,348 种, 与 2013 年出版的第一版《海南植物名录》相比, 野生维管植物总物种数量增加 225 种; 其中列入《国家重点保护野生植物名录(2021)》的有 173 种 (一级共 8 种, 二级共 165 种); 本土野生植物共有 216 科 1,448 属 4,769 种 (含海南特有植物 516 种), 外来逸生及归化植物有 176 种 (含入侵植物 63 种)。本数据集可作为海南省维管植物多样性监测和保护的重要基础数据。

关键词: 海南; 维管植物; 编目; 外来植物; 植物多样性

Biotic factors drive woody plant species diversity across a relative density gradient of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* Maxim. in the warm–temperate natural oak forest, Central China

YU Chenyi^{1,†}, REN Siyuan^{2,†}, HUANG Yudie¹, WANG Guanjie¹, LIU Shengyun¹, LI

Zhenjiang¹, YUAN Yabo¹, HUANG Xin¹ and WANG Ting^{1,*}

1. College of Forestry, Henan Agricultural University Zhengzhou 450046;

2. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Natural Resources Beijing 100083

† These authors contributed equally to this work.

tingwang@henau.edu.cn

Woody plants are crucial components of forest ecosystems and play critical roles in regulating community succession and ecosystem function. Studying woody plant diversity and its influencing factors is thus important for understanding and protecting forest ecosystems. *Quercus aliena* var. *acutiserrata* is an important deciduous broadleaf species in the warm-temperate forest of central China. Multiple regression and structural equation modelling were used to discuss the effect of biotic and soil factors on tree species diversity across seven relative density gradients of *Q. aliena* var. *acutiserrata* trees in this zone. Our results showed that the following: (1) Species diversity showed significant decreasing trends with increasing relative density of *Q. aliena* var. *acutiserrata*. (2) As the relative density of the oak tree increased, some biotic factors (canopy density, and mean DBH) and soil factors (Soil SOC, AP, and AK) all showed significantly increasing trends, whereas the DBH variation (CVD) and soil pH displayed decreasing trends. (3) Biotic factor (e.g., mean DBH, CVD, and competition interaction) had strong direct effect on species diversity, and soil factors exerted indirect roles on tree diversity via biotic factors. Our results provide insight into biodiversity protection and scientific management in this warm-temperate natural oak forest.

Keywords: species diversity; *Quercus aliena* var. *acuteserrata*; the Funiu Mountains; structural equation

森林土壤有机碳库对大树死亡的响应

张东旭, 郑毅, 冯瑜著, 练琚渝*

中国科学院华南植物园 广州 510650

lianjy@scbg.ac.cn

大树作为森林碳汇功能的关键贡献者且对气候变化更加敏感, 它们的死亡是揭示森林碳汇功能响应气候变化的重要切入点。大树的死亡将强烈改变林下环境, 其通过介导碳循环过

程进而影响土壤有机碳库。这一过程是决定森林整体碳库动态的关键,但尚缺乏机制性理解。因此,本研究基于广东省肇庆市鼎湖山20公顷森林动态监测样地,选取了样地内6种典型新死亡的大树,并运用土壤密度分组和宏基因组测序技术,综合探究了森林土壤有机碳库对大树死亡的响应机制。我们发现,森林土壤有机碳库对大树死亡的响应具有很强的地形依赖性。地形能够影响大树死亡后对林下的扰动强度和方向,导致土壤微生物群落的结构、功能及其驱动的碳循环过程均不相同。因此,我们的研究表明,未来在探讨森林碳收支对气候变化的响应时,应将地形应作为一个重要的影响因素。

关键词: 森林土壤有机碳; 大树死亡; 宏基因组; 土壤团聚体

How functional traits modulate the mechanisms underlying tree seedling survival before and during drought

ZHANG Caicai^{1, 2, #}, GU Rong^{1, 2, #}, MA Xiaohua³, SUN Zhenhua^{1, 4}, DENG Yun¹, CAO Min¹ and LIN Luxiang^{1, 5,*}

1. CAS Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, 650201;
2. Institute of Eastern - Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali, 671003;
3. School of Ecology and Environment Science, Yunnan University, Kunming, 650504;
4. Kunming Arboretum, Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Kunming, 650201;
5. National Forest Ecosystem Research Station at Xishuangbanna, Mengla, 666303

These authors contributed equally to this work.

linluxa@xtbg.ac.cn

Functional traits play a key role in plant performance. However, most attempts to disentangle trait-based mechanisms underlying plant performance have focused on the relationship between demographic rates and functional traits, without integrating the abiotic and biotic environment contexts, and external drivers such as drought events. Here, we explored how trait-based mechanisms influence tree seedlings survival in a seasonal tropical rainforest. We used census data from 6,432 tree seedlings of 165 species measured across three 1-year intervals before and during drought, together with their functional traits using a Bayesian hierarchical framework.

We found that the trait-mediated competitive hierarchy plays a critical role in tree seedling survival across the census intervals. However, during drought, we found a shift in the competitive

hierarchy towards species that allocate more biomass to roots. Furthermore, we found multiple species-specific traits modulate interspecific variation in environmental filtering and conspecific negative density dependence. Before drought, species with higher allocation to roots were less susceptible to conspecific adult neighbor densities. However, this effect dissipated during drought, and species with conservative traits tend to be more tolerant of resource-poor conditions. In all, our results highlight that different mechanisms underlying plant performance can be coordinated by multidimensional economic and biomass-allocation traits.

Keywords: Competitive hierarchy, environmental filtering, functional traits, conspecific negative density dependence, niche differentiation

Impacts of different levels of urban expansion on habitats at the regional scale and their critical distance thresholds

Chen Shuaipeng and Liu Wenping*
Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070
liuwenping@mail.hzau.edu.cn

With the rapid development of urbanization, natural habitats in many parts of the world have been seriously damaged by urban expansion, but natural habitats can effectively protect biodiversity. However, urban expansion is a complex process, and the impacts of different levels of urban expansion on habitats at regional scales and their distance thresholds are still unclear. We conducted a study in Hubei Province, China to evaluate the impacts of the expansion of prefecture-level cities and county towns on the quantity, area, and quality of natural habitats and the critical threshold distances affecting habitats. The results show that, at a regional scale, habitat degradation was driven primarily by the expansion of large numbers of county towns, but the expansion of prefecture-level cities affected habitat degradation over greater distances. Specifically, the impact of county town expansion on habitat first increased and then decreased with greater distance from built-up areas, the threshold distances for habitat quantity and quality being approximately 8 km and 80 km, respectively. The impact of expanding prefecture-level cities on habitat showed a similar nonlinear change with greater distance, but the distance thresholds for habitat quantity and quality rose to approximately 40 km and 130 km, respectively.

These findings not only reverse the conventional view that the expansion of large cities dominates habitat degradation, but also draws more attention to the influence of the expansion of numerous small county and towns on habitat, when measured at the regional scale. Understanding the distance threshold of particular spatial impacts can be help to inform spatial decision-making with regards to habitat conservation.

Keywords: biodiversity conservation, urban expansion, habitat degradation, distance threshold, large city, county town

Expanding protected areas for biodiversity and ecosystem services considering climate change: a case of the Yangtze River Economic Belt in China

Xie Jinqian, Li Shicheng*

School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430070, China
lisc@cug.edu.cn

Rapid climate and land use changes have resulted in irreversible loss and degradation of biodiversity and ecosystem services. In response, protected areas have been established to mitigate the further decline of endangered species and restore ecosystem services. However, a limitation of the static establishment of protected areas is their inability to adapt to dynamic changes in protected area boundaries caused by climate change and land use alterations. In response to the conservation targets of the Post-2020 Global Biodiversity Framework (GBF), we simulated suitable habitats for endangered species under three climate scenarios and spatialized typical ecosystem services under future land-use changes of the Yangtze River Economic Belt (YEB) at 1km resolution. Then, we identified conservation priority areas based on the "30 x 30" and "50 x 50" targets across three Shared Socioeconomic Pathway-Representative Concentration Pathway (SSP-RCP) scenarios. We found that the SSP1-RCP2.6 sustainability scenario is the most suitable for the endangered species' habitat. And we mapped the priority protected areas to address climate change, to facilitate the regional-scale implementation of the GBF. The priority protected areas are mainly concentrated in the Hengduan Mountains, Sipsongpanna, Wuling Mountains, Mount

Huang, and Mount Wuyi, which are consistent with ecosystem services high-value areas. Furthermore, we have also found conservation gaps that should be considered in expanding protected areas mainly distributed in the Ailao Mountain, Tengchong area of Yunnan, the northwestern plateau area of Sichuan, Jiuling Mountain, and the Yu Mountain Range of Jiangxi. Concurrently, we have also stated the significance of applying the "Common but Differentiated Responsibilities" principle at the regional aspect with prioritized efforts.

Keywords: The Post-2020 Global Biodiversity Framework; priority areas; systematic conservation planning; biodiversity conservation; ecosystem services

Strengthened conservation efforts needed to alleviate increasing agricultural pressures in biodiversity hotspots

Can Yang¹, Jinwei Dong^{2,3,*}, Clinton N. Jenkins⁴, Geli Zhang¹, Xi Zhang^{2,3}, Yuzhe Li², Ziqi Meng⁵, Keping Ma⁶, Lei Zhao⁷, Rachael D. Garrett⁸, Erle C. Ellis⁹, Xiangming Xiao¹⁰

1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China.

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China.

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China.

4. Department of Earth and Environment and Kimberly Green Latin American and Caribbean Center, Florida International University, Miami, FL 33199, USA.

5. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, 271018, China.

6. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China.

7. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, 100193, Beijing, China.

8. Department of Geography and Conservation Research Institute, University of Cambridge, Cambridge, UK.

9. Department of Geography and Environmental Systems, University of Maryland, Baltimore County, MD 21250, USA.

10. School of Biological Sciences, Center for Earth Observation and Modelling, University of Oklahoma, Norman, OK, 73019, USA.

dongjw@igsnrr.ac.cn

Biodiversity Hotspots (Hotspots) are regions exceptionally rich in endemic and undiscovered species that face high risks of habitat losses. Agricultural threats within Hotspots and the effectiveness of biodiversity conservation measures are at the frontiers of biodiversity conservation but have not yet been documented. Here we found that agricultural pressures reduce within-sample species richness by an average of 25.8%, total abundance by 12.4% and rarefied species richness by 8.7% relative to primary vegetation within Hotspots according to site-level data. Croplands expanded significantly (12%) within Hotspots from 2000 to 2019, higher than the worldwide average (9%), suggesting growing agricultural threats within Hotspots. Notably, cropland expansions within Hotspots coincided with ecoregions with exceptionally high endemic vertebrate richness, especially the Atlantic Forest and Indo-Burma. Furthermore, relatively low coverage of protected areas within current Hotspots suggests that urgent conservation efforts are needed to avoid widespread species extinctions, including before those species are discovered.

高度特化的食性驱动肠道菌群多样性和功能的下降

刘一心^{1,2}, 吴琦³, 洪明生⁴, 王乐⁴, 张学英⁵, 李行^{1,4}, 魏辅文^{1,2,6}, 胡义波^{1,2,*}

1. 中国科学院动物研究所 动物生态与保护生物学院重点实验室 北京 100101;
2. 中国科学院大学 北京 100049;
3. 北京应用数学研究院 北京 101408;
4. 西华师范大学 生命科学学院 南充 637009;
5. 中国科学院动物研究所 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101;
6. 江西农业大学林学院 南昌 330045

ybhu@ioz.ac.cn

Mammals depend on their gut microbiomes to digest plant materials, which are low in nutrition but high in lignocellulose. The Chinese bamboo rat (*Rhizomys sinensis*) with cecum fermentation and the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) and Chinese red panda (*Ailurus styani*) with simple digestive tracts, which feed almost exclusively on bamboo, serve as ideal models to study the effect of highly specialized diet on the gut microbiome. By combining 16S rRNA and metagenome data with enzyme activity assays related to lignocellulose degradation, we found that the gut microbiomes of giant and red pandas had convergent structure and similar function, but did not converge with those of Chinese bamboo rats. The latter exhibited higher diversity, with significantly enriched functional pathways, such as starch and sucrose metabolism and flavonoid

biosynthesis, and genes encoding lignocellulose degradation enzymes. Multiple regression on matrices and phylogenetic generalized least squares models showed that different phylogenies and gut morphologies drove the divergences in gut microbiome structure and function. Interestingly, compared to their respective closely related species, the gut microbiota of all bamboo-eating species displayed lower gut microbiota diversity, lower abundance of carbohydrate metabolism pathways and glycoside hydrolase families, and lower lignocellulose-degrading abilities of key enzymes such as cellulase, xylanase, β -glucosidase, and β -mannanase. Our results propose a hypothesis that narrow dietary niche breadth caused by highly specialized diet causes the decrease of diversity and function of gut microbial community.

Keywords: Bamboo dietary specialists, Convergent evolution, Gut microbiome, Gut morphology, Lignocellulose degradation, Microbial ecology

专食性昆虫驱动的入侵植物挥发物对昆虫的防御演化

翟新丛

河南大学 开封 475011

13406197512@163.com

外来植物入侵对我国的生态健康和粮食安全造成严重威胁。通过专食性昆虫进行生物防治是控制入侵植物的重要途径。然而，较低的生防效率限制了生物防治的应用与推广。专食性昆虫是入侵植物防御策略演化的重要驱动因素。入侵植物传入新生境后，逃离专食性昆虫，受害程度低（天敌逃逸假说）。昆虫取食压力的改变影响入侵植物的防御策略，通常认为会降低对专食性昆虫的防御而增强对广食性昆虫的防御（防御转移假说）。随着过去几十年来生物防治措施的实施或自然扩散，专食性的生防昆虫被有意或无意的由植物原产地传入植物入侵地，导致专食性昆虫与入侵植物“重新互作”（re-association），进而导致入侵植物对不同食性昆虫（包括广食性昆虫和专食性昆虫）防御策略的重构。专食性昆虫可以推动植物防御机制的进化，但人们对挥发性有机化合物（VOCs）在这方面的作用知之甚少。植物入侵为探索植物防御中挥发性有机化合物的进化提供了独特的机遇，特别是某些长期逃离专食性昆虫的入侵种群后来与专食性昆虫重新互作。入侵植物豚草种群提供了理想的材料。在同质园实验中，我们发现，与专食性昆虫广聚萤叶甲重新互作历史较长的豚草种群表现出较高的专食性昆虫丰富度和多样性。具有较长重新互作历史的植物的挥发物对专食性昆虫的吸引力较

低,这种较弱的吸引力与柠檬烯的释放减少有关,而柠檬烯的释放又与对专食性昆虫防御增强有关。与未重新互作种群相比,重新互作种群对广食性昆虫斜纹夜蛾更具吸引力,且柠檬烯释放量减少与对斜纹夜蛾的防御能力较弱相关。我们的研究结果表明,专食性昆虫可以推动与挥发物相关的防御的快速进化,增强他们对专食性昆虫的抵抗力,但代价是对广食性昆虫的抵抗力减弱。这些研究结果揭示了挥发性有机化合物如何在植物防御专食性昆虫和广食性昆虫的基本权衡中发挥作用,并为共同进化、植物防御和生物控制提供了新的见解。

关键词: 植物挥发物; 防御演化; 权衡; 重新互作; 豚草

西南山地橘小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*) 入侵及适应规律

张钰瑶^{1,2}, 刘晓飞^{1,*}, 胡俊韬²

1. 云南大学国际河流与生态安全研究院 西南跨境生态安全教育部重点实验室 昆明
650500;
2. 复旦大学生命科学学院 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 上海 200438
xfliu@ynu.edu.cn

连接我国西南地区与中南半岛的高原山地,因其纵向岭谷的山地环境造成的“通道—阻隔”作用表现出明显的“扩散—屏障”效应,成为全球极为独特的地理单元。该地区同时也是我国遭受生物入侵最严重的区域之一,地区内外来有害生物的入侵、定殖、增长和再扩散过程及其危害与山地环境密切相关。揭示气候变化背景下西南山地环境对于外来生物入侵的影响过程和驱动机制,对于完善我国西南生态安全屏障建设具有重要支撑作用。

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae)是西南山地外来入侵生物中的典型入侵性昆虫类群代表,也是具有极大经济危害的检疫性害虫。以云南为核心的西南山地是我国橘小实蝇最早入侵的地区和核心危害区,也是南亚、东南亚橘小实蝇侵入我国的重要通道和缓冲区。

本研究在对以云南为代表的西南山地区域橘小实蝇开展系统分布调查的基础上,结合物种分布模型和生态位模型,利用群体遗传学和景观基因组学方法,发现纵向岭谷区内橘小实蝇各种群具有更为密切的遗传关联,表现出明显的整体性和跨境连通性,在季节性气候变迁驱动下,南北向联通的地形构造对橘小实蝇迁移扩散具有明显的促进作用;在未来气候情形下,适应潜力较差的种群可以通过南北向的迁移扩散来躲避气候变化造成的不利影响。研究结果提示,气候变化与纵向岭谷地形的耦合影响,可能为东南亚橘小实蝇向我国跨境迁移提供长期驱动。

本研究结果通过揭示纵向岭谷区环境效应用于外来昆虫扩散的基本规律,为制定西南山地橘小实蝇可持续控制策略提供科学依据,为进一步完善西南生态安全屏障建设提供研究案例和理论支撑。

关键词: 生物入侵; 纵向岭谷; 景观基因组学; 适应潜力; 橘小实蝇

云南食花的生物文化多样性研究

张晴^{1,2}, 程卓^{1,3}, 张继海^{1,3,4}, 伍贤进^{5,*}, 龙春林^{1,3,4,6,7,*}

1. 民族地区生态环境国家民委重点实验室(中央民族大学) 北京 100081;
 2. 中央民族大学 民族学与社会学学院 北京 100081;
 3. 中央民族大学 生命与环境科学学院 北京 100081;
 4. 中央民族大学 质谱成像与代谢组学国家民委重点实验室 北京 100081;
 5. 怀化学院 生物与食品工程学院 民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室 怀化 418000;
 6. 中央民族大学 民族医药教育部重点实验室 北京 100081;
 7. 中央民族大学 国家安全研究院 北京 100081
- hhuxianjin@163.com; long@mail.kib.ac.cn

生物多样性相关传统知识对生物多样性保护和生物资源开发利用意义重大,在《生物多样性公约》、《名古屋议定书》、《昆明-蒙特利尔全球生物多样性框架》等国际重要文本都予以高度关注。在大食物观背景下,食花植物作为独特的食物资源,具有研发新资源食品、提高人类福祉的潜力,但对其相关传统知识的抢救和研究仍存在许多空白。中国有着悠久的食花历史和丰富的食花文化,在云南各民族中尤甚。本文采用民族植物学实地调查和定量分析等方法,对云南各民族食花植物进行调查、编目和统计,共整理记录了84科231属425种(含变种)云南各民族食花植物。研究发现,云南的食花现象普遍,以滇南的西双版纳和普洱食花种类最多。花的10个部位可通过17种烹饪方式制成至少9类食物。云南民间丰富的食花相关传统知识,通过不断积累和发展,形成了当地社会独特且多样的食花文化,反映了当地各民族百姓对自然特别是生物多样性的深刻理解。抢救、记录和保护食花植物及相关传统知识,有助于生物文化多样性保护、生态文化传播、食物系统优化革新和经济社会可持续发展。

关键词: 生物文化多样性; 民族植物学; 生态文化; 食花文化; 传统知识

稀有种优势会增加森林树木 β 多样性

赵文浩*, 邢丁亮

华东师范大学 生态与环境科学学院 上海 200241

wenhao_zhao126@126.com

β 多样性维持机制的研究多关注生境异质性、扩散限制与种间关系, 同种密度制约等稳定化机制是否及如何影响 β 多样性尚不清楚。理论上, 当一个区域群落中存在稳定化机制, 即稀有种的相对多度增加, 而常见种的相对多度降低时(以下称为稀有种优势), β 多样性会增加, 并且稀有种优势更强的区域 β 多样性将会更高。反之, 当一个区域群落不存在稀有种优势时, β 多样性的高低与物种多度的变化无关。本研究以巴拿马巴罗科罗拉多岛(BCI)50 公顷森林动态监测样地的长期监测数据为对象, 分析检验以上理论预测。结果表明: (1) BCI 样地中稀有种的相对多度会增加, 存在稀有种优势, 并且随着时间间隔越久, 稀有种优势越显著; (2) 树木 β 多样性随着稀有种优势的增加而增加, 同时考虑稀有种优势、扩散限制和生境异质性时, 稀有种优势和 β 多样性的关系仍然稳健。本研究证实了稀有种优势对 β 多样性的贡献, 以后的研究需要重视稀有种优势及其背后的生态学过程对 β 多样性的影响。

关键词: β 多样性; 稀有种优势; 物种相对多度; 稳定化机制; 森林动态监测样地

兜兰属宽瓣亚属植物生境特征及根际土壤微生物多样性研究

杨龙, 安明态*, 张央, 田力, 吴墨栩

贵州大学 林学院 贵州大学生物多样性与自然保护研究中心 贵阳 550025

gdanmingtai@126.com

兰科(Orchidaceae)兜兰属(*Paphiopedilum*)宽瓣亚属(Subgenus. *Brachypetalum*)植物是生物多样性保护的“旗舰”类群, 为典型的菌根真菌共生类植物。在西南喀斯特山地狭窄生境中呈“孤岛化”分布, 70%的分布点分布范围小于 100 m², 扩散受限, 种群生境高度专一化。对此, 本研究以宽瓣亚属植物下属 7 个物种为对象, 研究其生境特征及根际土壤微生物多样性是揭示种群扩散受限的关键内容。结果表明, 宽瓣亚属植物喜生长于阴蔽、通风、透水的喀斯特岩溶地形中, 土壤高度腐质化, 有机碳含量平均值达 160.64 g/kg, 氮、磷、钾等元素丰富, 含量达 200 g/kg 以上; 宽瓣亚属植物 7 个物种的生境及根际土壤微生物群落结

构及多样性差异显著，生境及根际土壤中以担子菌门与子囊菌门为主，包含丰富共生真菌、腐生真菌、外生菌根，而根际土壤真菌有更丰富的兰科菌根。毛壳属 (*Chaetomium*)、蜡壳耳属 (*Sebacina*)、假散囊菌属 (*Pseudeurotium*)、湿伞属 (*Hygrocybe*) 和帚枝霉属 (*Sarocladium*) 在宽瓣亚属根际土壤中的相对丰度大于 5%，显著高于生境土壤中的丰度，是宽瓣亚属植物根际核心微生物菌群。本研究可为宽瓣亚属植物根际微生物研究及迁地措施的环境构建提供科学依据。

关键词：兜兰属宽瓣亚属植物；分布格局；生境特征；根际土壤微生物

未来土地利用变化对华北豹生态网络连通性的影响

李彦，周丽娜，梁国付*

河南大学 地理与环境学院 开封 475004

Liangguofu@henu.edu.cn

华北豹 (*Panthera pardus japonensis*) 是中国的特有物种，由于强烈的人类活动，尤其是土地利用变化的影响，种群数量与栖息地面积大幅度下降，使得华北豹成为濒危物种。构建生态网络可缓解栖息地丧失和破碎化，促进物种的迁移和扩散，是保护大型食肉动物的有效手段。本研究旨在分析华北地区未来土地利用变化对华北豹生态网络连通性的影响。研究设置自然发展情景、耕地保护情景及生态保护情景三种情景，利用土地利用模拟模型 (FLUS)，预测 2035 年不同情景下的土地利用变化情况，结合电路理论及最小耗费路径模型构建生态网络，并与 2020 年进行对比，分析其变化特征。结果表明：2035 年，自然发展情景、耕地保护情景及生态保护情景三种情景下，森林面积增加 (2.35%， 2.35%， 2.39%)，建设用地面积增加 (1.22%， 1.13%， 0.10%)，草地面积减少 (-3.94%， -3.94%， -2.18%)；与 2020 年相比，障碍区总面积减少 (-13.66%， -13.78%， -12.62%)，但关键障碍区并未得到有效改善，各情景下变化相近。未来我们建议加强生态走廊建设，优先恢复关键障碍区，并适当增加垫脚石。本研究可为华北豹管理与保护工作提供理论依据，为大型食肉动物恢复提供参考。

关键词：华北豹；生态网络；FIUS 模型；土地利用变化；生物多样性保护

重金属污染对城市绿地丛枝菌根真菌多样性的影响

刘文新，陈云，袁志良*

河南农业大学 生命科学学院 郑州 450046

yzlsci@163.com

近几十年来,人们对群落构建进行了大量的研究,而零模型常被用于通过将观察到的模式与零模型产生的预期随机模式进行比较,来推断确定性和随机过程的相对重要性。先前的一些研究有基于随机的零模型方法测试了 AMF 群落的系统发育分散,并记录了系统发育聚类(受扩散限制和栖息地过滤的影响)或过度分散(受竞争排斥的影响)。通过系统发育多样性研究可以提高对在不同生境中 AMF 群落构建机制的理解,如不同绿地类型。目前,基于 AMF 系统发育的群落构建过程在森林、草原等自然生态系统中得到了的广泛探索。然而,很少有研究分析城市绿地类型对 AMF 群落构建机制的影响。

关键词: 重金属; 绿地类型; 丛枝菌根; 城市绿地

自然恢复的橡胶人工林林下植被的群落特征变化

杜春雁^{1,2}, 李东海¹, 祁栋灵^{2,*}, 杨小波¹, 王伟锋³,
和绍翠¹, 刘人通¹, 商乃演¹

1. 海南大学 生态学院 海口 570228;
2. 中国热带农业科学院 橡胶研究所 海口, 5711013;
3. 海南热带雨林国家公园 鹦哥岭分局 白沙 572800

donglingqi@163.com

为了给海南热带雨林国家公园退营性橡胶人工林的处置提供科学依据,采用空间代替时间的方法,探索不同恢复年限(0、3、7 年)的橡胶林下植被群落林分结构、生长状况、物种组成、物种多样性及群落相似度。结果表明:(1)随着恢复年限的增加,橡胶人工林在 3 年和 7 年能够形成乔灌草的垂直结构;林下乔木层、灌木层、草本层物种的生长状况良好,乔木层木本植物株数在恢复 7 年达到最大值。(2)随着恢复年限的增加,橡胶林林下植物的物种组成趋于复杂化,群落结构稳定,灌木层和草本层物种多样性呈先增加后减少的趋势,乔木层物种多样性增加;在不同的恢复年限下,橡胶林林下乔木层、灌木层、草本层优势物种变化较大。(3)在 3 个不同的恢复年限下,橡胶林林下乔木层和灌木层群落相似度较低,草本层群落相似度较高。总体来看,自然恢复的橡胶林林下植物生长状况良好,物种多样性增加,林分结构趋于复杂化发展,群落结构稳定。

关键词: 自然恢复; 林下植被; 群落特征; 物种多样性; 橡胶人工林

入侵物种的隐藏经济损失——以中国农林“害虫”为例

王沛霖

中国农业科学院植物保护研究所 北京 100193

18104701913@163.com

入侵外来物种 Invasive alien species (IAS) 已在多个领域造成巨大影响, 越来越多的研究评估 IAS 的经济成本。最近的评估是在 InvaCost 数据库的发展过程中进行的, 该数据库是已发表的生物入侵经济成本的最全面的数据库。尽管 InvaCost 在很大程度上促进了对入侵经济损失影响的评估, 但仍存在一些局限性。众所周知, InvaCost 从与入侵相关的关键词 (例如“外来物种 (invasive species)” 和“入侵影响 (invasive impact)”) 搜索的研究中收集数据, 而没有考虑其他领域 (例如“害虫”、“殖民者”和“新来者”) 同样代表入侵者的术语。此外, 非英语出版的数据通常被忽视。由于这些偏见, 作为全球受 IAS 影响最严重的国家之一, 中国迄今很少系统地研究 IAS 造成的经济损失。在这项研究中, 我们选择了 11 种在中国具有严重经济影响并有足够数据的代表性农林入侵物种, 以探讨这些偏见对影响评估的影响。这些物种因其对中国农业林业的巨大影响而被认为是害虫, 尽管它们也被引入国外。我们发现, 在中国造成巨大经济损失的许多入侵物种都被称为“害虫”, 而不是“入侵者”。我们的数据集共收集了 431 条经济成本数据, 其中本研究中新发现的成本数据 (隐藏损失) 占 87% (378 条记录), 已发现的数据 (InvaCost 损失) 占 13% (53 条记录)。归因于 IAS 的经济成本总额为 2363.5 亿美元, 其中在中国 378 条新发现记录中的隐性成本总额为 223.25 亿美元。我们还发现, 中国的经济成本变化与管理入侵的全国政策的实施紧密相关。这表明国家对促进入侵物种造成的经济成本评估的关注效率很高。有必要加强对入侵物种的全面理解和成本报告的优化, 以更好地评估经济成本并有效管理入侵。

河南省近四十年的外来入侵植物: 现状和未来预测

王航, 翟文雯, 张一豪, 胡月琰, 程琪, 田祥宇*, 袁志良*

河南农业大学 生命科学学院 郑州 450046

xy_tian@henau.edu.cn; zhiliangyuan@henau.edu.cn

本文以河南省外来入侵植物为研究对象, 对该地区 1981-2023 年间外来入侵植物的物种

变化进行对比，并采用物种分布模型（SDM）与最大熵模型（MaxEnt）评估了入侵风险，预测外来入侵植物的潜在分布。结果表明 1981 年河南省外来入侵植物共计有 29 科 68 属 96 种，到 2023 年新增外来入侵植物共 26 科 78 属 118 种，四十年间种类约增加了 123.96%，其中，禾本科和菊科增加了 20 种(最多)、豆科增加了 14 种、苋科增加了 13 种等。河南省的外来入侵植物原产地主要来源于：美洲、欧洲、亚洲、地中海，美洲所占的比例最高为 19.33%。从入侵植物生活型分析：一年生植物>多年生植物>一、二年生植物。从入侵途径分析：有意引进>无意引入>自然扩散。通过对河南省近四十年间外来入侵物种分布变化的研究，有针对性地为构建外来入侵植物预警预防机制提供依据，以此保护河南省的农业、生态环境以及生物多样性。

关键词：河南省；外来入侵植物；最大熵模型；动态变化；生物安全；防控措施

Clonal integration facilitates the expansion of *Hydrocotyle vulgaris* from a limited space to a larger area

赵冰楠

邯郸学院 邯郸 056006

2104394646@qq.com

Clonal integration is an important ecological advantage of clonal plants. To ask whether clonal integration can help invasive plants escape space limitations, we tested the hypothesis that it can promote the growth of apical ramets when their connected basal ramets grow in limited space. We conducted a greenhouse experiment on the common perennial herb *Hydrocotyle vulgaris*. Clonal fragments consisting of pairs of connected ramets grew with basal ramets in three different sizes of pots (small, medium, and large) and apical ramets in large pots, and the connection between ramets was either severed or left intact. Pot size significantly affected the growth of basal ramets such that the biomass, number of leaves and flowers, and stolon length were in general greater in medium pots than in large and small pots when stolons were intact and were greater in medium and large pots than in small pots when stolons were severed. Furthermore, pot size interacted with severance to affect the performance of *H. vulgaris*. When the basal ramets grew in small pots, the intact stolon resulted in a significant promotion of apical ramet growth, but such positive effect was not found when the basal ramets grew in medium and large pots. Our

results suggest that *H. vulgaris* is able to promote the growth of apical ramets to occupy the surrounding areas through clonal integration when the space where basal ramets grow is limited.

Keywords: clonal integration, expansion, *Hydrocotyle vulgaris*, invasive plant, physical space

麦地卡湿地夏季蝶类多样性研究

廖紫星, 李明燕, 朱文琎, 李天顺, 黄倩, 普布*

西藏大学 生态环境学院 高原动物学实验室 拉萨 850000

purbuzd@163.com

为了探究西藏麦地卡湿地国家级自然保护区动物群落特征及其多样性,于2024年8月前往麦地卡监测站进行鳞翅目昆虫的采集。根据麦地卡湿地地理环境特征在其三个核心区共设置了3个样地(100 m×100 m),每个样地设置4个样点作为重复,共12个采集点,采集时根据。经鉴定,本次共捕获蝶类8种191只,隶属于3科7属,其中蛱蝶科为物种最丰富的科,优势种为镁斑豹蛱蝶;古北拟酒眼蝶和小红珠绢蝶为麦地卡湿地的少见种。三个核心样地中蝶类的个体数、Shannon-Wiener 多样性指数(H)、Pielou 均匀度指数(E)和 Simpson 优势度指数(C)均无显著性差异($P>0.05$)。本研究为麦地卡湿地国家级自然保护区动物多样性研究的部分,旨在了解麦地卡湿地动物的物种组成、分布特征、多样性、群落特征等,为麦地卡湿地国家级自然保护区生物多样性保护提供基础数据及生态系统的保护和可持续管理提供理论依据。

关键词: 麦地卡湿地; 蝶类; 多样性;

Interpreted response characteristics of biodiversity to key environmental drivers in mainland Southeast Asia

LI Chenzheng^{1,3}, FANG Zhou¹, HUANG Zhongde^{1,3}, WANG Yiting^{1,3} and BAI Yang^{1,2,3,*}

1. Center for Integrative Conservation & Yunnan Key Laboratory for Conservation of Tropical Rainforests and Asian Elephants, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences Mengla, China 666303;

2. Yunnan International Joint Laboratory of Southeast Asia Biodiversity Conservation Menglun, China 666303;

3. University of Chinese Academy of Sciences Beijing, China 100049

The study of biodiversity drivers and single-factor response characteristics is crucial for deepening our understanding of biodiversity processes and plays a significant role in the formulation of effective biodiversity conservation and management strategies. Although previous research has demonstrated that tree-based models perform well in identifying biodiversity drivers, they struggle to clearly quantify specific response characteristics. In contrast, methods such as cubic polynomial regression and piecewise regression can quantify relationships between drivers and biodiversity, but often face limitations in interpretability in practical applications.

This study employs Random Forest and Accumulated Local Effects models to identify the key drivers of biodiversity in a global biodiversity hotspot—Mainland Southeast Asia—and reveals the single-factor response characteristics of biodiversity. Furthermore, using cubic polynomial regression and marginal utility analysis, we explore the marginal utility and high-value intervals of these response characteristics. The results indicate that climate factors are the dominant determinant of biodiversity in Mainland Southeast Asia, while the impact of human activities is relatively weak. The overall response characteristics of biodiversity can be categorized into three main patterns: key interval type, monotonic type, and fluctuating type. In most cases, the critical management points of the drivers lie outside the high-value intervals.

By examining the drivers of biodiversity and their response characteristics in Mainland Southeast Asia, this study provides new insights and references for developing evidence-based biodiversity conservation and management strategies.

Key words: Biodiversity, Mainland Southeast Asia, Response Characteristics

ILSM: 一个分析多层互作网络中互连结构的 R 包

孙伟成, 赵洋洋, 严川^{*}

兰州大学生态学院 兰州 730000

yanchuan@lzu.edu.cn

在自然或人为干扰的生态系统中, 多层互作网络常用于表示包含多种互作类型的生态网络。其网络结构的一个重要方面是不同互作层如何通过共享物种相互连接, 即互连结构。以前的研究已经提出了各种指标来描述宏观尺度的互连模式和微观尺度的多功能性, 但是中间

尺度的互连结构（在这里定义为互连 motif）仍未定义与分析。此外，生态学家常用的 R 编程语言中尚未有可用于分析各种互连结构的 R 包。

本研究中，我们首次定义了互连 motif 的形式以及这些 motif 中的独特互连角色。然后我们介绍了 R 包 ILSM，用于分析互连模式、多功能性和互连 motif，并推导出了互连 motif 的频率和 motif 中互连物种角色的数学表达式。

本研究描述了 ILSM 包中的主要函数，并通过一个传粉者-植物-食草动物网络的例子展示了它们的用途。通过使用文献中实测多层互动网络，本研究展示了互连 motif 可以揭示出除了互连模式和多功能性之外的额外变异。

总之，ILSM 可用于分析生态多层网络的互连结构，将有助于生态学家理解不同类型的种间互作网络如何在宏观、微观及中间尺度上相互连接，从而更进一步了解生态互作网络的复杂结构。

关键词：杂合网络；三分网络；motif；互连结构；R；双重互作；多重互作。

濒危植物蝴蝶树所在群落不同林层优势树种生态位与种间 联结

商乃演¹，李东海¹，杨小波^{1,*}，杨思婷²，刘人通¹，苏欣¹，杜春雁¹，和绍翠¹，祁天运¹

1. 海南大学 生态学院 海口 570228;
2. 灵山县第四小学 钦州 535400

yanfengxb@163.com

探究濒危植物群落优势树种的种间关系，有助于了解优势树种种间资源利用习性及群落演替阶段，可为区域的濒危植物保育和自然植被恢复提供理论依据。基于海南热带雨林国家公园吊罗山片区蝴蝶树所在群落的野外调查数据，利用 Shannon 和 Levins 生态位宽度指数、Levins 生态位重叠指数、方差比率法（VR）、 χ^2 检验和 Spearman 秩相关检验法，对群落内的中、小乔木层和大、中灌木层优势树种生态位和种间联结进行分析。结果显示：（1）不同林层的蝴蝶树重要值和生态位宽度均较大，在群落资源竞争中占据主导地位，中、小乔木层和大灌木层的青梅重要值偏高，而生态位宽度远小于蝴蝶树，分布频度对生态位宽度影响较大。（2）大灌木层优势树种存在生态位重叠种对（188 组）最多，中灌木层（137 组）最少，更能充分利用群落资源，蝴蝶树在小乔木层存在明显生态位重叠种对（15 组）最多，种间竞争激烈。（3）中乔木层优势树种总体呈不显著正联结，而小乔木层和大、中灌木层均呈显

著正联结，群落稳定性较高。（4）综合 χ^2 检验和 Spearman 秩相关检验发现，小乔木层和中灌木层种间正相关占优势，更利于物种共存，但不同林层的绝大部分种对均呈不显著关联，种间关联较松散，各物种分布的独立性较强。

关键词：蝴蝶树；不同林层；生态位宽度；生态位重叠；种间关联

鄂东南典型湖泊浮游植物群落结构及影响因素

冷明锴¹，杨晓清¹，吴晓东^{1,2,*}，林贵英¹，葛绪广^{1,2}，刘浩然¹，黄志¹，陈予涵¹，李文慧³

1. 湖北师范大学 城市与环境科学学院 黄石 435002;
2. 湖北师范大学 黄石土壤污染与控制重点实验室 黄石 435002;
3. 湖南科技大学 地球科学与空间信息工程学院 湘潭 411201

wuxd03@163.com

浮游植物对水生生态系统的稳定起着关键作用，但目前对鄂东南地区浅水湖泊浮游植物群落结构及其影响因素的研究较少。本研究选取了 2019 年夏季的 4 个典型湖泊，对各湖泊的浮游植物群落结构及其影响因素进行了研究。结果表明，不同湖泊的浮游植物种类数、优势种、生物量和丰度均存在差异。综合营养状态指数 (TLI) 评估结果显示，仙岛湖为贫营养型，保安湖为轻度富营养型，网湖和磁湖为中度富营养型。Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数和 Pielou 指数显示，网湖和磁湖的浮游植物群落稳定性较差，水体污染较严重；相比之下，保安湖和仙岛湖的群落稳定性较好，水质较优。冗余分析 (RDA) 结果表明，影响浮游植物群落结构的主要因素是 pH 和水温 (WT) (磁湖)；高锰酸盐指数 (COD_{Mn}) 和 pH (仙岛湖)；WT 和总氮 (TN) (网湖)；WT 和总磷 (TP) (保安湖)。

关键词：浮游植物；群落结构；多样性指数；环境因素；冗余分析

多组学解析镉胁迫下小麦根际微生物代谢特征及对镉吸收的影响

张一帆¹，杨水莲²，张玉鹏^{2,*}，刘凤琴^{1,*}，袁志良^{1,*}

1. 河南农业大学 生命科学学院 郑州 450046;

2. 河南农业大学 资环学院 郑州 450046

ccfzyp@outlook.com; zkfengqin@outlook.com; zhiliangyuan@henau.edu.cn

镉污染严重威胁了环境生态安全，并通过作物进入食物链，影响人类健康。小麦作为全球重要的粮食作物，研究其对镉的积累和耐受性具有实际和理论价值。不同品种的小麦对镉的积累、转移和耐受性差异显著，但是高低镉积累品种吸收镉的差异机制尚不清楚。利用前期筛选的高积累品种（中新 16）和低积累品种（周麦 36），利用微生物组学、植物代谢组学和转录组学，考察镉胁迫下小麦根际微生物代谢特征及其对小麦镉吸收的影响机制。取得研究结论如下：

（1）高低积累小麦镉吸收特征及差异解析：镉胁迫改变了细胞壁木质素和纤维素生物合成基因的表达，低积累品种合成基因表达量显著增加，特别是木质素和纤维素合成途径，从而实现了镉固定。在镉胁迫下，C4H 和 4CL 等关键木质素合成基因在高积累品种中显著下调。虽然两种栽培品种的纤维素合成基因都有所增加，但低积累品种的上调幅度更大。低积累品种木质素和纤维素降解程度显著降低。低积累品种的纤维素降解中间产物均低于高积累品种，低积累对镉的排斥性更强。在镉胁迫下，不同栽培品种的根际微生物群落也存在差异。与细胞壁分解有关的类群（如瘤球菌、链霉菌）在高积累品种中显著增加，但在低积累品种中却随着镉含量的增加而减少。最终，低积累品种可能会通过提高木质素生物合成和减少细胞壁分解来降低镉吸收。

（2）真菌和细菌的拮抗作用对高低积累品种镉吸收的影响及机制：结果发现小麦基因型对根际微生物菌群落和镉吸收有显著影响。外源镉显著影响细菌和真菌群落的多样性和结构。抗生素聚集在低镉积累基因型的根际土壤中，而抗真菌剂则聚集在高镉积累基因型中。真菌和细菌的拮抗作用影响了小麦对镉的吸收。低镉积累基因型利用细菌来增强对镉的抗性。相比之下，高镉积累的小麦则利用真菌分泌抑制细菌的抗生素。

（3）外源镉对土壤酶及微生物活性的毒物兴奋效益： $0.5\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 外源 Cd 刺激了几种土壤酶活性和微生物活性，但在较高 Cd 浓度下抑制了土壤酶活性和微生物活性。这些现象表明，土壤酶和微生物活性对 $0.5\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{Cd}$ 的 Hormesis 响应具有高度的普适性。然而，该反应在培育超过 10 天后消失。土壤呼吸最初也被外源 Cd 增强，在消耗土壤活性有机质后降低。宏基因组学结果揭示了 Cd 对土壤活性有机质分解相关基因的刺激。此外，Cd 富集了抗氧化酶活性和相应标记基因的丰度，而不是参与外排介导的重金属抗性的基因。微生物通过增强初级代谢来弥补能隙，其中毒物兴奋效应尤为明显。当土壤中的活性化合物耗尽后，刺激性反应消失。

总之，研究结果揭示了细菌、真菌和小麦在调节重金属吸收方面的三方相互作用。对植

物根瘤中有益或拮抗微生物的这种基因型特异性招募和部署进行鉴定,同时揭示了毒性刺激物的剂量依赖性和时间变化规律,为控制作物对镉的吸收提供了基于微生物的新策略,并解决了因土壤污染而加剧的全球粮食安全挑战。

关键词: 镉胁迫; 细菌与真菌拮抗作用; 毒物兴奋效益

“价值—成本”权衡下神农架国家公园优先保护区识别

丁炜璇¹, 张婧雅^{1,2,*}

1. 华中农业大学 园艺林学院 武汉 430070;

2. 农业农村部华中都市农业重点实验室 武汉 430070

zhangjy@mail.hzau.edu.cn

国家公园的科学规划和管理关乎园内生态保护与周边地区社会经济的协调发展。鉴于多元的保护价值、复杂的人类活动及有限的财政资金,明确国家公园的优先保护区对于提高保护行动的成本效益和可行性至关重要。本研究基于系统保护规划理论和方法,以神农架国家公园为研究对象,从物种、生态系统、地质遗迹3个层面评价了核心资源保护价值,初步量化了保护区建立的运行管理成本、机会成本和生态补偿成本的空间分布,采用 Zonation5.0 模型识别了 17%、30% 和 50% 保护目标下国家公园的潜在优先保护区。结果表明:(1) 在不同保护目标下,现有保护地与优先保护区重叠面积达到 882km²、1,516km² 和 2,068km²。神农架国家公园保护面积分别覆盖优先保护区的 51.0%、40.8% 和 27.9%,在维护区域生态安全中发挥了关键作用,但仍有待提升。(2) 在不同保护目标下,优先保护区主要分布在中南部高海拔山区,并随着保护目标面积的增加逐渐向西北部和东北部延伸,表现出良好的连通性。(3) 随着保护面积比例提升,保护成本越来越大。生态补偿成本始终占比最高,其次为运行管理成本,机会成本最少。(4) 在 17% 和 30% 目标下,生态补偿成本集中在宋洛、红坪、木鱼和大九湖 4 个乡镇,占总补偿成本的 77% 和 51%;当目标上升到 50% 时,沿渡河、柳林、上龛等乡镇的生态补偿成本显著增加。本研究为优化国家公园范围和资源资金配置提供了更加定量、精细的技术方法,对国家公园保护与管理的合理发展具有重要意义。

关键词: 神农架国家公园; 系统保护规划; 保护成本; 优先保护区; 生态补偿

入侵植物生物炭对盐碱湿地微生物群落的影响

薛晴¹, 贺梦璇¹, 蒙梓睿^{1,2}, 卢学强³, 刘杰⁴, 王子怡¹, 梁礼敏¹, 莫训强^{1,*}

1. 天津师范大学 地理学部 天津 300387;
2. 中国环境科学院 环境基准与风险评估国家重点实验室 北京 100012;
3. 南开大学 环境科学与工程学院 天津 300350;
4. 兰州大学 草地农业生态系统国家重点实验室 草地微生物研究中心 兰州 730000

421973@163.com

通过在土壤中添加生物炭以改善微生物群落已成为缓解盐碱湿地土壤退化的有效方案,然而入侵植物生物炭添加如何影响盐碱湿地土壤微生物群落的研究尚缺乏共识。本研究中,我们“以废治废”,在盐碱土壤中添加 1%、3% 和 5% (w/w) 浓度的核桃生物炭 (*Juglans regia* biochar, JBC) 和互花米草生物炭 (*Spartina alterniflora* biochar, SBC)、黄顶菊生物炭 (*Flaveria bidentis* biochar, FBC) 两种入侵植物生物炭。结果表明,生物炭的添加普遍降低了微生物群落的物种多样性,尤以高浓度的入侵植物生物炭最为显著;物种组成上,与 JBC 相比,入侵植物生物炭显著改变了 Acidobacteria 的相对丰度,高浓度入侵植物生物炭显著降低了 Bacteroidetes 和 Nitrospirae 相对丰度;生物炭的添加整体提高了微生物群落的复杂性,5% SBC 促进微生物合作关系的同时却对环境更为敏感。另外,5% JBC 和 5% SBC 使得群落由确定性过程向随机过程过渡,这一过程的转变对群落稳定性的长远影响仍需深入探究。在废物利用之余,需权衡入侵植物生物炭对微生物群落的潜在负面影响,谨慎推广其在盐碱土壤中的应用。

关键词: 入侵植物生物炭, 盐碱湿地, 微生物相互作用, 群落组装过程

地中海大麦的发现、溯源和适生区预测

苏静, 张梦帆, 韩明磊, 李海洋, 赵婉瑜, 李家美*

河南农业大学 生命科学学院 郑州 450002

jiamei_li@126.com

地中海大麦 (*Hordeum murinum* subsp. *leporinum*) 原产欧洲地中海地区, 2023 年首次在河南省焦作发现其入侵种群。由于其繁殖能力强、生长速度快、一旦大面积入侵将会对当地农业生产造成危害。亟需探明其在我国的潜在入侵和分布区, 为建立全面的监测和预警系统

提供支撑。基于此,本研究详细梳理该种入侵的基本资料,结合实地调查讨论其入侵途径,揭示其跨境传入来源;基于地中海大麦的分布数据和环境因子,利用MaxEnt模型预测其在中国当前和未来气候下的潜在地理分布,评估该种在气候变化下的生态适应性和扩散规律,进而实现入侵物种的早期发现、实时监测、精准溯源或狙击拦截。结果表明:地中海大麦逸生于焦作地区绿化带或交通要道,均疑似有意引入后,沿着道路大面积爆发扩散。当前气候条件下适生区总面积为 $278.72 \times 10^4 \text{ km}^2$;未来气候条件下更利于其扩张。未来应加强植物检疫,防止地中海大麦从焦作地区向外扩散蔓延;同时在华中、华南、华东和西南地区完善引种与调运的管控制度,不到疫区调种,并提高人们的风险防范意识。

关键词: 地中海大麦; 生物入侵; 生态风险; 农业生产; 溯源分析

土壤遗留效应对两种入侵植物幼苗生长和竞争的影响

代婉婷¹, 倪馨营^{1,2}, 赵彩云^{1,*}

1. 中国环境科学研究院生态研究所 北京 100012;
2. 兰州大学生命科学学院 兰州 730000

zhaocy@craes.org.cn

外来植物入侵严重威胁自然保护区的生物多样性,掌握其成功定殖的关键因素对防控至关重要。本研究以广西恩城国家级自然保护区为例,探讨了飞机草(*Chromolaena odorata*)和鬼针草(*Bidens pilosa*)两种外来入侵植物的土壤遗留效应。本研究设置了飞机草未入侵(盖度为0%)、轻度入侵(盖度<50%)、中度入侵(盖度50%~90%)以及重度入侵(盖度>90%)四种处理的灭菌与未灭菌土壤对比试验,分析了灭菌和未灭菌土壤对这两种植物萌发、生长及竞争的影响。结果表明,灭菌土壤中飞机草仅发芽,鬼针草的发芽率、株高、根长和生物量分别下降63.9%、68.9%、58.1%和95.9%。轻度入侵土壤中,土壤微生物对鬼针草有抑制作用,而中度和重度入侵土壤则对其有促进作用,表明土壤遗留效应驱动了两种植物的入侵熔毁。相对竞争强度(RCI)指数显示,鬼针草在入侵初期竞争力高于飞机草,尤其在飞机草中度和重度入侵土壤中竞争能力更强。研究表明,由微生物介导的土壤遗留效应对外来植物入侵过程中起重要作用,并且入侵植物对土壤微生物的改变促进了其他外来植物的定殖与入侵。

关键词: 土壤遗留效应; 飞机草; 鬼针草; 入侵程度; 入侵熔毁; 相对竞争强度

Historical and future dynamics of soil organic carbon and driving mechanisms of Qinling Mountains

Lei Zhang, Tongtong Xu, Chen Liu*, Yue Bai, Beilong Xie, Mingrui Song and Jiaru Wu

Shaanxi Key Laboratory of Qinling Ecological Intelligent Monitoring and Protection, School of Ecology and Environment, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China

liuchen@nwpu.edu.cn

Soil organic carbon (SOC) is the actively cycling reservoir of terrestrial carbon, and therefore managing SOC stocks and predicting the dynamics of SOC is critical to address global climate change challenges. However, the long-term spatiotemporal variation of SOC stocks and the potential changes resulting from climate impacts, including global warming are not well understood. In this study, we investigated the spatiotemporal distribution patterns of SOC and their drivers within the range of Qinling Mountains of central China from 2006 to 2022 using a machine learning method (random forest model), and further identified the SOC dynamics in future due to climate change. Our results showed that the average SOC stock in the Qinling Mountains was 2.11 Pg, and the largest proportion of SOC stocks was found in forest, followed by cropland, while there were smaller SOC stocks in grassland and shrub across Qinling Mountains. Additionally, SOC significantly increased from 2006 to 2022, which indicated that the Qinling Mountains acted as a carbon sink over the past two decades. Structural equation model showed that climate had much greater negative impacts on SOC than soil characteristics (pH and clay). Mean annual temperature and aridity index are the main factors influencing SOC dynamics, which suggests that there is a risk of carbon loss with warming and drought. Soil carbon sequestration was positively explained by the gross primary productivity and to a lesser content by leaf area. Random forest model further indicated that SOC stocks could continue to increase under the low emission scenario (SSP1-1.9), but decrease under the medium (SSP2-4.5) and high emission scenarios (SSP5-8.5), which suggest that the Qinling Mountains will transition from a carbon sink to a carbon source under enhanced carbon emissions in the future. Overall, this study enhances our understanding of the driving mechanisms of climate effect on SOC dynamics and can help effectively manage soil carbon sequestration in the mountain regions.

Keywords: Soil organic carbon, Climate change, Driving mechanisms, Machine learning

基于物种智能识别与增强现实（AR）剧本化互动技术的公众参与生物多样性保护创新公益模式

李清坚

中山大学 深圳 518107

2491715028@qq.com

本文研究了基于物种智能识别与增强现实（AR）剧本化互动技术的公众参与生物多样性保护创新公益模式，以广州越秀公园“小小公民科学家”公益体系为实证案例。研究旨在通过技术创新提升公众参与度，解决生物多样性保护中的资金、人力及内容匮乏问题。方法上，本文提出了公众志愿科考与剧本游模式两种创新路径，前者通过定向发布专题调查项目并融入智能识别与 AR 技术，后者则将剧本化游戏与科普教育结合，增强活动趣味性和普及性。结果显示，该模式有效吸引了公众参与，形成了稳定的流量聚集，并成功孵化了具有市场影响力的 IP，通过文创价值变现实现了项目的可持续运营。结论认为，该创新公益模式不仅为生物多样性保护提供了新思路，也为公共绿地的可持续发展提供了可借鉴的范例。

关键词：生物多样性；公民科学；剧本式互动；绿地空间

The difficult dynamics of seedling-to-sapling transitions in a fragmented habitats

Zhenfei Li¹, Yanping Lei¹, Mei You¹, Haoping Zhou¹ and Mingjian Yu^{1,*}

College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, China.

fishmj@zju.edu.cn

Habitat fragmentation is one of the main causes of ecosystem decay. However, it is still unclear that how habitat fragmentation alters the demographic processes of species. Quantifying the duration and transition of the seedling phase would help us understand the impact of habitat fragmentation on tree population biology. We used the 13-year dataset of comprehensive seedling-to-sapling demography on 29 land-bridge islands (habitat patches) in the Thousand Island Lake to construct population models that capture temporal demographic fluctuations for five common woody plant species. We used data-driven demographic models and simulations to

estimate the transition ratios from newly recruited seedlings to saplings of 2 m height and the time taken to attain 2 m height for a newly recruited seedling conditional on its survival.

Our results indicated that large islands had lower seedling-to-sapling transition ratio than small islands, with overall 11 to 40,000 seedlings (with a median of 55) costed to be a two-meter-high sapling. Furthermore, the passage times was shorter on large islands than on small islands, ranging from 12 to 53 years (with a median of 25). We found that temporal variation in demographic rates could greatly reduce the number of seedlings per established sapling on large islands, but not passage times. These results suggested that shifts in the growth and mortality rates of seedlings among islands can affect the dynamics of seedling-to-sapling transitions and modify population regeneration, which may contribute to the ecosystem decay in small habitat patches.

Keywords: Habitat fragmentation, community assembly, life-history strategy, non-random ecological process, stochastic simulation

生境片段化通过自上而下的营养级联效应影响异囊地蛛 (*Atypus heterothecus*) 的种群密度和个体大小

周文龙, 任嘉宁, 任鹏, 丁平, 于明坚*

浙江大学 生命科学学院 杭州 310058

fishmj@zju.edu.cn

生物多样性保护与研究一直是生态学研究的热点和挑战, 生物多样性的聚集与维持机制是核心科学问题。本研究发现, 生境破碎化对异囊地蛛 (*Atypus heterothecus*) 的种群密度和体型(体长和干重)具有边缘效应。具体表现为, 大岛边缘异囊地蛛的种群密度最高, 且体长最大、干重最高。通过高通量肠道内容物测序手段, 我们确定了不同生境下异囊地蛛的食谱信息。此外, 我们还统计了 4 种生境(大岛边缘、大岛内陆、大陆和小岛)的开花植物丰富度和传粉昆虫丰富度。研究结果表明, 生境片段化可能通过自下而上的营养级联效应影响捕食者。未来, 我们需要更多地关注多营养级相互作用, 以了解物种共存和生物多样性维持的机制。

关键词: 多营养级相互作用; 生境片段化; 种群密度; 个体大小; 边缘效应

基于 DNA-SIP 的甲烷微生物氧化驱动氧化亚氮排放研究

陈亢华, 刘玉荣*

华中农业大学资源与环境学院 武汉 430070

chenkanghua1117@163.com

反硝化是生态系统中氧化亚氮 (N_2O) 排放的重要过程, 其通常会受到甲烷 (CH_4) 等电子供体氧化的调控。然而, 在缺氧条件下, CH_4 氧化对反硝化作用的影响机制仍不清楚。本研究采集了 3 种典型稻田土壤, 进行了 $^{13}CH_4$ -稳定同位素核酸探针标记 (DNA-SIP) 实验, 探究了稻田土壤中好氧 CH_4 氧化对反硝化 N_2O 排放的影响及相关微生物机制。室内微宇宙培养实验证实, 添加 CH_4 提高了部分或全部反硝化功能基因的表达, 并促进了 N_2O 的排放。此外, 基于 $^{13}CH_4$ -DNA-SIP 分析发现, 70 多种反硝化微生物在 ^{13}C -DNA 重层富集, 其中 *Rubrivivax*、*Magnetospirillum* 和 *Bradyrhizobium* 为优势菌科。 ^{13}C -宏基因组组装与 ^{13}C -代谢组学的联合分析强调了好氧 CH_4 氧化过程中释放的中间物质如乙酸、丙酸、丁酸和乳酸在好氧 CH_4 氧化与反硝化耦合中的重要作用。本研究确定了驱动土壤好氧 CH_4 氧化和反硝化之间耦合的关键微生物类群及代谢途径, 对农业生态系统中的氮素管理和温室气体调节具有重要意义。

关键词: 反硝化; 甲烷氧化; 稻田土壤; 氧化亚氮; 微生物

森林土壤有机碳库对大树死亡的响应机制

张东旭, 郑毅, 冯瑜菁, 练据渝*

中国科学院华南植物园 广州 510650

lianjy@scbg.ac.cn

大树作为森林碳汇功能的关键贡献者且对气候变化更加敏感, 它们的死亡是揭示森林碳汇功能响应气候变化的重要切入点。大树的死亡将强烈改变林下环境, 其通过介导碳循环过程进而影响土壤有机碳库。这一过程是决定森林整体碳库动态的关键, 但尚缺乏机制性理解。因此, 本研究基于广东省肇庆市鼎湖山 20 公顷森林动态监测样地, 选取了样地内 6 种典型新死亡的大树, 并运用土壤密度分组和宏基因组测序技术, 综合探究了森林土壤有机碳库对大树死亡的响应机制。我们发现, 森林土壤有机碳库对大树死亡的响应具有很强的地形依赖性。地形能够影响大树死亡后对林下的扰动强度和方向, 导致土壤微生物群落的结构、功能

及其驱动的碳循环过程均不相同。因此，我们的研究表明，未来在探讨森林碳收支对气候变化的响应时，应将地形应作为一个重要的影响因素。

关键词：森林土壤有机碳；大树死亡；宏基因组；土壤团聚体

茂兰国家级自然保护区珍稀濒危种子植物研究

唐煜彬¹, 安明态^{1,*}, 陈正仁², 费仕鹏², 柳华富², 莫家伟², 杨彩¹

1. 贵州大学 林学院 贵阳 550025;

2. 贵州茂兰国家级自然保护区管理局 荔波 558400

gdanmingtai@126.com

于2023年9月至2024年8月以茂兰国家级自然保护区的珍稀濒危种子植物为研究对象，通过样线、样带等方法对保护区内的珍稀濒危种子植物进行调查，分析其科、属、种组成及分布特征，旨在明确该区域植物资源数量及特征，并为其可持续发展与多样性保护提供理论依据。结果表明：（1）共调查到珍稀濒危保护植物36科109属277种。调查到《国家重点保护野生植物名录》（2021版）中的种子植物99种，其中国家一级保护植物7种，国家二级保护植物92种；调查到《贵州省重点保护野生植物名录》（2023版）中的共11科12属14种；调查到《濒危野生动植物种国际贸易公约》（附录I、附录II）（2023版）收录的珍稀濒危种子植物3科63属212种。（2）从生活型来看，草本植物所占比例最高，为76.53%乔木次之，（3）科的分布区类型以热带分布（14科）和温带分布（14科）为主，属的分布区类型以热带分布型为主（64属182种），热带成分比重较大，但并无压倒性的优势，属于热带向温带的过度类型，即亚热带类型。

关键词：种子植物；珍稀濒危植物；茂兰国家级自然保护区