

中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站

Ordos Sandland Ecological Research Station

The Chinese Academy of Sciences

2022 年报

Annual Report



气象观测场



综合观测场



辅助观测场



站区观测场



示范地

2023 年 3 月

目 录

| | |
|--|----|
| 一、 鄂尔多斯站概况 | 1 |
| 1. 鄂尔多斯站简介 | 1 |
| 2. 实验基础设施 | 1 |
| 3. 主要任务 | 1 |
| 4. 主要研究方向和研究内容 | 2 |
| 5. 机构现任成员 | 3 |
| 6. 主要科研和管理人员介绍 | 3 |
| 7. 2022 年在站工作的外单位人员（客座人员）介绍 | 11 |
| 二、 2022 年工作概述 | 12 |
| 三、 重要研究进展 | 13 |
| 1. 长期生态学研究为沙地生态恢复和适应性管理提供理论与技术支撑 | 13 |
| 2. 植物相互作用的全球格局及其与气候的关系 | 21 |
| 3. 中国北方草原植物多样性与土壤真菌多样性的关系比与细菌多样性的关系更强 | 22 |
| 4. 植物代间可塑性的生态适应机制 | 23 |
| 5. 叶根凋落物碳氮释放受位置和植物功能型调节 | 24 |
| 6. 气候-植物-土壤格局对青藏和内蒙古高原沿环境梯度草地结构和功能的驱动机制 | 25 |
| 7. 半干旱内陆沙丘 12 种共生植物不同径级细根性状的变异及其与叶片性状的联系 | 26 |
| 8. 沿 3500 公里草原样带上细菌和真菌群落驱动土壤多功能性 | 27 |
| 9. 温带草原和高寒草原植被生产力的环境驱动机制 | 28 |
| 10. 干旱生态系统气候变化的生态弹性及其机制 | 29 |
| 11. 灌木通过改变土壤特性利好沙漠中的草本植物群落 | 30 |
| 12. 中国北方半干旱区草地退化对土壤真菌群落的影响大于细菌群落 | 31 |
| 四、 研究项目 | 32 |
| 1. 在研项目 | 32 |
| 2. 结题项目 | 33 |
| 3. 客座研究项目 | 33 |
| 五、 研究成果 | 34 |
| 1. 发表论文 | 34 |
| 2. 论著出版 | 38 |
| 六、 人才培养及获奖 | 38 |
| 1. 在站完成学位论文的研究生和出站报告的博士后 | 38 |

中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站

| | |
|---|-----------|
| 2. 本单位培养的在站进行学位论文研究的研究生和博士后 | 39 |
| 3. 合作单位培养的在站进行学位论文研究工作的研究生 | 41 |
| 4. 鄂尔多斯站两位研究生顺利通过学位论文答辩 | 41 |
| 5. 鄂尔多斯站研究生刘溶获得第 21 届生态学大会研究生优秀报告奖..... | 42 |
| 七、 生态系统长期监测 | 43 |
| 1. 监测技术队伍 | 43 |
| 2. 主要仪器 | 43 |
| 3. 生态系统固定样地长期监测 | 44 |
| 4. 鄂尔多斯高原风强适应性实验平台 | 46 |
| 5. 荒漠草原增温与降水协同作用实验平台 | 46 |
| 6. 鄂尔多斯针茅草原恢复实验平台 | 46 |
| 7. 毛乌素沙地分解实验平台 | 46 |
| 8. 鄂尔多斯高原沙埋和降水增强模拟实验样地 | 47 |
| 9. 西鄂尔多斯荒漠灌丛长期监测 | 47 |
| 八、 科技合作与学术交流 | 48 |
| 1. 中科院 A 类先导专项“草畜平衡系统评估与区域模式研究”项目召开工作推进会 | 48 |
| 2. 国家林草局科技司专家组对鄂尔多斯站进行现场调研评估 | 49 |
| 3. 黄振英站长召集的第 21 届中国生态学大会分会场成功举办 | 50 |
| 九、 生态系统优化管理示范 | 51 |
| 1. 毛乌素沙地斑块状退化沙地植被修复技术研发 | 51 |
| 2. 毛乌素沙地退化沙地植被修复——沙地植物沙打旺种植示范 | 51 |
| 3. 鄂尔多斯高原葱属植物种质资源收集和高效种植技术与示范 | 52 |
| 4. 鄂尔多斯站实验示范区建设 | 52 |
| 十、 站务管理与设施建设 | 53 |
| 1. 站务管理 | 53 |
| 2. 站区科研、生活设施建设 | 53 |
| 十一、 2022 年纪事 | 54 |

一、鄂尔多斯站概况

1. 鄂尔多斯站简介

中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站（以下简称“鄂尔多斯站”）（N 39°29'37.6"，E 110°11'29.4"，海拔 1300 m）由中国科学院植物研究所和内蒙古自治区鄂尔多斯市共建于 1991 年，包括石灰庙站区、石龙庙站区和恩格贝分站。鄂尔多斯站位于内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗，地处鄂尔多斯高原毛乌素沙地东北缘，代表温带草原地带沙地草地生态系统。2003 年 6 月，鄂尔多斯站正式成为中国生态系统研究网络（CERN）的生态站；2005 年 12 月被科技部批准为国家野外站，命名为“内蒙古鄂尔多斯草地生态系统国家野外科学观测研究站”；2020 年 12 月被国家林草局批准加入国家陆地生态系统定位研究网络，命名为“内蒙古鄂尔多斯草地生态系统国家定位观测研究站”。



鄂尔多斯站网址: <http://esd.cern.ac.cn>

2. 实验基础设施

观测场：

- (1) 气象观测场
- (2) 综合观测场
- (3) 辅助观测场
- (4) 流动水调查点
- (5) 静止水调查点

实验区：

- (1) 沙生灌木封育防护区（6,000 亩）
- (2) 沙地高效径流经济园林技术的示范与推广（2,500 亩）
- (3) 沙地高效持续农牧业技术的示范与推广（1,000 亩）
- (4) 沙地柏自然保护区（7,000 亩）

3. 主要任务

- (1) 长期定位监测鄂尔多斯高原生态系统和生态环境变化。
- (2) 研究鄂尔多斯高原生态系统（尤其是沙地草地生态系统）的结构、功能与动态、生态系统沙化过程与机理、植物综合适应对策、植物多样性格局与变化机理和生态环境演变规律。
- (3) 综合示范荒漠化治理、生物多样性保育和生物资源利用的科学模式。
- (4) 培养高层次生态科技人才。
- (5) 普及生态科技、生态文明、可持续发展战略和科学发展观。

4. 主要研究方向和研究内容

1) 鄂尔多斯高原生态系统与全球变化

人类干扰下鄂尔多斯高原生态系统的过程变化及其对全球变化的多尺度反应机理，探讨其适应和减缓全球变化影响的对策与生态安全模式；鄂尔多斯高原区域和局域尺度的生物地球化学循环；研究全球环境变化影响下沙地生态系统的生理过程；生物多样性及其变化机制；研究植被/生态系统演变特征及其与环境要素间的互作机制。

2) 鄂尔多斯高原生态系统恢复与生态环境综合管理

区域生态系统的现状评价；植物的濒危机制与保护对策；退化生态系统受损机理、恢复重建途径，受威胁植物迁地保护及受损生态系统的修复；农牧交错带生态系统生产力形成的过程与农牧业可持续发展的优化范式；资源开发对生态环境造成的各种效应；生态区划和区域生态系统管理模式。

3) 区域资源合理利用与可持续发展：研究区域资源，探讨生物多样性保育和资源合理利用的途径；研究区域可持续发展的优化生态—生产范式

研究鄂尔多斯高原生物多样性和生态系统功能；鄂尔多斯生物多样性的长期监测与变化机制；重要植物的濒危机制与保护对策；建立我国干旱、半干旱区独特的灌木种质资源与活体基因库，为种质资源基因保存、科学研究与生产服务。利用“三圈模式”的理论框架，在保证区域水分平衡的基础上，采用水分再分配调控和其它相关的技术措施，通过生物多样性保育和资源合理利用的途径，达到恢复沙地植被和改善区域生态环境，实现可持续发展的目标。

4) 植物综合适应对策与群落优化配置：研究克隆植物和灌木的综合适应对策；探讨鄂尔多斯高原生物群落的优化时空配置格局

研究不同尺度上植物种群对变化环境的响应与适应、植物入侵性与植物克隆性的关系；植物功能型与区域气候变化、植动态、土地利用的关系。以鄂尔多斯高原生态系统中不同植被类型的优势植物为对象，通过研究它们的形态、结构、生理和生活史（生长发育、繁殖、更新）等特征属性，及其对环境异质性的反应格局，揭示植物对环境异质性的综合生态适应对策，探讨植物适应对策与植物类群和生境类型的关系。根据地形、地貌、土壤水分状况，进行植物物种时空配置及鄂尔多斯高原生物群落的优化时空配置格局的探讨与规划。

5) 沙地草地生态系统与矿区修复

针对鄂尔多斯乃至北方地区矿区开采对生态环境和生态系统的植被结构与功能造成的影响，开展露天矿区荒漠化防治和煤矿采空区植被修复工作；从区域尺度上研究和评价煤炭开采对生态环境、地下水资源、濒危物种、以及植被结构与功能的变化所造成的影响；开展不同煤灰污染对鄂尔多斯生态系统中优势物种的光合、生理以及植物生长和种间关系的影响，以及这种影响如何级联到群落和生态系统尺度上。针对日益严重的开矿造成的生态破坏，研发应对植被恢复缓慢、地表下陷、排土场水土流失、土壤沙化和盐渍化、植被退化和生态环境恶化的关键技术。

5. 机构现任成员

| | |
|----------|--------------|
| 学术委员会主任: | 陈宜瑜 |
| 站 长: | 黄振英 |
| 执行站长: | 崔清国 |
| 副 站 长: | 何维明 吴 勇 阿拉腾宝 |
| 站长助理: | 叶学华 |
| 监测主管: | 杜 娟 |
| 监测人员: | 刘志兰 张建林 张 杰 |
| 后勤人员: | 张凤玉 金志强 刘爱清 |

6. 主要科研和管理人员介绍

黄振英



010-62836276, zhenying@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师，鄂尔多斯站站长，“种子生态与沙地植被研究组”组长、SCI 核心期刊 *Plant Physiol Bioch* 主编。主要从事旱区植被生态适应性研究，开展旱区植物生理生态学、种子生态与植被更新、植物资源收集、植被恢复与技术试验示范等方面的研究。主持自然科学基金项目、科技部和中科院课题多项。担任 *Plant Stress*、*Plants*、《植物生态学报》、《林业科学》和《生物多样性》等学报编委，中国植物学会种子科学与技术专业委员会副主任委员，中国生态学会种群生态学专业委员会委员，中国治沙暨沙业学会常务理事等职务。2011 年内蒙古自治区“草原英才”获得者。迄今发表论著 100 余篇(部)，以第一作者或通信作者在 *Nat Commun*, *Biol Rev*, *Ecol Lett*, *Ecology*, *J Ecol*, *Plant Cell Environ*, *Soil Biol Biochem*, *Funct Ecol* 等 SCI 收录刊物论文 80 余篇。已培养博士 11 人，硕士 5 人。

王仁忠



010-62836550, wangrz@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。主要从事植物种群生态学、大尺度生理 (Macrophysiology)、草地生态学等领域的研究工作。近年来在广布种植物种群对大尺度气候变化的响应机制和适应策略、全国区域尺度 C₄ 植物的地理分异规律和格局等领域的研究中取得了丰硕成果。在国内外各种学术刊物上发表论文 90 余篇，其中 SCI 论文 40 多篇。获教育部科学技术进步奖二等奖 1 项（第 1 获奖人）、三等奖 1 项。先后主持国家重点基础研究发展规划项目（973 项目）和中国科学院知识创新工程重大项目等的课题和专题 6 项、国家自然科学基金面上项目 6 项。

许振柱



010-62836289, xuzz@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。围绕气候变化背景下生态系统适应性，揭示了我国典型植物对气候变化与极端天气气候事件（高温和干旱等）的适应过程及其控制机理，发展了多因子联合影响下的适应过程模型，为预测评估气候变化下陆地生态系统结构和功能的发展趋势提供理论和技术支持。曾获国家级奖励 2 项、省部级奖励 1 项。主持 973 计划的专题/子课题 2 项，院重要创新项目课题 2 项，国家自然科学基金重点项目课题 2 项，面上基金 2 项。迄今，发表论文 80 余篇，以第一作者或通信作者在 *J Ecol*, *Planta*, *Crop Sci*, *J Exp Bot*, *BMC Plant Biol* 等主流 SCI 期刊上发表论文 40 余篇。

董 鸣



010-62836265, dongming@ibcas.ac.cn

杭州师范大学教授，《生态学报》责任副主编、《中国科学》编委。曾兼任中国生态学学会副理事长、中国生态学学会种群生态专业委员会主任。1998 年获国家杰出青年科学基金资助，1999 年入选中国科学院“百人计划”，同年入选国家人事部“百千万人才工程（一二层次）”，2001 年获中国科学院青年科学家（科学创新）奖，同年获国务院政府特殊津贴。主持了国家杰出青年科学基金项目和国家自然科学基金重点项目等多项国家级项目和科学院项目。已发表论著 200 余篇，其中被 SCI 收录 110 余篇。

何维明



010-62836170, weiminghe@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。主要研究方向为植物入侵生态学和克隆植物生态学，主持国家自然科学基金面上项目等多项，以第一或通讯作者在 *J Ecol*, *Ecography*, *Oecologia*, *Biol Invasions* 和 *Plant Soil* 等杂志上发表 SCI 论文 40 余篇。

罗毅波



010-62836514, luoyb@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。中国植物学会兰花分会理事长。中国野生植物保护协会兰花保育委员会副主席。《植物分类学报》编委。主要研究通过对花部性状的生态适应性在微观进化水平对种群分化过程的作用，结合以系统发育手段在宏观进化水平对分化式样与节律的研究，探讨被子植物花的多样性问题，阐明传粉媒介驱动被子植物花多样性的机制。发表科研论文 132 篇，参与专著编写 14 部，发表科普文章 37 篇。

郑元润



010-62836508, zhengyr@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。现任《生态学杂志》编委、《生态与农村环境学报》编委；北京植物园副主任，华西亚高山植物园主任，中国治沙暨沙业学会理事。主要从事杜鹃属植物生态适应；干旱、半干旱区生态学过程与模拟；荒漠化防治、干旱、半干旱区退化生态系统恢复等方向的研究，先后主持国家重点基础研究发展规划项目（973 项目）和中国科学院知识创新工程重大项目等的课题和专题、国家自然科学基金项目多项。发表学术论文 110 多篇，其中 SCI 论文 40 多篇；2001 年获国家科技部等四部委“九五”攻关先进工作者。

J. Hans C. Cornelissen

j.h.c.cornelissen@vu.nl



荷兰 Vrije University Amsterdam 教授，中国科学院植物研究所特聘研究员。研究领域包括植物功能性状、生物地球化学循环、比较植物生态学、全球生态学、生物多样性等；目前主要研究不同植物种和功能性状对碳循环、养分循环和水分循环的影响，以及植物功能性状如何控制生态系统对全球变化的响应和反馈等。在 *Nature*, *Nat Clim Change*, *Ecol Lett*, *PNAS*, *Global Change Biol*, *J Ecol*, *New Phytol*, *Methods Ecol Evol*, *Global Ecol Biogeogr*, *Proc. Royal Soc. B*, *Funct Ecol* 等国际期刊上发表论发表论 200 余篇，被引用 30000 次。多年来，与鄂尔多斯站科研人员合作发表论文多篇，培养研究生多人。

郭 柯

010-62836508, guoke@ibcas.ac.cn



中国科学院植物研究所研究员，博士生导师。现任中国科学探险协会副主席，北京生态学会理事，国家林业和草原局第一届国家级自然保护区评审委员会专家、国家公园和自然保护地标准化技术委员会委员，《植物生态学报》副主编，《广西植物》编委。主要从事植物地理学与保护生物学；草原区、荒漠区、西南喀斯特地区的恢复生态学；植被生态学与植被志编研等研究工作。先后主持国家重点基础研究发展规划项目课题和中国科学院知识创新工程重大项目等的课题和专题、国家自然科学基金项目多项。迄今发表论著 100 余篇（部），培养硕士和博士多人。

孙海莲

sunlian1053@yahoo.com.cn



蒙古族，内蒙古科技大学包头师范学院研究员。内蒙古自治区新世纪“321”人才第二层次人选，内蒙古自治区第十届青联委员，内蒙古自治区第九届党代会代表。从事早生牧草选育以及灌木植物生态应用技术的研究工作。主持的在研课题共 5 项，育成乌拉特毛穗赖草、蒙农杂种冰草、乌兰察布型华北驼绒藜等草的新品种 3 个。发表项目相关学术论文 10 篇，参编《内蒙古草原可持续发展战略研究》、《早生牧草应用研究》等著作。2011 年入选中科院“西部之光”优秀人物。

房世波



sbfang0110@163.com

中国气象科学研究院研究员。近年来其主要从事农业气象灾害影响及其风险评估，气候变化对农业影响及其适应研究。主持并完成多个国家自然科学基金项目、国家 973 项目专题和科技部中国-加拿大国际合作项目。现正在和已主编及参与编写出版学术著作多部，提交国家政府决策材料 2 份，获得国家软件著作权 2 个，编写气象行业标准 1 个。在 *PloS ONE*, *Can J Remote Sens*, 《中国科学：地球科学》、《中国农业科学》等期刊上发表学术论文 40 余篇。

苏艳军



010-62836157, ysu@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所研究员。主要从事激光雷达数据处理算法及其在生态系统中的应用研究。截止目前已发表论文 30 余篇。曾被美国摄影测量学会（American Society of Photogrammetry and Remote Sensing）授予 William A. Fisher Memorial Scholarship，加州大学默塞德分校授予 Southern California Edison Fellowship 等。现任 *Int J Remote Sens*, *Remote Sens* 等国际杂志审稿人。

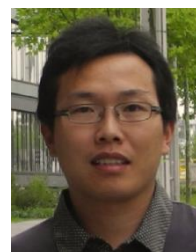
王伟青



010-62836049, wwq@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，硕士生导师，中科院青促会会员。2016 年至今任 *Plant Physiol Bioch* 期刊编委。主要从事种子生物学研究，目前主要研究方向为种子寿命调控的分子遗传机制。近年来，在种子萌发和脱水耐受性蛋白质组学等方面取得一系列重要进展，在 *PNAS*, *Plant Physiol*, *J Exp Bot*, *J Proteome Res* 等 SCI 刊物上发表研究论文 10 余篇。主持国家自然科学基金多项。

刘国方



010-62836634, liugf@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，硕士生导师。主要研究植物功能性状变异及其生态系统影响（分解过程）。主持科技部国家重点研发计划项目、国家自然科学基金面上项目、青年基金项目等。在 *New Phytol*, *J Ecol*, *Func Ecol*, *Global Ecol Biogeogr*, *Soil Biol Biochemi* 等刊物上发表论文 30 余篇。

杨学军



xjyang_jx@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，硕士生导师。主要研究方向为种子生态学。目前主要从事植物生理生态学研究，具体开展种子性状对环境的适应机制、植物对策理论和植物地理学等方面的研究工作。主持国家自然科学基金面上项目、中国博士后科学基金会特别资助、荒漠与绿洲生态国家重点实验室开放基金等项目。在 *Nat Commun*, *J Ecol*, *Plant Cell Environ*, *Biogeochemistry*, *J Veg Sci*, *Oecologia*, *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 等国际刊物上发表 SCI 论文 30 余篇。

孙海芹



010-62836737, hqsun@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，硕士生导师。研究领域为植物进化生物学、生殖生态学和生态遗传学。目前的研究以兰科植物为主要研究对象，结合生态学、进化生物学和遗传学的方法和理论，通过估测自然选择对现在群体表型性状的作用强度和式样、预测短期内进化变化的遗传基础，探讨植物表型性状多样性的形成和维持机制及其生态和遗传适应后果。发表 SCI 论文 10 余篇。

王玉辉



010-62836509, yhwang@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，硕士生导师。主要从事陆地生态系统生产力动态模拟研究、生态系统碳循环研究以及人类活动对生态系统生产力动态和碳循环影响研究，先后主持国家重点基础研究发展规划项目（973 项目）和中国科学院知识创新工程重大项目等的课题和专题、国家自然科学基金项目多项。

张淑敏



010-62836583, shumzhang@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所高级工程师，植被与环境变化国家重点实验室分析测试中心主管，主要从事分析测试技术研究。

叶学华



010-62836959, yexuehua@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员，鄂尔多斯站站站长助理。主要研究方向为沙地生态学和克隆植物生态学。研究兴趣集中于沙地生态系统的稳定性与维持机制、克隆植物适应对策，以及沙地资源植物的开发利用基础研究等方面。主持国家自然科学基金面上项目、青年基金项目、973 项目专题、中科院方向性项目子课题等多项。发表论文 30 余篇；参编专著 6 部。

马琳娜



maln@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所副研究员。主要研究方向为土壤生态学、全球变化生态学。主持国家自然科学基金青年基金项目、参加 973 项目专题、中科院方向性项目子课题等多项。在 *J Ecol*, *Soil Biol Biochem*, *Geoderma* 等国际刊物上发表 SCI 论文 30 余篇。

蒋延玲



010-62836509, yljiang@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所助理研究员。主要研究方向为全球变化、生态系统适应性。参加 973 项目专题、中科院方向性项目子课题等多项。

吴 勇



0477-8589917

鄂尔多斯站副站长，曾任内蒙古鄂尔多斯市人民政府办公厅调研员。主持“三北防护林工程”、“防沙治沙工程”、“天然林保护工程”以及鄂尔多斯站的管理等管理工作。参加国家自然科学基金重大项目“建立我国北方草地主要类型优化生态模式研究”，“荒漠化发生机制与综合防治的优化模式”，联合国开发计划署（UNDP）“加强中国执行联合国防治荒漠化公约能力建设项目”，以及“鄂尔多斯遗鸥种群的保护”等项目的研究工作。

阿拉腾宝



0477-8580114

1965年生，鄂尔多斯市林业与草原局副局长，鄂尔多斯站副站长，硕士研究生学历，高级工程师，1990年至今在鄂尔多斯站从事管理和研究工作。参加国家自然科学基金重大项目“建立我国北方草地主要类型优化生态模式研究”，“荒漠化发生机制与综合防治的优化模式”，“鄂尔多斯高原沙地灌丛生物多样性及重建的生态学研究”、“荒漠化发生机制与综合防治的优化模式”等项目的研究工作。

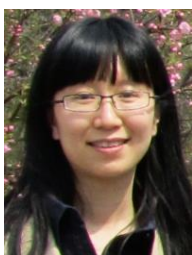
崔清国



010-62836634, cinkgo@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所高级工程师，鄂尔多斯站执行站长。负责鄂尔多斯站日常运转工作。

杜娟



010-62836634, du@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所工程师，鄂尔多斯站监测主管。负责鄂尔多斯站日常监测、监测仪器维护管理、数据质量控制和数据上报。从事土壤生物过程及其生态系统功能研究，主持国家自然科学基金青年项目1项，中国博士后科学基金1项，发表SCI论文6篇，数据论文2篇，内蒙古地方标准1项。

陈华阳



chenhuayang@ibcas.ac.cn

中国科学院植物研究所博士后。从事土壤种子库及其在生态恢复作用方面的研究。国际自然保护协会种子保护组委员，*Journal of Sustainable Forestry* 期刊助理编辑，发表SCI论文1篇，数据论文1篇。

7. 2022 年在站工作的外单位人员（客座人员）介绍

贺缠生



cshe@lzu.edu.cn

国家特聘专家，兰州大学萃英讲席教授，博士生导师，兰州大学旱区流域科
律研究、水资源时空分布、演化及可持续发展、水文与水资源模型研制、非
点源模型开发与应用、农业灌溉及生态系统保护、中美水资源政策比较分析
等，在国际主流期刊发表论文 80 余篇。

李守丽



shoulili@lzu.edu.cn

兰州大学萃英特聘教授，博士生导师。主要从事草地生态学、种群生态学、
恢复生态学研究，以第一作者在 *PNAS*、*Proceedings of Royal Society B*、*Journal
of Ecology*、*Journal of Applied Ecology* 等国际著名学术刊物发表论文 10 余
篇。

张成福



ch893169@dal.ca

内蒙古农业大学特聘教授，博士生导师。主要从事生态数学模型方面的研究
工作，包括土壤化学过程对于植被变化的响应、生态水文过程对于土地利用
和气候变化的响应及基于遥感的生态水文过程。在 *Ecological Modelling*、
Hydrological Processes 等刊物发表论文 20 余篇。

二、2022 年工作概述

鄂尔多斯站在 2022 年进一步强化了监测、研究和示范方面的综合能力，为把鄂尔多斯站建成有国际影响力的国家野外基地打下坚实基础。在中科院科技促进发展局、中国生态系统研究网络和中科院植物所各级领导的支持和指导下，2022 年主要开展了以下几方面工作：

- (1) 监测：按照观测指标与规范，顺利完成 2022 年度生物、土壤、水分和大气各项监测工作，获取生物观测数据 1601 条、土壤观测数据 448 条、水分观测数据 3627 条、大气观测数据 4380 条。
- (2) 研究：以北方干旱/半干旱区生态系统为研究对象，深入开展沙地生态系统结构与功能研究，在植物相互作用的全球格局及其与气候的关系、草原生态系统地上下生物多样性关系、半干旱区叶和细根凋落物碳氮释放动态、蒿属植物叶经济型谱等方面取得重要进展；主持中国科学院战略性先导科技专项（A 类）项目-草畜平衡系统评估与区域模式研究。
- (3) 示范：“三圈”生态—生产范式的示范，即，滩地绿洲高产核心—软梁沙地半人工草地与低矮沙丘、沙地林果灌草园—硬梁地与高大沙丘及半固定沙丘、流动沙丘防护放牧灌草地，各圈层的比例约为 1:3:6。在原有鄂尔多斯高原“三圈”模式的理论与经验基础上，鄂尔多斯站继续开展了毛乌素沙地荒漠化防治综合技术（“三圈”模式）的实验示范工作，
- (4) 合作：先后接待兰州大学、内蒙古农业大学和中科院植物所等科研院所和高校科研人员 40 批次，科研人员在站工作天数超过 1000 天。开展国际合作和学术交流 3 批次。
- (5) 论文发表：在站人员发表期刊论文 33 篇，其中 SCI 论文 30 篇，CSCD 论文 3 篇，参编专著 1 部。
- (6) 人才培养：出站博士后 2 人，毕业博士 2 人，硕士 1 人。

三、重要研究进展

1. 长期生态学研究为沙地生态恢复和适应性管理提供理论与技术支撑

黄振英, 叶学华, 崔清国, 杜娟, 杨学军, 刘国方, 阿拉腾宝

中国科学院院刊, 2022, 37 卷第 7 期: 1006~1013

中国科学院野外台站
CAS Field Station

引用格式: 黄振英, 叶学华, 崔清国, 等. 长期生态学研究为沙地生态恢复和适应性管理提供理论与技术支撑. 中国科学院院刊, 2022, 37(7): 1006-1013.

Huang Z Y, Ye X H, Cui Q G, et al. Long-term ecological research provides theoretical and technical support for ecological restoration and adaptive management of sandland ecosystem. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(7): 1006-1013. (in Chinese)

长期生态学研究为沙地生态恢复和适应性管理提供理论与技术支撑

黄振英¹ 叶学华¹ 崔清国¹ 杜娟¹ 杨学军¹ 刘国方¹ 阿拉腾宝²

1 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

2 鄂尔多斯市林业和草原局 鄂尔多斯 017010

摘要 中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站(以下简称“鄂尔多斯站”)自建站以来,针对我国沙地草地荒漠化严重的问题,以沙地草地生态系统为研究对象,从各个层次上对草地沙化产生和发展的过程和机理进行长期定位研究,为区域经济可持续发展、荒漠化防治与环境治理提供理论基础和实验示范。30年来,鄂尔多斯站基于长期监测、野外调查和长期控制实验,揭示了气候变化和人类干扰下沙地草地生态系统的过程变化和稳定性的维持机制,引领了沙地植物生态学的研究,在国内外产生重要影响。主要贡献包括:

(1) 揭示了沙地植物对环境的多样适应对策;(2) 阐明了植物性状间耦合关系与生物多样性的尺度变化规律;(3) 探明生物/非生物因子对沙地生态系统结构与功能的调控机制;(4) 开创性提出荒漠化综合治理的“三圈”范式,推动了区域可持续发展。为我国沙地生态系统的恢复重建和生态生产功能提升提供理论与技术支持。

关键词 沙地草地, 荒漠化防治, 长期定位监测研究, “三圈”范式, 沙地生态学

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20220629002

沙地泛指草原地带内出现的沙质土地。在我国半干旱和半湿润地区,广泛分布着沙地,比较典型的有毛乌素、浑善达克、科尔沁和呼伦贝尔等四大沙地,面积约 120 000 km²^[1]。沙基质是沙地区别于其他生态系统的最主要生态因素。沙基质的不稳定性导致风沙活动频繁、沙地生态系统稳定性较差,在全球变化及人为干扰过程中受到的威胁较大,容易发生不同

程度的退化^[2]。国内外科学家围绕沙地生态系统退化和恢复开展了大量工作,取得了一定的研究成果。中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站(以下简称“鄂尔多斯站”)是最早在我国沙地草地建立的野外站之一,建站的目的是针对当时毛乌素沙地日益严重的荒漠化问题,长期定位监测鄂尔多斯沙地草地生态系统和生态环境变化,开展荒漠化防治研究和试验示

范。建站30年来，鄂尔多斯站对沙地草地生态系统的结构和功能及其沙化的过程和机理开展了系统研究，为沙地草地荒漠化治理、受损生态系统恢复和重建、生物多样性保育等提供了重要的理论基础和技术支撑，为以毛乌素沙地为代表的我国退化沙地生态系统的恢复重建与区域可持续发展作出了重要贡献。

1 通过研究植物不同生活史阶段，揭示了沙地植物对环境的多样适应对策

针对沙地植物不同生活史阶段对沙地生境的适应策略开展研究，揭示了沙地植物繁殖阶段（产生种子的有性繁殖和克隆分株的无性繁殖）和营养生长阶段对环境的多样适应对策。

(1) 种子阶段对环境的适应性研究。植物种子阶段的适应性是植物生态学研究的重要方面。沙地重要植物通过多样的种子生理休眠/萌发机制来适应温带半干旱区的沙基质环境。鄂尔多斯站长期开展植物种子对环境的适应性研究，引领我国种子生态学的发展。鄂尔多斯站围绕种子休眠与萌发、土壤种子库、种子异型性和种子黏液特性开展了一系列深入研究。研究发现了具有生理休眠特性的种子存在季节性休眠循环特性并受到沙埋的调节，为沙地植物种群更新的种子生态学机制提供了新的认识^[3]；证实了种子黏液可被土壤微生物降解，并通过与土壤微生物之间的相互作用，促进了幼苗建成^[4]，调控了幼苗出土^[5]；黏液还通过水合作用阻止动物对种子的采食和传播^[6]。种子异型性是一种“两头下注”的适应策略，在母体效应作用下不同异型种子比例在代间有很大变异。一些沙地植物可以通过母体效应产生不同比例的异型种子适应异质性环境^[7]；植物母体所经历的环境条件对子代表现有显著影响，代间可塑性可为种子异型性植物物种响应环境

的时空异质性提供多样化生长和繁殖策略^[8]。

(2) 植物克隆繁殖对环境的适应性研究。鄂尔多斯站长期开展植物克隆性研究，引领我国克隆植物生态学的发展。克隆植物在沙地生态系统中居优势地位。研究发现一些重要的沙地植物通过克隆整合、克隆储存和克隆扩展等特性适应沙地生境异质性，克隆植物沙埋分株忍受沙埋的能力因克隆整合作用的存在而显著加强，从而增强了植物对沙丘运动的生态适应性^[9]（图1），克隆性状能通过影响植物群落组成、结构和动态，进而影响沙地生态系统功能^[10]。

(3) 沙地灌木营养生长阶段对环境的适应性研究。频繁的风沙活动是半干旱区沙地的最主要环境特征之一。鄂尔多斯站开展了沙地植物应对强风和风沙活动的适应策略及沙地植被稳定性维持机制方面的研究，发现沙埋条件下灌木茎的机械稳定性相关性状的变化在种内是一致的^[11]；油蒿灌丛在沙丘半固定阶段通过有效的更新实现种群快速扩张，而在沙丘固定阶段后期则通过植株萎缩来维持种群大小^[12]；一些沙

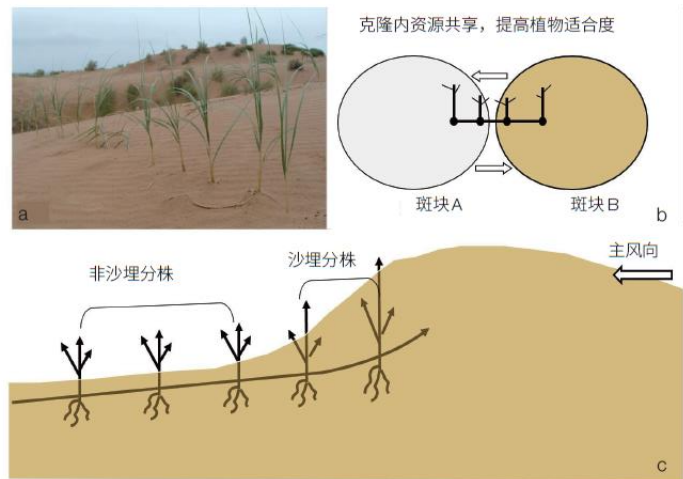


图1 克隆整合有助于沙鞭耐受沙埋干扰

Figure 1 Clonal integration helps *Psammochloa villosa* tolerate sand burial disturbance

- (a) 沙鞭在流动沙丘上克隆生长；(b) 克隆整合提高植物适合度的机理；
(c) 克隆内资源共享提高了沙埋分株的存活率
(a) Clonal growth of *Psammochloa villosa* on moving sand dunes; (b) mechanism of clonal integration to improve plant fitness; (c) intraclonal sharing of resources improves the survival rate of sand buried ramets

地优势植物植株大小相关性状对风因子产生相似的响应，而茎部性状对风因子的响应则具有种间特异性，说明植物应对风因子胁迫过程中产生不同性状间的平衡策略^[13]。

2 开展不同空间尺度植物适应与响应研究，阐明了植物性状间耦合关系与生物多样性变化规律

在样带尺度、区域尺度和全球尺度上，鄂尔多斯站对地上/下植物性状协同变异和生物多样性开展研究，揭示了植物性状、生物多样性和生态系统功能的地理分布格局。

(1) 在干旱/半干旱区样带尺度上：叶和根经济学性状在不同的生态学尺度上均存在耦合关系，提高了植物对资源的利用能力，拓展了植物经济型谱理论^[14]；跨干旱/半干旱区的两条降水样带研究证实了优势植物种沿水分梯度上的地上/下碳氮库的解耦合，是植物对旱区环境的一种适应策略^[15]；在北方半干旱区草原地上/下生物多样性关系的研究中，发现植物多样性与土壤真菌多样性存在较强的耦合关系，土壤真菌多样性有助于退化草原生态系统的生物多样性恢复^[16]。

(2) 在区域尺度上：北方重要的植物类群蒿属植

物不同物种化学计量学特征对区域环境梯度有不同的响应，物种效应解释了化学元素含量及化学计量特征中最大的变异，证实了即使亲缘关系近的物种在响应环境变化上也存在差异^[17-19]；蒿属植物叶、茎和根之间都存在很强的异速生长关系，揭示了蒿属植物对半干旱区气候与土壤梯度变化的适应机制^[20]。

(3) 在全球尺度上：土壤种子库对于维持地上植被多样性具有重要作用。鄂尔多斯站建立了全球土壤种子库数据库，发现了全球尺度上土壤种子库具有明显的空间格局（图2）。植物多样性较高的低纬度地区的土壤种子库密度较低，在受自然或人为干扰后的复原力更差。揭示了土壤种子库的全球分布格局及其环境驱动因素，为全球生物多样性的保护与恢复提供了新的视角^[21]。全球土壤种子库分布格局的研究结果于2021年发表在*Nature Communications*。

3 研究沙地生态系统变化过程，探明了生物/非生物因子对沙地生态系统结构与功能的调控机制

通过研究沙埋、光因子、降水等非生物因子和微生物等生物因子在物质循环、碳储量、生态系统生产力的相对作用，鄂尔多斯站研究人员揭示了沙地生态系统结构与功能的关键调控因子。

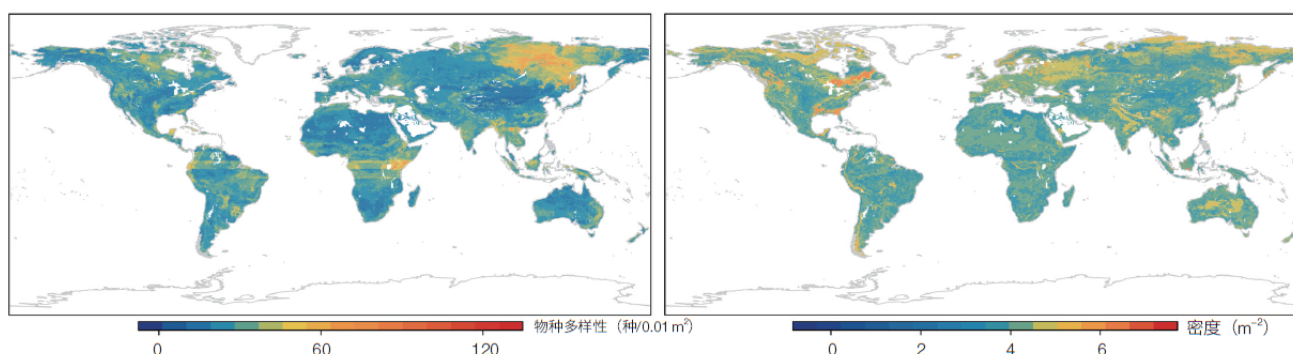


图2 全球尺度土壤种子库具有明显的空间格局

Figure 2 The global soil seed bank has obvious spatial pattern

(a) 每平方分米的物种数量；(b) 每平方米种子数量；其中图 b 数据经过 log10 转换

(a) Diversity in terms of number of species per 0.01 m²; (b) density as number of seeds per m²; In figure b, values are log10-transformed to facilitate viewing

(1) 在沙地生态系统结构方面：阐明了种子萌发生物学相关的功能性状在干旱区植物种群和群落动态中、在物种共存和物种多样性维持中起到的重要作用^[22]；维持沙地生态系统放牧的可持续性需要优先选择耐干旱、耐啃食的灌木饲料物种^[23]；种植灌木比种植草本更有利于沙地草地荒漠化防治，并且能够极大地提高沙地草地的碳储量^[24]。

(2) 在沙地生态系统功能方面：植物凋落物分解是沙地生态系统碳和营养周转的重要环节。光分解是影响沙地生态系统叶凋落物碳氮矿化过程的重要因素^[25]（图3）；叶表面性状与化学性状对沙地生态系统凋落物分解速率有着不同的影响，为全球碳循环模型的完善提供了新的思路^[26]。沙埋通过改变土壤微生物的丰度和组成极大地促进了沙地木质残体的分解^[27]；沙埋显著影响了沙地植被净地上初级生产力，改变了生态系统碳储量在土壤中的垂直分布^[28,29]。

4 开创性提出荒漠化综合治理的“三圈”范式

自20世纪80年代以来，由于人类活动和全球变化的共同影响，毛乌素沙地荒漠化趋势日益严重，

成为我国北方沙尘暴的主要来源地，给我国北方特别是京津及华北地区生态安全和区域经济的持续发展造成巨大威胁。为了应对日益严重的荒漠化，自20世纪90年代起，鄂尔多斯站以张新时院士为代表的科研人员对毛乌素沙地开展了长期调查研究^[30]。在充分研究鄂尔多斯高原生态环境特点，特别是水分平衡特征和景观多样性的基础上，提出了4项鄂尔多斯高原生态-生产范式建造及植被恢复重建的生态原则，即以水为核心、生物气候条件为基础的生态规划原则，以灌木为主、丰富生物多样性原则，以防护林体系特定结构、配置的原则，以半固定沙地和综合治理原则，以此创建了鄂尔多斯高原荒漠化土地可持续治理的优化生态-生产范式（即“三圈”范式^①）并进行了试验示范，建立“三圈”范式概念下的荒漠化防治综合技术示范地10000亩，取得非常好的示范效果^[31-33]。

鄂尔多斯高原“三圈”范式的成功经验被广泛应用到其他生态区域，如天山北部山地—绿洲—过渡带—荒漠系统的生态建设与可持续农业范式、内蒙古锡林郭勒的“三带”模式、华北山间盆地生态-生产范式，以及黄土高原丘陵沟壑区小流域优化生态-生产范式等，充实了边际生态系统管理的理论与实践；同时“三圈”范式在空间尺度上扩大，形成了我国大尺度的荒漠化防护圈（即“大三圈”）范式，主要由荒漠、草原和农牧交错带3部分组成，是从全国尺度上安排、解决土地沙化、沙尘暴和生态—生产建设的宏观格局。

鄂尔多斯站已成为利用高新技术防治荒漠化的试验示范基地，先后承担了联合国开发计划署（UNDP）项目、科学技术部“973”项目和科技支撑计划项目，以及国家自然科学基金委员会、中国科学院



图3 不同梯度光分解受控实验揭示沙地植物凋落物降解过程和调控机制
Figure 3 Controlled experiment of photodegradation with different gradients reveal degradation process and regulation mechanism of plant litter in sandland

① 三圈：外圈为封育区，中圈为径流园区，内圈为高效种植区

等与荒漠化防治相关的项目或课题 20 余项。以鄂尔多斯站为基地开展并以“三圈”范式为核心内容的《沙漠化发生规律及其综合防治模式规律研究》，荣获 2006 年国家科学技术进步奖二等奖（图 4）。

5 结语

30 年来，鄂尔多斯站围绕国家生态建设的重大科技需求开展长期生态学研究 and 示范工作，为沙地草地荒漠化治理、受损生态系统的生态恢复和重建、生物多样性保育等提供了重要的理论基础和技术支撑，为区域可持续发展作出了重要贡献。自 1991 年建站以来，鄂尔多斯站承担国家自然科学基金委重大项目、原国家科委攻关项目、科学技术部“973”项目、科技支撑计划、国家重点研发计划项目、中国科学院战略性先导科技专项等项目及课题 131 项，发表论文 546 篇，其中 SCI 论文 317 篇，培养博硕士研究生 130 余名，在国内外产生了重要的影响。

未来，鄂尔多斯站将在沙地生态系统及环境要素的变化规律、沙地生态系统适应性技术与管理，以及生态系统对全球气候变化和人类干扰（如矿山开采）的响应等方面继续积累数据，开展长期生态学观测、研究与试验示范，挖掘沙地生态系统长期演变规律及其对全球变化的响应机制，提升野外观测数据的质量及其对外服务和共享，以期成为我国北方半干旱区沙地草地生态系统长期生态学观测与研究的高水平开放平台，进一步为我国退化沙地生态系统的恢复重建和高质量发展作出积极贡献。

参考文献

- 董鸣, 叶学华, 刘国方, 等. 沙地生态系统保护与恢复// 李文华. 中国当代生态学研究-生态系统恢复卷. 北京: 科学出版社, 2013: 60-75.



图 4 鄂尔多斯站荒漠化综合治理“三圈”范式
Figure 4 “Three circles” paradigm of comprehensive desertification control in Ordos Ecological Station

- 董鸣, 叶学华, 刘国方, 等. 沙地生态系统保护与恢复// 李文华. 中国当代生态学研究-生态系统恢复卷. 北京: 科学出版社, 2013: 60-75.
- Dong M, Ye X H, Liu G F, et al. Protection and restoration of sandy land ecosystem// Li W H. Contemporary Ecological Research in China - Ecosystem Restoration Volume. Beijing: Science Press, 2013: 60-75. (in Chinese)
- 黄振英, 叶学华, 朱雅娟, 等. 沙地生态系统的适应性技术与示范// 吕宪国, 常亮, 董鸣, 等. 典型脆弱生态系统的适应技术体系研究. 北京: 科学出版社, 2016: 69-129.
- Hung Z Y, Ye X H, Zhu Y J, et al. Adaptive technology and demonstration of sandy land ecosystem// Lv X G, Chang L, Dong M, et al. Study on Adaptive Technology System of Typical Fragile Ecosystem. Beijing: Science Press, 2016: 69-129. (in Chinese)
- Ye X H, Li L L, Baskin C C, et al. Sand burial helps regulate timing of seed germination of a dominant herb in an inland dune ecosystem with a semiarid temperate climate. Science of the Total Environment, 2019, 680: 44-50.
- Yang X J, Baskin C C, Baskin J M, et al. Degradation of seed mucilage by soil microflora promotes early seedling growth of a desert sand dune plant. Plant, Cell & Environment, 2012, 35(5): 872-883.
- Hu D D, Zhang S D, Baskin J M, et al. Seed mucilage interacts with soil microbial community and physiochemical processes to affect seedling emergence on desert sand dunes. Plant, Cell & Environment, 2019, 42(2): 591-605.

- 6 Yang X J, Baskin C C, Baskin J M, et al. Hydrated mucilage reduces post-dispersal seed removal of a sand desert shrub by ants in a semiarid ecosystem. *Oecologia*, 2013, 173(4): 1451-1458.
- 7 Wang Z R, Baskin J M, Baskin C C, et al. Great granny still ruling from the grave: Phenotypical response of plant performance and seed functional traits to salt stress affects multiple generations of a halophyte. *Journal of Ecology*, 2022, 110(1): 117-128.
- 8 Yang X J, Baskin J M, Baskin C C, et al. More than just a coating: Ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2012, 14(6): 434-442.
- 9 Yu F H, Dong M, Krüsi B. Clonal integration helps *Psammodloa villosa* survive sand burial in an inland dune. *New Phytologist*, 2004, 162(3): 697-704.
- 10 董鸣. 克隆植物生态学. 北京: 科学出版社, 2011.
Dong M. *Clonal Plant Ecology*. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese)
- 11 Xu L, Huber H, During H J, et al. Intraspecific variation of a desert shrub species in phenotypic plasticity in response to sand burial. *New Phytologist*, 2013, 199(4): 991-1000.
- 12 Li S L, Yu F H, Werger M J A, et al. Habitat-specific demography across dune fixation stages in a semi-arid sandland: Understanding the expansion, stabilization and decline of a dominant shrub. *Journal of Ecology*, 2011, 99(2): 610-620.
- 13 Zhang S D, Liu G F, Cui Q G, et al. New field wind manipulation methodology reveals adaptive responses of steppe plants to increased and reduced wind speed. *Plant Methods*, 2021, 17(1): 5.
- 14 Liu G F, Freschet G T, Pan X, et al. Coordinated variation in leaf and root traits across multiple spatial scales in Chinese semi-arid and arid ecosystems. *New Phytologist*, 2010, 188(2): 543-553.
- 15 Ye X H, Pan X, Cornwell W K, et al. Divergence of above- and belowground C and N pool within predominant plant species along two precipitation gradients in North China. *Biogeosciences*, 2015, 12(2): 457-465.
- 16 Wang C W, Ma L N, Zuo X A, et al. Plant diversity has stronger linkage with soil fungal diversity than with bacterial diversity across grasslands of Northern China. *Global Ecology and Biogeography*, 2022, 31(5): 886-900.
- 17 Yang X J, Huang Z Y, Zhang K L, et al. C:N:P stoichiometry of *Artemisia* species and close relatives across Northern China: Unravelling effects of climate, soil and taxonomy. *Journal of Ecology*, 2015, 103(4): 1020-1031.
- 18 Yang X J, Huang Z Y, Zhang K L, et al. Taxonomic effect on plant base concentrations and stoichiometry at the tips of the phylogeny prevails over environmental effect along a large scale gradient. *Oikos*, 2017, 126(9): 1241-1249.
- 19 Yang X J, Huang Z Y, Zhang K L, et al. Geographic pattern and effects of climate and taxonomy on nonstructural carbohydrates of *Artemisia* species and their close relatives across Northern China. *Biogeochemistry*, 2015, 125(3): 337-348.
- 20 Liu R, Yang X J, Gao R R, et al. Allometry rather than abiotic drivers explains biomass allocation among leaves, stems and roots of *Artemisia* across a large environmental gradient in China. *Journal of Ecology*, 2021, 109(2): 1026-1040.
- 21 Yang X J, Baskin C C, Baskin J M, et al. Global patterns of potential future plant diversity hidden in soil seed banks. *Nature Communications*, 2021, 12: 7023.
- 22 Huang Z Y, Liu S S, Bradford K J, et al. The contribution of germination functional traits to population dynamics of a desert plant community. *Ecology*, 2016, 97(1): 250-261.
- 23 Li S L, Yu F H, Werger M J A, et al. Understanding the effects of a new grazing policy: The impact of seasonal grazing on shrub demography in the Inner Mongolian steppe. *Journal of Applied Ecology*, 2013, 50(6): 1377-1386.
- 24 Ye X H, Tang S L, Cornwell W K, et al. Impact of land-use on carbon storage as dependent on soil texture: Evidence from a desertified dryland using repeated paired sampling design. *Journal of Environmental Management*, 2015, 150: 489-498.
- 25 Erdenebileg E, Ye X H, Wang C W, et al. Positive and negative effects of UV irradiance explain interaction of litter position and UV exposure on litter decomposition and nutrient

- dynamics in a semi-arid dune ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, 124: 245-254.
- 26 Liu G F, Wang L, Jiang L, et al. Specific leaf area predicts dryland litter decomposition via two mechanisms. *Journal of Ecology*, 2018, 106(1): 218-229.
- 27 Erdenebileg E, Wang C W, Ye X H, et al. Multiple abiotic and biotic drivers of long-term wood decomposition within and among species in the semi-arid inland dunes: A dual role for stem diameter. *Functional Ecology*, 2020, 34(7): 1472-1484.
- 28 Ye X H, Liu Z L, Zhang S D, et al. Experimental sand burial and precipitation enhancement alter plant and soil carbon allocation in a semi-arid steppe in North China. *Science of the Total Environment*, 2019, 651: 3099-3106.
- 29 Ye X H, Gao S Q, Du J, et al. Responses of aboveground and belowground net primary productivity to sand burial and enhanced precipitation in a semiarid desertified steppe. *Land Degradation & Development*, 2021, 32(5): 1951-1960.
- 30 沙地立地分类评价课题组. 毛乌素沙地立地质量的综合评价. *林业科学*, 1993, 29(5): 393-400.
- Subject Group of Sand Site Classification and Evaluation. Comprehensive evaluation of site quality of maowusu sand land. *Scientia Silvae Sinicae*, 1993, 29(5): 393-400. (in Chinese)
- 31 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式. *植物生态学报*, 1994, 18(1): 1-16.
- Zhang X S. Principles and optimal models for development of Maowusu sandy grassland. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, 18(1): 1-16. (in Chinese)
- 32 慈龙骏, 杨晓晖, 张新时. 防治荒漠化的“三圈”生态-生产范式机理及其功能. *生态学报*, 2007, 27(4): 1450-1460.
- Ci L J, Yang X H, Zhang X S. The mechanism and function of “3-Circles”—An eco-productive paradigm for desertification combating in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1450-1460. (in Chinese)
- 33 Tang H P, Zhang X S. Establishment of optimized eco-productive paradigm in the farming-pastoral zone of Northern China. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(10): 1166-1173.

Long-term Ecological Research Provides Theoretical and Technical Support for Ecological Restoration and Adaptive Management of Sandland Ecosystem

HUANG Zhenying¹ YE Xuehua¹ CUI Qingguo¹ DU Juan¹ YANG Xuejun¹ LIU Guofang¹ ALATENG Bao²

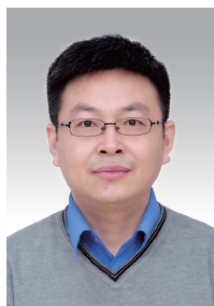
(¹ State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

² Forestry and Grassland Administration, Ordos City, Inner Mongolia Autonomous Region, Ordos 017010, China)

Abstract Since its establishment, the Ordos Sandland Ecological Research Station, the Chinese Academy of Sciences (hereinafter referred to as Ordos Station) has aimed at the serious problem of the desertification in sandy grasslands in China. Taking the sandy grassland ecosystem as the research object, the Ordos Station has conducted long-term monitoring and research on the process and mechanism of grassland desertification at all levels, which has provided theoretical basis and experimental demonstration for regional economic sustainable development, combating desertification and environmental management. Over the past 30 years, based on long-term monitoring, field investigation, and long-term experiments, the Ordos Station has revealed the process and mechanism maintaining the stability of sandy grassland ecosystems under climatic change and human disturbance, which has led the research of sandy plant ecology and had an important impact in China and abroad. The main contributions include: (1) revealed the diversified adaptation strategies of sandy plants to the environment; (2) clarified the coupling relationship among plant traits and large-scale variation patterns of biodiversity; (3) verified the regulation mechanism of biological/abiotic factors on the structure and function of sandy ecosystem; and (4) creatively put forward the optimized “3-circles” eco-productive paradigm for sustainable management of desert lands, which has promoted regional sustainable development. These contributions have provided theoretical and technical supports for the restoration and reconstruction of sandy grassland

ecosystems and the improvement of ecological functions in China.

Keywords sandy grassland, combating desertification, long-term monitoring and research, “3-circles” eco-productive paradigm, sandland ecology



黄振英 中国科学院植物研究所研究员、博士生导师，中国科学院大学教授，中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站站长。主要开展旱区植物生理生态学、种子生态与植被更新、植被恢复与技术试验示范等工作。主持中国科学院战略性先导科技专项（A类）项目、国家重点研发计划项目和国家自然科学基金项目等10余项，发表研究论文160余篇，包括*Nature Communications*、*Biological Reviews*、*Ecology*、*Ecology Letters*、*Global Ecology and Biogeography*、*Journal of Ecology*、*Plant, Cell and Environment*、*Soil Biology and Biochemistry*、*Functional Ecology*等SCI期刊论文120余篇。担任中国植物学会种子科学与技术专业委员会副主任和中国治沙暨沙业学会常务理事等职。担任SCI期刊*Plant Physiology and Biochemistry*主编，《植物生态学报》《生物多样性》和《林业科学》等期刊编委。2011年获得内蒙古自治区党委“草原英才”称号。E-mail: zhenying@ibcas.ac.cn

HUANG Zhenying Professor, Principal Investigator (PI), Ph.D. Supervisor at Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (CAS). He is also Director of the Ordos Sandland Ecological Research Station of the CAS. He earned his Doctor's Degree by means of joint training in both the Northwest University of China and the Ben-Gurion University of Israel in 1998. The focus of his research is plant adaptation in drylands, including plant physiological ecology, seed ecology and vegetation regeneration, ecological restoration technology and demonstration. He has been financially supported by over 10 fundings such as the Strategic Priority Research Program of the CAS, the National Key Research and Development Program of China, the National Natural Science Foundation of China (NSFC). To date, he has published over 160 papers in diverse academic journals, of which over 120 of them are SCI indexed papers, including *Nature Communication*, *Biological Reviews*, *Ecology*, *Ecology Letters*, *Global Ecology and Biogeography*, *Journal of Ecology*, *Plant, Cell and Environment*, *Soil Biology and Biochemistry*, *Functional Ecology*, etc. He also serves as Associate Director of Seed Science and Technology Committee of Botanical Society of China, Executive Director of China National Sand Control and Desert Industry Society, etc. Now, he is Editor-in-Chief of *Plant Physiology and Biochemistry*, and the Editorial Board Members of *Chinese Journal of Plant Ecology*, *Biodiversity Science*, *Scientia Silvae Sinicae*, etc. He is awarded as “Prairie Excellence Specialist” in 2011 by the Party Committee of the Inner Mongolia Autonomous Region. E-mail: zhenying@ibcas.ac.cn

■责任编辑：张帆

2. 植物相互作用的全球格局及其与气候的关系

Net plant interactions are highly variable and weakly dependent on climate at the global scale

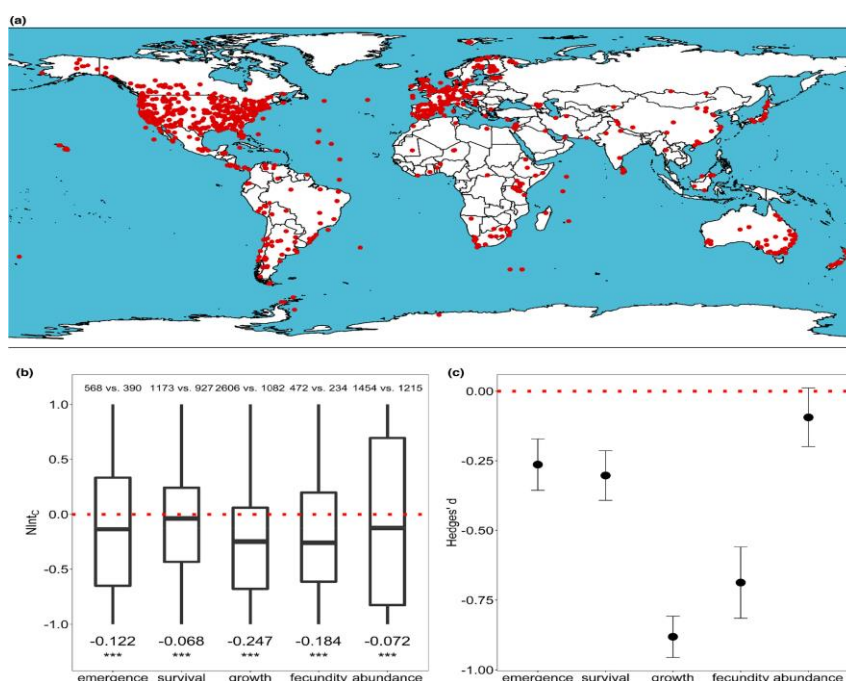
Xuejun Yang, Lorena Gómez-Aparicio, Christopher J. Lortie, Miguel Verdú, Lohengrin A. Cavieres, Zhenying Huang, Ruiru Gao, Rong Liu, Yonglan Zhao, Johannes H. C. Cornelissen

Ecology Letters, 2022, 25: 1580~1593

在自然群落中，共存植物之间具有复杂的相互作用，植物之间既竞争资源和空间，也通过积聚养分、减轻胁迫以及保护不受植食性动物取食等机制产生相互促进的关系。研究植物相互作用可为预测全球变化背景下群落和生态系统的动态提供关键信息。因此，植物相互作用一直是植物生态学的核心科学问题之一。尽管植物相互作用是植物群落组成和动态的关键驱动因子已是广泛共识，但植物相互作用的全球格局及其与气候因子的关系仍不清楚。

本研究通过全面整合分析过去一个多世纪植物相互作用的研究，构建了包括 10502 条成

对数据的全球植物相互作用数据库，揭示了自然群落中植物相互作用的全球格局及其与气候因子的关系。研究发现，植物相互作用在不同生活史阶段、邻体植物类型和生物群系之间存在差异，而且在全球尺度上竞争作用比促进作用更为普遍。令人意外的是，植物相互作用并无显著的纬度格局，与气候因子之间的关系也很微弱。研究还发现，研究局地尺度因子（如小气候、土壤和干扰等）可能比大尺度气候的影响更能揭示植物群落中相互作用的决定因子。这些研究结果为在全球尺度上认识植物相互作用提供了全新的认识，证实了竞争作用是植物群落构建过程的重要机制。



全球植物相互作用研究的分布 (a); 不同生活史阶段的植物相互作用强度 (b); 和标准化差异度 (c)

3. 中国北方草原植物多样性与土壤真菌多样性的关系比与细菌多样性的关系更强

Plant diversity has stronger linkage with soil fungal diversity than with bacterial diversity across grasslands of northern China

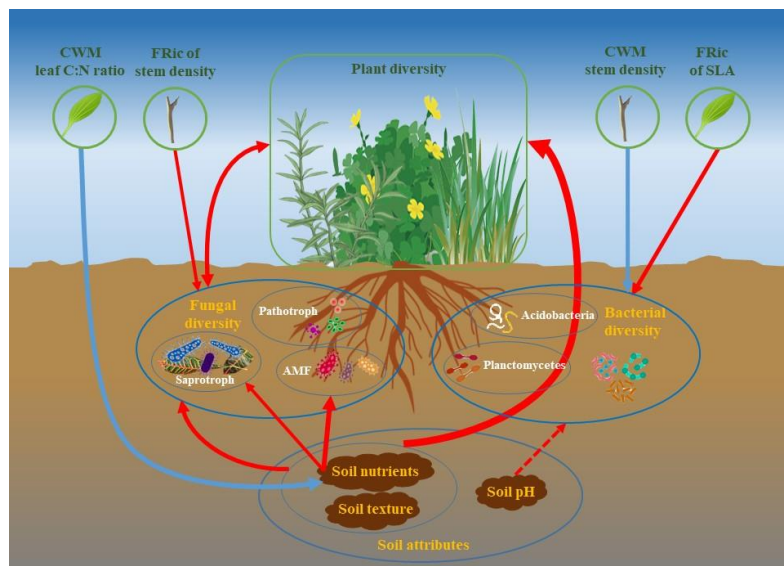
Congwen Wang, Linna Ma, Xiaoran Zuo, Xuehua Ye, Renzhong Wang, Zhenying Huang, Guofang Liu, Johannes H. C. Cornelissen

Global Ecology and Biogeography, 2022, 31(5): 886~900

植物与土壤微生物之间的相互作用在调节陆地生态系统的功能和稳定性方面起着至关重要的作用。土壤微生物，尤其是细菌和真菌，可以通过降解植物凋落物或残体来提高土壤养分的有效性，并通过相互作用提高植物的养分吸收效率，从而调节植物多样性。此外，植物多样性介导的凋落物和根系分泌物的多样性可以通过提高资源可利用性、改变物理微生境来支持更多的微生物类群。然而，植物多样性与土壤微生物不同类群多样性之间的关系尚不明确。

本研究在对中国北方半干旱区草原进行连续两年 1700 公里样带调查的基础上，通过测量叶、茎性状来刻画植物功能多样性，并利用高通量测序技术量化土壤细菌和真菌多样性，以及

真菌中的病原真菌、腐生真菌和丛枝菌根真菌（AMF）的多样性。研究发现植物多样性（物种多样性和功能多样性）与土壤真菌多样性存在较强的耦合关系，但与细菌多样性没有关系。植物和真菌多样性受到土壤养分和质地的驱动，而细菌多样性主要受土壤 pH 值的影响。多样的植物物种可能通过为 AMF 和病原真菌提供不同的寄主植物，为腐生真菌提供不同的凋落物基质形成互补的地下生态位，进而形成与植物多样性的多维互作。研究结果强调了 AMF 和腐生真菌在调控植物多样性的重要作用。本研究从土壤微生物视角阐明了地上植物多样性的多维维持机制，将土壤真菌纳入未来的生物多样性保护框架，有助于为退化草原生态系统的生物多样性恢复提供理论支持。



草原生态系统植物-土壤微生物相互作用模式图

4. 植物代间可塑性的生态适应机制

Great granny still ruling from the grave: Phenotypical response of plant performance and seed functional traits to salt stress affects multiple generations of a halophyte

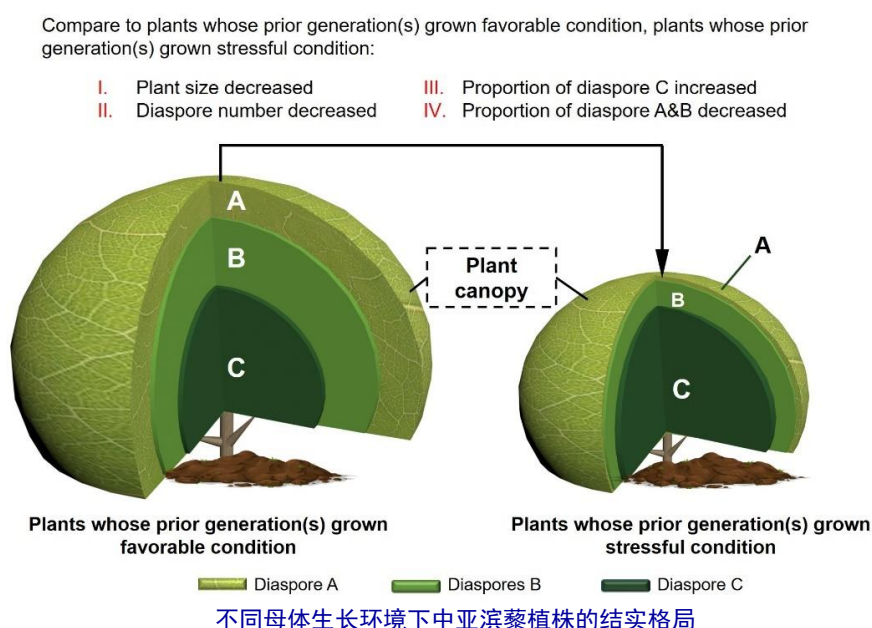
Zhaoren Wang, Jerry M. Baskin, Carol C. Baskin, Xuejun Yang, Guofang Liu, Xuehua Ye, Zhenying Huang, Johannes H. C. Cornelissen

Journal of Ecology, 2022, 110: 117~128

表型可塑性是生物体应对快速变化环境的重要适应机制。其中，母体效应是一种特殊的表型可塑性，是指母体所经历的环境修饰子代植株的表型及其对环境适应性的现象，这种代间的可塑性可能是缓冲后代免受环境胁迫的有效方式。近年来，对母体环境效应的研究已成为环境变化背景下植物生态适应机制和生活史对策研究的新热点。然而，有关母体效应的代间可塑性的相关证据仍然十分有限，对代间效应的影响强度和生态后果仍缺乏明确认识。

本研究以中国北方荒漠盐生植物中亚滨藜 (*Atriplex centralasiatica*) 为实验材料，系统研究了异型种子萌发/传播策略的母体效应适应机制。研究通过为期三年四代的原生境控制实验，

从 F0→F1→F2 直至培育出 F3 代种子。通过比较不同母体环境下异型种子的成株特性、繁殖分配、种子大小、异型种子比例等性状，发现当母体长期处于盐胁迫环境时，植株更趋向于产生休眠程度深、传播距离远的子代。反之，则更趋向于产生休眠程度浅、传播距离近的子代。由母体对盐渍化胁迫环境产生的记忆效应能够使子代性状发生适应性的变化，并且这些变化能够传递至少三代。这种代间可塑性通过与异型种子的两头下注策略共同作用，使该物种能够适应荒漠区异质性的生境。综上所述，该研究阐明了母体效应的代间可塑性在不同世代间传递的规律，发展和完善了植物生活史适应的对策理论。



5. 叶根凋落物碳氮释放受位置和植物功能型调节

Carbon versus nitrogen release from root and leaf litter is modulated by litter position and plant functional type

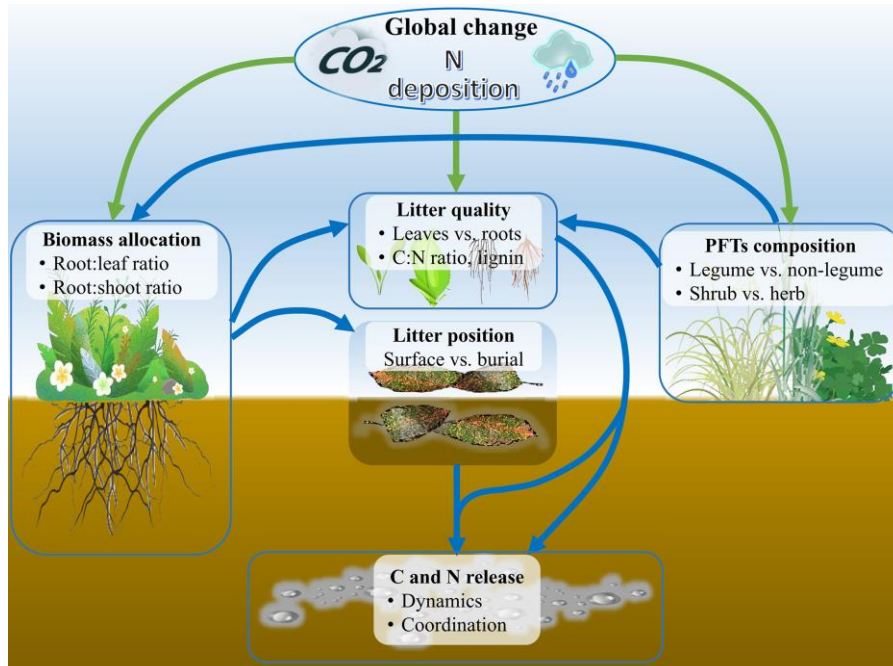
Enkhmaa Erdenebileg, Congwen Wang, Wanying Yu, Xuehua Ye, Xu Pan, Zhenying Huang, Guofang Liu, Johannes H. C. Cornelissen

Journal of Ecology, 2023, 111(1): 198~213

植物凋落物分解在土壤肥力和土壤有机碳的形成中起着至关重要的作用，进而影响陆地生态系统碳氮循环。叶和细根是植物中碳氮周转最快的器官，凋落物分别位于地表和地下，在截然不同的生物和非生物环境中分解。凋落物位置和质量对生态系统碳氮动态有着强烈的影响，但目前有关植物功能型、器官、性状和凋落物位置之间的相互作用如何调控叶和细根凋落物碳氮周转的认识仍不清楚。

本研究在半干旱区毛乌素沙地选择草本、豆科灌木和非豆科灌木这三类植物功能型的 25 种植物，将地表和沙埋处理的叶掉落物和沙埋处理的细根凋落物分别进行 3~24 个月的原位分解，研究其分解速率和碳氮动态及其调控机制。

结果显示，在相同的碳损失下，沙埋细根的氮损失高于叶，豆科灌木比非豆科灌木氮损失更大。与细根和非豆科灌木相比，叶片和豆科灌木的碳氮损失耦合性更强。因此，凋落物的碳氮释放动态和耦合性受凋落物位置和植物功能型的调节。在相同的碳释放下，豆科凋落物表现出更快的氮释放，表明在氮限制的半干旱生态系统中豆科植物在氮循环中的重要性。全球变化能够改变植物群落的功能组成及地上和地下凋落物的相对数量和质量，该研究揭示了凋落物位置和植物功能型对凋落物碳氮过程的影响机制，对于发展基于分解过程的碳氮循环模型具有重要意义。



调控叶和细根凋落物碳氮释放动态和耦合性的模式图

6. 气候-植物-土壤格局对青藏和内蒙古高原沿环境梯度草地结构和功能的驱动机制

Driving mechanisms of climate-plant-soil patterns on the structure and function of different grasslands along environmental gradients in Tibetan and Inner Mongolian Plateaus in China

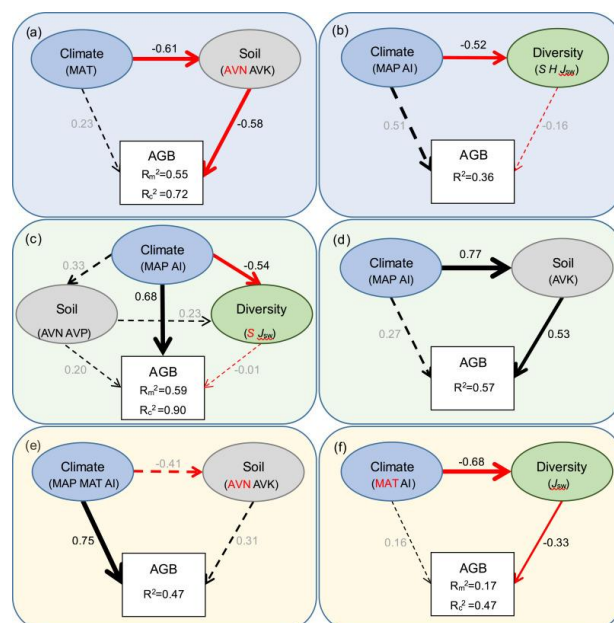
Wenjuan Wu, Guangsheng Zhou, Zhenzhu Xu

Journal of Cleaner Production, 2022, 339: 130696

草原植物通过光合作用固碳，产生植物生物量。研究表明，在潮湿环境中，土壤养分状况的改善会提高植被生产力，而在干旱环境中，植被生产力会受到气候的影响。然而，在不同类型的天然草原生态系统中，生产力对不同气候-植物-土壤模式的响应尚未得到明确和全面的分析。

本研究系统地探索了不同草原的功能格局，以及对关键气候、土壤和植物因子的潜在反应机制，调查范围涵盖了青藏高原和内蒙古高原从潮湿、半干旱到干旱的广泛环境梯度。研究发现，从潮湿、半干旱到干旱的环境中，地上和地

下的生物量逐渐减少。生物量对不同环境下的气候因子很敏感。然而，与土壤和植物因素相比，气候始终是决定所有草原类型生物量的最重要因素。此外，在潮湿环境中，生物量主要受气候和土壤特征的调节，但在干旱环境中受气候的调节。具体而言，各因子的相应限制因子在很大程度上主导了相应因子对不同草原的影响。例如，以温度为主导的气候对高山湿润草原的土壤养分有效性产生了负面影响，进而影响了地上生物量。这些发现增强了我们对不同草原沿广泛环境梯度机制异质性的理解，这对于预测环境变化对陆地生态系统功能的影响和后果至关重要。



青藏高原 AHG (a)、ASG (c) 和 ADG (e) 和内蒙古高原 HG (b)、SG (d) 和 DG (f) 的 AGB 的组合因素驱动机制的结构方程模型

7. 半干旱内陆沙丘 12 种共生植物不同径级细根性状的变异及其与叶片性状的联系

Variations in the traits of fine roots of different orders and their associations with leaf traits in 12 co-occurring plant species in a semiarid inland dune

Wanying Yu, Congwen Wang, Zhenying Huang, Deli Wang, Guofang Liu

Plant and Soil, 2022, 472 (1~2): 193~206

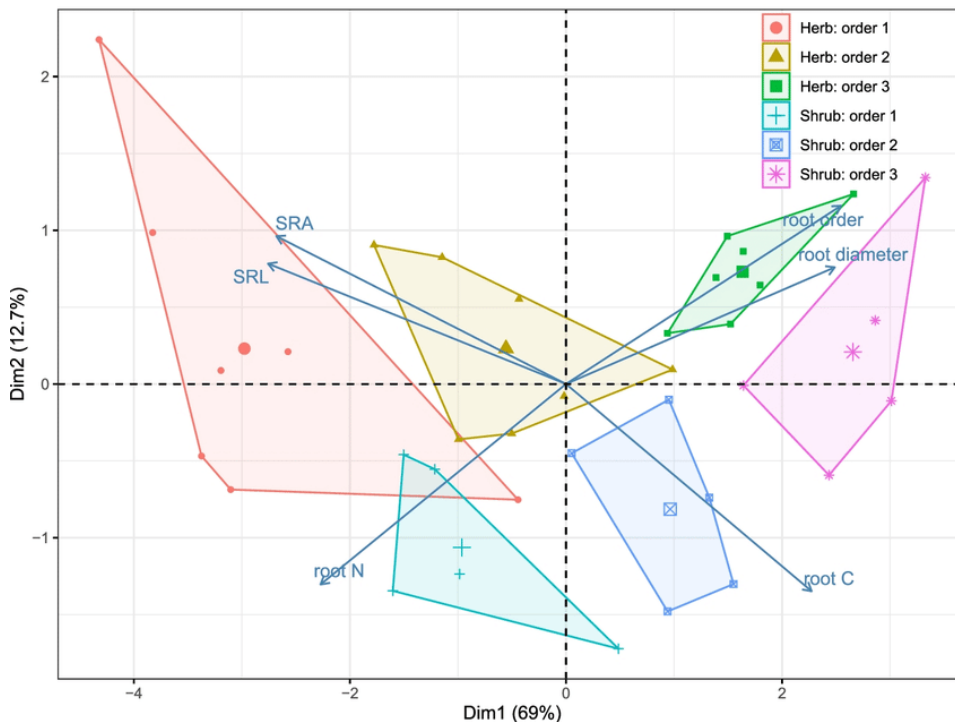
植物性状的变异与资源获取和保护之间的功能权衡密切相关。然而，关于半干旱内陆沙丘不同径级细根性状的种间变异及其与叶片性状的关系的研究较少。

本研究检测了 12 个物种（7 种草本植物和 5 种灌木）的前四级根和叶，代表了广泛的分类群，共生在半干旱的内陆沙丘中，并评估了它们的根生物量比和 9 个关键的形态和化学性状。

结果显示种间和种内不同径级的根性状之间存在显著差异。根经济型谱 (RES) 的前三级，代表了一种资源获取和保护策略，比根长、比根

面积和根 N 浓度随根级的增加而降低，根直径随根级的增加而增加。大部分细根和叶片性状主要集中在主成分分析的第一和第二个轴上。草本和灌木由于叶片和细根性状的差异，分别表现为资源获取策略和资源保守策略。根的系统发育保守性强于叶片。

在半干旱内陆沙丘中，不同径级细根之间存在根经济型谱，强调了不同径级细根性状的种间和种内变异对理解根系结构、功能及其协调性的重要性。叶和细根的部分性状整合对植物经济型谱的支持有限。



毛乌素沙地 12 种植物（7 种草本，5 种灌木）不同根序细根的功能性状主成分分析

8. 沿 3500 公里草原样带上细菌和真菌群落驱动土壤多功能性

Different facets of bacterial and fungal communities drive soil multifunctionality in grasslands spanning a 3500 km transect

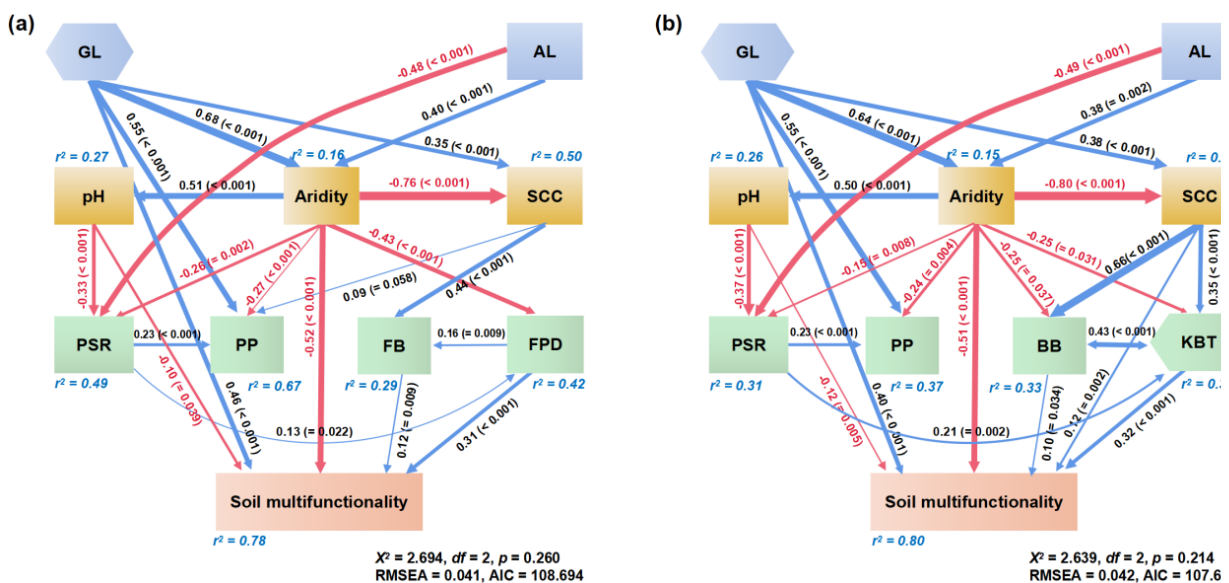
Linna Ma, Chaoxue Zhang, Xiaofeng Xu, Congwen Wang, Guofang Liu, Cunzhu Liang, Xiaoan Zuo, Chengjie Wang, Yixia Lv, Renzhong Wang

Functional Ecology, 2022, 36: 3120~3133

草地生态系统是我国面积最大的陆地生态系统，约占国土面积的 41.7%，且主要分布在我国北方温带地区及青藏高原，具有极其重要的生态功能和服务功能。土壤细菌和真菌在调节草地生态系统功能与服务方面发挥着十分关键的作用。然而，关于土壤细菌和真菌群落（多样性、群落结构、生物量）如何分别驱动生态系统多功能性尚不清楚。

本研究在对中国温带草地和高寒草地进行连续两年 3500 公里样带调查的基础上，通过测量多种生态系统功能（土壤碳、氮、磷含量，土壤酶活性，养分矿化），利用高通量测序和磷脂脂肪酸技术量化土壤细菌和真菌多样性（丰富度、谱系多样性、结构多样性）及生物量，结合

植物多样性和生物量，以及地理位置、海拔、气候和土壤特性等关键驱动因子，系统揭示了微生物群落对生态系统多功能性的驱动作用。研究发现，土壤真菌多样性与多功能性呈显著正相关，且真菌谱系多样性与之相关性高于真菌丰富度。然而，土壤细菌多样性并未显著影响多功能性，仅放线菌和变形菌菌群丰度与多功能性显著相关。此外，尽管微生物生物量是多功能性的主要驱动因子，但其贡献低于真菌多样性和主要细菌菌群的作用。本研究从土壤微生物视角全面阐明了细菌和真菌群落不同特性对生态系统多功能性的直接驱动作用，考虑土壤微生物多种特性的作用将有助于为退化草地生态系统功能与服务的恢复提供理论支持。



大尺度梯度上气候、海拔、土壤特性、植物群落、细菌和真菌群落对草地生态系统土壤多功能性影响的结构方程模型

9. 温带草原和高寒草原植被生产力的环境驱动机制

Precipitation consistently promotes, but temperature inversely drives, biomass production in temperate vs. alpine grasslands

Wenjuan Wu, Ruojun Sun, Leren Liu, Xiaodi Liu, Hongying Yu, Quanhui Ma, Miao Qi, Lang Li, Yibo Li, Guangsheng Zhou, Zhenzhu Xu

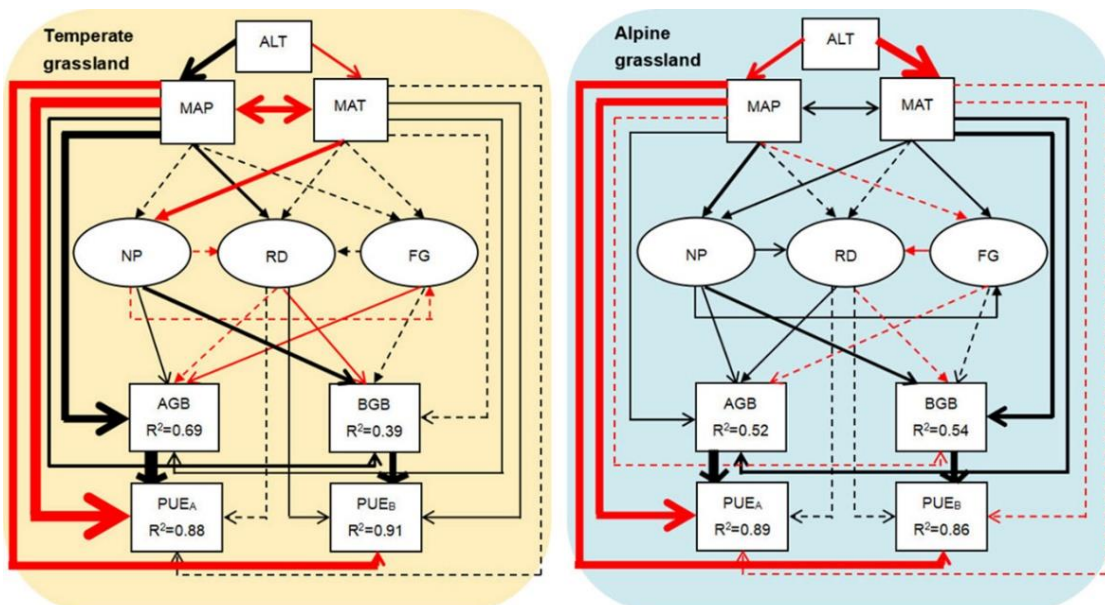
Agricultural and Forest Meteorology, 2023, 329: 109277

气候变化持续加剧，危及脆弱的自然生态系统。天然草原生态系统对气候变化尤其敏感，揭示其对气候因子的响应特征及其环境机制是科学制定气候变化适应性管理的基础。

本研究基于西藏羌塘高原和内蒙古高原两条东西草原样带的科考研究，对比分析了高寒草原和温带草原两种类型的植被生产力及其降水利用率的空间分布特征，阐明了其对气候、土壤等关键因素的响应及其环境调控机制。研究表明，气候因素主导了草原植被生产力及其降水利用率的空间变化。降水增加总是促进两种草原植被生产力；气候变暖导致温带草原植被生产力降低，却促进了高寒草原植被生产力。进一步分析表明，土壤营养水平在其中起到了重要作用：升温通过限制土壤营养可利用性降低

了温带草原植被生产力，但通过改善土壤养分状况增加了高寒草原植被生产力。因此，未来气候变暖背景下，高寒草原的植被碳汇功能将增强，而温带草原将减弱。总之，气候对草原植被生产力及其降水资源利用的驱动作用因不同植被类型而异，土壤营养和生物多样性参与了其中的调控过程。

该研究阐明了两条草原样带环境梯度影响的控制机制，进一步加深了对草原碳汇特征及其气候变化敏感性的理解，为深入理解不同生态系统对气候变化响应的异质性及其调控机制提供了新见解，也为我国草原植被的生态保护、草牧业差异化可持续性利用及气候变化适应性管理提供了科学依据。



温带草原和高寒草原植被生产力的环境驱动机制

10. 干旱生态系统气候变化的生态弹性及其机制

Nitrogen deposition drives response and recovery in the context of precipitation change and its reversal in an arid ecosystem

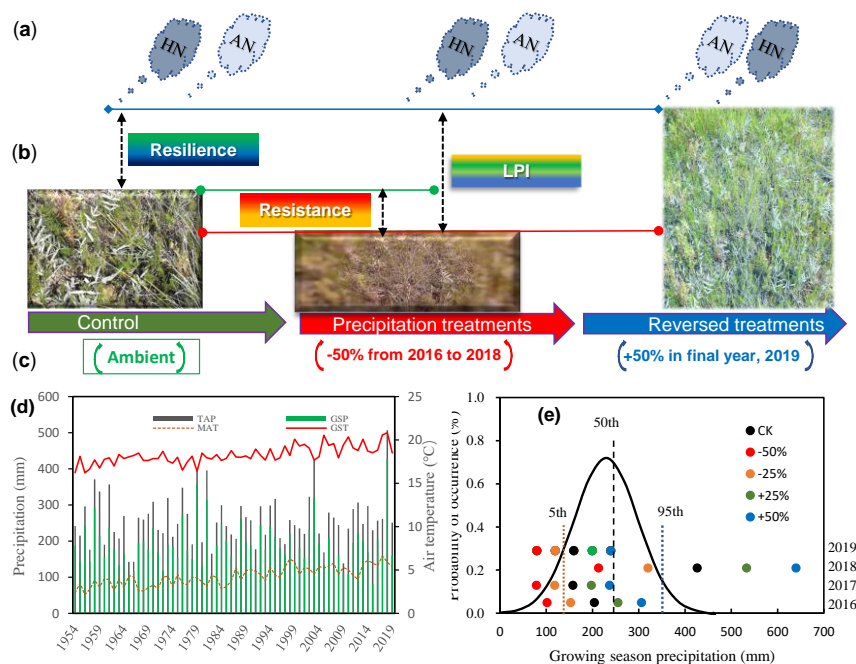
Hongying Yu, Xiaodi Liu, Quanhui Ma, Lang Li, Wenjuan Wu, Miao Qi, Yibo Li, Feng Zhang, Yuhui Wang, Guangsheng Zhou, Zhenzhu Xu

Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2022, 127(9): e2022JG006828

气候变化仍在加剧，适应气候变化已经成为全球共识。干旱生态系统对气候变化尤其敏感脆弱，厘清其对气候变化的弹性与调控机制是科学制定适应气候变化的基础。

本研究基于内蒙古荒漠草原长期气候变化野外模拟实验，揭示了降水减少与增加条件下干旱生态系统的恢复弹性及其对氮沉降的响应机制。研究表明，干旱生态系统的地上植被净初级生产力（ANPP）随降水增加而显著增加，尤其是在高水平氮沉降条件下。然而，降水减少将逆转前三年降水增加对 ANPP 的影响，反之亦然。土壤微生物碳及其氮含量也随着降水的增加而显著增加，但降水减少部分抵消了前期降

水增加对土壤微生物的影响。相对于氮沉降的影响，降水变化通过调节土壤微生物和植物物种多样性对荒漠草原生态系统的弹性特征产生了较为重要的作用。在降水变化和氮沉降的共同影响下，植物群落的物种组成发生了转变，其中少数物种的消长起了关键作用。该研究阐明了环境变化逆转时的脆弱生态系统弹性特征，提出了包含旱涝发生逆转时的生态系统弹性新指标，为深入理解干旱生态系统对气候变化的响应及其适应机制提供了新见解，也为陆地生态系统的恢复、重建、可持续性利用、气候变化适应性管理提供了科学依据。



实验设计和生态系统的弹性指标

11. 灌木通过改变土壤特性利好沙漠中的草本植物群落

Shrubs facilitate herbaceous communities in a desert by modifying soil properties

Lina Xie, Lei Han, Hongyu Guo, Fang Zhao, Fanglei Gao, Guogang Zhang, Chengang Ma

Plant Soil, 2022, <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05774-x>

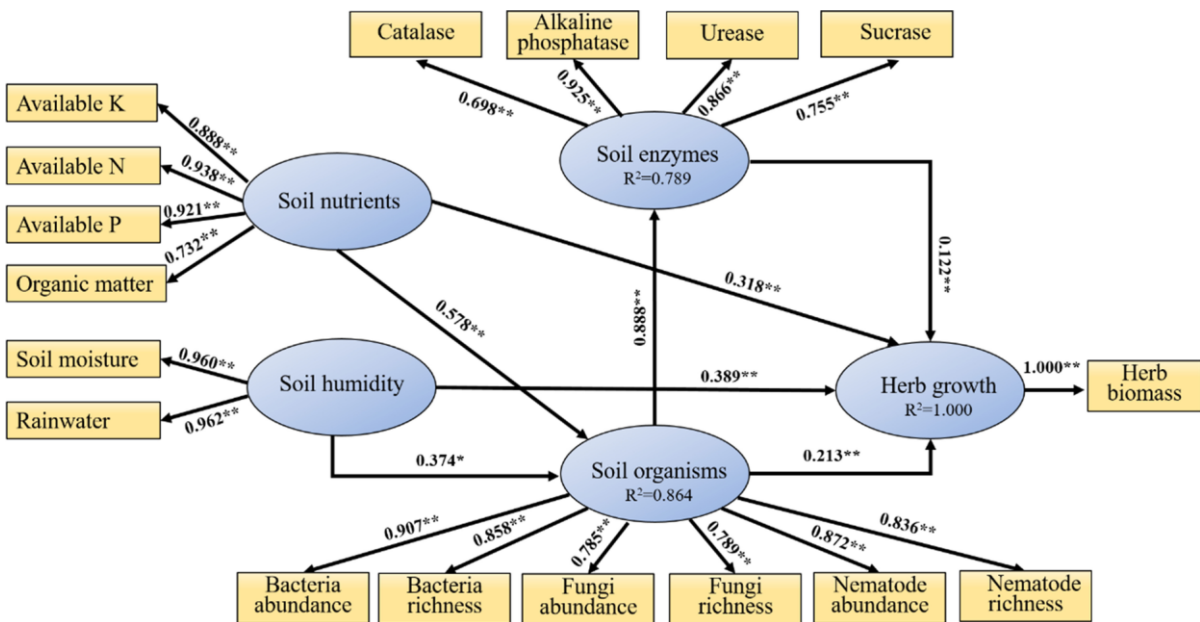
在沙漠中，一些灌木可以促进其相关的草本群落。在这里测试了这样一个假设，即灌木的这种积极影响可能是由它们在改变土壤生物和非生物特性方面的作用所介导的。

本研究比较了五种锦鸡儿属植物灌木下面和外面的草本植物群落和土壤特性（土壤资源和土壤生物），分析了灌木对草本群落的促进作用与灌木对土壤特性的影响之间的关系，还测试了灌木调节的土壤对草本植物生长的影响，并估计了土壤特性对促进作用的贡献。

研究发现，沙漠中锦鸡儿灌木通过积累更多的土壤资源和土壤生物，并在其树冠下比树

冠外的浅土层中保存更多的雨水，为其相关的草本群落提供了便利。土壤资源和土壤生物分布格局的变化与灌木对草本群落的促进作用显著相关。对土壤因子贡献最大的是湿度（路径系数（PC）：0.389）、养分（PC：0.318）、生物（PC：0.213）和酶（PC：0.122）。

灌木介导的土壤资源和土壤生物的水平垂直分布是其对沙漠中相关草本群落促进作用的重要驱动因素。因此，灌木作为生态系统工程师在土壤资源再分配和土壤生物群落建立中发挥着重要作用，这可以影响沙漠等超干旱地区草本植物群落的聚集。



PLS-SEM 结构方程模型显示土壤变量对草本植物生长的影响 (n = 30)

12. 中国北方半干旱区草地退化对土壤真菌群落的影响大于细菌群落

Grassland degradation has stronger effects on soil fungal community than bacterial community across the semi-arid region of northern china

Congwen Wang, Linna Ma, Xiaoan Zuo, Xuehua Ye, Renzhong Wang, Zhenying Huang, Guofang Liu, Johannes H. C. Cornelissen

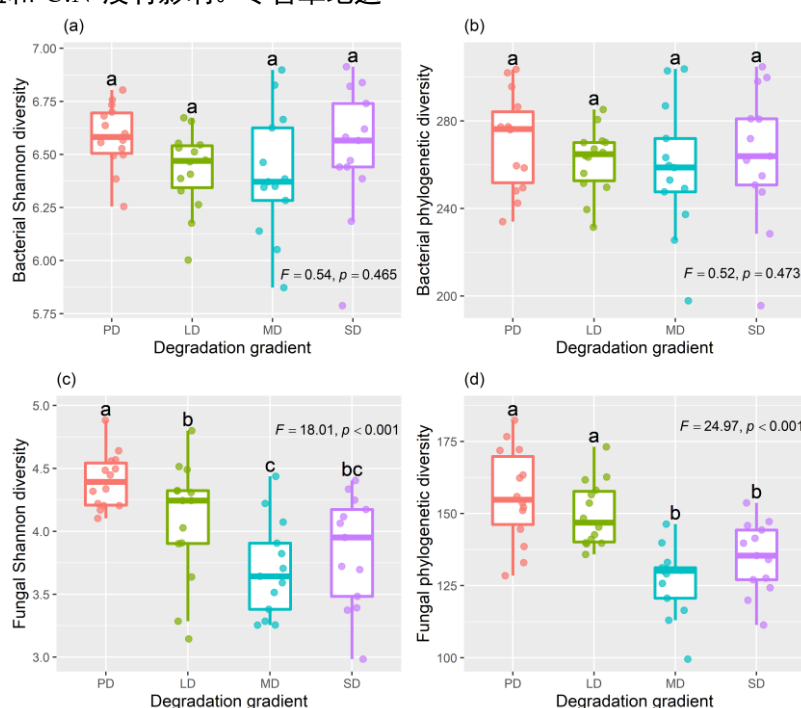
Plants, 2022, 11: 3488

土壤微生物在草地生态系统功能调控中起着至关重要的作用，如土壤碳库和养分循环。土壤微生物群落比较敏感，容易受到气候变化和人为干扰介导的草地退化的影响。然而，关于草地退化如何影响不同类群的土壤微生物多样性和群落结构的研究相对较少。

本研究在中国北方半干旱草地进行了大尺度的野外调查和取样，研究了 4 种退化水平（潜在退化、轻度退化、中度退化、严重退化）对土壤细菌和真菌群落的影响。结果表明，随着退化梯度的增加，土壤水分、养分和粘粒含量呈下降趋势，而土壤砂粒含量显著增加。然而，草地退化对土壤 pH 值和 C:N 没有影响。尽管草地退

化没有降低土壤细菌多样性，但显著改变了土壤细菌群落结构。对于土壤真菌群落，草地退化显著降低真菌多样性，并且退化对土壤真菌群落结构的影响大于细菌群落结构。土壤真菌的群落组成和结构主要受土壤养分和质地的影响，而土壤细菌的群落组成和结构主要受土壤 pH 值的影响。这些结果表明，草地退化引起的土壤理化性质的改变主要驱动土壤真菌群落的变化，而对土壤细菌群落的影响较小。

本研究揭示了土壤真菌群落对草地退化的敏感性，突出了土壤真菌群落在退化草地管理和恢复中的优先地位。



草原生态系统植物—土壤微生物相互作用模式图

四、研究项目

2022年固定人员在站项目16项，包括中国科学院战略性先导科技专项、国家科技攻关计划、国家自然科学基金等，总经费达1.4亿元，结题3项。客座人员在站开展项目1项，经费250万元。

1. 在研项目

| 序号 | 项目名称 | 项目类型 | 项目编号 | 主持人 | 起止时间 | 经费万元 |
|----|--------------------------------------|-----------------------|----------------|-------------|-----------------|-------|
| 1 | 草畜平衡系统评估与区域模式研究 | 中国科学院战略性先导科技专项（A类）项目 | XDA26010000 | 欧阳光洲 黄振英 | 2020.11~2025.10 | 12400 |
| 2 | 鄂尔多斯荒漠草原恢复技术与近顶极群落构建 | 中国科学院战略性先导科技专项（A类）子课题 | XDA26020103 | 王仁忠 | 2020.11~2025.10 | 500 |
| 3 | 西风季风协同作用 变化对碳氮循环机制的影响 | 国家科技重大专项子课题 | 2019QZKK0106 | 许振柱 | 2019.11~2024.10 | 317.7 |
| 4 | 中蒙草地生物多样性和生态系统多功能性的调控 | 科技部国家重点研发计划项目国际合作项目 | 2018YFE0182800 | 刘国方 | 2020.01~2022.12 | 138 |
| 5 | 草地生态价值与生产潜力评估 | 中国科学院战略性先导科技专项（A类）子课题 | XDA26010103 | 许振柱 | 2020.11~2025.10 | 110 |
| 6 | 鄂尔多斯保护区监测 | 中国科学院战略性先导科技专项（A类）专题 | XDA23080302 | 黄振英 | 2019.01~2023.12 | 100 |
| 7 | 极端天气气候事件对内蒙古草原植被关键物候期时空格局的影响及其驱动因素研究 | 国家自然科学基金面上项目 | 41975145 | 王玉辉 | 2020.01~2023.12 | 63 |
| 8 | 肉苁蓉种子休眠、萌发和寄生过程与环境的关系 | 国家自然科学基金面上项目 | 31870711 | 黄振英 | 2019.01~2022.12 | 60 |
| 9 | 兼性自交植物角蒿的花粉限制、近交衰退和大花展示的进化机制 | 国家自然科学基金面上项目 | 31870363 | 孙海芹 | 2019.01~2022.12 | 59 |
| 10 | 气候变暖和氮沉降驱动的加拿大一枝黄花入侵性快速进化 | 国家自然科学基金面上项目 | 31971552 | 何维明 | 2020.01~2023.12 | 58 |

| | | | | | | |
|----|----------------------------------|----------------------------|--------------|-----|-----------------|------|
| 11 | 荒漠植物白沙蒿种子粘液物质的微生物降解机制及其在种群更新中的作用 | 国家自然科学基金面上项目 | 32071524 | 杨学军 | 2021.1~2024.12 | 58 |
| 12 | 季节非对称性增温对草地生态系统非生长季氮源有效性的影响及其机制 | 国家自然科学基金面上项目 | 32071602 | 马琳娜 | 2021.01~2024.12 | 58 |
| 13 | 大尺度水分梯度变化对羊草草地生态系统多功能性的影响 | 国家自然科学基金面上项目 | 32071857 | 王仁忠 | 2021.01~2024.12 | 58 |
| 14 | 菊芋对鄂尔多斯采煤矿区环境的适应性 | 内蒙古自治区科学技术厅科技成果转化专项资金项目子课题 | 2020CG0057 | 崔清国 | 2020.5~2022.12 | 47.5 |
| 15 | 气候变化背景下蒙古草原植被适应性与管理 | 院级国际合作课题 | | 黄振英 | 2022.1~2023.12 | 10 |
| 16 | 偃松林、兴安落叶松林、朝鲜崖柏林调查和资料整编 | 植被编研 | 2019FY202300 | 贾丙瑞 | 2020.01~2023.12 | 9 |

2. 结题项目

| 序号 | 项目名称 | 项目类型 | 项目编号 | 主持人 | 起止时间 | 经费万元 |
|----|------------------------------|-------------------------|----------------|-----|----------------|------|
| 1 | 中蒙草地生物多样性和生态系统多功能性的调控 | 科技部国家重点研发计划项目国际合作项目 | 2018YFE0182800 | 刘国方 | 2020.1~2022.12 | 138 |
| 2 | 肉苁蓉种子休眠、萌发和寄生过程与环境的关系 | 国家自然科学基金面上项目 | 31870711 | 黄振英 | 2019.1~2022.12 | 60 |
| 3 | 兼性自交植物角蒿的花粉限制、近交衰退和大花展示的进化机制 | 国家自然科学基金面上项目 | 31870363 | 孙海芹 | 2019.1~2022.12 | 59 |
| 4 | 菊芋对鄂尔多斯采煤矿区环境的适应性 | 内蒙古自治区科学技术厅科技成果转化专项资金项目 | 2020CG0057 | 崔清国 | 2020.5~2022.12 | 47.5 |

3. 客座研究项目

| 序号 | 项目名称 | 项目类型 | 项目编号 | 主持人 | 起止时间 | 经费万元 |
|----|-----------------------|-------------------------|------------|-----|----------------|------|
| 1 | 内蒙古矿区与盐碱地菊芋生态修复技术研究应用 | 内蒙古自治区科学技术厅科技成果转化专项资金项目 | 2020CG0057 | 门果桃 | 2020.5~2022.12 | 250 |

五、研究成果

2022 年度，依托鄂尔多斯站公开发表论文 33 篇，其中 SCI 论文 30 篇，CSCD 论文 3 篇；合编专著 1 部。

1. 发表论文

| 序号 | 论著题目 | 作者 | 刊物名称 | IF |
|----|--|--|--|--------|
| 1 | Net plant interactions are highly variable and weakly dependent on climate at the global scale | Yang XJ, Gómez - Aparicio L, Lortie CJ, Verdú M, Cavieres LA, Huang ZY, Gao RR, Liu R, Zhao YL, Cornelissen JHC | Ecology Letters 2022. 25(6): 1580-1593 | 11.274 |
| 2 | A compiled soil respiration dataset at different time scales for forest ecosystems across China from 2000 to 2018 | Sun HR, Xu ZZ, Jia BR | Earth System Science Data. 2022. 14: 2951–2961. | 11.815 |
| 3 | Driving mechanisms of climate-plant-soil patterns on the structure and function of different grasslands along environmental gradients in Tibetan and Inner Mongolian Plateaus in China | Wu WJ, Zhou GS, Xu ZZ | Journal Of Cleaner Production. 2022. 339: 130696. | 11.072 |
| 4 | A novel entropy-based method to quantify forest canopy structural complexity from multiplatform lidar point clouds | Liu XQ, Ma Q, Wu XY, Hu TY, Liu ZH, Liu LL, Guo QH, Su YJ | Remote Sensing of Environment. 2022. 282: 113280 | 13.85 |
| 5 | Human-climate coupled changes in vegetation community complexity of China since 1980s | Su YJ, Guo QH, Guan HC, Hu TY, Jin SC, Wang ZH, Liu LL, Jiang L, Guo K, Xie ZQ, An SZ, Chen XL, Hao, ZQ, Hu YM, Huang YM, Jiang MX, Li JX, Li ZJ, Li XK, Li XW, Liang CZ, Liu RL, Liu Q, Ni HW, Peng SL, Shen ZH, Tang ZY, Tian XJ, Wang XH, Wang RQ, Xie YZ, Xu XN, Yang XB, Yang YCA, Yu LF, Yue M, Zhang F, Chen J, Ma KP | Earths Future. 2022. 10: e2021EF002553 | 8.852 |
| 6 | Plant diversity has stronger linkage with soil fungal diversity than with bacterial diversity across grasslands of northern China | Wang CW, Ma LN, Zuo XA, Ye XH, Wang RZ, Huang ZY, Liu GF, Cornelissen JHC | Global Ecology and Biogeography 2022. 31(5): 886-900 | 6.909 |

| | | | | |
|----|--|--|---|-------|
| 7 | Coordination of economics spectra in leaf, stem and root within the genus <i>Artemisia</i> along a large environmental gradient in China | Liu R, Yang XJ, Gao RR, Huang ZY, Cornelissen JHC | Global Ecology and Biogeography. 2022. DOI: 10.1111/geb.13624 | 6.909 |
| 8 | Carbon versus nitrogen release from root and leaf litter are modulated by litter position and plant functional type | Erdenebileg E, Wang C, Yu WY, Ye XH, Pan X, Huang ZY, Liu GF, Cornelissen JHC | Journal of Ecology. 2023. 111(1): 198-213 | 6.381 |
| 9 | Great granny still ruling from the grave: Phenotypical response of plant performance and seed functional traits to salt stress affects multiple generations of a halophyte | Wang ZR, Baskin JM, Baskin CC, Yang X, Liu G, Ye XH, Huang ZY, Cornelissen JHC | Journal of Ecology. 2022. 110(1): 117-128 | 6.381 |
| 10 | Different facets of bacterial and fungal communities drive soil multifunctionality in grasslands spanning a 3,500 km transect | Ma LN, Zhang CX, Xu XF, Wang CW, Liu GF, Liang CZ, Zuo XA, Wang CJ, Wang RZ | Functional Ecology. 2022. 36:3120-3133 | 6.284 |
| 11 | Maternal effects of climate warming and nitrogen deposition vary with home and introduced ranges | Zhou XH, Li JJ, Gao YY, Peng PH, He WM | Functional Ecology. 2022. 36: 751-762 | 6.284 |
| 12 | Precipitation variations, rather than N deposition, determine plant ecophysiological traits in a desert steppe in Northern China | Ma QH, Li YB, Zhu Y, Liu XD, Yu HY, Li L, Qi M, Sun HR, Yin ZT, Wang YG, Zhang F, Zhou GS, Xu ZZ | Ecological Indicators. 2022. 141: 109144. | 6.263 |
| 13 | Coordination of leaf functional traits under climatic warming in an arid ecosystem | Yu HY, Chen YT, Zhou GS, Xu ZZ | BMC Plant Biology. 2022. 22: 439 | 5.26 |
| 14 | Variations in the traits of fine roots of different orders and their associations with leaf traits in 12 co-occurring plant species in a semiarid inland dune | Yu WY, Wang CW, Huang ZY, Wang DL, Liu GF | Plant and Soil. 2022. 472(1): 193-206 | 4.993 |
| 15 | Grassland degradation has stronger effects on soil fungal community than bacterial community across the semi-arid region of northern china | Wang CW, Liu ZK, Yu WY, Ye XH, Ma LN, Wang RZ, Huang ZY, Liu GF | Plants. 2022. 11: 3488 | 4.658 |
| 16 | Nitrogen deposition drives response | Yu HY, Liu XD, Ma QH, Li L, Wu WJ, | Journal of | 4.432 |

| | | | | |
|----|---|--|---|-------|
| | and recovery in the context of precipitation change and its reversal in an arid ecosystem | Qi M, Li YB, Zhang F, Wang YH, Zhou GS, Xu ZZ | Geophysical Research-Biogeosciences. 2022. 127: e2022JG006828. | |
| 17 | The retention dynamics of early-spring N input in a temperate forest ecosystem: Implications for winter N deposition | Ma LN, Zhang CX, Lv YX, Wang RZ | Global Ecology and Conservation. 2022. 33: e01966 | 3.97 |
| 18 | Enhanced precipitation offsets climate warming inhibition on <i>Solidago canadensis</i> growth and sustains its high tolerance | Bao XY, Wang ZX, He ZS, He WM | Global Ecology and Conservation. 2022. 34: e02023 | 3.97 |
| 19 | Contrasting nitrogen cycling between herbaceous wetland and terrestrial ecosystems inferred from plant and soil nitrogen isotopes across China | Hu YK, Liu GF, Pan X, Song YB, Dong M, Cornelissen JHC | Journal of Ecology, 2022. 110: 1259-1270 | 6.381 |
| 20 | Precipitation consistently promotes, but temperature inversely drives, biomass production in temperate vs. alpine grasslands | Wu WJ, Sun RJ, Liu LR, Liu XD, Yu HY, Ma QH, Qi M, Li L, Li YB, Zhou GS, Xu ZZ | Agricultural and Forest Meteorology 2022. DOI: 10.1016/j.agrfor met.2022.109277 | 6.424 |
| 21 | Development of a simple Budyko-based framework for the simulation and attribution of ET variability in dry regions | Xu XF, Li XL, He, CS, Tia W, Tian J | Journal of Hydrology. 2022. 610: 127955 | 6.708 |
| 22 | Vegetation restoration dominated the variation of water use efficiency in China | Xue YY, Liang HB, Zhang BQ, He CS | Journal of Hydrology. 2022. 612: 128257 | 6.708 |
| 23 | Intra- and interannual dynamics of grassland community phylogenetic structure are influenced by meteorological conditions before the growing season | Dong L, Zheng Y, Wang J, Li JR, Li ZY, Zhang JH, Wang LX, Miao BL, Liang CZ | Frontiers in Plant Science. 2022. 13: 870526 | 6.627 |
| 24 | Species identity and combinations differ in their overall benefits to <i>Astragalus adsurgens</i> plants inoculated with single or multiple endophytic fungi under drought conditions | Zuo YL, Hu QN, Qin L, Liu JQ, He XL | Frontiers in Plant Science. 2022. 13: 933738 | 6.627 |

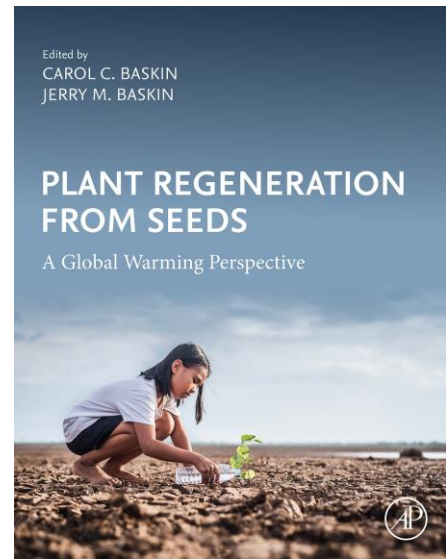
| | | | | |
|----|--|--|---|-------|
| 25 | Improved tolerance of <i>Artemisia ordosica</i> to drought stress via dark septate endophyte (DSE) symbiosis | Li X, Zhang X, Xu MH, Ye QN, Gao HL, He XL | Journal of Fungi. 2022. 8: 730 | 5.724 |
| 26 | Complementary effects of dark septate endophytes and trichoderma strains on growth and active ingredient accumulation of <i>Astragalus mongholicus</i> under drought stress | Li M, Ren YF, He C, Yao JJ, Wei M, He XL | Journal of Fungi. 2022. 8: 920 | 5.724 |
| 27 | Shrubs facilitate herbaceous communities in a desert by modifying soil properties | Xie LN, Han L, Guo HY, Zhao F, Gao FL, Zhang GG, Ma CC | Plant and Soil. 2022. DOI: 10.1007/s11104-022-05774-x | 4.993 |
| 28 | Sandy habitats play an important role in shrub encroachment in grasslands | Xie LN, Li YC, Guo HY, Wang CW, Chen Q, He P, Ma CC | Agronomy. 2022. 12: 2858 | 3.949 |
| 29 | Assessing the impact of grazing management on wind erosion risk in grasslands: a case study on how grazing affects aboveground biomass and soil particle composition in Inner Mongolia | Dong L, Wang J, Li JR, Wu YT, Zheng Y, Zhang JH, Li ZY, Yin RP, Liang CZ | Global Ecology and Conservation. 2022. 40: e02344 | 3.97 |
| 30 | Germination characteristics of three key species and their implications for vegetation restoration in northern China | Sun QL, Liu X, Lai LM, Zhou JH, An P, Shimizu H, Zheng YR | Botany. 2022. 100: 573-581 | 1.361 |
| 31 | 温带草原 7 种针茅植物根系特征及其对环境因子变化的适应 | 袁野梅, 柳隽瑶, 高秀丽, 薛璟, 王仁忠 | 生态学报. 2022 (21): 8784-8794 | |
| 32 | 长期生态学研究为沙地生态恢复和适应性管理提供理论与技术支撑 | 黄振英, 叶学华, 崔清国, 杜娟, 杨学军, 刘国方, 阿拉腾宝 | 中国科学院院刊. 2022. 37(7): 1006-1013 | |
| 33 | 锦鸡儿属灌丛化对草原化荒漠区土壤线虫群落组成和代谢足迹的影响 | 赵芳, 张明伟, 王春雯, 梅续芳, 解李娜, 马成仓 | 生态学报. 2022. 42: 4124-4136 | |

2. 论著出版

Effect of climate change on plant regeneration from seeds in steppes and semideserts of northern China

Yang XJ, Fan GH, Huang ZY

In *Plant Regeneration from Seeds*
2022. Academic Press



六、人才培养及获奖

2022年在站研究生30人，博士后3人，合作单位培养研究生6人；出站博士后2人，毕业博士研究生6人，硕士研究生2人。

1. 在站完成学位论文的研究生和出站报告的博士后

| 序号 | 姓名 | 学位 | 时间 | 研究方向 | 论文题目 | 导师 |
|----|-----|-----|--------|--------|-----------------------------|------------|
| 1 | 曲高平 | 博士后 | 2022 | 植物生理生态 | 植物环境胁迫表观遗传学 | 黄振英 |
| 2 | 高志方 | 博士后 | 2022 | 分子生态学 | 玉米 C4 PEPCK 脱羧途径 | 黄振英 王柏臣 |
| 3 | 耿僖梅 | 博士 | 2022.5 | 生态学 | 土壤氮组成和繁殖体压力对加拿大一枝黄花入侵性的影响 | 何维明 |
| 4 | 周晓慧 | 博士 | 2022.5 | 生态学 | 增温加氮背景下加拿大一枝黄花的抗虫防御和母体效应 | 何维明 |
| 5 | 武文娟 | 博士 | 2022.5 | 生态学 | 不同水热气候格局下高寒草原和温带草原生物量变化机制研究 | 许振柱 |

| | | | | | | |
|----|-----|----|---------|-----|-------------------------------|------------|
| 6 | 孙鸿儒 | 博士 | 2022.5 | 生态学 | 中国森林生态系统土壤呼吸及其温度敏感性研究 | 许振柱 |
| 7 | 张鹏 | 博士 | 2022.5 | 生态学 | 大兴安岭多年冻土区冻融循环及生态系统呼吸特征研究 | 贾丙瑞 |
| 8 | 王丛文 | 博士 | 2022.11 | 生态学 | 北方半干旱区草地植物和土壤微生物多样性与生态系统功能的研究 | 黄振英 刘国方 |
| 9 | 张超雪 | 硕士 | 2022.5 | 生态学 | 冻融循环增加对两种温带草原土壤氮素有效性的影响 | 王仁忠 |
| 10 | 刘张凯 | 硕士 | 2022.11 | 生态学 | 西鄂尔多斯四合木灌丛与土壤微生物的相互关系 | 黄振英 叶学华 |

2. 本单位培养的在站进行学位论文研究的研究生和博士后

| 序号 | 姓名 | 培养类别 | 入学时间 | 研究方向 | 论文题目 | 导师 |
|----|-----|------|---------|---------|------------------------------|------------|
| 1 | 曲高平 | 博士后 | 2018.09 | 植物生理生态 | 植物环境胁迫表观遗传学 | 黄振英 |
| 2 | 高志方 | 博士后 | 2019.09 | 分子生态学 | 玉米 C ₄ PEPCK 脱羧途径 | 黄振英 王柏臣 |
| 3 | 陈华阳 | 博士后 | 2021.04 | 生态学 | 荒漠草原种子库 | 黄振英 |
| 4 | 王丛文 | 硕博 | 2016.09 | 生态系统生态学 | 温带草原不同退化阶段植物功能性状和生态系统功能 | 黄振英 刘国方 |
| 5 | 孙鸿儒 | 硕博 | 2016.09 | 全球变化 | 中国森林生态系统土壤呼吸研究 | 许振柱 |
| 6 | 郭茹茹 | 硕博 | 2018.09 | 荒漠生态学 | 荒漠植物生态学 | 黄振英 |
| 7 | 耿信梅 | 博士 | 2017.09 | 植物资源利用 | 植物对不同形态氮的利用策略 | 何维明 |
| 8 | 周晓慧 | 博士 | 2018.09 | 生态学 | 增温加氮背景下加拿大一枝黄花的抗虫防御和母体效应 | 何维明 |

中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站

| | | | | | | |
|----|-------------------------------------|----|---------|----------|--------------------------------|------------|
| 9 | 吕易霞 | 博士 | 2017.09 | 生理生态学 | 生理生态学 | 王仁忠 |
| 10 | 武文娟 | 博士 | 2018.09 | 草地生态学 | 降水变化对青藏高原高寒草地群落特征的影响及其机制 | 许振柱 |
| 11 | 孙若均 | 博士 | 2019.09 | 全球变化 | 草原典型植物/植被对气候变化的剂量效应研究 | 许振柱 |
| 12 | 范高华 | 博士 | 2020.09 | 种子生态学 | 模拟增温和土壤埋深对不同休眠类型种子休眠和萌发的影响 | 黄振英 |
| 13 | Tumenja rgal Tsogtsai khan | 博士 | 2020.09 | 生态学 | 凋落物分解 | 黄振英 刘国方 |
| 14 | 孙阔 | 博士 | 2021.09 | 生态学 | 草地生产潜力模拟预测及评估 | 许振柱 |
| 15 | 魏宁宁 | 博士 | 2022.09 | 生态学 | 珍稀濒危植物四合木生长对降水和土壤变化的响应 | 黄振英 |
| 16 | 刘张凯 | 硕士 | 2019.09 | 荒漠植物群落维持 | 全球气候变化下西鄂尔多斯荒漠灌丛土壤微生物的响应及其影响因子 | 黄振英 叶学华 |
| 17 | 张鹏 | 硕士 | 2019.09 | 全球变化 | 土壤水分的季节性动态变化 | 贾丙瑞 |
| 18 | 张超雪 | 硕士 | 2020.09 | 全球变化 | 冻融交替对两种温带草原冬季土壤氮有效性的影响 | 王仁忠 |
| 19 | 季红超 | 硕士 | 2020.09 | 全球变化 | 极端气候对内蒙古草地物候的影响研究 | 王玉辉 |
| 20 | 王祖兴 | 硕士 | 2021.09 | 生态学 | 植物对不同形态氮的利用策略 | 何维明 |
| 21 | 刘乐人 | 硕士 | 2021.09 | 生态学 | 氮磷添加对退化小针茅草原生态恢复过程的影响及机制 | 许振柱 |
| 22 | 刘厚佳 | 硕士 | 2021.09 | 生态学 | 土壤种子库 | 黄振英 |
| 23 | 邵玉颖 | 硕士 | 2022.09 | 生态学 | 沙地生态学 | 叶学华 |
| 24 | 刘佳琪 | 硕士 | 2022.09 | 生态学 | 土壤种子库 | 黄振英 |

3. 合作单位培养的在站进行学位论文研究工作的研究生

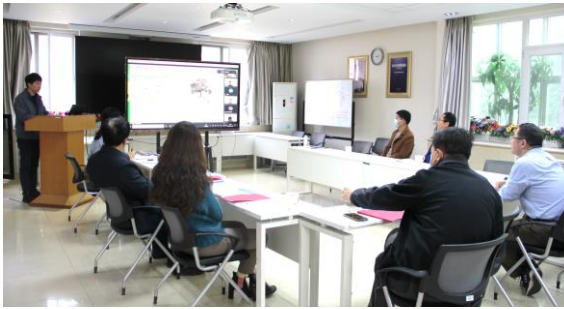
| 序号 | 姓名 | 培养单位 | 培养类别 | 入学时间 | 专业 | 研究方向 | 论文题目 | 导师 |
|----|------|-------------|------|---------|-----|---------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 申屠晓露 | 兰州大学 | 博士 | 2020.09 | 生态学 | 种群生态学 | 毛乌素沙地油蒿种群动态对气候变化的响应 | 李守丽 |
| 2 | 魏青 | 兰州大学 | 博士 | 2021.09 | 生态学 | 种群生态学 | 毛乌素沙地种群动态对气候变化的响应 | 李守丽 |
| 3 | 于婉莹 | 东北师范大学 | 硕博 | 2018.09 | 生态学 | 生态系统生态学 | 水分可利用性变化对半旱区植物细根和叶凋落物分解的影响研究 | 王德利 刘国方 |
| 4 | 贺帅 | 内蒙古农业大学 | 硕士 | 2020.09 | 生态学 | 荒漠化防治 | 油蒿群落水分动态 | 张成福 |
| 5 | 刘溶 | 荷兰阿姆斯特丹自由大学 | 博士 | 2022 | 生态学 | 植物功能性状 | 蒿属植物根茎叶协同变异规律的研究 | Hans Corneliussen 杨学军 黄振英 |
| 6 | 张景锟 | 贵州大学 | 硕士 | 2021 | 生态学 | 植物养分循环 | 鄂尔多斯高原植物叶片养分重吸收与叶凋落物分解 | 何跃军 刘国方 |

4. 鄂尔多斯站两位研究生顺利通过学位论文答辩

2022年11月18日，鄂尔多斯生态站博士研究生王丛文和硕士研究生刘张凯在中国科学院植物研究所青冈楼二楼会议室举行学位论文答辩。两位同学完成了中国科学院研究生院和植物研究所规定的课程学习，通过了植物研究所规定的必修环节，并在导师的指导下顺利完成了论文写作。王丛文同学的博士学位论文题目是“北方半干旱区草地植物和土壤微生物多样性与生态系统功能的研究，指导教师为黄振

英研究员和刘国方副研究员；刘张凯同学的硕士学位论文题目是“西鄂尔多斯四合木灌丛与土壤微生物的相互关系”，指导教师为黄振英研究员。

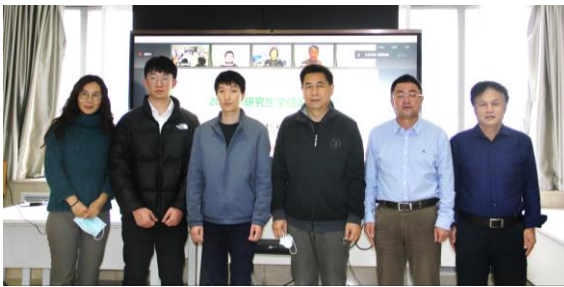
两份学位论文分别经过三位同行专家的评审，一致同意进行答辩。在答辩过程中，两位同学表述清楚，能够准确回答出答辩委员提出的问题。答辩委员会一致通过两位同学的学位论文答辩。



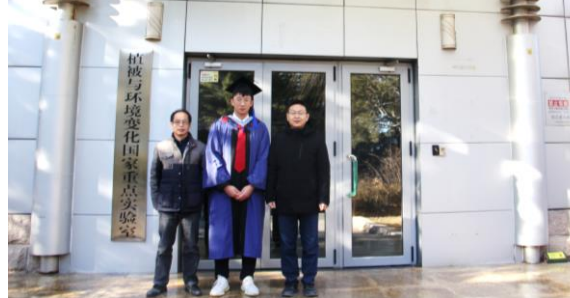
王丛文同学答辩



刘张凯同学答辩



答辩研究生与答辩委员会合影



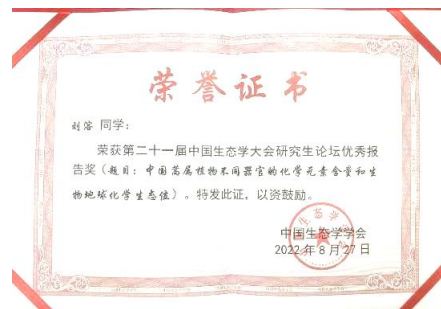
毕业研究生与导师合影

5. 鄂尔多斯站研究生刘溶获得第 21 届生态学大会研究生优秀报告奖

2022 年 8 月 26-29 日，由中国生态学会主办，贵州省科学技术协会、贵州大学、贵州师范大学等单位承办的第二十一届中国生态学大会在贵州贵阳召开。鄂尔多斯站硕士研究生刘溶（导师为杨学军副研究员）参加了“全国生态学研究生论坛”，并做会议报告，报告题目为“中国蒿属植物不同器官的化学元素含量和生物地球化学生态位”。该研究发现，即使在亲缘关系近的同属植物内，生物地球化学生态位的变化仍是由物种养分利用策略的长期进化和短期可塑性响应共同驱动。该项研究为从生物地球化学生态位分化角度理解近缘物种的环境适应策

略提供了全新的认识。

经过组委会的评比，该报告获得“研究生优秀报告奖”。



刘溶同学获奖证书

七、生态系统长期监测

鄂尔多斯站共有监测人员 6 人，其中创新支撑岗位 2 人，研究生学历 4 人，本科学历 1 人。圆满完成年度监测工作。

1. 监测技术队伍

| 序号 | 姓名 | 最高学历 | 工作职责 |
|----|-----|------|---------------|
| 1 | 崔清国 | 博士 | 监测要素管理 |
| 2 | 叶学华 | 博士 | 数据平台建设与维护 |
| 3 | 杜娟 | 博士 | 监测仪器维护，数据质量控制 |
| 4 | 刘志兰 | 硕士 | 生物、土壤监测 |
| 5 | 张建林 | 本科 | 大气、水分监测 |
| 6 | 张杰 | 大专 | 大气日常监测 |

2. 主要仪器

| 序号 | 仪器名称 | 型号 | 用途 |
|----|------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | 自动气象辐射观测设备 | MAWS301 | 每小时自动记录大气和辐射数据 |
| 2 | 多参数水质分析仪 | EXO1 | 水质温湿电导率测量 |
| 3 | 可调转速切割粉碎仪 | Pulvers Ette 19 | 大型植物切割粉碎 |
| 4 | 混合震荡型研磨仪 | Retsch MM400 | 粉碎研磨植物、土壤样品 |
| 5 | 紫外—可见光分光光度计 | PerkinElmer Lambda25 | 紫外—可见光分光光度计 |
| 6 | 便携式叶面积仪 | Li-COR Li-3000C | 测量叶面积 |
| 7 | 自动蒸发监测系统 | 6529 | 每小时自动记录水面蒸发量 |
| 8 | 水位观测仪 3 套 | LTC | 自动观测地下水位 |
| 9 | 植物节律在线自动观测系统 4 套 | — | 每日两次拍照记录群落和关键株生长节律物候 |
| 10 | 土壤温湿盐自动观测系统 6 套 | A755 | 每小时自动记录土壤温度、体积含水量和电导率 |
| 11 | 探入式植物生长箱 3 台 | Y6-1500 | 可控温控湿控光植物生长箱 |
| 12 | 便携式 X 射线荧光分析仪 | Niton XL3t960 | 土壤中元素尤其重金属元素的野外及时测定 |
| 13 | 干湿沉降采样系统 | UNS130/E | 对大气沉降的干、湿物质分别进行自动收集 |
| 14 | 根系生长监测系统 | CI-602 | 利用微根管野外原位高频监测植物根系生长过程 |

3. 生态系统固定样地长期监测

生物监测



多光谱自动观测系统



凋落物收集样方

2022 年按照生物观测指标与规范，进行生物观测并采集生物样品。鄂尔多斯站的生物监测内容包括：

- 1) 植物群落种类组成与分层特征：包括灌木层种类组成株数、平均高度、平均基径、平均单丛茎数、盖度、生活型、物候期和草本层种类组成、株数、叶层平均高度、盖度、生活型等；
- 2) 植物群落特征：包括灌木层、草本层种数、优势种、优势种平均高度、密度、盖度；
- 3) 植物群落灌木层优势植物种物候：包括芽开放期、展叶期、开花始期、开花盛期、果实或种子成熟期、叶秋季变色期和落叶期；
- 4) 植物群落草本层优势植物种物候：包括萌动期（返青期）、开花期、果实或种子成熟期、种子散布期和黄枯期；
- 5) 凋落物现存量；凋落物回收量季节动态：包括枝干重、叶干重、花果干重等；
- 6) 植物空间分布格局变化：包括样方位点，植物种类、高度和密度；
- 7) 土壤微生物生物量碳氮的季节动态；
- 8) 优势植物物候及群落季相照片：生物节律在线自动监测系统每日两次拍摄照片。

土壤监测



干湿沉降自动采集系统

2022 年鄂尔多斯站采集综合观测场和辅助观测场表层土壤养分，分为两层（0~10，10~20cm），保存样品 64 份。测定的指标包括：土壤有机质、全氮、速效氮（碱解氮）、有效磷、速效钾、缓效钾、pH 值等。

水分监测



水面蒸发自动观测系统

水文指标:

- 1) 降水的持续时间、总量及其气象指标;
- 2) 土壤含水量: 自动监测系统 (半小时); 烘干法;
- 3) 水面蒸发量及水温: 每天人工监测; 每半小时自动监测;
- 4) 气象观测场地下水水位: 每 5 天;
- 5) 植物群落地表蒸散量: 水量平衡法。

水化学指标:

- 1) 站区及观测场地表水、地下水水质状况: 包括水温、水质表现性状、pH 值、各种离子含量 (钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、碳酸根离子、重碳酸根离子、氯离子、硫酸根离子、磷酸根、硝酸根离子)、可溶性碳、总氮和总磷;
- 2) 气象观测场雨水水质、包括 pH 值、矿化度、硫酸根离子总量和非溶性物质总量。

大气监测



气象辐射自动观测系统

人工观测气象要素:

- 1) 天气状况: 3 次/日 (8, 14, 20 时);
- 2) 降雨: 总量降雨时测 2 次/日 (8, 20 时);
- 3) 雪: 初雪, 终雪, 雪深 1 次/ (20 时);
- 4) 霜: 初霜, 终霜 1 次/年;
- 5) 水面蒸发: 1 次/日 (20 时);
- 6) 冻土: 1 次/日 (8 时);

自动观测气象要素:

- 1) 气压: 1 次/小时;
- 2) 风: 风向, 风速 1 次/小时;
- 3) 空气温度: 定时温度, 最高温度, 最低温度 1 次/小时;
- 4) 空气湿度: 相对湿度 1 次/小时;
- 5) 降雨: 总量, 强度 1 次/小时;
- 6) 地表温度: 定时地表温度, 最高地表温度, 最低地表温度 1 次/小时;
- 7) 地温: 土壤温度, 观测深度 (5, 10, 15, 20, 40, 60, 100cm) 1 次/小时;
- 8) 辐射: 总辐射, 光合有效辐射, 反射辐射, 净辐射, 紫外辐射 (UV) 1 次/小时;
- 9) 日照时数: 1 次/小时。

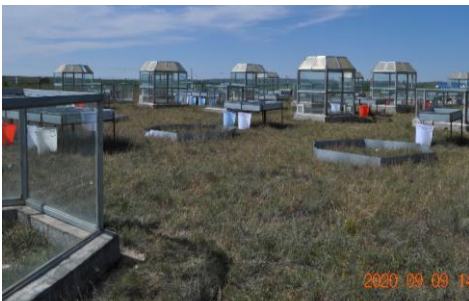
4. 鄂尔多斯高原风强适应性实验平台



鄂尔多斯高原风强适应性实验平台

持续强风是鄂尔多斯高原十分重要的环境因子。之前的研究更多关注于单个植物对风强的适应与响应。鄂尔多斯生态站于 2016 年建立油蒿植物群落风强适应性实验平台。选择鄂尔多斯高原典型植物群落—油蒿植物群落，通过野外控制实验，对植物群落进行增强和减弱风速实验处理，从群落层次上研究鄂尔多斯高原植物应对风干扰的响应机制。目前平台已经持续监测 7 年。

5. 荒漠草原增温与降水协同作用实验平台



荒漠草原增温与降水协同作用实验平台

荒漠草原因其自身特性，对全球变化具有高度的敏感性，特别是温度和水分的变化。鄂尔多斯站于 2014 年建立了荒漠草原增温与降水协同作用实验平台，通过野外控制实验，对短花针茅植物群落进行不同程度的增温和降水变化处理，以探讨荒漠草原植被对全球变化的响应及其机理。目前实验平台已经持续监测 8 年。

6. 鄂尔多斯针茅草原恢复实验平台



鄂尔多斯针茅草原恢复实验平台

长期不合理利用导致荒漠草原退化严重，畜牧业生产、防风固沙等生态生产功能减弱。本实验平台始于 2020 年，旨在理清荒漠草原恢复的关键限制因子，研发植被快速恢复的关键技术，提升退化荒漠草原的生态生产功能。

7. 毛乌素沙地分解实验平台



凋落物分解的原位实验平台

凋落物分解是碳和营养循环的关键过程，对于维持和恢复土壤肥力及生产力等生态系统服务至关重要。凋落物分解的大部分研究集中在叶凋落物上，对根分解的研究不足。为了揭示叶和不同根序的细根的碳氮过程，对毛乌素沙地常见植物 12 种，开展原位分解实验。实验开始于 2019 年，目前已经完成 2020、2021、2022 连续三年的实验收获，叶分解实验已经结束，而根分解实验继续进行。

8. 鄂尔多斯高原沙埋和降水增强模拟实验样地



沙埋和降水增强模拟实验样地

因风沙活动导致的沙埋是毛乌素沙地植物群落面临的主要干扰之一。降水变化对半干旱区植物群落具有非常重要的影响。为了探讨毛乌素沙地植物群落应对沙埋和降水变化的策略，鄂尔多斯生态站于 2010 年建立野外控制实验。通过对植物群落进行不同程度沙埋和降水增强处理，研究人为干扰和全球变化背景下，毛乌素沙地植被的动态变化，及其响应机制。

目前平台已经持续监测 13 年。

9. 西鄂尔多斯荒漠灌丛长期监测



群落调查



四合木样地

2022 年 8 月，对三块长期固定监测样地开展了综合调查。针对四合木样地（100 m×100 m）、沙冬青样地（100 m×100 m）和半日花样地（50 m×50 m），严格按照机械布点设置的方法，在每个样地设置了 13 个永久样方，依据优势种植株大小不同，设置 1 个大小为 10 m×10 m 或 5 m×5 m 的灌木样方，每一个灌木样方中再设置 2 个 1 m×1 m 草本样方进行长期监测，并在旁边对应的辅助样方内进行调查取样（破坏性取样地）：

- 1) 对每个样方的灌木层、草本层进行群落学调查和采样；
- 2) 每个样地挖取 1 个土壤剖面进行取样；
- 3) 采集了土壤微生物样品 30 个，使用高通量测序进行测定和分析土壤微生物群落组成和物种多样性，其中优势种群用相对丰度大于 1% 或相对丰度排名前 15~20 个微生物（细菌、真菌、古菌）种群表征；
- 4) 收集该区域地下水以及地表水样品，对其 pH 值、矿化度、化学需氧量、溶解氧、总氮、总磷进行了测定。

八、科技合作与学术交流

2022年，鄂尔多斯站继续以对外开放服务为宗旨，为国内外科研人员来站工作提供便利，提供实验样地采样、样地调查等服务，提供实验温室、化学实验室、烘箱等实验设施，提供气象数据、生物群落数据、互联网以及文献资料等电子资源，保障来站人员研究工作的顺利开展。

先后接待中科院地理所、中国林科院荒漠化研究所、中国地质调查局烟台综合调查中心、兰州大学、内蒙古农业大学和中科院植物所等科研院所和高校科研人员40批次，科研人员在站工作天数超过2000天。开展国际合作和学术交流3批次，组织召开中科院A类战略性先导科技专项的“草畜平衡系统评估与区域模式研究”项目2022年度工作推进会。

1. 中科院A类先导专项“草畜平衡系统评估与区域模式研究”项目召开工作推进会

2022年5月7日，“创建生态草牧业科技体系”中科院A类战略性先导科技专项“草畜平衡系统评估与区域模式研究”项目2022年度工作推进会在植物所召开，来自中科院植物所、北京大学、中国农业大学、中科院科技战略咨询研究院、中科院空天信息创新研究院等子课题负责单位的20余人现场参会，另有中科院新疆生地所、成都生物所、东北地理所，内蒙古大学、云南大学和兰州大学等30余家子课题参加单位的100余人在线参会。专项首席方精云院士和首席助理景海春研究员参会指导了工作。

项目负责人、鄂尔多斯站站长黄振英研究员汇报了项目2021年工作进展和2022年工作

计划，各子课题负责人分别详细汇报了各子课题2021年取得的成绩、工作亮点以及2022年工作方案。会议针对2022年草畜资源野外调查的疫情应对方案、草地资源野外调查样点分布均匀性、草地资源电子图集制作、畜牧资源调查工作数据获取、项目数据汇总中的数据质量把控、草畜平衡理论和区域特征、天空地一体化监测技术体系，以及数据库和管理系统方面的问题展开讨论。

本次会议使项目组骨干成员及时总结了以往工作中的经验、出现的问题以及解决方案，明确、完善和细化了2022年的工作计划和方案，为高质量完成项目的各项任务打下了坚实基础。



会议现场

2. 国家林草局科技司专家组对鄂尔多斯站进行现场调研评估

根据国家林业和草原局《关于开展国家陆地生态系统定位观测研究站评估工作的通知》要求,由中国林科院沙漠林业实验中心主任、生态保护与修复研究所副所长卢琦研究员带队的现场评估专家组,于2022年7月26日对内蒙古鄂尔多斯生态站开展现场调研评估。内蒙古自治区林业和草原局鲍春生副处长、鄂尔多斯市林业和草原局阿拉腾宝副局长、内蒙古林科院张凤鹤、鄂尔多斯市林业和草原科学研究所所长何金军所长等相关领导陪同调研。

调研评估组一行首先参观了鄂尔多斯生态站站区实验室、监测样品库、展览室等,之后,召开座谈会,鄂尔多斯生态站执行站长崔清国介绍了鄂尔多斯生态站近年来的主要工作和发展规划,鄂尔多斯市林业和草原局副局长、鄂尔

多斯生态站副站长阿拉腾宝介绍了鄂尔多斯市人民政府和市林草局与中科院植物所合作支持鄂尔多斯生态站的历史。

随后,调研评估组一行到气象观测场查看了大气监测情况,监测主管杜娟博士介绍了鄂尔多斯草地站的长期监测体系。随后各位专家参观了实验温室和长期实验样地,听取了在站博士后和博士生关于荒漠草原土壤种子库动态、模拟增温对土壤种子的影响以及不同恢复阶段沙丘土壤种子库动态等实验汇报,并对实验的开展提出了进一步的建议。

最后,调研评估组一行到试验示范地查看了沙地资源植物沙打旺、沙葱、菊芋等试验示范情况,对鄂尔多斯草地站示范的“三圈”范式给与了高度评价。



杜娟博士介绍鄂尔多斯站的长期监测体系

3. 黄振英站长召集的第 21 届中国生态学大会分会场成功举办

2022 年 8 月 26-29 日，由中国生态学学会主办，贵州省科学技术协会、贵州大学、贵州师范大学等单位承办的第二十一届中国生态学大会在贵州贵阳召开。鄂尔多斯站站长黄振英研究员担任了本次大会第 44 分会场——种子生态学-种子功能与生态系统的召集人。分会场旨在召集国内开展种子生态研究的专家学者就最新的研究成果开展学术交流，促进相关学科的发展。国内 15 个科研教学单位的 18 位学者做学术报告，11 位博硕士研究生以“种子生态学-种子功能与生态系统”为内容，在研究生论坛做了学术报告。

在分会场的开幕式上，黄振英研究员做了致辞，表示种子生态学作为生态学重要的研究领域之一，不仅对认识植物群落结构与功能具有重要的意义，也对指导生产实践有重要的应用价值。会议围绕“种子性状多尺度格局与适应”、“种子休眠、萌发和幼苗生长及其调控机制”和“区域植物种子特性及濒危植物保育”三个主题开展学术报告。

本次分会场会议按照新冠肺炎疫情防控要求，采取线下与线上相结合的方式召开，线上线下参会学者达 150 余人。中国科学院动物研究所肖治术研究员、中国科学院植物研究所杨学军副研究员、中国科学院昆明植物研究所杨湘云研究员等多位专家学者做了精彩的线下报告。宁夏大学曹兵教授、兰州大学胡小文教授、曾彦军副教授、山西师范大学高瑞如副教授等做了精彩的线上报告。

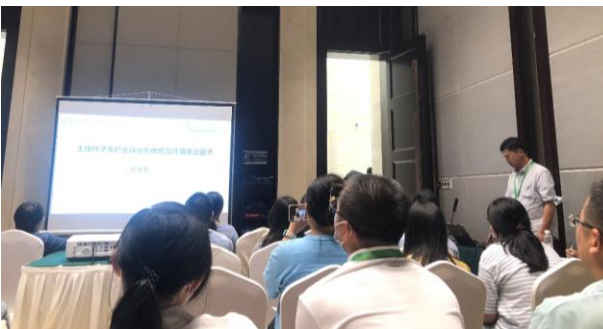
黄振英研究员最后做了总结发言，表示本次会议内容广泛，对种子生态的前沿领域进行了充分交流，起到了推动种子生态学发展的作用。同时，他希望我国的种子生态学科技工作者，能够面向国家需求，除了取得理论创新和提升理论水平外，还能够服务于我国特色生物资源的普查、收集、研究、保存和利用工作，以及我国区域生态环境保护的保护工作，为我国绿色发展和生态文明建设提供支撑，为建设美丽中国做出积极贡献。



种子生态学-种子功能与生态系统线下分会场



黄振英站长开幕式致辞



杨学军副研究员报告



专家学者热烈讨论

九、生态系统优化管理示范

鄂尔多斯站继续开展三圈模式示范工作，即，滩地绿洲高产核心—软梁沙地半人工草地与低矮沙丘、沙地林果灌草园—硬梁地与高大沙丘及半固定沙丘、流动沙丘防护放牧灌草地，各圈层的比例约为 1:3:6。“三圈”相辅相存，通过引进高产优质作物、牧草、林果等新品种，采用一系列高效节水灌溉技术、径流集水与保水技术等节水农牧业措施、开发优质种苗的快速繁殖技术，构成鄂尔多斯沙地草地可持续发展的荒漠化防治优化生态—经济管理与生产模式。鄂尔多斯站开展的毛乌素沙地荒漠化防治综合技术（“三圈”模式）的示范总面积近 10,000 亩。

2022 年，依托“十三五”国家重点研发计划课题“鄂尔多斯高原沙区退化植被修复与特色植物资源培育技术研发与示范（伊金霍洛示范区）”，在原有鄂尔多斯高原“三圈”模式的理论与经验基础上，鄂尔多斯站继续开展了毛乌素沙地荒漠化防治综合技术（“三圈”模式）的实验示范工作，主要包括：

1. 毛乌素沙地斑块状退化沙地植被修复技术研发

针对退化时间较短、土壤质地未完全恶化，且植物种质资源也未完全消失的固定沙地斑块状退化的沙地植被，通过北沙柳立体沙障设立和土壤种子库补充等技术，对斑块状退化沙地植被的空白斑块进行植被快速建植。



北沙柳立体沙障

2. 毛乌素沙地退化沙地植被修复——沙地植物沙打旺种植示范

豆科牧草沙打旺通过根瘤菌固定利用大气中的氮气，而且根系较深，能从深层土壤中吸收水分和养料，耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱、抗风蚀和沙埋。2022 年种植沙打旺防止风蚀坑的产生，总示范面积 20 亩，形成了较好的种植示范效果。



固沙牧草沙打旺种植示范

3. 鄂尔多斯高原葱属植物种质资源收集和高效种植技术与示范

2022 年度，在前期工作基础上，继续开展葱属植物沙地种植技术研究：依托鄂尔多斯站建成沙地植物种植示范基地，以蒙古韭为示范植物，总示范面积达 10 亩，形成了较好的种植示范效果。



沙葱示范地

4. 鄂尔多斯站实验示范区建设

鄂尔多斯站共形成实验示范区 0.5 万亩，包括沙柳平茬养护实验示范区 2000 亩，沙柳密度调控实验示范区 2000 亩，沙地植被风蚀斑块植被修复示范区 750 亩，沙生灌木饲料种植示范区 250 亩，沙生蔬菜沙葱种植示范区 20 亩。2022 年度所有示范区运转良好，起到了较好的示范效果。



灌木饲料木地肤生长状况



沙生灌木饲料种植示范区——中间锦鸡儿

十、站务管理与设施建设

1. 站务管理

鄂尔多斯站继续实行站长负责制，执行站长专职管理鄂尔多斯站的运行事务；坚持与地方政府共建，地方政府指派管理人员参与鄂尔多斯站的管理；进一步加强了与鄂尔多斯市相关部门的合作，包括鄂尔多斯市林业局、鄂尔多斯市恩格贝生态示范区管理委员会、内蒙古西鄂尔多斯国家自然保护区、鄂尔多斯遗鸥国家自然保护区、鄂尔多斯沙地柏自然保护区等。

鄂尔多斯站临时聘用 6 人，其中监测人员 3 人，后勤人员 3 人，研究生学历 1 人，本科学历 1 人。

| 序号 | 姓名 | 学历 | 工作职责 |
|----|-----|-------|---------|
| 1 | 刘志兰 | 硕士研究生 | 生物、土壤监测 |
| 2 | 张建新 | 本科 | 大气、水分监测 |
| 3 | 张杰 | 大专 | 大气日常监测 |
| 4 | 张凤玉 | 初中 | 后勤管理 |
| 5 | 金志强 | 高中 | 后勤管理 |
| 6 | 刘爱清 | 小学 | 后勤管理 |

2. 站区科研、生活设施建设

鄂尔多斯站拥有站区 1 公顷的“国有土地使用证”和 1.65 万亩的土地使用协议；完善的生活设施可为来站工作人员开展研究提供便利的条件和保障。

站区设置了综合观测场、辅助观测场、气象观测场、流动水和静止水观测点和各类采样地，试验观测场地状况稳定，维护良好，能够满足实验观测指标体系的要求。

站区工作与生活用房总面积达 2516 平方米，均有水电供应，防火防雷等安全设施配套齐全，包括各类实验室、报告厅、会议室、食堂、阅览室、娱乐室、宿舍等，可同时接待约 80 位客座人员住宿，可承办小型会议。实验室可开展土壤、植物、微生物等样品生物、化学方面的实验。站区具备乒乓球台、篮球场以及羽毛球等体育器材；具备宽带互联网。

十一、2022 年纪事

1. 5 月 7 日，鄂尔多斯站组织承办“创建生态草畜牧业科技体系”中科院 A 类战略性先导科技专项的“草畜平衡系统评估与区域模式研究”项目 2022 年度工作推进会。
2. 7 月 26 日，国家林草局科技司专家组按照《关于开展国家陆地生态系统定位观测研究站评估工作的通知》要求，对鄂尔多斯站进行现场调研评估。
3. 8 月 26-29 日，黄振英站长召集第 21 届中国生态学大会“种子生态学-种子功能与生态系统”分会场在贵州贵阳成功举办。
4. 8 月 26-29 日，硕士研究生刘溶（导师为杨学军副研究员）参加第 21 届中国生态学大会的“全国生态学研究生论坛”，获得“研究生优秀报告奖”，其报告题目为“中国蒿属植物不同器官的化学元素含量和生物地球化学生态位”。
5. 11 月 18 日，博士生王丛文和硕士生刘张凯同学通过学位论文答辩，论文题目分别是“北方半干旱区草地植物和土壤微生物多样性与生态系统功能的研究”和“西鄂尔多斯四合木灌丛与土壤微生物的相互关系”。

中国科学院鄂尔多斯沙地草地生态研究站

2022 年报

供稿 崔清国 刘国方 叶学华
杨学军 杜娟 于婉莹
编辑 杜娟
审阅 黄振英

位 置 内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗
所属单位 中国科学院植物研究所 中国生态系统研究网络 (CERN)
通讯地址 北京市海淀区香山南辛村 20 号
邮政编码 100093
联系电话 010-62836634
电子信箱 cinkgo@ibcas.ac.cn
网 址 <http://esd.cern.ac.cn>