

肖波赴美国执行留学基金委公派访问学者任务的出访报告

受国家留学基金委资助，本人于 2019 年 8 月 12 日至 2020 年 8 月 16 日，以国家公派访问学者身份在北亚利桑那大学访问一年，报告如下。

2019 年 8 月 12 日由北京乘飞机抵达美国达拉斯，由于入境人员众多、排队入关时间漫长，延误了后续飞机；因此，只能改签后于 8 月 13 日从达拉斯飞至弗拉格斯塔夫的北亚利桑那大学，并在后续半个月内陆续办理了租房、学校与学院报到、会见教授、分配办公室、参观实验室等一系列手续，大约于 8 月底办完了所有手续，正式开始为期 1 年的访问学者工作，期间的主要活动如下。

(1) 旁听了 Applied Ecological Data Analysis 研究生课程和 Ecology and Management of Forest Soils 本科生课程。Applied Ecological Data Analysis 课程包括 70 个课时（含 8 个课时的上机操作），面向包括林学院学生在内的全校硕士生和少量博士生，讲授应用生态学中常用的数据处理方法和分析软件，主要包括似然性和多模型选择（Likelihood/Multi-model Selection）、结构方程模型（Structural Equation Modeling）、应用空间统计（Applied Spatial Statistics）以及排序分析（Ordination）等内容；通过旁听课程，本人在英语和统计方面均收获颇多；受课程内容启发，本人计划后续尝试将这些统计方法用于深入分析本人收集得到的大量生物结皮长期时间序列数据，以期得到更为深入和创新的结果。此外，Ecology and Management of Forest Soils 课程共 68 个学时，面向林学院各专业的本科生，讲授森林土壤的基本知识和管理措施以及生态功能；尽管该课程更多的面向森林土壤，与农田土壤有所区别，但实际上该课程的讲授内容与本人在中国农业大学面向农学专业本科生讲授的土壤学 B 课程类似；本人通过旁

听该课程，相当于以英语重新学习和回顾了一遍土壤学的基本知识点；同时通过对照 Matthew Bowker 教授与本人的教学方式差异，本人在提高课程趣味性和吸引力、与学生进行更多课堂互动、搜集课外阅读材料、野外观察实习等方面有许多感悟和收获；本人回国后计划将这些有益的方面融入本人讲授的课程，以期进一步提升本人课程讲授的效果。

(2) 由美国赴澳大利亚参加第四届生物土壤结皮国际研讨会 (The 4th International Workshop on Biological Soil Crusts)。本人随同 Matthew Bowker 教授等人，于 2019 年 8 月 22 日中午从北亚利桑那大学出发，经凤凰城和洛杉矶中转，8 月 24 日凌晨抵达澳大利亚布里斯班机场，其后乘坐出租车和轮渡于 11 点抵达会场 (位于北斯德布鲁克岛的昆士兰大学 Moreton Bay Research Station)，稍事休息后下午进行会议注册。8 月 25 日至 30 日为 6 天的学术会议，来自美国、中国、德国、西班牙、澳大利亚、以色列、意大利等国家近 100 人参加了会议，共计口头报告 50 余个、报告展板 60 余个。期间本领域的国际知名学者对生物土壤结皮的最新研究进展进行了逐一汇报，包括美国地质调查局西北生物研究所 Jayne Belnap 博士、德国马普化学研究所 Bettina Webber 博士、美国北亚利桑那大学 Matthew Bowker 博士、澳大利亚昆士兰大学 David Eldridge 教授等。本人于 8 月 27 日上午 9:15-9:30 做了口头学术报告，题目为“干旱生态系统中生物结皮调节土壤热特性并缓冲土壤温度变化 (Moss biocrusts improve surface soil thermal properties and generate buffering effects on soil temperature dynamics in dryland ecosystem)”，报告时间 12 分钟、提问 3 分钟。该报告内容是本人目前在研国家自然科学基金面上项目 (No. 41671221, 黄土高原生物结皮的热特性、热传输过程以及土壤热效应) 的最新研究结果。会议间隙，本人与美国地质调查

局西北生物研究所 Jayne Belnap 博士和德国马普化学研究所 Bettina Webber 博士进行重点交流，探讨了双方合作的可能性和重点研究方向。8 月 30 日下午，会议正式闭幕，本人稍事休息后于 8 月 31 日上午随 Matthew Bowker 教授一行同时离开，经凤凰城和洛杉矶中转，于 8 月 31 日下午返回北亚利桑那大学。

(3) 参加了北亚利桑那大学林学院主办的 15th Biennial Conference of Science & Management on the Colorado Plateau & Southwest Region 学术会议。会议时间为 2019 年 9 月 9 日至 12 日，会议主题为 Science & Solutions for Conserving the Southwest's Land, Water, Biodiversity & Cultures; 会议设置了两个生物结皮专题，分别是 Planning biological soil crust restoration projects in a changing climate 和 Biological soil crusts (biocrusts) as a model system in science education; 本人全程参与了以上两个专题，并在会议过程中通过显微镜观察了科罗拉多高原的诸多生物结皮样品，对该地区生物结皮的物种多样性有了更具体的认识，尤其是地衣结皮和蓝藻结皮。

(4) 为北亚利桑那林学院师生做了一场学术报告 (Seminar)。报告时间为 2019 年 10 月 16 日，报告题目为 The effects of biocrusts on soil key processes and their potential utilization in soil and water conservation on the Chinese Loess Plateau，报告宣讲时间 1 小时，报告后与研究生讨论交流 1 小时。该报告为林学院组织的定期学术报告，每周一下午 4:00 至 5:00 准时召开，报告人主要是本学院的教授或特别邀请的其他学院以及其他大学的知名教授。借助本次学术报告，本人对近年来在黄土高原生物结皮影响土壤关键过程和利用生物结皮防治水土流失方向上的研究进行了总结和展示。同时，本人借学术报告的机会，对中国农业大学进行了简要介绍和宣传。

(5) 参与了 Matthew Bowker 教授课题组的部分野外和室内实验。具体包括：2019 年 10 月 18 日，与 Matthew Bowker 教授课题组的博士研究生 Henry 赴野外开展实验。受美国林业局 (US Forest Service) 的资助，Henry 博士研究生在 Flagstaff 城区周边的森林开展了多处森林火灾后的生物结皮恢复实验，即通过人工接种等方式对森林火灾后裸露的地表进行接种，并定期调查、观测生物结皮的生长状况和地表覆盖度，以期探明森林火灾后生物结皮的恢复历程，进而利用生物结皮修复和恢复森林火灾造成的地表裸露和水土流失。本次野外实验主要对接种后每个样方内生物结皮的斑块数进行调查统计，历时一天。此外，2019 年 12 月 8 日至 12 日，与 Matthew Bowker 教授课题组一行 6 人自驾车赴达拉华州拉斯维加斯开展野外实验，单程 250 英里。该实验地处一座小型私人石膏矿，开采过程为由地表逐层挖掘石膏和土壤混合物，之后将混合在土壤中的大块石膏筛分出来备用，然后将分离后的土壤和石膏粉末、残渣等另选地点堆积，因此石膏矿开采后形成了面积可观的裸露土壤和矿渣堆。由于石膏中 CaSO_4 的酸性，石膏矿渣及其与土壤混合物通常呈现程度较强的酸性，因此会抑制植物生长和植被恢复；但生物结皮中的蓝藻和地衣等微生物恰恰非常喜欢这一酸性土壤环境，因此在石膏矿渣土壤上有比较广泛的分布。本实验受当地政府林业部门和私人矿主委托，通过开展野外实验，研究通过在石膏矿渣堆积土壤上人工接种生物结皮从而覆盖裸露地表、降低土壤侵蚀、逐步恢复地表植被的可能性；同时实验中还考虑了当地特有的灌草植物以及草方格等其他措施与生物结皮措施的组合效果。目前实验已按计划布设完毕，等待后期验证效果。通过参与该项野外实验，本人较为深入和详细的了解了美国高校开展野外实验研究的流程和方式，包括车辆租赁安排、寻找技术人员参与、住宿、餐食、与当地政府部门的合作、与私人矿主的合

作、经费来源和分配、财务规定和报销流程等等。返程时，Matthew Bowker 教授顺便带大家参观了拉斯维加斯著名的胡佛大坝（Hoover Dam）。

(6) 在 *Geoderma* 上组织筹划了一期生物结皮专刊。专刊主题为 *Biocrusts: Engineers and Architects of Surface Soil Properties, Functions, and Processes in Dryland Ecosystems*，本人为第一客座编辑，其他客座编辑还包括赵允格（中国科学院水土保持研究所）、Matthew Bowker (Northern Arizona University)、Sonia Chamizo (Universidad de Almería)、Oumarou Malam Issa (Institut de Recherche pour le Développement (IRD))，该专刊聚焦于生物结皮对土壤属性、过程和功能的影响，重点突出生物结皮影响整个生态系统过程中土壤的核心地位，预计将发表 15 篇文章；该专刊目前已正式开放投稿系统，截止投稿时间为 2020 年 12 月 31 日，现已陆续开始收到投稿；同时，本人也协同课题组在读的博士研究生，向该专刊提交了 2 篇论文，目前正在审稿之中。

(7) 与 Matthew Bowker 教授等人合作发表了 2 篇英文文章、撰写投稿了 3 篇英文文章。具体包括：1) 题目为 *Moss-biocrusts strongly decrease soil surface albedo, altering land-surface energy balance in a dryland ecosystem*，已在 *Science of the Total Environment* 上正式发表；文章署名中本人为第一作者兼通讯作者、Matthew Bowker 教授为第二作者；2) 题目为 *Estimation of annual CO₂ efflux of moss biocrust through measuring and simulating its respiration rate in a semiarid climate*，已在 *Geoderma* 上正式发表；文章署名中本人博士研究生为第一作者、本人为通讯作者、Matthew Bowker 教授为第二作者；3) 题目为 *Moss-dominated biocrusts enhance soil water vapor sorption and condensation in dryland ecosystems*，该文章已投稿至 *Geoderma*，目前处于返回修改阶段；审稿意见总

体比较正面积极, 预计近日将修改完毕并返回编辑部; 文章署名中本人博士研究生为第一作者、本人为通讯作者、以色列 The Hebrew University 的 Giora J. Kidron 教授为第四作者; 4) 题目为 Towards moss biocrust effects on surface soil water holding ability and availability: Soil water retention curve analysis and modeling, 该文章已投稿至 Geoderma, 目前处于审稿阶段; 文章署名中本人博士研究生为第一作者、本人为通讯作者、Giora J. Kidron 教授为第四作者; 5) 题目为 Biocrusts greatly increase non-rainfall water deposition and change its distribution in surface soil of drylands, 该文章已投稿至 Journal of Hydrology, 目前处于审稿阶段; 文章署名中本人博士生为第一作者、本人为通讯作者、Matthew Bowker 教授为第二作者。此外, 还指导本人的硕士和博士研究生, 以通讯作者发表或接受待刊 12 篇中文核心期刊论文, 所涉及的期刊包括应用生态学报、农业工程学报、农业机械学报、水土保持学报、草业学报等。

(8) 完成了其他必要的相关工作。具体包括: 每周定期参加 Matthew Bowker 教授课题组的组会, 同课题组成员和研究生进行交流讨论; 指导本人国内的 3 名博士研究生和 4 名硕士研究生开展科研工作, 尤其是 1 名博士研究生和 3 名硕士研究生的毕业答辩以及 1 名博士研究生和 1 名硕士研究生的开题; 完成了一项横向项目的合同签订、立项实施以及结题工作 (土壤墒情监测站土壤水分传感器标定, 经费 28.8 万元, 执行时间为 2019 年 9 月 21 日至 2019 年 12 月 31 日); 作为学科评议组秘书完成了农业资源与环境学科评议组的工作 (包括农业资源与环境一级学科研究生核心课程指南撰写工作、农业资源与环境一级学科发展报告、农业资源与环境一级学科教授学位授权点合格评估工作、第十四次全国农业资源与环境学科高层论坛筹备工作) 等; 受教育部学位中心邀请, 完成了近 30 篇博

士和硕士论文抽检或答辩的评审工作；完成了近 20 篇中英文论文的审稿工作。

由于受新冠疫情影响，北亚利桑那大学和所在 Flagstaff 市自 2020 年 3 月 20 起暂停了所有正常活动，将线下课程改为线上授课，实验室、办公室等公共场所关闭。因此，本人后续时间段内均居家办公以规避疫情。在完成上述工作后，本人结束访学工作并于 8 月 16 日顺利回国。按照计划，本人于 8 月 14 日从 Flagstaff 驱车至凤凰城，乘坐美国航空 AA650 从凤凰城飞至洛杉矶，并继续乘坐大韩航空 KE012 从洛杉矶飞至韩国首尔，并再次乘坐南方航空 CZ682 从首尔飞至沈阳；在沈阳办理各种入境检疫手续后，安排至沈阳市新经济开发区东方银座酒店（后 12 天转移至丽阳国际大饭店）隔离 14 天，目前正在配合隔离之中，隔离结束后将从沈阳乘飞机或高铁回到北京中国农业大学，至此完成全部访学工作。

此次公派访问，本人：（1）通过旁听 Applied Ecological Data Analysis 和 Ecology and Management of Forest Soils 两门课程，本人在土壤学和相关统计方法的知识点、专业词汇、课程讲授的趣味性和吸引力、与学生进行更多课堂互动、搜集课外阅读材料、野外观察实习等方面有许多感悟和收获，并计划后续将这些有益的方面融入到本人的讲授课程，从而进一步提升课程讲授的效果；（2）通过参加两次学术会议和进行大会口头报告，汇报了本人目前在研国家自然科学基金面上项目（No.41671221，黄土高原生物结皮的热特性、热传输过程以及土壤热效应）的最新研究结果，同国内外生物土壤结皮同行加深了交流，结识了更多的生物土壤结皮同行，建立了今后合作交流的基础，更为深刻的掌握了当前国内外生物土壤结皮的最新研究进展，对于本人目前在研国家自然科学基金面上项目的顺利执行和后续申请其他项目有重要帮助；（3）通过为北亚利桑那大学林学院师生做一场学术报告，锻炼了本人使用英文进行学术报告和交流的能力（1 个小时

的报告加 1 个小时的讨论); 同时通过准备此次报告, 本人对近年来在黄土高原生物结皮影响土壤关键过程和利用生物结皮防治水土流失方向上的研究结果进行了较为系统的总结和展示; 此外, 还借此机会, 对中国农业大学进行了简要介绍和宣传; (4) 通过参加课题组组会、野外和室内实验、研究生答辩等一系列活动, 对美国研究生的培养体系有了更为具体和详细的了解, 对中美研究生培养制度和目标的差异与优缺点有了更深的认识, 本人后续计划将一些有借鉴价值的理念和措施融入到本人的课题组, 用于提升课题组的管理效果和工作效率; (5) 与 Matthew Bowker 教授等人合作发表了 2 篇高水平的英文文章、另撰写投稿了 3 篇英文文章, 发表或接收了 12 篇中文核心期刊论文, 作为第一客座编辑在 *Geoderma* 上组织了一期生物结皮专刊, 大幅度的提升了本人在生物结皮小同行中的影响力和显示度, 并同 Matthew Bowker 教授建立了良好的合作关系, 后续可以开展更为长期和深入的合作。

访学期间的具体成果目录如下 (*标记为通讯作者)。

1. **Xiao, B.***, Bowker, M.A. 2020. Moss-biocrusts strongly decrease soil surface albedo, altering land-surface energy balance in a dryland ecosystem. *Science of the Total Environment*, 741: 140425. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140425.
2. Yao, X.M., Bowker, M.A., **Xiao, B.*** 2020. Estimation of annual CO₂ efflux of moss biocrust through measuring and simulating its respiration rate in a semiarid climate. *Geoderma*, 376: 114560. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114560.
3. Kidron, G.J.*, **Xiao, B.**, Benenson, I. 2020. Data variability or paradigm shift? Slow versus fast recovery of biological soil crusts—a review. *Science of the Total Environment*, 721:137683. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137683.
4. 王芳芳, **肖波***, 孙福海, 李胜龙. 2020. 黄土高原生物结皮覆盖对风沙土和黄绵土溶质运移的影响. *应用生态学报*, in press. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202008.000.
5. 姚小萌, **肖波***, 王国鹏, 张鑫鑫, 李胜龙. 2020. 外源输入碳在生物结皮各碳组分中的分配特征. *应用生态学报*, in press. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202008.000.

6. 姚小萌, 肖波*, 王国鹏, 李胜龙, 田乐乐, 孙福海. 2020. 外源输入氮素在藓类生物土壤结皮中各氮组分的分配特征与归趋途径. 应用生态学报, 31(8): in press. DOI: 10.13287/j.1001-9332.202008.024.
7. 孙福海, 肖波*, 李胜龙, 王芳芳. 2020. 黄土高原不同发育阶段生物结皮的导水和持水特征. 草业学报, in press.
8. 孙福海, 肖波*, 姚小萌, 李胜龙, 王国鹏, 马爽. 2020. 黄土高原生物结皮斥水性及其沿降水梯度的变化特征. 农业机械学报, in press. DOI: 11.1964.S.20200413.2100.016.
9. 孙福海, 肖波*, 张鑫鑫, 王国鹏, 李胜龙, 姚小萌. 2020. 黄土高原生物结皮覆盖对土壤积水入渗特征的影响及其模型模拟. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 48(10): 1-10. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2020.10.010.
10. 李渊博, 李胜龙, 肖波*, 王芳芳. 2020. 黄土高原水蚀风蚀交错区藓结皮覆盖土壤的蒸发特征. 水土保持学报, in press.
11. 李渊博, 李胜龙, 肖波*, 张鑫鑫, 姚小萌, 王国鹏. 2020. 黄土高原藓结皮覆盖土壤导水性能和水流特征. 干旱区研究, 37(2):390-399. DOI: 10.13866/j.azr.2020.02.14.
12. 王国鹏, 肖波*, 李胜龙, 孙福海, 李渊博. 2020. 黄土高原藓结皮覆盖土壤的穿透阻力特征及其影响因素. 土壤, in press.
13. 王国鹏, 肖波*, 李胜龙, 姚小萌, 孙福海. 2020. 生物土壤结皮对风沙土和黄绵土膨胀特性的影响. 中国沙漠, 40(1):97-104. DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2019.00025.
14. 王国鹏, 肖波*, 李胜龙, 孙福海, 姚小萌. 2019. 黄土高原水蚀风蚀交错区生物结皮的地表粗糙度特征及其影响因素. 生态学杂志, 38(10):3050-3056. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201910.003.
15. 李胜龙, 李和平, 林艺, 肖波*, 王国鹏. 2019. 东北地区不同耕作方式农田土壤风蚀特征. 水土保持学报, 33(4):110-118,120. DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.04.016.

最为重要的是, 通过此次公派访问, 本人与生物结皮小同行简历了较为广泛的联系, 包括: (1) 同德国马普化学研究所 Bettina Webber 博士进行了交流, 同意后期合作申请项目和互访交流; (2) 同以色列农业研究组织 Eli Zaady 博士加深了交流, 后期将继续申请双边国际合作项目; (3) 同美国地质调查局西北生物研究所 Sasha Reed 和 Belnap Jayne 博士进行了交流, 将适时对其课题组和野外实验站进行参观访问; (4) 同北亚利桑那大学 Matthew Bowker 教授和 Anita

Antoninka 博士进行了深入商讨，后期将通过联合培养研究生的方式加深合作；

(5) 同以色列 The Hebrew University 的 Giora J. Kidron 教授开展了深入合作，后续可以继续加深合作深度，并拓展更多更丰富的合作方式。

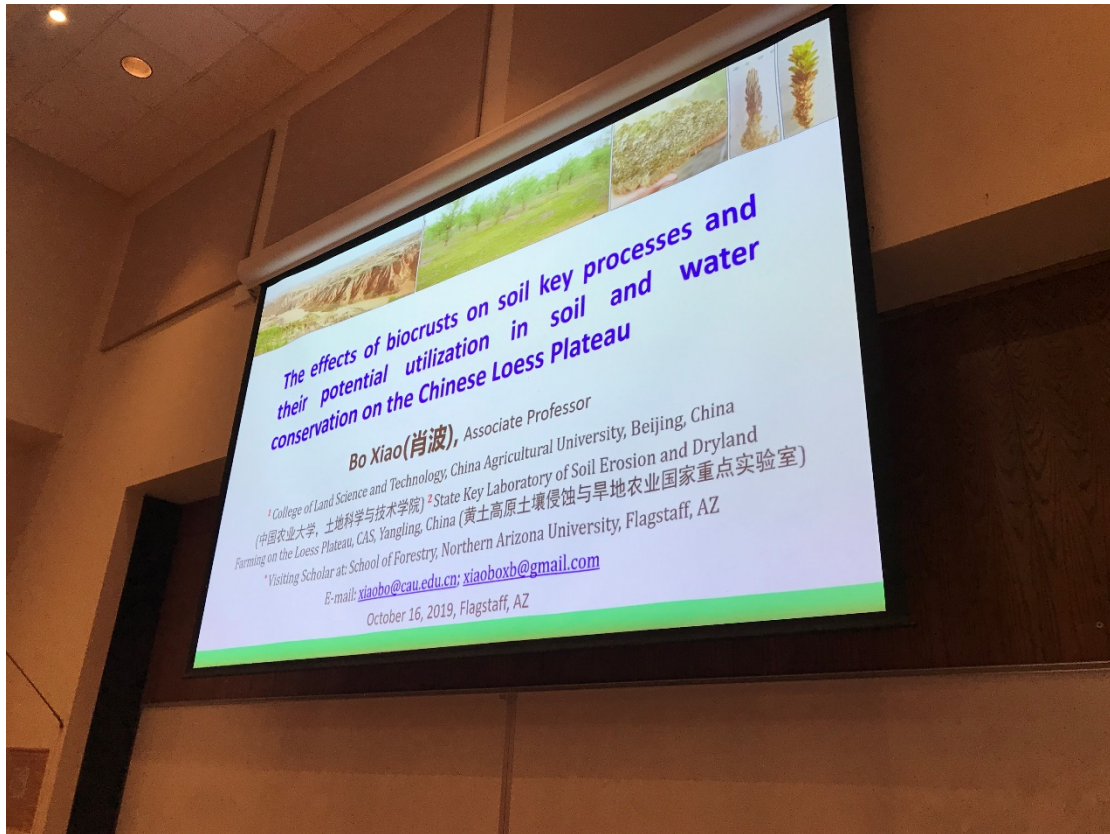
以下为访学期间的几张照片。



本人在第四届生物土壤结皮国际研讨会上做大会口头报告



本人与参加第四届生物土壤结皮国际研讨会的中国学者合影



本人为北亚利桑那大学林学院师生做生物结皮学术报告



本人同 Matthew Bowker 教授课题组一行在拉斯维加斯开展野外实验



本人在拉斯维加斯胡佛大坝前与 Matthew Bowker 教授合影



访学间隙本人与家人参观大峡谷国家公园并长距离徒步至科罗拉多河