

四川省自然科学奖公示材料

一、拟报奖励名称

2023年度四川省科学技术奖（自然科学奖）

二、项目名称

贡嘎山土壤磷生物地球化学循环及其生态环境效应

三、主要完成人及排序

吴艳宏（1），周俊（2），邴海健（3），祝贺（4），李家宝（5），孙宏洋（6）

四、主要完成单位及排序

1、中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所（1）

2、中国科学院成都生物研究所（2）

五、项目简介

磷是重要的生命元素，对生态系统发育、生产力提升、生态服务功能提升发挥关键作用。因而，土壤磷的生物有效性成为地球关键带研究的重要方向。本项目通过执行国家自然科学基金重点项目和面上项目、中国科学院人才项目以及四川省重点研发项目等，对贡嘎山东坡海拔梯度和冰川退缩迹地上土壤磷的生物地球化学循环及其生态环境效应开展了系统研究，在下列 4 个方面取得：

- 1、土壤磷形态分析方法及室内外观测体系** 土壤磷的生物有效性取决于其形态组成。项目改进了 Hedely 连续提取分析法，拓展了同步辐射近边结构分析方法，完善了有机磷的核磁共振分析方法，对土壤磷的形态组成分析更加精准。构建了野外原位监测和室内控制实验，为形态转换过程及机制分析奠定了基础。
- 2、贡嘎山土壤磷生物地球化学循环的关键过程** 原生矿物磷主要通过风化作用、成土作用释放出生物可利用磷并进入生态系统，贡嘎山风化作用和磷的释放速率远高于全球类似地理环境的区域，这可能得益于贡嘎山活跃的植物和微生物作用。植物通过分泌低分子量有机酸促进原生矿物磷的分解，同时通过凋落物分解归还有机磷到土壤中。微生物在不同的土壤基质和土壤发育阶段对土壤生物有效磷的积累机制存在差异，在缺乏有机磷的阶段，溶磷菌通过分泌有机酸促进原生矿物磷分解，在含有有机磷的阶段还可以通过分泌酶促进有机磷的矿化。
- 3、贡嘎山土壤磷库的空间格局** 贡嘎山东坡土壤总磷、磷形态组成及生物有效磷的分布具有明显海拔分异。这种分异特征受磷的生物地球化学循环过程控

制，在高海拔区（大于 3600m）受控于低分子量有机酸和溶磷微生物对原生矿物磷的溶解速率，中低海拔区（3600m 以下）受控于原生矿物磷的分解和有机磷矿化归还。淋溶作用不仅影响了土壤磷垂向分布，也影响了表层土壤磷生物有效性。

- 4、**贡嘎山土壤磷生物地球化学循环的生态环境效应** 贡嘎山土壤磷的生物地球化学循环过程决定了其生物有效性特征，促进了植被和生态系统发育，影响了生态系统固碳潜力，在冰川退缩迹地上，土壤磷及其他养分元素生物有效性的协同变化，推动了植被演替进程。
- 项目研究成果对维持陆地生态系统稳定、提升初始生产力和在贫瘠地区生态恢复提供理论依据，并已在四川省重点研发项目“灾害地质体植被快速恢复技术与示范”（2018JZ0075）得到应用。

六、代表性论文和专著

1. Zhu He, Bing Haijian, Wu Yanhong, Sun Hongyang, Zhou Jun. Low molecular weight organic acids regulate soil phosphorus availability in the soils of subalpine forests, eastern Tibetan Plateau. *Catena*, 2021, 203(22):105328.
2. Zhou Jun, Wu Yanhong, Bing Haijian, Sun Hongyang, Wang Jipeng. Weathering of primary mineral phosphate in the early stages of ecosystem development in the Hailuoguo Glacier foreland chronosequence. *European Journal of Soil Science*, 2018, 69, 450-461
3. Bing Haijian, Wu Yanhong, Zhou Jun, Sun Hongyang, Luo Ji, Wang Jipeng, Yu Dong. Stoichiometric variation of carbon, nitrogen, and phosphorus in soils and its implication for nutrient limitation in alpine ecosystem of Eastern Tibetan Plateau. *Journal of Soils Sediments*, 2016, 16:405-416
4. Wu Yanhong, Prietzel J, Zhou Jun, Bing Haijian, Luo Ji, Yu Dong, Sun Shouqin, Liang Jianhong, Sun Hongyang. Soil phosphorus bioavailability assessed by XANES and Hedley sequential fractionation technique in a glacier foreland chronosequence in Gongga Mountain, Southwestern China. *Science in China (D)*, 2014, 57(8):1860-1868

专著：

1. 吴艳宏 等著，贡嘎山磷及微量金属生物地球化学循环与生态效应。北京，科学出版社，2019。（60 万字）

七、提名单位及提名意见

提名单位：中国科学院成都分院

我单位认真审阅了该项目的提名材料，确认全部真实有效，符合四川省自然科学奖的提名要求。

吴艳宏博士是中科院百人计划研究员，长期从事生物地球化学与山地环境变化的研究。由吴艳宏研究员带领的团队在过去 10 多年以来对土壤磷生物地球化学循环及其生态环境效应开展系统研究，取得了丰硕成果，本项目是在一系列研究基础上的代表性成果。项目改进了 Hedely 连续提取分析法，拓展了同步辐射

近边结构分析方法，完善了有机磷的核磁共振分析方法，对土壤磷的形态组成分析更加精准；阐释了贡嘎山风化作用和磷的释放速率远高于全球类似地理环境的区域的关键问题，阐明了贡嘎山土壤磷生物地球化学循环的关键过程；刻画了贡嘎山东坡土壤总磷、磷形态组成及生物有效磷分布的海拔分异特征，明确了贡嘎山土壤磷库的空间格局；探讨了冰川退缩迹地上土壤磷及其他养分元素生物有效性的协同变化，探明贡嘎山冰川退缩迹地植被演替进程的关键因子。以上研究产生较大的学术影响，成果被 **GCB**、**SBB** 等学术顶级期刊引用被引用 1202 次，其中他引 950 次。项目研究成果对维持陆地生态系统稳定、提升初始生产力和在贫瘠地区生态恢复提供理论依据，并已在四川省重点研发项目“灾害地质体植被快速恢复技术与示范”得到应用。

提名该项目为四川省自然科学奖。