

【项目名称】

川西山地裸岩边坡苔藓植被恢复关键技术与应用

【提名单位】

中国科学院成都分院

【提名意见】

该项目针对川西山地巨量裸岩边坡创面亟待植被恢复，而传统灌草植被恢复措施难以奏效的重大科技难题与现实需求，充分利用“苔藓”群落演替先锋物种和生态工程师的特点，围绕苔藓适应机理解析、适生藓种筛选、规模化繁育、固着基质创制、关键恢复技术、应用模式集成、效果监测评估等开展了系统性创新研究，首创了川西山地裸岩边坡苔藓植被恢复关键技术体系。

1. 首次建立川西山地苔藓名录，构建了苔藓植被恢复评价指标体系，筛选出东亚砂藓等 5 种裸岩边坡恢复适用藓种；揭示了苔藓植物的环境适应策略，阐明了典型藓种响应干旱、高温等逆境胁迫的生理生态和分子机制，创新了应用苔藓恢复裸岩边坡的新方法，丰富了恢复生态学理论，具有理论创新性；

2. 研发了苔藓快速规模繁育技术、固着促繁基质制备技术、以及藓毯铺设、藓片移植、原丝体喷播和茎叶体喷播等关键恢复技术，构建了基于裸岩边坡分类分级的苔藓植被恢复技术体系，解决了裸露山体和工程边坡植被恢复的难题，具有技术先进性；

成果技术已在九寨沟地震灾后重建、川藏铁路、汶马高速等重大工程建设中成功应用，在川西山地等地区实现规模化推广。项目首次创新应用苔藓作为主要恢复材料，创制了成套材料与技术工法，理念创新，技术先进，生态、社会和经济效益显著。

提名该项目为四川省科学技术进步奖。

【项目简介】

川西山地是长江上游生态屏障的关键区域，但因其生态环境脆弱，地质灾害频发，

加之大量道路、矿山、水电工程建设，形成了巨量的裸岩边坡。由于位置高陡的裸露山体采用现有客土恢复技术成本极高，而无土壤裸岩的自然恢复几不可能，裸岩边坡植被恢复已经成为一些著名景区地灾后景观风貌恢复的关键性难题。川西山地生态功能重要，但地质灾害频发，加之大量重大工程建设，产生了巨量裸岩边坡。位置高陡，完全无土附着，传统乔灌草恢复措施难以奏效，成为生态恢复的极困难立地。该项目充分利用“苔藓”群落演替先锋物种和生态系统工程师的特点，围绕苔藓适应机理解析、适生藓种筛选、规模化繁育、固着基质创制、关键恢复技术、应用模式集成、效果监测评估等开展了系统性创新研究，首创形成了先进实用的川西山地裸岩边坡苔藓植被恢复关键技术体系。

项目全面调查了川西苔藓多样性，系统摸清了区域苔藓种质资源，首次建立川西山地苔藓名录，为苔藓植物保护与利用提供基础支撑；阐明了苔藓响应复合逆境胁迫的生理生态机制，揭示了苔藓环境适应性的养分策略，丰富了恢复生态学理论。筛选出东亚砂藓等 5 种高抗逆性的乡土藓种，为裸岩边坡提供了重要的植被恢复材料；研发了苔藓快速规模繁育技术和装置，研制了改性魔芋葡甘聚糖固着促繁材料，创建了苔藓物种筛选、材料预制、基质固着、养护促生等关键技术；构建了基于裸露边坡分类分级的苔藓植被恢复技术模式，突破了裸露山体和工程创面植被恢复的技术瓶颈。成果技术已在九寨沟地震灾后重建、川藏铁路、汶马高速等重大工程建设中成功应用，在川西山地等地区实现规模化推广，相关成果被生物多样性 COP15 线上展、中央电视台纪录片频道专门报道，新华社、科技日报等多家媒体进行了追踪报道，经济、社会和生态效益显著。

【主要知识产权和标准规范等目录】

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	用于陡岩石边坡的苔藓覆绿方法	中国	ZL202111193641.X	2022 年 10 月 4 日	5494184	西南科技大学；中国科学院成都生物研究所	任惠;陈珂;类延宝;孙庚;黄仁华;薛颖欣;夏	有效

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
							红霞; 朱大林	
发明专利	Method for applying moss sporophore suspension containing chitosan/glucan in greenery coverage of bare land	英国	GB2597602	2022 年 7 月 20 日	GB2597602	中国科学院成都生物研究所; 西南科技大学	孙庚; 类延宝; 陈珂; 夏红霞; 朱大林; 任惠	有效
发明专利	Adhesive for moss	美国	US11247945B2	2022 年 2 月 15 日	US11247945B2	中国科学院成都生物研究所; 西南科技大学	类延宝; 孙庚; 朱大林; 陈珂; 薛颖欣	有效
发明专利	含壳聚糖/葡聚糖的苔藓孢子体悬浮液在裸地覆绿的应用方法	中国	ZL202011227379.1	2021 年 05 月 18 日	4429408	中国科学院成都生物研究所; 西南科技大学	孙庚; 类延宝; 陈珂; 夏红霞; 朱大林; 任惠	有效
发明专利	一种苔藓专用粘合剂	中国	ZL202010837456.9	2021 年 4 月 6 日	4346565	中国科学院成都生物研究所; 西南科技大学	类延宝; 孙庚; 朱大林; 陈珂; 薛颖欣	有效
发明专利	一种生物监测用苔藓的培育方法	中国	ZL202210018219.9	2022 年 12 月 9 日	5634819	西南科技大学; 中国科学院成都生物研究所	陈珂; 张济阳; 刘李岚; 类延宝; 李欣然; 倪甜	有效

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
							甜；梅思双	
实用新型	苔藓生态毯	中国	ZL2022 2097017 8.9	2022 年 8 月 12 日	17164805	中国科学院成都生物研究所；西南科技大学	类延宝；孙庚；朱大林；夏红霞；陈珂	有效
实用新型	一种苔藓孢子采集装置	中国	ZL2020 2202660 2.8	2021 年 3 月 30 日	12834416	中国科学院成都生物研究所；西南科技大学	类延宝；孙庚；薛颖欣；陈珂	有效
实用新型	一种苔藓专用喷播装置	中国	ZL2021 2155039 1.6	2021 年 12 月 7 日	15043103	西南科技大学；中国科学院成都生物研究所	薛颖欣；类延宝；朱大林；孙庚；夏红霞；陈珂	有效
实用新型	一种辅助客土喷播机进料口的进料装置	中国	ZL2021 2156209 7.7	2022 年 1 月 4 日	15377681	四川省林业科学研究院	苏宇；吴世磊；李红霖；邹玉和；陈德朝；贺丽；吴科君	有效

【论文专著目录】

序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间（年月日）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位
----	----------------	--------------------------	-----------	-----------	-----------	------	-------	-------	----------------

1	The C: N: P stoichiometry in bryophytes: relationships with habitat, climate and growth form/ National Science Review/刘鑫;王喆	2023 年 10 期 nwad060	2023 年 5 月 6 日	包维楷	刘鑫 ; 王喆	刘鑫 ; 王喆 ; 李晓明; 包维楷;	0	SCI	University of Copenhagen, Denmark
2	Photosynthetic regulation in response to fluctuating light conditions under temperature stress in three mosses with different light requirements/Plant Science/类延宝	2021 年 311 期 111020	2021 年 8 月 12 日	孙庚 ; 黄伟	类延宝	类延宝; 夏红霞; 陈珂;孙庚;黄伟	5	SCI	University of Zagreb, Croatia
3	Nitrogen and phosphorus translocation of forest floor mosses as affected by a pulse of these nutrients/ Journal of Plant Ecology/ 刘鑫	2020 年 5 期 633-640 页	2020 年 10 月 1 日	包维楷	刘鑫	王喆 ; 李晓明	3	SCI	否
4	九寨沟国家级自然保护区苔藓植物图鉴/四川科技出版社/孙庚, 类延宝, 陈珂, 徐荣林	ISBN 978-7-5727-0253-2	2021 年 9 月	孙庚	孙庚	孙庚;类延宝;陈珂;徐荣林	0	四川科技出版	University of Zagreb, Croatia

5	基于层次分析法的九寨沟震后裸岩边坡覆绿适用苔藓筛选/植物研究/夏红霞	2023 年 1-10 页	2023 年 5 月 28 日	类延宝	夏 红 霞	夏 红 霞，刘 李 岚； 周徐平； 陈 珂； 李 英； 旷培刚； 孙庚;类 延宝	0	中 国 知 网	否
合 计							8		

【主要完成人】（按排名顺序）

孙庚、类延宝、刘鑫、苏宇、陈珂、高恺衡、赵德猛、陈群龙、包维楷、鄢武先

【主要完成单位】（按排名顺序）

中国科学院成都生物研究所、九寨沟风景名胜区管理局、四川省林业科学研究院、西南科技大学、四川省华地建设工程有限公司