

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.021

## 生态毯植被恢复技术研究及其进展

刘兴良<sup>1</sup>, 刘世荣<sup>2</sup>, 刘杉<sup>3</sup>, 姬慧娟<sup>1</sup>, 马文宝<sup>1</sup>, 冯秋红<sup>1</sup>  
潘红丽<sup>1</sup>, 张利<sup>4</sup>, 刘千里<sup>4</sup>, 缪宁<sup>5</sup>

(1. 四川林业科学研究院, 四川成都 610081; 2. 中国林业科学研究院森林生态与环境保护研究所, 北京 10091;  
3. 北京林业大学, 北京 10083; 4. 阿坝州林业科学技术研究所, 四川汶川 623000; 5. 四川大学生命科学学院, 四川成都 610044)

**摘要:**生态毯植被恢复技术指用马利瓦特(Maliwatt)缝编工艺,将可降解的植物纤维为原料编制成卷,同时将一定配比的植物种子和基质混合后植入成卷材料而成的快速植被恢复技术。本文比较分析了国内外生态垫、生态植被垫等技术的应用范围、技术优势等;分析了在地震滑坡、沙化治理、矿山废弃地和公路边坡治理的植被恢复效果,进而提出生态毯植被恢复技术的未来研究重点。

**关键词:**地震滑坡; 矿山废弃; 沙化地; 公路边坡; 退化植被恢复

**中图分类号:**X171.4 **文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5508(2019)06-0110-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research and Progress of Eco-carpet Vegetation Restoration Technology

LIU Xing-liang<sup>1</sup> LIU Shi-rong<sup>2</sup> LIU Shan<sup>3</sup> Ji Hui-juan<sup>1</sup> MA Wen-bao<sup>1</sup>  
FENG Qiu-hong<sup>1</sup> PAN Hong-li<sup>1</sup> Zhang Li<sup>4</sup> LIU Qian-li<sup>4</sup> MIAO Ning<sup>5</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
4. Aba Prefecture Institute of Forestry Science and Technology, Wenchuan 623000, China;  
5. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Eco-carpet vegetation restoration technology referred to the rapid vegetation restoration technology which was called Maliwatt technique, by weaving degradable plant fiber into a carpet and mixing a certain proportion of seeds and substrate into the carpet while rolling it up. The application scope and technical advantages were compared for ecological mat and ecological vegetation blanket at home and abroad, and vegetation restoration effects were analyzed in earthquake landslides, desertification control, abandoned mines and highway slopes, to put forward the future research focus of ecological carpet vegetation restoration technology.

**Key words:** Earthquake-induced landslide, Abandoned mine lands, Sandy land, Road side slope, Restoration of degraded vegetation

“5·12”汶川特大地震造成四川省龙门山断裂带严重受灾区 32.87 万 hm<sup>2</sup> 林地面积损毁,导致森

收稿日期:2019-03-25

基金项目:国家林业公益性行业专项(201104109-01);国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD22B0104);国家林业局 948 项目(2012-4-74);森林和湿地生态恢复与保育四川省重点实验室开放课题

作者简介:刘兴良(1963-),男,重庆江津人,研究员,博士,主要从事川西高山森林生态、退化植被恢复及地植物学研究,e-mail: liuxingliang@126.com。

林覆盖率下降 1.87%<sup>[1]</sup>,区域生物多样性受到不同程度的影响<sup>[2]</sup>。地震造成的山体崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害为世界所罕见,区域内森林植被遭受巨大破坏,给灾区生态系统造成了严重影响<sup>[3]</sup>。德国在矿山废弃地植被恢复、公路边坡治理等方面具有丰富的治理经验,其生态毯或生态垫植被恢复技术和生物多样性保护技术都处于前列<sup>[4]</sup>。

生态毯植被恢复技术指用马利瓦特(Maliwatt)缝编工艺,将可降解的植物纤维为原料编制成卷,同时将一定配比的植物种子和基质混合后植入成卷材料而形成的快速植被恢复技术。根据对各区域类似

技术的比较(见表 1),各类技术各有优势,但德国生态毯植被恢复技术成熟,具有对环境无污染、铺设迅速、成本低等特点,因此,通过引进德国成熟的生态毯植被恢复技术,拓展生态毯植被恢复技术在地震滑坡植被恢复、沙化治理、矿山废弃地和公路边坡治理等方面的应用,不仅对地震灾害多发区滑坡、矿山废弃地、公路边坡治理起到良好的示范作用,而且对保护四川生态旅游环境、繁荣民族地区经济和社会可持续发展,改善我国生态脆弱区的生态环境具有重要意义<sup>[5]</sup>。

表 1 各区域类似技术特点比较

Tab. 1 Comparison of similar technical characteristics in different regions

区域	技术类型	应用范围	技术优势	
			环保特点	技术成本
美国	成卷水土保持产品	园林、公路、铁路、河道等边坡	降解性慢,环保性较好,有一定残留	施工量少,铺设迅速,但成本高
马来西亚	椰纤维毯	园林、公路、铁路、河道等边坡	降解性好,环保性强	施工量少,铺设迅速,但成本高
德国、瑞士	生态毯	道路、陡坡等坡	降解性好,环保性强,可以增强斜坡和保持土壤	施工量少,铺设迅速,成本较低
中国	生态植被垫	边坡、荒漠化严重的地方和沙漠	降解性慢,环保性较好	施工量少,铺设迅速,但成本高

## 1 研究及应用现状

### 1.1 国外研究及应用现状

20 世纪 30 年代以来,欧美发达国家相继采用天然的椰棕纤维、苧麻纤维等为原料加工成的一类成卷水土保持产品(RECPs)的研发,根据制作大小不同分为生态毯、生态垫和植物培育垫,在园林绿化,公路、铁路、河道等边坡防护,以及沙漠治理领域<sup>[6]</sup>,特别在公路边坡工程治理中得到广泛的应用<sup>[7]</sup>。

马来西亚主要研发的产品为椰毯的生态垫。无论是在椰棕的主产地马来西亚、印度、菲律宾,还是欧美、日本等发达国家以及我国台湾等地区都大量将生态垫用于水土保持<sup>[8]</sup>。

瑞士开发的苧麻纤维培育垫,采用编链衬纬组织,将苧麻和丙纶两种纱线编织成方形小网格,纵向组织丙纶,横向的衬纬是苧麻,有规律地加入植物种子而成,这种垫子既可保持水土,防止滑移,又可绿化环境,保持生态平衡<sup>[4]</sup>。

德国萨克森研究所采用 Maliwatt 缝编工艺编织成亚麻纤维网,同时用一种特殊的计量器将草种均匀地置入网中,用缝合线连接而成,即缝编草皮培育垫,这种垫子具有多孔结构,草根极易穿过织物伸入

土壤,吸取所需养料和水分,同时可以保护草种免遭鸟类啄食,防止草种流失和有助于草种发芽,草种发芽生根后,亚麻便逐渐分解到土壤中,对环境无污染<sup>[4]</sup>。

### 1.2 国内研究及应用现状

我国以植物纤维为原料研发的环保型麻地膜,具有良好的生物可降解性且无环境污染,在矿山废弃地和公路边坡治理等方面的应用,对我国西部开发及其生态环境的改善具有一定意义<sup>[9,10]</sup>。生态垫在国内的研究与应用始于 2002—2004 年中德农业科技合作项目“可降解材料在困难立地造林中的应用”和北京市林业局中马合作项目“生态垫在京津风沙源治理中的研究”等课题<sup>[11]</sup>。近年来,生态垫或植被毯在国内的应用和研究主要集中在干旱少雨的北方地区,特别是荒漠化严重的地方和沙漠地带,可以抗风沙侵蚀和促进植物生长<sup>[11]</sup>。由于我国椰棕产地局限在海南等地,商品化程度低,产量少,开发迟<sup>[11]</sup>,椰纤维植被毯可以作为生态治理的新型材料<sup>[12,13]</sup>,椰子纤维在人造板、复合材料和环保材料等领域有效利用,应成为今后研究的重点<sup>[14]</sup>。

## 2 生态毯植被恢复效果

### 2.1 地震滑坡区域植被恢复效果

在汶川地震崩塌堆积区,利用生态毯植被恢复

技术(见表2)开展了不同肥料浓度和生态毯的交互作用的植被恢复试验。结果表明,紫花苜蓿的开始发芽时间、株高和盖度均差异不显著。砾石泥沙堆积区每种生态毯上,均是高浓度肥料下植物长势好;相同的肥料浓度下,植物的长势为:椰纤维生态毯 > 秸秆 + 椰纤维生态毯 > 秸秆生态毯。但在椰纤维生

态毯和  $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  肥料浓度组合模式下,植物出现了严重的倒伏现象。泥沙堆积区均是高浓度肥料下植物长势好,相同的肥料浓度下,植物的长势为:椰纤维生态毯 > 秸秆 + 椰纤维生态毯 > 秸秆生态毯,且没有倒伏现象<sup>[15]</sup>。

表2 地震滑坡生态毯植被恢复技术参数设计

Tab.2 Technical parameter design of vegetation restoration for ecological blanket of earthquake landslide

类型	基本参数		基质配方					
	宽度 /m	厚度 /cm	有机质 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	保水剂 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	黏合剂 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	土壤改良剂 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	缓效肥 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	营养土 /( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )
秸秆	2.4	0.3	10	16	8	10	0	800
							20	
							40	
							80	
椰纤维	2.4	0.3	10	16	8	10	0	800
							20	
							40	
							80	
秸秆 + 椰纤维	2.4	0.3	10	16	8	10	0	800
							20	
							40	
							80	

植物种类:点播了刺槐、紫穗槐、水麻(2013年3月);撒播了紫花苜蓿(2012年9月);波斯菊、高羊茅、狗牙根、醉鱼草和千里光(2013年3月)。

在汶川地震滑坡植被恢复表明<sup>[16]</sup>,在连续没有降雨补充的情况下,铺设生态毯的土壤含水量均高于裸地,各层的土壤水分含量随干旱日数的增加呈下降的趋势,生态毯的下降趋势较为平稳;生态毯覆盖后,0 cm ~ 10 cm、10 cm ~ 20 cm 土壤含水量均能保持较高的水平,保水效果为椰纤维生态毯 > 秸秆 + 椰纤维生态毯 > 秸秆生态毯 > 裸地。覆盖生态毯可以提高土壤有机质含量和 pH 值;土壤速效 N、P、K 和全 N、全 P、全 K 的含量也有一定程度的提高,土壤含水量均高于裸地的。

## 2.2 矿山废弃地植被恢复效果

采矿乱石碎块坡面上覆盖生态垫以后,在炎热夏季阻止了太阳直射石块,有效降低了地面温度  $5^\circ\text{C}$  以上,减少了地面高温对植物的伤害;冬季起到稳定和地温的作用,可提高地温  $1 \sim 2^\circ\text{C}$ ,大大提高了新植乔、灌树木和草的保存率,增加了年生长量<sup>[17]</sup>。

应用生态垫和保水剂在北京市平原废弃砂石坑地类造林中,土壤瞬时含水量提高 10% 以上,田间持水量、涵养水源量及最大蓄水量分别提高了 4.45%、41.34%、8.26% 以上;土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾含量提高了 64.49%、19.28%、132%、

40% 以上;冠幅增量较对照提高  $1.9 \text{ m}^{[18]}$ 。

## 2.3 公路边坡植被恢复效果

在河南高速公路使用椰丝型植被毯护坡可以增加植被的覆盖度和面积指数,分别比未使用植被毯坡面高 11.2% ~ 14.1% 和 34.4% ~ 39.6%;地表径流量比对照坡小 20.5% ~ 54.1%,有效地控制水土流失<sup>[19]</sup>。铺设生态垫的京北石质山区盘山公路坡面上树木个体的保存率从 87.21% 提高到 95.32%,而保存树木个体的受损率则由 74.69% 显著降至 2.15%<sup>[20]</sup>。在首都 108 国道铺设植被毯的公路边坡上经洒水养护 10 d 后草种发芽率 90% 以上,30 d 后草平均高度达 10 cm 以上,覆盖度 95% ~ 99%,而且经两次暴雨天气,坡面无冲刷沟现象<sup>[21]</sup>。

## 2.4 沙化地植被恢复效果

将生态垫用于沙漠治理,流动沙丘 0 ~ 40 cm 的含水量(1.19% ~ 1.27%) 低于固定沙丘(1.61% ~ 1.75%),而其他各层的含水量(1.52% ~ 1.73%) 都高于固定沙丘(1.11% ~ 1.38%);流动沙丘含水量(1.27% ~ 1.73%) 从上部到下部依次升高,而固定沙丘(1.75% ~ 1.11%) 则与此相反<sup>[22]</sup>。甘肃省河西走廊中部铺设生态垫与不铺设生态垫的沙丘,随着土层的加深,温差变化幅度也逐渐减小<sup>[23]</sup>。铺

生态垫后能够显著提高土壤 0~15 cm 的含水量,相对裸地提高 167.33%,15 cm~30 cm,30 cm~45 cm 的含水量相对提高 53.10%,52.56%<sup>[24]</sup>,为固沙植物的生长发育创造良好的条件。

在河北省张家口市宣化区境内的流动沙地治理中,生态垫能够显著降低沙地 0~15 cm 的土壤温度,日均温可降低 2.06℃~4.56℃,有利于沙地高温条件下减少土壤蒸发;在连续无降雨的情况下,生态垫下各层次的土壤含水量都高于流动沙丘裸地,尤其是 15 cm~30 cm 含水量相对稳定,人工植被建立后,其保存率、生长量较流动沙地均有较大幅度的提高<sup>[25]</sup>。

在四川若尔盖沙化地带用生态毯覆盖 1 年后,均降低了两种类型沙地的土壤温度,增加了土壤水分,提高了土壤最大持水量<sup>[26]</sup>,而且提高了植被群落的盖度和生物量,分别是对照处理的 1.20 倍和 1.19 倍,而流动沙地则分别为 4.74 倍和 2.83 倍<sup>[27]</sup>。

### 3 问题与研究展望

生态毯植被恢复技术在欧美、日本等应用广泛,技术成熟,已形成各自的技术体系。我国在生态毯应用和研究方面起步较晚,主要应用在公路边坡防护、流动沙丘治理、河滩地造林等类型的植被恢复,缺乏长期监测数据,技术体系尚未形成。因此,生态毯植被恢复技术研究可以重点开展以下几方面。

#### 3.1 不同困难立地植被恢复生态毯的研发

由于制作生态毯材质的不同,其用途和恢复功效也各不相同,对于不同植物纤维材质制作的生态毯,其适用的类型和功能缺乏统一标准,如椰纤维生态毯、稻草纤维生态毯、秸秆+椰纤维生态毯等已开始广泛应用,但其使用范围、效果等缺乏系统研究,因此,应根据不同类型的困难立地,研制不同类型的植被恢复生态毯。

#### 3.2 不同类型生态毯基质配方和植物配比研制

由于地震滑坡、矿山废弃地、沙化地、公路修筑等形成的植被恢复区,土壤条件较为贫瘠,针对所在地区降雨条件、植被特征以及植被自然恢复潜力等,制定各种不同恢复类型生态毯基质配方,以及合适的植物种类和种子配比。

#### 3.3 乡土植物种类筛选与种子生理研究

由于我国地域辽阔,气候类型多样,植物种类繁

多,因此,乡土植物种类选择、种子生理研究等对生态毯植物种类组合尤为重要。在开展生态毯植被恢复前,应对所在区域生态环境、植物种类、生态特性以及种子生理作系统研究,慎重引入外来物种,重视采用乡土植物种类。

#### 3.4 不同类型生态毯植被恢复技术评价

目前,生态毯植被恢复技术在我国地震滑坡、沙化治理、公路边坡绿化等类型进行了试验研究,应加强野外长期观测,针对这些研究,筛选不同植物纤维材料、不同基质和植物种类配比,评估生态毯在地震滑坡、矿山废弃地、沙化地、公路边坡等方面应用效果,提出最适的生态毯植被恢复技术和制定相关标准。

#### 参考文献:

- [1] 骆建国,周立江,刘波,等. “5·12”汶川特大地震灾害造成四川森林资源损失的评估研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(7): 3914~3917.
- [2] 杨金凤. 四川省汶川地震重灾区生物多样性空间格局研究[D]. 成都: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 2009.
- [3] 吴宁,卢涛,罗鹏,等. 地震对山地生态系统的影响:以 5.12 汶川大地震为例[J]. 生态学报,2008,28(12):5810~5819.
- [4] 高翎翎. 麻纤维经编和缝编植物培育垫[J]. 产业用纺织品, 1998,(4):33~34.
- [5] 马文宝,姬慧娟,宿以明,等. 植被毯边坡防护特点及其研究应用[J]. 中国水土保持,2013,(1):30~33.
- [6] Allen H H, Leech J R. Bioengineering for stream bank erosion control[M]. Mississippi: U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. , Technical report no. EL-97-8, Vicksburg, 1997.
- [7] Smith J L, Bryzgoria C J, Bhatia S K, D. Walowsky. A Comparative Study of RECPs: Index Properties and Field Performance [C]// Geo-frontiers Congress, 2005.
- [8] 张梅花. 生态垫在沙漠治理中的应用研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.
- [9] 王朝云,吕江南,易永健,等. 环保型麻地膜的研究进展与展望[J]. 中国麻业科学,2007,29(z2):380~384.
- [10] 王朝云,吕江南,欧阳清,等. 环保型麻地膜的试制[J]. 纺织学报,2008,29(3):42~46.
- [11] 岳睿,李留振,李阿根,等. 生态垫的特点及其研究与应用[J]. 浙江农业科学,2010,1(5):1165~1166.
- [12] 熊涓涓. 椰子纤维用作环保优良材料[J]. 世界热带农业信息,1994,(1):6~6.
- [13] 申新山,高泗强. 新型环保椰纤维植被毯在生态治理中的推广应用[J]. 中国园艺文摘,2011,27(5):84~85.
- [14] 朱赛玲,熊雪平,徐朝阳,等. 椰子纤维研究利用及发展趋势

- [J]. 福建林业科技, 2014, 41(2): 231 ~ 234.
- [15] 姬慧娟, 扶志宏, 张利, 等. 生态毯在地震滑坡区植被恢复中应用效果研究. 四川林业科技, 2014a, 35(2): 4 ~ 8.
- [16] 姬慧娟, 徐国栋, 张利, 等. 地震滑坡区覆盖生态毯对土壤湿度和养分的影响. 四川林业科技, 2014b, 35(6): 47 ~ 50.
- [17] 李银, 刘凤明, 潘元友, 等. 采矿迹地生态修复综合技术[J]. 天津农林科技, 2009, (4): 6 ~ 8.
- [18] 于丹丹, 贾黎明, 贾忠奎, 等. 生态垫及保水剂对废弃砂石坑立地造林的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(6): 99 ~ 104.
- [18] 赵廷华, 牛首业, 郭红超, 等. 新型生态植被毯边坡防护技术水土保持效应研究[J]. 人民长江, 2017, 4(13): 20 ~ 22.
- [20] 杨晓晖, 王小平, 秦永胜. 生态垫在京北石质山区盘山公路边坡绿化工程中应用效果评价[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 119 ~ 120, 123.
- [21] 顾小华, 丁国栋, 刘胜, 等. 一种新型的高速公路边坡生态防护技术[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 106 ~ 107.
- [22] 李禄军. 绿洲-荒漠交错带生态垫覆盖下沙丘土壤水分动态及预测[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [23] 李禄军, 蒋志荣, 邵玲玲, 等. 生态垫覆盖对沙丘土壤温度的影响[J]. 水土保持通报, 2009, 29(2): 140 ~ 143.
- [24] 杨越, 曹波, 孙保平, 等. 生态垫对流动沙地土壤温湿度和养分的影响[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 81 ~ 83 + 87.
- [25] 杨志国, 孙保平, 丁国栋, 等. 应用生态垫治理流动沙地机理研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 50 ~ 53.
- [26] 张利, 周庆, 朱欣伟, 等. 生态毯在沙化区植被恢复中的应用效果研究[J]. 现代园艺, 2014, (22): 10 ~ 12.
- [27] 张利, 李杨红, 范宇, 等. 生态毯覆盖对若尔盖沙化草地土壤环境及植被恢复的影响. 林业与环境科学, 2017, 33(1): 24 ~ 28.

(上接第 84 页)

0.003 和 0.000, 均小于 0.01, 同样表现为影响极其显著, 因此当采摘时间在 11 月中旬, 采摘树龄为两年时, 青钱柳叶片中的总黄酮含量和总皂苷含量较高, 如果想获得更多的皂苷和黄酮, 应选择两年生的青钱柳并在每年的 11 月中旬进行采集。此外探究所选取的桂林市花坪保护区本地无性系家系在可溶性多糖含量、黄酮含量、皂苷含量方面都具有较高的水平, 具有很高的培养价值。

提高青钱柳叶片中活性成分的利用率, 一方面是要选择各组分含量较高的时期进行采摘, 另一方面是需要更为合理高效的提取方法, 本次探究主要侧重于总结各组分的采摘时间, 而在提取方法方面, 主要采用的是前人较为常见的方法, 提取率仍有提

高的空间, 在今后的探究工作中, 将着手探索更为高效便捷的青钱柳活性成分提取方法。

#### 参考文献:

- [1] 黄海明. 青钱柳育苗、造林及加工利用技术[J]. 安徽林业科技, 2015, 41(1): 77 ~ 79.
- [2] 李磊, 谢明勇, 易醒. 青钱柳多糖组分及其降血糖活性研究[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(4): 484 ~ 486.
- [3] 邓小云, 顶登峰, 戴美红, 等. 植物多糖药理作用研究进展[J]. 中医药导报, 2006, 12(9): 86 ~ 88.
- [4] 蔡文伟, 张树珍, 杨本鹏. 龙血树属植物黄酮类和甾体类化合物研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(26): 118 ~ 8121.
- [5] 曹纬国, 刘志勤, 邵云, 等. 黄酮类化合物药理作用的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2241 ~ 2247.
- [6] 张云峰, 魏东, 邓雁如, 等. 三萜皂苷的生物活性研究新进展[J]. 中成药, 2006, 28(9): 1349 ~ 1353.