

生态毯在地震滑坡区植被恢复中应用效果研究

姬慧娟¹ 扶志宏² 张利³ 马文宝¹ 何建社³ 刘兴良^{1*}

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川省林业调查规划院, 四川 成都 610081;

3. 阿坝州科学技术研究院, 四川 汶川 623000)

摘要: 为了研究生态毯覆盖对植被恢复的影响, 首次将生态毯应用于地震滑坡区砾石泥沙堆积区和泥沙堆积区。不同肥料浓度和生态毯种类组合模式下, 在生长期初, 草本植物的开始发芽时间、高度和盖度没有显著差异, 灌木紫穗槐的开始发芽时间有显著差异; 在当年生长期末, 草本植物的高度和盖度均差异极显著, 灌木紫穗槐的高度和冠幅也差异极显著; 且没有发现高羊茅生长。在每种生态毯上, 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。在砾石泥沙堆积区, 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; 泥沙堆积区植物没有出现倒伏现象。

关键词: 生态毯; 植被恢复; 地震滑坡区; 肥料浓度

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2014)02-0004-05

Research on the Effect of Applying the Eco-blanket to the Vegetation Restoration in Landslide Areas Caused by the Earthquake

JI Hui-juan¹ FU Zhi-hong² ZHANG Li³ MA Wen-bao¹
HE Jian-she³ LIU Xing-liang^{1*}

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Sichuan Forestry Inventory and Planning Institute, Chengdu 610081, Sichuan, China;

3. Aba Prefecture Institute of Science and Technology, Wenchuan 623000, Sichuan, China)

Abstract: In order to study the effect of eco-blanket covering on the vegetation restoration, the eco-blanket is firstly applied to the gravel sediment accumulation area and sediment accumulation area in landslide areas caused by the earthquake. Under the different types of fertilizer concentration and eco-blanket combined mode, at the beginning of growing period, the initial germination time, height and coverage of herbs have no significant differences, while the initial germination time of *Amorpha fruticosa* has significant differences. At the end of growing period, the height and coverage of herbs have significant differences, the height and crown of *Amorpha fruticosa* also have significant differences, without finding the growth of tall fescue. On each eco-blanket, the effects of vegetation restoration of high concentration of fertilizer are the best; under the same concentration of fertilizer, the growth of plants is as follows: coconut fiber eco-blanket > straw + coconut fiber eco-blanket > straw eco-blanket. At the gravel sediment accumulation area, under the coconut fiber eco-blanket and fertilizer concentration of $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ combined mode, plants have a serious lodging phenomenon, while the lodging phenomenon is not found in the sediment accumulation area.

Key words: Eco-blanket, Vegetation restoration, Landslide areas caused by the earthquake, Concentration of fertilizer

近几年来, 四川由地震造成的山体崩塌、滑坡、泥石流等自然灾害增多, 植被受到严重损坏, 形成了

收稿日期: 2014-03-03

基金项目: 国家林业局948项目“地质灾害多发区滑坡生态毯植被恢复技术引进”(2012-4-74)

作者简介: 姬慧娟(1982-), 女, 助理研究员, 主要从事森林生态、恢复生态学研究, ybsc02@163.com。

* 通讯作者: 刘兴良(1963-), 男, 研究员, 主要从事高山森林生态学研究, liuxingliang@126.com。

许多裸露的土石坡面。传统的边坡治理形式主要采用浆砌石、混凝土等工程措施护坡,造价较高,而且形成刚性裸露硬面层,对环境保护不利^[1]。边坡生态防护可以很好地弥补这一缺点。与传统的护坡形式相比,边坡生态防护不仅能稳定边坡,保持水土,而且节约成本^[2]。在常用的边坡生态防护形式中,生态毯边坡防护技术以其良好的经济效益和社会效益越来越受到人们的关注^[3],生态毯边坡防护是国外近十多年新开发的一项集坡面加固和植物防护于一体的复合型边坡植物防护措施,是通过特殊工艺将植物纤维层和草种、营养土混合物及木浆纸层聚合形成的三维复合草毯结构^[4],提供土壤防侵蚀控制保护层和植物生长基质、养料及水分的边坡绿化防治新技术。将生态毯应用到地震滑坡等生态环境脆弱地区,对有效改良土壤,保持水土以及恢复植被,从而改善脆弱的震后生态环境,具有重要的意义。通过在地震滑坡区应用不同的生态毯,配合施用不同浓度的肥料,筛选出最优的生态毯植被恢复组合模式,以期为我国地震滑坡区造林中应用和推广生态毯并取得良好效益提供依据。

1 试验区概况

试验区位于汶川县银杏乡麻柳坪(103°32'E ~ 31°26'N),平均海拔1 300 m ~ 1 600 m,年均气温15.1℃,年均降雨量859 mm,多集中在5月~9月,夏季雨水集中,又加上地震后土体松动,易造成滑坡、泥石流,是地质灾害多发区。

试验区是经过整地处理的地震滑坡区,滑坡后受损山体坡面分为砾石泥沙堆积区和泥沙堆积区。各类型地质特征如下:

(1) 砾石泥沙堆积区

砾石多,砾石间壤土较少(或砾石下土壤较厚),石砾含量超过70%,坡度较缓,不稳定,极易流失再滑坡。

(2) 泥沙堆积区

主要指山体滑坡或泥石流后形成的堆积扇。其特点是:土壤较厚、土层蓬松、颗粒小、肥力较高,坡度较缓,不稳定,极易流失再滑坡。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

采用德国RNG公司技术生产的生态毯,分别以椰纤维、秸秆、秸秆+椰纤维为基质,宽2 m,长50

m。分上网、植物纤维层、种子层、木浆纸层和下网等5层结构。主要供试灌木为紫穗槐,草本为波斯菊、高羊茅和紫花苜蓿(参见图1和图2)。

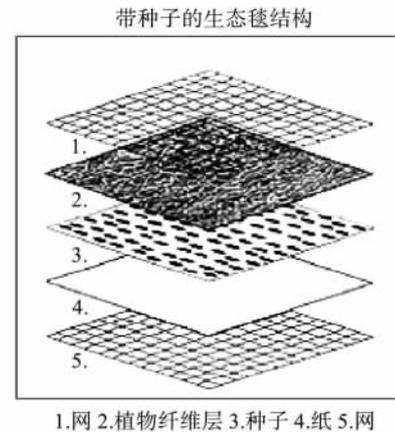


图1 生态毯结构图

Fig.1 The structure of eco-blanket



图2 生态毯实物图

Fig.2 The real image of eco-blanket

2.2 试验方法

生态毯覆盖的试验面积为2 400 m²,砾石泥沙堆积区和泥沙堆积区分别为1 200 m²,2013年3月整地,4月初开始铺设。采用5层结构含植物种子的生态毯,设置4种不同的肥料浓度(0、20、40、80 g·m⁻²),每个处理之间要相互隔开,以免浇水时基质混合。

采用样方调查的方法进行植物生长状况调查,灌木测定采用5 m×5 m样方,共调查3个样方,测定开始发芽时间、当年高生长量、冠幅(每个样方测定4株);草本采用1 m×1 m样方,共调查3个样方,测定开始发芽时间,生长期初(2013年5月)和生长期末(2013年10月)草本的株高、盖度。经过数据整理取平均值进行分析。

3 结果与分析

3.1 砾石泥沙堆积区植物生长情况调查

对数据进行双因素方差分析后可知,不同肥料

浓度和生态毯种类组合模式下,在生长期初,草本植物的开始发芽时间、高度和盖度没有显著差异,灌木紫穗槐的开始发芽时间有显著差异(表1);在当年生长期末,草本植物的高度和盖度均差异极显著,灌木紫穗槐的高度和冠幅也差异极显著(表2),没有

发现高羊茅生长。在每种生态毯上,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。

表1 砾石泥沙堆积区肥料和生态毯在生长期初对植物的影响(2013年5月)

Table 1 The effect of fertilizer and eco-blanket on plant growth at the beginning of growing period in the gravel sediment accumulation area (May 2013)

处理方式 Treatment	波斯菊	苜蓿	高羊茅	草本		紫穗槐
	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time	盖度(%) Coverage a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time
J0	8.25 ± 0.47	2.17 ± 0.12	7.52 ± 0.36	6	78 ± 1.07	21
J1	11.00 ± 0.41	4.54 ± 0.43	14.12 ± 1.79	6	88 ± 2.08	21
J2	11.35 ± 0.55	4.55 ± 0.46	14.13 ± 1.98	6	88 ± 1.67	21
J3	11.37 ± 0.51	4.61 ± 0.61	14.20 ± 1.47	6	88 ± 1.73	21
J + Y0	13.57 ± 0.31	6.94 ± 0.29	15.28 ± 0.35	7	28 ± 1.67	20
J + Y1	17.99 ± 0.90	8.92 ± 0.52	18.67 ± 0.42	7	40 ± 3.38	20
J + Y2	18.09 ± 0.80	8.98 ± 0.50	18.77 ± 0.42	7	40 ± 3.53	20
J + Y3	18.29 ± 1.22	8.99 ± 0.59	18.99 ± 0.57	7	40 ± 1.76	20
Y0	8.31 ± 0.59	1.95 ± 0.14	10.09 ± 0.56	8	8 ± 1.67	18
Y1	10.46 ± 0.43	4.51 ± 0.73	13.24 ± 0.47	8	14 ± 0.67	18
Y2	10.49 ± 0.55	4.53 ± 0.67	13.26 ± 0.58	8	14 ± 1.20	18
Y3	10.92 ± 0.45	4.54 ± 0.62	13.62 ± 0.50	8	15 ± 1.73	18
Sig.	0.877	0.843	0.937		0.976	0.01

注: J0, J1, J2, J3 分别代表秸秆生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 分别代表秸秆 + 椰纤维生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理, Y0, Y1, Y2, Y3 分别代表椰纤维生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理; a 代表平均值, b 代表标准误

Notes: J0, J1, J2, J3 represent straw eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 represent straw + coconut fiber eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization, Y0, Y1, Y2, Y3 represent coconut fiber eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization; a indicates the average, b indicates the standard error

表2 砾石泥沙堆积区肥料浓度和生态毯在生长期末对植物的影响(2013年10月)

Table 2 The effect of fertilizer and eco-blanket on plant growth at the end of growing period in the gravel sediment accumulation area (October 2013)

处理方式 Treatment	波斯菊	苜蓿	草本	紫穗槐	
	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time	盖度(%) Coverage a ± b
J0	55.79 ± 2.40	8.00 ± 0.48	63.33 ± 3.33	4.29 ± 0.24	16.84 ± 1.08
J1	61.34 ± 1.65	8.96 ± 0.52	81.67 ± 1.67	5.81 ± 0.27	23.68 ± 0.91
J2	90.18 ± 0.85	22.14 ± 0.94	81.67 ± 1.67	10.15 ± 0.37	68.96 ± 2.63
J3	91.74 ± 0.82	23.55 ± 1.70	81.67 ± 1.67	10.15 ± 0.37	68.96 ± 2.63
J + Y0	32.95 ± 1.32	16.62 ± 0.66	100	11.31 ± 0.50	65.03 ± 2.33
J + Y1	48.51 ± 1.68	18.35 ± 0.61	100	13.07 ± 1.18	82.34 ± 2.22
J + Y2	71.77 ± 2.18	30.44 ± 0.45	100	24.95 ± 0.83	151.53 ± 4.59
J + Y3	74.41 ± 2.23	31.90 ± 2.00	100	32.30 ± 1.10	167.14 ± 4.44
Y0	80.46 ± 1.00	18.21 ± 0.84	100	15.45 ± 0.45	70.76 ± 1.27
Y1	84.33 ± 4.13	23.13 ± 0.89	100	18.73 ± 0.65	81.63 ± 2.01
Y2	124.87 ± 2.61	51.27 ± 1.54	100	36.99 ± 0.67	158.63 ± 4.04
Y3	143.58 ± 2.16	61.04 ± 1.20	100	39.43 ± 0.66	165.45 ± 4.70
Sig.	0.001	0.001	0.001	0.01	0.01

注: J0, J1, J2, J3 分别代表秸秆生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 分别代表秸秆 + 椰纤维生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理, Y0, Y1, Y2, Y3 分别代表椰纤维生态毯为 $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 施肥处理; a 代表平均值, b 代表标准误

Notes: J0, J1, J2, J3 represent straw eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 represent straw + coconut fiber eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization, Y0, Y1, Y2, Y3 represent coconut fiber eco-blanket of $0, 20, 40, 80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ fertilization; a indicates the average, b indicates the standard error

3.2 泥沙堆积区植物生长情况调查

对数据进行双因素方差分析后可知,在生长期初,不同肥料浓度和生态毯种类组合模式下,草本植物的开始发芽时间、高度和盖度没有显著差异,灌木紫穗槐的开始发芽时间有显著差异(表3)。在当年生长期末,不同肥料浓度和生态毯种类组合模式下,

草本植物的高度和盖度均差异极显著,灌木紫穗槐的高度和冠幅也差异极显著(表4),没有发现高羊茅生长。在每种生态毯上,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,且没有倒伏现象。

表3 泥沙堆积区肥料和生态毯在生长期初对植物的影响(2013年5月)

Table 3 The effect of fertilizer and eco-blanket on plant growth at the beginning of growing period in the sediment accumulation area (May 2013)

处理方式 Treatment	波斯菊	苜蓿	高羊茅	草本		紫穗槐
	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time	盖度(%) Coverage a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time
J0	11.73 ± 0.44	5.79 ± 0.24	5.46 ± 0.36	6	53 ± 1.67	22
J1	14.73 ± 0.46	7.83 ± 0.12	8.8 ± 0.16	6	64 ± 2.33	22
J2	14.76 ± 0.11	7.88 ± 0.14	8.86 ± 0.14	6	64 ± 2.33	22
J3	14.80 ± 0.44	7.93 ± 0.75	8.98 ± 1.61	6	64 ± 2.33	22
J + Y0	9.60 ± 0.10	2.25 ± 0.17	8.87 ± 0.43	7	25 ± 2.89	21
J + Y1	14.11 ± 0.94	3.79 ± 0.62	10.69 ± 0.34	7	33 ± 2.33	21
J + Y2	14.20 ± 1.39	3.82 ± 0.16	10.70 ± 0.35	7	34 ± 0.58	21
J + Y3	14.26 ± 1.30	3.84 ± 0.27	10.75 ± 0.41	7	34 ± 2.33	21
Y0	12.52 ± 0.61	2.86 ± 0.15	8.87 ± 0.40	8	17 ± 1.67	19
Y1	15.23 ± 0.47	4.47 ± 0.21	12.93 ± 1.29	8	21 ± 2.08	19
Y2	15.26 ± 0.74	4.50 ± 0.35	13.04 ± 0.60	8	20 ± 1.76	19
Y3	15.51 ± 0.82	4.59 ± 0.34	13.06 ± 0.69	8	21 ± 2.08	19
Sig.	0.95	0.84	0.86	0.85	0.60	0.01

注: J0, J1, J2, J3 分别代表秸秆生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 分别代表秸秆 + 椰纤维生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理, Y0, Y1, Y2, Y3 分别代表椰纤维生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理; a 代表平均值, b 代表标准误

Notes: J0, J1, J2, J3 represent straw eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 represent straw + coconut fiber eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization, Y0, Y1, Y2, Y3 represent coconut fiber eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization; a indicates the average, b indicates the standard error

表4 泥沙堆积区肥料浓度和生态毯在生长期末对植物的影响(2013年10月)

Table 4 The effect of fertilizer and eco-blanket on plant growth at the end of growing period in the sediment accumulation area (October 2013)

处理方式 Treatment	波斯菊	苜蓿	草本	紫穗槐	
	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	高度(cm) Height a ± b	开始发芽时间(d) Initial germination time	盖度(%) Coverage a ± b
J0	49.41 ± 2.18	6.91 ± 0.14	53.33 ± 3.33	3.93 ± 0.14	15.79 ± 0.92
J1	52.9 ± 2.36	8.07 ± 0.49	71.67 ± 1.67	5.22 ± 0.17	21.9 ± 1.35
J2	87.42 ± 1.16	22.11 ± 1.05	71.67 ± 1.67	10.18 ± 1.10	69.02 ± 1.64
J3	91.09 ± 2.29	22.5 ± 1.77	71.67 ± 1.67	11.33 ± 1.12	79.72 ± 1.64
J + Y0	31.31 ± 0.76	16.24 ± 0.86	100	10.89 ± 1.02	69.78 ± 2.45
J + Y1	48.23 ± 1.77	17.27 ± 1.26	100	12.32 ± 0.77	82.66 ± 1.58
J + Y2	68.40 ± 3.65	29.86 ± 0.91	100	22.55 ± 1.30	146.49 ± 3.58
J + Y3	74.25 ± 2.06	32.15 ± 1.68	100	29.62 ± 2.07	162.18 ± 1.81
Y0	80.85 ± 1.02	19.04 ± 0.70	95	15.86 ± 0.21	70.75 ± 1.68
Y1	85.59 ± 2.58	22.17 ± 1.02	95	18.30 ± 0.90	80.76 ± 1.23
Y2	122.02 ± 0.84	51.43 ± 1.85	100	34.93 ± 1.75	158.81 ± 1.79
Y3	143.27 ± 1.56	57.68 ± 1.28	100	36.74 ± 0.90	161.92 ± 4.16
Sig.	0.001	0.001	0.001	0.01	0.01

注: J0, J1, J2, J3 分别代表秸秆生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 分别代表秸秆 + 椰纤维生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理, Y0, Y1, Y2, Y3 分别代表椰纤维生态毯为 0、20、40、80 g·m⁻² 施肥处理; a 代表平均值, b 代表标准误

Notes: J0, J1, J2, J3 represent straw eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization, J + Y0, J + Y1, J + Y2, J + Y3 represent straw + coconut fiber eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization, Y0, Y1, Y2, Y3 represent coconut fiber eco-blanket of 0, 20, 40, 80 g·m⁻² fertilization; a indicates the average, b indicates the standard error

4 讨论

生态毯植被恢复技术施工成本低,工艺简捷,施工后养护管理成本较低^[3],是国际上常用的最简洁有效的水土保持植被恢复措施^[5],在国外广泛应用于园林园艺、公路、铁路、河道等边坡防护以及沙漠治理领域^[6]。Jankauskas等将棕榈垫应用于路边陡坡,棕榈垫的保水功能有利于多年生草本根系的生长,草本的干物质量增加了18.2%,土壤中蚯蚓的数量和重量也增加了,铺设棕榈垫一年半以后土壤流失率降低了94.89%,表明在易受侵蚀的边坡上应用棕榈垫具有明显的水土保持效益^[7]。杨晓晖等将椰纤维生态垫用于京北石质山区盘山公路边坡绿化工程,通过对铺设生态垫和未铺设生态垫造林坡面的对比,发现生态垫可以减少土壤侵蚀和肥力流失,促进植被恢复^[8]。彭雪梅等在渝湛高速公路(广东段)边坡早期树林绿化时,采用铺二维网、三维网、椰丝毯以及客土喷播、灌草混播等进行试验,结果表明铺椰丝毯能够使公路边坡达到早期树林化^[9]。肖兴福等利用棕榈纤维垫保持土壤、涵养水分的功能,在洋河水库岸边裸露的沙砾、岩石基底上,铺盖棕榈纤维垫,覆盖约5 cm厚的土壤,扦插柳枝、芦苇并种植各种生活习性的植物,成功地恢复了库边植物^[10]。曹波等在对北京市废弃矿山进行绿化时,也采用了生态植被毯铺植技术^[11]。本研究中,生态毯在震害滑坡区植被恢复中应用效果较好,不同肥料浓度和生态毯种类组合模式下,在当年生长期初,草本植物生长情况没有显著差异,灌木紫穗槐的开始发芽时间有显著差异;在当年生长期末,草本植物的高度和盖度均差异极显著,灌木紫穗槐的高度和冠幅也差异极显著,没有发现高羊茅生长,可能是因为波斯菊和苜蓿的密度太大,影响了高羊茅的生长。在每种生态毯上,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。但在砾石泥沙堆积区,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,可能是因为肥料浓度太大致使植物徒长引起的。综合考虑以上各因素,可以得出以下结论:在砾石泥沙堆积区,最优的生态毯植被恢复模式为:椰纤维生态毯和 $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 肥料浓度组合模式;秸秆 + 椰纤维生态毯和 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 肥料浓度组合模式;在泥沙堆积区,最优的生态毯植被恢复模式为:椰纤维生态毯和 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 肥料浓度组合模式。

参考文献:

- [1] 赵明阶,何光春,王多垠. 边坡工程处治技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003:256~267.
- [2] 蒲智. 植物措施在公路工程护坡中的应用[J]. 甘肃水利水电技术,2003,39(4):335~338.
- [3] 芦建国,于冬梅. 高速公路边坡生态防护研究综述[J]. 中外公路,2008,28(5):29~32.
- [4] 李青芳,何宜典. 公路边坡防护与生态恢复[J]. 水土保持研究,2006,13(6):273~275.
- [5] 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):106~107,180.
- [6] Allen H H, Leech J R. Bioengineering for streambank erosion control; Report 1-Guidelines[R]. Mississippi: US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Technical report EL-97-8, Vicksburg, 1997.
- [7] Jankauskas B, Jankauskiene G, Fullen M A. Soil conservation on road embankments using palm-mat geotextiles: field studies in Lithuania[J]. Soil Use and Management, 2012, 28(2): 266~275.
- [8] 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.
- [9] 彭雪梅,刘金祥,陈兵. 渝湛高速(广东段)公路边坡早期树林化试验分析[J]. 草业与畜牧,2006(12):19~22.
- [10] 肖兴福,李文奇,常佩丽,等. 棕榈纤维垫法恢复水库岸边植被施工技术[J]. 南水北调与水利科技,2005,3(4):26~28.
- [11] 曹波,刘菊芳,孙保平. 北京市废弃矿山工程绿化技术模式研究[J]. 水土保持应用技术,2008(5):38~40.