

# 土壤生物工程在北京市琉璃河生态恢复中的应用

王颖, 高甲荣, 娄会品, 顾岚, 钱斌天

(北京林业大学 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 为了检验土壤生物工程措施在河流生态恢复中的作用,以北京市怀柔区琉璃河裸露坡岸为研究对象,针对该河段坡面的溅蚀、面蚀、沟蚀以及侧渗侵蚀等土壤侵蚀现象,采用扦插、灌丛垫、埋根和梢捆等几种土壤生物工程措施对河流岸坡进行近自然恢复。分别对施工 1 个月、4 个月、5 个月和 13 个月时毛柳 (*Salix matsudana*) 的生长特征和稳固岸坡效果进行了调查监测。结果表明,采用不同的土壤生物工程施工方法,成活的毛柳生长情况均达到较高的水平,不同土壤生物工程措施的新枝高度和基径平均分别增长到 116.9 cm 和 0.85 cm。由于施工方法不同,毛柳的生长表现出明显的差异;完工 1 个月后,各种措施毛柳的生长状况由好到差依次是:灌丛垫、埋根、梢捆;完工 4 个月、5 个月和 13 个月后,生长状况由好到差依次是:埋根、梢捆、灌丛垫、扦插。基径的生长情况与生长高度的情况遵循同样的规律。土壤生物工程施工后河溪岸坡植物快速恢复,生物多样性增加。最后总结了土壤生物工程施工后的管理防护应注意的问题。  
**关键词:** 土壤生物工程; 琉璃河; 生态恢复; 后期管理

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2011)02-0108-04

中图分类号: S714.7, X171.4

## Application of Soil Biological Engineering in Ecological Restoration of Liuli River in Beijing City

WANG Ying, GAO Jia-rong, LOU Hui-pin, GU Lan, QIAN Bin-tian

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In the suburb of Beijing City, a bare section of the river bank was selected at the Liuli River to investigate and monitor the positive effects of soil bioengineering techniques on river ecological restoration in local areas. The river bank is marked by diverse types of soil erosion including splash erosion, sheet erosion, gully erosion and seepage erosion. Several soil engineering measures such as stem cuttings, brush mattress, root burying and fascine were deployed as near-natural restoration of the river bank. The growth characteristics and bank stabilization effects of *Salix matsudana* were investigated respectively in 1, 4, 5 and 13 months after the deployment. The results indicate that *Salix matsudana* achieved a high survival rate, and the average height of the new shoot and the average root diameter reached 116.9 cm and 0.85 cm respectively. The growth of *Salix matsudana* varied considerably among the four engineering measures. Within one month after the deployment, brush mattress treatment showed the highest growth vigor, followed in order by the treatments of root burying, and then fascine. In the other three investigation times, *Salix matsudana* in the root-burying treatment showed the best growing condition and the stem-cutting treatment was the worst. The growth characteristics in terms of root diameter and new-shoot height exhibited exactly the same trend. The application of soil bioengineering techniques efficiently recovered the plants on the riverbank and increased largely the biodiversity at the same time. This paper also summarized the precautions for the riverbank management.

**Keywords:** soil bioengineering; the Liuli River; ecological restoration; final management

收稿日期: 2010-11-04

修回日期: 2011-03-04

资助项目: 国际(中国与奥地利)科技合作项目“土壤生物工程在北京市怀柔区河道生态治理中的应用”(2009DFA32490)

作者简介: 王颖(1987—),女(汉族),贵州省兴义市人,硕士研究生,研究方向为山地灾害防治工程。E-mail: xiaogouwy@163.com。

通信作者: 高甲荣(1963—),男(汉族),陕西省韩城县人,教授,研究方向为水土保持。E-mail: jiaronggao@sohu.com。

河溪是人类活动最密集的地方,河溪生态系统是流域中最具有生命力的景观形态,是流域中最理想的生境走廊<sup>[1]</sup>。对于岩石露出的山脚承冲部或者是流速缓慢的河道凹岸等不会被水流冲刷的地方,或者是非常宽阔的高河滩地等处(即受到少量冲刷的地方)都应当进行河溪的生态恢复,保存其河溪自然的形态,恢复河流的生态功能和景观功能。通过土壤生物工程措施对河流改造,达到护坡并防止冲刷的目的<sup>[2-5]</sup>。土壤生物工程是利用较为天然的材料如植物、土壤、石块等,通过有生命力的植物根、茎(枝)或整体作为结构的主体构筑坡岸,在植物群落建群和生长过程中实现加固和稳定坡岸,控制水土流失,改善河流生态环境的集成工程技术<sup>[6-10]</sup>。从16世纪开始,土壤生物工程技术由我国传到欧洲,在近30a来欧洲利用土壤生物工程对坡面的治理比较广泛,已经对土壤生物工程做了大量的研究,并且取得了巨大的成就,但该项技术在中国的发展长期处于停滞阶段,近年来才刚刚起步。土壤生物工程施工经济、简单,维护方便,在欧美、日本等国家得到了广泛的应用。本文对在不同的土壤生物工程措施下毛柳(*Salix matsudana*)的生长情况进行监测与分析,以期提出较好的适用于毛柳生长的土壤生物工程的施工方法,以及土壤生物工程施工后的管理方法,为土壤生物工程在北方地区的研究及应用提供理论与实践基础。

## 1 概况与材料

### 1.1 研究区概况

本研究的试验地点选在北京市怀柔区琉璃河河岸带。琉璃河位于北京市怀柔区,为白河支流,属于海河流域潮白河水系,全长约为8 km。怀柔区属于暖温带大陆性季风型半湿润气候,干湿冷热变化明显,夏季受到海洋性气团影响,多为偏南风,温暖湿润,冬季受到西伯利亚冷空气控制,盛行西北风,寒冷干燥;全年的日照时数约为2 748~2 873 h,无霜期150~200 d,平均气温6~12℃,年降雨量达470~850 mm。

### 1.2 材料的选择

土壤生物工程中选用植物的原则是选择易成活,方便扦插移栽,能够迅速长出根系的乔、灌木枝条和草等植物材料。一般施工的植物材料选择以当地易于成活的植物为主,在北方地区的主要研究材料有:杞柳、旱柳、垂柳、金丝柳、馒头柳、荆条、紫穗槐、榆树、水蓼、芦苇、菖蒲、白杨等。本研究中所用的主要材料是:金丝柳(*Salix alba* var. *tristis*)、毛柳(*Salix matsudana*)两种植物,通过不同的土壤生物工程进行配置。

## 2 研究方法

### 2.1 施工方法

选取琉璃河河段150 m长为实验河段,在2009年5月进行了土壤生物工程施工。由于该河岸带岩石裸露,条件极为恶劣,为了提高植物成活率,在裸露岩石上覆土约20~30 cm,为了防止流水对土壤的冲刷,在坡脚处放置断面为80 m×80 cm的铅丝笼。选取了4种土壤生物工程措施,两种植物材料。本研究主要选用的植物材料是金丝柳、毛柳两种植物材料的枝条,其种植主要有扦插、灌丛垫、梢捆、埋根、铅丝笼、抛石、压条等7种形式。

**2.1.1 铅丝笼** 在调查中发现左岸坡脚有侧渗侵蚀,如果干砌石护堤后防护的土壤被洪水冲蚀,就使得坡岸不稳定,会造成坍塌的危险。为了防止坡岸的侵蚀,在坡脚处安装铅丝笼,铅丝笼是以铅丝编织成六边形网的圆筒状的笼子,将大石块或卵石(一般都是就地取用石块)填入其中,石块或卵石的直径应大于笼子漏洞的直径。将铅丝笼沿坡面的坡度线水平方向排列,对坡脚进行保护,也称为腹笼。铅丝笼一般与扦插措施搭配,扦插植物存活后,其生长出的根系与土壤和石块联固在一起。铅丝笼的铅丝在很长一段时间后会脱落,这时候植物的根系已经能够替代铅丝的固定功能,且其间隙可以为水中生物提供避难空间。图1为铅丝笼的施工示意图。

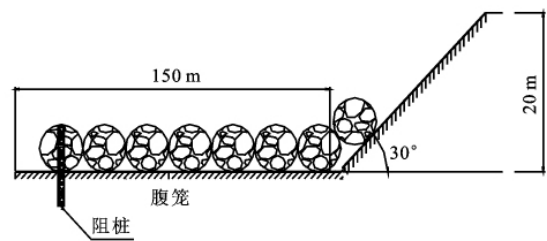


图1 铅丝笼示意图

**2.1.2 扦插** 扦插是将容易成活的植物活枝,经过一定处理后按一定角度直接插入土壤的一种土壤生物工程措施。本研究用扦插的施工方式,选取直径为1~3 cm左右,长度约为30~50 cm的毛柳枝条。毛柳的直径以3 cm,长度以40 cm左右为最适宜,与坡面大致成45°角插入坡岸土壤中,枝条上部用修剪剪刀在靠近坡面土壤处修平。枝条之间相隔约1 m左右的距离,第一列与第二列枝条交错排列,也可以将植物扦插到石块与铅丝笼的缝隙中。扦插的优点是施工简单易操作,并且经济、快速。扦插的缺点是在施工完毕后不能立即对坡面起到防护作用。

2.1.3 灌丛垫 灌丛垫是将枝条按交叉或重叠的方式贴紧土层平铺于土层间,枝条顶部向外,根部垂直埋入坡岸;植物枝条的结构是交互成层或成排列状,既可按水平或者垂直方向布设,也可按不同角度插栽。灌丛垫常与梢捆搭配使用,在坡脚处挖长为 10 m,宽 50 cm,深度为 50 cm 的槽一个,并排放置两个梢捆。

2.1.4 梢捆 梢捆是把植物活枝捆在一起,形成圆柱状的活枝捆扎束,按照水平或者垂直方向埋于坡脚,以求防护坡脚。梢捆护岸可以有效保护水位线附近的坡岸,对控制岸坡侵蚀有着立竿见影的效果,其结构可以截留土壤颗粒和稳定岸坡表面,形成有利于植物生长的小生境,从而改善自然植被生境。梢捆常应用在岸坡常水位以上的地方。

2.1.5 埋根 埋根是将植物的根部埋于土壤中,按照坡面布设,一般高于淹没水位。图 2 为整个琉璃河土壤生物工程的施工示意图。

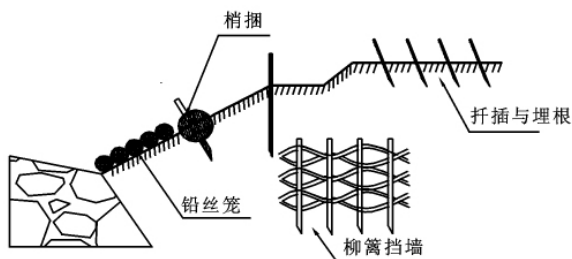


图 2 琉璃河土壤生物工程施工示意图

## 2.2 监测指标与调查方法

采用现场测量和随机挖掘的方法,对琉璃河经过土壤生物工程修复后的坡岸中毛柳的生长特性进行

全面观察,分别在完工 1 个月,完工 4 个月(2009 年 7 月),完工 5 个月(2009 年 8 月)以及完工 13 个月(2010 年 4 月)后对毛柳一个生长季度的萌芽率、萌发枝条高度和基径进行调查,对完工 3 个月后扦插枝条的成活率、生长高度和枝条基径进行监测。对新生枝条的生长情况,调查各种措施的所有植株,测定各种措施的萌芽率和成活率;对边坡植物的生长状况,采用固定样地的方法,即在土壤生物工程不同措施边坡随机设置宽度为 1 m 的样带作为固定样地,并用楔子和绳子标记出样带;调查指标有新生柳条的株数、基径和株高,以及覆盖度和植物多样性。

2.2.1 植物的生长状况 植物的生长特性及适宜性是土壤生物工程措施成功与否的重要条件。观测表明,完工初期植物材料均为没有根系和叶片的新鲜枝条。施工 1 个月后毛柳的生长情况良好,其中扦插和埋根措施下毛柳的成活率达到 98%,在完工 4 个月后植物对岸坡起到了一定的防护作用,并且达到了较好的景观效果。完工 4 个月后毛柳的成活率都达到了 95% 以上,不同的土壤生物工程措施的新枝高度和基径分别平均增长到 77 cm 和 0.56 cm。其中以埋根长势最好,完工 5 个月后调查毛柳条的成活率为 95%,新枝的高度和基径分别平均增长到 99.7 cm 和 0.73 cm。完工 13 个月后,新枝的高度和基径分别平均增长到 116.9 cm 和 0.85 cm。表 1 为不同的土壤生物工程施工方法下毛柳的生长状况。从生长情况来看,毛柳在北方地区水分条件良好的情况下,短期内就能达到一定的景观效果和改善栖息环境的效果,是一种适宜的河岸带生态修复材料。

表 1 不同土壤生物工程措施下毛柳的生长情况

施工方法	完工时间	平均生长高度/cm	高度分布范围/cm	平均基径/cm	基径分布范围/cm	测量株数/株
扦插	施工 1 个月	10.5±2.3	9~13	0.32±0.22	0.3~0.5	33
	完工 4 个月	66.9±16.8	32~140	0.53±0.23	0.3~1.3	35
	完工 5 个月	74.3±29.7	35~185	0.63±0.24	0.4~1.7	44
	完工 13 个月	91.9±30.6	40~200	0.75±0.20	0.6~2.1	70
灌丛垫	施工 1 个月	16.8±9.3	3.0~37	0.36±0.20	0.3~0.6	38
	完工 4 个月	76.1±20.1	25~147	0.55±0.32	0.3~1.7	33
	完工 5 个月	86.5±47.4	32~140	0.64±0.24	0.3~1.8	40
	完工 13 个月	129.2±61.5	39~210	0.91±0.36	0.4~1.7	78
埋根	施工 1 个月	13.9±4.4	5~18	0.32±0.24	0.2~0.5	36
	完工 4 个月	92.5±13.5	40~160	0.65±0.23	0.4~0.7	33
	完工 5 个月	142±23.6	110~185	0.89±0.28	0.6~1.3	40
	完工 13 个月	150.3±32.4	112~212	0.91±0.26	0.6~1.5	40
梢捆	施工 1 个月	12.6±5.1	7~18	0.27±0.10	0.2~0.5	32
	完工 4 个月	73.7±18.9	49~120	0.52±0.25	0.3~1.2	35
	完工 5 个月	95.7±14.3	68~120	0.74±0.29	0.6~1.0	35
	完工 13 个月	96.2±14.3	66~136	0.81±0.27	0.6~1.4	39

注:表中平均生长高度及平均基径数据为均值±标准差。

通过表 1 可以很清楚地看到,毛柳在一个生长季度的长势良好,平均高度和基径数值都在增长。完工 1 个月后,各种措施毛柳的生长状况由好到差依次是灌丛垫、埋根、梢捆;完工 4 个月、5 个月和 13 个月后,毛柳的生长状况由好到差依次是:埋根、梢捆、灌丛垫、扦插。基径的生长情况与生长高度的情况遵循同样的规律。

2.2.2 对河道坡岸栖息地的改善效果 土壤生物工程措施改善了河道的生态环境以及其它生物的生活环境。仅仅 5 个月的时间,毛柳、金丝柳以及其它物种(包括动物和其它植物)的生长创造了良好生境。没有采用土壤生物工程和其它措施的坡岸,河道虽然经过人工整治,但由于坡岸长期裸露,植被得不到恢复,造成严重的坡岸侵蚀,失去了景观功能。附图 2 为裸露坡岸和实施土壤生物工程措施坡岸的景观对比图。更重要的是土壤生物工程的造价很低,相对于生态混凝土来说,该工程施工经济、简单。生态混凝土造价大约 500 元/m<sup>2</sup>,土壤生物工程所利用的柳条造价大约为 10 元/m<sup>2</sup>。所有的费用仅为石砌驳岸的 1/10<sup>[11]</sup>。土壤生物工程措施对整个河道生态系统有着良好的影响,也为其它生物物种提供了良好的生活环境。

土壤生物工程措施有着造价低,维护方便等优点。铅丝笼的维护,一般铅丝的实用年限在 5 a 以上,石块与石块之间若没有植物覆盖的情况下应当散布上当地的土壤填满缝隙,以便植物快速生长,在其铅丝断裂之前,植物的根系已经代替铅丝具有固定石块的功能,产生的缝隙可以为鱼类提供避难场所。扦插中所用的柳树适合生长在水边,由于其生命力旺盛,所以在扦插完毕后不用加以特别的维护管理。在施工完毕降雨量不大的时候,一般采用人工浇灌。另外在柳树生长高度超过 2 m 的时候,应该将树干截断,萌芽的枝条会从截断处生长出来,截断下来的枝条也可以用于扦插,这样可以充分利用材料。灌丛垫以及梢捆应当用泥土尽量多地覆盖住枝条,用铅丝固定,生长初期进行定期人工浇灌(平均一星期 2 次),发芽后在天然状态下就能很好地生长。柳树的生长如果过分阻碍水流的时候,应该采取剪枝。埋根的维护和管理与扦插相近,应当尽量靠近水边。

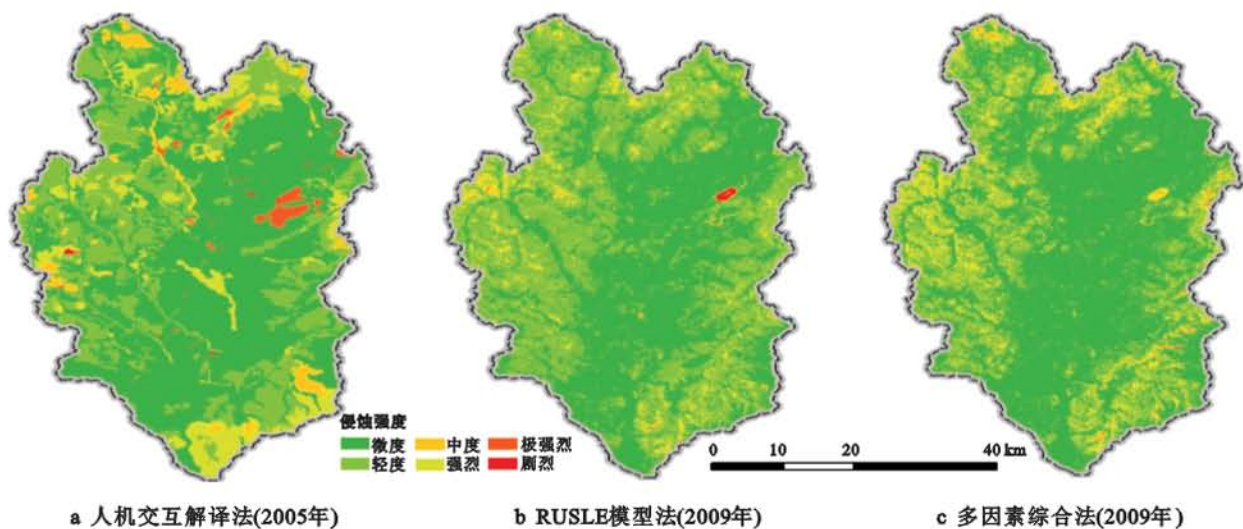
### 3 结论

本文在对琉璃河的河岸进行土壤生物工程措施

修复的过程中,对毛柳的生长情况进行了监测和调查,在施工完成 1 个月,完工 4 个月和 5 个月后毛柳的生长情况良好。在完工 4 个月后植物对岸坡起到了一定的防护作用,并且达到了较好的景观效果。不同的土壤生物工程措施新枝的平均高度和基径分别增长到 116.9 cm 和 0.85 cm。在完工 1 个月后(完工初期),毛柳的生长状况由好到差依次是灌丛垫、埋根、梢捆,而等到毛柳生长基本稳定后即在完工 4 个月、5 个月和 13 个月,其生长状况由好到差依次是:埋根、梢捆、灌丛垫、扦插。基径的生长情况与生长高度的情况遵循同样的规律。本研究认为通过植物的覆盖作用可以为河流生物提供良好的栖息环境;不同的施工方法对于植物的生长有不同的影响,其中以埋根措施下植物长势最好。对土壤生物工程施工后进行妥善的管理和维护,更能帮助植物生长。

#### [参 考 文 献]

- [1] 李小平,张利权.土壤生物工程在河道坡岸生态修复中应用与效果[J].应用生态学报,2006,17(9):1705-1710.
- [2] 李锦育,陈衍派.由近自然生态工程谈河川整治[C]//海峡两岸山地灾害与环境保育研究,2002:381-386.
- [3] 李锦育,余博滢.近自然生态工法评估指标之建立[C]//海峡两岸山地灾害与环境保育研究,2002:509-515.
- [4] 吴兆录,郑寒,刘宏茂,等.西双版纳河溪等级体系研究[J].云南大学学报,2001,23(3):231-234.
- [5] 夏继红,严忠民.国内外城市河道生态型护岸研究现状及发展趋势[J].中国水土保持,2004(3):20-21.
- [6] 王芳,高甲荣.密云水库集水区河岸生物工程措施初探[J].水土保持研究,2006,13(3):238-243.
- [7] 温存,高阳,高甲荣.河溪近自然治理技术及其评价方法[J].中国水土保持科学,2006,4(S):39-44.
- [8] 周跃.植被与侵蚀控制:坡面生态工程基本原理探索[J].应用生态学报,2000,11(2):297-300.
- [9] Allan J David. Stream Ecology, Structure and Function of Running Waters[M]. London: Chapman and Hall, 1997:305-330.
- [10] 高甲荣,刘瑛,HANS P R.土壤生物工程在北京河流生态恢复中的应用研究[J].水土保持学报,2008,22(3):152-157.
- [11] 张宇博,杨海军,王德利,等.受损河岸生态修复工程的土壤生物学评价[J].应用生态学报,2008,19(6):1374-1380.



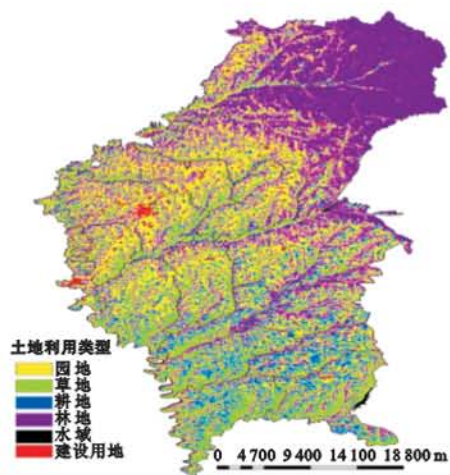
附图1 利用不同方法得到的辽宁省细河流域土壤侵蚀强度分级专题图



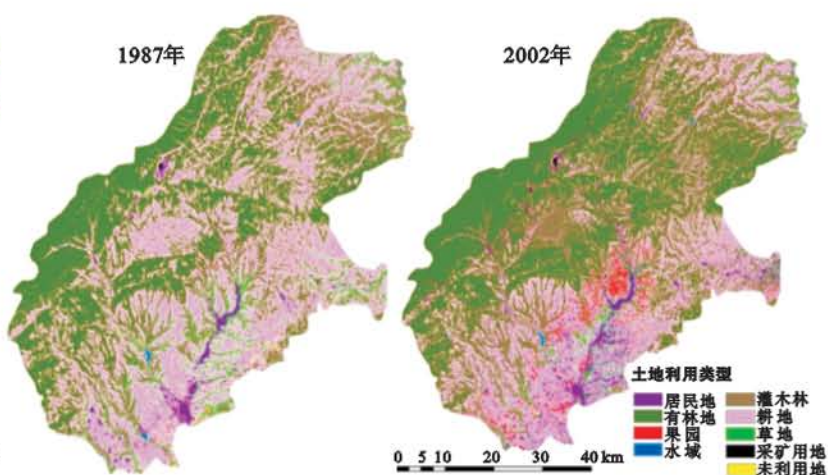
附图2 北京市琉璃河裸露坡岸(左)和实施土壤生物工程措施坡岸(右)景观对比



附图3 陕西省洛川县2000年土地利用现状图



附图4 陕西省洛川县2006年土地利用现状图



附图5 陕西省铜川市1987年与2002年土地利用分类图