

河道整治工程中灌草植物应用研究浅议

王晓亚¹, 文俭平², 蒋飞跃², 方 程¹

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100193; 2. 北京碧水源科技发展有限公司, 北京 100083)

摘要:河道边坡结构的破坏, 加剧了河坡生态环境恶化。采用生物护坡, 尤其是栽植灌木和草本, 可明显改善边坡的水土保持能力。植物发达的根系通过锚固作用和加筋作用有效地提高坡面的稳定性。种植植物可以在相对较短的时间内恢复边坡的生态功能, 增加其抗侵蚀能力。灌木和草本是用干护坡的主要植物, 现阶段用于护坡的灌草大多是根系发达、抗逆性强的植物种。不同土壤、气候条件及不同地区和地域适宜种植的灌草植物不同, 因此采用种植灌草护坡应根据当地环境条件选择适宜植物, 否则很难成功。分析阐述了植物的生态作用及护坡机理, 并总结了在河道整治工程中主要使用的部分灌草种。最后列举了一些适应我国北方地区气候环境的护坡灌草, 以期为护坡工程中灌草植物的选用提供一些建议。

关键词:河道边坡; 护坡; 灌草; 水土保持

中图分类号: X736

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2009)07-0165-08

城乡规划中, 河流、沟渠的重修, 造成河道边坡水土流失日益严重, 使得河坡原有植被类型被破坏, 出现植被的逆向退化演替趋势, 即植物种类减少, 层次结构单调, 郁闭度降低, 对河坡的生态环境和防洪功能影响很大。土壤的物理风化使裸露河坡表面土层结构疏松, 土壤环境受自然水力、重力影响而趋向劣化, 坡面土壤斑状剥蚀和冲沟侵蚀密布, 地面物质组成转为“石砾化”, 使得雨季水分的土地利用有效性降低。低郁闭度坡面在拦蓄降水、增加土壤水分渗透、延缓坡面集水成流等方面的功效降低, 低覆盖的地面在干季减轻土壤水分蒸发的功效会很低微^[1]。为了改善河道的生态环境, 提高边坡的抗冲刷和抗侵蚀能力, 在传统护坡工程的基础上还要种植植物, 进行生态护坡。

关于坡面生态恢复, 国内外做了很多研究。国外一般把生态护坡定义为: “用活的植物, 单独用植物或者植物与土木工程措施和非生命的植物材料相结合, 以减轻坡面的不稳定性 and 侵蚀”^[2]。刘秀峰等认为, 所谓“生物护坡工程”即是利用生物(主要指植物)对边坡进行植被重建, 建立一个新的植物群落, 以期达到恢复生态环境、治理水土流失之目的^[3]。此外, 还有“植被护坡”的提法, 植被护坡是利用植被涵水固土的原理稳定岩土边坡、美化生态环境的一种新技术, 涉及岩土工程、恢复生态学、植物学、土壤肥料学等多学科于一体

的综合工程技术^[4]。河道整治工程中采用植物护坡可以增加当地生物多样性, 改善土壤微生物环境, 有利于边坡生态环境的自我修复。

天然植被一般都是草木混生, 但是乔木植株高大, 由于自重对斜坡有下拉作用, 会对坡面造成扰动甚至使坡体滑塌, 不利于坡面的稳定。而且, 深根性的乔木在贫瘠土质和石质边坡上不易长期存活, 只能在水分条件好的轻沙质土上生长, 因此很难在短时间内达到稳定边坡的效果。相比之下, 灌木的株型低矮, 受强风的影响较小, 且根系发达, 涵水和固坡的能力都很强, 可以防风固沙, 封闭坡面, 防止行人和牲畜践踏或滑落发生危险。不过相对于草本其早期生长慢, 植被覆盖度低, 使整治初期的边坡土壤抗侵蚀效果不佳。草本植物生长迅速, 可以在短时间内覆盖地表, 形成的植被具有致密的地表覆盖和在表土中有繁结的草根层, 因而具有良好的防止土壤侵蚀的作用。因此, 在河道整治、植被恢复工程中宜弃乔木而采用根系发达但株型较小的灌木和草本植物, 如白三叶 *Trifolium repens*、沙蒿 *Artemisa arenaria*、荆条 *Vitex negundo*。河道边坡土质差、坡度大, 要在

收稿日期: 2008-08-06

作者简介: 王晓亚(1984-), 女, 河北沧州人, 在读硕士生, 主要从事护坡植物选育研究。

E-mail: wangxyaya@126.com

通信作者: 方程 E-mail: fangcheng@cau.edu.cn

很短时间内对裸露坡面进行快速植被恢复,使之在一定时间后达到一个新的群落稳定态,最终实现人工植物群落向自然群落演替,形成以本地野生植物为优势种的稳定群落,就必须科学地选择护坡植物。种植地的气候环境和边坡的立地条件(如坡度、常流水和季节性流水、土壤性质等)与护坡灌草种植成败密切相关,是选择适宜护坡灌草必须考虑的主要问题。为了让更多的人认识到灌草护坡的作用,也为了方便从事边坡整治工程的工作者合理选择护坡灌草,本文对灌草植物的护坡机理以及我国现阶段用于护坡的主要灌草进行了简单总结,并综合我国北方的气候环境列举了一些适宜在北方栽植的护坡灌草,以期为边坡稳定技术的研究及应用提供参考。

1 灌草植物护坡的生态作用

河道边坡环境恶化使原有生态系统受到破坏,造成河坡裸露,稳定性降低。种植灌草植物进行护坡是治理河坡环境的一个有效方法。灌草植物护坡将水、土壤、水生植物、边坡灌草及土壤微生物等有机联系起来形成一个生态系统,利用自身的生态功能来保护河坡,通过物质传递和能量循环完成自我修复。灌草植物护坡选择多种灌草混合种植,并可以在植物的生长过程中为乡土植物的繁殖生长创造条件。乡土植物与当地环境融为一体,它们的繁殖既有利于恢复河坡的植被,又可以有效营造生物多样性。

灌草植物的生长又为土壤微生物的栖息和繁殖提供条件。一般情况下,植物种植年限增加,土壤微生物的活动增强。有研究表明,5年生紫花苜蓿地土壤微生物的数量是2年生紫花苜蓿地土壤微生物数量的1~2倍^[5]。土壤微生物的活动不但可以改良护坡植物的生存条件,还可以提高河流的自净能力。

灌草植物的生长稳定着河坡,同时维持着坡面植物的生存环境,保证土壤微生物及坡面动物拥有较稳定的栖息场所,实现生态意义上的平衡,利于河坡在较短时间内实现自我恢复。

2 灌草植物的护坡机理

植被可以不同程度地控制由降雨造成的地表侵蚀,其中草本植物的作用效果更为明显。灌草

的地上枝叶及其地下根系可以截留降雨,延滞径流,增渗土壤,蒸腾雨水,保护土壤免受或少受雨水冲刷。草地上形成的径流清澈,极少携带泥沙。植被通过影响斜坡土力学和水文状况,通过不同程度地影响土壤块体运动,来加强土壤的稳定性。主要方式有根系的土壤增强作用、土层锚固作用、土壤湿度调节作用、土体支撑和拱顶作用、负重作用、根的楔劈作用和风力传递作用^[6-7]。

2.1 植物根系力学效应 植物护坡的力学效应主要包括深根的锚固作用和浅根的加筋作用^[4]。植物的垂直根系穿过坡体浅层的松散风化带,锚固到深处较稳定的砂土层上,起到预应力锚杆的作用。禾本科、豆科植物和小灌木在地下0.75~1.50 m深处有明显的土壤加固作用;植物的根系在土中错综盘结,使边坡土体在其延伸范围内成为土与草根的复合材料,浅层草根可视为带预应力的三维加筋材料,使土体强度提高。植物根可以分为3种:侧根、垂直根和须根。一般来说,植物含有垂直向下地穿过潜在剪切滑动面的强劲须根的根系越多,提高抗浅位滑坡的能力越强^[8]。根系的存在使边坡的最大拉应力、压应力、水平向应力、竖直向应力以及剪应力减小,应力减小坡面的稳定性增加。植草后的边坡,其应力最大值均小于无草边坡。从有限元的细部模型分析,根系的影响范围主要是在0~30 cm,对于距离根系比较远或者边坡深层土体,影响比较小^[9],不过对根系庞大的植物来说,土壤中单株植物的影响范围是很大的。在根对土体力的作用下植物实现了固土护坡。

2.2 植被的水文效应 植被的水文效应指其在一定程度上影响可能发生侵蚀区域的水文、土壤和小气候,具体表现为降低坡体孔隙水压力,对降雨进行截留,削弱溅蚀和控制土粒流失^[4]。植物通过吸收和蒸腾河坡土壤水分,增加土体吸力,提高土体的抗剪强度,有利于坡体的稳定。

降雨是诱发边坡滑动尤其是河道边坡倒坍的重要因素之一,边坡的失稳与坡体水压力的大小有着密切关系。部分降雨在到达坡面之前就被植被截留,然后重新蒸发到大气层或下落到坡面。下落的雨滴在打击坡面时,把动量传递给土体,产

生的分裂力使土体颗粒分离飞溅,在滴溅过程中,雨滴动量越大,撞击分裂力越大,被溅出的土粒数量也越多。植被能拦截高速下落的雨滴,减少雨滴数量、滴溅能量及飞溅的土粒。地表径流带走已被滴溅分离的土粒,进一步可引起片蚀、沟蚀。植被能够抑制地表径流并削弱雨滴溅蚀,从而控制土粒流失。通常情况下,土体的流失量随植被覆盖率的增加呈指数关系降低。降雨后河道的斜坡土壤吸收大量的水,吸水后的土极易在重力作用下流动^[10]。暴雨的冲蚀还使得河坡土壤中的铜、铅、锌等对河内生物如鱼类、藻类有毒的物质随水流混入到河水中,破坏水体生态系统^[11]。植物的存在可以明显增加斜坡的抗侵蚀能力,而且在一定范围内随植物条带宽度的增加,流沙的浓度降低,斜坡的抗侵蚀能力增加^[12-13]。

3 护坡灌草的选择

河流改道、河道重修等施工导致边坡原有植被破坏,新形成的植物立地条件较差,坡度较陡,沿线地层、水文以及气候特征等因素变化较大。不加选择随意种植植物进行护坡很难收到理想固坡成效。因此,护坡植物的选择非常重要。选择护坡灌草时应注意以下几方面:首先,在自然状态下,品种单一的草种生长力较弱,极易退化和消亡,不能起到固土防冲刷的保护效果。大量的研究和工程实践表明,在河道边坡植被恢复中使用单一的植物种类,容易造成植被退化,多品种和多类型的草种组合利于边坡植被群落的稳定。尽管多样化会使得个别种更脆弱,但研究人员认为,某一特定种受伤害,多样性的生态系统生产力的总体却不一定受损害,因为一些根系深或贮水能力强的种会取代抗性差的种^[14]。增加物种的丰富度会同时增加生态功能的多样性,从而使生态系统稳定性提高^[15]。不单单是边坡治理,植物混播适用于很多方面,例如,在高寒牧区混合播种苜蓿 *Medicago sativa* 和老芒麦 *Elymus sibiricus* 等植物建植人工草地^[16]。

其次,要充分利用乡土植物。乡土植物是经过长期进化、自然选择的结果,能适应当地的气候和环境,十分有利于恢复和重建河道边坡植被。乡土种更适合当地的生境,其繁殖和传播力强,易

于与当地残存的天然群落结合成更大的景观单位,从而实现各种生物的协调发展^[17]。

再次,植物群落有其自身的演替规律,植物组合配置时要考虑先锋植物、中期植物和目标植物的搭配^[17]。先锋植物,多为禾本科草本植物,早期生长迅速,在相对较早的时期即可恢复植被,固土防冲刷。中期植物,多为豆科固氮植物和速生灌木,在随后的生长中能够初步形成草灌结合的立体生态系统。目标植物为常绿灌木和乡土植物。先锋植物和中期植物在坡面建坪早期保持水土,改善土壤,为目标植物的生长繁殖创造条件。目标植物能够形成较为稳定的草灌结合、灌木为主的立体生态系统,进行植物群落的自我营养循环和自我繁衍,实现边坡生态防护的低养护,并可以达到长期稳定的生态平衡。

另外,还要根据种植地点合理搭配灌草类群。例如,很高的河坡,坡脚与坡顶的土壤肥力水分等条件不尽相同,坡体上下种植灌草种也应不同。河流冲刷和水位上涨使得坡脚土壤湿度增大,一般植物容易烂根。坡顶位置则由于土壤干旱缺水使得植株难以成活。这样一来,河坡容易形成“腰带式”景观,即坡体中部植株生长良好,上下部位光秃裸露。因此河道边坡坡脚位置宜种植水生植物或较耐淹抗湿的灌草,坡顶位置则宜种植抗旱性好的灌草。

目前选择护坡灌草时应结合浅根植物和深根植物、豆科和禾本科植物、冷季和暖季草种、耐淹和抗旱植物等,进行有机混合种植。表 1 是在一些护坡实例中用到的灌草。

由表 1 可以看出,在护坡实例中极少出现单植一种植物的情况,多种灌草综合配置容易实现空间和时间上的立体护坡。护坡工程选用的灌草种子或营养体都获得方便,成本合理。用于护坡的灌木和草本植物都是地上部较矮,具有发达的根系,生长迅速,能在短期内覆盖坡面,发达的根系能与土壤形成盘综错结的立体结构,从而提高土体强度,增加边坡稳定性。护坡灌草大都抗逆性较好,能够适应很差的生长基质和种植环境,可以适应粗放管理,能生产适量种子。抗逆性差但

表 1 常用护坡工程灌草

序号	植物名称	生长习性 & 适用方式	适应种植地区	应用的工程或地点举例
1	高羊茅 <i>Festuca elata</i>	既耐干旱又抗潮湿,是冷季草种较耐高温的草种;主要的混播草种	我国大部分地区	北京市人民渠的边坡,混播草种之一 ^[18]
2	结缕草 <i>Zoysia japonica</i>	抗干旱、耐高温、耐瘠薄、耐水淹,有生长繁茂的地上匍匐茎和地下根茎,整个根系盘根絮结,极易形成草皮层;可用于混播	温暖气候地区	上海市浦东新区东南部的机场镇,与杞柳等混植 ^[19]
3	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	有较长的生活年限和很强的适应能力,有地下茎和地上匍匐茎可迅速繁殖增生	我国长江以南地区及西南部分地区	上海市南汇五灶港,与假俭草、高羊茅等混播 ^[20]
4	百喜草 <i>Paspalum notatum</i>	具匍匐性,耐高温、耐干旱,根系发达,扎根深;主要用于深层防护	亚热带气候区	昆明九乡喀斯特地区,与香根草混播 ^[21] ;佛冈,辖北江大堤,与黑麦草混播 ^[22]
5	芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>	根系发达,须根较多,能有效地固结土壤、拦截地表径流,种子易发芽,繁殖能力强	我国西部及其它贫瘠地区	黄土高原西部宁夏固原荒地、大坝等地,与柠条等灌木混植 ^[23]
6	杞柳 <i>Salix integra</i>	喜肥水,抗雨涝,主根少而深,发达的主根可深达 1~2 m,侧根比较发达;是固堤护岸的良好灌木,在上层深厚的砂壤土和沟渠边坡地生长最好	主要在北方,也可用在南方	上海市浦东新区东南部的机场镇,与结缕草等混植 ^[19]
7	早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	抗寒性很强,根、茎、芽多,再生力强;适合混播,以延长坡面绿期	可在寒冷地区生长	桦甸大堤护坡植物之一
8	剪股颖 <i>Agrostis stolonifera</i>	能够忍受部分遮荫,有能力从节上长出新根和茎的强壮匍匐茎;可与建坪快的冷季型草坪草混播	能适应寒冷潮湿地区	辽河大堤护坡植物之一
9	多年生黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	绿期长,再生性强,但耐寒、耐热、耐旱、耐瘠薄能力稍差,可用作混播,所占比例不宜很大	是北方南部及长江沿线地区非常重要的草种	佛冈县辖北江大堤,与百喜草混播 ^[22]
10	香根草 <i>Vetiveria zizanioides</i>	根系极其发达,初期生长迅速;用于植物篱护坡	多用于我国南方	昆明九乡喀斯特地区,与百喜草混植 ^[21]
11	柠条 <i>Caragana korshinskii</i>	落叶灌木,根系发达,3~4 年生,主根长达 4 m,根幅直径 3 m 以上,再生能力强,不耐荫,耐瘠薄,耐干旱高温,抗严寒,不怕沙埋;作为混播灌草种之一	适于黄土区的各种土地类型带,从森林草原黑钙土地带到干草原淡栗钙土草原地带,以及沙土地带均有分布	鄂尔多斯市乌审旗无定河

具有特殊功效的植物种,如多年生黑麦草作为混播灌草种之一可起到延长绿期的作用,但由于其抗逆性差在混播时占的比例不宜太大。

4 我国北方河道护坡灌草的选择

我国北方地区与南方相比气温低,降水少,因此要选用抗旱性好的冷季型灌草植物。具体到某地,选择灌草种时,应根据河道的具体位置、当地的气候、地貌、水流状况和土壤等生境特点,按照适地适草的原则,因地制宜,选择适当的植物种。

4.1 坡面种植灌草的选择

4.1.1 <25°坡面 这类坡面地势较缓,护坡工程要做到坡面径流最大限度地就地蓄渗、就地利用,提高土壤含水量,增加土地抗旱能力,为护坡植物的更好生长创造环境。种植护坡灌草时通常是直接在缓坡地撒播种子,也在坡地的沿等高线挖浅沟或鱼鳞沟,灌木和草本植物间行种植,营造等高灌草带。我国北方可种植的灌草有紫穗槐 *Amorpha fruticosa*、怪柳 *Tamarix chinensis*、乌柳 *Scheilophila*、柠条、黄花菜 *Hemerocallis citrina*、老芒麦、苜蓿等(表2)。

4.1.2 >25°坡面 >25°的陡坡面,面蚀强烈,一些流域的坡面已由面蚀发展成为浅沟、切沟侵蚀,崩塌、滑坡、泻溜等重力侵蚀严重^[24]。因此不易种植乔木和大灌木。应选择根系发达、速生型的草本植物种及质地较细软的矮生灌木,北方常用的此类植物包括高羊茅、苜蓿、冷蒿 *A. frigida*、白三叶(耐寒品种)、沙蒿、老芒麦等。

4.2 河道治滩栽植灌草的选择

表2 我国北方各地等高灌草带植物

地区	东北	西北	华北
灌木	怪柳、胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> 、杞柳、桑条 <i>Morus alba</i> 、紫穗槐	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i> 、驼绒藜 <i>Ceratoides latens</i> 、胡枝子、柠条、枸杞 <i>Lycium chinense</i> 、紫穗槐	柠条、荆条、怪柳、杞柳、金银木 <i>Lonicera maackii</i> 、紫穗槐
草本植物	紫花苜蓿 <i>Medicago falcate</i> 、老芒麦、羊草 <i>Leymus chinensis</i> 、沙打旺 <i>Atragalus huangheensis</i> 、芨芨草、黄花菜	紫花苜蓿、芨芨草、沙打旺、小冠花 <i>Coronilla varia</i> 、红豆草 <i>Onobrychis viciaefolia</i> 、披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> 、草木樨 <i>Melilotus officinalis</i>	紫花苜蓿、芨芨草、沙打旺、小冠花、红豆草、狗尾草、白三叶(选耐寒品种)

作用,使河床形成凹岸和凸岸。治滩工程要在凸岸新淤沙滩营造护岸固滩,以缓流挂淤,抬高滩地,固定河床。在栽植挂淤植物带时,灌草的栽植行方向应与水流方向呈30°~40°夹角^[24]。北方固滩挂淤植物带常用的有旱柳 *Salix matsudana* 和芑茅 *Miscanthus floridulus* 混交,旱柳株行距为1 m×2 m,旱柳行间栽植4行,组成草带,为了利于挂淤,乔木旱柳应按灌木经营。旱柳与紫穗槐或杞柳混交也可用作固滩挂淤。

4.3 其它立地类型护坡灌草的选择 科学选择护坡灌草还要考虑其它影响因素,如坡面向阳情况、常流水和季节性流水、土壤性质等。河坡的向阳地段接受太阳辐射能多于背阴地段,温度状况比背阴地段好,但水分状况比背阴地段差。因此,向阳地段与背阴地段植物群落是不同的,选择护坡灌草时要考虑植物的喜阳和喜阴的习性。北方地区向阳地段适宜栽植的护坡灌草有荆条、枸杞、黄芩 *Scutellaria baicalensis*、冬凌草 *Rabdosia rubescens*、胡枝子、甘草 *Glycyrrhiza uralensis*、火棘 *Pyracantha fortuneana* 等;山茱萸 *Cornus officinalis*、翅果油树 *Elaeagnus mollis*、麻黄 *Ephedra tourn*、鸡脚草 *Dactylis glomerata* 等耐荫的灌草可用在河道背阴地段。常年流水河道植物繁茂可以形成较好的自然景观,但有些地段土壤基质湿度大,应选择抗湿性好的植物种,如蜈蚣草 *Pteris vittata*、水烛 *Typha angustifolia*。季节性河流几乎每年都有一定枯水期,选择的灌草种还要有一定的抗旱性。不同的土壤基质适宜生

长不同的植物。可在沙质土壤上生长的护坡植物有沙打旺、沙毛叶苕子 *Vicia villosa*、草木樨、芨芨草、沙蒿、沙米 *Agriophyllum squarrosum*、披碱草、红豆草、连翘 *Forsythia suspense*、月见草 *Oenothera erythrosepala*、柠条等。可在盐碱质土壤生长的护坡植物有苏丹草 *Sorghum sudanense*、羊草、毛叶苕子、弯穗鹅冠草 *Roegneria semi-*

costata、甘草等。

不同的植物有不同的生物学特性,对于生长条件的要求也各不相同。在不同立地类型下栽植护坡灌草,必须根据具体条件选择适宜植物种,这对提高水土保持效益是很重要的。表 3 是我国北方各立地类型、土壤条件适宜的灌草种的配置。

表 3 北方各立地类型、土壤条件灌草种配置

立地类型	适宜种植的护坡灌草
堤防坝坡	小冠花、黄花菜、冰草 <i>Agropyron cristatum</i> 、结缕草、菅草 <i>Themeda villosa</i> 、地毯草 <i>Axonopus compressus</i> 、狗牙根、早熟禾、小糠草 <i>A. alba</i> 、野牛草 <i>Buchloe dactyloides</i> 、弯穗鹅冠草、马兰 <i>Kalimeris indica</i> 、柺柳、胡枝子、杞柳、紫穗槐、白草 <i>Pennisetum centrasiatricum</i> 、芨芨草、沙生冰草 <i>A. desertorum</i> 、冷地早熟禾、紫花苜蓿
河滩、河岸	芦苇 <i>Phragmites australis</i> 、田菁 <i>Sesbania cannabina</i> 、黄花菜、小米草 <i>Euphrasia regelii</i> 、芑茅、冰草、水烛、马兰、杞柳、紫穗槐、月见草、紫花苜蓿
常流水河道	黑麦草、无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i> 、早熟禾、冰草、白三叶、红三叶 <i>T. pratense</i> 、草木樨、芦苇、荠菜 <i>Capsella bursapastoris</i> 、酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i> 、雪见草 <i>Solvvia plebeia</i> 、雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i> 、白茅 <i>Imperata cylindrica</i> 、马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i> 、垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i> 、牛鞭草 <i>Hemarthria altissima</i> 、黄花菜、冬凌草、沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>
季节性河流河道	沙棘、沙打旺、枸杞、紫花苜蓿、荠菜、雪见草、雀稗、白茅、垂盆草、牛鞭草、狗尾草 <i>Setaria viridis</i> 、马唐、雀稗、兰茎冰草 <i>A. smithii</i> 、偃麦草 <i>Elytrigia repen</i> 、芨芨草、冬凌草
盐碱地(含盐量 0.1%~0.2%)	野大豆 <i>Glycine soja</i> 、小冠花、白草、无芒雀麦、黄花菜、偃麦草、弯穗鹅冠草、野豌豆 <i>V. sativa</i> 、冰草、芨芨草
盐碱地(含盐量 0.2%~0.4%)	苏丹草、紫花苜蓿、沙打旺、苇状羊茅、草木樨、羊草、毛叶苕子、弯穗鹅冠草、甘草、野豌豆、红三叶、田菁、偃麦草
盐碱地(含盐量 0.4%~0.8%)	芦苇、大米草 <i>Spartina anglica</i> 、沙蒿、碱茅 <i>Puccinellia tenuiflora</i> 、小蜡 <i>Ligustrum sinense</i> 、田菁、芨芨草、木地肤 <i>Kochia prostrate</i> 、沙棘
黄土及一般土壤	红三叶、白三叶、苜蓿、草木樨、野豌豆、红豆草、黑麦草、羊草、苏丹草、弯穗鹅冠草、苇状羊茅、鸡脚草、无芒雀麦、翅果油树
冲积土	苏丹草、黑麦草、鸡脚草、白三叶、红三叶
低湿土	芦苇、稗 <i>Echinochloa crusgalli</i> 、冰草、水烛、马兰、杞柳、紫穗槐
沙质土壤	紫花苜蓿、沙打旺、白草、小冠花、鸡脚草、沙毛叶苕子、草木樨、芨芨草、沙蒿、沙米、无芒雀麦、披碱草、红豆草、连翘、月见草、柠条、白刺 <i>Nitraria tangutorum</i> 、麻黄
流沙地	沙打旺、沙蒿、芨芨草、三芒草 <i>Aristida adscensionis</i> 、蔓荆 <i>Vitex trifolia</i> 、柠条、白刺
向阳地段	荆条、枸杞、黄芩、冬凌草、连翘、白檀 <i>Symplocos paniculata</i> 、月见草、胡枝子、甘草、火棘、紫花苜蓿、草木樨
背阴地段	假俭草 <i>Eremochloa ophiuroides</i> 、山茱萸、翅果油树、麻黄、紫花苜蓿、草木樨、鸡脚草

5 问题与展望

前些年人们主要采用石灰等堆砌材料进行护坡,随着岁月的增加这些材料逐渐损坏剥落,变成河道垃圾,而且这种封闭的边坡不利于生态循环。以种植灌草为主的护坡方式不但产生了明显的护坡效果,而且在生态及景观方面表现出绝对优势。不过在确定护坡方式时,考虑护坡满足生态需求的同时不能因此而削弱其防洪功能,毕竟边坡的防洪功能才是主导功能。我国一些地区已经开始使用灌木和草本植物进行护坡,并收到一定成效。但是无论哪种护坡方式,使污染的河道和退化的边坡恢复到以前的样子都需要好几年的时间。灌草护坡对河道边坡的改良作用主要体现在改善边坡生态环境和提高坡面稳定性上。另外,灌草生态护坡的建设还要适应我国自然条件和经济社会发展的需要。

待整治的河道砂石边坡本身不具备植被赖以生长的土壤、水分等条件,因此选择合适的灌草植物并采用正确的、科学的种植技术和后期管理很重要。边坡人工群落建群种应具有生长迅速、早期侵占性强、抗旱、耐贫瘠和覆盖性好同时能与其它植物共生等特点。实践中,100%郁闭度很难达到。现实可行的一些边坡改良理念是,不盲目追求近期植草覆盖率,而在局部植物能生长的区域提供充足条件,使之在最短的时间内恢复到与周边的植物群落协调一致。

选择植物时不能只注重其是否具有好的护坡功能,还要考察其是否会成为入侵植物。若在某地一些植物不是本地物种,它们的出现可能给当地生态系统带来危害,这些植物就应被列为外来入侵物种。例如,播娘蒿、灰绿藜和荠菜在全国范围内普遍分布,但在青藏高原高寒草甸却很少见,现在,它们在青藏高原高寒草甸生态系统中出现并可能产生危害,就应被确定为当地的入侵种^[25]。入侵植物对生态环境的负面影响远远超过其正面作用。一般来讲各种退化地区理想的恢复应该全部使用乡土种,并且要在恢复过程中管理、监测和评估外来种的入侵。外来种的入侵有可能取代当地植被,使当地植被消失,从而改变原有生态系统,这是生态恢复应该给以特别关注

的^[26-27]。

护坡工程中一般采用人工撒播、栽植灌草进行护坡。人工种草施工简单、造价低廉,不过由于人工撒播容易造成种子落地不均匀,使得出苗情况参差不齐最终导致覆盖度不高。而且,有些地区坡度较大,岩石坚硬,人工种植难以进行。只有把人工种草与工程护坡技术联系起来,才能更有效地实现河道护坡。

参考文献

- [1] Hu B, Duang C Q, Wang Z H, *et al*. Effect of vegetation rehabilitation measures on soil fertility and soil enzymatic activity in degraded ecosystem [J]. *Acta Pedologica-Sinica*, 2002, 39(4): 604-608.
- [2] Coppin N J, Richards I G. Use of vegetation in civil engineering [M]. CIRIA; Butterworths, 1990.
- [3] 刘秀峰,唐成斌.高等级公路生物护坡工程模式设计[J]. *四川草原*, 2001(1): 40-43.
- [4] 周德培,张俊云.植被护坡工程技术[M].北京:人民交通出版社, 2003.
- [5] 杨恒山,张庆国.不同生长年限紫花苜蓿根系及其土壤微生物的分布[J]. *草业科学*, 2007, 24(11): 38-41.
- [6] Morgan R R C, Rickson R J. Slope Stabilization and Erosion Control-A Bioengineering Approach [M]. London: E & EN Spon., 1995.
- [7] Nordin A R. Eco-engineering Practices in Malaysia. Ph.D. Thesis [M]. Glasgow: University of Newcastle upon Tyne, 1995.
- [8] 胡利文,陈汉宁.锚固三维网生态防护理论及其在边坡工程中的应用[J]. *水运工程*, 2003(4): 13-15.
- [9] 张谢东,石明强.公路边坡植物根系固土的力学分析研究[J]. *交通科技*, 2008, 226(1): 50-52.
- [10] Piguet Pascal, Aurèle Parriaux, Michaël Bensimon. The diffuse infiltration of road runoff: An environmental improvement [J]. *Science of the total environment*, 2008(2): 1-11.
- [11] Kayhaniana M, Stranskyb C. Toxicity of urban highway runoff with respect to storm duration [J]. *Science of the total environment*, 2008, 389: 386-406.
- [12] McIntosh Peter, Mike Laffan. Soil erodibility and erosion hazard: Extending these cornerstone soil conservation concepts to headwater streams in the

- forestry estate in Tasmania[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 220, 128-139.
- [13] Deletic Ana. Sediment transport in urban runoff over grassed areas[J]. Journal of Hydrology, 2005, 301, 108-122.
- [14] Palmer M A, Ambrose R F. Ecological theory and community restoration ecology[J]. Restoration Ecology, 1997, 5(4): 291-300.
- [15] Tilman D. Biodiversity: population versus ecosystem stability[J]. Ecology, 1996, 77, 320-328.
- [16] 潘正武, 卓玉璞. 高寒牧区多年生人工草地混播组合试验[J]. 草业科学, 2007, 24(11): 38-41.
- [17] 谭少华, 汪益敏. 高速公路边坡生态防护技术研究进展与思考[J]. 水土保持研究, 2004(9): 81-84.
- [18] 赵方莹, 逢红. 城市河渠生态护坡技术效益对比——以北京市新开渠为例[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(12): 67-70.
- [19] 赵广琦, 崔心红. 植物护坡及其生态效应研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(6): 60-64.
- [20] 林发永, 翁明华. 上海市南汇五灶港绿化混凝土生态护坡试验[J]. 中国水利水电, 2006(8): 122-124.
- [21] 黄波, 张秀川, 许毅涛. 应用植物篱生态技术治理强风化岩质边坡研究[J]. 云南环境科学, 2004, 23(4): 14-17.
- [22] 周利民, 林新明, 邓岚. 水土保持边坡固化植草技术研究[J]. 水土保持通报, 2006, 226(6): 92-94.
- [23] 程积民, 万惠娥, 王静, 等. 芨芨草在黄土边坡治理中的应用效果[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(9): 13-18.
- [24] 吴发启. 水土保持学概论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [25] 李文靖, 张堰铭. 海北站周围 3 种外来物种入侵状况的初步研究[J]. 草业科学, 2007, 24(11): 38-41.
- [26] 马世骏. 现代生态学透视[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 51-135.
- [27] Milton S J. Rethinking ecological rehabilitation in arid and winter rainfall regions of southern Africa[J]. South-African Journal of Science, 2001, 97, 1-2, 14, 47-48.

Discussion on usage of shrub and herbaceous plant in river slope regulation project

WANG Xiao^{ya}¹, WEN Jian^{ping}, JIANG Fei^{yue}², FANG Cheng¹

(1. Institute of Grassland Research, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Beijing Origin Water Technology Incorporation Company, Beijing 100083, China)

Abstract: The river slope environment was deteriorated by the ruin of the river slope. Using biologic ways could improve the water and soil conservation capacity of the slop, especially through planting shrub and herbaceous plants. The developed roots of plants effectively enhanced the stability of the slope through anchoring and reinforcement effect. Planting could restore the ecological functions of the slope and increase their erosion resistance ability in the relatively short period of time. Shrubs and herbs were the main plants for slope protection, and plants with the developed roots and strong resistance were usually used at present. Different soil, climatic conditions and different geographical areas were suitable for different shrub and herbaceous plant to grow, so local environmental conditions must be considered when choosing suitable plants for slope protection. If not, it would be very difficult to succeed. This paper expatiated ecology effect and slope protection mechanism of plant. It also summarized staple shrub and herbaceous plants used for river slope regulation project. Lastly, it cited a number of vegetation could be used to protect slope in northern China, and expected to make suggestions for the selection of shrub and herbaceous plants in slope protection project.

Key words: river slope; slop protection; shrub and herbaceous plant; soil and water conservation