碎石填方坡面乔灌草植物群落构建方法的实验研究

齐藤诚[1], 顾 卫[1], 余海龙[2], 邵 琪[1], 陈述悦[1], 刘 杨[3]
(1. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;
2. 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021; 3. 河北科信岩土坡面生态工程有限公司, 河北 保定 072550)

摘 要: 碎石填方边坡是山区公路常见的一种坡面类型。表层为以碎石为主的土石混合体, 土壤含量极少甚至没有, 立地条件恶劣, 导致坡面植被恢复非常困难。针对这一难题, 以北京市门头沟区百花山旅游公路 11 km 处的 45°碎石填方边坡为研究对象, 采用"客土+保育块苗移栽"技术, 在坡面上重建了乔灌草植物群落。施工 4 a 后, 坡面草本植物群落的总覆盖度约为 50%, 平均高度约为 40 cm; 坡面木本植物生长状况良好, 主根粗壮、根系发达且已深入碎石缝隙之中, 其中山桃保育块苗的成活率为 78%, 高度为 82 cm, 地径为 7.9 mm。实验结果表明, 该方法可以在比较陡峭的碎石覆盖边坡上有效地构建乔灌草植物群落。

关键词: 山区公路; 碎石填方坡面; 保育块技术; 乔灌草; 根系
文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(2011)04-0140-06 中图分类号: S151

Tree—Shrub—Herb Community Construction Methods of Rockfill Slope

SAITO Makoto[1], GU Wei[1], YU Hai-long[2], SHAO Qi[1], CHEN Shu-yue[1], LIU Yang[3]
(1. *State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*; 2. *College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*; 3. *Hebei Kexin Rocky Soil Slope Ecological Engineering Co. Ltd., Baoding, Hebei* 072550, *China*)

Abstract: Rockfill slope is a common slope type on mountain roads with surface layer consisting of different sizes of broken rocks but little soil, this poor site condition brings great difficulty to the vegetation restoration. To solve this problem, the tree—shrub—herb community was constructed using the nursery block and soil spray-sowing technique. Taking the 45° rockfill slope at the 11 km of Baihuashan tourism road in Mentougou, Beijing City as an example, the coverage of herbaceous plants was around 50%, and the average height was 40 cm four years later after the technique was use. Meanwhile, the woody plants grew well with sturdy taproots and strong lateral roots penetrating into rock cracks, and the survival rate of *Prunus davidiana* was 78% with the height of 82 cm and the ground diameter of 7.9 mm. The results showed that the tree—shrub—herb community could be successfully constructed on relatively steep rockfill slopes by using this technique.

Keywords: mountain roads; rockfill slopes; nursery block technique; tree—shrub—herb community; root structure

山区公路常采用半挖半填的方式修筑, 其基本特点是以挖作填, 因而产生了部分为路堑、部分为路堤的路基。路堑一侧为挖方坡面, 坡面物质多为山体开挖后暴露出来的大块或完整的岩石; 路堤一侧为填方坡面, 坡面物质多是开挖出来的碎石和土的混合体。如果用于回填的石料级配较差, 粒径大小不一, 则填方边坡表面的石料之间会出现较大的空隙, 这些空隙不仅会加大雨水对坡面的冲刷破坏, 也会给坡面植被恢复带来很大的困难。

由于资金、技术等方面的原因, 山区公路在修建后并没有及时实施坡面生态恢复与治理工程, 大部分的边坡仍然处于岩石裸露的状态。这不仅极大地损坏了山区自然景观的完整性和山区生态系统的连续性, 还给山区公路安全保障带来隐患。如何研发适用于山区公路坡面植被恢复与重建的新技术, 成为山区公路生态建设急需解决的难题。

山区公路边坡植被恢复困难主要表现为: 一是立地条件恶劣, 不论是挖方边坡还是填方边坡, 基本没

收稿日期: 2010-04-13 修回日期: 2010-12-29
资助项目: 国家自然科学基金项目"我国北方地区岩质工程创面生态恢复机理与方法的实验研究"(30870467); 北京市自然科学基金项目(8073029); 交通部西部交通建设科技项目(200631800087)
作者简介: 齐藤诚(1981—), 男, 日本千叶县人, 博士研究生, 主要研究方向为生态恢复与重建技术。E-mail: getpannda@hotmail.com。
通信作者: 顾卫(1956—), 男(汉族), 吉林省长春市人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为路域生态恢复与重建技术。E-mail: weigu@bnu.edu.cn。

有土被或覆土极少, 坡面保水性差, 不具备植物生存的基本条件; 二是现有的播种和移栽等植物群落构建方法不适用于山区岩质边坡, 成活率低、生长速度慢。山区公路坡面植被恢复的首选物种为乔木或灌木, 在无土或少土的坡面上直播乔灌木种子显然是不行的, 使用乔木或灌木幼苗进行移栽的话, 需要使用根系没有受到伤害的、主根强壮的苗木, 这种苗木的根系发育迅速, 能深入到岩石缝隙之中, 而目前常用的裸根苗、容器苗、土球苗等苗木根系不是主根被切断, 就是根系已出现缠绕, 难以在立地条件恶劣的岩石坡面存活。

针对以上困难, 日本山地绿化专家山寺喜成博士于 2002 年开发出了育苗与移植新技术 ——保育块技术[1-3]。这种技术培育的苗木主根强壮无损伤、须根少但较粗, 移植后 1 周左右主根就可迅速扎进坡面土壤并向垂直方向伸展, 比较粗壮的须根也能迅速向坡面方向延伸并在坡面土壤层中形成网络状, 使木本植物能在更恶劣的立地条件下生存, 避免了传统移栽, 扦插所产生的主根不发育, 须根发育, 树木的重量全靠须根支撑等问题[4]。保育块技术在 2005 年被引入中国后, 先后在河南省、北京市、吉林省和内蒙自治区进行了现场实验, 获得了比较理想的植被恢复效果。本研究利用保育块技术与客土技术相结合, 在北京市百花山旅游公路碎石填方坡面上开展了以乔木和灌木为主的乔灌草植物群落构建方法的实验研究。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

实验地点位于北京市门头沟区百花山旅游公路 11 km 处(39°50′N, 115°33′E, 海拔为 980 m)。实验边坡为碎石填方坡面, 边坡面积为 4 929 m^2, 横向坡长 380 m, 纵向坡长最大 53 m, 最小 19 m, 平均 39 m。坡面朝向为南偏西 15°(阳坡), 最大坡度 40°~ 45°, 平均坡度 30°~ 35°。边坡表面物质除了东侧的一部分为碎石和弃土(土壤母质)混合物之外, 其余均为火山岩碎石所覆盖, 石块大小不一, 直径最大的约有 1 m, 较小的有 20~ 30 cm, 因此坡面凹凸不平, 多空隙。

百花山地处北京市西侧, 主峰海拔 1 991 m, 是北京市自然保护区和著名的观光胜地。区内动、植物资源丰富, 有 100 科 365 属 707 种植物(含维管束植物)。其中, 国家级保护植物及北京市珍稀濒危植物共 22 种[5]。百花山属于暖温带半湿润大陆性季风气候区, 年平均气温为 6~ 7 ℃, 年降水量 720 mm, 雨量集中在 6—8 月, 植物生长期为 5—10 月, 春季干旱多风, 冬季寒冷干燥。自然土壤为山地淋溶褐土, 自然植被以次生林为主, 主要植物种类有山杏(*Prunus sibirica*)、黄栌(*Cotinus coggyria*)、荆条(*Virex negundo*)、绣线菊(*Spiraea trilobata*)等。

1.2　实验方法

由于实验边坡全部被碎石所覆盖, 因此坡面土壤层的恢复采用客土技术进行, 先用客土回填填满坡面碎石之间的缝隙, 然后再用喷射的方法将客土与秸秆堆肥、有机肥、黏合剂、保水剂等的混合物喷射到坡面上, 形成厚度为 7 cm 左右的客土层。客土取自邻近地区的土山, 土质为山地淋溶褐土。

坡面植物群落的构建采用播种和移植方法进行, 即将草本植物种子混合在客土内喷射在坡面上, 使施工当面坡面上能形成草本植物群落, 以保证边坡土壤抗蚀性。在草本植被层恢复后, 于施工后第 2 a 再采用保育块技术移植乔灌木幼苗。

考虑到百花山的自然景观特征、坡面的立地条件以及公路边坡防护对植物物种的要求, 着重选择根系发达、耐旱耐贫瘠、生长迅速的物种来构建以灌木和矮乔木为主、草本为辅的人工植物群落。灌木和矮乔木种类有: 胡枝子(*Lespedeza bicolor*), 榆树(*Uimus pumila*), 山杏, 山桃(*Prunus davidiana*)等; 草本种类有紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、老芒麦(*Elymus sibiricus*)、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、紫茉莉(*Mirabilis jalapa*)、波斯菊(*Cosmos bipinnatus*)等。草本植物的植物播种量为 2 000 粒/m^2, 灌木和矮乔木幼苗移植密度为 0.5~ 1.0 株/m^2。另外为进行对比保育块苗的生长效果, 在 2007 年 6 月将 20 棵山杏土球苗(第 2 a 生, 高度为 60~ 80 cm, 土球的体积为 5 L)移栽在坡面下部, 在 2008 年 4 月将 200 棵山杏裸根苗(第 2 a 生, 高度为 25~ 30 cm, 根系长度约 10 cm)移栽在坡面上部。

1.3　施工过程

坡面植被恢复实验施工在 2006 年 6 月 1 日开始并于 7 月 10 日结束, 施工过程分为坡面处理、客土回填与喷播、覆盖保墒等 3 个部分, 施工后第 2 a 即 2007 年 6 月 25 日完成了保育块苗移植, 所用的保育块苗在苗圃经过为期 3 个月的培育, 株高基本上在 15~ 20 cm 左右。施工结束后根据天气降雨状况不定期地对坡面进行浇水管护。

1.4　调查内容及方法

为了解施工后坡面植被恢复状况, 准确把握植物群落的生长变化特征, 在实验边坡上设置了 9 个样点, 分别位于 3 个不同水平位置和 3 个不同的高度, 并在 2006 年 9 月 10 日、2007 年 10 月 28 日、2008 年 9 月 5 日、2009 年 7 月 28 日开展了现场调查。植被调查样方的大小为 1 m × 1 m, 当植被高度超过 1 m 时改为 1.5 m × 1.5 m。调查内容包括保育块苗的成活率、高

度、地径和根系发育形态; 坡面植被盖度、物种数量、土壤水分、土壤硬度、碎石粒径等。土壤水分调查使用 TDR 土壤水分计, 土壤硬度调查使用山中式硬度计, 碎石粒径调查的坑穴直径为 50 cm, 深度为 30 cm。

2 实验结果

2.1 木本植物生长状况

2.1.1 *成活率* 在实验期间对 3 种保育块苗木成活率进行了调查, 调查结果表明, . 在施工后第 1 a(2007 年), 3 种保育块苗的成活率比较良好, 榆树的成活率大于 60%, 山杏和山桃的成活率均大于 80%; 施工后第 2 a(2008 年), 榆树和山杏的成活率迅速下降, 榆树的成活率为 24%, 山杏的成活率为 5%, 但山桃的成活率仍维持在 80% 以上; 施工后第 3 a(2009 年), 榆树的成活率为 22%, 山杏的成活率为 4%, 山桃的成活率为 78%。

在 2008 年 9 月 15 日调查时还发现, 2007 年 6 月移栽的 20 棵山杏土球苗和 2008 年 4 月移栽的 200 棵山杏裸根苗均已全部死亡, 这说明在这种立地条件很差的坡面上, 传统移栽方法培育的苗木效果很不理想。

2.1.2 *地径与株高* 3 种保育块苗移栽前后平均高度和平均地径的变化情况如图 1 —2 所示。施工后第 3 a(2009 年) 榆树、山杏、山桃的平均株高分别增长了 55.8, 42 和 49.6 cm, 平均地径分别增加了 3.9, 1.8 和 3.9 mm。这表明已经成活的保育块苗其地上部分生长良好, 苗木高度已经超过了草本群落的平均高度(30~ 40 cm), 草本植物在遮蔽阳光上对保育块苗影响将不断减小。

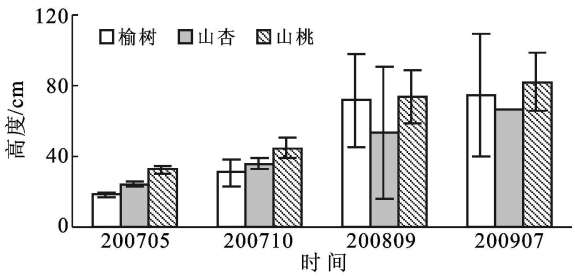


图 **1** 保育块苗高度变化

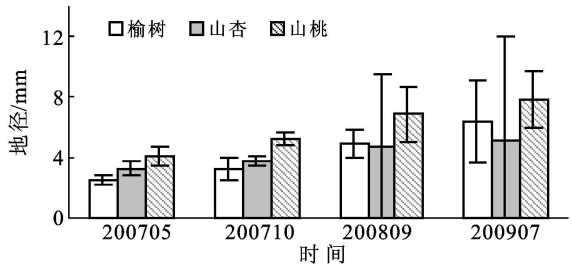


图 **2** 保育块苗地径变化

从图 1 —2 中还可以看出, 在移栽后的 4 个月内(2007 年 6 月至 2007 年 10 月), 榆树、山杏、山桃的高度增长量分别为 12.3, 11.5 和 12.1 cm, 地径增长量分别为 0.7, 0.5 和 1.2 mm, 这说明保育块苗能够很快地适应坡面环境条件并开始生长。而传统的裸根苗、土球苗、营养杯苗等苗木在移栽当年大多会出现生长不良, 即所谓的缓苗现象。这是由于这些苗木在起苗、运苗和移栽等过程中其根系受到了损伤, 必须要经过一个恢复过程后才能重新开始生长, 而保育块苗则可有效地避免或减少这些问题对苗木生长的影响。

2.1.3 *根系发育状态* 根系发育状况调查采用挖掘法, 即选定一株苗木, 从其根部的土壤表面开始, 垂直向下逐层挖开。挖掘过程中尽量避免根系折断或受损, 使根系基本上按自然生长状态逐渐暴露出来, 然后测量并记录各根系的长度、直径和生长方向, 在记录本上准确地描绘出根系分布的正视图和侧视图, 并拍照记录。

图 3 —4 为实验坡面上榆树根系发育状态的正视图和侧视图。传统的裸根苗或容器苗在边坡上移栽后其根系往往会出现盘绕、缺少主根、生长缓慢的现象, 而保育块苗可以避免这些缺点。从图 3 —4 可见, 移栽后保育块苗木具有与自然苗木相似的根系特征, 即主根发育迅速, 侧根粗壮伸展, 根系在土中呈网络状, 能够深入到碎石和岩石缝隙之中。移栽后 4 个月, 主根长度从不足 10 cm 生长至 27 cm; 移栽后1 a, 主根长度已超过 40 cm; 移栽后 2 a, 在不同深度上均形成了粗壮的侧根, 其最大长度也超过了 40 cm(图 3)。从图 4 中还可以看出, 保育块苗木主要根系(主根和侧根) 的生长方向分为 3 个, 即垂直向下的重力方向、沿坡面向下的坡下方向(侧根) 和指向坡面深处的坡内方向(侧根), 其中沿重力方向和坡内方向生长的根系具有固持土壤、防止坡面土体下滑的作用, 而这也恰恰是坡面植被恢复的重要目的之一。

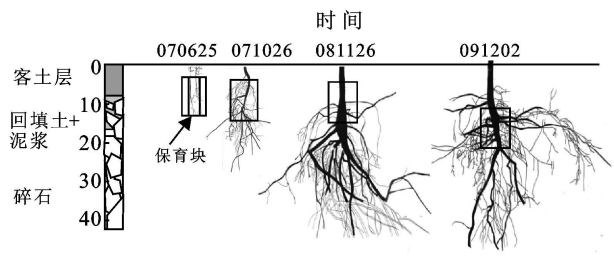


图 **3** 榆树保育块苗移栽后根系发育状况正视图

2.2 草本植物生长状况

2.2.1 *覆盖度、群落高度、土壤硬度* 草本植物覆盖度和群落高度以及土壤硬度的变化如表 1 所示。在

客土喷播施工当年(2006 年), 草本植物覆盖度即达到了 68%, 群落高度为 36 cm, 在防止坡面水土流失、改善坡面景观等方面起到了重要的作用。施工后第 2 a(2007 年), 草本植物覆盖度和群落高度虽略有下降, 但基本上维持在相同的水平上, 覆盖度为 60%, 群落高度为 30 cm。施工后第 3 a(2008 年), 由于当年雨水丰沛(年降水量较前两年增加了 25% ~ 33%), 草本植物生长旺盛, 覆盖度达到 97%, 群落高度达到 88 cm。施工后第第 4 a(2009 年), 降水量又恢复到前两年的水平, 草本植物覆盖度和群落高度也随之下降, 覆盖度为 49%, 群落高度为 40 cm。

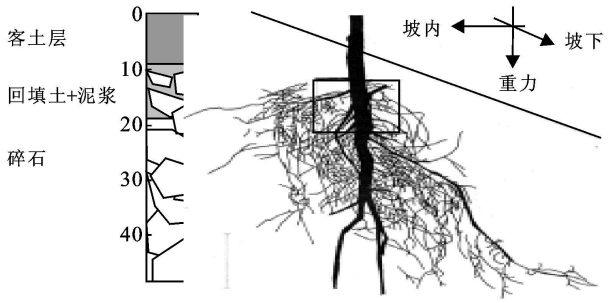


图 **4**　榆树保育块苗移栽后根系发育状况侧视图
注: 调查时间为 2009 年 12 月 1 日。

表 **1**　草本植物的覆盖度和物种数量

项 目	20060910	20071028	20080915	20090723
总覆盖度/%	68	60	97	49
群落高度/cm	36	30	88	40
土壤硬度/mm	29.8	19.8	20.8	19.8

与覆盖度、群落高度的起伏变化相反, 土壤硬度则保持了相对平稳的变化。根据日本道路协会的研究结果[6], 黏性土山中式土壤硬度测值在 10 ~ 23 mm 范围内, 适宜草本植物繁殖和木本植物栽种。施工当年(2006 年) 由于草本植物刚刚开始发芽生长, 根系也尚未发达, 加上大气降水少、土壤干旱等原因, 使得坡面土壤硬度较高, 达到了 29.8 mm, 这对坡面植物生长带来不利影响, 但在其后的几年中, 由于草本植物群落逐渐稳定, 植物根系也进一步伸展发育, 使得土壤硬度降低, 基本上保持在 20 mm 左右的水平上, 有利于植物的生长发育。

2.2.2　*物种变化*　播种物种数在逐渐减少(表 2)。施工当年(2006 年) 播种物种有 6 种, 包括 5 种草本植物(紫花苜蓿、老芒麦、沙打旺、紫茉莉、波斯菊) 和 1 种木本植物(胡枝子)。2007 年, 一年生物种波斯菊、紫茉莉因干旱等原因消失, 播种物种减少为 4 种; 2008 年, 多年生植物老芒麦消失, 播种物种减少为 3 种; 2009 年, 在坡面能够形成群落的播种物种只有紫花苜蓿和沙打旺, 胡枝子虽然依旧存, 但数量极少, 无法形成群落。

表 **2**　物种数量变化　　种

项 目	20060910	20071028	20080915	20090723
播种物种数	6	4	3	3
侵入物种数	13	7	7	19
总物种数	19	11	10	22

侵入物种数在逐渐增加(表 2)。施工当年(2006 年) 就有 13 种物种侵入, 主要是一些一年生物种, 如反枝苋, 灰绿藜、狗尾草、马齿苋等。第 2 a(2007 年) 和第 3 a(2008 年) 虽然侵入物种有所减少, 仅为 6~ 7 种, 但第 4 a(2009 年) 由于草本植物覆盖度下降, 为物种入侵创造了条件, 有 11 种新物种入侵, 如茜草、鸡眼草等, 使得侵入物种数达到 19 种。从表 3 可以看出, 能够适应实验坡面环境条件的本地物种逐渐取代了播种物种, 不仅促进了坡面草本植物群落的演替过程, 也使得其物种多样性得以丰富。

2.3　环境条件对植物群落的影响

2.3.1　*降水的影响*　实验坡面位于暖温带半湿润大陆性季风气候区, 植物生长期 4—10 月降水量占年降水量的 90% 以上。2006, 2007 和 2009 年为少雨年, 4—10 月降水量少于常年(30 a 平均) 约 20% ~ 25%, 而 2008 年为多雨年, 4—10 月降水量多于常年。在少雨年份(2006—2007 年), 由于气候干旱和土壤干旱, 不仅影响了坡面草本植物的生长(总覆盖度 60% ~ 68%, 群落高度 30~ 36 cm), 还使得榆树保育块苗成活率降低(64%)。好在此时保育块苗的平均高度(30~ 44 cm) 与草本植物群落高度基本相当, 因此保育块苗的成活率均在 60% 以上。而 2008 年降雨多, 土壤墒情好, 草本植物生长非常旺盛, 群落高度达到 88 cm, 高出保育块苗 15~ 35 cm。山杏和榆树不耐阴, 被草本植物遮蔽阳光后生长停止并逐渐死亡, 山杏苗的成活率从 80% 以上降至 5%, 榆树苗的成活率也从 60% 以上降至 24%。山桃具有较好的耐阴性, 其成活率维持在 78% 左右。由此可见, 降水量增加所造成的草本植物生长旺盛及其遮光效果, 是 2008 年大量保育块苗死亡的主要原因之一。

2.3.2　*坡面组成物质的影响*　实验边坡的坡面组成物质主要是修路时产生的碎石和弃土。坡面组成物质的差异直接影响到坡面土壤中的水分含量。碎石持水性差, 保水性也差, 碎石堆积越厚, 水分含量越少。

表 3 坡面物种变化情况

植被种类	20060910	20071028	20080915	20090723
紫花苜蓿	3	3	3	2
老芒麦	1	1	1	
沙打旺	1		2	1
波斯菊	2	r		
紫茉莉	1	r		
胡枝子	1			r
扁穗冰草				1
榆 树		+		
无芒雀麦			+	
反枝苋	1	2	1	1
灰绿藜	1	r	2	1
马齿苋	+	+		1
狗尾草	+	+	2	2
马 唐	r	+		
稗 草	r			
车 前	+			
白莲蒿	r			+
大籽蒿	r		1	1
野艾蒿	r			
小红菊	r			
油 菜	r			
苣荬菜	r			
黄花蒿		+	1	
艾 蒿			r	1
野西瓜苗				r
萝 藦				r
丝裂蒿				r
苘 麻				r
茜 草				1
蒺 藜				r
苍 耳				r
长萼鸡眼草				+
画眉草				r
尖叶铁扫帚				r
尖叶胡枝子				+

注:(1) 表中“+”表示 1%以下,“r”表示极少。(2) 扁穗冰草〔*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.〕; 无芒雀麦(*Bromus inermis* Leyss.); 反枝苋(*Amaranthus retroflexus*); 灰绿藜(*Chenopodium glaucum* Linn.); 马齿苋(*Portulaca oleracea* L.); 狗尾草〔*Setaria viridis* (L.) Beauv.〕; 马唐(*Digitaria sanguinalis*); 稗草(*Echinochloa crusgalli*); 车前(*Plantago asiatica* Linn.); 白莲蒿(*Artemisia sacrorum* Ledeb.); 大籽蒿(*Artemisia sieversiana*); 野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia* DC.); 小红菊(*Dendranthema chanetii*); 油菜(*Brassica campestris* L.); 苣荬菜(*Sonchus brachyotus* DC.); 黄花蒿(*Artemisia annua* L.); 艾蒿(*Artemisia argyi*); 野西瓜苗(*Hibiscus trionum*); 萝藦〔*Metaplexis japonica* (Thunb.) Makino〕; 丝裂蒿(*Artemisia adamsii* Bess.); 苘麻(*Abutilon theophrasti* Medic); 茜草(*Rubia cordifolia*); 蒺藜(*Tribulus terrestris* L.); 苍耳(*Xanthium sibiricum*); 长萼鸡眼草(*Kummerowia stipulacea*); 画眉草〔*Eragrostis pilosa* (L.) Beauv.〕; 尖叶铁扫帚(*Lespedeza juncea*); 尖叶胡枝子(*Lespedeza juncea*)。

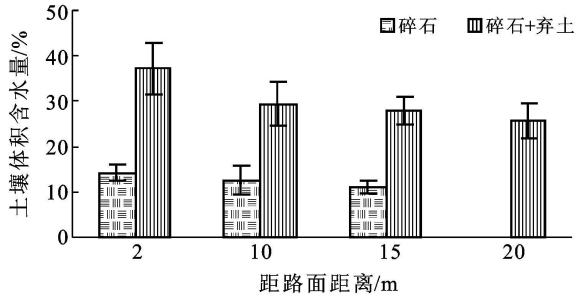


图 5 坡面土壤水分差异

以碎石为主的坡面, 在距离路面 2 m 处的边坡上部, 土壤含水率小于 15%, 在距离路面 20 m 处的边坡下部, 土壤含水率仅为 12%(图 5)。碎石+ 弃土的坡面, 在距离路面 2 m 处的边坡上部, 土壤含水率达到 37%, 在距离路面 20 m 处的边坡下部, 土壤含水率也有 25%。

坡面土壤水分含量的不同, 又进一步制约到坡面植物的生存和生长状况。不论是木本植物还是草本植物, 在碎石坡面和碎石+ 弃土坡面的生长状况存很大差异。对木本植物来说, 两种坡面之间的保育块苗成活率相差近 4 倍(图 6), 保育块苗高度相差 15~ 20 cm(图 7), 保育块苗地径相差 1~ 2 mm(图 8)。

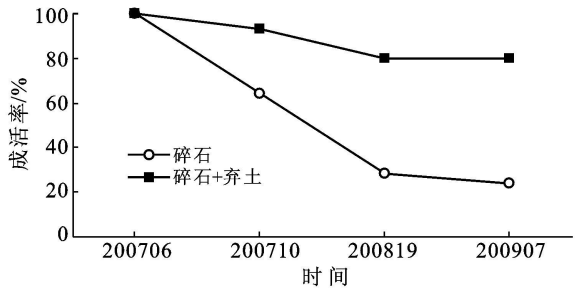


图 6 不同组成物质对保育块苗成活率的影响

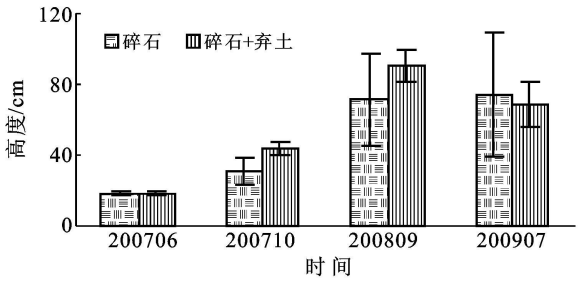


图 7 不同组成物质对保育块苗高度的影响

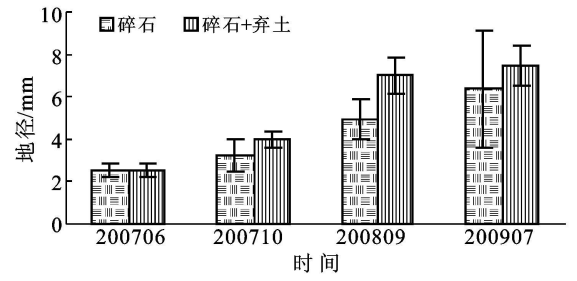


图 8 不同组成物质对保育块苗地径的影响

2.3.3　坡位的影响　实验坡面位于路面下方, 为下边坡。

根据距离路面的远近程度, 沿垂直方向从坡顶到坡脚可把边坡分为上、中和下共 3 个坡位。坡上部碎石粒度小, 土壤含水量高, 植被覆盖度也高; 坡上部碎石粒度大, 土壤含水量低, 植被覆盖度也低(表 5)。但物种数量受坡位的影响不明显, 在不同的时间段, 上、中、下 3 个坡位的物种数量各有高低。

表 **5**　坡位和植被的覆盖度、物种数量的关系

项目	2006 年 9 月 10 日			2007 年 10 月 28 日			2008 年 9 月 15 日			2009 年 7 月 23 日		
	上段	中段	下段	上段	中段	下段	上段	中段	下段	上段	中段	下段
总覆盖度/%	80	68	58	65	65	50	100	100	92	53	48	47
总物种数/种	16	13	15	5	10	6	11	9	8	15	14	19

3　结论

(1) 采用客土+ 保育块苗移植的方法, 可以在比较陡峭的碎石覆盖边坡上有效地构建乔灌草植物群落。木本植物采用保育块方法育苗和移植, 可以避免苗木在移植时发生的失去主根、根系盘绕等不利于根系生长的问题。环境条件对坡面植被恢复影响较大。尤其是坡面土石混合物的质地和坡位对植被恢复影响较大。主要表现为坡面组成物质的粒径越大, 植物生长越困难; 对碎石覆盖的路堤边坡来说, 边坡上部(靠近路面处) 的植物生长状况要好于边坡下部。

(2) 草本植物由于生长迅速, 在施工初期对提高坡面植被覆盖度、防止坡面土壤侵蚀具有重要重用。但草本植物的密度和高度必须要得到有效地控制, 否则将会对木本植物的生长发育产生阻碍。特别是在多雨年份或木本植物的高度未达到 1 m 时, 这种影响更为显著。过密、过高的草本植物, 不仅会对木本植物的苗木产生遮光效应, 还会与其在厚度有限的客土层中(10—20 cm) 争夺养分和水分, 这都不利于木本植物的生长发育。控制草本植物的生长可考虑降低初期草本植物的播种量, 或是当其过度生长时对其进行刈割等方法。但降低播种量也有可能使得施工初期坡面植被覆盖程度过低, 从而不能很好地控制坡面水土流失。如何选择合适的草本植物种子用量和木本植物苗木移植密度, 还需要今后进一步深入研究。

[参 考 文 献]

[1] Yoshinari Yamadera, Yang X T, Toshitaka Miyazaki. Study on the substrate of seeding method: The purpose of nursery blocks[J]. The Japanese Society Revegetation Technology, 2002, 28(1): 197-200.

[2] Yoshinari Yamadera, Yang X T, Toshitaka Miyazaki. The difference of pull-out resistances between the roots of transplanting plants and seeding plants[J]. The Japanese Society Revegetation Technology, 2002, 28(1): 143-145.

[3] Yoshinari Yamadera. Study on the restoration techniques of vegetation communities with highenvironmental conservation ability[C]. Matumoto Sabo Alps Kikou, 2007.

[4] 顾卫, 江源, 余海龙, 等. 人工坡面植被恢复设计与技术[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 87-101.

[5] 崔国发, 邢韶华, 赵勃. 北京山地植物和植被保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 133-134.

[6] Japanese Road Association. Road Earthworks-technical Manual for Construction Stability of Artificial Slopes[M]. Tokyo: Japanese Road Association, 2000: 220.