

道路边坡与自然边坡对苔藓植物空间变异性的影响

左元彬, 艾应伟, 辜彬, 于燕华

(四川大学 生命科学学院 生物资源与生态环境教育部重点实验室, 四川 成都 610064)

摘要: 苔藓植物在边坡生态系统中有着非常重要的作用, 具有涵养水源, 保持水土的功能。选择成渝铁路、成昆铁路沿线典型的路堑边坡和自然边坡, 对苔藓植物的种类与生物特性的空间变异性以及环境因子进行了调查研究。结果表明, 在不同地点苔藓植物种类差异明显。夹江县的试验点苔藓植物共 7 种, 主要以藓纲植物为主, 金堂县的试验点苔藓植物共 2 种, 主要以苔纲植物为主。在同一地点, 夹江县的试验点苔藓植物种类表现为路堑边坡多于自然边坡, 而金堂点路堑边坡与自然边坡苔藓植物种类完全相同。同是路堑边坡, 夹江点苔藓植物最大持水率显著大于金堂点。苔藓植物生物量与草本植物盖度、枯落物鲜重呈负相关关系, 与土壤硬度呈正相关关系, 其中与枯落物鲜重和土壤硬度的相关性达到了极显著的水平。

关键词: 道路边坡; 苔藓植物; 空间变异

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2007)06-0126-04 中图分类号: U416.14, Q949.35

Influences of Railway Slope and Natural Slope on Spatial Variability of Bryophytes

ZUO Yuan-bin, AI Ying-wei, GU Bin, YU Yan-hua,

(College of Life Sciences, Sichuan University, and Key Laboratory of

Bio-resources and Eco-environment, Ministry of Education, Chengdu, Sichuan 610064, China)

Abstract: The bryophytes play a very important role in soil and water conservation and water source holding in a slope ecosystem. This paper studies the species, spatial variability, and the environmental factors of the bryophytes on four slopes including railway slope and natural slope along the Cheng—Kun railway and the ChengYu railway. The result shows that the species of the bryophytes are significantly different between the Jiajiang site and the Jintang site. There are about 7 species in Jiajiang site, whereas only 2 species site in Jintang site. In Jiajiang site, the species of bryophytes on railway slope are more than the species on natural slope, but the species of bryophytes in Jintang site are the same on railway slope and natural slope. Largest water holding of bryophytes in Jiajiang is distinctly higher than that in Jintang site. The biomass of bryophytes is negatively related to the weight of withered litters. However, the biomass of bryophytes is positively related to soil rigidity, while there is a negative relation between the biomass of bryophytes and the coverage of herbage.

Keywords: railway slope; bryophyte; spatial variability

在山区的铁路、公路工程建设中, 道路多穿行于河谷山川之间, 经常要开挖大量边坡。道路边坡的开挖破坏了原来的地质结构以及植被覆盖层, 导致出现大量的山体滑坡以及产生严重的水土流失现象, 造成生态环境的破坏^[1]。道路边坡的治理情况直接影响到道路交通安全以及路域生态环境质量。传统的道

路边坡工程治理措施只能是治标而不能治本, 而边坡生态恢复技术是采用植被进行坡面保护和侵蚀控制的, 既稳固了边坡又协调了环境。道路边坡生态恢复技术中植物的选择、配比一直是道路边坡生态恢复的难点, 也是关系道路边坡恢复成败的关键因素之一。苔藓植物作为植物界的一大类, 是生态环境演替过程

收稿日期: 2007-06-23

修回日期: 2007-10-10

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(40571064, 40771087); 四川省科技攻关计划项目(2006Z10-006)

作者简介: 左元彬(1982-), 男(汉族), 四川省德阳市人, 硕士研究生, 主要研究方向为园林生态。E-mail: zuoyb2001@163.com.

通讯作者: 艾应伟(1965-), 男(汉族), 四川省内江市资中县人, 博士, 副教授。主要研究方向为环境生态。E-mail: aiyw99@sohu.com.

中的先锋植物。它在土壤结皮的形成、生物防沙、固沙、保持水土、涵养水源、营养物质的循环与贮存以及对生态小环境的改善中扮演着不可替代的作用^[2]。目前,对苔藓植物的生态功能调查主要集中在森林、草原、沙漠等生态系统,而对于道路边坡生态系统中苔藓植物的种类与生物特性变化情况国内外目前还鲜有报道。本文对自然恢复条件下道路边坡与自然边坡对苔藓植物空间变异性的影响进行了调查研究。

1 研究区概况

调查研究区的样地位于成昆铁路沿线的夹江县,成渝铁路沿线的金堂县两处地方。夹江点位于四川省乐山市夹江县吴场镇(E103°37',N29°51'),金堂点位于四川金堂县的五凤溪(E104°29',N 30°36')。夹江点海拔 461 m,边坡高差 10 m 左右。该点属于亚热带湿润季风气候,气候温和,无霜期长,雨热同季,雨量充沛,四季分明,年平均气温 17.2℃,年平均降雨量 1 357 mm。金堂点海拔 434 m,边坡高差 8 m 左右。该点与夹江点同样属于亚热带季风气候,气候温和,光温条件较好,日照年平均 1 295.5 h,年平均气温 16.6℃,有效积温 5 450℃,平均年降水量 920.5 mm。夹江和金堂两处地方的铁路都修建于 20 世纪 50 年代,由于当时条件的限制,所以对道路开挖面未

做过多的人工处理,而主要采用自然恢复,当时裸露的坡面现在已经形成了一个比较稳定的道路边坡植被生态系统。

2 研究方法

2.1 样地设置

分别在成昆铁路沿线的夹江、成渝铁路沿线的金堂选择典型路堑边坡、自然边坡为调查对象,共有以下 4 个调查研究样地:(1)夹江铁路边坡;(2)夹江自然边坡;(3)金堂铁路边坡;(4)金堂自然边坡。夹江和金堂两处调查研究区样地的自然概况详见表 1。所选择的具有代表性的样地,原则上是总体反应苔藓植物分布情况。同时,确保每个样地的朝向都基本相同。垂直方向上,根据高度将坡面分为上、中、下 3 部分。水平方向,每隔 50 m 左右设置一个重复。坡上、坡中、坡下均每隔 15 m 设一个 50 cm×50 cm 小样方。小样方的 4 个角用木桩定位,用筛网(每个网格约为 1 cm×1 cm,筛网总共约 2 500 个网格)覆盖地表,计测整个苔藓层在网格线交叉处出现的次数,从而计算出整个样方内苔藓植物的总盖度。夹江铁路边坡、夹江自然边坡、金堂铁路边坡、金堂自然边坡的取样样方数分别为 30,25,19,10,取样数主要是由坡长决定。

表 1 调查研究区样地的自然概况

样地	草本植物盖度/ %	灌、乔木盖度/ %	凋落物鲜重/ (g·m ⁻²)	土质情况	边坡坡度/ (°)
夹江铁路边坡	88.2	2	43.94±5.42	黄壤土	40
夹江自然边坡	61.7	50	45.24±5.82	黄壤土	40
金堂铁路边坡	85.0	—	7.68±3.23	紫色砂岩	85
金堂自然边坡	90.0	—	5.49±1.17	紫色砂岩	65

2.2 数据测定

2.2.1 野外数据测定 采集整个样方内的所有苔藓,清除杂质,装入塑料袋,当场用高精度电子天平测定每一个样方内的苔藓植物鲜重,带回室内鉴定到种。同时,记录下每一个样方内的草本植物的盖度,收集每个样方内的凋落物,当场称其鲜重,做好记录。

2.2.2 室内数据测定 将带回的苔藓用水浸泡 24 h,取出,直到无滴水为止,称其重量,作好记录。称重后在 70℃烘干 24 h 以上,至恒重,测定其干重。

苔藓植物的自然持水率=(鲜重-干重)/干重;
最大持水率=(湿重-干重)/干重。

2.3 数据处理

对生物量(指苔藓植物的干重)、盖度、持水率(包括自然持水率和最大持水率)等变量利用 1-Sample K-Stest 进行正态分布检验;对符合正态分布的变量进行 T-test 检验,否则采用 Mann-Whitney U 检验。分别对苔藓植物生物量和草本植物盖度、凋落物盖度、土壤硬度进行 Spearman correlations 分析,以确定影响苔藓植物分布的主要环境因子。

如果不作特别说明,所有测量数据均以 Mean±SE 表示。整个计算过程均在 SPSS13.0 软件系统下完成。

3 结果与分析

3.1 道路边坡与自然边坡对苔藓植物种类的影响

4 个样地苔藓植物种类见表 2, 从苔藓植物种类数上来看, 共发现苔藓植物 9 种, 夹江点苔藓植物 7 种, 金堂点 2 种。夹江点和金堂点苔藓植物种类基本不同。夹江点苔藓植物主要以藓纲植物为主, 藓纲植物种类和生物量都远远大于苔纲植物, 而金堂点主要以苔纲植物为主, 苔纲植物在生物量上明显大于藓纲植物。这主要是由于两地土质的不同以及各群种生物学特性的不同而造成的。而相同地区 2 个样地的苔藓植物种类基本相同, 表明铁路边坡苔藓植物在种类上已经很接近自然边坡, 铁路边坡苔藓植物恢复状况良好。

表 2 道路边坡与自然边坡对苔藓植物种类的影响

样地	苔藓植物种类
夹江点 铁路边坡	台湾曲柄藓 (<i>Campylopus taiwanensis</i>) 钝头鳞叶藓 (<i>Taxiphyllum subarcuatum</i>) 长蒴灰藓 (<i>Hypnum macrogynum</i>) 毛口藓 (<i>Trichostomum brachydontium</i>) 鳞叶藓 (<i>Taxiphyllum taxirameum</i>) 疏网美喙藓 (<i>Eurhynchium laxirete</i>)
夹江点 自然边坡	脆枝曲柄藓 (<i>Campylopus fragilis</i>) 钝头鳞叶藓 (<i>Taxiphyllum subarcuatum</i>) 鳞叶藓 (<i>Taxiphyllum taxirameum</i>) 长蒴灰藓 (<i>Hypnum macrogynum</i>) 台湾曲柄藓 (<i>Campylopus taiwanensis</i>)
金堂点 铁路边坡	粗裂地钱 (<i>Marchantia paleacea</i>) 芒尖毛口藓 (<i>Trichostomum aristatulum</i>)
金堂点 自然边坡	粗裂地钱 (<i>Marchantia paleacea</i>) 芒尖毛口藓 (<i>Trichostomum aristatulum</i>)

3.2 道路边坡与自然边坡对苔藓植物生物量的影响

生物量生产力是整个生态系统运行的能量基础和营养物质来源, 是反映苔藓植物恢复状况的一个重要指标^[3]。调查发现, 各样地内苔藓植物呈零星分布状态, 尤其以夹江地区苔藓植物分布最为明显, 而非其它原始森林中所见到的苔藓植物覆盖全部地表。

在所调查的样地中, 夹江铁路边坡、夹江自然边坡、金堂铁路边坡和金堂自然边坡苔藓植物出现的频率分别为 88.2%, 96%, 100%, 100%, 各个样地内苔藓植物出现的频率相差不大。从所调查的样方生物量大小来看, 存在着很大的差异。夹江铁路边坡有 53.3% 的样方生物量小于 2 g/m²; 夹江自然边坡有 28% 的样方生物量小于 2 g/m²; 在金堂铁路边坡有 94.7% 的样方生物量大于 20 g/m²; 金堂自然边坡样方生物量大于 20 g/m² 的更是达到了 100%。可见, 苔藓在样方中出现的频率以及样方内苔藓的生物量大小综合起来才能基本反应出 4 个样地苔藓分布的基本特性。从这些数据可以看出夹江、金堂两地苔藓植物的分布存在高度的差异性。

从表 3 可以看出, 夹江铁路边坡苔藓植物生物量最小, 只有 2.28±2.44 g/m², 而金堂铁路边坡苔藓植物生物量最高, 达到了 162.82±50.35 g/m², 是夹江铁路边坡的 80 倍左右。

在对 4 个样地苔藓植物生物量的显著性比较中发现, 除了夹江点的 2 个样地之间不存在显著性差异外, 其它样地彼此间均存在显著性差异。可以看出, 从生物量方面来看金堂点铁路边坡苔藓植物恢复良好, 基本上达到甚至超过了相应的自然状态边坡下的水平。同时, 金堂点苔藓植物生物量 (31.97±15.93 g/m², N=29) 显著 (Manny-Whitney U-test, Z=-6.45, P<0.001) 大于夹江点苔藓植物生物量 (135.41±33.64 g/m², N=55)。

3.3 道路边坡与自然边坡对苔藓植物盖度的影响

从表 3 可以看出, 夹江铁路边坡苔藓植物盖度最小, 只有 15.78%±4.95%, 而金堂铁路边坡苔藓植物达到了 61.24%±5.58%, 是夹江点的 4 倍左右。在对 4 个样地苔藓植物盖度的显著性比较中发现, 除了金堂点的 2 个样地之间不存在显著性差异外, 其它样地之间均存在显著性差异。金堂点苔藓植物盖度 (59.84%±5.04%, N=29) 显著大于夹江点苔藓植物盖度 (20.55%±3.74%, N=55)。这一结果和上述苔藓植物生物量所反应出来的信息基本一致。

表 3 道路边坡与自然边坡对苔藓植物生物特性的影响

样地	盖度/%	生物量/(g·m ⁻²)	自然持水率/%	最大持水率/%
夹江铁路边坡	15.78±4.95	2.28±2.44	190.78±26.92	1365.86±695.51
夹江自然边坡	26.27±5.58	62.80±34.27	135.64±12.14	834.83±371.14
金堂铁路边坡	61.24±5.58	162.82±50.35	168.51±21.30	753.74±168.82
金堂自然边坡	57.17±10.45	83.32±10.74	103.99±6.50	971.98±524.49

3.4 苔藓植物生物特性与环境因子的关系

苔藓植物生物特性与环境因子相关关系见表4。同是路堑边坡,夹江点苔藓植物最大持水率显著大于金堂点。在夹江和金堂两处,无论是路堑边坡还是自然边坡,苔藓植物生物量与草本植物盖度、枯落物鲜重呈负相关关系,与土壤硬度呈正相关关系,其中与枯落物鲜重和土壤硬度的相关性达到了极显著的水平。说明边坡苔藓植物生物量受到枯落物的影响显著,苔藓植物生物量随枯落物鲜重的增加而减少;苔藓植物生物量随土壤硬度的增加而增加。苔藓植物主要是通过假根固定在土壤表面,而假根长度、韧性有限,土壤越松散,苔藓植物在土壤上附着就越困难。谢小伟、郭水良等在研究浙江金华市地面苔藓植物分布与环境因子关系研究中,也表明苔藓植物的分布与土壤松散度呈负相关^[4];草本植物在一定程度上限制了苔藓植物的生长,美国和加拿大的苔藓植物学家也有过类似的结论,他们提出苔藓植物的生长受到草本等维管植物的限制^[9]。

表4 苔藓植物生物特性与环境因子相关关系

环境因子	枯落物 鲜重	草本植 物盖度	土壤 硬度	苔藓生 物量
枯落物鲜重	1	—	—	—
草本植物盖度	0.170	1	—	—
土壤硬度	-0.756**	-0.211	1	—
苔藓生物量	-0.441**	-0.147	0.708**	1

注:**表示极显著相关性($P < 0.01$)。

3.5 不同边坡对苔藓植物水文特性的影响

持水能力是苔藓植物独特的结构和水文特性在水土保持、涵养水源等方面发挥重要作用的反应。持水能力包括自然持水率和最大持水率。显著性差异分析表明,夹江铁路边坡苔藓植物最大持水率显著大于(T -Test, $d_f = 58$, $P < 0.05$)金堂铁路边坡苔藓植物最大持水率,其它样地之间没有显著性差异。从表3中可以看出,夹江铁路边坡和金堂铁路边坡苔藓植物种类差异很大,基本没有共同的种类。不同的苔藓植物,其吸水特性也就存在很大的差异^[10],种类的不同是造成最大持水率显著差异的最主要的原因。同时,两个地区间苔藓植物的自然持水率也存在着差异。造成这一现象的原因是多方面的,天气、降雨、湿度、温度等存在地区间的差异是造成这一现象的最根本原因。

4个样地苔藓的平均天然持水率是159.03%±87.12%,平均最大持水率是971.04%±516.38%。

苔藓植物有很强大的吸水保水能力,其吸水量通常是其自重的几倍乃至几十倍,其强大的吸水特性是高等植物所没有的。例如,祁连山林区苔藓植物一次最大吸水量是其干重的5倍以上^[8],而泥炭藓群落更是可以吸收相当于自身重量30倍的水分^[5]。苔藓植物的这一特性对于道路边坡,尤其是道路岩石边坡的生态恢复是非常重要的。它能在降雨期间慢慢的向土壤中释放水分,来维持环境的湿润,调节水分的径流量和蒸发量。发育良好的苔藓层具有调节径流的作用,使土壤对雨水更具有渗透性,有苔藓层地段比裸地的径流较为缓慢和均匀^[6]。

4 讨论

目前对道路边坡苔藓植物的调查研究与应用还鲜有报道,它还没有真正作为生态护坡技术的植物材料。在国内,目前只有在九寨黄龙风景区专用机场跑道岩体开挖面的植被恢复工程中将苔藓植物运用到边坡的生态恢复中。试验结果,表明苔藓植物具有显著提高乡土草种的发芽率和生长分蘖速度的作用,但其具体的作用机理目前还尚不清楚^[7]。国外也有研究报道苔藓植物能为一些树木种子的萌发提供有力的条件^[10-11]。这些都为苔藓植物运用到生态护坡技术中提供了一个很好的例证。

从苔藓植物生物量和盖度来看,金堂点远远大于夹江点;但从苔藓植物种类数上来看,夹江点又远远大于金堂点。同是路堑边坡,夹江点苔藓植物最大持水率显著大于金堂点。夹江点和金堂点两地苔藓植物与生境的相关分析表明,苔藓植物生物量与草本植物盖度、枯落物鲜重呈负相关关系,但与土壤硬度呈正相关关系。其中与枯落物鲜重和土壤硬度的相关性达到了极显著的水平。

由此表明,对道路边坡土壤进行适当夯实以增加土壤的硬度对促进苔藓植物的恢复有着重要的作用,从而促进整个道路边坡生态系统的恢复和完善。草本植物、凋落物在道路边坡生态系统中同样扮有非常重要的作用,但它们的存在却影响了苔藓植物的生长与分布。这正是苔藓植物在生态系统恢复与重建作用中的体现。苔藓植物作为先锋植物,能够对道路开挖创面贫瘠的生长基质进行改造,创造出适宜于其它高等植物生长的环境,从而有利于维管植物的侵入,其优势地位逐渐被更为高等的植物群落所取代,通过植物的演替,最终形成集苔藓、草本、灌、乔木等多种植物生长的稳定的植物群落。

(下转第141页)

4 讨论

4.1 开发建设项目中植被自然恢复的水土保持作用

(1) 在山西省雨量较为充沛的地区,如果在开发建设中重视保护植被,保留表土并用之覆盖地表,就能使地面植被得到较大程度的自然恢复,其恢复面积占可绿化面积的比例约达 25%。可见,在开发建设项目中植被自然恢复具有不可忽视的水土保持作用。

(2) 在开发建设项目中,雨量较多地区的扰动地面,依靠植被自然恢复功能,可使植被盖度在 1~2 a 内达到 50%以上,形成初级植被。

(3) 在开发建设项目中,由于对乔灌木等深根性植物的破坏较为严重,因此,在 1~2 a 时间内,扰动地面上自然恢复所形成的植被一般为草本群落,并不能完全恢复当地的灌草植被、疏林灌草植被。可见,在建设期较短的开发建设项目中,植被自然恢复的水土保持作用有其局限性。

4.2 植被自然恢复对水土保持评价指标的影响

植被自然恢复在开发建设项目中具有重要和局限的两重性,影响到水土保持方案和水土流失监测指标的评价,诸如植被恢复系数,水土流失治理度,扰动土地治理率和水土流失模数控制比等指标的计算。

(1) 在建设期,项目区的植被自然恢复不能形成

当地的顶级植物群落,势必影响其稳定性。因此,在计算植被恢复系数时,可以将其面积计入植被恢复面积;但应在样方所得植被盖度中尽量取其低值参与面积折算,确定项目区各自防治分区的实际植被恢复面积,以体现植被的初级群落特征。

(2) 水土流失治理度和扰动土地治理率是 2 个体现人为治理程度的水土保持指标,植被自然恢复没有投入人工劳动,不应参与这 2 项指标的计算,留待形成复层林时再计入治理指标。这样做有助于促进建设单位在植被自然恢复所形成的初级植被上建立高级植被。

(3) 在开发建设时期,植被自然恢复所形成的植被能够迅速地覆盖裸露地面,必然要减轻项目开发建设的水土流失,因此,要在计算水土流失模数控制比时体现其效益。考虑到建设期间的水土保持监测时段太短,其泥沙观测资料受降水年际变差,观测系列长短等因素影响而误差较大,必要时可参照条件相近区域的长系列植被小区泥沙资料进行推算或用数学模型计算。项目区的植被小区泥沙资料,待观测系列较长后,在生产运行期再行参与计算。无长系列泥沙资料的建设区域,可用钢钎法和水土流失调查法等补充手段获取资料,计算自然恢复区的流失量,从而使所计算出的水土流失模数控制比更接近真值。

(上接第 129 页)

本文只是反应了影响边坡苔藓植物生长分布的部分环境因子,而影响苔藓植物生长分布的环境因子多种多样,苔藓植物的生物特性决定了不同苔藓植物对不同的环境因子会作出不同的反应。铁路边坡是一个特殊生境,苔藓层表面气温、空气湿度、光照强度、土壤肥力等因素都有可能对苔藓植物的空间变异性产生影响,这些都需要今后作进一步的调查研究。

致谢:在本文的写作过程中,得到了刘浩,陈黎萍,张浩田,杨雅云等同志的指导和帮助,谨此致谢。

[参 考 文 献]

- [1] 杨喜田,董惠英,黄玉荣,等. 黄土地区高速公路边坡稳定性的研究[J]. 水土保持学报,2000,14(1):77—81.
- [2] 吴玉环,程国栋,高谦. 苔藓植物的生态功能及在植被恢复与重建中的作用[J]. 中国沙漠,2003,23(5):215—220.
- [3] 包维凯,雷波,冷俐. 六种人工针叶幼林下地表苔藓植物生物量与碳贮量[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1817—1821.
- [4] 谢小伟,郭水良,黄华. 浙江金华市市区地面苔藓植物分布与环境因子关系研究[J]. 武汉植物学研究,2003,21

(2):129—136.

- [5] 李艳红. 苔藓植物的生态生理[M]// 吴鹏程. 苔藓植物生物学. 北京:高等教育出版社,1998:131—147.
- [6] 张萍,曾信波. 植被蓄水保土功能研究[J]. 山地农业生物学报,1999,18(5):300—304.
- [7] 孙俊峰,陈其兵,王怡,等. 苔藓植物联合乡土草种应用于植被恢复工程的初步研究[J]. 四川草原,2005,3:16—18.
- [8] 车宗玺,刘贤德,敬文茂,等. 祁连山林区苔藓垂直分布特征与水文功能分析[J]. 水土保持学报,2006,20(6):71—74.
- [9] Busby J R, Bliss L C, Hsmilton C D. Microclimatic control of growth rates and habitats of the boreal forest mosses, *Tomenthypnum nitens* and *Hylocomium splendens*[J]. *Ecological Monographs*, 1978, 48:95—110.
- [10] Nakamura T. Effect of bryophytes on survival of conifer seedlings in subalpine forests of central [J]. *Ecological Research*, 1992,7(2):155—162.
- [11] Zamir M. Effects of bryophytes and lichens on seedling emergence of silvar plants: Evidence from greenhouse experiments[J]. *Oikos*, 2000,88(3):603—611.