

# 华南裸露边坡修复植物生态位研究

刘文竹, 周健, 蔡静如, 吴彩琼, 许建新, 徐义炎

(深圳市铁汉生态环境股份有限公司, 广州 深圳 518040)

**摘要:** [目的] 对华南裸露边坡修复植物生态位进行研究, 为华南地区边坡修复的植物种类选择及配置提供理论依据。[方法] 对深圳市 4 处典型边坡修复工程的植被进行了生态学调查, 并对获得的数据进行了重要值、生态位宽度及生态位重叠值分析。[结果] 华南地区边坡植物分别隶属于 53 个科。其中以大戟科、菊科、豆科植物居多。银合欢、山毛豆、簕仔树等植物重要值较大; 乔灌层的生态位宽度值排序与重要值基本一致, 银合欢、幌伞枫、山毛豆等具有较大宽度值; 草本层中华南毛蕨、半边旗等蕨类宽度值较大。对生态位重叠值的分析表明, 银合欢、幌伞枫和海南蒲桃间竞争激烈, 山黄麻、车轮梅、鸭脚木与其他物种间竞争相对较小。在进行边坡修复时, 先锋物种可选择生态位宽度大, 初期长势强的阳性物种, 如银合欢、马占相思, 还应合理选配与建群种生态位重叠值较小的物种, 如车轮梅、山黄麻和藤本等。[结论] 构建稳定结构的群落不仅需要考虑到植物对于边坡立地条件的适应性, 更需要考虑物种间的竞争、演替过程。

**关键词:** 边坡修复; 生态位; 群落演替

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)02-0215-07

**中图分类号:** S718.54

**文献参数:** 刘文竹, 周健, 蔡静如, 等. 华南裸露边坡修复植物生态位研究[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 215-221. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.033; Liu Wenzhu, Zhou Jian, Cai Jingru, et al. A Study on Niche of Plants for Damaged Slope Restoration in Southern China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 215-221. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.033

## A Study on Niche of Plants for Damaged Slope Restoration in Southern China

LIU Wenzhu, ZHOU Jian, CAI Jingru, WU Caiqiong, XU Jianxin, XU Yiyan

(Shenzhen Techand Ecology & Environment Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong 518040, China)

**Abstract:** [Objective] In order to provide theoretical evidences for the selection and arrangement of plants on damaged slope in South China, a research on plant niche for slope rehabilitation were conducted. [Methods] Community investigation of four typical slope restoration projects in Shenzhen City were carried out. Niche breadth and niche overlap were analyzed based on the important values of plants. [Results] The investigated plants belonged to 53 families, among which, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Leguminosae* were in a majority. *Species* of *Leucocephala*, *Tephrosia candida*, *Mimosa sepiariia* comparatively had large important values. Shrub niche breadth ranked similarly with their important values. *Leucaena leucocephala*, *Heteropanax fragrans* and *Tephrosia candida* ranked higher. For herbaceous species layer, *Cyclosorus parasiticus*, *Pteris semipinnata* and other ferns had relatively higher niche breadths. Niche overlap indicated that competition among *Leucaena leucocephala*, *Heteropanax fragrans* and *Syzygium cumini* was intensive, while competition intensity among *Trema cannabina*, *Rhaphiolepis Schefflera octophylla* and other plants was small. For slope rehabilitation, those plants with wider niche breadth and strong vigor were suggested to be used as pioneer species, such as *Leucaena leucocephala* and *Acacia mangium*. In addition, plants havingsmall niche overlap with the dominant species should also be selected reasonably, for instance, *Rhaphiolepis indica*, *Trema cannabina* and vines. [Conclusion] To establish a stable plant community on slope, all community processes as plants' adaption to slope environment, competition of species and succession should be taken into consideration.

**Keywords:** slope restoration; niche; plant community succession

收稿日期: 2016-10-09

修回日期: 2016-11-21

资助项目: 广东省省级科技计划项目“铁汉生态院士工作站建设”(2015B090904008)

第一作者: 刘文竹(1990—), 女(汉族), 湖北省鄂州市人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事边坡修复植被恢复研究。E-mail: liuwenzhu@sztec-hand.com.cn.

生态位概念是由 Grinnell 于 1917 年最早提出,用于描述一种生物在群落中的地位和作用。此后又有学者<sup>[1]</sup>提出,生态位是指物种在群落或生境中与其他物种相关的位置,反映生态学单位在其所处的特定生态系统中的综合位置关系。生态位宽度和生态位重叠可以反映该种群对资源的利用能力及其在群落或生态系统中的功能和位置,也反映了其所在群落的稳定性<sup>[2]</sup>。

由于自然滑坡、水土流失、岩石风化以及修建公路、铁路<sup>[3-4]</sup>、采矿、工程建设等人类活动常常会破坏掉天然植被,留下许多裸露的边坡<sup>[5]</sup>。裸露边坡植被的自我恢复往往较为缓慢<sup>[6]</sup>,而人为恢复可在一定程度上改变生态系统演替的方向和速度,可以缩短其恢复周期<sup>[7]</sup>。华南地区开展边坡修复已有 20 a 历史,针对当地气候特点及边坡特点的相关修复工程技术措施日臻完善,可满足边坡前期复绿的基本需求,但在边坡植被的恢复重建方面缺乏理论研究<sup>[8]</sup>。现有边坡修复项目中,往往因先锋种选择不合理,植物密度过大,外来种入侵等问题导致群落结构失衡,植被衰退等现象<sup>[9-10]</sup>。因此,研究对边坡植物在群落中的生态位,对植被的恢复重建具有重要意义。本研究经过充分的资料查阅和初步踏查,从深圳市边坡修复项目中,筛选出深圳市水土保持科技示范园、梅山中学后山综合整治工程、塘朗山破损山体修复工程及梧桐山破损山体修复工程共 4 个不同修复时间的边坡进行植被生态位调查与分析,以期找到华南地区边坡恢

复群落结构和演替规律,为华南地区边坡修复的植物种类选择及配置提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查区域概况

华南地区位于我国最南部。北与华中地区、华东地区相接,南面包括南海和南海诸岛,西南界线是中国与越南、老挝、缅甸等国家的边界。行政区上,包括台湾省、海南省全部,福建省中南部,广东省和广西壮族自治区中南部,云南省南部和西南部。华南地区最冷月平均气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 $\geq -4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,日平均气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数在 300 d 以上。多数地方年降水量为 1 400~2 000 mm,属高温多雨,四季常绿的热带—亚热南带区域。该区植物生长茂盛,种类繁多,有热带雨林、季雨林和南亚热带季风常绿阔叶林等地带性植被。现状植被对位热带灌丛、亚热带草坡和小片次生林。地表侵蚀切割强烈,丘陵广布。丘陵台地上发育有深厚的红色风化壳。是中国砖红壤、赤红壤的集中分布区。

### 1.2 调查地选择

本研究属于“深圳市生态修复裸露边坡的植物群落特征研究”的后续课题,在前人的研究基础上进一步选定深圳市水土保持科技示范园、塘朗山破损山体修复工程、梅山中学后山综合整治工程和梧桐山破损山体修复工程作为样地,从群落演替的角度开展生态位调查分析研究。各样地基本情况详见表 1。

表 1 边坡修复工程调查样地基本情况

样地编号	项目名称	基本概况
1	深圳市水土保持科技示范园	土质,35°,修复时间 7 a,周边植被较丰富
2	塘朗山破损山体修复	土质,边坡高度 10 m,35~40°,推测修复时间 7 a,周边丰富
3	梅山中学后山综合整治工程	石质,50°,修复时间 14 a,周边无植被
4	梧桐山破损山体修复	土石质,45~60°,推测修复时间 2~3 a,周边植被较丰富

### 1.3 调查方法

4—5 月对水土保持示范园、梅山中学后山边坡、塘朗山及梧桐山破损山体边坡上的次生植物群落进行了调查,采用典型样地记录法,样地选择标准为坡度大于 30°,面积 200 m<sup>2</sup> 以上的边坡。调查的植物生长位置应距离坡脚 1 m、坡顶 2 m 以上。对于高度在 10 m 以上,采用格构梁+喷播或格构梁+喷混植生修复方法的边坡,以每格作为调查样方,在同一样地中,随机选择 5 个样方,并测量样方面积;对于高度不足 10 m,以喷播技术最主要修复手段的边坡,在距离坡脚 1 m 以上处,每个样地随机设置 3~5 个面积为 2 m×2 m 的样方。样方中,乔灌层记录样方内所有

1 cm 起的物种名称、高度、胸径、盖度、频度、数量,草本层记录物种名称、频度、数量、盖度(参见“深圳市生态修复裸露边坡的植物群落特征研究”一文)。其中样地 4 梧桐山破损山体修复工程典型性较强,工程里程数长,故选择了 5 个子样地进行调查分析。

### 1.4 数据分析

重要值可以反映出在特定群落结构中,当前优势种的基本情况,其计算公式为:

$$\text{乔灌层重要值} = (\text{相对显著度} + \text{相对频度} + \text{相对密度}) / 3 \times 100\%$$

$$\text{草本层重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3 \times 100\%$$

生态位宽度是度量植物对资源环境利用状况的尺度,生态位宽度越大,说明该物种利用资源的能力越强,其分布幅度就越大;反之则说明该种的特化程度较高。其分布只能局限在特定的区域。生态位宽度值的计算 Levins 提出,经 Corwell<sup>[2]</sup>修正的公式进行测定。

$$B_{(sw)i} = -1/\lg s \cdot \sum_{j=1}^r P_{ij} \cdot \lg P_{ij} \quad (1)$$

式中: $B_{(sw)i}$ ——物种  $i$  的生态位宽度;  $P_{ij}$ ——物种  $i$  利用第  $j$  资源占它利用全部资源位的比例;  $s$ ——种群数;  $r$ ——资源位数。其中:

$$P_{ij} = n_{ij}/Y_i \quad (2)$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^r n_{ij} \quad (3)$$

$$B_{(L)i} = 1/r \sum_{j=1}^r P^2 \quad (4)$$

式中: $n_{ij}$ ——物种  $i$  在第  $j$  资源位的重要值;  $Y_i$ ——物种  $i$  所在利用全部资源位的重要值之和,生态位宽度  $B_{(sw)i}$  域值 $[0,1]$ ;  $B_{(L)}$ ——生态位宽度指数;  $B_{(L)i}$

和  $B_{(L)h}$  域值 $[1/r,1]$ ;  $L_{ih}, L_{hi}$  域值 $[0,1]$ 。表示数  $B_{(L)}, B_{(sw)}$  值越大,则生态位越宽,该种利用的资源总量越多,竞争力越强。

生态位重叠值  $L_{ih}$  是衡量 2 个物种对于资源竞争情况的指标,采用 Pianka<sup>[2]</sup> 公式计算:

$$L_{ih} = B_{(L)i} \sum_{j=1}^r P_{ij} \cdot P_{hj} \quad (5)$$

式中: $L_{ih}$ ——物种  $i$  重叠物种  $h$  的生态位重叠指数;  $L_{hi}$ ——物种  $h$  重叠物种  $i$  的生态位重叠指数;  $P_{ij}$ ,  $P_{hj}$ ——第  $i$  和第  $h$  物种在第  $j$  个资源水平下的重要值占该种在所有资源水平上重要值总和的比例;  $r$ ——样方数。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落物种重要值

重要值可以反映出在特定群落结构中,当前优势种的基本情况。各样地内主要植物种类及其重要值详见表 2。

表 2 边坡植物群落内主要物种及其重要值

样地编号	植物类型	优势种(重要值)	物种数量/(株·m <sup>-2</sup> )
1	乔灌木	银合欢(43.7)+幌伞枫(12.2)+海南蒲桃(9.5)	4.2
	草本	华南毛蕨(32.8)+三裂虻蜚菊(11.1)+山菅兰(8.1)	9.2
2	乔灌木	假地豆(17.7)+马樱丹(14.4)+银合欢(8.7)+鸭脚木(8.2)	5.8
	草本	华南毛蕨(10.3)+海金沙(9.1)+玉叶金花(7.9)	8.7
3	乔灌木	山毛豆(25.4)+银合欢(18.7)+马占相思(12.4)+小叶榕(9.7)	3.0
	草本	蔓生莠竹(33.5)+白花鬼针草(19.6)+华南毛蕨(9.7)	11.5
4(1)	乔灌木	银合欢(46.2)+银叶郎德木(15.2)+金丝桃(7.3)	7.7
	草本	五节芒(24.5)+朴树(15.3)+银合欢(15.3)+华南毛蕨(6.8)	12.7
4(2)	乔灌木	筋仔树(41.5)+酸藤子(19.5)+黄牛木(9.7)	2.3
	草本	三裂虻蜚菊(58.5)+筋仔树(9.0)	15.5
4(3)	乔灌木	银合欢(58.7)+盐肤木(5.5)	5.1
	草本	三裂虻蜚菊(58.4)+银合欢(12.1)+白花鬼针草(6.6)	15.8
4(4)	乔灌木	台湾相思(40.9)+勒杜鹃(34.4)+豆梨(9.8)	2.4
	草本	三裂虻蜚菊(45.7)+五节芒(24.2)+五爪金龙(12.6)	9.8
4(5)	乔灌木	毛稔(31.9)+野葛(16.1)+黄牛木(14.5)	3.8
	草本	芒萁(40.3)+三裂虻蜚菊(19.3)	19.3

注:样地 1 为深圳市水土保持示范园;样地 2 为塘朗山破损山体修复工程;样地 3 为梅山中学后山坡;样地 4 为梧桐山破损山体边坡。下同。

经调查统计,边坡样地群落中植物种类丰富,共有植物 119 个种,隶属于 53 个科。其中大戟科、菊科、蝶形花科、豆科及禾本科植物最多。表明这些科属的植物在边坡植物群落结构中具有一定的优势,能够迅速繁殖生长。4 个调查地点乔灌草层优势种详见表 2。从以上的数据中可以看出,通过人工修复的边坡,即使在修复后 14 a,乔灌层优势种仍以外来植物为主,如山毛豆、银合欢、马樱丹、筋仔树、台湾相思

等;不同修复时间样地的草本层优势种出现明显分化,修复年限较短的样地以外来植物为主,修复年限较长的样地以乡土植物为主。样地 1 中,乔灌层优势种为银合欢、幌伞枫及海南蒲桃。其中银合欢为原始喷播种,在群落中占绝对优势;海南蒲桃多为小苗,数量较大;幌伞枫为当地乡土种。草本层优势种为华南毛蕨、三裂虻蜚菊及山菅兰。其中华南毛蕨在群落中占主导地位,其次为三裂虻蜚菊和山菅兰。华南毛蕨

可能是在草本层植物退化后,自然入侵并逐渐占据优势地位;三裂虻蜞菊和山菅兰则出现退化趋势。样地 2 为塘朗山破损山体修复。该样地周边野生植物群落丰富,因此群落中优势种的重要值较为均衡,物种丰富度也相对较高。样地 3 乔灌层优势种主要为山毛豆、银合欢及马占相思,均为边坡修复时使用的商业种,因周边植被环境差,因此只出现少量山麻黄,山毛豆已经出现部分退化死亡的现象。草本层优势种为蔓生莠竹、白花鬼针草和华南毛蕨。样地 4,梧桐山样地群落中,乔灌层优势种大部分为修复初期使用的物种,如银合欢、筋仔树、台湾相思等和乡土种黄牛木、盐肤木组成;草本层则由入侵种三裂虻蜞菊、五爪金龙及乡土种芒萁、五节芒及木本植物小苗组成。

从整体上看,各样地每  $1\text{ m}^2$  的乔灌数量在 2.3~7.7 不等,且出现演替时间越长,乔灌数量越少的趋势;草本层每  $1\text{ m}^2$  植株数则在 9.2~19.3,差异较大。从群落演替角度的看,草本层植物演替过程发生较快,在上层乔灌形成一定郁闭度后,华南毛蕨、蜈蚣草和芒萁等蕨类能参与到群落的构建过程中,入侵物种如白花鬼针草、薇甘菊等也会逐渐参与到群落结构的竞争之中;且蕨类植物在后期的生长过程中,往往表现出较强的生长力,在三裂虻蜞菊开始退化衰落时,可能成为草本层的主要物种。

## 2.2 边坡植物群落内物种生态位宽度

生态位宽度值指物种对资源利用的程度,反映了物种对该环境的适应性,通常认为生态位越宽,则该物种利用的资源总量越多,竞争力越强<sup>[1]</sup>。具体分析结果见表 3。通常情况下,当前群落中的优势种也具有较大的生态位宽度值。如样地 1 中的银合欢、幌伞枫和海南蒲桃,其重要值的排序与生态位宽度的排序完全一致;样地 3 中,优势种山毛豆、银合欢、马占相思和小叶榕也占据着生态位宽度的前 4 位,但排序稍有区别。样地 2 中的优势种为假地豆、马樱丹、银合欢和鸭脚木,但生态位宽度值较大的物种则分别为马樱丹、鸭脚木、朴树和五指毛桃。说明在马樱丹、鸭脚木、朴树等在该群落结构及环境中对环境适应性强。同理,样地 4 中,乔灌层具有发展潜力的物种有车轮梅、山黄麻、勒杜鹃和多花勾儿茶等。

修复时间为 2~3 a 的梧桐山项目草本层以虻蜞菊为主,随着演替时间的增长及周边植被的逐渐恢复,为蕨类的生长繁殖提供了良好的环境条件,且华南毛蕨生态位宽度值大,竞争力强,经过 2~3 a 的自然演替,通常会发展成为群落中的优势种。蕨类植物具有耐阴、耐旱等特点,因此在边坡下层荫蔽空间中具有较强的竞争力。除了华南毛蕨外,其他具有一定竞

争力的蕨类植物还有半边旗、芒萁、乌蕨和乌毛蕨等。藤本植物如细圆藤、海金沙、薜荔及野葛等层间植物也具有较的竞争力,可以丰富边坡植物群落结构。

表 3 边坡植物群落内主要物种的生态位宽度

样地编号	乔灌层	生态位宽度值	草本层	生态位宽度值
1	银合欢	0.691	华南毛蕨	0.688
	幌伞枫	0.659	细圆藤	0.477
	海南蒲桃	0.528	马樱丹	0.439
	秋枫	0.361	半边旗	0.434
	土蜜树	0.301	山菅兰	0.411
	山黄麻	0.299	蜈蚣草	0.295
	九里香	0.299	海南蒲桃	0.295
	潺槁树	0.298	三裂虻蜞菊	0.151
	马樱丹	0.216	鸡屎藤	0.146
	2	马樱丹	0.667	华南毛蕨
鸭脚木		0.427	海金沙	0.541
朴树		0.425	玉叶金花	0.457
五指毛桃		0.362	中华楠	0.296
车轮梅		0.296	半边旗	0.281
三叉苦		0.248	九节	0.214
台湾相思		0.237	鸡屎藤	0.200
银合欢		0.191		
3	小叶榕	0.595	华南毛蕨	0.523
	山毛豆	0.582	蔓生莠竹	0.462
	银合欢	0.573	薇甘菊	0.349
	马占相思	0.295	类芦	0.301
	黄婵	0.290	白花鬼针草	0.239
	山黄麻	0.271		
4(1)	银合欢	0.468	银合欢	0.470
	车轮梅	0.301	海金沙	0.454
	勒杜鹃	0.298	朴树	0.453
	棘桐	0.154	薇甘菊	0.301
			五节芒	0.301
			蜈蚣草	0.297
			华南毛蕨	0.273
4(2)			弓果黍	0.247
	酸藤子	0.472	三裂虻蜞菊	0.476
	筋仔树	0.452	筋仔树	0.249
4(3)	黄牛木	0.301		
	银合欢	0.379	银合欢	0.471
4(4)			三裂虻蜞菊	0.448
	勒杜鹃	0.471	三裂虻蜞菊	0.416
	台湾相思	0.435	五节芒	0.415
	豆梨	0.301	五爪金龙	0.260
4(5)			薜荔	0.259
	毛稔	0.465	三裂虻蜞菊	0.442
	黄牛木	0.244	芒萁	0.398
	酸藤子	0.233	乌毛蕨	0.300
	多花勾儿茶	0.187	银合欢	0.285
		乌蕨	0.272	

### 2.3 边坡植物群落内生态位重叠值

生态位重叠值指一定资源序列上,2 个物种利用同等级资源而互相重叠的情况。当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源因素时,就会出现生态位重叠。种群间的生态位重叠值表示它们对同一资源的共同利用程度,在一定程度上能够反映物种间隐含的资源利用竞争关系。两个物种间生态位重叠值愈大,表明物种间竞争愈激烈<sup>[12]</sup>。在边坡植物群落构建中,应尽量选择生态位重叠值较小的植物进行配置组合,以减少种间恶性竞争<sup>[13]</sup>。水土保持园边坡修复中,木本层优势种为银合欢、幌伞枫和海南蒲桃。从表 4 数据中可以看出,以上 3 个物种间竞争激烈。在选择伴生种时,则应尽量选择与优势种生态位宽度重叠值较小的植物,如山黄麻、九里香、土蜜树和潺槁树等。从表中数据可以看出山黄麻与群落中其他物种的生态位重叠值均较小,且生态位宽度值为 0.299,在该群落中排名第 6,表明该种具有较强的竞争优势,并且与其他物种间的资源竞争较小,适合配置与边坡修

复群落中。潺槁树与其他物种的生态位重叠指数也相对较低,且潺槁树与秋枫、土蜜树的重叠值为 0,所以秋枫、土蜜树与潺槁树间资源竞争小,可成对使用。银合欢与幌伞枫生态位重叠值高达 0.989,不宜出现在同一边坡群落中。秋枫在该群落中生态位宽度排名第 4,竞争力较强,具有一定的推广应用潜力。但在构建群落中,应尽量避免与土蜜树、海南蒲桃和九里香共同使用,宜优选潺槁树、山黄麻作为组合。草本层植物应注意阳生与阴生植物的合理搭配。经过一段时间的演替,边坡草本层基本以蕨类、藤本、乔灌木小苗为主。因此在考虑边坡下层植被构建时,关键在于蕨类植物的组合。以华南毛蕨为例,应避免与过多的半边旗共同使用,可以考虑重叠值相对较小的蜈蚣蕨。在湿度条件适宜,水分条件充足的条件下,山菅兰也是一种具有一定推广潜力的物种。从水土保持园边坡植物生态位分析结果中筛选出的植物木本层群落组合为幌伞枫+山黄麻+九里香、海南蒲桃+潺槁树+土蜜树、秋枫+山黄麻+幌伞枫+潺槁树。

表 4 水土保持园边坡植物群落内主要物种间的生态位重叠值

项目	银合欢	幌伞枫	海南蒲桃	秋枫	土蜜树	马樱丹	潺槁树	九里香	山黄麻
银合欢	1								
幌伞枫	0.989 0	1							
海南蒲桃	0.849 5	0.875 9	1						
秋枫	0.749 4	0.768 8	0.811 6	1					
土蜜树	0.616 3	0.567 0	0.650 0	0.844 7	1				
马樱丹	0.578 8	0.593 9	0.774 6	0.556 1	0.615 6	1			
潺槁树	0.653 7	0.618 3	0.422 6	0.000 0	0.000 0	0.358 2	1		
九里香	0.615 0	0.569 4	0.656 5	0.846 4	0.999 0	0.643 3	0.000 0	1	
山黄麻	0.619 9	0.552 6	0.657 5	0.378 9	0.481 4	0.355 9	0.544 9	0.459 1	1
项目	华南毛蕨	三裂虻蜞菊	山菅兰	马樱丹	半边旗	蜈蚣蕨	细圆藤	海南蒲桃	鸡屎藤
华南毛蕨	1								
三裂虻蜞菊	0.556 5	1							
山菅兰	0.808 8	0.446 2	1						
马樱丹	0.738 0	0.762 7	0.301 9	1					
半边旗	0.741 7	0.745 5	0.669 6	0.627 1	1				
蜈蚣蕨	0.581 1	0.257 2	0	0.782 1	0.366 5	1			
细圆藤	0.744 4	0.227 7	0.379 0	0.633 5	0.671 9	0.812 8	1		
海南蒲桃	0.659 2	0	0.427 4	0.465 5	0.391 6	0.573 0	0.812 8	1	
鸡屎藤	0.462 0	0	0	0.614 7	0	0.756 5	0.573 8	0.757 4	1

塘朗山破损山体修复是以假地豆(17.7)、马樱丹(14.4)、银合欢(8.7)和鸭脚木(8.2)为主要优势种的群落。随着时间的推移,假地豆逐渐退化死亡,因此生态位宽度及重叠值均很小。目前木本以银合欢和马樱丹为主。银合欢是目前边坡修复中使用较多的乔木。从表 5 中数据可以看出银合欢与大部分物种的生态位重叠,种间竞争激烈;鸭脚木是一种与其他

物种竞争均不大的植物,且小苗耐阴,也是一种很好的新材料。银合欢与鸭脚木、台湾相思、三叉苦间竞争较小,可同时使用。其中台湾相思可作为建群种,同时与其他物种间竞争不大,不会影响其他植物生长。车轮梅在本次生态位调查中也有较好的表现,适宜于朴树、鸭脚木配合使用。在调查过程中,群落下层发现许多朴树小苗生长健壮,说明朴树有可能作为

更新种出现。从生态位重叠值上看,朴树与台湾相思、五指毛桃、银合欢竞争激烈,但与车轮梅及三叉苦几乎没有竞争,可以考虑构建朴树+车轮梅+鸭脚木的植物群落。从草本层数据上分析华南毛蕨与海金沙间竞争剧烈,与中华楠小苗竞争小。半边旗与玉叶金花间竞争较小,与其他植物竞争适中。玉叶金花也

是具有一定推广潜力的草本植物之一,除与中华楠小苗存在一定竞争之外,与其他植物竞争相对较小。由塘朗山边坡植物生态位分析结果中筛选出的植物木本层群落组合为银合欢+台湾相思+鸭脚木、台湾相思+鸭脚木+车轮梅+朴树、台湾相思+五指毛桃+鸭脚木。

表 5 塘朗山边坡植物群落内主要物种间的生态位重叠值

项目	马樱丹	银合欢	鸭脚木	五指毛桃	朴树	台湾相思	三叉苦	车轮梅
马樱丹	1							
银合欢	0.535 8	1						
鸭脚木	0.723 2	0.204 2	1					
五指毛桃	0.705 4	0.829 1	0.561 9	1				
朴树	0.710 6	0.770 2	0.604 6	0.995 2	1			
台湾相思	0.529 8	0.382 6	0.391 2	0.397 1	0.722 8	1		
三叉苦	0.506 0	0.377 3	0.718 4	0.391 6	0	0.722 8	1	
车轮梅	0.641 4	0.674 0	0.419 0	0.884 9	0	0	0	1

  

项目	华南毛蕨	海金沙	玉叶金花	半边旗	鸡屎藤	九节	中华楠
华南毛蕨	1						
海金沙	0.979 0	1					
玉叶金花	0.608 6	0.500 4	1				
半边旗	0.602 9	0.612 3	0.364 7	1			
鸡屎藤	0.624 8	0.747 1	0	0.707 2	1		
九节	0.631 7	0.752 8	0	0.698 5	0.999 7	1	
中华楠	0.295 3	0.192 7	0.792 6	0.399 1	0	0	1

梅山中学后山边坡主要修复手段为格构梁+喷混植生。前期主要的优势种为山毛豆,但随着时间的推移,山毛豆逐渐出现明显的衰退、大面积死亡现象。银合欢、台湾相思逐渐替代山毛豆成为该边坡的建群种。从表 6 的分析结果可知,山毛豆与银合欢、小叶榕与竞争激烈,而与马占相思、黄婵竞争较小。马占相思与山毛豆、山黄麻竞争较小,可以共同使用。小叶榕与虽然生长迅速,但与其他物种间竞争激烈,

不适宜用于边坡修复的群落构建。从梅山中学后山边坡的生态位分析结果中,筛选出的群落组合为:马占相思+山毛豆+黄婵或马占相思+山黄麻+黄婵。山毛豆与山黄麻不建议出现在同一群落中。梧桐山破损山体在本次调查中恢复时间最短,基本为由银合欢或簕仔树作为建群种的单一群落,结构简单,处于演替初期。银合欢及簕仔树在群落中具有绝对优势,因此生态位重叠值的结果未列出。

表 6 梅山中学后山边坡植物群落内主要物种间的生态位重叠值

项目	山毛豆	银合欢	马占相思	小叶榕	山黄麻	黄婵
山毛豆	1					
银合欢	0.710 9	1				
马占相思	0.335 1	0.741 6	1			
小叶榕	0.724 4	0.999 3	0.720 9	1		
山黄麻	0.702 8	0.674 9	0.440 0	0.694 4	1	
黄婵	0.380 7	0.713 3	0.412 6	0.701 9	0	1

  

项目	蔓生莠竹	白花鬼针草	华南毛蕨	类芦	薇甘菊
蔓生莠竹	1				
白花鬼针草	0.279 7	1			
华南毛蕨	0.567 7	0.416 1	1		
类芦	0.422 9	0.604 0	0.675 6	1	
薇甘菊	0.326 3	0.762 9	0.587 5	0.370 3	1

### 3 讨论与结论

#### 3.1 边坡修复植物选择

植被恢复是裸露边坡修复的重要环节,而提高物种多样性对构建稳定的边坡植物群落具有重大的意义<sup>[14]</sup>。本调查结果表明,共有植物 119 个种,隶属于 53 个科。其中大戟科、菊科、蝶形花科、豆科及禾本科植物最多。该调查结果与袁银、廖浩斌等人的研究一致,表明这些科属的植物在边坡植物群落结构中具有一定的优势,能够迅速繁殖生长。在调查中发现,边坡周边植被环境好,物种丰富度高的地点植被恢复演替更快,且更新的物种受周边植被环境影响大。在周边植被条件较好的地点进行边坡修复,应主要考虑为本区域内原生物种入侵创造良好的本底条件<sup>[15]</sup>。因此在进行边坡修复植物选配时宜对裸露边坡周围的植被进行本底调查,选择可演替性且与现有物种竞争力较小的物种。对于周边植被条件恶劣的边坡,则应选择适应性好、具备先锋性、可演替性及持续稳定性的物种<sup>[16]</sup>。

#### 3.2 以生态位为基础的群落构建

构建稳定结构的群落不仅需要考虑到植物自身能够适应边坡的恶劣条件,更需要考虑物种间的竞争、演替过程。有研究表明,前期可以选择生长势旺盛的速生阳性物种<sup>[17]</sup>。本研究则认为先锋植物应选择生态位宽度大,生态幅广的物种,如银合欢、幌伞枫、山毛豆等,为其他植物的自然入侵演替创造生长条件,生态位宽度大,说明其利用资源的能力最强,易形成单优势种植物群落<sup>[16]</sup>。此外还应合理搭配与建群种生态位重叠值较小的植物,以避免种间竞争对资源的浪费。草本层植物演替过程比木本快,根据调查,经过演替,草本层通常残余部分三裂虻蜚菊、芒等。蕨类植物在边坡下层的演替过程中表现良好,其中以华南毛蕨生长势最佳,生态位宽度最大。半边旗和蜈蚣蕨次之,是边坡群落草本层的优势种。此外,藤本植物与其他物种的生态位重叠值一般较小,可以考虑薜荔、野葛、海金沙的应用。但蕨类植物和部分乡土植物收种困难,不易繁殖,缺少苗源等是边坡修复中亟待解决的问题。以生态位宽度值和生态位重叠值为理论依据,开展边坡修复工程,可在一定程度上控制群落演替方向,保证群落的稳定性。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Leibold M A. The niche concept revisited: Mechanistic models and community context[J]. Ecology, 1995, 76(5):1371-1382.
- [2] He Qiang, Cui Baoshan, Zhao Xinsheng, et. al. Niches of plant species in wetlands of the Yellow River Delta under gradients of water table depth and soil salinity[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(5): 969-975.
- [3] 宗跃光,周尚意,彭萍,等. 道路生态学研究进展[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2396-2405.
- [4] 刘世梁,杨志峰,崔保山,等. 道路对景观的影响及其生态风险评价:以澜沧江流域为例[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 897-901.
- [5] 潘树林,王丽,辜彬. 论边坡的生态恢复[J]. 生态学杂志, 2005, 24(2): 217-221.
- [6] 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.
- [7] 杨海军,毕琪,赵亚楠,等. 深圳市高速公路边坡和采石场植被恢复技术[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 120-124.
- [8] 李永庚,蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 95-100.
- [9] 台培东,李培军,贾宏宇,等. 排土场边坡人工沙棘灌丛对风滚植物的固留作用及生态效应[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 833-836.
- [10] 章家恩,徐琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 109-113.
- [11] 向言词,彭少麟,蔡锡安,等. 林窗中植物竞争强度随林窗发育的变化[J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 99-102.
- [12] 闵奋力,左进城,刘碧云,等. 穗状狐尾藻与不同生长期苦草种间竞争研究[J]. 植物科学学报, 2016, 34(1): 47-55.
- [13] 肖玉,贾婷婷,赵旭,等. 青藏高原腹地退化青藏苔草草原植物生态位的特征[J]. 中国草地学报, 2015, 37(1): 30-37.
- [14] 张霄,张红玉,陆兆华,等. 高寒地区路堑边坡植被恢复效果[J]. 生态学报, 2016, 37(5): 1-8.
- [15] 周雨露,李凌云,高俊琴,等. 种间竞争对入侵植物和本地植物生长的影响[J]. 生态学杂志, 2016, 35(6): 1504-1510.
- [16] 李江峰,魏东,李林英,等. 宴请山区道路边坡生态环境调查与修复研究[J]. 广东林业科技, 2008, 24(1): 60-62.
- [17] 刘德荣,马永林,韩烈保,等. 坡面液压喷播绿化草种及组合的筛选[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(2): 41-45.