

# 桂西南石漠化区3种先锋树种对树冠下青冈和金银花幼苗生长的影响

吕仕洪\*, 黄甫昭, 曾丹娟, 李先琨, 徐广平

(广西喀斯特植物保护与恢复生态学重点实验室, 广西壮族自治区 中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

**摘要:** 为探讨桂西南石漠化区先锋树种对树冠下其他幼苗生长的影响, 采取野外小区试验的方法, 对茶条木(*Delavaya toxocarpa*)、银合欢(*Leucaena leucocephala*)和任豆(*Zenia insignis*)等先锋树种树冠下的青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)和金银花(*Lonicera maackii*)幼苗的成活和生长进行了研究。结果表明, 3种先锋树种能明显降低树冠下的光照强度, 对土壤的物理性状亦能起到一定或比较明显的改善作用, 但对土壤化学性状则没有或者改善作用较小。3种先锋树种对青冈幼苗的成活和生长具有比较明显的保育作用; 任豆和银合欢对金银花幼苗的成活有保育作用, 但对其幼苗生长具有抑制作用, 而茶条木对金银花幼苗成活和生长均有较明显的抑制作用, 且无论是保育作用还是抑制作用, 3种先锋树种对树冠下同种幼苗株高或枝条的影响要大于对基径的影响。因此, 该区植被修复可以选择茶条木、银合欢和任豆等先锋树种作为青冈幼苗的保育植物, 而金银花则应选择这些树种的树冠外作为定植点, 以减少或消除其对幼苗生长的不利影响。

**关键词:** 石漠化; 先锋树种; 幼苗; 保育作用; 抑制作用

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.02.012

## Canopy Effects of Three Pioneer Trees on Seedling Growth of *Cyclobalanopsis glauca* and *Lonicera maackii* in Rocky Desertification Region of Southwestern Guangxi

LÜ Shi-hong\*, HUANG Fu-zhao, ZENG Dan-juan, LI Xian-kun, XU Guang-ping

(Guangxi Key Laboratory of Plant Conservation and Restoration Ecology in Karst Terrain, Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy Science, Guilin 541006, China)

**Abstract:** In order to understand the canopy effects of pioneer trees on seedling growth of other species in rocky desertification area of southwestern Guangxi, the survival and growth traits of *Cyclobalanopsis glauca* and *Lonicera maackii* under three pioneer tree canopy, such as *Delavaya toxocarpa*, *Leucaena leucocephala* and *Zenia insignis*, were studied by field plot experiment. The results showed that the three pioneer trees could reduce the light intensity and improve soil physical characters, reduced soil bulk density, increased the total porosity and the field capacity, but they could not change soil chemical features. All the three pioneer trees had certain nurse effects on the survival and growth of *C. glauca* seedlings. *Z. insignis* and *Leucaena leucocephala* improved the survival but inhibited the growth of *Lonicera maackii* seedlings. *D. toxocarpa* decreased significantly the survival and growth of *Lonicera maackii* seedlings. Whether they improved or inhibited the seedling growth, the three pioneer trees had more effects on the seedling height and branch growth than those on basal diameter. Therefore,

收稿日期: 2014-05-21 接受日期: 2014-08-28

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2010BAE00739-02); 广西科技攻关项目(桂科攻 1298003); 国家自然科学基金项目(31360151); 广西自然科学基金项目(2012GXNSFAA053068)资助

作者简介: 吕仕洪(1967~), 副研究员, 主要从事植物资源利用和恢复生态学研究。

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: lshh@gxib.cn

the pioneer trees *D. toxocarpa*, *Leucaena leucocephala* and *Z. insignis* could be selected as the nurse plants for *C. glauca* seedling in rocky desertification area in southwestern Guangxi, but *Lonicera maackii* should be planted outside the pioneer tree canopy to avoid shade effect.

**Key words:** Rocky desertification; Pioneer tree; Seedling; Nursery effect; Inhibition effect

保育植物又称护理植物,是指那些能够辅助其冠下其他植物(又称目标植物)生长发育的植物<sup>[1-2]</sup>。保育植物主要是通过调节微气候、改善土壤条件以及防止动物啃食等直接或间接作用,为目标植物的种子萌发或者幼苗生长提供较好的小环境,增加其成功定居的几率<sup>[3-5]</sup>。对某种植物而言,保育功能的有无和大小主要与其本身特性、周围环境条件(胁迫梯度假说 Stress gradient hypothesis, SGH)和目标植物特性及其生长阶段等因素有关<sup>[6-15]</sup>,此外,气候条件和微环境因子等的改变也会引起保育植物功能的变化<sup>[16-18]</sup>。国内外有关研究表明,保育植物现象多发生在环境比较恶劣的植物群落演替早期或退化生态系统恢复早期阶段,而乡土先锋植物又是最为重要的保育植物<sup>[2,19]</sup>,在地中海沿岸、中北美洲、安第斯山地和我国华南地区等地已出现一些利用先锋植物保育功能来提高植被恢复效率的范例<sup>[19-23]</sup>。

任豆(*Zenia insignis*)、茶条木(*Delavaya toxocarpa*)和银合欢(*Leucaena leucocephala*)等是广西喀斯特地区十分重要的先锋树种<sup>[24]</sup>,具有耐旱耐瘠、造林成活率高和速生等特点,在近年来的石漠化治理中得到较为广泛的应用并取得了良好成效<sup>[25-26]</sup>,对改变石漠化区的植被现状和生态环境等起到了比较明显的作用。然而,以上述先锋树种为优势种的植物群落,仍普遍存在物种多样性较低和群落层次比较单一等问题,群落生产力和生态服务功能等仍处于较低的水平状态。青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)和金银花(*Lonicera maackii*)分别是桂西南喀斯特山区地带性植被比较常见的群落建群种或优势种和经济植物(药用植物),是该区石漠化治理植被修复中十分重要的乡土植物而分别用于人工造林和经济栽培,尤其是近年来金银花的栽培面积有迅速扩增的趋势,对增加植物群落层次和提高地方群众收入等起到了其应有的作用,但目前对2种植物幼苗在不同小环境下的生长特性等尚缺乏试验研究。本文主要以青冈幼苗和金银花幼苗为材料,观察它们在上述3种先锋树种树冠下定植当年的幼苗保存率和植株生长量等特点,据此分析3种先锋树种

对这2种幼苗成活和生长的影响,为石漠化区植被修复的物种配置和抚育管理等提供参考。

## 1 研究区概况

试验在龙何喀斯特生态重建示范区(简称龙何示范区)进行。龙何示范区位于广西西南部的平果县,始建于2001年,以果化镇布尧村龙何屯为中心,属比较典型的峰丛洼地分布区。峰丛洼地是由众多高低错落的联座尖峭(锥状)山峰与其间形态各异的多边形封闭洼地(当地村民称“弄”)组成,其底部海拔200~400 m,石峰海拔300~550 m,山顶与弄底的高差有50~250 m,山体坡度多在25°以上。示范区毗邻右江河谷,属南亚热带季风气候,热量丰富,降水量尚多,但干、湿季明显。该区年均气温为19.1℃~22℃,极端高温达38.8℃,极端低温为-1.3℃,≥10℃的年积温为7465.6℃;年降水量为1369.9 mm,季节分配十分不均,5~8月约占年降水量的70%,9月至翌年4月仅占30%,春旱和秋旱比较普遍和严重,是广西旱灾发生频率较高的地区之一。

## 2 研究方法

### 2.1 先锋树种及植物群落特点

试验地设在龙何示范区的果弄,整个试验地分为中坡和上坡两个部分,坡向南,坡度为22°~25°,其中中坡设置3块样地,分别为裸地(处理A)、茶条木样地(处理B)和任豆样地(处理C),海拔为272 m;上坡设置2块样地,分别为裸地(处理D)、银合欢样地(处理E),海拔为296 m;土壤以石窝土为主,盖度约30%,最大厚度不足35 cm,2006年春季人工造林前为弃耕地。茶条木(*Delavaya toxocarpa*)和银合欢(*Leucaena leucocephala*)是2006年3月人工定植后各自形成一定面积的单优种群落,任豆(*Zenia insignis*)是自然生长而成。茶条木的平均树高为3.5 m,平均冠幅(东西×南北,下同)为2.47 m×2.49 m,树冠下的灌草植物高度为0.10~1.50 m,平均盖度

约为40%,主要有飞机草(*Eupatorium odoratum*)、三叶鬼针草(*Bidens pilosa*)、红背山麻杆(*Alchornea trewioides*)、山麻杆(*A. rugosa*)、络石(*Trachelospermum jasminoides*)和肾蕨(*Nephrolepis auriculata*)等;任豆的平均树高为5.85 m,平均冠幅为5.88 m×5.50 m,树冠下的灌草植物高度为0.30~1.70 m,平均盖度约为55%,主要有飞机草、红背山麻杆、小果微花藤(*Iodes vitiginea*)、千里光(*Senecio scandens*)、蔓生莠竹(*Microstegium vagans*)、雀梅藤(*Sageretia thea*)、类芦(*Neyraudia reynaudiana*)、九龙藤(*Bauhinia aurea*)和山麻杆等;银合欢的平均树高为3.05 m,平均冠幅为2.08 m×2.19 m,树冠下的灌草植物高度为0.25~1.60 m,平均盖度约为65%,主要植物有蔓生莠竹、荩草(*Arthraxon hispidus*)、千里光、红背山麻杆、假臭草(*Eupatorium catarium*)、类芦、九龙藤和三叶鬼针草等。在青冈幼苗和金银花幼苗定植前,先以刈割方式全面清理3种先锋树种树冠下的灌草植物,2012年4至11月每月再清理1次。

## 2.2 幼苗定植与生长观测

青冈(*Cyclobalanopsis glauca*, 1年生袋装苗)和金银花(*Lonicera maackii*, 1年生扦插裸根苗)分别于2012年2月27和28日进行定植,种植点分布以上层树种的冠幅为限,以相邻的树冠外裸地为对照,树冠下及裸地均以1~2个石窝地为试验小区。每株(丛)树冠下或每块裸地单种一种或同时定植2种幼苗,每种4~6株,每处理7~8个试验小区(每试验小区面积4~6 m<sup>2</sup>),定植穴深、宽度为20~25 cm,每穴1株,青冈幼苗采取保全定植(即定植时保持植株完整),青冈幼苗高约30 cm,基径约5.50 mm;金银花幼苗则在培土后于离地面40 cm处剪断,基径约5.10 mm。定植完成后,用数显游标卡尺(精度0.01 mm)和钢卷尺(精度0.1 cm)分别测量各株幼苗的基径和株高并挂牌标记。于当年6月26日、9月21日和12月21日分别测定各成活植株的株高(主枝)和基径,最后一次(12月21日)还测量了金银花植株各级分枝的生长量,并计算金银花幼苗的枝条年度总生长量(即主枝生长量和各级分枝生长量之和)。

## 2.3 光照及土壤性状测定

光照及土壤性状测定分别在2012年7月中旬和2012年11~12月进行。其中前者利用智慧型自

动量程数字照度计(VICTOR1010A型,深圳市胜利高电子科技有限公司)于晴天的11:00~14:00时,分别测定各先锋树种树冠下及树冠外空地地面1 m处的光照强度,其中在茶条木和银合欢每个植株树冠下随机选择5~6个测点(取平均值,下同),任豆树冠下随机测定10~12个测点,同时在各先锋树种植株冠外空地(距离树冠外缘不小于1 m)随机测定5~6个测点,以此求算各先锋树种树冠的透光率,茶条木、任豆和银合欢分别测定了7、5和10株(丛),各包含7、8和7个试验小区。土壤性状测定包括物理性状和化学性状,其中物理性状采用100 cm<sup>3</sup>环刀法,主要测定土壤容重、总孔隙度和田间持水量等指标;化学性状主要测定pH值(电位法)、有机质(重铬酸钾容量法-外加热法)、全氮(半微量开氏法)、全磷(HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>法)和全钾(NaOH)熔融火焰光度法等指标<sup>[27]</sup>。采集土样时,环刀取土深度为地表下2 cm,茶条木、任豆、银合欢和冠外空地分别采集6、5、6和10个(中坡和上坡各5个)重复(环刀);化学性状土样取土深度为地表下2~15 cm,每一采样小区(试验小区)随机采土3~4个位点并混合(重复),取土量(鲜重)约550~600 g,各处理取土重复数与环刀数相同。

## 2.4 数据分析

透光率 = 树冠下平均光照度 / 树冠外平均光照度 × 100%;

年相对增长率(Relative growth rate, RGR)<sup>[28]</sup>:

$$RGR = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\%$$
 其中  $X_0$ 、 $X$  分别为2012年3月和12月幼苗的株高或基径。

相对相邻作用系数(Relative interaction index,

RRI)<sup>[29]</sup>: 
$$RRI = \frac{X_N - X_0}{X_N + X_0}$$

其中,  $X_N$ 、 $X_0$  分别为同一坡位青冈或金银花幼苗在3种先锋树种树冠下和裸地的年度株高(枝条)或基径净生长量, RRI的取值范围为[-1, +1],当RRI>0时,表示相邻作用是正效应,即上层树种对青冈或金银花幼苗的生长具有保育作用;当RRI<0时,表示相邻作用是负效应,即上层树种对青冈或金银花幼苗的生长存在抑制作用, RRI的绝对值越大,表明上层树种对2种幼苗生长的保育作用或抑制作用越明显。

数据分析和绘图分别采用SPSS 17.0软件和

Excel 2003 中进行,并用 LSD 法进行多重比较和差异性显著检验( $P<0.05$ )。

### 3 结果和分析

#### 3.1 先锋树种树冠下的光照及土壤性状特征

从测定结果来看,3种先锋树种的树冠均能起到明显降低光照强度的作用(表1),透光率为银合欢 > 任豆 > 茶条木,与裸地间均存在极显著差异( $P=0.000$ ),并且茶条木与任豆、银合欢间亦存在极显著差异( $P=0.000$ ),表明在光照强烈的夏季,不同先锋树种树冠对减弱强光作用存在差异。而在对

土壤性状的影响方面,3种先锋树种对改善树冠下土壤的物理性状起到一定作用,包括降低土壤容重、提高总孔隙度和增大田间持水量等,但对树冠下土壤的化学性状的改善作用较小。

#### 3.2 先锋树种对树冠下幼苗成活的影响

2012年12月进行调查,青冈和金银花的幼苗保存率分别为80.0%~94.5%和85.0%~100.0%(图1),同种幼苗在不同处理间差异不显著(青冈  $P=0.600$ ,金银花  $P=0.148$ )。无论是在中坡还是在上坡,青冈幼苗在茶条木、任豆和银合欢树冠下的保存率均要大于同一坡位的裸地,表明这些先锋树

表1 3种先锋树种树冠下光照及土壤理化性状

Table 1 Transmission and soil physical and chemical properties under canopy of 3 pioneer trees

先锋树种 Pioneer tree species	透光率 Transmission (%)	容重 Soil bulk density ( $g\ cm^{-3}$ )	总孔隙度 Total porosity (%)	田间持水量 Field water capacity ( $g\ kg^{-1}$ )	pH	有机质 Organic matter (%)	全氮 Total nitrogen (%)	全磷 Total phosphorus (%)	全钾 Total potassium (%)
裸地(中坡) Bare land (midslope)	100.00A	1.38±0.07a	54.48±2.58ab	281.87±25.08ab	6.83±0.29a	4.80±0.72a	0.324±0.049ab	0.079±0.016ab	0.080±0.031a
茶条木 <i>Delavaya toxocarpa</i>	24.98±4.87B	1.34±0.08a	55.72±2.99a	297.58±30.51a	6.88±0.25ab	5.00±0.53a	0.309±0.025abc	0.073±0.011ac	0.078±0.002ac
任豆 <i>Zenia insignis</i>	52.69±8.87C	1.31±0.05a	57.01±1.90a	310.97±12.61a	7.22±0.04b	4.57±0.40ab	0.380±0.081b	0.101±0.025b	0.094±0.020a
裸地(上坡) Bare land (upper slope)	100.00A	1.41±0.01a	50.95±4.77b	250.22±26.96b	6.92±0.16ab	4.46±0.35ab	0.280±0.039ac	0.053±0.009c	0.044±0.003b
银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>	58.91±13.40C	1.36±0.07a	55.32±1.20ab	297.97±21.64a	6.83±0.33a	3.86±0.11b	0.236±0.028c	0.049±0.009c	0.045±0.006bc

同列数据后不同大、小写字母分别表示差异极显著( $P<0.01$ )和显著( $P<0.05$ )。以下图表同。

Data followed different capital and small letters indicate significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively. The same is following Tables and Figures.

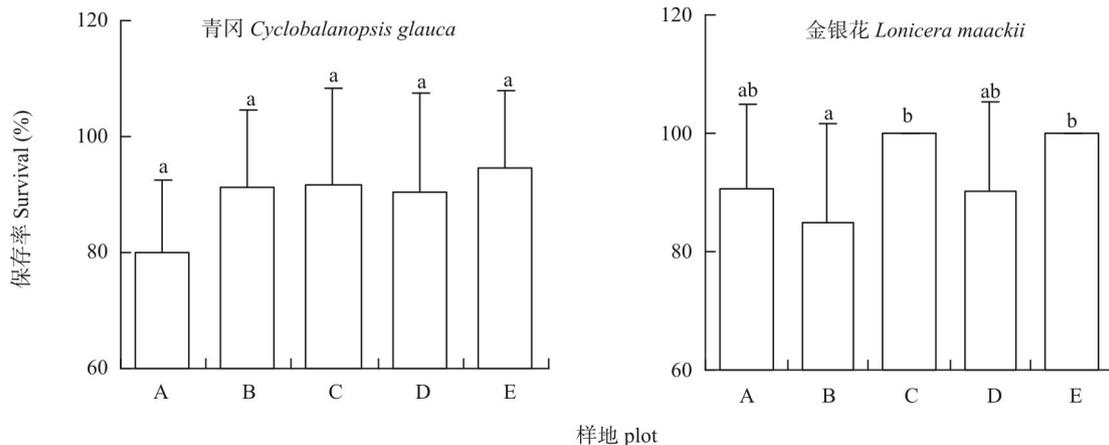


图1 幼苗的年度保存率。A: 裸地(中坡); B: 茶条木; C: 任豆; D: 裸地(上坡); E: 银合欢。图2同。

Fig. 1 Annual survival of seedlings. A: Bare land (midslope); B: *Delavaya toxocarpa*; C: *Zenia insignis*; D: Bare land (upper slope); E: *Leucaena leucocephala*. The same is Figure 2.

种对青冈幼苗的成活起到一定的保育作用。金银花幼苗保存率在中坡以茶条木 < 裸地 < 任豆, 在上坡则裸地 < 银合欢, 且金银花幼苗保存率在茶条木和任豆、银合欢间存在显著差异( $P < 0.05$ )(图 1)。结合先锋树种树冠的透光率分析(表 1), 茶条木(B)树冠的平均透光率仅为 24.98%, 而任豆和银合欢树冠的平均透光率分别达到 52.69% 和 58.91%, 表明在石漠化地区的环境条件下, 上层树种的适度遮荫对金银花幼苗成活比较有利, 而过度遮荫则会起到相反的作用。

### 3.3 幼苗生长量特征

青冈和金银花幼苗的株高或主蔓生长量和基径生长量在不同时期存在一定差异(图 2), 其中, 2

种幼苗在多数处理的株高或主枝的生长量为 7-9 月 > 4-6 月 > 10-12 月, 而基径生长量则是 7-9 月 > 10-12 月 > 4-6 月, 表明 7-9 月均为 2 种幼苗株高(主蔓)和基径生长最快的时期。

从 2012 年 3 月至 12 月, 青冈幼苗株高和基径的总生长量分别为 18.3~31.8 cm 和 2.10~2.92 mm, RGR 则分别为 81.6%~166.3% 和 40.0%~56.2%, 即株高的 RGR 明显大于基径(表 2)。在不同处理中, 青冈幼苗株高和基径的总生长量分别为银合欢 > 茶条木 > 任豆 > 裸地(上坡) > 裸地(中坡)和茶条木 > 银合欢 > 任豆 > 裸地(中坡) > 裸地(上坡), 即在同一坡位, 青冈幼苗在先锋树冠下的株高生长量和基径生长量均要大于裸地, 其中裸地(中坡)与茶条木树冠下之间的株高生长量差异显著

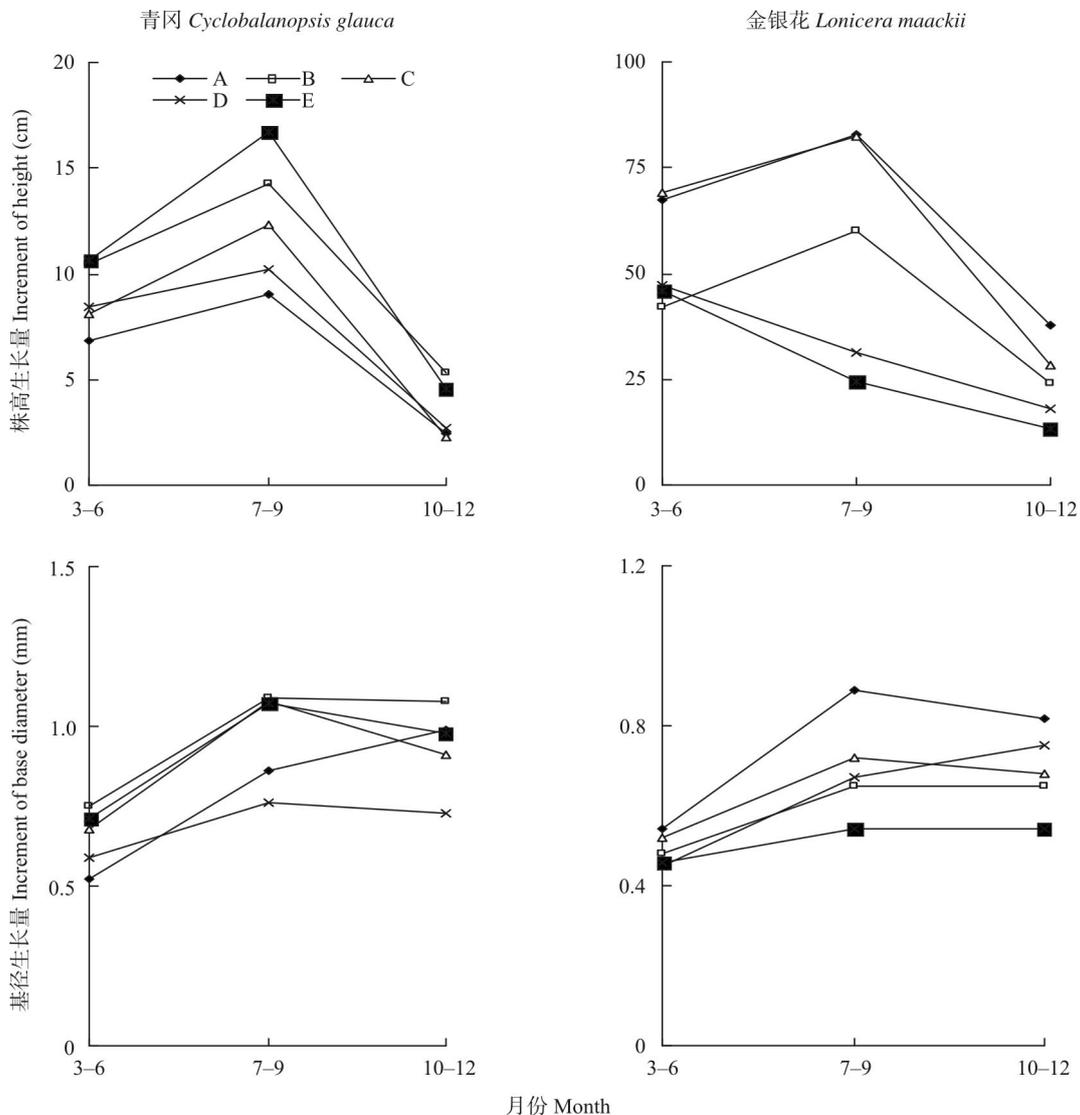


图 2 青冈和金银花幼苗的生长量动态

Fig. 2 Dynamics changes in seedling growth of *Cyclobalanopsis glauca* and *Lonicera maackii*

表2 幼苗的生长量特征

Table 2 Increment of seedling growth

先锋树种 Pioneer tree species	种类 Species	株高 Height (cm)			基径 Base diameter (mm)		
		均值 Average	RGR	RII	均值 Average	RGR	RII
裸地(中坡) Bare land (midslope)	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	18.3±14.0ABa	81.6±59.5	0.0000	2.37±0.78AB	45.4±13.4	0.0000
茶条木 <i>Delavaya toxocarpa</i>		30.1±15.3BCb	166.3±88.6	0.2438	2.92±0.65B	56.2±12.1	0.1040
任豆 <i>Zenia insignis</i>		22.7±11.2AB	117.6±46.3	0.1073	2.67±0.83AB	52.9±15.9	0.0595
裸地(上坡) Bare land (upper slope)		20.6±11.9A	96.7±48.6	0.0000	2.10±0.84A	40.0±15.3	0.0000
银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>		31.8±14.7C	150.4±77.4	0.2137	2.76±1.12B	52.9±17.1	0.1358
裸地(中坡) Bare land (midslope)	金银花 <i>Lonicera maackii</i>	1288.5±765.4Aa		0.0000	2.25±0.67Aa	48.5±14.4	0.0000
茶条木 <i>Delavaya toxocarpa</i>		535.2±319.6B		-0.4131	1.78±0.83B	39.0±17.9	-0.1166
任豆 <i>Zenia insignis</i>		956.2±322.2Ab		-0.1480	1.92±0.45AB	41.6±11.7	-0.0791
裸地(上坡) Bare land (upper slope)		553.3±294.0B		0.0000	1.89±0.60ABb	41.0±13.8	0.0000
银合欢 <i>Leucaena leucocephala</i>		451.2±345.4B		-0.1016	1.54±0.50B	33.4±13.0	-0.1020

( $P=0.016$ ), 而裸地(上坡)与银合欢树冠下之间的株高生长量和基径生长量均差异极显著( $P=0.002$  和  $P=0.004$ )。金银花幼苗枝条总生长量和基径生长量分别为 451.2~1288.5 cm 和 1.54~2.25 mm, 均为裸地(中坡) > 任豆 > 裸地(上坡) > 茶条木 > 银合欢, 即在同一坡位, 金银花幼苗在 3 种先锋树种树冠下的枝条总生长量和基径生长量均小于裸地, 其中裸地(中坡)与茶条木树冠下之间的枝条总生长量和基径生长量差异极显著( $P=0.000$  和  $P=0.009$ ), 而裸地(中坡)与任豆树冠下之间的枝条总生长量差异显著( $P=0.018$ )。

### 3.4 先锋树种对树冠下幼苗生长的相邻作用

根据 RII 的计算结果(表 2), 3 种先锋树种对其树冠下青冈幼苗生长均表现出一定的保育作用( $RII>0$ ), 而对金银花幼苗生长则表现出一定的抑制作用( $RII<0$ )。茶条木对青冈幼苗株高和基径的 RII 分别为 0.2438 和 0.1040, 对金银花幼苗枝条和基径的 RII 分别为 -0.4131 和 -0.1166; 任豆对青冈幼苗株高和基径的 RII 分别为 0.1073 和 0.0595, 对金银花幼苗枝条和基径的 RII 分别为 -0.1480 和 -0.0791; 银合欢对青冈幼苗株高和基径的 RII 分别为 0.2137 和 0.1358, 对金银花幼苗枝条和基径的 RII 分别为 -0.1016 和 -0.1020, 总的来说, 无论是保育作用还是抑制作用, 3 种先锋树种对树冠下幼苗株高或枝条生长的影响要大于其对基径生长的影响。

## 4 讨论

石漠化山地是我国南方极度退化生态系统和造林困难立地的典型代表<sup>[30]</sup>, 其对目标植物的生态适应性和植被修复技术等的要求很高。在遵循岩溶森林植被演替规律的基础上, 从本地及相邻地区收集和引进耐瘠耐旱和适生快长的先锋树种构建乔木先锋群落, 启动或恢复退化植物群落的正向演替, 是促进该区植被恢复的有效技术手段<sup>[31]</sup>。多年来的植被修复试验证明, 茶条木、任豆、银合欢和狗骨木(*Swida wilsoniana*)等先锋树种对桂西南石漠化山区具有非常良好的适应性, 造林成活率高, 生长速度快, 能在较短的时期内形成具有复层结构的先锋群落, 对改善微气候和土壤环境等起到了非常明显的作用, 为后续人工构建或自然演替成更为复杂的植物群落创造了比较有利的条件。

植物群落的构建、维持和演替是以不同植物种群之间的种间关系为基础, 而群落上层植物对冠下其他植物则存在保育、抑制和中性等作用效应<sup>[4,32]</sup>。已有的研究表明<sup>[2]</sup>, 保育植物主要通过调节微气候、改善土壤条件以及防止动物啃食等直接或间接作用的形式提高目标植物成功定居的机率, 而保育作用的有无和大小等还与上层树冠的冠层特性和下层植物的耐荫性等因素有关。如 Yang 等<sup>[12,14]</sup>的研究表明, 先锋灌木桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)的保育功能与其冠下目标植物的耐阴性存在正相关, 即目标植物的耐阴性越强, 桃金娘的

保育功能就越明显;而芒(*Miscanthus sinensis*)则由于其具有过度遮阴的特性,对其冠下锥(*Castanopsis chinensis*)、木荷(*Schima superba*)、马尾松(*Pinus massoniana*)和桃金娘等幼苗起到了非常明显的抑制作用。在桂西南石漠化山区,强光、高温和干旱等是影响其植被修复效果的制约性因素<sup>[31]</sup>,而利用现存或定植耐瘠耐旱的先锋树种或其他植物以起到减弱强光、降低高温和改良土壤等作用,是提高其植被修复效率的重要技术方法。在本研究中,任豆、茶条木和银合欢3种先锋树种的树冠能明显降低光照强度,对其树冠下土壤的物理性状亦能起到一定或比较明显的改善作用,它们对青冈幼苗的成活和生长均表现出一定或是比较明显的保育作用,其主要原因在于青冈虽属阳性树种,但其在幼苗期需要一定的阴湿或遮阴环境才能生长良好<sup>[24]</sup>,而上层树冠遮挡和改善后的土壤结构为青冈幼苗成活和生长营造了较为适宜的小环境。但对金银花幼苗而言,由于金银花的耐阴性较差,即使在幼苗期也需要较强的光照才能生长良好,任豆和银合欢为落叶树种,枝下高较大,树冠比较稀疏,透光率超过50%,其适度遮荫有利于金银花幼苗渡过定植后的恢复生长期,但在金银花幼苗进入正常生长后因其对光照需求迅速增加,而上层树冠的遮挡在一定程度上限制了其对光资源的摄取,进而影响了植株的生长,因此任豆和银合欢对金银花幼苗成活存在保育作用,但对其生长存在抑制作用。茶条木为常绿小乔木,枝下高较小,树冠比较稠密,透光率不足25%,难以满足树冠下金银花幼苗对光照的需求,因而尽管在定植初期金银花幼苗成活率很高,但在恢复生长后由于光照条件较差,大多数幼苗生长不良并出现部分幼苗死亡的现象,使其幼苗保存率受到比较明显的影响,因此茶条木对金银花幼苗成活和生长均存在抑制作用。根据上述研究结果和分析,在桂西南石漠化山区植被修复实践中,可以选择茶条木、银合欢和任豆等先锋树种作为青冈幼苗的保育植物,而金银花则应选择这些先锋树种的冠幅之外作为定植点,以减少或消除它们对幼苗生长的不利影响。

## 参考文献

- [1] Silvertown J, Charlesworth D. Translated by Li B, Dong H Q, Lu J Z, et al. Introduction to Plant Population Biology [M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2003: 172–208.
- [2] Ren H, Yang L, Liu N. Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China [J]. Proc Nat Sci, 2007, 17(11): 1461–1466.  
任海, 杨龙, 刘楠. 保育植物理论及其在南亚热带生态恢复中的应用 [J]. 自然科学进展, 2007, 17(11): 1461–1466.
- [3] Bertness M D, Callaway R. Positive interactions in communities [J]. Trend Ecol Evol, 1994, 9(5): 191–193.
- [4] Zhang W P, Wang G X. Positive interactions in plant communities [J]. Acta Ecol Sin, 2010, 30(19): 5371–5380.  
张炜平, 王根轩. 植物邻体间的正相互作用 [J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5371–5380.
- [5] Yang L, Liu N, Wang J. Review of the research on nurse plant effect [J]. Trop Geogr, 2012, 32(3): 321–330.  
杨龙, 刘楠, 王俊. 植物护理效应研究综述 [J]. 热带地理, 2012, 32(3): 321–330.
- [6] Brooker R W, Callaghan T V. The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: A model [J]. Oikos, 1998, 81(1): 196–207.
- [7] Olivier R, Jacques L. Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus huminilis*) [J]. J Ecol, 2000, 88(3): 401–412.
- [8] Callaway R M, Brooker R, Choler P, et al. Positive interactions among alpine plants increase with stress [J]. Nature, 2002, 417(6891): 844–847.
- [9] Stultz C M, Gehring C A, Whitham T G. Shifts from competition to facilitation between a foundation tree and a pioneer shrub across spatial and temporal scales in a semiarid woodland [J]. New Phytol, 2006, 173(1): 135–145.
- [10] Nuñez C I, Raffaele E, Nuñez M A, et al. When do nurse plants stop nursing? Temporal changes in water stress levels in *Austrocedrus chilensis* growing within and outside shrubs [J]. J Veget Sci, 2009, 20(6): 1064–1071.
- [11] Vandenberghe C, Smit C, Pohl M, et al. Does the strength of facilitation by nurse shrubs depend on grazing resistance of tree saplings? [J] Basic App Ecol, 2009, 10(5): 427–436.
- [12] Yang L, Ren H, Liu N, et al. The shrub *Rhodomyrtus tomentosa* acts as a nurse plant for seedlings differing in shade tolerance in degraded land of south China [J]. J Veget Sci, 2010, 21(2): 262–272.
- [13] Armas C, Rodríguez-Echeverría S, Pugnaire F. A field test of the stress-gradient hypothesis along an aridity gradient [J]. J Veget Sci, 2011, 22(5): 818–827.
- [14] Yang L, Ren H, Liu N, et al. Can perennial dominant grass *Miscanthus sinensis* be nurse plant in recovery of degraded hilly land landscape in South China? [J] Landscape Ecol Eng, 2013,

- 9(2): 213–225.
- [15] Liu N, Ren H, Yuan S, et al. Testing the stress-gradient hypothesis during the restoration of tropical degraded land using the shrub *Rhodomyrtus tomentosa* as a nurse plant [J]. *Res Ecol*, 2013, 21(5): 578–584.
- [16] Kitzberger T, Steinaker D F, Veblen T T. Effects of climatic variability on facilitation of tree establishment in northern Patagonia [J]. *Ecology*, 2000, 81(7): 1914–1924.
- [17] Letourneau F J, Andenmattena E, Schlichter T. Effect of climatic conditions and tree size on *Austrocedrus chilensis* shrub interactions in northern Patagonia [J]. *For Ecol Manage*, 2004, 191(1/2/3): 29–38.
- [18] Padilla F M, Pugnaire F I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments [J]. *Front Ecol Environ*, 2006, 4(4): 196–202.
- [19] Klanderud K. Climate change effects on species interactions in an alpine plant community [J]. *J Ecol*, 2005, 93(1): 127–137.
- [20] Castro J, Zamora R, Hódar J A, et al. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: A 4-year study [J]. *Restor Ecol*, 2004, 12(3): 352–358.
- [21] Gómez-Aparicio L, Zamora R, Gómez J M, et al. Applying plant facilitation to forest restoration: A meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants [J]. *Ecol Appl*, 2004, 14(4): 1128–1138.
- [22] Castro J, Zamora R, Hódar J A. Restoring *Quercus pyrenaica* forests using pioneer shrubs as nurse plants [J]. *Appl Veg Sci*, 2006, 9(1): 137–142.
- [23] Du X J, Liu C R, Yu X J, et al. Effects of shading on early growth of *Cyclobalanopsis glauca* (Fagaceae) in subtropical abandoned fields: Implications for vegetation restoration [J]. *Acta Oecol*, 2008, 33(2): 154–161.
- [24] Zhong J X. Illustration of Plants in Guangxi Limestone Mountains [M]. Nanning: Guangxi People's Publishing House, 1982: 1–202. 钟济新. 广西石灰岩石山植物图谱 [M]. 南宁: 广西人民出版社, 1982: 1–202.
- [25] Li X K, Lü S H, Jiang Z C, et al. Experiment on vegetation rehabilitation and optimization of agro-forestry system in Karst Fengcong depression (peak cluster) area in western Guangxi, China [J]. *J Nat Res*, 2005, 20(1): 92–98. 李先琨, 吕仕洪, 蒋忠诚, 等. 喀斯特峰丛区复合农林系统优化与植被恢复试验 [J]. *自然资源学报*, 2005, 20(1): 92–98.
- [26] Lü S H, Li X K, Lu S H, et al. The preliminary study on seedling and afforestation of native trees in karst region of Guangxi [J]. *Guangxi Sci*, 2006, 13(3): 236–240. 吕仕洪, 李先琨, 陆树华, 等. 广西岩溶乡土树种育苗及造林研究 [J]. *广西科学*, 2006, 13(3): 236–240.
- [27] Zhang J E. Common Experiment Methods and Techniques in Ecology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 51–232. 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 51–232.
- [28] Rodríguez-García E, Ordóñez C, Bravo F. Effects of shrub and canopy cover on the relative growth rate of *Pinus pinaster* Ait. seedlings of different sizes [J]. *Ann For Sci*, 2011, 68(2): 337–346.
- [29] Armas C, Ordiales R, Pugnaire F I. Measuring plant interactions: A new comparative index [J]. *Ecology*, 2004, 85(10): 2682–2686.
- [30] Zhang X B. Scientific examination and suggestions on vegetation restoration in afforestation-difficult area [J]. *Yangtze River*, 2004, 35(10): 6–7. 张信宝. 造林困难地区植被恢复的科学检讨及建议 [J]. *人民长江*, 2004, 35(10): 6–7.
- [31] Li X K, He C X, Jiang Z C. Method and principles of ecological rehabilitation and reconstruction in fragile karst ecosystem [J]. *Carso Sin*, 2003, 22(1): 12–17. 李先琨, 何成新, 蒋忠诚. 岩溶脆弱生态区生态恢复、重建的原理与方法 [J]. *中国岩溶*, 2003, 22(1): 12–17.
- [32] Song Y C. Vegetation Ecology [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001: 62–75. 宋永昌. 植被生态学 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 62–75.