

滇东南岩溶山地次生林土壤 种子库储量与优势成分

沈有信¹, 陈胜国², 江洁², 蔡光丽², 张平²

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南昆明 650223; 2. 文山州农业学校, 云南文山 663000)

摘要: 采用样线取样与温室萌发实验相结合的方法, 调查了滇东南典型岩溶山地次生林的土壤种子库储量及其优势成分。结果发现, 岩溶山地次生林下贮存有丰富的植物种子, 在厚度为 10 cm 的表层土壤中的种子储量变动于 4 930~14 930 粒/m² 之间, 高于对照成熟林的 3 780 粒/m²。在 10 cm 的垂直剖面上, 单位体积的种子储量在厚度为 0~2、2~5、5~10 cm 的三个层面间逐渐下降, 但 5~10 cm 土层内仍然储藏了大量的种子。三种次生林的乔、灌、草、藤的比例组成与对照成熟林的差异不大, 无论是种子个体数量还是物种种类数都以草本为主(平均为 85.5% 和 69.9%), 灌木次之(平均为 12.8% 和 19.4%), 藤本(平均为 1.6% 和 4.2%) 和乔木(平均为 0.6% 和 6.5%) 稀少。在所研究的三个次生林样地内种子数量处于前三位的种子都来自菊科的紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*), 胜红蓟(*Ageratum conyzoides*), 劲直白酒草(*Conyza stricta*), 一点红(*Emilia sonchifolia*) 等四个物种中的三个种, 与成熟林下的土壤种子库中前三位物种基本相同。土壤种子库与地表植被间的相似性较小。

关键词: 岩溶山地; 次生林; 土壤种子库; 储量; 优势成分

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)06-0528-05

Storage and dominants in soil seed banks under karst secondary forests in southeastern Yunnan

SHEN You-xin¹, CHEN Sheng-guo², JIANG Jie²,
CAI Guang-li², ZHANG Ping²

(1. Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, CAS, Kunming 650223, China; 2. Agriculture
School of Wenshan Prefecture, Wenshan 663000, China)

Abstract: The storage and dominants of viable seeds in soil seed banks of the typical karst secondary forests in southeastern Yunnan were studied by using greenhouse germination methods and transect soil sampling method. There were abundant viable seeds stored in the soil seed banks under karst secondary forests. Seeds identified in soils at 10 cm depth ranged from 4 930 to 14 930 indi./m², higher than that of 3 780 indi./m² under a contrast matured karst forest. Vertically, the number of seeds per soil unit dropped down gradually from 0~2 cm depth, 2~5 cm depth to 5~10 cm depth under secondary forests and matured forest. The composition of tree, shrub, herb and liana species differed slightly between secondary and matured forest. Herb species dominated the soil seed banks whether in terms of seed density or number of species identified (with average of

收稿日期: 2003-01-02 修订日期: 2003-04-25

基金项目: 福特基金(美国)会(1015-0281); 云南省基金(2002C004)资助。

作者简介: 沈有信(1966-), 男, 云南宜良人, 硕士, 助研, 现从事退化生态系统的研究与恢复工作。

85.5% or 69.9% respectively). Shrub came next after herb species (with average of 12.8% or 19.4% respectively), liana (with average of 1.6% or 4.2% respectively) and tree (with averages of 0.6% or 6.5% respectively) species were rare. Among the three secondary karst forests studied, the top three species with higher seed percentage were three of the four Compositae species: *Eupatorium adenophorum*, *Ageratum conyzoides*, *Conyza stricta*, and *Emilia sonchifolia*, almost the same with that of matured forest. Low similarity in species composition was found between soil seed bank and the standing vegetation.

Key words: karst; secondary forests; soil seed banks; storage; dominants

土壤种子库是指存在于一定体积土壤中有活性的、休眠及未休眠的植物种子的总和,它是植物群落更新发展的重要基础之一,它的存在将为植物群落的演替、群落遭受干扰和破坏后的恢复提供繁殖体(Fenner, 1992; Kebrom & Tesfaye, 2000; 扬跃军等 2001),因而土壤种子库的种子储量、种类组成与结构将成为群落更新与恢复的重要决定因子(Shaw, 1996; Wijdeven 和 Kuzze, 2000)。我国是世界上岩溶面积最大、分布最广的国家,尤以西南的滇、黔、桂三省区最为集中,碳酸盐类岩石出露发育的岩溶面积约占三省区土地总面积的 40%(张殿发等, 2001)。由于自然、人为和历史等的原因,原生的岩溶植被已遭到了不同程度的破坏,留下了大量的不同发育阶段的次生林。这些次生林土壤种子库的研究将对揭示这些森林的恢复演替机制、制订相关的管理措施具有积极的意义。目前在岩溶地区的种子库研究很少(刘济明, 1999, 2000),尚无对石灰岩山地次生林的研究。本文通过对云南典型的岩溶山地次生林的研究,探讨了其土壤种子库的储量、优势成分及垂直分布规律。

1 样地概况和研究方法

1.1 研究地点与样地类型

本研究在岩溶分布较为集中的云南东南部进行。共选择了位于不同地点的三个岩溶山地次生林植被类型作为研究对象,该三个点位于 $23^{\circ}16' \sim 23^{\circ}59' \text{ N}$, $104^{\circ}24' \sim 104^{\circ}58' \text{ E}$ 范围内。各点的海拔高度、坡度、坡向相似。为便于比较,在相邻的自然保护区($23^{\circ}26' \text{ N}$, $104^{\circ}48' \text{ E}$)选取典型岩溶山地成熟森林群落作为对照。

次生林 A(SFA):天然龙山森林受人为反复砍伐,当地居民不喜欢利用的白枪杆(*Fraxinus malacophylla*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、榄仁(*Terminalia franchetii* var. *membranifolia*)、紫弹树(*Celtis biondii*)等落叶大树稀疏分布,上层乔木 10~12 m,乔木盖度 60%,林内粗细不等的藤本发达,

林下幼苗较多。枯枝落叶层在 0.5 cm 左右。

次生林 B(SFB):80 年代初保护后发育的萌生幼年次生林,以后还有适度择伐,以青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)为主,参杂清香木(*Pistacia weinmannifolia*)等常绿树种,上层乔木 4~5 m,乔木盖度 70%。约有 1~3 cm 苔藓与枯枝落叶的混合层。

次生林 C(SFC):80 年代初期保护,以后仍有择伐影响的次生林,主要以青冈为主,同时混生有圆果化香(*Platycarya longipes*)之类的落叶阔叶树,上层乔木 4~5 m,乔木盖度 90%。地表约有 2 cm 的枯枝落叶层。

成熟林 D(MFD):自然保护区内存存较好的石山成熟林,乔木分 3 层,最上层高 20~22 m,由常绿的润楠(*Machilus pingii*)、青冈与落叶的猴欢喜(*Sloanea laurifolia*)、水青冈(*Fagus longipetiolata*)等组成混交林。林内藤本发达,枯枝落叶层在石隙中集聚达 10 cm,植物根系穿梭于岩石裂隙中。

1.2 研究方法

2001 年 4 月春季开始时在所选样地内,平行选取两条 50 m 样线,每 10 m 取一 10 cm×10 cm×10 cm 土样,分 0~2、2~5、5~10 cm 三层分别装于土袋中,每个样地共采集土样 10 个。取回土样用水冲洗过 5 目(4 mm)和 75 目(0.21 mm)筛(Ter heerd 等, 1996; Chang 等, 2001),将两筛之间的土样转入萌发皿,编号后置于研究区域内的文山州农业学校的温室内进行萌发实验,隔离外界可能的种子干扰,保持土壤湿润以利于种子萌发,记录出苗种类与数量,直到一周内无出苗为止。对部分难鉴定幼苗,移栽定植到能鉴定为止。

在采集土样之地,设置 3 个 20 m×20 m 样方,于 2001 年 11 月调查其内的地表物种组成情况。

2 结果与分析

2.1 土壤种子库储量

实验中共检测出 3 558 棵幼苗,根据各样地幼

苗数计算出厚度为 10 cm 的表层土壤种子库密度,其数值变动于 3 780~14 930 粒/m² 之间(表 1)。次生林的平均种子密度为 10 603 粒/m²,远远高于对照成熟林。但不同的次生林间也有极大差异,SFB、SFC 点的密度远高于 SFA 点,而 SFA 点的密度则接近 MFD 点。这一方面说明次生林土壤种子库的种子密度有大于原生成熟林的趋势,同时可能因次生林间的林龄等的差异,土壤种子库的种子密度等也有较大差异。从种子库的垂直分布来看,无

论是次生林还是成熟林,若将每层的萌发种子数量(表 1)转换成单位体积所含种子数量,则这种数量随土壤的深入而降低,且这种差异已经达到显著和极显著水平。

2.2 生活型及优势成分

萌发实验中检测出 44 科 71 属的 82 种植物种子。不同次生林下土壤种子库中物种数量变动于 35~45 种之间,平均为 40 种,有高于成熟林下种子物种数的趋势。

表 1 岩溶山地次生林土壤各土层萌发的种子数量和总密度(粒/m²,平均值±标准误)

Table 1 Seedlings germinated from different soil layers and the seed density (ind./cm², mean±standard error) of the different secondary karst forests

	样地类型 Forest type	SFA *	SFB * *	SFC *	MFD * *
萌发幼苗数量 Seedlings germinated (n=10)	0~2 cm	196	392	544	118
	2~5 cm	135	374	427	123
	5~10 cm	162	429	522	137
	总数 Total	493	1195	1493	378
种子密度 Seed density (ind./m ²)		4 930±905	11 950±1 315	14 930±3 892	3 780±251
共有种子数量 Seeds in common with stand vegetation (ind.)		85	331	123	14

SFA:次生林 A Secondary forest A; SFB:次生林 B Secondary forest B; SFC:次生林 C Secondary forest C; MFD:成熟林 D Matured forest D.

* p<0.05, * * p<0.01; 层间单位体积种子数量差异性 Significance of seeds difference per volume among the different layers.

表 2 不同岩溶山地次生林土壤种子库样本萌发的物种数

Table 2 Number of species germinated from the soil samples taken from different karst secondary forests

	MFD	SFA	SFB	SFC	次生林平均 Means of secondary forest
科 Family	21	21	18	23	20.7
属 Genus	33	43	34	38	38.3
种 ¹⁾ Species	35(2)	45(3)	35(7)	40(5)	40(5)

MFD, SFA, SFB, SFC 同表 1 Same as in table 1.

¹⁾ 括号内数字为与地表植被共有种数 Number in parentheses is species found in the stand vegetations

总数的平均比例为 0.6%, 种类数占总种类数的 6.5%, 略低于成熟林的 1.1% 和 8.6%。藤本物种种子数量占总数的平均比例为 1.0%, 种类数占总种类数的 4.2%, 略低于成熟林的 1.3% 和 8.6%。

表 3 列出了各土壤种子库的不同生活型下的主要物种及其萌发个体数量占总萌发数量的比例。三个地点的次生林的土壤种子库中, 种子数量处于前三位的种子都来自菊科的紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*), 胜红蓟(*Ageratum conyzoides*), 茛苈白草(*Conyza stricta*), 一点红(*Emilia sonchifolia*)等四个物种中的三个种, 与成熟林下的土壤种子库中主要物种基本相同。灌木中的黄蘗(*Rubus obcordatus*), 序叶苎麻(*Boehmeria clidemioides*)和长毛绣线菊(*Spiraea martinii* var. *pubescens*)显现了一定的数量。藤本和乔木物种在各种林下的数量都很少, 乔木中相对普遍的物种为滇新樟(*Neocinnamomum caudatum*)。

2.3 土壤种子库与地表植被

土壤种子库与地表植被的相似性很低, 仅检测到少量的与地表植被相对应的物种(表 2), 大量的种子库中物种在相应的地表植被中并未有植株体, 尤其是所占比例较高的草本物种。共有物种的种子

生活型组成及优势种类组成是土壤种子库的重要特征。在三种次生林中, 无论是从萌发的幼苗数量还是物种种类来看, 岩溶山地次生林下的土壤种子库中的种子都以草本为主(图 1、2)。草本物种的种子数量所占比例变动于 81.4%~92.3% 之间, 平均为 85.5%; 草本物种种类数占总种类数的比例则为 57.5%~77.8%, 平均为 69.9%。比成熟林的 82.8% 和 62.9% 略高。灌木物种在种子库中占据了一定的比例, 其种子数量占总种子数的比例为 6.5%~17.4%, 平均为 12.8%; 而种类数占总种类数的比例则为 11.1%~30.0%, 平均为 19.4%, 比成熟林的 14.8% 和 20.0% 略低。乔木和藤本在种子库中相对较少, 次生林下乔木物种种子数量占

数量在种子库中占有较少的数量,且这种数量又与森林的年龄有关,年龄长的次生林和成熟林内这些

共有的种子数量较少(表 1)。部分共有种属于种子库中各生活型的优势种(表 3)。

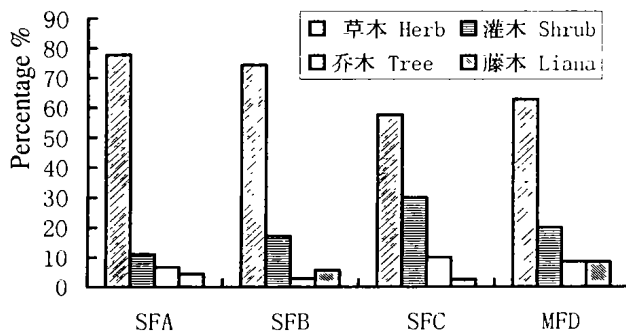


图 1 岩溶山地次生林土壤种子库中生活型的物种组成
Fig. 1 Proportional composition of life forms by species in the soil seed banks of different karst forests

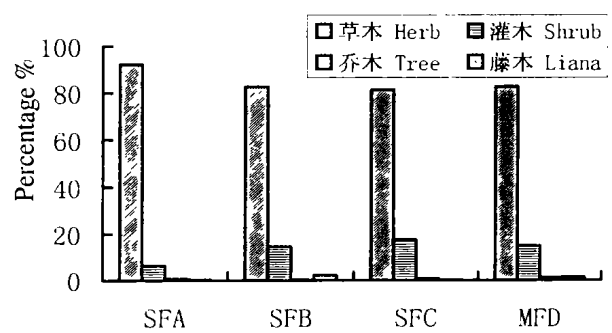


图 2 岩溶山地次生林土壤种子库中生活型的个体组成
Fig. 2 Proportional composition of life forms by individuals in the soil seed banks of different karst forests

表 3 岩溶山地次生林土壤种子库中的各生活型的优势物种及其萌发种子百分比
Table 3 Major species of different life form and their seed germination percentage in the soil seed banks of secondary karst forests

种名 Species	所属科 Family	生活型 Life form	SFA	SFB	SFC	MFD	合计 Total
鸡骨柴 <i>Elsholtzia fruticosa</i> (D. Don) Rehd.	唇形科	灌木	1.42	1.67	0.27	—	0.87
序叶苧麻 <i>Boehmeria clidemioides</i> Miq.	荨麻科	灌木	1.42	1.26	4.76	9.52	3.62
黄蘗 <i>Rubus obcordatus</i> (Fr.) Nguyen Van Thuan	蔷薇科	灌木	0.41	5.61	4.96	3.17a	4.36
长毛绣线菊 <i>Spiraea martini</i> L'evl. var. <i>pubescens</i> Yu	蔷薇科	灌木	—	5.77a	1.21a	—	2.44
水茄 <i>Solanum torvum</i> Swartz.	茄科	灌木	3.04	—	0.13	0.53	0.53
半齿铁子 <i>Myrsine semiserrata</i> Wall.	紫金牛科	乔木	—	0.33a	0.33a	—	0.25
滇新樟 <i>Neocinnamomum caudatum</i> (Nees) Merr.	樟科	乔木	0.20	—	0.27a	0.26	0.17
藤荔 <i>Ficus pumila</i> Linn.	桑科	藤本	0.20	0.59	—	—	0.22
地石榴 <i>Ficus tikoua</i> Bur.	桑科	藤本	—	1.76	0.27	0.79	0.79
酢酱草 <i>Oxalis corniculata</i> Linn.	酢酱草科	草本	3.65	4.02	2.28	1.85	3.01
刚秀竹 <i>Microstegium ciliatum</i> Trin.	禾本科	草本	0.81a	3.35a	1.34a	1.06	1.91
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i> Linn.	菊科	草本	16.23a	1.34	32.28	0.53	16.30
劲直白酒草 <i>Conyza stricta</i> Wild.	菊科	草本	12.58	20.50	7.10	26.72	14.44
一点红 <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	菊科	草本	6.90	11.63	2.41	23.54	8.37
紫茎泽兰 <i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng.	菊科	草本	12.58	17.24a	22.17	14.81	18.40
辣子草 <i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	菊科	草本	1.42	1.59	0.33	1.32	1.01
鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i> D. Don	菊科	草本	3.45	0.84	2.34	1.06	1.85
多头苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i> Cass.	菊科	草本	2.84	3.51	1.67	1.85	2.47
顶头马兰 <i>Strobilanthes affinis</i> Griff.	菊科	草本	3.65	0.50	1.61	0.26	1.38
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand. -Mazz.	菊科	草本	1.62	0.33	1.47	0.53	1.01
莎草 <i>Cyperus rotundus</i> Linn.	莎草科	草本	1.62	4.35	1.41	3.44	2.64
合计 Total (%)			74.04	86.19	88.61	91.27	86.06

MFD, SFA, SFB, SFC 同表 1 Same as in table 1; a: 相应植被样地中存在 Found in the stand vegetation.

3 讨 论

本研究中的次生林和成熟林下的种子密度值都远高于相邻的贵州岩溶山地 (25°09' ~ 25°20' N,

107°52' ~ 108°25' E) 的山顶森林和漏斗森林 0~20 cm 土层的土壤种子密度 (830~1 245 粒/m²) (刘济明, 1999, 2000)。也远高于同纬度的广东鼎湖山 (23°10' N, 112°34' E) 的不同季节的幼年季风常绿阔叶林 (92~157 粒/m²) 和成熟季风常绿阔叶林下

0~10 cm 土层的土壤种子密度(84~150 粒/m²) (黄忠良等,1996)。这些差异除与森林群落本身的差异所导致的种子产生、散布、种子生理有关外(Granström,1988; Hyatt 和 Casper,2000),可能还与这些次生林和成熟林所处的环境差异有关。研究中发现土壤库的种子与地表植被的相似性较小(表 1),尤其是大量的草本物种的种子在地表植被中未发现相应的植株体(表 2、3),因而大量的种子只能来源于群落之外或是当地原有的。实验中所选次生林样地,包括成熟林周围的森林都遭受和正在遭受各种人为破坏而向灌草丛阶段演化,所选样地已成为这些高度破坏后的群落包围之中的“岛屿”,土壤不仅承接和储藏了群落地表植被所产生的种子,也承接和储藏了大量来自周围灌草丛植被群落内的草本植物的种子。种子库中较高的草本种子比例,也从另一个侧面反映了这种种子的外源性。

另外,种子库中的高密度和高草本物种比例还与物种的生理特性和采样的时间等因素有关。草本种子中持久性(persistent)的种子相对于乔灌木为多(Baskin 和 Baskin,1998),而乔灌木物种的种子大多属于暂时性(transient)的种子,它们在土壤中的寿命不会超过下一个种子季节。刘济明(1999)在贵州的岩溶山地上也发现,大量的乔灌木物种仅在种子产生后的一段时间内存在,即它们属于暂时性的种子,而大量的草本物种,如白酒草(*Conyza japonica*)等则在一年内的多个季节的土壤种子库中同时存在。另外草本物种的种子相对较小且产籽量高,容易被各种媒体传播,另一方面因草本种子淀粉含量小等原因而使其被动物和微生物危害的几率相对较小(黄忠良等,1996)。因而种子库中的高的草本物种比例似乎成为了一种共性(Fenner,1992; 曹敏等,1997)。本研究的春季采样可能屏蔽了很多属于暂时性的、容易受各种动物危害的木本植物的种子,而采集到了大量的持久性的、容易被各种媒体传播的体积较小的草本物种种子。

岩溶次生林种子库中的这些特点决定了其对这些次生林未来动态的低影响性。次生林的进一步演替离不开乔木物种,因而其内贮藏的大量与地表植被相似性较小的非乔木物种种子对次生林的进一步演替不会形成太大的贡献。半齿铁子和滇新樟是种子库中乔木物种种子储量最多的物种,但其种子数量很少(表 3),同时该两物种在地表植被中也未占据优势,因而对次生林植被的更新与后期演替意义

不大。现存植被中的大量乔灌木物种通过幼苗库(Fenner,1992; Kebrom 和 Tesfaye,2000)或萌生而获得更新。

种子库的一个重要意义在于其能在群落遭受破坏后提供繁殖体(Fenner,1992; Kebrom 和 Tesfaye,2000; 扬跃军等,2001)。岩溶次生林和成熟林中的乔、灌木物种的种子种类和数量较少,使种子库的这一特性受到限制,植被一旦遭到破坏,多数乔、灌木物种不能从种子库中补充新个体,必须靠其它形式获得补充。我国有大量的岩溶地域分布,现存的次生林或成熟林已经很少,在使用和管理这些森林时必须充分考虑这一特性,对那些种子在土壤中表现为暂时性的植物不能将其母体全部破坏,以便保存这些植物种的更新能力,使这些物种不至于从局部的群落中消失。

参考文献:

- Baskin CC, Baskin MJ. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination[M]. USA: Academic Press, 133—162.
- Cao M(曹敏), Tang Y(唐勇), Zhang JH(张建侯), et al. 1997. Storage and dominants in soil seed banks under the tropical forests of Xishuangbanna(西双版纳热带森林的土壤种子库储量及优势成分)[J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), 19(2): 177—183.
- Chang ER, Jefferies RL, Carleton TJ. 2001. Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh[J]. *Journal of Ecology*, 89: 367—384.
- Fenner M. 1992. Seed: the ecology of regeneration in plant community[M]. UK: C. A. B. International, 211—235.
- Granström A. 1988. Seed bank at six open and afforested heathland sites in southern Sweden[J]. *Journal of Applied Ecology*, 25: 297—306.
- Huang ZL(黄忠良), Kong GH(孔国辉), Wei P(魏平), et al. 1996. A study on the soil seed banks at the different succession stages of south subtropical forests(南亚热带森林不同演替阶段土壤种子库的初步研究)[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), 4(4): 42—49.
- Hyatt LA, Casper BB. 2000. Seed bank formation during early secondary succession in a temperate deciduous forest[J]. *Journal of Ecology*, 88: 516—527.
- Kebrom T, Tesfaye B. 2000. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Wello, Ethiopia[J]. *Biotropica*, 32(1): 23—32.
- (下转第 540 页 Continue on page 540)

斜基柳叶蕨(中国植物志)

Cyrtogonellum inaequale Ching in Bull. Fan Mem. Inst. Boil. Bot. 8: 331. pl. 7. f. 4. 1938; Y. T. Hsieh in Bull. Bot. 10(3): 95. 1990. — *Cyrtomium fraxinellum* var. *inaequale* Christ in Bull. Acad. Geogr. Bot. 11: 264. 1902. — *Cyrtogonellum minimum* Y. T. Hsieh, ibid. 9(3): 17. 1989 & 10(3): 95. 1990. syn. nov.

广西:百色地区,那坡(坡荷),石灰岩山,岩隙阴湿,海拔 930 m,李保贵 1778, 2002. 11. 4.

分布:四川、贵州。

石生柳叶蕨(贵州蕨类植物志)

Cyrtogonellum × rupicola P. S. Wang ex X. Y. Wang, 王陪善等, 贵州蕨类植物志, 242. 图版 61: 2. 2001.

广西:百色地区,那坡县(龙合),石灰岩山,岩隙阴湿,海拔 1 200 m,李保贵 1709, 2002. 10. 20; 百色地区,那坡县(坡荷),石灰岩山,岩隙阴湿,海拔 930 m,李保贵 1782, 2002. 11. 4.

分布:贵州(安顺)。

3 三叉蕨科 Aspidiaceae

光叶轴脉蕨(中国植物志)

Ctenitopsis sagenioides (Mett.) Ching var. **glabrescens**-Ching et C. H. Wang in Acta Phytotax. Sinica 19: 125. 1981; 中国植物志, 6(1): 44. 1999.

广西:百色地区靖西,通灵大峡谷,笋沟边,阴湿处,海拔 300 m,李保贵 1751, 2002. 10. 27.

分布:云南东南部(河口)。

参考文献:

- 孔宪需, 朱维明, 等. 2001. 中国植物志 5(2)[M]. 北京: 科学出版社.
- 王陪善, 王筱英. 2001. 贵州蕨类植物志[M]. 贵州: 贵州科技出版社.
- 江苏省植物研究所. 1977. 江苏植物志(上册)[M]. 江苏: 江苏人民出版社.
- 朱维明, 王中仁, 等. 1999. 中国植物志 3(2)[M]. 北京: 科学出版社.
- 吴兆洪, 王铸豪. 1999. 中国植物志 6(1)[M]. 北京: 科学出版社.
- 陈焕镛. 1964. 海南植物志(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社.
- 张朝芳, 章绍尧, 等. 1993. 浙江植物志(第一卷)[M]. 浙江: 浙江科学技术出版社.
- 周厚高, 黎 桦, 等. 2000. 广西蕨类植物概览[M]. 北京: 气象出版社: 19.
- 秦仁昌, 邢公侠, 等. 1990. 中国植物志 3(1)[M]. 北京: 科学出版社.
- 福建植物志编写组. 1991. 福建植物志(第一卷)(修订本)[M]. 福州: 福建科学技术出版社.
- Huang Tseng-Chieng, et al. 1994. Flora of Taiwan (Second Edition)[M]. TAIPEI: TAIWAN, ROC.
- RE HOLTUM, MA Sc D, FLS. 1968. Flora of Malaya, Volume II [M]. Government printing office singapore.

(上接第 532 页 Continue from page 532)

Liu JM(刘济明). 1999. Study on the seed bank of Maolan karst funnel forest(茂兰喀斯特漏斗森林种子库研究)[J]. *Journal of Southwest Agricultural University* (西南农业大学学报), 25(5): 466—472.

Liu JM(刘济明). 2000. The seed bank of forest community at the pinnacles of Maolan karst hilly area in Guizhou(贵州茂兰喀斯特山地顶部森林群落种子库研究)[J]. *Forest Research* (林业科学研究), 13(1): 44—50.

Shaw PJA. 1996. Role of seed bank substrates in the revegetation of fly ash and gypsum in the United Kingdom [J]. *Restoration Ecology*, 4(1): 61—70.

Ter Heerdt GNJ, Verweij GL, Berker RM, et al. 1996. An improved method for seed bank analysis; seedling e-

mergence after removing the soil by sieving[J]. *Functional Ecology*, 10: 144—151.

Wijdeven SMJ, Kuzee ME. 2000. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica [J]. *Restoration Ecology*, 8(4): 414—424.

Yang YJ(杨跃军), Sun XY(孙向阳). 2001. Forest soil seed bank and natural regeneration(森林土壤种子库与自然更新)[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 12(2): 304—308.

Zhang, DF(张殿发), Wang SJ(王世杰). 2001. Potential, limitation and development strategies of southwest karst area(西南喀斯特地区的开发潜力、制约因素及其战略措施)[J]. *Rural Ecological Environment* (农村生态环境), 17(3): 9—12.