

滇东喀斯特山地土壤种子及其分布特征

沈有信¹, 张平², 蔡光丽², 陈胜国², 江洁²

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

摘 要: 土壤种子是潜在的植物种群。在水洗土壤样品过粗细筛后, 对云南东部 3 个不同岩溶地点的 3 种植被类型下的土壤中的种子进行了萌发实验研究, 结果表明岩溶山地各植被类型的土壤中贮藏着丰富的种子, 每个 10 cm × 10 cm × 10 cm 土柱内储藏有 40.9~ 149.3 粒种子, 高于贵州喀斯特山地和同纬度的广东森林。相对而言, 次生林下的土壤中拥有相对较多的种子种类与数量, 而退化草地内则较少, 灌丛与二者之间的差异无明显规律。草本种子对密度值的贡献最大, 灌木次之, 乔木和藤本稀少。所有土壤的种子在水平方向上的分布差异巨大。种子密度随土层的深入而减小, 次生林的减小趋势小于退化草地。垂直方向上的这种梯度差异可能与土壤的物理性质有关, 次生林的土壤由于有机质含量高而使土壤的疏松程度高, 有利于种子在土壤中的移动。

关键词: 喀斯特; 土壤种子; 水平分布; 垂直分布

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

自然状况下, 土壤是陆生植物种子最主要的贮藏库。尽管各种植物种子所采取的散落策略各异, 但无论是重力传播、风播、水传播还是依赖于各种动物传播, 成熟植物的种子最终都将回到土壤表面或进入土壤内部, 为植物群落的演替、群落遭受干扰和破坏后的恢复补充新个体^[1~3], 因而土壤中的种子是潜在的植物种群^[4,5]。土壤种子是土壤与植物相互作用的一个重要载体, 土壤对地表植被的影响离不开土壤种子的贡献和土壤对种子的储存能力与状况。一定时期土壤内的种子数量既受种子的补充途径、数量与各种种子的生理特性限制, 也受土壤贮藏环境、各种食种子动物、微生物等的影响^[6,7]。有关喀斯特山地土壤种子的研究相对较少^[8,9]。本文通过对喀斯特山地的不同植被类型的土壤种子的研究, 探讨了喀斯特土壤中的种子数量、多样性及其在土壤中的水平和垂直分布特征。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点与退化植被类型

本研究在喀斯特分布较为集中的云南东部的喀斯特山区 (23°16' ~ 23°59' N, 104°24' ~ 104°58' E) 进行。该区的地带性植被为石灰岩常绿、落叶混交林^[10], 优势树种多为壳斗科 (Fagaceae), 榆科 (Ulmaceae) 和漆树科 (Anacardiaceae) 物种。3 个研究点 (A, B, C 表示), 每点分别选取相对较好的次生林、退化后正在恢复的灌丛、退化严重的草地 3 种类型。同一地点的 3 个类型的样地都处于同一喀斯特漏斗边坡上, 坡度 20° ~ 40°, 海拔 1 100 ~ 1 500 m, 地表岩石裸露率 60% ~ 70%。次生林地 20 世纪 80 年代后保护并有适度择伐的龙山林, 乔木层平均高度大于 4 m, 盖度大于 60%; 灌丛为严重破坏后经过 4 ~ 5 年的恢复地, 大量乔灌木物种已经开始生长, 灌木层平均高度 1~ 2 m, 盖度 40% (A、B 点) ~ 70% (C 点) 不等; 退化地则选择当地的弃耕地 (A 地)、放牧和樵薪 (B、C 地) 后遗留的以草本为主要植被的山地, 草本盖度大于 80%, 含少量小灌木。

1.2 研究方法

2001- 04 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 3 层

收稿日期 (Received date): 2003- 08- 12; 改回日期 (Accepted): 2003- 10- 20。

基金项目 (Foundation item): 福特基金 (美国) 会 (项目号: 1015- 0281), 云南省自然科学基金 (2002C004) 资助 [This project was funded by Ford Foundation (No. 1015- 0281) and Natural Science Foundation of Yunnan Province (2002C004)]

作者简介 (Biography): 沈有信 (1966-), 男, 汉族, 云南昆明人, 中科院西双版纳热带植物园助理研究员, 主要从事恢复生态学研究。联系电话: 0871- 5160910, E-mail: yxshen@xtbg.ac.cn [SHEN You-xin (1966-), male, associate researcher of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, specialized on restoration ecological research. Tel: 0871- 5160910, E-mail: yxshen@xtbg.ac.cn]

(0~ 2 cm, 2~ 5 cm, 5~ 10 cm) 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(0.21 mm) 目筛^[11, 12], 将中间部分转入萌发皿内, 编号后置于温室内(23°16′ E, 104°24′ N)。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, 移栽定植到能鉴定时为止。根据出苗数计算出不同样本、不同样本各层次的种子储量及其物种数。各种类的生活型以《云南植被》^[10] 为依据。用方差分析和邓肯(Duncan) 多重比较对同一地点的不同植被类型间的种子储量和物种组成的差异进行检验。

$CV = S/x$, s 为样本标准差, X 为样本平均值。

2 结果与讨论

2.1 种子储量及其在不同植被类型间的变化

喀斯特山地各植被类型的土壤中贮藏着丰富的种子, 每个 10 cm× 10 cm× 10 cm 土柱内储藏有 40.9 ~ 149.3 粒种子(表 1), 也即在厚度为 10 cm 的表层土壤内的种子密度为 4 090~ 14 930 粒·m⁻²。这些密度值远高于相邻的贵州喀斯特山地和同纬度的广东鼎湖山。刘济明^[8, 9] 发现贵州茂兰自然保护区(25°09′ ~ 25°20′ N, 107°52′ ~ 108°25′ E) 的喀斯特山地的种子密度(0~ 20 cm) 在一年的不同季节变动于

830~ 1245 粒·m⁻²。黄忠良等^[13] 报道的广东鼎湖山(23°16′ N, 112°34′ E) 的幼年季风常绿阔叶林和成熟季风常绿阔叶林的种子密度分别为 92~ 157 粒·m⁻² 和 84~ 108 粒·m⁻²。而与云南热带森林(3 345~ 29 945 粒·m⁻²)^[14] 的密度(0~ 10 cm) 处于同一数量级。草本种子对密度值的贡献最大, 灌木次之, 乔木和藤本稀少(见表 1)。

较高的种子密度与萌发实验方法有关。大多数草本物种的种子较小, 萌发时受土壤条件限制较大, 尤其是萌发实验时土层的深度。Ter Heerdt 等^[12] 通过水洗的方法来减轻这种限制, 其结果表明, 不用水冲洗过筛的样品的种子密度比用水冲洗过筛的样品低 33~ 88%。本研究使用了冲洗过筛方法, 增加了种子的萌发, 尤其是一些小颗粒的草本种子的萌发, 从而提高了种子密度并增大了草本种子的比例。

当然地表植被种类差异导致的种子来源, 种子萌发特性^[15, 16] 以及土壤储藏环境等也对喀斯特山地的种子密度产生影响。这就使得种子密度在不同地点及植被类型间相差很大。同一地点次生林的种子密度与退化草地间的差异达到显著水平, 而灌丛与次生林或草地间的关系在三个地点间表现不一样。因而可以说, 巨大的地表植被的覆盖差异可导致土壤种子密度的差异。

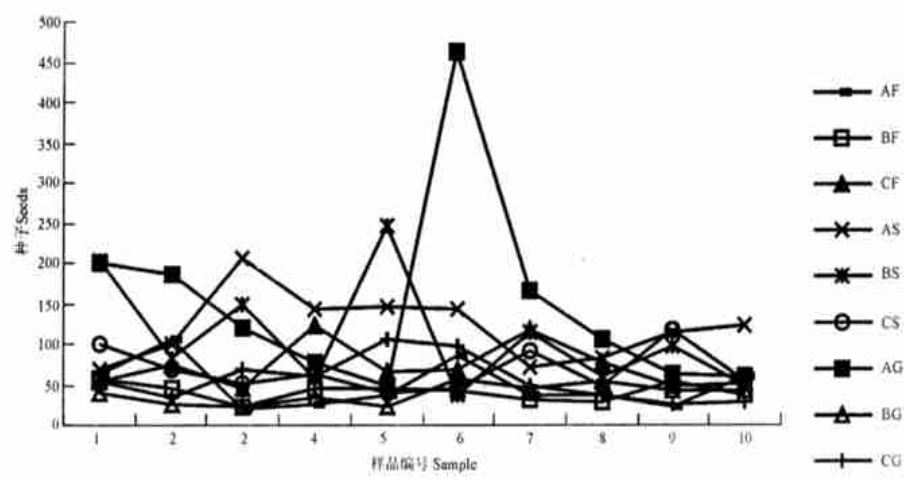
2.2 土壤种子的水平分布特征

表 1 喀斯特山地不同植被类型土壤中的种子及其生活型组成(10 cm× 10 cm× 10 cm 土柱, $n = 10$)

Table 1 Seeds (10 cm× 10 cm× 10 cm unit, $n = 10$) buried in the different soils that covered with three kinds of vegetation and their life forms in karst upland

地点 Location	植被类型 Vegetation types	草 本 Herb	灌 木 Shrub	乔 木 Tree	藤 本 Liana	合 计 Total	最小值 Min	最大值 Max	CV
A	F	46.3 ^a	2.4	0.4	0.2	49.3 ^a	20	105	0.58
	S	38.4 ^a	1.4	0.2	0.9	40.9 ^a	22	57	0.27
	G	70.3 ^b	1.1	0.4	0.9	72.7 ^b	46	122	0.37
B	F	100.8	15.5 ^a	0.4	2.8 ^a	119.5 ^a	70	205	0.35
	S	103	6.6 ^b	0	0 ^b	109.6 ^{ab}	37	247	0.64
	G	66.9	1.0 ^b	0	0 ^b	68.0 ^b	39	116	0.38
C	F	122.1 ^a	25.5	1.2 ^a	0.5	149.3 ^a	50	464	0.82
	S	28.8 ^b	10.1	0 ^b	0.1	39.0 ^b	24	56	0.30
	G	43.5 ^b	12.6	0 ^b	0.1	56.2 ^b	27	106	0.49
平均 Average	F	89.7 ^a	14.5 ^a	0.7 ^a	1.2 ^a	106 ^a			
	S	56.7 ^b	6.0 ^b	0.1 ^b	0.3 ^b	63.2 ^b			
	G	60.2 ^{ab}	4.9 ^b	0.1 ^b	0.3 ^b	65.6 ^b			

F: 次生林 Secondary forest; S: 灌丛 Scrub; G: 退化草地 Grass land; Min: 最小值 Minimum; Max: 最大值 Maximum; C V: 变异系数 Coefficient of variation



A, B, C: 地点代码 Codes of the three location; F: 次生林 Secondary forest; S: 灌丛 Scrub; G: 退化草地 Degraded grass land

图1 喀斯特山地不同植被类型土壤样品(10 cm×10 cm×10 cm)所含种子的数量差异

Fig 1 Variation of seeds identified at soil samples of different vegetation types in karst area

种子在水平方向上的分布是不均匀的, 如图1所示, 同植被类型的10个样本之间的种子数量之间差异很大。另外各植被类型的种子数量的最大值与最小值(见表1)的差异, 以及变异系数也显示土壤内种子在水平方向上的重大差异。这种水平分布的不均匀性与植被类型间关系不明显。种子在水平方向的变异似乎是土壤中种子分布的共性。一个重要的原因是各种植物种子在水平方向上分布的非均匀性。多数植物的种子相对聚集成斑块状(Cluster)分布^[17, 18], 而这些斑块的分布也是不规则的^[19]。正因为这种种子的水平分布特性, 研究土壤中种子时

的取样面积和取样大小就显得十分重要, 足够的取样才能降低样本的标准差。

2.3 垂直分布

种子密度随土层的加深而逐渐减少(表3), 2~5 cm 的密度值较0~2 cm 减少31%~61%, 平均减少49%; 5~10 cm 土层较2~5 cm 土层减少25%~51%, 平均减少38%。这种减少的趋势似乎与土壤的环境有关。总的趋势表现为, 次生林较缓(相应减少比例分别为46%和29%), 灌丛次之(51%和39%), 退化草地降低最快(57%和48%)。

表3 喀斯特山地不同植被类型土壤的各垂直层面的平均种子密度(1 cm 厚, 10 cm×10 cm 土层的种子数)

Table 3 Average seeds density (Seeds of 10 cm×10 cm soil with 1 cm depth, n=10) of each soil depth fraction of soil seed banks of different karst degraded vegetation types

地点 Location	植被类型 Vegetation types	平均种子密度 Average seeds density				O. M %
		0~2 cm	2~5 cm	5~10 cm	Average	
A	次生林 Secondary forest	9.8	4.5	3.24	4.93	11.77
	灌丛 Scrub	8.65	3.5	2.62	4.09	11.26
	退化草地 Grass land	13.7	8.2	4.14	7.27	7.09
B	次生林 Secondary forest	19.6	12.46	8.58	11.95	17.73
	灌丛 Scrub	20.85	13.76	5.32	10.96	6.31
	退化草地 Grass land	16.35	5.8	3.26	6.8	6.07
C	次生林 Secondary forest	27.2	14.23	10.44	14.93	18.07
	灌丛 Scrub	8.55	3.36	2.36	3.9	9.27
	退化草地 Grass land	15.2	4.46	2.48	5.62	9.29

O. M: 土壤有机质 Soil organic matter

岩溶山地石多土少, 所调查样地的土石比大多小于 30%, 少量石隙成为土壤、有机质的承载体, 也是各种土壤动物的栖息地, 因而大多数喀斯特山地的石灰土表层浅薄, 有机质十分丰富(见表 3)且土质疏松, 为植物种子在土壤内的垂直移动创造了有利条件。植被的演替等级越高, 土壤越疏松, 0~ 10 cm 内的土壤差异越小。而长期干扰下的退化草地的表层土壤有机质流失严重, 土壤相对板结, 种子在土中的移动相对困难, 导致下层土壤中的种子密度与上层产生较大差异。因此, 喀斯特山地的土壤和地表植被的退化影响了土壤种子库的层间差异, 反过来土壤种子库的这种层间差异也反映了土壤和地表植被的退化。该结果也建议喀斯特土壤种子库的研究还应加深采样深度。

参考文献(References):

- [1] Shaw P J. A. Role of seed bank substrates in the revegetation of fly ash and gypsum in the United Kingdom[J]. *Restoration Ecology*, 1996. **4** (1): 61~ 70.
- [2] Wijdeven S M J, Kuzee M E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica[J]. *Restoration Ecology*, 2000. **8** (4), 414~ 424.
- [3] PENG Jing, LI Xu-guang, DONG Ming, *et al.*. Soil seed banks of subtropical evergreen broad-leaved forest on Simian Mountain, Chongqing[J]. *Acta phytocologica Sinica*, 2000. **24**(2): 209~ 214. [彭军, 李旭光, 董鸣, 等. 重庆四面山亚热带长绿阔叶林土壤种子库[J]. 植物生态学报. 2000. **24**(2): 209~ 214.]
- [4] Kebrom T, Tesfaye B. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in Southern Welo, Ethiopia[J]. *Biotropia*, 2000. **32**(1): 23-32.
- [5] YANG Yue-jun, SUN Xiang-yang. Forest soil seed bank and natural regeneration[J]. *Chinese journal of applied ecology*, 2001. **12**(2): 304~ 308. [杨跃军, 孙向阳. 森林土壤种子库与天然更新[J]. 应用生态学报. 2001. **12**(2) 304-308.]
- [6] Fenner M. Seed: the ecology of regeneration in plant community. UK: C. A. B. International, 1992. 211~ 235.
- [7] Baskin C C, Baskin M J. Seeds: Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination. USA: Academic Press. 1998. 133~ 162.
- [8] LIU Ji-ming. Study on the seed bank of Maolan karst funnel forest[J]. *Journal of Southwest Agricultural University*, 1999. **25**(5): 466~ 472. [刘济明. 茂兰喀斯特漏斗森林种子库研究[J]. 西南农业大学学报, 1999. **25**(5)466~ 472.]
- [9] LIU Ji-ming. The seed bank of forest community at the pinnacles of Maolan karst hilly area in Guizhou. *Forest research*, 2000. **13**(1): 44~ 50. [刘济明. 贵州茂兰喀斯特山地顶部森林群落种子库研究[J]. 林业科学研究, 2000. **13**(1) 44~ 50.]
- [10] Editorial Committee of Vegetation China. Vegetation China[M]. Beijing: Science publisher. 1983. [中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社. 1983.]
- [11] Chang E R, Jefferies R L, Carleton T J. Relationship between vegetation and soil seed banks in an arctic coastal marsh. *Journal of Ecology*, 2001. **89**: 367~ 384.
- [12] Ter Heerdt G N J, Verweij G L, Berker R M, *et al.* An improved method for seed bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving[J]. *Functional Ecology*, 1996. **10**: 144~ 151.
- [13] HUANG Zhong-liang, KONG G. uo-hui, WEI Ping, *et al.* A study on the soil seed banks at the different succession stages of south subtropical forests[J]. *Journal of tropical and subtropical botany*, 1996. **4**(4): 42~ 49. [黄忠良, 孔国辉, 魏平, 等. 南亚热带森林不同演替阶段土壤种子库的初步研究[J]. 热带亚热带植物学报, 1996. **4**(4): 42~ 49.]
- [14] CAO Ming, TANG Yong, ZHANG Jian-hou, *et al.*. Storage and dominants in soil seed banks under the tropical forests of Xishuangbanna[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997. **19**(2): 177~ 183. [曹敏, 唐勇, 张建侯, 等. 西双版纳热带森林土壤种子库储量与优势成分[J]. 云南植物研究, 1997. **19**(2): 177~ 183.]
- [15] Granström, A. Seed bank at six open and afforested heathland sites in southern Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 1988. **25**: 297~ 306.
- [16] Hyatt, L. A. & B. B. Casper. Seed bank formation during early secondary succession in a temperate deciduous forest. *Journal of Ecology*, 2000. **88**: 516~ 527.
- [17] Thompson K. Small scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. *J. of Ecology*, 1986. **74**: 733~ 738.
- [18] Dessaint F, Chadoeuf R, Barralis G. Spatial pattern analysis of weed seeds in the cultivated soil seed bank. *J. Appl. Ecology*, 1991. **28**: 721~ 730.
- [19] Bigwood D W, Inouye D W. Spatial pattern analysis of seed bank: An improved method and optimized sampling. *Ecology*, 1988. **69**: 497~ 507.

Seeds and Their Distribution in the Soils of Karst Upland in Eastern Yunnan

SHEN You-xin¹, ZHANG Ping², CAI Guang-li², CHEN Sheng-guo² and JIANG jie²

(1. Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, CAS, Kunming, 650223

2. Agriculture School of Wenshan Prefecture, Wenshan, Yunnan)

Abstract: Seeds are the potential populations of plant. Using germination method after washing soil samples through a fine and a course sieve, soil seeds were studied for 3 kinds of soils covered with various vegetations at 3 karst locations in Eastern Yunnan. The results showed that there were abundant seeds stored in soils. There were 40.9~149.3 seeds for each of 10 cm×10 cm×10 cm soil unit which were much higher than that of karst soils in Guizhou and that of forest soils of Guangdong at the same latitude. Generally, seed density of secondary forest soil was higher than that of grassland. There was no any regular trend between seeds of scrub soils and that of grassland. Most of seeds were herbacious, shrub seeds came next, tree and liana were rare. Seeds were unevenly distributed horizontally at all the soils across the vegetation types and locations. Seeds density was dropped down vertically with a slow rate in the soil of secondary forest. The physical characteristics of soil might contribute to this difference of vertical drop rate. Higher organic matter made the soil less compact and easier for seeds to move into deep soil.

Key words: karst; seeds in the soils; horizontal distribution; vertical distribution