

三峡库区典型岩溶山地土壤种子库研究^{*}

——以重庆市为例

李阳兵¹, 谢德体², 魏朝富²

(1. 重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047; 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 用“以空间代替时间”的方法, 选取重庆市北碚、巫山、黔江、南川金佛山等4个典型地点, 从种类组成、种子数量、物种多样性、种子分布规律和物种相似性方面比较了三峡库区典型岩溶山地处于不同生态演替序列的自然(原始)林地、次生林地、灌草坡、耕地、人工林、弃耕抛荒地等土地利用系统的土壤种子库特点。上述典型地点的研究表明: 研究区24个不同的样地土壤种子库共萌发植物68种, 土壤种子库组成总体上以草本植物为主且与地上植被关系较密切, 并仍处于植被演替的早期阶段, 退化较严重, 随土地利用强度增加, 土壤草本种子所占的比例也越大, 在弃耕地→灌草坡→次生林地序列上, 生态优势度呈降低趋势, 而物种丰富度和多样性增加; 石灰岩草坡开垦成耕地后, 其中本来较小的种子库很快受到破坏。因此, 土地利用方式的变化是对三峡库区石灰岩次生植被及其种子库的主要威胁。

关键词: 三峡库区; 重庆市; 岩溶山地; 土壤种子库; 土地利用; 植被恢复

中图分类号: S718

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2009)02-0044-05

存在于确定面积的土壤表面及其下的土层中具有活力的种子总数称为土壤种子库(Soil seed bank)。它作为潜在的植物种群以及原先植被的繁殖体来源, 在退化喀斯特植被的自然恢复过程中具有巨大的潜在重要性。土壤种子库与群落更新、植被重建、林窗动态及生物多样性保护密切相关, 对农业经济和生态环境有很大影响, 特别是在退化土地的植被恢复和砍伐林地的植被恢复方面更是有着重要的生态意义, 在矿业废弃地植被恢复中也有不可忽视的作用。从20世纪70年代后期以来, 种子库方面的研究得以广泛地开展, 如库中种子数量的统计分析^[1]、埋藏种子库种类组成与不同演替间关系的研究^[2]、不同群落类型种子库特征研究^[3]、种子库在废弃地动植物恢复中的作用研究^[4]、施肥方式对种子库与地上植被关系影响研究^[5]、土地利用方式对土壤种子库影响的研究^[6]、喀斯特森林土壤种子库动态研究^[7]等, 然而岩溶区土地利用方式对土壤种子库影响的研究尚未见报道。由于土地利用方式的变化是对半自然植物群落和其种子库的主要威胁^[8], 由此本研究以重庆市为例, 研究了分布在三峡库区的岩溶山区中不同土地利用方式下的土壤种子

库分布规律和物种多样性等, 为三峡库区岩溶山区植被恢复和生态建设提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

作为三峡库区主要分布区段的重庆市, 其幅员面积82 400 km², 碳酸盐岩出露面积占其中的40%左右, 为类似于地中海型具溶洼、丘峰的侵蚀溶蚀亚热带裸露岩溶景观, 主要集中于渝东北和渝东南各县, 并可分为: 渝中平行岭谷低山丘陵区、渝东北中山区、渝东南低中山区。区内多年10℃以上的积温为4 200~6 200℃。重庆市常年雨量充沛, 多年平均降雨量达1 038~1 186 mm。而市内以常绿阔叶林为基带的自然植被类型包括了阔叶林、针叶林、灌草丛等植被型组。1997年重庆市升为直辖市后, 其耕地面积、未利用土地面积、林地面积呈下降趋势; 而园地面积、草地面积、居民点及工矿用地面积、交通用地面积、水域面积均有不同程度增加, 其中居民点及工矿用地面积、交通用地面积增加明显。

1.2 研究方法

1.2.1 选点与采样 研究选择北碚区、巫山县、黔江

* 收稿日期 2008-10-14 修回日期 2008-12-11

资助项目: 重庆市教委项目(No. KT080818)

作者简介: 李阳兵, 男, 教授, 博士后, 研究方向为土地利用与生态过程。

区和南川区的金佛山分别作为平行岭谷低山岩溶区、渝东北岩溶区、渝东南低中山岩溶区和受干扰较小的岩溶生态系统的代表。四个地区的地质地貌和气候等生态背景不同,生态现状各异,典型的土地利用方式和社会经济发展状况均有差别,能全面反映重庆市岩溶山地的整体情况。所选取的研究样地中,1~10号样地来自北碚鸡公山,11~16号样地来自黔江,17~21号样地来自南川金佛山,22~26号样地来自巫山(表1)。样地选择采用“以空间代替时间”的方法,考虑岩溶山地生态演替序列:自然(原始)林地、次生林地、灌草坡、耕地、人工林、弃耕撂荒地,每个研究区的样地都选在一个完整的岩溶地貌单元内,尽量保证地形的一致性。依不同地貌部位、不同荒漠类型、不同土地利用方式与表生植被群落结构变异情况等,在选定的24个样地上各随机放置40 cm×25 cm小样方1个,分三层(0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm)取土壤种子库土样,同时观测生物生产量和多样性。土壤种子库试验采用萌发法,将样品放在萌发框中,保持湿度、光照,记录种子萌发数量和种类。实验持续6个月,萌发延续到土样搅拌后连续6周无出苗为止。

1.2.2 计算分析 物种多样性采用 Simpson 多样性指数和 Shannon-Weiner 多样性指数进行计算,并在此基础上进行生态优势度和丰富度指数的计算^[3],不同土地的种子的群落相似性系数计算公式为 $CC = 2w/(a+b)$,其中 CC 为相似性系数, w 为两个样地共有的种数, a 和 b 分别是两个样地各自拥有的种数。

表1 不同土地利用方式的样地分布与编号

Tab.1 The distribution and serial number of plots under different land use

土地类型	样地数	采样地点	样地编号
自然林地(草甸)	3	金佛山	17、19、20
次生林地(25 a、10 a、15 a、10 a、8 a、20 a) ¹	6	北碚、黔江、巫山	4、6、10、15、16、25
灌草坡	5	北碚、黔江、巫山	3、9、13、22、23
耕地、园地	7	北碚、黔江、巫山、南川	1、5、7、8、11、21、24
撂荒地(1 a、1 a、7 a) ²	3	北碚、黔江、巫山	2、12、26

注:1指6块次生林的时间依表中排列序列分别为25 a、10 a、15 a、10 a、8 a、20 a;2指3块地撂荒的时间依表中排列序列分别为1 a、1 a、7 a。

2 结果与分析

2.1 种子库组成分析

北碚10个不同的样地共萌发植物58种,隶属

23科,其中草本54种(含禾本科16种、菊科8种),灌木2种,乔木2种。种子数量较大的植物有白茅(*Imperata cylindrical* Beauv.)、细叶芹(*Apium leptophyllum*)、大狗尾草(*Setaria faberi* Herm.)、酢浆草(*Oxalis corniculata* L.)、细柄草(*Capillipedium parviflorum* Staf.)、唐松草(*Thalictrum* sp.)、黄牛奶树(*Symplocos laurina*)、黄荆(*Vitex negundo* L.)。弃耕地、果园、灌草坡均为草本植物种子,而人工林地灌木种类仅占总数的4%,其中样地6乔木种类占总数的6.7%、样地10乔木和灌木种类占总数的11.1%。在0.5 m×0.15 m内,各样地的种子数量有较大的差别,种子总数量的大小顺序是果园(成园20 a,1057粒)>草坡(930粒)>弃耕地(609粒)>人工林地(565粒)>次生林地(473粒)>疏林地(327粒)>灌草坡(315粒)>菜地(119粒)>坡耕地(46粒)>果园(成园5 a,91粒)。

金佛山4个样地萌发植物29种,其中草本25种,灌木2种,乔木2种。种子库数量大小顺序是草地(664粒)>耕地(86粒)>阔叶林地(41粒)>银杉林地(2粒)。草本中以禾本科为主,乔、灌木主要为萝藦科(*Asclepiadaceae*)植物以及鸡屎藤(*Paederia* sp.)、盐肤木(*Rhus chinensis*)。

黔江5个样地萌发植物54种,其中草本49种,灌木3种,乔木2种。种子总数量的大小顺序是人工林地(635粒)>次生林地(405粒)>灌草坡(269粒)>弃耕地(267粒)>耕地(61粒)。草本主要为桔梗科(*Campanulaceae*)植物,以及金色狗尾草(*Setaria glauca*) 50粒)、荩草(*Arthraxon* sp.) 20粒)、黄花蒿(*Artemisia annua* L.) 98粒)、繁缕(*Stellaria* sp.) 514粒)、过路黄(*Lysimachia* sp.) 150粒),乔、灌木为松(*Pinus* sp.) 2粒)、蔷薇(*Rosa* sp.) 3粒)。

巫山5个样地萌发植物48种,草本38种,灌木5种,乔木3种。种子总数量的大小顺序为次生林地(174粒)>耕地(66粒)>草坡(64粒)>灌丛(50粒)>弃耕地(15粒)。草本主要为莎草科(37粒)、唐松草(*Thalictrum* sp.) 13粒),乔灌有盐肤木(*Rhus chinensis*) 1粒)、杉(*Fir*) 2粒)、圆叶乌桕(*Sapium rotundifolium*) 1粒)、蔷薇(*Rosa* sp.) (3粒)等。

从4个地区各样地土壤种子库组成来看,可以认为随土地利用强度增加,土壤中草本种子所占的比例也越大。经常耕种的土地,种子库数量减少,这说明其数量和成分的变化与施肥和耕作等干扰有密

切关系。石灰岩草坡开垦成耕地后,其中本来较小的种子库很快受到破坏,导致种子库在质和量方面的锐减。从灌草坡向次生林地演替,北碚、黔江、巫山三地土壤种子库的种子有逐渐增加的趋势,与金佛山样地的结果相反,与黔中地区的研究不相符^[9],也与北碚区缙云山的观测^[10]不符,可能因为前三个地区石灰岩植被处于演替的早期阶段,林下空旷,草本植物和灌木种类较多,其散发的种子也较多。

2.2 种子库物种多样性分析

从表2可见,北碚区土壤种子库生态优势度大小顺序为:果园(成园5a)>果园(成园20a)>草坡、弃耕地>菜地>次生林地>坡耕地>灌草坡>弃耕疏林地>人工林地,丰富度指数 R_1 的大小顺序为:人工林地>弃耕地>次生林地>菜地>草坡>弃耕疏林地>坡耕地>灌草坡>果园(成园20a)>果园(成园5a);丰富度指数 R_2 的大小顺序为:菜地>弃耕坡地>坡耕地>人工林地>弃耕疏林地>次生林地>果园(成园5a)>灌草坡>草坡>果园(成园20a)。生态优势度高,反映种子库中优势种少,生态优势度低,表示种子库中优势种多。丰富度指数则反映种子库中植物种类的多少。由表2还可以看到,各样地的生态优势度和丰富度指数的走向基本上是逆向的,即生态优势度低而丰富度指就高。物种多样性指数中,Simpson指数大小顺序为:果园(成园5a)>果园(成园20a)>菜地>草坡>次生林地>坡耕地>弃耕疏林地>弃耕坡地>灌草坡>人工林地;Shannon-Weiner指数大小顺序为:弃耕疏林地>弃耕坡地>人工林地>灌草坡>次生林地>坡耕地>菜地>草坡>果园(成园20a)>果园(成园5a);前者与生态优势度顺序基本一致,后者与生态优势度大小顺序基本相反,其原因值得探讨。一般来说,生态优势度高的种子库物种多样性指数低,但弃耕坡地和菜地经常受人类活动干扰,杂草种子储量增大,物种多样性增高,是符合Connell中度干扰假说的。

样地17、19、20为地带性顶极群落,种子库中优势种少,物种多样性指数低,表明在顶极植被种有特定的适生种。样地16、样地25生态优势度低,表示其种子库优势种多,相应的丰富度指数和多样性指数较高。样地15人工林下仍间种农作物,土壤种子库以农田杂草为主,生态优势度高,Shannon-Weiner物种多样性指数较低。样地11、21、24受耕作影响,农田杂草的多样性较高。由此,在分析黔江、巫山和金佛山三地的土壤种子库物种结构后可以认为,在

弃耕地→灌草坡→次生林地序列上,生态优势度呈降低趋势,而物种丰富度和多样性增加,与北碚的试验结果一致。

表2 土壤种子库物种结构指标

Tab.2 Indices of community structure of soil seed banks

样地 编号	物种 数/个	生态 优势度	丰富度指数		Shannon- Weiner 多样性指数	Simpson 多样性 指数
			R_1	R_2		
1	11	0.173	2.119	1.039	1.991	0.180
2	26	0.201	3.899	1.054	2.436	0.166
3	13	0.163	2.086	0.732	2.094	0.162
4	23	0.156	5.465	0.968	2.261	0.158
5	13	0.284	1.723	0.400	1.563	0.284
6	15	0.169	2.418	0.830	2.640	0.172
7	12	0.193	2.511	1.192	1.919	0.202
8	8	0.298	1.330	0.734	1.397	0.306
9	18	0.201	2.487	0.590	1.877	0.197
10	18	0.183	2.760	0.828	2.079	0.185
11	12	0.128	2.676	1.536	2.109	0.143
12	16	0.198	2.686	0.981	1.701	0.201
13	18	0.197	3.039	1.097	2.679	0.200
15	13	0.644	1.859	0.516	0.828	0.663
16	29	0.174	4.663	1.441	2.351	0.172
17	12	0.596	1.693	0.427	1.406	0.599
19	9	0.479	2.154	1.406	1.176	0.492
20	2	0.524	0.513	0.756	0.598	0.592
21	10	0.216	2.020	1.078	1.713	0.233
22	8	0.239	1.789	1.131	1.561	0.254
23	11	0.146	2.404	1.375	2.041	0.159
24	13	0.205	2.864	1.600	1.881	0.217
25	24	0.134	4.458	1.879	2.391	0.138
26	6	0.428	1.846	1.549	1.173	0.467

2.3 土壤种子库的相似性分析

北碚、黔江、巫山、金佛山不同土地利用系统两两间种子库组成成分相似性系数的变化范围总体上较大,为0~0.556(表3)。这与种子库组成以草本为主有很大关系,但也反映出它们之间有较大的异质性。旱地(样地1)、撂荒地(样地2)、果园(样地5)三者之间的相似性系数较大,与灌草坡(样地3、9)之间的相似性系数也相对较大;林地(样地4、6、10)间的种子库相似性系数较大,与其它样地间种子库相似性系数较小;样地6与样地8的相似性系数最小,次生林地与其它土地利用类型的种子库成分有较大差别。一种观点认为相似性系数50%可作为判断一致性的低限^[9],以此为标准则仅有样地3与样地4、样地2与样地5的种子库间组成成分相

似性系数达此显著水平。从样地 3、4、6 和 10 的种子库萌发来看,几乎没有当地石灰岩植被的适生种和先锋种成分,在一定程度上说明当地生态系统的关健种和建群种已处于退化状态,仅采取自然恢复的措施是不行的,必须适当引进适生物种,对当地生态系统进行重建。

黔江样地间旱地与弃耕地、草坡、人工林的相似性系数顺序是弃耕地 > 草坡 > 人工林;次生林与灌草坡间的相似性系数较大,与人工林的相似性系数仅为 0.048,说明了人工林的物种单一。金佛山各样地间的相似性系数均很小,说明各群落的物种差异和生境差异很大,物种在长期的演化过程中确定了自己特定的生态位。巫山样地间灌丛与林地、草坡间的相似性系数很小,仅从土壤种子库的角度来看,在巫山从草坡、灌丛向次生林演替仍需要较长时间,而弃耕地与草坡、耕地间的相似性系数较大。

表 3 不同土地利用系统土壤种子库相似性分析

Tab. 3 The similarity analysis of the soil seed banks in different land utilization system

3	1																			
4	0.556	1																		
6	0.357	0.368	1																	
10	0.323	0.439	0.303	1																
13	0.400	0.350	0.333	0.171	1															
15	0.308	0.222	0.231	0.323	0.200	1														
16	0.190	0.192	0.190	0.213	0.348	0.048	1													
19	0.091	0.125	0.091	0.222	0.077	0.182	0.053	1												
22	0.286	0.194	0.095	0.154	0.240	0.095	0.054	0.000	1											
25	0.378	0.340	0.294	0.286	0.146	0.190	0.113	0.182	0.143	1										
		3	4	6	10	13	15	16	19	22	25									

2.4 土壤种子库与地上植被的关系

重庆地区石灰岩植被区系是热带至温带分布区类型^[11]。25 个不同的样地土壤种子库共萌发植物 68 种,其中北温带分布型占明显优势,并反映出受生境干旱和地貌条件的影响,使落叶成分和温带性成分较多的区系特征,世界分布属较多,表明喀斯特植被受人为活动的影响较大,区系具有明显的次生性,泛热带分布也占较大比重,表明重庆石灰岩植被仍具有较强的地带性特征,特有成分缺失,说明喀斯特植被由于生境贫瘠,人为活动干扰严重,这与特有成分丰富的喀斯特森林形成鲜明的对比。从各样地的种子库也可以看出土地利用强度越大,世界分布成分的比例越大,系统的次生性越强。

通过比较样地土壤种子库与地上植被组成的相似程度以及乔木种的种数,试图判断各样地植被演替阶段和恢复力度。北碚人工林、弃耕 5 a 的柏木疏林和次生林样地土壤种子库中萌发处于当地顶极演替的常绿树种黄牛奶树、蔷薇科乔木和黄荆灌丛,一般标志着植被受人为活动影响较轻,群落处于顺向演替过程,有可能恢复成森林植被,但种子库中的乔、灌种类较地上植被少。黔江石灰岩山地的灌草坡和次生林(林龄 10 a)中种子库萌发演替先锋乔木种,与地上植被组成相似性较大。巫山样地灌丛、草坡种子库均以草本为主,与地上植被组成相似性较大,已有 20 a 林龄的人工次生林中种子库除萌发先锋种杉木外,还有阔叶树种盐肤木、喜钙树种圆叶乌柏及蔷薇科的植物等,其物种多样性和种子数也较该地的灌、草坡和弃耕地大为增加。金佛山样地常绿阔叶林种子库萌发乔木 2 种、灌木 2 种、草本 5 种(但银杉林下的乔木种子未萌发),说明有较多种类未向种子库中输入成熟有效种子,参与群落的更新,这也可能是与喀斯特森林部分树种的生态对策有关^[7],或是由于这些树种的种子较大,易被动物啃食。处于各演替阶段的林地土壤种子库乔木种数均少于地上植被,喀斯特植被土壤种子库是脆弱的。因此,保护现有喀斯特植被斑块以及植被中这些少数的乔木树种,对促进喀斯特灌草坡的顺向演替具有非常重要的意义。

北碚丢荒 1 a、3 a 和多年草坡种子库和地上植被均以草本植物为主,且关系较密切,说明仍处于植被演替的早期阶段,退化较严重。各样地灌草坡种子库草本植物的地理成分世界分布属占较大比重,表明草本层的发育受人为活动的影响较为明显,且草本层中的厌钙植物和随遇植物也较多。这也从一个侧面反映了在人为活动的干扰影响下区系成分和生态类型的混杂。

3 结论与讨论

从以上分析不难看出,研究区不同土地利用系统土壤种子库的差别较大。土地利用强度越大,木本植物种子越少,草本植物种子越多,且以农田杂草为主。因此,土地利用方式的变化如陡坡开垦等是三峡库区石灰岩次生植被及其种子库的主要威胁。研究区土壤种子库组成以草本植物为主,且与地上植被关系较密切,说明仍处于植被演替的早期阶段,退化较严重。种子库中当地适生种和先锋种较少,

这使得在人类经常干扰的土地上,植被自然恢复需要较长的时间,其恢复潜力很小。因此仅从土壤种子库角度看,如果只采取自然封山育林措施,从弃耕地、灌丛草坡向林地演替需要较长时间。同时,本研究结果在一定程度上说明了岩溶生态系统的脆弱性和石漠化发生的原因。此外,就研究方法看,本研究中分析岩溶山地不同土地利用方式对土壤种子库的影响是采用“以空间代替时间”的方法,如能进一步采用长期定位试验研究,将会取得更令人满意的效果。

参考文献:

- [1] 安树青,林向阳,洪必恭. 宝华山主要植被类型土壤种子库初探[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 41-51.
- [2] 唐勇,曹敏,张健侯,等. 西双版纳热带森林土壤种子库与地上植被的关系[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 229-282.
- [3] 彭军,李旭光,董鸣. 重庆四面山亚热带常绿阔叶林种子库研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 209-214.
- [4] 张志权,束文圣,蓝崇钰,等. 引入土壤种子库对铅锌尾矿废弃地植被恢复的作用[J]. 植物生态学报, 2000, 24

(5): 601-607.

- [5] Kirkhan F W, Kent M. Soil seed bank composition in relation to the aboveground vegetation in fertilized and unfertilized hay meadows on a somerset peat moor[J]. Journal of Applied Ecology, 1997, 34: 889-902.
- [6] 杨小波,陈明智,吴庆书. 热带地区不同土地利用系统土壤种子库的研究[J]. 土壤学报, 1999, 3: 327-333.
- [7] 刘济明. 茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落土壤种子库动态初探[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 366-374.
- [8] Akinola M O, Thompson K, Saraha M. Buckland soil seed bank of an upland calcareous grassland after 6 years of climate and management manipulations[J]. Journal of Applied Ecology, 1998, 35: 544-552.
- [9] 刘济明. 贵州中部喀斯特植被种子库初步研究[M]//朱守谦. 喀斯特森林生态研究:第2集. 贵阳:贵州科学技术出版社, 1997: 128-136.
- [10] 熊利民,钟章成,李旭光,等. 亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究[J]. 植物生态学与地植物学报, 1992, 16(3): 249-257.
- [11] 许鸿鹤,杜道林,宋霞. 重庆地区石灰岩植被区系组成分析[J]. 西南师范大学学报, 1993, 18(3): 351-357.

Studies of Soil Seed Banks of Representative Karst Mountainous Region in Three Gorges Reservoir Region —Based on Chongqing Municipality

LI Yang-bing¹, XIE De-ti², WEI Chao-fu²

(1. Geography Science Institute, Chongqing Normal University, Chongqing 400047;

2. College of Resource and Environment, Southwest China University, Chongqing 400716, China)

Abstract: In the use of the method of “Replacing time by space”, on the analysis of species composition, amount and distribution, ecological dominance as well as species similarity, and diversity, the properties of soil seed banks of different land use system located in different ecological evolution sequence, including natural forest, secondary forest, shrub grassland, cropland, artificial woodland, abandoned dry field are studied in Beibei, Wushan, Qianjiang and Jinpo Mountain of Nanchuan. They are the representative karst mountainous region of the Three Gorges Reservoir region within Chongqing municipality. The results show that 68 species germinated in all of 24 plots. Most seeds in different land use system soil seed banks are herbage species, and have a obvious connection with above vegetations, indicating that vegetations are at the early stages of succession and serious degradation. The amount of seeds of xylophyta species decreased and that of herbaceous species dominated by farmland weeds have increased with the increase of land use intensity. The geographical compositions of herbaceous plants of shrub-grass plot's soil seed bank indicate that genera of cosmopolitan have a heavy percentage, indicating that the growth of herbaceous layer is affected significantly by human being's activities. Therefore, it is important to preserve rare tree species in existing karst vegetation for improving the karst shrub grass land's evolution successively. From abandoned cropland, shrub-grass land to secondary forest land, the ecological dominance has declined and the diversity and richness indices have increased. After the karst slope being cultivated, the soil seed banks of it have been destroyed soon. Therefore, the changes of land use pattern are the main threat to the karst secondary vegetation and the soil seed banks in Three Gorges reservoir region.

Key words: Three Gorges reservoir region; Chongqing municipality; karst mountainous region; soil seed bank; land use; vegetation recovery