

黔中石漠化地区不同土地利用类型土壤种子库特征

李 生¹, 姚小华¹, 任华东¹, 张守攻²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳 311400; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要:在贵州省普定县喀斯特石漠化地区通过种子萌发试验, 对封山育林、退耕还林 2a、农耕地等 3 种不同土地利用类型的土壤种子库进行分析。结果表明, 不同利用类型土壤中种子数量差异显著, 封山育林土壤中平均种子密度为 1664 粒/m², 退耕还林 2 a 土壤中平均种子密度为 8060 粒/m², 农耕地土壤中平均种子密度为 6239 粒/m²。土壤中的种子集中分布在表层 0~5cm 范围内, 随土层深度变化, 土壤中所含种子数量和物种数呈减少的趋势。不同利用类型土壤种子库物种相似指数较低, 物种数、多样性指数、均匀度及生态优势度指数以退耕还林地最大, 农耕地高于封山育林地。土壤种子库所含物种数较接近, 物种组成以草本植物为主, 菊科、禾本科占优势。封山育林地、退耕还林地属于进展演替, 封山育林地处于较高演替阶段, 农耕地属于逆行演替。应引进适宜物种以促进植被恢复。

关键词:喀斯特石漠化; 不同土地利用类型; 土壤种子库; 种类组成; 植被恢复

文章编号: 1000-0933(2008)09-4602-07 中图分类号: Q142, Q948 文献标识码: A

Different land-used soil seed banks in Karst Rocky Desertification area of middle Guizhou Province, China

LI Sheng¹, YAO Xiao-Hua¹, REN Hua-Dong¹, ZHANG Shou-Gong²

1 Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China

2 Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4602 ~ 4608.

Abstract: Karst rocky area that is under severe desertification condition posed a serious attention in southwest China, because such area is expanding with a rate of 2% annually. Therefore, ecosystem restoration of the present problem area has been focused. Since, vegetation recovery is the first step of any restoration programme was conducted, by which, land cover will be safe for further wastage. Thus, three research sites were selected for regeneration study such as: (I) hill closing, (II) abandoned farmland, and (III) farmland. The objectives of the present study were (1) How land-used influences the species composition in the ecosystem, (2) what relationship exists between soil seed banks and vegetation restoration.

Results indicated that the average seed density among three sites was in the range of 1664—8060 seeds per m², being maximum in the abandoned farmland and minimum in the hill closing land. However, effect of soil depth on seeds number

基金项目:国家科技部科技基础性工作专项资助项目(2005DIB3J146); 中国林业科学院青年基金资助项目(2005M09); 国家科技支撑资助项目(2006BAD03A0303)

收稿日期:2007-03-13; **修订日期:**2008-04-09

作者简介:李生(1976~), 男, 辽宁省凌源市人, 博士生, 从事森林培育与生态系统管理研究。

致谢:本文得到中国科学院沈阳应用生态研究所姜凤歧研究员的修正, 贵州省林科院杨成华研究员帮助鉴定了物种, 中国林科院森林生态环境与保护研究所张炜银博士提供了帮助, 在此谨致谢忱。

Foundation item: The project was financially supported by the basic research project of science and technology ministry of China (No. 2005DIB3J146); Yong Foundation of CAF (No. 2005M09); National Science and Technology Support Project (No. 2006BAD03A0303)

Received date: 2007-03-13; **Accepted date:** 2008-04-09

Biography: LI Sheng, Ph. D. candidate, mainly engaged in forest cultivation and eco-system management. E-mail: lnlyls@163.com

was significantly different as highest seeds number was found in 0—5 cm soil layer and showed decreasing trend with increases soil depth. The similarity indices of different type seed banks were low, and distinctly varied. These indices (species, diversity, evenness and dominant indices) were significantly better in the site II followed by III and I. Most abundant herbaceous species composition was the member of *Asteraceae* and *Poaceae* family indicated the recovery laid early stage of primary succession. The lack of tree species seeds in the soil seed banks indicating that recovery of vegetation in short span of time, some suitable species should be introduced for ideal restoration.

Key Words: Karst Rocky Desertification; different land use; soil seed banks; species composition; vegetation restoration

土壤种子库是植被更新的重要基础,在森林生态系统、植被更新和恢复、植被演替和扩散过程中起着重要作用。土地不同利用类型影响地上植被的种类、组成和结构,改变土壤中种子萌发的环境,进而影响土壤种子库的种类与组成和地上植被的演替进展。我国西南地区喀斯特分布面积广,发育典型,由于植被破坏严重、水土流失剧烈引发了土地石漠化(Karst Rocky Desertification)。石漠化地区生态系统在原有森林遭到严重破坏后导致的生境严酷性常使植被的人工恢复难度大^[1]。自然状态下,林木可利用人工造林难以达到的小生境进行自然恢复^[2],植被利用土壤中种子进行的自然恢复成为退化喀斯特森林生态系统恢复和重建的另一个主要途径。在现有的植被恢复过程中,封山育林与退耕还林成为该地区植被恢复的两种主要方式,其土壤种子库中种子的数量与物种组成影响着植被恢复的速度、质量与后期的演替进程。然而,我国学者目前关于土壤种子库的研究主要集中于热带森林、温带草本植物群落、温带阔叶林、亚热带常绿阔叶林^[3~8],关于喀斯特石漠化地区森林土壤种子库的报道较少^[9,10],关于不同利用类型土壤种子库的研究及其与植被恢复相互关系的研究还比较缺乏。通过在典型石漠化地区开展不同土地利用类型土壤种子库研究,探寻其基本特性,将有助于促进土壤种子库技术在植被恢复中得到更好地应用,有助于石漠化地区森林植被的恢复^[11]。

1 研究方法

1.1 研究区概况

样地位于贵州省普定县退耕还林示范区内(105°27'49"~105°58'51"E、26°9'36"~26°31'42"N),属亚热带季风气候,气候温暖湿润,多年平均降雨量为 1 314.6 mm,年平均温度为 15.1℃,无霜期 289 d,平均日照为 1184 h。普定县处于长江与珠江两大水系的分水岭地带,境内属长江流域的面积 1069.7 km²,占全县总面积的 98.6%,属珠江流域的面积 15.6 km²,占全县总面积的 1.4%,全县水土流失面积 830 km²,占全县总面积 76%,平均侵蚀强度为 3054 t·km⁻²·a⁻¹,全县泥沙流失量为 9.08 × 10⁵ t·a⁻¹。

研究区内岩石裸露程度平均 60% 以上,山上部海拔 1450 m 左右,平均坡度 40°,土壤为石灰土,土层厚度平均 20 cm,在原有林经樵采后,经封山育林保留下来小面积灌木或低质次生林,封育时间 15~20 a 左右,主要植物有月月青(*Itea ilicifolia*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、水麻(*Debregeasia orientalis*)、刺梨(*Rosa roxburghii*)、地瓜藤(*Ficus tikoua*)、车前草(*Plantago asiatica*)、旱黍草(*Panicum trypheron*)、肾蕨(*Nephrolepis auriculata*)等;山中部海拔 1400 m 左右,平均坡度 27°,土壤为石灰土,土层厚度平均 35 cm,前期种植玉米(*Zea mays*)等农作物,2004 年退耕还林为生态林,造林树种为滇楸(*Catalpa fargesii* f. *duclouxii*)、滇柏(*Cupressus duclouxiana*)等,进行了除草、施肥等抚育措施,植被中少见乔木,草本有野豌豆(*Vicia sepium*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)、刺儿菜(*Cephalanoplos segetum*)等;在山下部为农耕地,是当地农作物主要种植区,主要种植玉米等作物,海拔 1 350 m 左右,平均坡度 18°,土壤为石灰土,土层厚度平均 40 cm,植物主要散生有喜树(*Camptotheca acuminata*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、楸树(*Catalpa bungei*)、香椿(*Toona sinensis*)等乔木,草本有车前草、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、野菊花(*Chrysanthemum indicum*)等。

1.2 试验分析方法

根据土地利用类型不同划分为 3 种类型,Ⅰ:山上部封山育林地;Ⅱ:山中部退耕还林地;Ⅲ:山下部农耕地

地。每一土地利用类型设置 100m²样地 5 个,共设置样地 15 个,调查植被种类与生长情况,用 200cm³土壤环刀于每个样地中心位置分上(0~5cm)、中(5~10cm)、下(10~15cm) 3 层取样,2 次重复,共取 90 个样,将土壤样品带回试验室,将其中一份样品按土地利用类型和层次混合后测定土壤理化性质,另一份分别装入花盆中,置于室内向阳处在隔离状态下进行萌发试验。萌发试验于 2006 年 3 月 20 日开始,根据种子萌发后的表现性状逐批逐次进行鉴别并记录,然后清除已鉴别记录物种,10 月 20 日在土壤中已连续 3 周无种子萌发情况下结束,将调查数据换算为单位面积种子数量。

Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = -\sum p_i \ln p_i$, 式中 P_i 为第 i 个物种种子数占总种子数的比例; Pielou 均匀度指数: $E = H'/\ln S$, 式中 H' 为多样性指数, S 为种子库的物种总数; Simpson 优势度指标: $C = \sum n_i(n_i - 1) / (N(N - 1))$ ($i = 1, 2, \dots, S$), 式中 C 是生态优势度指数, N 是样方所有种的个体数, n_i 是第 i 个种的个体数; 相似性系数采用 Czekanowski 计算公式: $CC = 2a / (2a + b + c)$, 式中 CC 为相似系数, a 为两个样地共有的种数, b 和 c 分别为一种子库中有而另一中无的种数。

2 结果

2.1 不同土地利用类型土壤种子库的种类组成

3 种不同土地利用类型土壤种子库种类组成和数量如表 1 所示。类型 I 中有植物种子 13 种, 平均种子密度 1664 粒/m², 分属 10 科, 禾本科在种类组成上占优势, 达 30.8%; 类型 II 中有植物种子 14 种, 平均种子密度 8060 粒/m², 分属 10 科, 菊科在种类组成上占优势, 达 28.6%, 禾本科优势下降, 仅有 2 种, 占 14.3%; 类型 III 中有植物种子 13 种, 平均种子密度 6239 粒/m², 分属 8 科, 禾本科与菊科占优势, 各有 3 种, 占 23.1%。

表 1 不同土地利用类型土壤种子库组成 (粒/m²)

Table 1 The composition of different land-used soil seed banks (seeds/m²)

物种 Species	科 Family	生活型 Life form	I			II			III		
			0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15
矮蔗草 <i>Scirpus pumilus</i>	莎草科 Cyperaceae	Perennial	104								
半夏 <i>Pinellia ternata</i>	天南星科 Araceae	Perennial								104	
车前草 <i>Plantago asiatica</i>	车前草科 Plantaginaceae	Perennial	52	52		104					
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	酢浆草科 Oxalidaceae	Perennial				156					
大叶金腰 <i>Chrysosplenium macrophyllum</i>	虎耳草科 Saxifragaceae	Perennial		52							
繁缕 <i>Stellaria media</i>	石竹科 Caryophyllaceae	Annual	52			1196					
狗肝菜 <i>Dicliptera chinensis</i>	爵床科 Acanthaceae	Annuals and biennials				104	52			52	
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	禾本科 Gramineae	Annual							52		
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	菊科 Compositae	Annual							2080		
过路黄 <i>Lysimachia christinae</i>	报春花科 Primulaceae	Perennial				52	208		156	104	
旱黍草 <i>Panicum trypheron</i>	禾本科 Gramineae	Perennial	52			416			468		
黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	唇形科 Labiatae	Perennial		52							
菅草 <i>Themeda villosa</i>	禾本科 Gramineae	Perennial	312	156							
爵床 <i>Rostellularia procumbens</i>	爵床科 Acanthaceae	Annual							1	352	
辣子草 <i>Galinsoga parviflora</i>	菊科 Compositae	Annual				52		52			
马鞭草 <i>Verbena officinalis</i>	马鞭草科 Verbenaceae	Perennial	104				52				
马兰 <i>Kalimeris indica</i>	菊科 Compositae	Perennial				156	104				
毛马唐 <i>Digitaria chrysoblephara</i>	禾本科 Gramineae	Annual	104			364	52	104			
牵牛花 <i>Pharbitis nil</i>	旋花科 Convolvulaceae	Annual		52			104	104			
茜草 <i>Rubia cordifolia</i>	茜草科 Rubiaceae	Perennial								104	
求米草 <i>Oplismenus undulatifolius</i>	禾本科 Gramineae	Annual		52							
肾蕨 <i>Nephrolepis auriculata</i>	肾蕨科 Nephrolepidaceae	Perennial	364	52					1300	52	
水麻 <i>Debregeasia orientalis</i>	荨麻科 Urticaceae	Shrub	52								
铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	大戟科 Euphorbiaceae	Annual				364	208	208	104		
稀荬 <i>Siegesbeckia orientalis</i>	菊科 Compositae	Annual					104		52		
香薷 <i>Elsholtzia ciliata</i>	唇形科 Labiatae	Annual							104	52	
野苣荬 <i>Sonchus arvensis</i>	菊科 Compositae	Perennial				780	2028	936	52		52
合计 Total			1196	468		3744	2912	1404	5719	468	52
				1664			8060			6239	

类型 I 中的优势种为菅草 (*Themeda villosa*)、肾蕨 (*Nephrolepis auriculata*), 种子数达到 468 粒/m² 和 416 粒/m², 分别占该类型土壤种子库中种子总数的 28.1%、25.0%, 2 个物种的数量和占到种子库的 53.1%; 类型 II 的优势种为野苣荬 (*Sonchus arvensis*), 种子数达到 3 744 粒/m², 占该类型中土壤种子总数的 46.5%, 次优势种为繁缕 (*Stellaria media*), 1196 粒/m², 占 14.8%, 2 个优势种子数量和占该类型种子库 61.3%; 类型 III 的优势种为鬼针草 (*Bidens pilosa*) 2080 粒/m², 占该类型土壤种子总数的 33.3%, 次优势种为爵床 (*Rostellularia procumbens*) 1352 粒/m² 和求米草 (*Oplismenus undulatifolius*) 1352 粒/m², 各占 21.7%, 3 个物种的数量和占种子总数的 76.7%。总体来看, 不同利用类型土壤种子库中所含种子密度差距明显, 低质次生林土壤种子库密度小于退耕还林地和农耕地土壤, 且 3 者之间变化幅度较大。种子物种组成数量变化不大, 但其物种组成成分混杂, 优势种明显, 处于以菊科、禾本科中一些植物为先锋植物并居优势的草本植物阶段, 也表明了 3 种类型均处于植被演替早期的不同阶段。

2.2 不同土地利用类型土壤种子库相似性分析

不同土地利用类型土壤种子库物种相似指数表现出较为一致的规律, 整体相似指数较低, 但仍表现出了一定的相似性 (表 2)。受人为干扰程度相对较轻的类型 II 与频繁干扰的类型 III 之间具有较高的相似性指数 (0.4444), 在退耕还林仅 2 a 时间的情况下, II 与 III 在土壤种子组成上保持了较高的相似性。类型 II 在退耕还林后, 植物种子产生了大量的侵入, 致使空间距离相对较近的类型 II 与 I 之间具有较高的相似性 (0.4444), 而类型 I 与类型 III 之间距离较远, 两个类型的土壤种子组成相似系数仅为 0.0769。

在不同土层深度上, 种子组成的相似性整体表现出随土层深度的增加呈现下降趋势。表层土壤种子相似性指数高于深层土壤种子的相似性, 类型 II 与类型 I 和 III 在 0~5cm 层次都表现出了较高的相似性, 分别达到 0.4 和 0.381, 这种表现与 0~15cm 土壤种子库组成相一致。

表 2 不同土地利用类型土壤种子库的物种相似指数

土层深度 Soil depth (cm)	相似性指数 Similarities index		
	I ~ II	II ~ III	I ~ III
0 ~ 5	0.4000	0.3810	0.1053
5 ~ 10	0.2700	0.2667	0.0000
10 ~ 15	0.0000	0.3333	0.0000
0 ~ 15	0.4444	0.4444	0.0769

表 3 不同土地利用类型土壤种子库数量特征

样地类型 Soil types	物种数 Species	多样性指数 Diversity	均匀度指数 Evenness	生态优势度 Dominant
I	13	0.6640	0.1159	0.1371
II	14	1.8560	0.3241	0.2532
III	13	1.5680	0.2738	0.2077
变异系数 Coefficient (%)	4.33	45.64	45.64	29.35

2.3 不同土地利用类型土壤种子库数量特征

演替与生物多样性一直是植被恢复方面研究的焦点, 而且也普遍支持随着演替年代的递增, 多样性、均匀性和稳定性有增加趋势的观点^[12]。此次结果表现出不一致的结果 (表 3), 物种数、多样性指数、均匀度及生态优势度指数均以类型 II 最大, 类型 III 高于类型 I。不同利用类型之间物种多样性与均匀度指数差别较大, 其变异系数达到 45.64%。3 种类型的物种数差别不大, I、III 与 II 仅差别 1 种。类型 II 的生态优势度高于类型 III 和类型 I, 且类型间变异系数达到 29.35%, 表明类型 II 内物种数量分布不均匀, 优势种的地位突出。类型 II 的优势种为野苣荬, 种子数达到 3744 粒/m², 单一种占该类型中土壤杂草种子总数的 46.5%, 分别比类型 I 中的优势种-菅草和类型 III 的优势种-鬼针草高出 18.4%、13.2%。

2.4 不同土层深度土壤种子库数量特征

对不同土地利用类型、相同层次的土壤种子数量与种子种类进行了方差分析 (表 4)。土壤种子数量在 0~5cm 层次差异显著 ($p=0.022$), 5~10cm、10~15cm 层次差异极显著 ($p=0.001$; $p=0.002$); 土壤种子种类在 0~5cm 层次差异不显著 ($p=0.098$), 5~10cm 层次差异显著 ($p=0.014$), 10~15cm 层次差异极显著 ($p=0.004$)。

表 4 不同土地利用类型土壤相同层次种子数量、种子种类方差分析
Table 4 ANOVA of seed quantity and species in the same layer of different land-used soils

层次 Layer (cm)	差异源 Source of variation	种子数量分析 ANOVA of seed quantities					种子种类分析 ANOVA of seed species				
		平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F	P 值 P-value	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F 值 F	P 值 P-value
0 ~ 5	组间 Between Groups	760.933	2	380.467	5.344	0.022	10.800	2	5.400	2.842	0.098
	组内 Within Groups	854.400	12	71.200			22.800	12	1.900		
	总计 Total	1615.333	14				33.600	14			
5 ~ 10	组间 Between Groups	294.533	2	147.267	13.763	0.001	19.200	2	9.600	6.260	0.014
	组内 Within Groups	128.400	12	10.700			18.400	12	1.533		
	总计 Total	422.933	14				37.600	14			
10 ~ 15	组间 Between Groups	93.733	2	46.867	10.815	0.002	11.557	2	5.779	9.347	0.004
	组内 Within Groups	52.000	12	4.333			6.800	11	0.618		
	总计 Total	145.7333	14				18.357	13			

土壤中的种子集中分布在表层 0 ~ 5cm 内 (表 1), 随深度增加土层中所含种子数逐渐降低。I 中有 71.9% 的种子分布在 0 ~ 5cm 层, 5 ~ 10cm 层种子数减至 468 粒/m², 在 10 ~ 15cm 层未有种子萌发。II 中有 46.5% 的种子分布在 0 ~ 5cm 层, 36.1% 的种子分布在 5 ~ 10cm 层, 17.4% 的种子分布在 10 ~ 15cm 层。III 中有 91.7% 的种子分布在 0 ~ 5cm 层, 7.5% 的种子分布在 5 ~ 10cm 层, 仅 0.8% 的种子分布在 10 ~ 15cm 层。

随深度增加土层中分布的物种数呈减少的趋势。I 中 0 ~ 5cm 土壤中分布有 9 种, 占该类型物种数 69.2%, 在 5 ~ 10cm 土壤中分布有 7 种, 占 53.8%, 而在 10 ~ 15cm 土壤中, 没有种子萌发。II 中的种子在 15cm 内都有分布, 以 0 ~ 5cm 层为主, 分布有 11 种, 占 78.6%; 5 ~ 10cm 分布有 9 种, 占 64.3%, 10 ~ 15cm 层分布有 5 种, 占 35.7%。III 中的种子在 15cm 内也都有分布, 仍以 0 ~ 5cm 层为主, 分布有 9 种, 占 69.2%; 5 ~ 10cm 分布有 6 种, 占 46.2%; 10 ~ 15cm 层分布仅有 1 种, 占 7.7%。

2.5 土壤种子库种子生活型分布

土壤种子库中的种子萌发形成的植被, 比人工林更接近原有的植被, 有利于向原有植被方向恢复。类型 I 中的物种多年生草本种类处于优势地位, 占该类型总种类数的 61.5%, 出现了灌木物种水麻 (*Debregeasia orientalis*) (7.7%), 同时还有耐荫的蕨类植物肾蕨 (*Nephrolepis auriculata*) 大量发生, 可见在人为干扰程度较少的封山育林区, 其林地环境优于其他两种类型, 处于演替的更高序列^[13]。退耕还林 2 a 后的类型 II 中多年生草本比例下降到 50.0%, 而 1 年生草本比例较 I 增加了 15.9%, 1 年生或 2 年生草本占 7.1%。III 中频繁的耕作使多年生植物难以完成其生活史, 在种类组成中不占优势, 土壤中 1 年生植物的种子居优势, 占 53.8%, 而多年生草本植物种类下降到 38.5%, 1 或 2 年生草本占 7.7%。从类型 III 到类型 I, 1 年生草本植物种类呈下降趋势, 而多年生草本呈逐渐增加的趋势, 这与 Kosola^[14] 对新退耕地进行观测所得结论一致。可以认为类型 II 在演替序列上是处于类型 I 与 III 的中间类型, 中度干扰的退耕还林地经历 2 a 后, 其土壤种子库的物种组成较原来农耕地已经发生了改变。

3 结论与讨论

此次研究结果中, 低质次生林在封山育林条件下, 平均种子密度 1664 粒/m², 退耕还林 2 a 土壤中平均种子密度 8060 粒/m², 农耕地平均种子密度 6239 粒/m²。次生林土壤种子库小于退耕 2a 地壤与农耕地土壤种

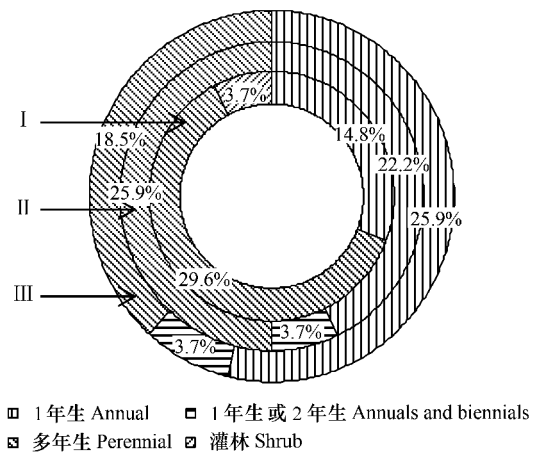


图 1 不同土地利用类型土壤种子生活型分布

Fig. 1 Life form distribution of different land-used soil seed banks

子库,其结果与杨跃军^[15]一致。人为干扰频繁的农耕地土壤种子库数量小于干扰轻的退耕还林地,李阳兵^[10]和刘济明^[16]等也认为土地利用强度加大致使土壤种子库的丰富度减小。由于干扰活动,退耕地中带有地带性指示作用的植物种类和数量均比较少,取而代之为大量的农田杂草。如果以恢复地带性植物为主的植被,应尽量少地干扰土壤,以减少农田杂草种子的生长机会^[12]。

不同利用类型土壤种子库中种子的物种数、多样性指数、均匀度及生态优势度指数均以类型Ⅱ最大,类型Ⅲ高于类型Ⅰ。一般情况下,生态优势度高的种子库物种多样性指数低。但类型Ⅱ和类型Ⅲ经常受人类活动干扰,杂草种子储量增大,物种多样性增高,符合 Connell 中度干扰假说^[10]。

空间距离的远近与不同土地利用方式对土壤种子库中种子的相似性产生的显著的影响。空间距离影响种子的传播,距离近的土壤种子库的相似指数较高。距离远的土壤种子库,由于种子的传播方式与能力不同,导致土壤种子库相似指数较低。土地利用方式影响地上植被种子的产生与种子的萌发,影响着种子向深层土壤的传播^[17],土地利用方式相近的土壤其种子库在表层与深层表现出较高的相似性。

土壤结构影响种子在土壤垂直方向的分布。类型Ⅰ前期经过破坏,封育时间尚短,所形成的次生林质量不高,其土壤经历了长期侵蚀,表层土壤流失,母质出露,质地坚实,致使种子难以穿透到达深层。类型Ⅱ在退耕前一直从事农业生产,土壤质地较为疏松,且在退耕后,为保证造林树种的成活与生长,进行了轻度的人工除草和施肥,这种干扰促进了种子在土壤不同层次中的分布,有利于促进植被恢复^[18]。类型Ⅲ存在着周期性的农耕行为,可以促进种子进入深层土壤,由于除草行为,致使其土壤中种子以1年生草本为主。

取样面积、取样时间及环境差异对土壤种子库也产生影响。熊利民^[19]等对缙云山土壤种子库研究时认为,演替早期阶段土壤取样的体积应达到400cm³,灌草丛阶段应达到500~600cm³,沈有信^[20]等对石林保存较好的森林内,探讨其种-面积关系并推荐合适的取样面积,认为15~20个1000cm³土样之间可作为同类地区种子库取样的参考。本次试验每一类型取样1000cm³,相对于农耕地与退耕地,该取样面积是充分的。但相对于退化次生林来说,其发育程度虽然未达到顶级群落,但是1000cm³的取样面积略显不足。土壤种子库具有随时间而变化的特性,一般认为春季有活力的种子萌发使夏季种子库种子数量减少,进而秋初数量最少。植物种子进入土壤种子库后,种子的休眠发芽、霉烂、被害和损失等不同命运构成土壤种子库动态变化的各种要素,这些要素将影响到种子的输出格局。春季萌发的种子数目最多,春季土壤种子库在恢复生态中具有重要作用^[21]。

该地区的植被演替过程为:草本群落阶段、草灌群落阶段、灌丛灌木阶段、灌乔过渡阶段、乔林阶段、顶极常绿落叶阶段^[2]。从群落特征与土壤种子库组成种子生活型来看,次生林类型与退耕还林类型属于恢复演替,处于演替的早期阶段,类型Ⅰ的种子库以多年生草本为主,且出现了蕨类植物,较类型Ⅱ处于较高演替阶段,而类型Ⅲ由于仍处于破坏之中。在不同土地利用类型土壤中,土壤种子库组成以草本植物为主,菊科、禾本科居优势,没有当地石灰岩植被的适生种和先锋树种,与李阳兵^[10]等研究结果一致,也在一定程度上说明当地生态系统仍处于植被演替的早期阶段,并且退化较严重,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。

为促进植被恢复有必要进一步采取长期定位试验研究,针对土地利用方式转变、不同下垫面、不同演替阶段及季节性土壤种子库与持久性土壤种子库开展深入的研究。

References:

- [1] Zhu S Q ed. Ecology research of Karst forest(Ⅲ). Guiyang: Guizhou Science Press, 2003. 11—17.
- [2] Yu L F, Ye J Z, Wei L M, et al. A study on evaluation of natural restoration for degraded Karst forest. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 36(6): 12—19.
- [3] Tang Y, Cao M, Zhang J Z, et al. Study on the soil seed bank and seed rain of *Mollotus paniculatus* forest in Xishuanbanna. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(6): 505—512.
- [4] An S Q, Lin X Y, Hong B G. A preliminary study on the soil seed banks of the dominant vegetation forms on Baohua Mountain. Acta Phytocologica Sinica, 1996, 20(1): 41—50.

- [5] Yang Y F, Zhu L. Comparative analysis of seed banks in saline-alkali communities in the Song-nen plain of China, *Acta Phytocologica Sinica*, 1995,19(2):144—148.
- [6] Liu J M. Preliminary study on the seed rain and seed bank of the mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest on Fanjing Mountain, *J. South China Agric. Univ.*, 1999,20(2):60—64.
- [7] Zhou X Y, Li M G, Wang B S. Soil seed banks in a series of successional secondary forest communities in Heishiding Nature Reserve, Guangdong Province. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000,24(2):222—230.
- [8] Peng J, Li X G. Seed rain and seed bank of constructive species in evergreen broadleaved forest at Chongqing Simian Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000,11(1):22—24.
- [9] Liu J M. The seed bank and its germinative characters of the *Distylium chinensis* community in Guizhou, Maolan Karst forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2001,21(2):197—203.
- [10] Li Y B, Wei C Y, Li X Y, *et al.* The soil seed banks in Karst mountains as affected by land use. *Journal of Mountain Science*, 2002,20(3):319—324.
- [11] Shen Y X, Jiang J, Chen S G, *et al.* Storage and composition of soil seed banks of different degraded karst vegetation types in south-eastern yunnan. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004,28(1):101—106.
- [12] Ma C M, Yuan Y X. The review of vegetation restoration on old field at home and abroad. *World Forestry Research*, 2004,17(4):24—27.
- [13] Rivera L W, Zimmerman J K, Aide T M. Forest recovery in abandoned agricultural lands in a Karst region of the Dominican Republic. *Plant Ecology*, 2000,148:115—125.
- [14] Kosola K R, Gross K L. Resource competition and suppression of plants colonizing early successional old fields. *Oecologia*, 1999,118(1):69—75.
- [15] Yang Y J, Sun X Y, Wang B P. Forest soil seed bank and natural regeneration. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001,12(2):304—308.
- [16] Liu J M, Li X, Wang N. The research of soil weed seed bank of different farmland types in Qianzhong area. *Journal of Guangzhou University (Natural Science)*, 2005,4(4):305—309.
- [17] Feng X, Tong C, Ding Y, *et al.* Potential role of soil seed banks in vegetation restoration and reclamation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol(Natural Science)*, 2007,38(1):102—108.
- [18] Gaynor V. Prairie restoration on a corporate site. *Restoration and Reclamation Review*, 1990,1(1):135—140.
- [19] Xiong L M, Zhong Z C, Li X G. A preliminary study on the soil seed banks of different successional stages of subtropical evergreen broad-leaved forest. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1992,16(3):249—257.
- [20] Shen Y X, Liu W Y, Cui J W. Species-area relationships of soil seed bank in karst forest in central Yunan, China. *Journal of Plant Ecology*, 2007,31(1):50—55.
- [21] Li Q Y, Zhao W Z. Advances in the soil seed bank of arid regions. *Advances in Earth Science*, 2005,20(3):350—358.

参考文献:

- [1] 朱守谦主编.喀斯特森林生态研究(Ⅲ). 贵阳:贵州科技出版社,2003. 11~17.
- [2] 喻理飞,朱守谦,叶镜中,等.退化喀斯特森林自然恢复评价研究. *林业科学*, 2000,36(6):12~19.
- [3] 唐勇,曹敏,张建侯,等.西双版纳白背桐次生林土壤种子库、种子雨研究. *植物生态学报*, 1998,22(6):505~512.
- [4] 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. *植物生态学报*, 1996,20(1):41~50.
- [5] 杨允菲,祝玲.松嫩平原盐碱植物群落种子库的比较分析. *植物生态学报*, 1995,19(2):144~148.
- [6] 刘济明.梵净山山地常绿阔叶林种子雨及种子库. *华南农业大学学报*, 1999,20(2):60~64.
- [7] 周先叶,李鸣光,王伯荪,等.广东黑石顶自然保护区森林次生演替不同阶段土壤种子库的研究. *植物生态学报*, 2000,24(2):222~230.
- [8] 彭军,李旭光.重庆四面山常绿阔叶林建群种种子库、种子雨研究. *应用生态学报*, 2000,11(1):22~24.
- [9] 刘济明.贵州茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落种子库及其萌发特征. *生态学报*, 2001,21(2):197~203.
- [10] 李阳兵,魏朝富,李先源,等.土地利用方式对岩溶山地土壤种子库的影响. *山地学报*, 2002,20(3):319~324.
- [11] 沈有信,江洁,陈胜国,等.滇东南岩溶山地退化植被土壤种子库的储量与组成. *植物生态学报*, 2004,28(1):101~106.
- [12] 马长明,袁玉欣.国内外退耕地植被恢复研究现状. *世界林业研究*, 2004,17(4):24~27.
- [15] 杨跃军,孙向阳,王保平.森林土壤种子库与天然更新. *应用生态学报*, 2001,12(2):304~308.
- [16] 刘济明,李霞,王宁.黔中不同耕地类型土壤杂草种子库研究. *广州大学学报(自然科学版)*, 2005,4(4):305~309.
- [17] 冯秀,仝川,丁勇,等.土壤种子库在植被恢复与重建中的作用与潜力. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2007,38(1):102~108.
- [19] 熊利民,钟章成,李旭光.亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1992,16(3):249~257.
- [20] 沈有信,刘文耀,崔建武.滇中喀斯特森林土壤种子库的种-面积关系. *植物生态学报*, 2007,31(1):50~55.
- [21] 李秋艳,赵文智.干旱区土壤种子研究进展. *地球科学进展*, 2005,20(3):350~358.