

# 热带地区不同土地利用系统 土壤种子库的研究\*

杨小波 陈明智 吴庆书

(海南大学农学院, 海口市 570228)

**摘要** 本文从种类组成、种子数量、物种多样性、种子分布规律和物种相似性等方面比较研究了海南10种不同土地利用系统的土壤种子库特点。这10种不同土地利用系统分别是:12年的木麻黄(*Cuarina equisetifolia*)林、12年桉树(*Eucalyptus exserta*)林、40年的橡胶林、28年的茶园、甘蔗园、弃荒2年的农旱田、2年刀耕火种的游耕地、灌木林(游耕弃荒8年)、次生林和原始林。研究表明:在不同土地利用系统中,土地利用强度越强,木本植物种子越少,草本植物种子越多,种子数量增加,生物多样性减少;在10种不同土地利用系统的土壤种子库中,50%以上的物种呈随机分布;刀耕火种不仅造成水土流失,而且土壤种子库在质和量方面也发生严重的退化。

**关键词** 土壤种子库, 土地退化, 刀耕火种, 植被恢复

**中图分类号** S154

土壤种子库(Soil seed bank)是指存在于土壤表面和土壤中全部存活种子的总和<sup>[1]</sup>。由于土壤种子库具有影响农业经济和生态环境的意义,特别是影响退化土壤的植被恢复和砍伐林地的植被恢复方面有较为重要的生态意义,国内外许多学者对种子库的研究十分重视。Harper对此作了一些讨论<sup>[2]</sup>。目前,土壤种子库的研究已成为植物种群生态学和植被演替动态学中比较活跃的领域<sup>[3]</sup>。但是,尚未见报道在热带地区开展不同土地利用系统中土壤种子库特性的研究。本研究是针对热带地区农耕地、弃荒农耕地、森林砍伐地、刀耕火种迹地、次生林地和原始林地的土壤种子库的特性,进而探讨在热带地区不同土地利用方式、不同植被类型下的土壤种子分布规律和物种多样性等。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区域和样地概况

种子库研究的土样采集于海南西部八一农场场区和海南中部五指山区。

\* 本论文系国家自然科学基金重点项目(49631010)的部分研究内容—“海南岛土壤退化与植被演变的时空关系及植物生态学调控对策”中的内容之一

收稿日期:1998-01-05-02;收到修改稿日期:1998-11-23

八一农场场区的土壤是砖红壤,母质多为花岗岩,部分为浅海沉积土。本场干湿季节各占半年,据场气象站 1967~1980 年间的 14 年记录,年平均气温 23.6℃。平均年降雨量为 1771mm。

五指山区土壤类型多样,主要类型有赤红壤(海拔 400~700m)和黄色赤红壤(海拔 700~1100m),母质为花岗岩;该地区年平均气温为 22.5℃,平均年降雨量为 2000~3000mm<sup>[4]</sup>。

第一样地为种植木麻黄(12 年)的低丘地,坡向西南,坡度 20°。

第二样地为种植缘隆桉(12 年)的低丘地,坡向西南,坡度 20°。

第三样地为种植橡胶(40 年)的低丘地,坡向西南,坡度 5°。

第四样地为多年种植甘蔗的低丘地,坡向西南,坡度 5°。

第五样地为弃荒农耕旱地(2 年),滨海平原。

第六样地为原始森林地,坡向西南,坡度 15°。

第七样地为次生林地,坡向西南,坡度 5°。

第八样地为灌木地(游耕地弃荒 8 年),坡向东北,坡度 10°。

第九样地为茶园(28 年)地,坡向西南,坡度 5°。

第十样地为刀耕火种地,现种植荔枝,坡向东北,坡度 10°。

在十个样地中,1~5 个样地属八一农场场区;6~10 个样地为五指山区。

## 1.2 研究方法

野外取样和实验资料记录方法的具体过程是:在十个不同土地类型中各设一样线,沿着样线,每隔 15m 设一个 100cm×50cm 小样方,一种土地类型 5 个小样方。各小样方内,分三层(0~2cm,2~4cm,4~10cm)采集土壤 10(类型)×5(小样地)×3(层)=150份样带回实验室<sup>[5]</sup>,放在萌发框中,萌发框置于阳光充足的平台上,保持湿度,观察记录萌发情况和种名,实验持续 3 个月。

根据得到的资料和分析种子库的物种组成,分布特点和物种多样性。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,并在此基础上进行均匀度的计算<sup>[6]</sup>,不同土地的种子库的相似性系数计算公式为  $CC=2w/(a+b)$  ( $CC$ :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)<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子库组成及种子多样性分析

2.1.1 物种性状和种子数量的变化规律 从记录资料统计,10 个不同的样地里的植物有 97 种,隶属 68 属,31 科。其中仅有一个种为裸子植物;蕨类植物有 6 种。在 97 种植物中,草本植物占绝大多数,有 68 种,占 70%;灌木有 16 种,占 16%;乔木有 13 种,占 14%;但是在不同的样地里,物种的性状比例差别较大。在 4,5,10,9,8 号样地里,草本植物均占 95% 以上;在 1,2 和 3 号样地里,草本植物分别占 80%、82% 和 88%;在 6 和 7 号样地里,草本植物分别占 33.3% 和 62.8%(表 1)。从表 1 中可以发现,随着土地利用强度越大,土壤中草本植物的种子所占的比例也越大。原始林和次生林土壤中的木本植物种子所占的比例远比其他样地大得多。在植物性状方面表现出较大的空间异质。

据记录资料分析,各样地的种子的数量有一定的差别,平均每一个小样方体积(0.5m<sup>2</sup>×0.1m)有种子 61 粒。种子总数量的大小顺序是 9 号样地 > 5 号样地 > 10 号样地 > 8 号样地

表1 不同土地类型种子库植物性状分析

Table 1 Analysis of plant properties of soil seed banks in different type of land

样地号	草本植物种数(个)	%	灌木植物种数(个)	%	乔木植物种数(个)	%	种子总数量(个)
No. of plot	Number of herbaceous plant species		Number of shrub species		Number of tree species		Total amount of seed
1	16	80.0	2	10.0	2	10.0	135
2	14	82.0	1	6.0	2	12.0	177
3	23	88.0	3	12.0	0	0.0	306
4	17	100.0	0	0.0	0	0.0	220
5	21	95.0	1	5.0	0	0.0	477
6	7	33.3	3	14.3	11	52.3	129
7	27	62.8	7	16.3	9	20.1	167
8	15	94.0	1	6.0	0	0.0	360
9	25	96.0	1	4.0	0	0.0	58.5
10	13	100.0	0	0.0	0	0.0	459

>3号样地 >4号样地 >2号样地 >7号样地 >6号样地 >1号样地(表1)。但是在人类经常进行经济活动的土壤里,大量的种子都是草本植物种子,种子数量较大的植物有:革命菜(*Gynura crepidioides*)、飞机草(*Eupatorium odoratum*)、黄珠子草(*Phyllanthus simplex*)、距花黍(*Ichnanthus vicinus*)、糙叶丰花草(*Borrea articularis*)、蟋蟀草(*Eleusine indica*)、多棱粟米草(*mollugo verticellata*)、竹节草(*Chrysopogon aciculatus*)和胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)等次生性草本植物;在热带雨林和次生林中种子数量较多的是木本植物,它们是:八角枫(*Alangium chinense*)、保亭榕(*Ficus tuphapensis*)、海南榕(*F. hainanensis*)、玉叶金花(*Mussaenda sp.*)和柏拉木(*blastus cochinchinensis*)等。

2.1.2 植物区系成分分析 一般来说,人类的干扰,常常消灭了以前植被的地区性分布

表2 不同土地类型种子库区系成分分析

Table 2 Component analysis of seed flora of soil seed banks in different type of land

样地号	热带分布成分(%)	世界分布成分(%)	其它分布成分(%)
No. of plot	Component of tropical distribution (%)	Component of cosmopolitan distribution (%)	Component of other distribution (%)
1	80	10.0	10.0
2	88	12.0	0.0
3	73	19.0	8.0
4	76	18.0	6.0
5	50	27.0	23.0
6	90	0.0	10.0
7	89	5.3	5.3
8	81	12.5	6.5
9	85	9.5	5.5
10	69	23.0	8.0

成分,同时创造出那些在森林生境中不能成功地与地区性成分竞争的世界分布种植物生长的生境<sup>[7]</sup>。这在土壤种子库的组成成分上也得到反映。在 91 种被子植物中,热带成分(地区性成分)占 80%,但不同的样地热带成分所占的比例有一定的区别,且有一定的规律(表 2)。从表 2 的数据中,可以发现土地利用强度愈大,土壤种子热带分布成分所占的比例愈小。5 号样地 < 10 号样地 < 3 号样地 < 4 号样地 < 1 号样地 < 8 号样地 < 9 号样地 < 2 号样地 < 7 号样地 < 6 号样地。原始林的热带分布成分比例最高;世界分布成分的情况相反。世界分布(广布种)多为次生性植物,其比例越高,系统的次生性越强。

## 2.2 物种多样性

物种多样性指数(Simpson 指数)大小顺序为:7 号样地 > 1 号样地 > 6 号样地 > 4 号样地 > 3 号样地 > 5 号样地 > 9 号样地 > 2 号样地 > 10 号样地 > 8 号样地(表 3);(Shannon-Weiner 指数)7 号样地 > 1 号样地 > 6 号样地 > 4 号样地 > 5 号样地 > 3 号样地 > 2 号样地 > 9 号样地 > 10 号样地 > 8 号样地(表 3)。这两个大小顺序有力地说明了种子数量大小顺序(表 1)和物种多样性指数的大小顺序基本是相反的,表明了,在人类经常活动的土地上,尽管种子数量较多,但是物种多样性指数却较小,在人类的干扰下,不同的土地类型的土壤种子库存在着较大的差异;同是海南五指山区,原始林和次生林与经常性刀耕火种等其它人类进行经济活动的土地上,土壤种子物种多样性指数有较大的差别,后者多是一些次生的草本植物,物种多样性指数较小。这主要是由于人类经常砍伐和火烧掉从土壤里萌发生长的木本植物所致。因此从山区植被自然恢复的角度来看,刀耕火种不仅造成水土流失,而且

表3 土壤种子库物种多样性分析

Table 3 The analysis of bio-diversity of the soil seed banks

样地号	物种数(个)	多样性指数*	多样性指数**	均匀度指数*	均匀度指数**
No. of plot	Number of species	Index of diversity	Index of diversity	Index of evenness	Index of evenness
1	20	10.171	3.555	0.438	0.823
2	17	4.378	2.871	0.225	0.703
3	26	5.274	2.950	0.196	0.623
4	17	6.462	3.065	0.343	0.749
5	21	5.124	2.951	0.234	0.672
6	21	7.020	3.343	0.381	0.761
7	43	20.617	4.805	0.327	0.885
8	16	2.095	1.786	0.119	0.447
9	26	4.393	2.734	0.161	0.582
10	13	3.333	2.295	0.238	0.620

\*为 Simpson 多样性指数和均匀度指数,\*\*为 Shannon-Weiner 多样性指数和均匀度指数z。

土壤种子库在质和量方面也发生严重的退化(木本植物的种子在量和种源方面都在锐减)。这是尚未引起人们注意的土地退化的生物学问题。

## 2.3 种子分布规律

土壤种子库的分布可以分为垂直分布和水平分布,垂直分布指种子在某一利用土地类型里的土壤剖面中的分布情况。在这里,水平分布主要指种子在某一利用土地类型里

的土壤剖面中的分布的频度和密度。

从记录资料上看,种子在土壤里的垂直分布规律是:种子多集中分布在土壤的上表层,向下递减速度较快。在 10 个样地中,土壤各层(0~2cm,2~4cm,4~10cm)种子数量之比是:1 号样地为 101:29:5; 2 号样地为 156:16:3; 3 号样地为 212:64:30; 4 号样地为 62:47:23; 5 号样地为 294:100:83; 6 号样地为 61:37:23; 7 号样地 123:29:15; 8 号样地为 210:89:16; 9 号样地为 267:207:111; 10 号样地为 272:110:77。

在水平分布方面,10 个样地的种子分布规律分析结果见表 4。从表 4 中可以看到,在各土地利用系统中,多数种子的分布频度为 0.2 或 0.4 和密度为 0.4(个/m<sup>2</sup>)~2(个/m<sup>2</sup>),表现出较小的分布频度和密度。这可能是土壤种子库水平分布的共性。

表4 种子水平分布规律分析结果

Table 4 The analysis of the horizontal distribution of the seed

样地号 No. of Plot	频度 Frequency					密度 Density (个/m <sup>2</sup> )				
	0.2 (%)	0.4 (%)	0.6 (%)	0.8 (%)	1 (%)	0.4 (%)	0.8~2 (%)	2.4~8 (%)	>8 (%)	
1	50.0	10.0	15.0	10.0	15.0	40.0	15.0	35.0	10.0	
2	47.2	29.4	5.8	11.8	5.8	29.4	52.9	5.9	11.8	
3	30.8	30.8	11.6	7.6	19.2	19.2	30.8	23.1	26.9	
4	58.8	29.4	5.9	0.0	5.9	35.3	35.3	5.9	23.5	
5	42.9	19.0	4.8	14.3	19.0	28.6	23.8	19.0	28.6	
6	66.4	9.5	9.5	9.5	4.8	38.1	38.1	14.3	9.5	
7	63.6	13.6	11.4	9.1	2.3	41.9	44.4	11.4	2.3	
8	43.7	31.2	12.5	6.3	6.3	26.9	37.5	11.6	29.3	
9	69.2	15.4	7.7	7.7	0.0	38.5	23.0	11.5	27.0	
10	53.9	15.4	11.5	7.7	11.5	15.4	53.8	0.0	30.8	

## 2.4 种子库的空间相似性分析

从表 5 中可以看到在 10 个不同土地利用系统中,两两间的种子库组成成分相似性系数变化范围为 0.000~0.533。表现出它们之间较大的异质性。其中热带原始林与其它的

表5 不同土地利用系统土壤种子库相似性分析结果

Table 5 The similarity analysis of the soil seed banks in the different soil-plant eco-systems

1	1									
2	0.281	1								
3	0.304	0.390	1							
4	0.108	0.457	0.522	1						
5	0.216	0.263	0.425	0.263	1					
6	0.049	0.053	0.000	0.000	0.000	1				
7	0.063	0.068	0.089	0.069	0.067	0.250	1			
8	0.278	0.242	0.143	0.364	0.216	0.000	0.102	1		
9	0.261	0.419	0.231	0.326	0.316	0.000	0.063	0.270	1	
10	0.424	0.533	0.359	0.400	0.467	0.000	0.143	0.344	0.235	1

类型的相似性最小,与7个类型的系数为0;次生林与其它类型(除原始林外)的相似性亦很小,变化范围为0.063~0.143;灌木林和其他9个植被类型的土壤种子库相似性大小顺序是甘蔗园(0.364)>刀耕火种地(0.344)>木麻林(0.278)>茶园(0.270)>桉树林(0.242)>弃荒农田(0.216)>胶园(0.143)>次生林(0.102)>原始林(0.000)。这些都说明了原始林和次生林与其它的陆地系统在种子库的组成成分方面有较大的区别,仅从土壤种子库的角度来看,从灌木林向次生林演替仍需要较长的时间。

### 3 讨论

根据前人对土壤种子库的研究,演替早期阶段的土壤体积要达到 $400\text{cm}^3$ ,灌丛阶段为 $500\sim 600\text{cm}^3$ ,顶极群落为 $4000\sim 6000\text{cm}^3$ <sup>[8]</sup>或为 $10000\text{cm}^3$ <sup>[5]</sup>。我们取样中每一种土地类型取样体积达 $25000\text{cm}^3$ ,因此,这样的体积对研究热带地区不同土地类型的种子库是充足的。关于热带地区土壤种子库观察时间问题,Vega和Sierra(1970)曾经开展过比较研究,他们的结论是,只要连续6个星期无种苗出现,则可结束观察,这样的实验结果是比较准确的<sup>[5]</sup>。本实验的结果基本支持这个观点。由于热带地区较多的种子,特别是森林树种的种子大多数是顽拗型种子,没有休眠期<sup>[9]</sup>,活动种子占的比例较大,因此,每一时期取土样观察的结果虽然不能反映一年的土壤种子库状况,但是基本上能反映该时期的土壤种子库状况。

从我们的研究结果中可说明下面一些问题:

1. 不同植被类型下的土壤种子库在植物种类组成上有较大的区别:土地利用强度越强,木本植物种子越少,草本植物种子越多,演替后期的物种的种子仅在原始林和次生林中出现。较大的空间异质性说明了在人类经常干扰的弃荒地上,植被自然恢复需要较长的时间。结合现有植被组成现状或物种的比例和种子库的组成现状或物种的比例可以作为评价退化系统的质量或预测植被的发展动态(将另文发表)。
2. 刀耕火种,又称游耕农业。在海南一般刀耕火种2~3年便停耕,经6~8年后又轮一次。这种游耕农业不仅造成水土流失,而且土壤种子库在质和量方面也发生严重的退化,这是尚未引起人们注意的土地退化的生物学问题。
3. 种子的垂直分布规律是,随着土层的加深,种子在数量上递减的速度较快;在水平分布方面,大多数物种的种子呈零星分布,仅几个优势种呈集群分布。

致谢:本文得到张桃林研究员的指导,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

1. Roberts H A. Seed Banks in Soil. *Advances in Applied Biology*, 1981,6:1~55
2. Harper J L. *Population Biology of Plants*. London and New York: Academic Press, 1977
3. Allesioleek M M, Parker V T, Simpson R L. *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press Inc. 1989. 1~21
4. 杨小波,林英,梁淑群.海南五指山森林植被. I 五指山森林植被类型.海南大学学报(自然科学版),1994,12(3): 220~236

5. 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. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(3): 249~257
6. 王伯荪, 余世孝, 彭少麟等. 植物群落实验手册. 广州: 广东教育出版社, 1996, 100~103
7. 王伯荪. 植物群落学. 北京: 高等教育出版社, 1987
8. Moor P D, Chapman S B. Methods in Plant Ecology (second edition). Oxford, London, Edinburgh; Blackwell Scientific Publication, 1986. 386~394
9. 徐是雄, 唐锡华, 溥家端. 种子生理的研究进展. 广州: 中山大学出版社, 1987. 81~85

## STUDY ON THE SOIL SEED BANKS OF DIFFERENT LAND UTILIZATION SYSTEM IN THE TROPICAL AREA

Yang Xiao-bo Chan Ming-zhi Wu Qing-shu

(Hainan University, Haikou 570228)

### Summary

Based on the analysis of species composition, amount and distribution of seeds, and species similarity, and its diversity, the properties of soil seed banks on 10 different land utilization systems in Hainan Province were studied. The 10 land utilization systems are *Casuarina equisetifolia* forest (12 years), *Eucalyptus exserta* forest (12 years), rubber plantation (40 years), tea tree plantation (28 years), sugarcane plantation, old-field (2 years abandoned dry field), shrub (8 years abandoned shifting cultivation), shifting cultivation (2 years), secondary forest and primeval tropical rain forest.

Results showed that: A. The amount of seeds of xylophyta species decreased and that of herbaceous species increased with the increase in strength of land-use, while as the amount of seeds increased, the bio-diversity decreased. B. More than 50% species distributed randomly in these soil seed banks of 10 land utilization systems. C. Slash-and-burn cultivation caused not only soil and water loss, but also the degradation of quality and quantity of soil seed banks.

**Key words** Soil seed bank, Land degradation, Slash-and-burn cultivation, Vegetation recovery