

南亚热带森林土壤种子库与地上植被的组成特征及其关系

史军辉^{1,2} 黄忠良¹ 欧阳学军^{1,2} 张池^{1,2} 李林^{1,2} 周小勇³

(1 中国科学院华南植物园鼎湖山自然保护区 2 中国科学院研究生院
3 中山大学环境科学与工程学院)

摘要: 该文通过在鼎湖山自然保护区设立的固定植物样带,研究地上植物组成数量特征和土壤种子库的关系。结果表明:①该植物样带共有木本植物 93 种,其中,乔木 60 种,灌木 33 种;草本植物 30 种,其中,蕨类植物 12 种。②植物样带土壤种子库出现木本植物 36 种,其中,乔木 11 种,灌木 25 种。土壤种子库木本植物种子数量平均 $183 \text{ 粒}/\text{m}^2$,其中,灌木平均数量为 $162 \text{ 粒}/\text{m}^2$,乔木平均数量为 $21 \text{ 粒}/\text{m}^2$,灌木在土壤种子库中的数量远远高于乔木;出现草本植物 13 种,其中蕨类植物 3 种,草本植物种子数量平均为 $215 \text{ 粒}/\text{m}^2$ 。③土壤种子库与地上优势种相关性比较:草本 > 灌木 > 乔木。土壤中,草本植物种子数量以先锋种为主;乔木中,演替中间种的种子数量占优;灌木中,演替先锋种种子数量占优。④地上植被和土壤种子库之间的关系通过将森林群落植物划分为不同的生活型进行比较,灌木的 Sorenson 系数(0.54)>草本(0.32)>乔木(0.28)。如果将地上植物按径级除去幼树,乔木的 Sorenson 系数为 0.47 。从共有种百分比来看,乔木为 91%,灌木为 65%,草本植物为 50%。

关键词:群落组成, 种子库, 优势种, 相似系数

中图分类号:S718.52 文献标识码:A 文章编号:1000-1522(2006)04-0022-06

SHI Jun-hui^{1,2}; HUANG Zhong-liang¹; OUYANG Xue-jun^{1,2}; ZHANG Chi^{1,2}; LI Lin^{1,2}; ZHOU Xiao-yong³.

Composition of vegetation and soil seed bank in low subtropical forests and their relationship. *Journal of Beijing Forestry University* (2006) 28(4) 22–27 [Ch, 20 ref.]

1 Dinghushan Mountain Nature Reserve, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Zhaoqing, Guangdong, 526070, P. R. China;

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, P. R. China;

3 School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510275, P. R. China.

A permanent sample transect of plant communities was established on Dinghushan Mountain to study the relationship between the size of the vegetation composition above-ground and the soil seed bank. The results were as follows: 1) ninty-three woody species were present in the forests transect and of which 60 were trees and 33 shrubs; as well, 30 species of herbage appeared under the canopy and of which 12 were ferns; 2) thirty-six species of woody plants were found in the soil seed bank, including 11 tree species and 25 shrub species. The average woody seed density was $183 \text{ grains}/\text{m}^2$; for shrubs the density was $162 \text{ grains}/\text{m}^2$ and for trees $21 \text{ grains}/\text{m}^2$. The number of seeds of shrubs was far more than that of trees. In addition, thirteen species of herbage were identified in soil seed bank samples including three species of fern and their average seed density was $215 \text{ grains}/\text{m}^2$; 3) the pertinent comparison of species predominance between soil seed bank and above-ground vegetation was: herbage > shrub > tree. In the soil seed bank, most herbage seeds were pioneer species; seeds of middle succession species were dominant in trees and the seeds of pioneer species were dominant in shrubs; 4) to study the relationship between vegetation and soil seed bank, species in plant

收稿日期:2005-03-14

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:国家自然科学基金重大项目(39899370)、中国科学院知识创新工程重大项目(KZ951-B1-110)。

第一作者:史军辉,博士生·主要研究方向:保护生物学·电话:0758-2625042 Email:junhui-shi@sohu.com 地址:526070 广东省肇庆市鼎湖山国家级自然保护区管理局。

责任编辑:黄忠良,博士,研究员·主要研究方向:森林群落学、保护生物学·Email:huangzl@scib.ac.cn 地址:同上。

communities were divided into three groups by life forms. Result was that the Sorenson coefficient of shrub 0.54 > herbage 0.32 > tree 0.28. If we omit saplings according to DBH, the Sorenson coefficient for trees increases to 0.47. The following percentages of species were present both above ground and in the soil seed bank: tree 91%, shrub 65% and herbage 50%.

Key words community composition, seed bank, dominant species, Sorenson coefficient

地上植被与土壤种子库有着密切的关系,植被通过种子雨扩散种子到土壤,直接影响着土壤种子库的组成和数量^[1-3],同时,土壤种子库的种子通过形成幼苗参与群落的自然更新过程,影响着地上植物群落形成和演化^[4]。以往这方面的研究主要集中在种子雨对土壤种子库的贡献以及土壤种子库的组成与数量变化特征的方面,对土壤种子库和地上植被的研究往往是独立进行的,而把土壤种子库与地上植被有机结合起来进行耦合研究的工作很少^[2],特别是在森林植被和土壤种子库数量特征关系方面缺乏深入的了解。地上植被和土壤种子库关系较为复杂,常常有相反的结论^[5],主要原因之一可能是取样尺度不同。国内的研究大部分是选择典型植物群落的样地来比较地上植被和地下土壤种子库之间的关系^[2,4,6-8],对森林而言取样尺度较小,并且样带法连续取样少有报道。在自然界中,很少存在单一植物群落的森林,特别是亚热带和热带森林分布区,不同森林群落镶嵌分布,由于种子扩散的多途径,森林群落之间常有种子流动,因而,地上植被和地下土壤种子库的关系可能在较小尺度下难以得到反映。本文通过在鼎湖山自然保护区设立的固定植物样带,连续取样,在10 m×1 200 m尺度下,研究地上植物组成数量特征和土壤种子库的关系,对认识南亚热带森林群落地上植被和土壤种子库的关系以及种子生态学等方面具有重要意义。

1 研究地区与方法

1.1 自然概况

鼎湖山国家级自然保护区位于广东省肇庆市东北部,地理位置为112°30'39"~112°33'41"E, 23°09'21"~23°11'30"N, 总面积1 155 hm², 属低山丘陵地貌, 海拔14.1~1 000.3 m, 土壤多为发育于砂岩和沙页岩母质上的赤红壤和黄壤。本区属南亚热带季风湿润气候, 年均气温20.9°C, 年均降雨量1 956 mm, 年相对湿度为81.5%。鼎湖山拥有丰富的生物多样性, 据统计, 具有野生高等植物1 800多种, 亚热带常绿阔叶林是本地区典型的地带性植被。

为了研究鼎湖山植物群落的垂直格局,于2003年在鼎湖山建立了1条10 m×1 200 m的固定样带。样带起点于海拔50.2 m的迪坑上方,终点于海拔476.5 m的三宝峰顶, 相对高差426 m。森林类型是

针阔混交林, 阳性阔叶林和中性阔叶林, 其中以针阔混交林为主。植物固定样带按10 m×10 m划分为120个样方, 样带乔木层林冠连续、重叠, 覆盖率80%~90%, 鲜有大的林窗。

1.2 研究方法

1.2.1 木本植物种类调查

在10 m×10 m的固定样方内, 对胸径>1 cm的所有植物(乔木和灌木)进行挂牌和每木检尺, 测定指标: 种名、胸径、枝下高、树高、冠幅、坐标。

1.2.2 草本层植物种类调查

在10 m×10 m样方内设10 m×2 m的草本层样方, 对草本样方内所有的草本植物和胸径<1 cm的木本植物进行测定, 测定指标: 种名、高度、株丛数、盖度。

1.2.3 土壤种子库试验

土壤种子库鉴定常用的方法有种子萌发法、漂浮浓缩法和网筛分选, 其中种子萌发法是最常见的鉴定方法, 大约90%的工作采用的方法是幼苗萌发技术^[5], 因此, 本文采用种子萌发法。2004年3月雨季之前, 于15—17日在样带120个10 m×10 m样方中心周围取20 cm×20 cm×10 cm的土壤, 4次重复, 共计480个土壤样本, 带回进行种子萌发。在屋顶平台搭建宽10 m×20 m的遮荫棚两个, 用深色遮荫网将顶部和四周围住, 避免强光和外界种子。在棚内用砖垒砌23 cm×23 cm的方格480个, 下面铺垫3 cm的平整纸板利于排水。将土壤去除碎砾和枯叶等杂质, 放入方格中, 土壤厚度6~5 cm, 让其自然萌发^[5,9-10], 并适时浇水, 保持土壤的湿度。10 d后种子开始萌发, 以后定期观测。对已萌发的幼苗进行种类鉴定、计数后清除。整个过程持续180 d, 至土壤中不再有幼苗长出。

1.2.4 地上植被和土壤种子库关系分析

植物土壤种子库来源于地上的植物群落, 潜在植物群落和现存植物群落的关系是研究群落动态变化的重要内容之一, 为了进一步探讨, 将土壤种子库分为乔木、灌木和草本分别与地上相同植物类型进行比较。由于种子来源于成熟的植物个体, 比较地上成熟植物种类组成和土壤种子库组成, 可以较好的了解土壤种子库来源及相关程度。本文按照胸径划分成熟树木, 乔木一般成熟胸径设为≥7.5 cm^[11-12], 灌木一般成熟胸径≥2.0 cm, 小于此范围记为幼树。

相似系数采用 Sorenson 系数计算方法;用土壤种子库共有种百分比=该生活型共有种/土壤种子库该生活型物种总和,表示土壤种子来源于地上植被的程度,简称共有种百分比。

2 结果与分析

2.1 植物样带地上及土壤种子库乔木组成特征

本植物样带共有乔木 60 种。根据表 1, 样带乔木植物主要优势种是木荷(34.80, 重要值)、马尾松(23.44)和黄果厚壳桂(6.01), 其中木荷和马尾松占绝对优势, 由于它们树体高大, 通常处于植物群落林冠第 1 层^[13]。从数量指标相对多度来看, 木荷数量占绝对优势, 黄果厚壳桂和马尾松数量相当。根据胸径, 马尾松大多为成年树, 平均胸径 22.8 cm, 黄果厚壳桂大多为小树, 平均胸径 5.7 cm。处于乔木第 2 层树种众多, 主要树种有红皮紫棱(5.02)、鼠刺(4.52)、绒楠(2.32)、降真香(1.84)等, 红皮紫棱、鼠刺、绒楠和降真香是阔叶林主要组成树种^[14]。可以看出, 该样带植物物种构成复杂, 各演替阶段的植物种成分都有出现, 但总趋势是演替中间种的种类占

优势。

植物样带土壤种子库出现乔木 11 种, 乔木平均数量为 21 粒/m², 见表 1。土壤种子数量前 3 位的是白楸(23.35%, 相对数量)、白背算盘子(21.98%)和降真香(20.33%)。白楸是群落演替先锋种, 白背算盘子和降真香是演替中间种。根据植物在植物群落演替阶段出现的程度, 将土壤种子库中乔木划分为不同的种组^[13, 15], 演替先锋树种 3 种, 土壤种子相对多度 36%; 演替中期树种 6 种, 土壤种子相对多度 63.5%; 演替后期树种 2 种, 土壤种子相对多度仅 0.5%, 因此乔木种子库中演替中间种的种类和种子数量占优, 见图 1。将地上和种子库乔木种进行比较分析, 发现土壤种子库中相对数量前两位白楸和白背算盘子不是地上乔木层优势种, 而主要优势种木荷在种子库相对数量仅为 9.34%。主要优势种马尾松和黄果厚壳桂没有幼苗出现, 但是, 对幼苗层调查的结果发现, 马尾松没有稳定的幼苗层, 黄果厚壳桂具有稳定的幼苗层, 这是否与生物生态学特征或生活史策略有关值得进一步研究。

表 1 样带地上和土壤种子库主要乔木数量特征

TABLE 1 Quantity characteristics of dominant tree species in permanent transect and soil seed bank

地上乔木数量特征			乔木土壤种子库数量特征		
种名	株数	重要值	种名	种组	种子数量
木荷 <i>Schima superba</i>	1 416	34.8	白楸 <i>Mallotus paniculatus</i>	P	85
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	248	23.44	白背算盘子 <i>Glochidion wrightii</i>	M	80
黄果厚壳桂 <i>Cryptocarya concinna</i>	294	6.01	降真香	M	74
红皮紫棱 <i>Craibiodendron kwangtungense</i>	174	5.02	鼠刺	M	58
锥栗 <i>Castanopsis chinensis</i>	109	4.83	木荷	P	34
鼠刺 <i>Itea chinensis</i>	244	4.52	鼎湖钩樟	M	16
绒楠 <i>Machilus velutina</i>	110	2.32	山乌柏 <i>Sapium discolor</i>	P	12
降真香 <i>Acronichia pedunculata</i>	58	1.84	绒楠	M	2
短序润楠 <i>Machilus breviflora</i>	61	1.78	翅子树 <i>Pterospermum lanceaefolium</i>	L	1
鼎湖钩樟 <i>Lindera chunii</i>	66	1.68	红车 <i>Syzygium rehderianum</i>	L	1
其他乔木 50 种	366	13.76	鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i>	M	1

注:P 为演替先锋种,M 为演替中间种,L 为演替后期种。

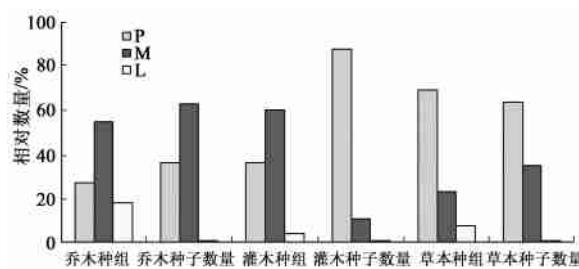


图 1 土壤种子库植物种组及种子相对数量

FIGURE 1 Relative quantity of plant species group and seeds in seed bank

2.2 植物样带地上及土壤种子库灌木组成特征

样带灌木层树种有 33 种, 见表 2, 主要优势树种为桃金娘(17.90, 重要值)、豺皮樟(17.75)、罗浮

柿(10.41)、三叉苦(8.11)、罗伞树(7.61)等。桃金娘和三叉苦是马尾松林灌木层主要优势树种, 罗浮柿和罗伞主要出现在阔叶林, 它们处于不同的群落演替阶段。季风常绿阔叶林灌木层常见种云南银柴(*Aporosa yunnanensis*)和光叶山黄皮(*Randia canthioides*)很少出现, 表明林下灌木层环境特征以阳生为主。

种子库有灌木 25 种, 灌木平均数量为 162 粒/m², 见表 2, 远远高于乔木种子数量。三叉苦(41.52%, 相对数量)、野牡丹(20.08%)和毛稔(12.12%)占土壤木本植物种子库数量的 66%, 这 3 种灌木阳性喜光, 多出现在南亚热带植物群落演替初期的灌木层, 毛稔在阳性阔叶林中也有分布。灌木

中,演替先锋树种9种,土壤种子相对多度为88.6%,演替中期树种15种,土壤种子相对多度为11%,演替后期树种1种,土壤种子相对多度为0.4%。据图1,种子库中,演替先锋种类少于中

间种,但数量占绝对优势。对比分析地上和种子库优势种,发现地上优势种三叉苦和毛稔在种子库中也占优势;地上灌木主要优势种桃金娘和豺皮樟在种子库中也有一定的数量。

表2 样带地上和土壤种子库主要灌木数量特征

TABLE 2 Quantity characteristics of dominant shrub species in permanent transect and soil seed bank

地上灌木数量特征			灌木土壤种子库数量特征			
种名	株数	重要值	种名	种组	种子数量	相对数量/%
桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>	462	17.90	三叉苦	P	1 185	41.52
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	327	17.75	野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>	P	573	20.08
罗浮柿 <i>Diospyros morrisiana</i>	120	10.41	毛稔	P	346	12.12
三叉苦 <i>Evodia lepta</i>	121	8.11	岗松	P	162	5.68
罗伞树 <i>Ardisia quinquegona</i>	143	7.61	山黄麻 <i>Trema orientalis</i>	M	132	4.63
黄牛木 <i>Cratoxylon ligustrinum</i>	86	6.04	蔓九节 <i>Psychotria serpens</i>	P	104	3.64
毛稔 <i>Melastoma sanguineum</i>	74	5.63	桃金娘	P	83	2.91
密花树 <i>Rapanea nerifolia</i>	67	4.62	玉叶金花 <i>Mussanda pubescens</i>	M	63	2.21
九节 <i>Psychotria rubra</i>	38	3.67	五指毛桃 <i>Ficus hirta</i>	P	40	1.40
岗松 <i>Baeckea frutescens</i>	28	3.42	米碎花 <i>Eurya chinensis</i>	M	23	0.81
其他灌木 23 种	254	14.15	其他灌木 10 种		143	5.01

2.3 植物样带地上及土壤种子库草本组成特征

植物样带有草本植物30种,其中,蕨类植物12种。根据植物在植物群落演替阶段出现的程度,将土壤种子库中草本植物划分为不同的种组。据表3,本样带草本植物中占优势的物种为芒萁(35.04,重要值)、淡竹叶(23.44)、黑莎草(11.77)、铁线蕨(7.04)、山菅兰(4.02)和五节芒(3.55),其中芒萁、黑莎草、山菅兰和五节芒是先锋草本植物,它们喜光,耐瘠薄干旱的土壤。在草本植物中,先锋草本植物有12种,占草本植物的40%;演替中期的植物有6种,占草本植物的20%;演替后期的植物有12种,占草本植物的40%。虽然演替后期的植物种类相对丰富,但数量较小,重要值和不到6%。样带先锋草本植物的重要值占50%以上,从分布来看,淡竹叶出现的相对频度高于芒萁和黑莎草,表明林下微环境的复杂性。

植物样带土壤种子库出现草本植物13种,其中蕨类植物3种。土壤种子库中,草本植物平均数量为215粒/m²。从表3可知,土壤种子库中植物数量前5位的是乌毛蕨(32.11%, 相对数量)、双唇蕨(20.97%)、黑莎草(16.97%)、淡竹叶(11.24%)和鹧鸪草(7.45%),其中乌毛蕨、黑莎草和鹧鸪草多分布在植物群落演替的先锋群落的林下层,耐干旱和土壤瘠薄,在林窗及空旷或疏林等光照适宜的条件下生长快,繁殖力强。样带土壤种子库中,演替先锋草本植物9种,其种子数量占土壤草本植物种子数量的63.76%;演替中间3种,种子数量占35.23%;演替后期种1种,种子数量占1.01%。据图1,土壤中,草本植物种和种子数量以先锋种为主。分析地上和种子库优势种,淡竹叶和黑莎草在地上和种子库中都是优势种。

表3 样带地上和土壤种子库主要草本植物的数量特征

TABLE 3 Quantity characteristics of dominant herb species in permanent transect and soil seed bank

样带草本植物数量特征			样带土壤种子库草本植物种类和数量			
种名	种组	重要值	种名	种组	种子数量	相对数量/%
芒萁 <i>Dicranopteris linearis</i> var. <i>dichotoma</i>	P	35.04	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i>	P	1 228	32.11
淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i>	M	23.44	双唇蕨	M	802	20.97
黑莎草 <i>Gahnia tristis</i>	P	11.77	黑莎草	P	649	16.97
铁线蕨 <i>Adiantum capillus-veneris</i>	M	7.04	淡竹叶	M	430	11.24
山菅兰 <i>Dianella ensifolia</i>	P	4.02	鹧鸪草 <i>Eriachne pallescens</i>	P	285	7.45
五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i>	P	3.55	长蒴母草 <i>Lindernia anagallis</i>	P	124	3.24
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	P	2.35	割鸡芒 <i>Hypolytrum nemorium</i>	P	81	2.12
双唇蕨 <i>Schizoloma ensifolium</i>	M	1.64	纤毛鸭嘴草 <i>Ischaemum ciliare</i>	P	58	1.52
四脉金茅 <i>Eulalia quadrinervis</i>	P	1.08	山菅兰	P	56	1.46
苏铁蕨 <i>Brainea insignis</i>	P	1.06	剑叶耳草 <i>Hedyotis lancea</i>	L	49	1.28
其他草本 20 种		9.01	其他草本 3 种		62	1.62

2.4 植物样带地上植被与土壤种子库组成相似性

从表4可知,土壤种子库和地上植被的乔木相似性受分析方法影响很大。没有剔除地上植被中的幼树种类时,即统计所有胸径 $\geq 1\text{ cm}$ 的乔木种,Sorensen系数是0.28;当与成熟植物种类比较时,即只统计胸径 $\geq 7.5\text{ cm}$ 的乔木种,Sorensen系数是0.47,是前者的两倍。土壤种子库中,乔木共有种百分比是91%,表明样带乔木种子库和地上植被的关系非常紧密。但是,也发现地上乔木中,有22种成熟乔木种在土壤中没有种子萌发,未萌种占乔木种总和的68.8%,这可能受取样季节和种子大小年的影响,具体原因有待进一步了解。

土壤种子库灌木和地上灌木关系较紧密,见表4,Sorensen系数分别为0.54和0.59,高于样带乔木的Sorensen系数。成熟灌木胸径选择为2.0 cm,与地

上植被调查时木本植物检测胸径1.0 cm相比,对Sorensen系数影响不大。土壤种子库灌木的共有种百分比为65%,低于乔木,表明土壤种子库和样带植被关系较密切。土壤种子库中有8种灌木可能来源于样带植被外,种类占35%,远高于乔木,同时,地上成熟灌木种中有13种在土壤种子库中没有种子萌发,占灌木种总和的46.4%;有种子萌发的灌木有15种,占53.6%。

土壤种子库和地上草本植物Sorensen相似系数为0.32,低于灌木和乔木,见表4。草本植物共有种百分比为50%,低于乔木和灌木,表明种子库种类约有50%来自样带地上草本植物。草本中,有23种地上植物没有种子在土壤种子库中萌发,占草本种总和的76.6%,萌发的仅占23.3%。

表4 土壤种子库与地上植被组成相似性

TABLE 4 Composition similarity of species between soil seed bank and above ground vegetation

地上植物种	乔木				灌木				草本		
	胸径 $\geq 1\text{ cm}$		胸径 $\geq 7.5\text{ cm}$		胸径 $\geq 1\text{ cm}$		胸径 $\geq 2.0\text{ cm}$		有	无	
	有	无	有	无	有	无	有	无			
土壤种子库种类	有	10	1	10	1	15	8	15	8	7	6
相似系数	无	50	0	22	0	18	0	13	0	23	0
		0.28		0.47		0.54		0.59		0.32	

3 结论与讨论

1)森林优势种土壤种子库。从地上植被和种子库的优势种种类看,乔木地上优势树种在土壤种子库中不占优势,木荷在种子库中仅列第5。优势树种马尾松和黄果厚壳桂没有种子萌发,但是,样带中有较多成熟的马尾松个体,黄果厚壳桂也有不少成熟的大树,形成此现象的原因是否与取样季节和种子大小年以及种子库策略有关?需要进一步探讨。种子库中的优势树种大部分是处于森林第2层的演替中间种。灌木地上优势种在种子库中可以看到有幼苗出现,而且占有一定的数量,如三叉苦和桃金娘。草本层除去蕨类植物,地上优势种基本为种子库优势种。根据植物生活史策略^[16],草本植物多为杂草型,灌木多为竞争型和乔木多为忍耐型,因此,土壤种子库优势种与地上优势种的相关性草本>灌木>乔木,这个趋势明显与植物生活史策略有关,同时可能也受到森林演替的影响^[15]。另外,从图1发现,乔木层中地上植被和土壤种子库演替中间种类和数量都占优,基本反映了森林群落的现状以及发展趋势。灌木层中,地上植被演替先锋种虽然种类少于演替中间种,但优势程度高于后者,导致土壤种子库中先锋种的数量占优,这一现象是否表明林下灌木群落演替滞后于乔木群落,这可能与灌木的生存策略即

对生存空间需求小有关,值得进一步研究。

2)种子库储量。土壤种子库在维持植物种群方面起到重要的作用^[17]。鼎湖山南亚热带森林样带土壤种子库种子储量398粒/ m^2 ,其中草本植物平均数量为215粒/ m^2 ,灌木平均数量为162粒/ m^2 ,乔木平均数量为21粒/ m^2 ,并且木本植物种子储量丰富,高于宝华山落叶常绿阔叶林^[6],低于西双版纳热带森林^[18]。植物样带土壤种子库出现木本植物36种,其中乔木11种,灌木25种,木本植物丰富度较高,高于温带和北亚热带,与西双版纳热带森林相同,因此,土壤种子库储量和物种多样性受植物群落地带性分布和群落类型与结构的影响。

3)土壤种子库和地上植被关系。本文通过将森林群落植物划分为不同的生活型进行比较,发现灌木的Sorensen系数($0.54 > 0.32 > 0.28$)。如果将地上植物按径级除去幼树,则乔木的Sorensen系数变为0.47。从共有种百分比来看,乔木是91%,灌木为65%,草本植物为50%,土壤种子库乔木种与地上植物关系极为密切,灌木次之,草本种子有50%来自样带地上植物。这与Olano J M^[19]研究有相似的结果。本样带土壤种子库和地上植被的相似程度高于其他在热带和南亚热带的研究,可能与取样尺度和森林发育的年龄^[20]有关。

参考文献

- [1] 赵丽娅,李锋瑞,王先之.草地沙化过程地上植被与土壤种子库变化特征[J].生态学报,2003,23(9):1 745-1 756.
ZHAO L Y, LI F R, WANG X Z. Characteristics of soil seed bank and standing vegetation change in sandy grasslands along a desertification gradient [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (9): 1 745-1 756.
- [2] 马万里,荆涛,JONI K,等.长白山地区胡桃楸种群的种子雨和种子库动态[J].北京林业大学学报,2001,23(3):70-72.
MA W L, JING T, JONI K, et al. The dynamics of seed rain and seed bank of *Juglans mandshurica* population in the Changbai Mountain[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2001, 23(3): 70-72.
- [3] 肖治术,王玉山,张知彬.都江堰地区三种壳斗科植物的种子库及其影响因素研究[J].生物多样性,2001,9(4):373-381.
XIAO Z S, WANG Y S, ZHANG Z B. Seed bank and the factors influencing it for three Fagaceae species in Dujiangyan Region, Sichuan[J]. *Biodiversity Science*, 2001, 9(4):373-381.
- [4] 刘济明,钟章成.梵净山栲树群落的种子雨、种子库及更新[J].植物生态学报,2000,24(4):402-407.
LIU J M, ZHONG Z C. Nature of seed rain, the seed bank and regeneration of a *Castanopsis farges* II community on Fanjing Mountain[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(4):402-407.
- [5] 李伟,刘贵华,周进,等.淡水湿地种子库研究综述[J].生态学报,2002,22(3):395-402.
LI W, LIU G H, ZHOU J, et al. Studies on the seed bank of freshwater wetland: A review [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (3):395-402.
- [6] 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):41-50.
AN S Q, LIN X Y, HONG B G. A preliminary study on the soil banks of the dominant vegetation forms on Baohua Mountain [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(1):41-50.
- [7] 徐化成,班勇.大兴安岭北部兴安落叶松种子在土壤中的分布及其种子库的持续性[J].植物生态学报,1996, 20(1):28-34.
XU H C, BAN Y. The distribution of seeds of soil and the sustainability of the seed bank of *Larix gmelini* in northern Daxing'anling Mountains [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20 (1):28-34.
- [8] 张玲,方精云.秦岭太白山4类森林土壤种子库的储量分布与物种多样性[J].生物多样性,2004,12(1):131-136.
ZHANG L, FANG J Y. Reserves and species diversity of soil seed banks in four types of forest on Mt. Taibai, Qinling Mountains[J]. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):131-136.
- [9] 于顺利,蒋高明.土壤种子库的研究进展及若干研究热点[J].植物生态学报,2003,27(4):552-560.
YU S L, JIANG G M. The research development of soil seed bank and several hot topics [J]. *Acta Phytocologica Scinca*, 2003, 27 (4): 552-560.
- [10] BOEDELTJE G, HEERDTG N J, BAKKER J P, et al. Applying the seedling-emergence method under water logged conditions to detect the seed bank of aquatic plants in submerged sediments[J]. *Aquatic Botany*, 2002, 72 ,121-128.
- [11] 蚁伟民,曹洪麟,王伯荪,等.鼎湖山格木群落的组成种类和结构特征[J].热带亚热带植物学报,1999,7(1):7-14.
YI W M, CAO H L, WANG B S, et al. Species composition and structural feature in *Erythrophleum fordii* community in Dinghushan [J]. *Journal of Tropical & Subtropical Botany*, 1999, 7(1) : 7-14.
- [12] 姜萍,赵光,叶吉,等.长白山北坡森林群落结构组成及其海拔变化[J].生态学杂志,2003,22 (6):28-32.
JIANG P, ZHAO G, YE J, et al. Structure of forest communities on the northern slope of Changbai Mountain and its variation along elevation gradients[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(6) : 28-32.
- [13] 王铸豪,何道泉,宋绍敦,等.鼎湖山自然保护区的植被[C]//中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站·热带亚热带森林生态系统研究:第1集. 广州:科学普及出版社广州分社,1982: 77-141.
WANG Z H, HE D Q, SONG S D, et al. The vegetation of Dinghushan Biosphere Reserve [C]//Dinghushan Forest Ecosystem Research Station, CAS. Tropical and subtropical forest ecosystems: Vol. 1. Guangzhou: Guangzhou Branch of Popular Science Press, 1982, 77-141.
- [14] 王伯荪,彭少麟.鼎湖山森林群落分析Ⅱ.物种联结性[J].中山大学学报自然科学版,1983,22(4):27-35.
WANG B S, PENG S L. Analysis on the forest communities of Dinghushan (Ⅱ): Species association [J]. *Acta Sci Natur Uni Sunyateseni*, 1983, 22(4):27-35.
- [15] 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.
HUANG Z L, KONG G H, WEI P, et al. A study on the soil seed banks at the different succession stages of south subtropical forests [J]. *Journal of Tropical & Subtropical Botany*, 1996, 4(4):42-49.
- [16] GRIME J P. Predictions of terrestrial vegetation responses to nuclear winter conditions [J]. *Intern J Environmental Studies*, 1986, 28, 11-19.
- [17] KALAMEES R, ZOBEL M. The role of the seed bank in gap regeneration in a calcareous grassland community [J]. *Ecology*, 2002, 83(4) : 1 017-1 025.
- [18] 曹敏,唐勇,张建侯,等.西双版纳热带森林的土壤种子库储量及优势成分[J].云南植物研究,1997,19(2):177-183.
CAO M, TANG Y, ZHANG J H, et al. Storage and dominants in soil seed banks under the tropical forests of Xishuangbanna[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997, 19(2) : 177-183.
- [19] OLANO J M, CABALLERO I, LASKURAIN N A, et al. Seed bank spatial pattern in a temperate secondary forest [J]. *Journal of Vegetation Science*, 2002, 13, 775-784.
- [20] LECKIE S, VELLEND M, WATERWAY M J, et al. The seed bank in an old-growth, temperate deciduous forest[J]. *Can J Bot*, 2000, 78, 181-192.

(责任编辑 赵 劲)