

南涧干热退化山地不同恢复群落土壤种子库储量及其分布

李全发^{1, 2} 刘文耀^{1, 3} 沈有信¹ 刘伦辉¹

(1 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部 2 中国科学院研究生院 3 澳大利亚科廷理工大学)

摘要: 该文调查了南涧干热退化山地 5 种人工恢复群落恢复过程中及当地次生植被的土壤种子库的储量、分布格局、组成及其优势成分。研究表明: 各样地土壤种子库的储量变化在 2 060~ 21 300 粒/m² 之间, 物种数为 22~ 32 种, 各恢复群落的土壤种子库储量和物种数均比当地次生的坡柳、黄茅草灌草坡有增加。在 0~ 10 cm 土层内, 种子库密度垂直分布呈上层(0~ 2 cm) > 中层(2~ 5 cm) > 下层(5~ 10 cm), 层间储量差异明显。从物种和生活型组成来看, 各群落草本都占优势, 少数植物如菊科的紫茎泽兰、胜红蓟、烟管头草、戟叶火绒草等在土壤种子库中储量丰富, 但作为地上草本层的优势物种之一的黄茅草在土壤种子库中的储量却很少。

关键词: 退化山地, 干热河谷, 土壤种子库, 植被恢复

中图分类号: S718.55⁺ 1.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1522(2005)05-0026-06

LI Quan_fa^{1, 2}; LIU Wen_yao^{1, 3}; SHEN You_xin¹; LIU Lun_hui¹. **Storage and distribution of soil seed banks in degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian, Southwest China.** *Journal of Beijing Forestry University* (2005) **27**(5) 26-31[Ch, 22 ref.]

1 Kunming Division, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 650223, P. R. China;

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

3 Curtin University of Technology, GPO Box U1987 Perth, WA 6845, Australia.

Through the methods of transect sampling and greenhouse germination trial, the authors examined the storage, distribution pattern, composition and dominant species of soil seed banks of the rehabilitated communities and the local secondary vegetation on degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian, Southwest China's Yunnan Province. The seed densities in the top soil of 10 cm varied between 2 060 and 21 300 grain per m², and the number of species identified varied between 22 and 32 among 5 types of rehabilitated communities and the local secondary vegetation. The storage and the species numbers of soil seed banks of the rehabilitated communities greatly increased in comparison with the local secondary vegetation. In the soil samples of 10 cm, the result of seed banks was in the order of upper layer (0-2 cm) > middle layer (2-5 cm) > lower layer (5-10 cm), and statistical test of difference of seeds germinating from different soil layers in different community types was significant. In terms of the species composition and life form, herb species dominated the soil seed bank with a higher density and accounted for a high proportion of the soil seed bank. A few species of Asteraceae such as *Eupatorium adenophorum*, *Ageratum conyzoides*, *Carpesium cernuum* and *Leontopodium dedekensii* were dominant in the soil seed bank. But *Heteropogon contortus*, one of dominant species of the herbaceous layer on the ground, seldom appeared in the soil seed bank.

Key words degraded mountainous area, dry_hot valley, soil seed bank, vegetation restoration

干热河谷是我国西南地区一类重要而特殊的区域, 由于地质和气候等方面的原因, 山地环境十分脆

收稿日期: 2004-08-20

http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目: 中国科学院“百人计划”项目(BRJH2002098)、“973”国家重点基础研究发展计划项目(2003CB415105)。

第一作者: 李全发, 硕士。主要研究方向: 森林生态学。电话: 0871-5179921 Email: anhuiliq@163.com 地址: 650223 云南省昆明市学府路 88 号中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部。

责任作者: 刘文耀, 博士, 研究员。主要研究方向: 森林生态学、恢复生态学。电话: 0871-5153787 Email: liuwuy@xtbg.ac.cn 地址: 同上。

©1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

弱,加之长期的人类干扰,致使干热河谷区域的山地生态系统退化严重^[1]。从 1989 年以来,在云南省计委支持下,中国科学院西双版纳热带植物园联合有关科研单位和当地有关部门,在南涧县城后山干热退化山地开展生物生态治理试验示范研究。经过 10 多年的恢复与保护,已在治理试验区内建立了由不同植物种类组成、具有较好生态功能的人工群落。有关该试验区的水分调蓄与植被恢复途径、植物种类筛选、造林技术,以及恢复初期群落生物量与土壤环境动态等已有报道^[2-5],但对该区域人工恢复群落土壤种子库的特性研究极少。本文选取南涧干热退化山地恢复过程中的山毛豆(*Tephrosia caudida*)灌丛、云南松(*Pinus yunnanensis*)林、新银合欢(*Leucaena glauca* Benth)混合林、台湾相思(*Acacia richii*)林、桉树(*Eucaliptus* sp.)林及作为对照的当地次生植被坡柳(*Dodonaea viscosa*)、黄茅草(*Heteropogon contortus*)灌草丛 6 个群落的土壤种子库开展研究,比较分析不同恢复方式、不同植被类型下土壤种子库的储量、分布格局、组成和优势成分,为干热退化山地的植被恢复实践提供科学依据。

1 试验地概况及研究方法

1.1 试验地概况

本项研究工作在云南省中南部的南涧彝族自治县进行,地理位置 N 24°39′~25°10′,E 100°06′~100°41′。试验地选择在县城后山,主要恢复群落位于大箐河流域和观音寺沟,对照样地位于魏山河口。试验区山体海拔高度 1 380~2 064 m,为中切割中山地貌。据县气象站设于海拔 1 382 m 的观测点 30 多年资料统计,该地区年平均气温 19℃,极端高温 35.9℃,极端低温-1.1℃;年平均降雨量 729.15 mm,年蒸发量 3 274.6 mm,干燥系数为 4.49;年均相对湿度 62%,而 3—4 月仅为 46%。本区域的气候特点是降雨量少、蒸发量大、热量充足、雨热同季、干湿季分明、干季较长,属南亚热带干热河谷气候。

表 1 南涧县城后山治理区主要恢复群落及次生植被的基本特征
TABLE 1 Characteristics of the rehabilitated and secondary plant communities in degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian

样地类型	种植方式	林龄 a	平均高/ m	盖度/ %	枯落物现存 量/(t·hm ⁻²)
RCA	袋苗+直播	13	3.2	95	7.34
RCB	袋苗+直播	12	2.5	80	7.09
RCC	袋苗+直播	12	4.5	80	3.28
RCD	袋苗+直播	12	3.5	85	1.99
RCE	直播	30	5.5	90	15.35
LSC	天然	13	1.2	40	0.60

注: RCA 为山毛豆群落, RCB 为台湾相思群落, RCC 为桉树群落, RCD 为新银合欢群落, RCE 为云南松群落, LSC 为当地次生群落(坡柳+黄茅草灌草丛), 下表同。

本研究样地选择治理区范围内山坡上经过治理后现存较大面积的人工恢复植物群落,同时,在治理试验区外围选择一片目前处于人为干扰的次生灌草丛作为对照。表 1 反映了治理试验区这些人工恢复群落和治理区外未经过改造的次生植被的基本特征。

1.2 研究方法

大数量的小样方法具有的较高可靠性^[1],在于其可以尽量消除水平方向的变异产生的误差,又可通过分层取样探明垂直方向的变异。所以本研究也采用同样的方法,而取样时则采用随机取样法。每个群落设置 3 个 20 m×20 m 的样方,在每个样方内随机取 5 组土样,每组土样面积为 10 cm×10 cm,由上层(0~2 cm)、中层(2~5 cm)、下层(5~10 cm)3 层组成,6 个群落采集土样 270 份。将取回的土壤置于铺垫无种子的花盆中并放于温室,以防止外来种子的污染,适时浇水保持盆内的湿度,定期观察幼苗的萌发情况和种名。将已鉴定的幼苗去除,对不能鉴定的幼苗单独移栽,直到长大能鉴定为止。实验自 2002 年 7 月—2003 年 4 月,整个过程持续至盆中不再有幼苗长出,然后将土样搅拌混合,继续观察,至连续 6 个星期无种子萌发为止^[6]。

2 结果与分析

2.1 土壤种子库储量与垂直分布

本文所指土壤种子库储量用种子密度来表达,即单位面积上厚度为 10 cm 的土壤中所储藏的有活力的种子数,以实验中所萌发的幼苗来推算(见表 2)。由表 2 知,种子密度在 2 026~21 300 粒/m²之间,群落间差异较大。从总体看,各恢复植物群落比当地次生的坡柳、黄茅草灌草丛有更高的种子密度,其种子密度的大小排序为:山毛豆群落>云南松群落>台湾相思群落>桉树群落>新银合欢群落>坡柳、黄茅草灌草丛。通过 *t* 检验结果表明,不同植物群落间土壤种子库储量的差异达到极显著水平。

表 2 南涧干热退化山地不同植物群落土壤样品中萌发的种子数量及密度
TABLE 2 Number of seeds germinated and density of soil seed banks in different communities in degraded mountainous area

样地类型	萌发的种子数量 (n=15)				种子密度/ (粒·m ⁻²)	共有物种种子 数/(粒·m ⁻²)
	0~2 cm	2~5 cm	5~10 cm	总数		
RCA	2 528	433	234	3 195	21 300±2 578	192
RCB	1 046	313	145	1 504	10 027±1 456	75
RCC	412	102	101	615	4 100±1 324	72
RCD	382	147	77	606	4 040±584	53
RCE	1 569	842	433	2 844	18 960±1 857	380
LSC	127	79	103	309	2 060±239	61

从种子库在土壤中的垂直分布看(以单位体积土壤中的种子含量来计算),各恢复植物群落中土壤种子库密度顺序均为上层>中层>下层,而当地次生植被的坡柳、黄茅草灌草丛的土壤种子库密度则表现为下层>上层。从表3可以看出,除了桉树群落和坡柳、黄茅草灌草丛的土壤种子库的中层-下层及上层-下层无显著差异外,其他群落的上层-中层和上层-下层的土壤种子库密度差异都呈极显著,中层和下层的土壤种子库密度则有显著差异,桉树群落和坡柳、黄茅草灌草丛出现这种现象可能与这两个群落受到的干扰(人为和放牧等)最为严重有关,严重的干扰使得相当数量的种子向深层次分布。以上结果表明,不同植物群落间及群落内土壤种子库不同层次间种子储量上的差异,反映了不同植物群落内物种对土壤种子库及其不同层次种子储量的贡献有所不同。

表3 南涧干热退化山地不同植物群落土壤种子库垂直分布的差异显著性检验

TABLE 3 Statistical test on the significance of difference in vertical distribution of seeds germinated from different soil layers of different communities in degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

样地类型	各层土壤种子含量的 t 检验结果 (P 值)		
	上层-中层	中层-下层	上层-下层
RCA	0.000***	0.013**	0.000***
RCB	0.000***	0.015**	0.000***
RCC	0.035*	0.377*	0.057*
RCD	0.003***	0.038*	0.000***
RCE	0.003***	0.012*	0.000***
LSC	0.028*	0.074*	0.385*

注: * 为 $P > 0.05$, 差异不显著; ** 为 $0.05 > P > 0.01$, 差异显著; *** 为 $P < 0.01$, 差异极显著。

表4 南涧干热退化山地不同植物群落土壤种子库物种组成及优势科

TABLE 4 Species composition and dominant family of soil seed banks in different communities in degraded mountainous area of dry-hot valley in Nanjian

样地类型	科	属	种	优势科(个体比例占前5位)
RCA	15	30	32	菊科 69.5%、马钱科 18.2%、禾本科 3.1%、石竹科 2.0%、大戟科(Euphorbiaceae) 1.9%
RCB	15	29	31	菊科 84.6%、石竹科 4.5%、马钱科 3.2%、禾本科 3.1%、玄参科(Scrophulariaceae) 1.5%
RCC	12	22	24	菊科 68.1%、石竹科 17.1%、禾本科 7.6%、马钱科 3.4%、茄科(Solanaceae) 1.6%
RCD	14	30	32	菊科 68.6%、禾本科 10.2%、石竹科 6.8%、十字花科 3.5%、苋科(Amaranthaceae) 或玄参科 2.0%
RCE	16	25	28	菊科 48.1%、马钱科 42.5%、莎草科(Cyperaceae) 2.3%、酢酱草科(Oxalidaceae) 2.0%、禾本科 1.1%
LSC	15	22	22	十字花科 61.5%、菊科 19.1%、酢酱草科 7.1%、禾本科 4.2%、蓼科(Polygonaceae) 2.9%

从图2中可以看出,土壤种子库中生活型的个体组成与其物种组成在不同植物群落之间表现出一定的差异。就草本来看,个体数依次为:山毛豆群落(2567)>云南松群落(1556)>台湾相思群落(1446)>新银合欢群落(592)>桉树群落(591)>坡柳、黄茅草灌草丛(291),这与草本物种生活型有较一致的趋势。然而,灌木和乔木物种组成和个体组

2.2 土壤种子库的物种及生活型组成

本项土壤种子萌发试验中,6个不同植物群落共萌发出各种幼苗共计9073株,分属于23科、45属、48种。其中菊科(Asteraceae)(5755株,占63.4%)、马钱科(Loganiaceae)(1873株,占20.6%)、禾本科(Gramineae)(298株,占3.3%)、石竹科(Caryophyllaceae)(291株,占3.2%)、十字花科(Cruciferae)(237株,占2.6%)为种子储量最为丰富的5个科,其余18科内种子量总和仅有619株(占6.8%)。表4列出了各群落的物种组成及优势科(前5位)种子储量,从表中可以看出,各人工恢复植物群落土壤种子库的物种数均高于当地次生的坡柳、黄茅草灌草丛,通过合理人工恢复措施和后续的保护管理,在一定程度上增加了林地土壤种子库的物种组成和数量。与当地次生的坡柳、黄茅草灌草丛相比较,各个恢复的植物群落土壤种子库中的优势科由原来的十字花科转变为菊科占绝对优势,这与菊科植物的强繁殖力有关,同时也出现了一些其他科的植物。

生活型物种及个体组成是反映土壤种子库的重要特征之一。土壤种子库生活型的物种组成表明(见图1),草本植物在各群落土壤种子库中占绝对优势,其中新银合欢群落土壤种子库中草本物种数最高为30种,其他依次为:山毛豆群落(28)>台湾相思群落(26)>云南松群落(21)>桉树群落(20)>坡柳、黄茅草灌草丛(16)。灌木次之,其中云南松群落和坡柳、黄茅草灌草丛有较高的灌木物种数,分别为6种和5种。各个群落土壤种子库中乔木种类很少,但是山黄麻(*Trama orientalis*)的种子在各群落土壤中都有分布。

成上各个群落表现出较大的差异性。山毛豆群落和云南松群落中有较多的灌木种子,这主要来自于驳骨丹(*Buddleja asiatica*)对群落的贡献,且该物种在各群落土壤种子库中普遍存在,我们对地上各群落的野外调查却没有发现该物种,显示出该种植物对萌发条件要求较高,但其种子来源应进一步研究。其他一些灌木如地石榴(*Ficus tigoua*)、戟叶酸模

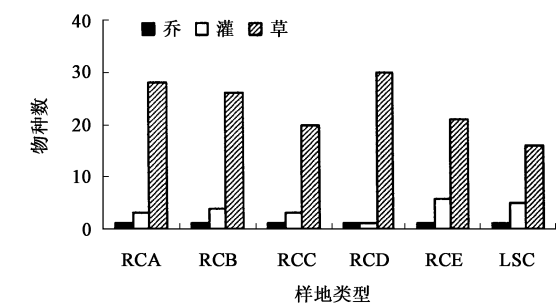


图 1 南涧干热退化山地不同植物群落土壤种子库中各生活型的物种组成

FIGURE 1 Life form composition of species in soil seed banks of different communities in degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian

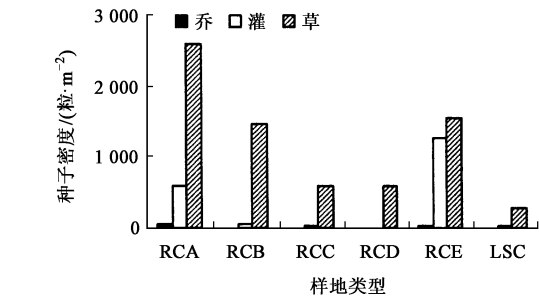


图 2 南涧干热退化山地不同植物群落土壤种子库中各生活型的种子组成

FIGURE 2 Life form composition of seeds in soil seed banks of different communities in degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian

(*Rumex capitata*)、坡柳等也有极少数的种子萌发,增加了土壤种子库物种多样性。就乔木个体组成来看,乔木种子在各群落中极少,与乔木种子较大难以保存及产生的种子数少有关,同时与干扰历史可能也有一定的关系。

2.3 土壤种子库优势成分

土壤种子库的另一重要特征就是其优势种类成

分。从表 5 可知,在人工恢复植物群落和当地次生植被中,无论从萌发的幼苗数量还是物种的种类组成来看,南涧干热山地植被的土壤种子库中的种子都是以草本为主。同时,各类群落土壤种子库的优势成分具有一定的差别。紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)在山毛豆群落、台湾相思群落和桉树群落表现出十分丰富的数量(分别占这 3 类群落土壤种子库总数的 45%、59% 和 48.8%),碎米荠(*Cardamine flexuosa*)在坡柳、黄茅草灌草丛群落土壤种子库中的比例达 61.5%,在新银合欢群落中胜红蓟(*Ageratum conyzoides*) (20.8%) 和烟管头草(*Carpesium cernum*) (25.7%) 作为共优种,它们的和也超过了 40%。从表 5 可知,紫茎泽兰、胜红蓟、烟管头草、戟叶火绒草(*Leontopodium dedekensii*)、牡蒿(*Artemisia japonica*) 和毛叶菊(*Composite sp.*) 为群落中的优势种,这显然与它们是菊科植物可以产生大量的种子的习性有重要关系。群落土壤种子库内的其他优势种如驳骨丹、漆姑草(*Sagina japonica*) 和碎米荠,尽管在群落土壤种子库内也占有一定的比例,但在我们的地上植被调查中却不见这 3 种植物,这可能是群落演替初期残留在土壤中的种子,但由于它们需要较好的萌发条件,在原环境下由于生态环境的恶化而不能萌发。从生活型来看,由于还处于群落发育的初期,优势种的组成也以草本植物为主。

3 结论与讨论

1) 本研究中对照样地土壤种子库密度与沈有信等人^[7]对东川干热退化山地次生植被土壤种子库研究结果(其密度为 292~ 1 450 粒/m²) 相接近,而恢复群落的土壤种子库密度则与西双版纳热带雨林相似

表 5 南涧干热退化山地不同植物群落土壤种子库中优势物种种子储量及其所占总储量的比例
TABLE 5 Major species and their seed germination percentage in the soil seed banks of different communities in degraded mountainous area of dry_hot valley in Nanjian

	RCA		RCB		RCC		RCD		RCE		LSC	
	密度 (粒·m ⁻²)	种子 储量/%	密度 (粒·m ⁻²)	种子 储量/%	密度/ (粒·m ⁻²)	种子 储量/%	密度/ (粒·m ⁻²)	种子 储量/%	密度/ (粒·m ⁻²)	种子 储量/%	密度/ (粒·m ⁻²)	种子 储量/%
紫茎泽兰	1 439	45.0	887	59.0	300	48.8	51	8.4	622	21.9	23	7.4
驳骨丹	582	18.2	48	3.2	21	3.4	10	1.7	1 210	42.5	2	0.6
胜红蓟	284	8.9	55	3.7	0	0	126	20.8	7	0.2	1	0.3
烟管头草	177	5.5	95	6.3	41	6.7	156	25.7	208	7.3	12	3.9
戟叶火绒草	56	1.8	73	4.9	13	2.1	28	4.6	261	9.2	10	3.2
漆姑草	64	2.0	68	4.5	105	17.1	41	6.8	12	0.4	1	0.3
碎米荠	24	0.8	2	0.1	0	0	21	3.5	0	0	190	61.5
黄茅草	19	0.6	25	1.7	36	5.9	41	6.8	17	0.6	10	3.2
毛叶菊	30	0.9	120	8.0	4	0.7	10	1.7	143	5.0	11	3.6
酢酱草(<i>Oxalis corniculata</i>)	16	0.5	8	0.5	2	0.3	10	1.7	58	2.0	22	7.1
牡蒿	159	5.0	9	0.6	4	0.7	13	2.1	10	0.4	0	0
小一点红(<i>Emilia prenanthoides</i>)	22	0.7	6	0.4	24	3.9	2	0.3	0	0	0	0
其余	323	10.1	108	7.1	65	10.4	97	15.9	296	10.5	27	8.9

注: 种子储量为群落土壤种子库中优势物种种子储量与群落土壤种子库种子总储量之比的百分数。

(3 345~ 29 945 粒/m²)^[2], 比红壤丘陵区各类恢复森林(110~ 225 粒/m²)的要高^[8]. 恢复植物群落土壤种子库密度比对照地高 2~ 10 倍, 可能是人工重建群落后物种增加, 给土壤种子库提供种源带来了机会, 同时与草本植物种类较多对种子库贡献有关, 因为草本植物种子数量多、体积小, 能在土壤中保留较多的种子^[9].

2) 干扰的方式与强度将明显影响土壤种子库的组成与数量^[10, 11]. 安树青等人^[12]在宝华山的研究发现人为干扰强使土壤种子库以草本居多. 本研究中, 各类群落的土壤种子库中主要以草本植物种类为主, 而木本植物种子较少, 其原因可能是木本植物种子一般个体较大, 易被觅食者发现取食而不再具有发芽能力^[13], 动物也偏好于取食大的种子^[14], 而粒小的草本种子则有抵御捕食的功能^[15]. 木本植物个体数少与取样时间有关. 土壤中草本植物种子保存时间往往超过一个种子萌发季节, 而木本植物的种子寿命较短^[16], 从而使得土壤种子库中草本植物种子数量保存较多. 此外, 萌生是木本植物种群抵抗干扰的一种重要方式^[17], 在干热退化山地较为恶劣的生境条件下, 多数木本植物采取萌生以保证种群的繁衍, 这可能也导致了该地区植物群落土壤种子库主要以草本种类为主, 木本植物种子较少.

3) 土壤种子库作为植被繁殖体的重要组成部分, 在退化生态系统植被恢复与重建中具有潜在重要性^[2]. 干热河谷山地水土流失严重^[2], 容易造成土壤表层中的种子丧失, 即使有地上植物提供种源, 但种子进入土壤形成土壤种子库有一个过程, 自然恢复不易发生; 或者有一定的种源, 但因为生境恶劣而缺乏萌发的机会, 对恢复也不利. 未经治理的当地次生群落立地条件差、土壤种子库可更新的种源少, 自然恢复显然不利. 而人工恢复群落不仅增加了土壤种子库里的种子数量和种类, 也因为森林小环境的改善为土壤种子萌发创造了条件. 可以看出, 人工恢复在干热退化山地生态系统重建的重要意义, 因为人工恢复给群落提供了种源, 为群落更新提供了机会及群落正向演替创造了条件.

致谢 感谢何云玲博士在文章修改上给予的宝贵建议!

参 考 文 献

- [1] 张荣祖. 横断山区干旱河谷[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
ZHANG R Z. *The dry valleys of the Hengduan Mountains Region* [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [2] 刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 云南南涧干热退化山地水分调蓄与植被恢复途径的试验研究[J]. 自然资源学报, 1995, 10(1): 35-42.
- LIU W Y, LIU L H, QIU X Z, *et al.* Experimental studies on ways of water storage and vegetation restoration in dry-hot degenerative mountainous area[J]. *Journal of Natural Resources*, 1995, 10(1): 35-42.
- [3] 刘文耀, 盛才余, 刘伦辉. 南涧干热河谷退化山地植被恢复重建的研究[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(3): 9-13.
LIU W Y, SHENG C Y, LIU L H. Vegetation restoration on degraded mountainous area of dry-hot river valley in Nanjian County, Yunnan Province[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21(3): 9-13.
- [4] 刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 泥石流生物生态工程治理及其效益——以云南南涧县后山为例[J]. 山地学报, 1999, 17(2): 136-140.
LIU W Y, LIU L H, QIU X Z, *et al.* Bio-ecological engineering prevention and control of debris flow of Houshan by Nanjian County, Yunnan [J]. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(2): 136-140.
- [5] 盛才余, 刘伦辉, 刘文耀. 云南南涧干热退化山地人工植被恢复初期生物量及土壤环境动态[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 575-580.
SHENG C Y, LIU L H, LIU W Y. Biomass and dynamics of soil environment during the early stage of vegetation restoration in a degraded dry-hot mountain area of Nanjian, Yunnan [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(5): 575-580.
- [6] ROBERTS H R. Seed bank in soil [J]. *Advances in Applied Biology*, 1981, 6: 41-55.
- [7] 沈有信, 刘文耀, 张彦东. 东川干热退化山地不同植被恢复方式对物种组成与土壤种子库的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 1 454-1 460.
SHEN Y X, LIU W Y, ZHANG Y D. The effect of rehabilitation on vegetation species composition and soil seed bank at a degraded dry valley in Dongchuan, Yunnan Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1 454-1 460.
- [8] 郑华, 欧阳志云, 王效科, 等. 红壤丘陵区不同森林恢复类型土壤种子库特征研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 361-368.
ZHENG H, OUYANG Z Y, WANG X K, *et al.* Studies on the characteristics of soil seed banks under different forest restoration types in hilly red soil region, Southern China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(3): 361-368.
- [9] 张志权. 土壤种子库[J]. 生态学杂志, 1996, 15(6): 36-42.
ZHANG Z Q. Soil seed bank [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, 15(6): 36-42.
- [10] 沈有信, 张彦东, 张萍, 等. 云南北部泥石流多发干旱河谷区不同干扰对土壤种子库的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 623-629.
SHEN Y X, ZHANG Y D, ZHANG P, *et al.* Effects of disturbance type on soil seed bank in a debris-flow prone dry valley of northern Yunnan [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(5): 623-629.
- [11] 王正文, 祝廷成. 松嫩草地水淹干扰后的土壤种子库特征及其植被关系[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1 392-1 398.
WANG Z W, ZHU T C. The seed bank features and its relation to the established vegetation following flooding disturbance on Songnen steppe [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9): 1 392-1 398.

[12] 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 seed banks of the dominant vegetation forms on Baohua Mountain [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1996, 20(1): 41-50.

[13] 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 and Subtropical Botany*, 1996, 4(4): 42-49.

[14] READER R J. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species [J]. *Journal of Ecology*, 1993, 81(2): 169-175.

[15] THOMPSON K. Genome size, seed size and germination temperature in herbaceous angiosperms [J]. *Evolution Trends Plants*, 1990, 42(2): 113-116.

[16] BASKIN C C, BASKIN M J. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination* [M]. San Diego: Academic Press, 1998: 133-162.

[17] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 退化植物群落结构及其物种组成在人为干扰梯度上的响应[J]. 云南植物研究, 2000, 22(3): 307-316.

BAO W K, CHEN Q H, LIU Z G. Changes of structure and species composition of degraded plant community along disturbance gradients of different intensities [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2000, 22(3): 307-316.

[18] PICKEET S T A, MCDONNELL M J. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest [M]//LECK M A. *Ecology of soil seed bank*. San Diego: Academic Press, 1989: 123-147.

[19] CHAMBERS J C. Seed and vegetation dynamics in an Alpine field: effects of disturbance type [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1993, 71: 471-485.

[20] 中国科学院植物研究所主编. 中国高等植物图鉴: 第 3 册 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.

Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *Pictorial handbook of higher plants in China: Volume Three* [M]. Beijing: Science Press, 1980.

[21] 赵文智, 刘志民. 西藏特有灌木砂生槐繁殖生长对海拔和沙埋的响应[J]. 生态学报, 2002, 22(1): 134-138.

ZHAO W Z, LIU Z M. Responses of growth and reproduction of *Sophora moerckiana* to altitude and sandburying in Tibet [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(1): 134-138.

[22] WIJDEVENS M J, KUZEE M E. Seed availability as a limiting factor in forest process in Costa Rica [J]. *Restoration Ecology*, 2000, 8: 414-424.

(责任编辑 赵 勃)

2006《南京林业大学学报(自然科学版)》

CN32-1161/S ISSN 1009-2006 国内外公开发行 邮发代号: 28-16

《南京林业大学学报(自然科学版)》由南京林业大学主办, 创刊于 1958 年, 是以林业为主的综合类学术期刊。本刊坚持的一贯宗旨是鼓励学术创新, 推动科技成果转化, 促进学术交流和发 展, 培养、扶持学术人才。

主要内容 生物学、森林地学、林学基础理论、森林培育与经营管理、森林资源与环境、森林与自然保护、水土保持与荒漠化防治、木材工业与技术科学、林业机械与电子工程、林产化学与工业、园林植物与风景园林、林业经济与管理、森林工程、土木工程等以及有关边缘学科的研究成果。另设置专栏集中报道重点项目、基金项目及重大课题的研究成果。

刊物地位 国家科技部中国科技论文统计源期刊; 中国科学引文数据库来源期刊; 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊; 中国自然科学核心期刊; 《中国学术期刊(光盘版)》首批入编期刊、万方数据(China info)系统入编科技期刊群。被国际国内著名检索刊物如《CA》、《FA》、《FPA》、《国际农业与生物科学研究中心(网络版)》、《剑桥文摘》、《中国林业文摘》、《中国生物学文摘》、《竹类文摘》等数据库收录。

1992 年以来, 《南京林业大学学报(自然科学版)》先后获得全国优秀科技期刊三等奖、全国高校优秀学术期刊一等奖、江苏省优秀自然科学学报一等奖等多项荣誉, 2001 年入选“中国期刊方阵”, 2002 年入选“江苏期刊方阵”, 并获优秀期刊称号, 2004 年再次荣获全国高校优秀科技期刊一等奖、江苏省第二届期刊方阵优秀期刊奖等荣誉。

读者范围 大中专院校师生, 科研院所研究人员。

本刊为双月刊, 单月末出版。大 16 开本, 每期定价 10 元, 全年 60 元。

全国各地邮局(所)均可订阅, 邮发代号: 28-16;

国外发行: 中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱), 发行代号: Q552。

也可通过全国非邮发中心联合征订服务部办理订阅手续: 天津市大寺泉集北里别墅 17 号, 邮编: 300385

编辑部联系电话: 025-85428247 Email: xuebao@njfu.edu.cn