

汶川地震灾区典型区不同植被类型土壤种子库特征*

—以北川县苏保河、魏家沟流域为例

林勇明^{1,2} 吴承祯^{1,2**} 洪伟^{1,2} 游巍斌³ 陈灿^{1,2}
李健^{1,2} 林珊¹

(1. 福建农林大学林学院 福州 350002; 2. 福建省高校森林生态系统经营与过程重点实验室 福州 350002;
3. 福建农林大学生命科学学院 福州 350002)

摘要 为了解汶川地震灾区典型区不同植被类型土壤种子库特征及其与灾害受损程度间的关系,采用野外调查取样和室内试验相结合的方法,研究了北川县苏保河与魏家沟流域4种植被类型(未受损林地、受损林地、灾后恢复草地和灾后裸地)土壤种子库的物种组成、种子密度、多样性及其与地上植物群落的关系。结果表明:4种植被类型样地中,土壤种子库密度为212.5~1758.3个·m⁻²,每样带(200 m²)平均物种数为4.3~14.7个。4种植被类型土壤种子库的组成物种多为多年生或一年生草本植物,土壤种子库与相应地上植被的物种数仅受损林地与灾后恢复草地中呈显著相关;物种组成的Sorensen相似指数除裸地低于0.250外,其余均高于0.250。基于以上分析结果,在灾区进行植被恢复,需要考虑次生灾害对植被的持续破坏可能性,采用工程措施及人为引种的方式增加成活率和延续性。

关键词 汶川地震区 植被类型 土壤种子库 物种组成 种子密度

中图分类号: Q143; S314 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2012)01-0099-06

Soil seed bank characteristics of different vegetations in typically affected regions of Wenchuan Earthquake

— A case study in Subaohe and Weijiagou Basins

LIN Yong-Ming^{1,2}, WU Cheng-Zhen^{1,2}, HONG Wei^{1,2}, YOU Wei-Bin³, CHEN Can^{1,2}, LI Jian^{1,2}, LIN Shan¹

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Key Laboratory for Forest Ecosystem Processes and Management in Fujian Province, Fuzhou 350002, China; 3. College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Geo-hazards induced by the Wenchuan Earthquake destroyed large areas of vegetation in the earthquake affected regions. In particular, surface soil of vegetation was destructed which completely changed soil seed bank in regions with severe damage. Field surveys backed with laboratory experiments were conducted in Subaohe and Weijiagou Basins to study the characteristics of soil seed bank (including species composition, density and diversity), and the relationship between soil seed bank richness and disaster degree. The typical Wenchuan Earthquake affected area with 4 vegetation types (undamaged forest, damaged forest, restored grassland and bare-land) was selected for the study. The results showed that soil seed bank density was 212.5~1758.3 seed·m⁻² with species number of 4.3~14.7 per 200 m², respectively. Most of the soil seed bank for the 4 vegetation types comprised of perennial herb and annual herbs. The mean species number for soil seed bank and aboveground vegetation were not correlated, except for damaged forests and recovered grasslands. Sorensen index of species composition between soil seed banks and aboveground vegetations were high (> 0.25) in the 2 basins, except for bare-land. It was recommended, based on the above results, to use engineering measures and artificial propagation to improve vegetation survival rate and restoration in regions with severe earthquake destruction.

* 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放基金项目(2009)、福建省自然科学基金青年创新项目(2009J09052)和教育部博士点学科专项基金项目(20090315120008)资助

** 通讯作者: 吴承祯(1970—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事森林生态学研究。E-mail: fjwcz@126.com

林勇明(1982—), 男, 副教授, 博士, 主要从事区域资源优化、生态学方面的研究。E-mail: monkey1422@163.com

收稿日期: 2010-12-12 接受日期: 2011-04-29

Key words Wenchuan Earthquake affected area, Vegetation, Soil seed bank, Species composition, Seed density
(Received Dec. 12, 2010; accepted Apr. 29, 2011)

土壤种子库指存在于土壤表层凋落物和土壤中全部存活种子的总和^[1-3], 是地上植被的潜在恢复更新源^[4], 可维持植被自我更新能力并降低重大干扰对植物种群的破坏程度。在植被恢复更新过程中, 土壤种子库的种子数量、质量、种类组成及其空间格局和动态对种群生态对策、植被恢复与演替、生物多样性和遗传变异进化等方面的研究具有极其重要的作用^[5-7]。由于土壤种子库对生态系统的恢复和未来植被的构成至关重要, 因此, 近几十年来土壤种子库一直是种群生态学和恢复生态学的热点之一^[8-12]。

2008年5月12日发生的汶川大地震, 因其地震强度大、持续时间长, 破坏力强, 造成受灾面广、经济损失惨重、地质灾害频繁和生态退化严重等后果^[13-16]。作为灾区主体组成部分的岷江上游, 因地震形成的大面积山体滑坡及灾后发生的泥石流、堰塞湖、洪水等次生灾害, 造成重灾区森林损毁 $21.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 重灾区12县市区域森林覆盖率由44.51%下降为42.64%^[17], 森林景观破碎化, 部分林地地表土层消失殆尽, 变成贫瘠的初育状砾石土。在此背景下, 了解灾区不同植被类型土壤种子库与受损程度间的关系, 成为判断不同植被类型恢复潜力及恢复过程中是否采取人为干预措施的主要依据。本研究以北川县魏家沟流域与苏保河流域为研究区, 开展不同植被类型土壤种子库密度、分布、组成等研究, 分析灾区典型区域土壤种子库的基本特征, 比较土壤种子库与其相应地上植被的密度、物种数、物种组成的关系, 评估土壤种子库对地上

植被自然恢复与更新的贡献潜力, 以期灾区典型区域植被恢复重建提供依据。

1 研究样地与研究方法

1.1 研究区概况

北川羌族自治县位于四川盆地西北部, 东经 $103^{\circ}44' \sim 104^{\circ}42'$, 北纬 $31^{\circ}14' \sim 32^{\circ}14'$, 属亚热带湿润季风气候区, 四季分明, 气候温和, 多年平均气温 15.6°C ; 该区又属著名的鹿头山暴雨区, 雨量充沛, 年均降雨量 $1\ 399.1 \text{ mm}$, 年最大降雨量 $2\ 340 \text{ mm}$ (1967年), 日最大降雨量 101 mm , 小时最大降雨量 42 mm ; 降雨集中在6—9月, 占全年降雨量70%~90%(最大年份为1981年)^[18]。

1.2 样地概况

试验区域设在北川县魏家沟流域与苏保河流域, 两流域具典型的亚热带温暖湿润气候特征。试验点植被类型均为亚热带常绿落叶阔叶混交林, 原生植被破坏殆尽, 现以柳杉、杉木、栎木、桉木等人工林为主要森林类型。

1.3 试验地设置

于2010年1月7—14日, 在魏家沟与苏保河内选择未受损林地(柳杉+桉木混交林、杉木+栎木混交林)、受损林地(杉木+栎木混交林)、灾后恢复草地(植被盖度 $>20\%$)和灾后裸地(植被盖度 $<5\%$)4种植被类型(表1)。其中未受损林地林相完整, 地表植被保存良好, 灾后未受人为干扰, 处于封禁状况; 受损林地受滚石、崩塌等影响出现林窗, 地表植被受损明显, 土壤表层部分存在流失现象, 灾后进行局部林

表1 北川县4种植被类型样地基本概况

Table 1 Basic characteristics of sampling plots of 4 vegetation types in Beichuan County

| 植被类型 Vegetation type | 地点 Site | 海拔 Altitude (m) | 坡度 Slope ($^{\circ}$) | 坡向 Aspect | 覆盖度 Coverage (%) | 主要物种组成 Species composition |
|------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|---|
| 未受损林地 Non-damaged forest | 魏家沟 Weijiagou | 1 001 | 32 | 东南 Southeast | 80 | 杉木红栎混交林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> + <i>Betula albo-sinensis</i> |
| | 苏保河 Subaohe | 955 | 25 | 东南 Southeast | 85 | 杉木柳杉混交林 <i>C. lanceolata</i> + <i>Cryptomeria fortunei</i> |
| 受损林地 Damaged forest | 魏家沟 Weijiagou | 937 | 43 | 东南 Southeast | 63 | 杉木构树混交林 <i>C. lanceolata</i> + <i>Broussonetia papyrifera</i> |
| | 苏保河 Subaohe | 932 | 34 | 东 East | 72 | 杉木五裂槭混交林 <i>C. lanceolata</i> + <i>Acer oliverianum</i> |
| 灾后恢复草地 Restored grassland | 魏家沟 Weijiagou | 996 | 36 | 西南 Southwest | 21 | 苦蒿、广布野豌豆 <i>Centaurea picris</i> + <i>Vicia cracca</i> |
| | 苏保河 Subaohe | 945 | 24 | 西 West | 22 | 灰苞蒿、葶菜 <i>Artemisia roxburghiana</i> + <i>Viola verecunda</i> |
| 灾后裸地 Bare land | 魏家沟 Weijiagou | 940 | 42 | 东 East | 4 | 牛筋草、苦苣菜 <i>Eleusine indica</i> + <i>Ixeris polycephala</i> |
| | 苏保河 Subaohe | 926 | 34 | 北 North | 4 | 笔管草、苦蒿 <i>Scorzonera albicaulis</i> + <i>Centaurea picris</i> |

地清理再封禁; 灾后恢复草地为滑坡堆积体上自我更新恢复形成, 堆积体土壤尚存, 样品采集前未受干扰; 裸地为滑坡后沿坡面形成的土砂质松散堆积体, 土壤母质消失殆尽, 样品采集前未采取人工恢复措施, 处于自我更新状态。

本文在未受损与受损林地上设置 2 条 5 m×40 m 样带, 在每条样带上设置 8 个 5 m×5 m 的样方, 用于植被调查与种子库取样。灾后恢复草地与灾后裸地上设置 2 条 5 m×20 m 的样带, 在每条样带上设置 4 个 5 m×5 m 的样方用于地上植被调查, 并在每个样方中设置 2 个 2 m×2 m 小样方进行种子库取样。

1.4 土壤种子库土样采集

在 5 m×5 m 的林地样方与 2 m×2 m 草地、裸地样方中, 在中央设置 1 个 20 cm×10 cm、深度为 10 cm 的土壤采样方, 不分层采样(裸地、受损林地及灾后恢复草地的土层发生重分, 分层取样无法代表其真正情况)。选择 2010 年 1 月进行取样, 是因为前一年进入土壤中的种子还未萌发, 而当年还未有新的种子输入, 因此土样中包含短暂土壤种子库和长期土壤种子库。野外粗拣土壤中的植物根系、石块等, 按取样次序将土壤样品分装在自封袋内, 做好标记, 带回室内准备发芽试验。

1.5 土壤种子库萌发试验

将带回实验室内的每个土壤样品均匀平铺于铺有苗床土(苗床土经过 150 °C 高温灭种、杀菌)的花盆表层 3~4 cm, 于 2010 年 3 月 13 日起, 将花盆置于福建农林大学森林生态研究所的温室内(室温 25~30 °C)进行种子发芽。种子发芽期间, 适当浇水, 保持花盆内土壤处于湿润状态。定期观测种子萌发情况(前 2 个月每 3 d 观测 1 次, 后期每 15 d 为 1 周期), 对已萌发的幼苗进行种类鉴定、计数后清除, 暂时不能鉴定的幼苗进行标记后移栽至大棚内的其他育苗容器内, 直至幼苗长到能鉴定为止。截至 2010 年 9 月 14 日, 所有试验样品内萌发种子均已被鉴别出种属。

1.6 数据整理与统计分析

利用密度、物种数和物种组成描述土壤种子库的特征; 4 种类型的土壤种子库的密度、物种数的差异性利用单因素方差分析进行比较, 置信区间为 95%; Pearson 相关分析测度土壤种子库与相应的地

上植被的密度之间及物种数之间的相关性; Sorensen 相似性系数(CC)测度土壤种子库和地上植被物种组成的相似性关系。

Sorensen 相似性系数(CC)计算公式为:

$$CC=2B/(S+V) \quad (1)$$

式中, B 为土壤种子库和相应的现状植被的共有物种数, S 为土壤种子库中的物种数, V 为相应的现状植被中的物种数。

2 结果与分析

2.1 土壤种子库的种子密度和物种数

4 个植被类型土壤种子库发芽试验共观察到 1 925 株幼苗, 分属于 38 个物种。其中, 未受损林地观察到 844 株、28 个物种, 受损林地 560 株、20 个物种, 恢复草地 419 株、15 个物种, 裸地 102 株、11 个物种。土壤种子库平均种子密度在 333.3~1 995.0 个·m⁻²。方差分析显示(表 2): 未受损林地土壤种子密度均高于其他 3 种植被类型, 差异显著, 受损林地和恢复草地与裸地之间土壤种子库密度也均存在显著差异; 而未受损林地土壤种子库的每样带平均物种数也均高于其他 3 种类型, 差异显著, 受损林地与恢复草地间的每样带平均物种数差异不显著, 两者与裸地间的差异显著。在土壤种子库物种构成上, 乔木种极少, 仅在未受损林地与受损林地中萌发了 3 株桉木树苗。4 个类型的土壤种子库中多年生和一年生草本种占据绝对优势(表 3), 其中未受损林地以荨麻(*Urtica fissa*)、香薷(*Polygonum viscosum*)、黄鹌菜(*Youngia japonica*)的相对多度较高, 分别占种子总个体数的 11.85%、9.95%、8.53%; 受损林地以荨麻、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、堇菜(*Viola verecunda*)的相对多度较高, 分别占种子总个体数的 15.24%、12.38%、11.43%; 灾后恢复草地以黄鹌菜、香薷、堇菜的相对多度较高, 分别占种子总个体数的 33.76%、10.83%、8.92%; 裸地以黄鹌菜、堇菜、牛筋草的相对多度较高, 分别占种子总个体数的 33.33%、23.53%、9.80%。

2.2 土壤种子库与地上植被的关系

通过 Pearson 相关分析表明: 土壤种子库与相应地上植被的密度在未受损林地($r=0.357$ 5, $n=16$,

表 2 不同植被类型的土壤种子库平均种子密度及物种数
Table 2 Mean seed densities and species number in soil seed banks of 4 vegetation types

| 植被类型 Vegetation type | 平均种子密度 Mean seed density (seed·m ⁻²) | 平均物种数 Mean species number per 200 m ² |
|---------------------------|--|--|
| 未受损林地 Non-damaged forest | 1 758.3±437.2c | 14.7±2.3c |
| 受损林地 Damaged forest | 1 166.7±154.8b | 10.5±1.8b |
| 灾后恢复草地 Restored grassland | 872.2±241.6b | 8.2±2.2b |
| 灾后裸地 Bare land | 212.5±48.6a | 4.3±1.5a |

同列不同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著 Different small letters in the same column mean significant difference at 5% level under LSD multiple comparison.

表 3 不同植被类型土壤种子库的物种组成百分比
Table 3 Species composition and rate of soil seed banks in 4 vegetation types

| 物种 Species | 生活型组成 Life forms | 未受损林地 Non-damaged forest | 裸地 Bare land | 受损林地 Damaged forest | 灾后恢复草地 Restored grassland | % |
|--|----------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|------------------------------|---|
| 荨麻 <i>U. fissa</i> | 多年生草本 Perennial herb | 11.85 | | 15.24 | 3.18 | |
| 香薷 <i>P. viscosum</i> | 一年生草本 Annual herb | 9.95 | | | 10.83 | |
| 黄鹌菜 <i>Y. japonica</i> | 二年生草本 Biennial herb | 8.53 | 33.33 | 5.71 | 33.76 | |
| 龙芽草 <i>Agrimonia pilosa</i> | 多年生草本 Perennial herb | 7.11 | 7.84 | 3.81 | | |
| 牛至 <i>Origanum vulgare</i> | 多年生草本 Perennial herb | 6.16 | | 1.91 | | |
| 酢浆草 <i>O. corniculata</i> | 多年生草本 Perennial herb | 5.69 | 3.92 | 12.38 | | |
| 川西老鹳草 <i>Geranium orientali-tibeticum</i> | 多年生草本 Perennial herb | 4.74 | | 8.57 | | |
| 东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i> | 多年生草本 Perennial herb | 4.27 | | | | |
| 荩草 <i>Arthraxon hispidus</i> | 一年生草本 Annual herb | 3.79 | | 1.91 | | |
| 鼠麴草 <i>Gnaphalium affine</i> | 二年生草本 Biennial herb | 3.79 | 3.92 | 0.95 | 3.18 | |
| 董菜 <i>V. verecunda</i> | 多年生草本 Perennial herb | 3.32 | 23.53 | 11.43 | 8.92 | |
| 豨薟 <i>Siegesbeckia orientalis</i> | 一年生草本 Annual herb | 3.32 | | 5.71 | 7.64 | |
| 车前 <i>Plantago asiatica</i> | 多年生草本 Perennial herb | 2.84 | 3.92 | 2.86 | | |
| 刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i> | 多年生草本 Perennial herb | 2.84 | | 3.81 | | |
| 川甘唐松草 <i>Thalictrum baicalenes</i> | 多年生草本 Perennial herb | 2.84 | | | 3.82 | |
| 野棉花 <i>Anemone vitifolia</i> | 多年生草本 Perennial herb | 2.37 | | | 5.73 | |
| 水麻 <i>Debregeasia orientalis</i> | 灌木 Shrub | 2.37 | | 0.95 | | |
| 茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> | 灌木 Shrub | 1.90 | | | | |
| 牛筋草 <i>E. indica</i> | 一年生草本 Annual herb | 1.90 | 9.80 | 1.91 | 3.18 | |
| 画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i> | 一年生草本 Annual herb | 1.42 | 1.96 | | 3.82 | |
| 桉木 <i>Alnus cremastogyne</i> | 乔木 Tree | 1.42 | | 2.86 | | |
| 华须芒草 <i>Andropogon chinensis</i> | 多年生草本 Perennial herb | 1.42 | | | | |
| 猪殃殃 <i>Galium aparine</i> | 多年生草本 Perennial herb | 1.42 | 5.88 | | | |
| 川虎榛子 <i>Ostryopsis davidiana</i> | 灌木 Shrub | 0.95 | | | | |
| 繁缕 <i>Stellaria media</i> | 一年生草本 Annual herb | 0.95 | | 5.71 | 1.91 | |
| 广布野豌豆 <i>Vicia cracca</i> | 多年生草本 Perennial herb | 0.95 | | | | |
| 胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i> | 灌木 Shrub | 0.95 | | | | |
| 鸡骨柴 <i>Elsholtzia fruticosa</i> | 灌木 Shrub | 0.95 | | | | |
| 铁扫帚 <i>Indigofera bungeana</i> | 灌木 Shrub | | 1.96 | | | |
| 灰条菜 <i>Chenopodium album</i> | 一年生草本 Annual herb | | 3.92 | | | |
| 糙苏 <i>Phlomis umbrosa</i> | 多年生草本 Perennial herb | | | 4.76 | | |
| 苦蒿 <i>Centaurea picris</i> | 多年生草本 Perennial herb | | | 4.76 | | |
| 地石榴 <i>Ficus tikoua</i> | 木质藤本 Lianas | | | 2.86 | | |
| 长蒴黄麻 <i>Corchorus olitorius</i> | 一年生草本 Annual herb | | | 1.90 | | |
| 细辛 <i>Asarum sieboldii</i> | 多年生草本 Perennial herb | | | | 6.37 | |
| 苦苣菜 <i>Ixeris polycephala</i> | 多年生草本 Perennial herb | | | | 4.46 | |
| 弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i> | 多年生草本 Perennial herb | | | | 1.92 | |
| 地锦草 <i>Euphorbia humifusa</i> | 一年生草本 Annual herb | | | | 1.27 | |

$P=0.738$)、受损林地($r=0.1487$, $n=16$, $P=0.568$)、灾后恢复草地($r=0.0975$, $n=16$, $P=0.643$)、裸地($r=0.1288$, $n=16$, $P=0.745$)均呈不显著相关; 土壤种子库与相应地上植被的物种数在未受损林地($r=0.2805$, $n=16$, $P=0.632$)和裸地呈不显著相关($r=0.1072$, $n=16$, $P=0.812$), 在受损林地($r=0.7038$, $n=16$, $P=0.784$)与灾后恢复草地($r=0.8071$, $n=16$, $P=0.853$)呈显著相关。4 个植被类型土壤种子库的物种丰富度分别为

28(未受损林地)、20(受损林地)、15(灾后恢复草地)、11(裸地), 相应地上植被的物种丰富度分别为 60、43、32、19, 除裸地外土壤种子库相对于地上植被均具有较低的物种丰富度。4 个植被类型的土壤种子库和地上植被中的物种大多为多年生植物(表 4), 以多年生草本与灌木为主。未受损林地的土壤种子库和地上植被各生活型的共有种数分别为: 乔木 1 种、灌木 4 种、多年生草本 7 种、1 年或 2 年生 3

种、藤本 0, 受损林地的土壤种子库和地上植被各生活型的共有种数分别为: 乔木 1 种、灌木 1 种、多年生草本 5 种、1 年或 2 年生 2 种、藤本 1 种, 灾后恢复草地的土壤种子库和地上植被各生活型的共有种数分别为: 乔木 0 种、灌木 0 种、多年生草本 3 种、1 年或 2 年生 3 种、藤本 0, 裸地的土壤种子库和地上植被各生活型的共有种数分别为: 乔木 0 种、灌木 1 种、多年生草本 2 种、1 年或 2 年生 2 种、藤本 0, 未受损林地土壤种子库和地上植被各个生活型的共有种数较多。

表 4 不同植被类型样地土壤种子库及地上植被的植物生活型组成

Table 4 Life forms composition of species of soil seed banks and aboveground vegetations in 4 vegetation types

| 植被类型 Vegetation type | 乔木 Tree | 灌木 Shrub | 多年生草本 Perennial herb | 1 年或 2 年生草本 Annual or biennial herb | 藤本 Liana |
|---------------------------|------------|-------------|-------------------------|--|-------------|
| 未受损林地 Non-damaged forest | 1/7(1) | 5/18(4) | 14/22(7) | 5/11(3) | 0/2(0) |
| 受损林地 Damaged forest | 1/3(1) | 1/15(1) | 10/13(5) | 7/9(2) | 1/3(1) |
| 灾后恢复草地 Restored grassland | 0/1(0) | 0/7(0) | 6/10(3) | 9/12(3) | 0/2(0) |
| 裸地 Bare land | 0/0(0) | 1/3(1) | 5/9(2) | 5/7(2) | 0/0(0) |

“/”前数值为土壤种子库, “/”后数值为地上植被, 括号内数值指土壤种子库和地上植被生活型的共有种数。The number before “/” is species number in soil seed banks, the number after “/” is species number of aboveground vegetations, and the number in “()” is the number of species both in soil seed banks and aboveground vegetation.

表 5 不同植被类型的土壤种子库及地上植被物种组成的 Sorensen 指数(CC)

Table 5 Sorensen index (CC) of species composition in soil seed banks and aboveground vegetations of 4 vegetation types

| 植被类型 Vegetation type | 未受损林地 Non-damaged forest | 受损林地 Damaged forest | 灾后恢复草地 Restored grassland | 裸地 Bare land |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------|
| 未受损林地 Non-damaged forest | 0.341sv | 0.667s | 0.512s | 0.462s |
| 受损林地 Damaged forest | 0.388v | 0.317sv | 0.400s | 0.452s |
| 灾后恢复草地 Restored grassland | 0.261v | 0.347v | 0.255sv | 0.385s |
| 裸地 Bare land | 0.177v | 0.226v | 0.314v | 0.333sv |

“v”前数据表示不同地上植被间物种组成的相似性; “s”前数据表示不同土壤种子库间物种组成的相似性; “sv”前数据表示土壤种子与相应地上植被间组成的相似性。The data before “v” are similarity indexes between different aboveground vegetations, the data before “s” are similarity indexes between different soil seed banks, and the data before “sv” are similarity indexes between soil seed bank and its aboveground vegetation.

3 结论与讨论

土壤种子库的结构、数量组成是植被自然恢复的物质基础^[19], 也是是否采取人工措施促进植被恢复的判断依据。本研究发现, 灾区典型区域 4 种植被类型的土壤种子库密度在 212.5~1 758.3 个·m⁻², 接近于森林土壤种子库密度 10²~10³ 个·m⁻², 小于草地和耕地土壤种子库密度 10³~10⁶ 个·m⁻² 和 10³~10⁵ 个·m⁻² [20-21], 也略小于岷江干旱河谷灌丛植被的土壤种子库密度 773.3~1 997.9 个·m⁻² [4]。本研究中北川县属于亚热带湿润季风气候, 水分和养分条件相对较好, 其未受损林地的土壤种子库密度与物种数较高; 灾后恢复草地受人为干扰小, 土层发生位移但表层未完全丧失, 土壤种子库损失小, 土壤种子密度相对较高; 而滑坡、崩塌造成的裸地其土壤表层丧失殆尽, 土壤种子库由原有残留种子和灾后近两年内外界植被输入为主, 造成裸地的土壤种子库

2.3 不同植被类型土壤种子库与地上植被物种组成的相似性

从不同处理下土壤种子库组成的 Sorensen 相似系数(表 5)可知, 不同类型土壤种子库的相似性有以下特征: 未受损林地、受损林地、灾后恢复林地的土壤种子库和地上植被的物种组成、地上现存植被物种组成、土壤种子库物种组成具有较高的相似性, Sorensen 相似系数均高于 0.300; 裸地与未受损林地、受损林地的地上植被间物种组成与土壤种子库间物种相似性较低, 均低于 0.250。

的库容量较小, 密度低。综合分析表明, 随土壤受灾程度的加深, 土壤种子库密度呈降低趋势。

北川县 4 种植被类型的土壤种子库种子密度及物种数与相应地上植被密度及物种数之间的相关关系中, 仅受损林地与灾后恢复草地的土壤种子库物种数与地上植被的物种数存在显著相关性。分析其原因, 主要是灾后因地表植被受损, 在林地和灾后恢复草地上形成生态位空间, 原有植被向土壤种子库输入的种子, 在短期内萌发以占据林隙或裸露地表, 因此土壤种子库内原有保存的物种与地上残留的物种存在着显著相关性。未受损林地的土壤种子库中一些木本植物种子长期休眠而在常规试验中难以萌发, 林下植被盖度超过 90%, 1 年生植物还未在群落内萌生, 故造成种子库发芽试验的物种数与地上植被物种数存在差异。

北川现存植被一旦遭到破坏, 地上若尚有原生

植被残存或土壤表层未消失殆尽, 依靠土壤种子库进行自然更新恢复可形成灌草丛的植被, 但因灾区原有土体结构失稳, 存在着大量滑坡和崩塌, 仅依靠自然恢复无法起到控制灾害的目的, 潜在灾害发生后会使自然恢复的植被退化为裸地或植被岛, 重新开始演替过程, 并导致土壤种子库不断流失, 最终种子库以草本植物为主。因此, 在灾区进行植被恢复时, 需要考虑次生灾害对植被的持续破坏可能性, 采用工程措施及人为引种的方式增加植被恢复的成活率和延续性。

参考文献

- [1] 戈峰. 现代生态学[M]. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 2008: 258-267
- [2] Csontos P, Tamás J. Comparisons of soil seed bank classification systems[J]. *Seed Science Research*, 2003, 13(2): 101-111
- [3] 张建利, 毕玉芬. 金沙江干热河谷山地草地封育过程中土壤种子库时空特征[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(4): 1427-1432
- [4] 李彦娇, 包维楷, 吴福忠. 岷江干旱河谷灌丛土壤种子库及其自然更新潜力评估[J]. *生态学报*, 2010, 30(2): 399-407
- [5] Grime J P. The role of seed dormancy in vegetation dynamics[J]. *Annals of Applied Biology*, 1981, 98: 555-558
- [6] 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
- [7] 石晓东, 高润梅, 郭晋平, 等. 庞泉沟自然保护区河岸林群落的土壤种子库特征[J]. *林业科学研究*, 2010, 23(2): 157-164
- [8] 刘建立, 王彦辉, 程丽莉, 等. 坝上草原退耕地植被不同恢复处理土壤种子库研究[J]. *中国生态农业学报*, 2009, 17(2): 250-255
- [9] 于顺利, 陈宏伟, 郎南军. 土壤种子库的分类系统和种子在土壤中的持久性[J]. *生态学报*, 2007, 27(5): 2099-2108
- [10] Matus G, Papp M, Tóthmérész B. Impact of management on vegetation dynamics and seed bank formation of inland dune grassland in Hungary[J]. *Flora*, 2005, 200(3): 296-306
- [11] Tekle K, Bekele T. The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded hillslopes in southern Wello, Ethiopia[J]. *Biotropica*, 2000, 32(1): 23-32
- [12] 何云核, 强胜. 安徽沿江农区秋熟田杂草种子库特征[J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(3): 624-629
- [13] 包维楷. 汶川地震重灾区生态退化及其恢复重建对策[J]. *中国科学院院刊*, 2008, 23(4): 324-329
- [14] 崔鹏, 韩用顺, 陈晓清. 汶川地震堰塞湖分布规律与风险评估[J]. *四川大学学报: 工程科学版*, 2009, 41(3): 35-42
- [15] 崔鹏, 韦方强, 陈晓清, 等. 汶川地震次生山地灾害及其减灾对策[J]. *中国科学院院刊*, 2008, 23(4): 317-323
- [16] 崔鹏, 韦方强, 何思明, 等. “5.12”汶川地震诱发的山地灾害及减灾措施[J]. *山地学报*, 2008, 26(3): 280-282
- [17] 王峰, 周立江, 刘波, 等. 汶川地震四川重灾区森林景观变迁及间接损失研究[J]. *水土保持学报*, 2009, 23(5): 67-71
- [18] 游勇, 柳金峰, 陈兴长. “5.12”汶川地震后北川苏保河流域泥石流危害及特征[J]. *山地学报*, 2010, 28(3): 358-366
- [19] 赵成章, 张起鹏. 祁连山退化草地狼毒群落土壤种子库的空间格局[J]. *中国草地科学*, 2010, 32(1): 79-85
- [20] Harper J L. *Population biology of plants*[M]. New York: Academic Press, 1977: 57-116
- [21] Silvertown J W. *Introduction to plant population ecology*[M]. London: Longman Press, 1982: 20-22