

# 谢家店植物群落恢复中种类组成及物种多样性分析

时连俊<sup>1</sup>, 徐 建<sup>2</sup>, 林叶彬<sup>2</sup>, 刘守江<sup>1</sup>

(西华师范大学 国土资源学院, 四川 南充 637009)

**摘 要:**于 2014 年采用样方法对地震重灾区谢家店的植被自然恢复情况和生境条件(包括海拔高度、土壤温度、湿度和盐度)进行调查,分析了各样地物种多样性之间的相关性及其不同恢复年限植被恢复的效果,通过研究植被的动态恢复效果及其立地条件的影响,把握地震灾区植物的演替规律,以期为当地制定植被恢复的方案提供参考和借鉴。结果表明:(1)已统计到植物 46 科 66 属 84 种,桤木(*Alnus cremastogyne*)为乔木层优势种(重要值是 0.29),同时也是群落的建群种,群落类型为桤木+灰白毛莓+木贼(*A. Cremastogyne*+*Rubus Tephrodes*+*Equisetum hyemale*)。(2)2014 年 Shannon-Weiner 指数( $H'$ )、Margalef 指数( $M_a$ )、Pielou 指数( $E$ )和 Simpson 指数( $D$ )分别为 2.06, 2.942, 0.73, 0.189, 相比 2009 年,物种丰富度上升,均匀度下降。(3)在不同生活型中 Shannon-Weiner 指数、Pielou 指数和 Margalef 指数都是草本层>乔木层>灌木层;Simpson 指数为灌木层>草本层>乔木层,灌木层物种数量分布不均匀。(4)土壤温度、湿度、盐度影响植物的生长和种类组成,进而影响物种的多样性指数,近几年植物物种和数量(物种的数量)都呈明显增大的趋势,但物种在样地中的分配并不均匀。

**关键词:**植被恢复;种类组成;物种多样性;相关性;谢家店植物群落

中图分类号:S718;Q948

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0083-06

## Analysis on Species Composition and Species Diversity of Plant Community Recovery in Xiejiadian

SHI Lianjun<sup>1</sup>, XU Jian<sup>2</sup>, LIN Yebin<sup>2</sup>, LIU Shoujiang<sup>1</sup>

(School of Land and Resources, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009, China)

**Abstract:** Natural recovery of vegetation and habitat conditions (including altitude, soil temperature, humidity and salinity) were investigated by sample method in Xiejiadian of earthquake disaster areas in 2014, and we analyzed the correlation of species diversity in each sample and different effects of vegetation restoration of different recovery duration. We can grasp the plant succession pattern of earthquake-affected areas through the study of dynamic vegetation recovery effect and the influence of site conditions, so as to provide reference for local vegetation recovery plan formulation. The results showed that: (1) there were 84 species of plants in this area, these plants belong to 66 genera and 46 family, according to the important value, *Alnuscremastogyne* is the dominant species (0.29), but also is the constructive species in communities, the entire type of community is *A. cremastogyne*+*Rubustephrodes*+*Equisetum hyemale*; (2) in 2014, Shannon-Weiner index ( $H'$ ), Margalef index ( $M_a$ ), Pielou index ( $E$ ) and Simpson index ( $D$ ) were 2.06, 2.942, 0.73 and 0.189, respectively, the species richness index was rising, and species evenness index was falling compared with 2009; (3) Shannon-Weiner index, Pielou index and Margalef index in different life forms were the biggest in the herb layer, smaller in tree layer, and the smallest in shrub layer; Simpson index is the biggest in shrub layer, second in herb layer, and the smallest in tree layer, uneven distribution of species in shrub layer; (4) plant growth and species composition are affected by soil temperature, moisture and salinity, which influences the species diversity index, the plant species number is increasing dramatically in the recent years, but the species distribution is not uniform in the plot.

**Keywords:** vegetation restoration; species composition; species diversity; correlation; Xiejiadian plant communities

5·12 地震后,彭州市银厂沟谢家店山体上的植被因崩塌和泥石流<sup>[1-2]</sup>等次生自然灾害造成的破坏已非常明显,引发生物多样性的减少<sup>[3]</sup>,导致旅游业的黯淡<sup>[4-5]</sup>以及生命和经济财产的损失等<sup>[6]</sup>。为了有效减少地震和泥石流所带来的创伤,改善因山体不稳定造成的危害,必须发挥好植被防风固沙<sup>[7]</sup>和保持水土的功效<sup>[8]</sup>,维持生态系统的平衡,促进地震遗址旅游地的可持续发展<sup>[9]</sup>。国内外学者非常重视对地质灾害之后植被的群落结构<sup>[10]</sup>、植被恢复状况<sup>[11-12]</sup>、植物群落演替<sup>[13-14]</sup>以及生物多样性<sup>[15-16]</sup>的研究。地震和泥石流灾害对谢家店山体上植被的破坏影响较大,而植被的恢复程度直接影响谢家店滑坡体坡面的稳定程度,但目前只有一篇文章描述地震后谢家店第一年植被的恢复状况<sup>[3]</sup>,且时间较短,植被恢复效果不明显。因此该文在借鉴前人工作的基础上,通过实地调查,定量分析植物群落的动态变化,研究地震和 8·18 大型泥石流灾害后谢家店植被的恢复情况,对 2009 年和 2014 年的植被恢复效果进行比较,明确植物群落物种多样性的变化及影响多样性指数的各类数据间的关系,把握植被演替的自然规律。通过调查,坡面植被经过 6 a 时间,植被的自然恢复效果显著,已由单一的草本群落发展为乔灌草共生的局面,复杂的植物种类组成和丰富的物种数量,对谢家店生态环境的保护和水土流失的防治具有重要作用,也可以为彭州市政府制定植被恢复的方案提供参考和借鉴。

## 1 资料收集与研究方法

### 1.1 研究区概况

银厂沟谢家店位于四川省彭州市银厂沟境内(31°17.549'N,103°50.741'E),属于亚热带湿润气候区,雨热同期,7 月最热,1 月最冷,年均温 17℃,年降水量为 950 mm,相对湿度 75%,海拔 1 200 m 以上,无霜期为 276 d,土壤类型为山地灰棕壤。5·12 地震后谢家店被山体上滑落的碎石块掩埋,又经过几次

大的泥石流冲刷,表层几乎无植被覆盖,经过近 6 a 的自然恢复,已发展为乔灌草共居群落,乔木主要有桉木 *A. cremastogyne*、白桦 *Betula platyphylla* 和盐肤木 *Rhus chinensis*,灌丛以圆枝绣线菊 *Spiraea teretiuscula*、裸花紫珠 *Callicarpa nudiflora* 和灰白毛莓 *R. tephrodes* 为主,草本群落种类繁多,主要以木贼 *E. hyemale*、伏地卷柏 *Selaginella nipponica*、边缘鳞盖蕨 *Microlepia marginata* 和杭子梢 *Campylotropis macrocarpa* 种群为主。

### 1.2 资料收集

2014 年 11 月 7—10 日,实地调查银厂沟内谢家店地震滑坡体的植被恢复状况,以海拔每上升 20 m 设置一个样方(表 1)。调查区域内小乔木开始出现,灌木较稀疏,草本最为茂盛,但是只有在环境条件较好的样地才有乔木和灌木出现,因此沿海拔梯度调查的乔灌草样方数量不等,共选取 9 个样地 54 个样方进行调查,群落结构类型分为 3 种,分别是乔灌草群落、灌草群落、草本群落。样地 1,3 为草本群落,样地 4,8,9 为灌草群落,样地 2,5,6,7 为乔灌草群落。其中 1—36 号为草本样方,1 m×1 m,每个样地设置 4 个草本样方,共计 36 个;36—50 号为灌木样方,5 m×5 m,每个样地设置 2 个样方,共 14 个,50—54 号为乔木样方,10 m×10 m,共 4 个样方。用 GPS 测定每个样地的经纬度[样地 1(31°17.549'N, 103°50.741'E),样地 2(31°17.574'N,103°50.840'E),样地 3(31°17.571'N,103°50.743'E),样地 4(31°17.513'N, 103°50.795'E),样地 5(31°17.589'N,103°50.745'E),样地 6(31°17.642'N,103°50.746'E),样地 7(31°17.657'N, 103°50.732'E),样地 8(31°17.713'N,103°50.674'E),样地 9(31°17.733'N,103°50.639'E)]和海拔高度,用罗盘测得滑坡体坡度约为 30°,坡向为东南方向,用土壤湿度、温度、盐度计测定各样地内土壤的湿度、温度、盐度(体积电导率),并详细调查各样方内植物的种类、株数、高度和盖度。2009 年的数据参考刘守江等<sup>[3]</sup>已发表文章里的调查数据。

表 1 谢家店植物群落各样地基本情况

样地	群落类型	海拔/m	温度/℃	土壤湿度/%	盐度/(mS·cm <sup>-1</sup> )
样地 1	木贼+杭子梢	1230	17.3	82	0.182
样地 2	桉木+裸花紫珠+伏地卷柏	1250	17.7	66.6	0.222
样地 3	木贼+线叶珠光香青	1270	17.1	87.1	0.159
样地 4	裸花紫珠+木贼	1290	17.6	61.8	0.247
样地 5	桉木+灰白毛莓+伏地卷柏	1310	17.1	90.1	0.147
样地 6	盐肤木+灰白毛莓+木贼	1330	17.5	87	0.16
样地 7	白桦+圆枝绣线菊+藏薹草	1350	17.5	83.7	0.172
样地 8	灰白毛莓+线叶珠光香青	1370	17.2	89	0.205
样地 9	榉木+伏地卷柏	1390	17.4	92	0.137

### 1.3 研究方法

(1) 乔木层、灌木层和草本层的重要性以重要值的大小为参照标准,计算公式<sup>[17]</sup>为:

$$\text{相对重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对优势度}) / 3 \quad (1)$$

式中:相对密度、相对频度和相对优势度为所测量样地中某单一物种的密度、频度和优势度占有物种密度、频度和优势度之和的百分比。

(2) 物种多样性的计算公式<sup>[18]</sup>为:

Shannon-Weiner 指数:

$$H' = -\sum (p_i \log_2 p_i) \quad (2)$$

Pielou 均匀度指数( $E$ ):

$$E = H' / \ln S \quad (3)$$

Simpson 多样性指数( $D$ ):

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (4)$$

Margalef 丰富度指数( $M_a$ ):

$$M_a = (S - 1) / \ln N \quad (5)$$

式中: $p_i = n_i / N$ ,  $p_i$ —— $i$  物种在群落中所占个体的比例; $n_i$ —— $i$  物种的个体数; $N$ ——全部种的个体总数; $S$ ——群落中的物种总数。

(3) 海拔、土壤信息和物种多样性指数之间的相关性用统计软件 SPSS 19.0 计算。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落种类组成

对谢家店物种进行调查,2014 年有植物 46 科 66 属 84 种,其中乔木 7 种,灌木 14 种,草本 63 种,科:属:种为 1:1.43:1.82,属:种是 1:1.27。在 2009 年调查中得到植物有 20 科 35 属 53 种,53 种全为草本植物,科:属:种为 1:1.75:2.75,属:种为 1:1.57<sup>[3]</sup>,2014 年科、属、种的数量比 2009 年分别增加 26 科 29 属 31 种,但科:属:种明显下降很多,表明在植被自然恢复过程中,同科属、同属种都有明显增加。2014 年前 5 大科为菊科、禾本科、蔷薇科、荨麻科、桦木科共 28 属 44 种,2009 年前 5 大科为菊科、禾本科、莎草科、唇形科、桑科共 20 属 33 种,菊科和禾本科分别在两个对比年份都占有非常重要的地位。经过 6 a 时间,植物的总科数和总属数都有显著的增长,增长率分别为 130% 和 89%,植物总种数增加了 41 种,增长率 57%,植物科的增长率最高,其次为属和种的增长,2014 年物种丰富度比 2009 年明显提高。植物科的增长率最高,也表明植物物种增长空间和潜力极大。

### 2.2 重要值与优势种

2009 年为单一的草本群落,对 20 个样方的物种

进行调查,经过 6 a 时间的恢复,已出现灌木群落和小乔木群落,选取乔灌木单个物种重要值在 0.06 以上并且每种生活型植物总重要值之和在一半以上的植物,灌木有 4 种,乔木和草本各有 5 种,总重要值分别是 0.75,0.92,0.56,根据重要值的大小确定各层的优势种(表 2)。

乔木群落中桤木是该乔木层优势种(重要值是 0.29),同时也是群落的建群种,对群落内部的结构起着决定作用,盐肤木和白桦为伴生种对整个群落的作用也较明显。桤木生长较好的原因是谢家店滑坡体所处丘陵,海拔高度及土壤温度湿度等条件适宜其生长,同时其对环境具有较强的适应能力,并且所处环境周围稳定,没有较强外来物种的入侵,桤木可以通过种子繁殖,扩大了分布范围。灌木群落中灰白毛莓+圆枝绣线菊+裸花紫珠(*R. tephrodes*+*S. teretiuscula*+*C. nudiflora*),它们是灌木层的共优种。草本群落以木贼科木贼属木贼 *E. hyemale* 为优势种(重要值为 0.19),它已替代了 2009 年的优势种马钱科醉鱼草属大叶醉鱼草 *Buddleja davidii*,后者重要值仅为 0.01,在群落中的作用已不明显,草本群落的演替已较突出。山体坡面植被恢复初期,坡度较陡,土壤贫瘠,土壤湿度较小,盐度大,适宜醉鱼草的生长,而经过几年时间的恢复,坡面地被层的枯枝落叶增多,苔藓植物大量繁殖,保水效果强,盐度降低,较潮湿的土壤环境为木贼 *E. hyemale* 的大量生长提供了有利的环境,并且加强了坡面的水土保持效果,与此同时,醉鱼草 *Buddleja davidii* 这类耐旱性植物的优势地位逐渐衰退。

2014 年草本植物有 63 种,灌木 14 种,乔木 7 种,在 9 个草本样地中出现 5 次及以上的植物有 9 种,其中艾蒿 *Artemisia argyi*,藏薹草 *Carex thibetica* 出现 8 次,木贼 *E. hyemale* 出现 7 次,冷水花 *Pilea notata*、边缘鳞盖蕨 *M. marginata*、伏地卷柏 *S. nipponica* 出现 6 次,牛膝菊 *Galinsoga parviflora*、线叶珠光香青 *Anaphalis margaritacea*、一年蓬 *Erigeron annuus* 在 5 个样地中均有出现。作为草本层优势种的木贼 *E. hyemale*,喜阴湿环境,调查中发现,其分布区内生境非常潮湿,含水量相当丰富,地被层非常发达,苔藓厚度达 8 cm,因此在坡面植被的保水功效和防止水土流失方面,起到了非常重要的作用。

### 2.3 物种多样性比较

2.3.1 2014 年和 2009 年物种多样性对比 2009 年为地震后的第一年,植被恢复较慢,坡面只有零星的草本覆盖,选取的 9 个样地中物种数和植株数最多的样地为 16 种 125 株,最少的样地为 6 种 31 株,样地

平均物种数和植株数为 10 种 47.5 株,总体盖度已达 30%。经过 6 a 的恢复,草本总盖度达 89%,灌木 30%,乔木 8%。2014 年的 9 个样地中物种最多的样地为 25 种 463 株,物种最少的样地为 12 种 78 株。对比 2009 年和 2014 年,物种多样性各指数变化情况(图 1)。对 2014 年和 2009 年样地各物种多样性的算数平均值比较,2014 年的  $H'$  值略有增加,比 2009 年物种的数量多并且植物个体数量分布更均匀;2014 年的样地平均物种数是 2009 年的 1.7 倍,且物种在样地中的富集程度较 2009 年高,因此  $D$  值比 2009 年要高;2014 年  $M_s$  值比 2009 年高 0.45,平均每个样地有 17 种 293 株,物种数较多丰富度较高;2014 年  $E$  值是 0.73,2009 年为 0.84,2014 年群落的均匀性较低的原因是因为坡面植被在恢复过程中,优势种木贼 *E. hyemale* 和主要伴生种伏地卷柏 *S. nipponica*、杭子梢 *C. macrocarpa* 和边缘鳞盖蕨 *M. marginata* 等的物种种类少但个体数量较多,由于良好的生长环境为其他种类的入侵提供了很好的栖息地,其他伴生种种类较多但是个体数量少。由此可以看出,整个群落环境还不稳定,预计再经过约 5 a 的时间可以形成较稳定的乔灌草植物群落。

表 2 乔木层、灌木层、草本层的主要物种重要值

生活型	物种	相对密度	相对优势度	相对频度	重要值
乔木层	桉木	0.22	0.41	0.24	0.29
	盐肤木	0.31	0.16	0.24	0.24
	白桦	0.1	0.27	0.18	0.18
	柳杉	0.21	0.09	0.12	0.14
	胡桃	0.04	0.04	0.12	0.07
灌木层	灰白毛莓	0.39	0.10	0.22	0.24
	圆枝绣线菊	0.20	0.31	0.19	0.23
	裸花紫珠	0.21	0.33	0.11	0.22
	山鸡椒	0.09	0.06	0.04	0.06
	木贼	0.26	0.23	0.06	0.19
草本层	伏地卷柏	0.18	0.20	0.06	0.15
	杭子梢	0.18	0.06	0.03	0.09
	边缘鳞盖蕨	0.04	0.13	0.06	0.07
	野棉花	0.006	0.141	0.02	0.06

2.3.2 各样地物种多样性指数分析 每个样地的植物种类及植株数量都较多(表 3),样地 1 位于谢家店最下部泥石流冲刷形成的冲积扇,由小块碎石、细沙和泥土形成的混合物质,表层易被雨季时山上冲刷的泥石流覆盖,周围环境不稳定,因此只选取草本样方。根据草本群落公式计算,样地 1 中杭子梢 *C. macrocarpa* 重要值为 0.32,有 320 株,优势度指数为 0.531,作为样地 1 中的优势种,投影盖度达 45%,但是杭子梢集

中在样地 1,3,6,其他样地暂时没有发现,可能是随风带来的外来物种,现在平均株高为 5 cm,再经过 5~6 a 左右可长成 2 m 高的灌木,这对小环境的水土保持及生态恢复是非常有利的。随着海拔的增加,在海拔 1 330 m 的 6 号样地物种数和植株数达到最大值为 25 种 462 株,此处坡度较缓,土层较厚,营养物质集聚,有利于多种植物的生长。样地 5,6,7 中各种多样性指数都较高,其中样地 5 的 Shannon-Weiner 指数和 Pielou 均匀度指数最高分别是 2.48,0.83,说明 348 株植物在 20 种植物中的分布最均匀,最小值都出现在样地 1 中,而 Simpson 多样性指数最大值 0.34 出现在样地 1 中,均匀程度为 0.34,杭子梢占有很大优势,总体上该样地群落物种处于良好的发展状态,最小值为 0.107,出现在样地 5 中。Margalef 的最大值 3.964 出现在样地 7 中,丰富度较高有 24 种 331 株植物,最小值 2.048 在样地 8 中,只有 12 种植物,物种数目少且丰富度较低。

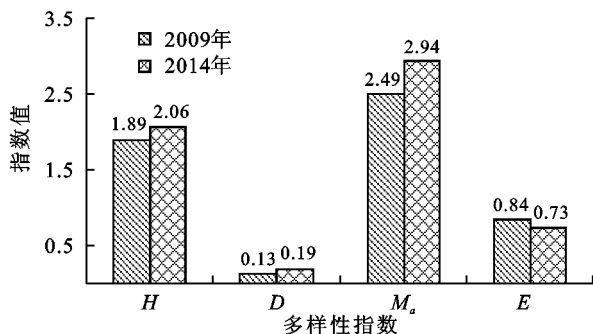


图 1 2009 年、2014 年物种多样性指数变化

2.3.3 相关性分析 植被的生长受所在地自然环境的约束,在小范围内其他自然条件都相同的条件下,泥石流冲刷严重的地区山体裸露的岩石阻碍了植物的生长,此时植物的生长与土壤最为相关。土壤的温度、湿度和盐度作为土壤肥力的重要标志与植物的健康生长息息相关<sup>[19]</sup>,而植物的数量及种类对物种多样性影响较大。因此,用 SPSS 19.0 统计软件分析了土壤温度、湿度、盐度与植物数量、种类和物种多样性之间的相关关系(图 2)。

土壤中的温度和湿度相关系数为 -0.719,  $p = 0.029 < 0.05$ ,呈显著负相关,湿度和盐度的相关系数为 -0.877,  $p = 0.002 < 0.01$  呈极显著负相关。这是由于随着海拔上升,土壤中的温度随之降低,土壤中水分蒸发减少,湿度较大,盐度降低,样地中土壤的平均湿度达到 82%,在湿度较大的样方中,木贼 *E. hyemale* 和伏地卷柏 *S. nipponica* 等喜潮湿环境的植物生长较好,同时这些植物对保持水土也有很重要作用。

物种数和植株数、Simpson 多样性指数、Margalef 呈正相关,样地中物种种类越多,植株数量也越多,

Shannon-Weiner 指数就越大,物种丰富度也较大,近几年植物的种类和数量都呈明显增多的趋势。Shannon-Weiner 指数和 Simpson 多样性指数相关系数 $-0.937$ ,  $p=0.000<0.01$ ,呈极显著负相关,Pielou 均匀度指数和 Simpson 多样性指数相关系数为 $-0.882$ ,  $p=0.002<0.01$ ,也呈极显著负相关,Shannon-Weiner

指数和 Pielou 均匀度指数相关系数为 0.714,  $p = 0.031 < 0.05$ , 呈显著正相关, 研究表明虽然植物种类和数量增加, 但物种在样地中的分配并不均匀。沿海拔变化的土壤中适宜的温度、湿度和盐度为植被的生长提供了良好的营养保障<sup>[20]</sup>, 植物物种多样性又能促进生态系统的有序稳定发展<sup>[21]</sup>。

表 3 2014 年各样地物种多样性指数

样地号	样地 1	样地 2	样地 3	样地 4	样地 5	样地 6	样地 7	样地 8	样地 9	平均值
植株数	603	127	278	197	348	462	331	215	78	293.22
物种数	17	13	16	16	20	25	24	12	12	17.22
$H$	1.55	2.13	2.08	2.18	2.48	2.26	2.23	1.72	1.93	2.06
$E$	0.55	0.83	0.75	0.78	0.83	0.7	0.7	0.69	0.78	0.73
$D$	0.34	0.143	0.19	0.166	0.107	0.159	0.167	0.236	0.193	0.189
$M_a$	2.499	2.477	2.665	2.839	3.247	3.912	3.964	2.048	2.826	2.942

海拔									
—0.084	温度								
0.536	—0.719*	湿度							
—0.364	0.543	—0.877**	盐度						
—0.405	—0.264	0.218	—0.221	植株数					
0.019	0.065	0.162	—0.310	0.625	物种数				
0.107	0.140	—0.098	—0.150	—0.168	0.535	香农—威纳指数			
0.167	0.164	—0.218	0.043	—0.744*	—0.200	0.714*	Pielou 指数		
—0.247	—0.205	0.122	0.066	0.472	—0.265	—0.937**	—0.882**	辛普森指数	
0.259	0.225	0.170	0.401	0.312	0.912**	0.663	0.051	—0.466	Margalef 指数

图 2 植被立地条件与种多样性指数相关性

2.3.4 不同生活型植物多样性比较 根据调查整理的数据对 54 个样方中不同生活型的物种多样性指数计算(表 4)。平均物种数和平均株数在不同生活型中大小顺序为:草本层>灌木层>乔木层,草本层在 9 个样地的物种均值是 12 种 270 株,乔木层在 9 个样地中平均只有 1.33 种 5.67 株,种类和数目都最少。 $H'$ ,  $E$  和  $M_d$  在不同生活型中大小顺序为:草本层>乔木层>灌木层,草本层的  $H'$  和  $M_d$  为 1.66, 2.05, 物种数量较多且个体数量分布最均匀,同时丰富度较高,乔木层  $H'$  植最小,数量少分布较集中,物种丰富度较低。 $D$  在不同生活型中大小顺序为:灌木层>草本层>乔木层,灌木层中的数值是 0.334,灌木层的物种数量分布不均衡,乔木层数值最低。产生上述现象的原因是乔木体积大,生长所需的能量较多,地面遭受地震和泥石流破坏的环境还不适合乔木的大量生长,因此种类和数量都较少,而植株较矮小的草本所需能量较少,对环境适应能力强,有利于其生长,所以植物种类和数量较多,而灌木层作为两种生活型的过渡类型,其物种数和个体数量都较适中。植物的生长需要遵循自然规律,通过草本层的长期营养积累供给灌木的生长,最后达到适宜乔木生长的环

境,通过层层递进形成良好的群落环境,这对生态系统的稳定具有很好的调节作用。

表 4 不同生活型植物多样性比较

生活型	平均物种数	平均株数	$H$	$E$	$D$	$M_a$
乔木层	1.33	5.67	0.36	0.36	0.16	0.52
灌木层	3.44	44.22	0.794	0.55	0.334	0.69
草本层	12	270	1.66	0.7	0.27	2.05

### 3 结 论

(1) 2014 年,银厂沟谢家店已有植物 46 科 66 属 84 种,科:属:种为 1:1.43:1.82,乔木有 7 种,灌木 14 种,草本 63 种,根据重要值大小确定了 11 个主要物种即优势种,乔木为桉木、白桦、盐肤木和柳杉,灌木为灰白毛莓、圆枝绣线菊和裸花紫珠,草本主要有木贼、伏地卷柏、杭子梢和边缘鳞盖蕨。

(2) 谢家店植物的群落类型为柃木+灰白毛莓+木贼,草本层已由 2009 年的大叶醉鱼草为优势种演替到 2014 年以木贼为优势种,整个群落由原来单一的草本演替到现在的乔灌木共生的植被群落,植物种类和数量都明显高于 2009 年的植被状况。

(3) 相比 2009 年,2014 年的 Shannon-Weiner 指数、Margalef 和 Simpson 多样性指数均增大,说明 2014 年植物种类和数目多,丰富度更高,Pielou 均匀度指数相比 2009 年有所减小,这是因为优势物种种类少数量多,其他伴生种种类多数量少,植物群落不稳定。样地 1,3 都处于泥石流冲刷较严重的地段,只有草本生长,物种多样性和丰富度较低,样地 2,5,6,7 海拔稍高,受泥石流的影响较小植物繁盛,样地 4,8,9 是灌木和草本样方,各种多样性指数较稳定。

(4) 土壤中的温度和湿度相关系数为  $-0.719$ ,  $p=0.029<0.05$ ,呈显著负相关,湿度和盐度的相关系数为  $-0.877$ ,  $p=0.002<0.01$ ,呈极显著负相关。Shannon-Weiner 指数和 Simpson 指数的相关系数为  $-0.937$ ,  $p=0.000<0.01$ ,呈极显著负相关,Pielou 指数和 Simpson 指数的相关系数为  $-0.882$ ,  $p=0.002<0.01$ ,呈显著负相关,Shannon-Weiner 指数和 Pielou 指数相关系数是  $0.714$ ,  $p=0.031<0.05$ ,呈显著正相关。土壤温度、湿度、盐度可以影响植物的生长和种类组成,进而影响物种的多样性指数。物种数和植株数、Simpson 多样性指数、Margalef 呈正相关,样地中物种种类越多,植株数量也越多,Shannon-Weiner 指数就越大,物种丰富度也较大,说明近几年植物的种类和数量都呈明显增多的趋势。

(5) 经过 6 a 时间的自然恢复,效果显著,坡面不再是单一的草本群落,已出现灌木和小乔木群落,以乔、灌、草不同生活型划分,草本层的 Shannon-Weiner 指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数最高,灌木层的 Simpson 多样性指数最高,乔木层的各种多样性指数都最低。

由于时间、空间及人力的限制,只是对 2009 年和 2014 年两年采取样方法进行了植被恢复的调查,没有对谢家店的整体进行系统的调查,丰富的植物种类和数量对生态环境的保护和水土流失的防治具有重要作用,为能更好地研究植被的恢复情况,在未来的研究中计划每年调查一次,重视对植物的动态监测,多采集样地数据,分析环境因子对物种多样性的影响,及时了解植物的生长现状,弄清群落中主要植物种间关系,增强对灾区植被恢复效果的认识。

#### 参考文献:

- [1] 黄勋,唐川乐茂华,等.汶川震区银厂沟区域 8·18 暴雨泥石流灾害成灾机理与特征[J].工程地质学报,2013,21(5):761-769.
- [2] 马煜,马东涛,李锋,等.汶川强震区泥石流特征研究:以银厂沟东林寺—海汇桥段为例[J].桂林理工大学学报,

2011,31(3):351-356.

- [3] 刘守江,张斌,杨清伟,等.汶川地震非规范滑坡体上植被的自然恢复能力研究:以彭州银厂沟谢家店子滑坡体为例[J].山地学报,2010,28(3):373-378.
- [4] 梁艳桃.震后银厂沟景区资源评价与开发研究[D].成都:成都理工大学,2011.
- [5] 黄飞.四川 5·12 地震遗址旅游地可持续发展研究[D].成都:四川师范大学,2013.
- [6] 宋微曦,第宝锋,左进,等.聚落应对山地灾害环境的适应性分析:以彭州市银厂沟为例[J].山地学报,2014,32(2):212-218.
- [7] 王晓静,靳正忠,李生字,等.流动沙漠腹地怪柳叶片的生长规律[J].干旱区资源与环境,2013,27(3):192-196.
- [8] 姚志杰,张社朝,陈云明.黄土丘陵区红豆草和苜蓿植物篱对土壤颗粒组成的影响[J].水土保持研究,2014,21(6):20-24.
- [9] 王军.汶川地震灾后龙门山成都段旅游地品牌构建研究[D].成都:成都理工大学,2009.
- [10] 邵蕊,王文瑞,史坤博,等.高寒草原路域人为干扰区土壤及植被修复研究[J].水土保持研究,2014,21(6):181-186,192.
- [11] 张小娟,高照良,李晶,等.关中原高速公路路堤边坡土壤养分与植被群落  $\alpha$  多样性变化[J].水土保持研究,2012,19(6):157-162.
- [12] 覃家科,李先琨,姜光辉,等.木美地下河流域主要植被类型物种多样性与恢复对策[J].广西植物,2005,25(6):511-516.
- [13] 曾剑峰,罗鹏,牟成香,等.岷山地震带山地坡面的植被演替[J].应用与环境生物学报,2014,20(1):1-7.
- [14] Wang F, Wang Z, Yang Z, et al. Vegetation succession process induced by reforestation in erosion areas[J]. Frontiers of Forestry in China,2008,3(3):279-285.
- [15] 吴裕鹏,许涵,李意德,等.海南尖峰岭热带林乔灌木层物种多样性沿海拔梯度分布格局[J].林业科学,2013,49(4):16-23.
- [16] Seiwa K, Miwa Y, Akasaka S, et al. Landslide-facilitated species diversity in a beech-dominant forest[J]. Ecological Research,2013,28(1):29-41.
- [17] 王育松,上官铁梁.关于重要值计算方法的若干问题[J].山西大学学报:自然科学版,2010,33(2):312-316.
- [18] 徐小军.汶川地震区新生水土流失对土壤与植被的影响[D].重庆:西南大学,2012.
- [19] 王建雷,李英年,杜明远,等.祁连山冷龙岭南坡小气候及植被分布特征[J].山地学报,2009,27(4):418-426.
- [20] 区智,解璞,巩合德,等.云南杜鹃群落不同海拔土壤养分状况分析[J].广西植物,2014,34(5):651-656,650.
- [21] 王震洪,段昌群,侯永平,等.植物多样性与生态系统土壤保持功能关系及其生态学意义[J].植物生态学报,2006,30(3):392-403.