

藏东南泥石流沉积区植物群落结构和物种多样性特征

喻武¹ 万丹¹ 汪书丽² 杨东升¹

(1. 西藏农牧学院资环学院,西藏 林芝 860000; 2. 西藏农牧学院高原生态研究所,西藏 林芝 860000)

摘 要: 藏东南是我国泥石流灾害分布最集中,危害严重的区域之一,泥石流堆积扇广布。泥石流沉积区植被恢复是生物治理泥石流和生态恢复措施的重要内容,也是高寒区生态恢复关注的焦点。对林芝县扎西岗、鲁朗定位站和芽依 3 个不同年代形成的泥石流沉积区植物群落结构和物种进行了多样性调查,结果表明:植物群落结构与泥石流发生的年限、所处的海拔和发生的强度有密切关系。泥石流沉积区植物群落主要为云南沙棘 + 云南锦鸡儿 + 蕨麻萎陵菜群落、糙皮桦 + 高丛珍珠梅 + 西南草莓群落和糙皮桦 + 云南锦鸡儿 + 西南草莓群落组成,包含糙皮桦、云南锦鸡儿等 29 种植物。泥石流沉积区形成时间越长,群落物种多样性水平有下降趋势,群落优势度 C 值有一定程度的提高。泥石流沉积区植物群落层次多样性表现为一般草本层多样性水平较高,乔灌层较低。乔灌草均匀度指数 Jsw 值略大于草本层。泥石流暴发时间过长或过短, Jsw 值较小。优势度 C 值与丰富度指数 Ma 值呈负相关性,与泥石流沉积区形成时间呈正相关关系。

关键词: 泥石流; 群落结构; 物种多样性; 藏东南

中图分类号: Q948 .X43

文献标志码: A

植物群落结构和物种多样性是重要的群落功能复杂性的量度指标。群落结构表征着群落的组成特征、发展阶段、稳定程度和生境差异^[1-2]。物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映,是衡量生物群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性关键指标^[3-4],也是指示群落演替进程中的一个重要参量^[5-6]。

植物群落结构和物种多样性研究是泥石流沉积区植被恢复的重要理论基础,为受损泥石流沉积区生态系统的恢复提供了科学可行的途径^[7-9]。国内外专家学者对泥石流的生物防治取得了一定的成果^[10-13],但基础理论和应用技术研究认识深度和受重视程度远没达到应有的高度^[14]。在生物防治过程中,常忽视在自然环境状况下植被恢复规律和先锋种抗逆机制等方面的研究。藏东南与其他地区相比,泥石流沉积区海拔高、温度低、土壤贫瘠,植被恢

复难度更大。泥石流频发,沉积区面积大,植被演替过程再现性强,为高寒区生态系统的恢复提供了天然的试验研究场所。目前,西藏东南部泥石流沉积区植物群落结构特征报道较少,本研究拟通过对不同发生年限泥石流沉积区植物群落特征和物种多样性研究,探讨泥石流沉积区植物群落结构和物种多样性特征,以期对泥石流生物治理措施提供科学理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于西藏林芝县境内 ($E93^{\circ}26'36'' \sim 95^{\circ}01'00''$, $N29^{\circ}22'30'' \sim 30^{\circ}15'00''$),地势险峻,地质环境脆弱,地形切割强烈,高山峡谷相间,相对高度巨大,达 2 200 ~ 4 700 m,坡陡谷深,边坡很不稳定。

收稿日期(Received date): 2012 - 08 - 21; 改回日期(Accepted): 2012 - 11 - 20。

基金项目(Foundation item): 西藏科技厅青年基金项目: 藏东南小型泥石流生物措施治理关键技术研究。 [Youth Fund of the Department of Science and Technology in Tibet: Research on biological control measures in small debris flows of southeastern Tibet.]

作者简介(Biography): 喻武(1981 -) 男, 硕士, 主要从事小流域治理研究。 [Yu Wu(1981 -) , male , master degree candidate , mainly engaged in small watershed management.] E - mail: yuwu4270@126.com

Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = H / \ln S$

优势度指数: $C = \sum P_i^2$

式中 $P_i = N_i / N$, P_i 为种 i 的相对重要值, N 为样带植物重要值总和, N_i 样方中第 i 种植物的重要值, S 为所在样方的物种总数。

1.2.3 统计分析

论文中的数据分析通过 spss 软件完成,表格由 Excel 软件制作完成。

2 结果分析

2.1 泥石流沉积区主要植物种组成

研究区泥石流沉积区主要植物 29 种(以重要值计,表 2)。不同发生年限泥石流沉积区均形成了乔灌木立体结构。乔木主要有糙皮桦(*Betula utilis* D. Don)和川滇高山栎(*Quercus aquifolioides* Rehd. et Wils.) 2 种,分属桦木科和壳斗科植物。灌木主要有云南沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn. subsp.)、三花杜鹃(*Rhododendron triflorum* Hook. f.)、腺果大叶蔷薇(*Rosa macrophylla* Lindl. var.)、云南锦鸡儿(*Caragana franchetiana* Kom.)、长尾槭(*Acer caudatum* Wall.)、高丛珍珠梅(*Sorbaria arborea* Schneid.)、陇塞忍冬(*Lonicera tangutica* Maxim.)、西藏溲疏(*Deutzia hookeriana* (Schneid.) Airy-Shaw)和峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis* Rolfe) 9 种,属胡颓子科、杜鹃花科、蔷薇科、豆科、槭树科、忍冬科和虎耳草科。其中蔷薇科植物 3 种,其余各科植物分别为 1 种。草本植物主要有白草(*Pennisetum flaccidum* Griseb.)、林芝苔草(*Carex capillacea* Boott. var. *linzensis* Y. C. Yang)、蕨麻萎陵菜(*Potentilla anserina* Linn.)和西南草莓(*Fragaria moupinensis* (Franch.) Card.) 等 18 种,分属 13 科,主要有菊科、蔷薇科、虎耳草科、禾本科和莎草科植物,其中莎草科植物为 3 种、蔷薇科、禾本科植和菊科植物均为 2 种。结合周边环境植被状况,由重要值可知,泥石流沉积区先锋植物种主要乔木为糙皮桦。灌木种有云南沙棘、高丛珍珠梅、峨眉蔷薇、云南锦鸡儿和陇塞忍冬 5 种。草本先锋种有白草、西南草莓、蕨麻萎陵菜、川西老鹳草、鞭打绣球和疏叶香根芹 6 种。扎西岗森林生态系统建群树种主要为林芝云杉(*Picea likiangensis* var. *linzhiensis*)、川滇高山栎和急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii*)。泥石流发生距今仅有 13 a 左右,应属植物群落演替进程的初期,植物种应全部为

先锋种,而在调查样地中已经有建群种的出现。通过对沟道内建群种树龄的推断,大部分建群树种的树龄均超过了泥石流暴发的年限,表明泥石流发生时破坏强度较小,依然保留了较多的原生植被,通过植被的自我更新和原有建群树种的更新,沉积区植物群落恢复较快。由此说明泥石流暴发的强度对沉积区植被恢复的快慢有着重要的影响。鲁朗定位站泥石流暴发已距今 40 a 左右,此处海拔较高,水、热资源较差,植被恢复速度慢,依然以糙皮桦、腺果大叶蔷薇和西南草莓等先锋植物为主,建群植物暂未出现。芽依泥石流暴发时间距今已超过 100 a,周围森林生态系统建群树种主要为川滇高山栎和林芝云杉。植物群落通过长时间的恢复,沉积区水、土壤和小气候环境逐步得到改善,为建群种川滇高山栎和林芝云杉的生长营造了良好的生活环境,建群种植物数量急剧增加,林分郁闭度加大,喜温热的先锋种糙皮桦不适应改良后的环境,逐渐淘汰。

2.2 泥石流沉积区植物群落多样性特征

通过重要值计算,分析泥石流沉积区植物优势种,以此为基础确定沉积区植物群落类型:扎西岗是云南沙棘+云南锦鸡儿+蕨麻萎陵菜群落,鲁朗定位站为糙皮桦+高丛珍珠梅+西南草莓群落,芽依为糙皮桦+云南锦鸡儿+西南草莓群落。总体上来看,泥石流沉积区随着形成时间的延长,群落物种多样性水平较高,物种丰富,群落结构更为复杂,丰富度指数 Ma 值、Shannon-Wiener 物种多样性指数 H 值、Simpson 多样性指数 D 值和均匀度指数 J_{sw} 值随着泥石流发生的时间久远而增加,有一个先增加后降的趋势。就 3 个群落而言,丰富度指数 Ma 值鲁朗定位站最大,扎西岗其次,芽依最小。扎西岗泥石流发生时间距今仅 13 a,沉积区光照充足,温暖湿润,许多植物均能适应此种环境气候,各物种之间相互竞争较弱,形成互助关系^[19-21],物种丰富度指数 Ma 值较大。鲁朗定位站泥石流已发生约 40 a,但由于其所处的海拔最高,受制于自然环境,种间竞争较弱,物种丰富度指数 Ma 值反而最大。芽依泥石流发生年限已过 100 a,优势种糙皮桦成衰退状态,对环境资源的竞争力减弱,但仍然具有一定的优势,其余物种,特别是灌木物种较少,灌木需要较多的水肥光热资源,难以生存,群落物种丰富度指数 Ma 值最低。Shannon-Wiener 物种多样性指数 H 值在 2.27~2.81 之间, B 群落 > A 群落 > C 群落, 3 个群落中 A 和 B 相差不大。Simpson 多样性指数 D 值在 0.88

表 2 不同样地主要种类植物数量和重要值

Table 2 Number of major plant and important value of different plots

序号	植物种类	科	扎西岗	鲁朗定位站	芽依
			数量(棵从)/重要值		
1	糙皮桦 <i>Betula utilis</i> D. Don	桦木科	/	1/0.052	4/0.278
2	川滇高山栎 <i>Quercus aquifolioides</i> Rehd. et Wils.	壳斗科	5/0.285	/	4/0.338
3	云南沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> Linn. subsp. <i>yunnanensis</i> Rousi	胡颓子科	3/0.233	/	/
4	三花杜鹃 <i>Rhododendron triflorum</i> Hook. f.	杜鹃花科	40/0.147	/	/
5	腺果大叶蔷薇 <i>Rosa macrophylla</i> Lindl. var. <i>glandulifera</i> Yü et Ku	蔷薇科	4/0.108	4/0.055	/
6	云南锦鸡儿 <i>Caragana franchetiana</i> Kom.	豆科	24/0.363	/	25/0.704
7	高丛珍珠梅 <i>Sorbaria arborea</i> Schneid.	蔷薇科	20/0.377	/	/
8	长尾槭 <i>Acer caudatum</i> Wall.	槭树科	/	12/0.172	/
9	陇塞忍冬 <i>Lonicera tangutica</i> Maxim.	忍冬科	/	32/0.274	/
10	西藏溲疏 <i>Deutzia hookeriana</i> (Schneid.) Airy - Shaw	虎耳草科	/	28/0.134	/
11	峨眉蔷薇 <i>Rosa omeiensis</i> Rolfe	蔷薇科	/	8/0.276	/
12	西南草莓 <i>Fragaria moupinensis</i> (Franch.) Card.	蔷薇科	/	2 000/0.494	2 000/0.576
13	青绿苔草 <i>Carex leucochlora</i> Bunge	莎草科	/	200/0.139	
14	白草 <i>Pennisetum flaccidum</i> Griseb.	禾本科	800/0.110	800/0.124	200/0.053
15	剪股颖 <i>Agrostis</i> sp.	禾本科	550/0.119	/	/
16	林芝苔草 <i>Carex capillacea</i> Boott. var. <i>linzensis</i> Y. C. Yang	莎草科	700/0.149	/	/
17	蕨麻委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> Linn.	蔷薇科	4 500/0.934	/	/
18	华北地杨梅 <i>Luzula oligantha</i> Samuelsson	灯心草科	900/0.129	/	/
19	新雅紫菀 <i>Aster neo-elegans</i> Griens.	菊科	1 000/0.174	/	/
20	川西老鹳草 <i>Geranium orientali-tibeticum</i> R. Knuth	牻牛儿苗科	1 300/0.219	/	/
21	大叶碎米荠 <i>Cardamine macrophylla</i> Willd.	十字花科	/	700/0.105	/
22	山溪金腰 <i>Chrysosplenium nepalense</i> D. Don	虎耳草科	/	300/0.100	/
23	莎草 <i>Cyperus</i> sp.	莎草科	/	700/0.109	/
24	蒿 <i>Artemisia</i> sp.	菊科	/	200/0.137	/
25	鞭打绣球 <i>Hemiphragma heterophyllum</i> Wall.	玄参科	/	1 500/0.271	/
26	异型假鹤虱 <i>Eritrichium difforme</i> Lian et J. Q. Wang	紫草科	/	/	400/0.135
27	杂色钟报春 <i>Primula alpicola</i> (W. W. Smith) Staf	报春花科	/	/	800/0.225
28	翅柄蓼 <i>Polygonum sinomontanum</i> Sam.	蓼科	/	/	600/0.148
29	疏叶香根芹 <i>Osmorhiza aristata</i> (Thunb.) Makino et Yabe var. <i>laxa</i> (Royle) Constance et Shan	伞形科	/	/	1 400/0.383

注: 表中植物种类均按 10 × 10 m 的样方中的数量计算,下同。

表 3 主要植物群落类型的物种多样性指数

Table 3 Species diversity of plant community types

样地	群落类型	Ma	H	D	Jsw	C
扎西岗	云南沙棘 + 云南锦鸡儿 + 蕨麻委陵菜 A	20.203 ± 2.31a	2.675 ± 0.46a	0.888 ± 0.06b	0.821 ± 0.11a	0.112 ± 0.03a
鲁朗定位站	糙皮桦 + 高丛珍珠梅 + 西南草莓 B	21.086 ± 2.16a	2.807 ± 0.51a	0.922 ± 0.07a	0.872 ± 0.09a	0.078 ± 0.02b
芽依	糙皮桦 + 云南锦鸡儿 + 西南草莓 C	10.815 ± 1.38b	2.265 ± 0.33b	0.875 ± 0.05b	0.858 ± 0.12a	0.125 ± 0.03a

注: 表中中扎西岗、鲁朗定位站和芽依泥石流沉积区植物群落分别用字母 A、B、C 表示。小写字母表示在 0.05 水平上显著。a、b 表示不同处理间的多重比较。其中 a 表示大值, b 表示小值,下同。

~0.92 之间 3 个群落 D 值与 H 值大小变化规律一致。 J_{sw} 均匀度指数由 shannon-wiener 多样性指数 H 与丰富度指数 Ma 值共同决定,反映群落中物种分布的均匀程度。一般 H 值越大 J_{sw} 值也越大,而 Ma 值越大 J_{sw} 值越小。3 个群落 J_{sw} 值为 B 群落 > C 群落 > A 群落。B 群落虽然丰富度指数 Ma 最高,植物种类多,但多样性指数值也高,因而物种均匀度较高。而 C 群落虽然种类较少 Ma 值较小,但 H 值也很小,均匀度指数 J_{sw} 值其次。A 群落中 Ma 值远大于 C 群落,跟 B 群落大小接近,而 H 值 3 个群落相差不大,因此 A 群落 J_{sw} 值最小。优势度指数 C 值来看, B 群落优势度指数值最小,另外两种群落相差不大,优势度指数与丰富度指数 Ma 呈反相关系。

由上述结果可知:泥石流沉积区在形成的最初时间,地表裸露,空气湿润,阳光充足,草本植物迅速入侵,随后喜温喜湿的乔灌植物也开始入侵,物种的数量明显增加,丰富度指数值变大。此时沉积区的生态环境基本能满足入侵植物的需要,植物群落的多样指数值也会增加。均匀度状况而言,起初植物入侵到沉积区有一定的随机性,均匀度较差,随着时间的延长,各植物逐渐均匀分布在沉积区各区域,均匀度指数值变大。对于优势度,植物群落的优势状况除与泥石流沉积区形成年限有关以外,海拔也有重要的影响。泥石流沉积区形成超过一定年限后,林分郁闭,植物恢复较好,种间和种内竞争都很剧烈,先前喜温植物因不耐阴凉逐渐淘汰,优势种的生态优势明显,集中分布。因而植物群落中物种丰富度、多样性指数和均匀度指数值均会有一定程度的下降,优势度指数值变大。

2.3 泥石流沉积区植物群落层次物种多样性

植物群落层次多样性反映了植物的立体结构,群落中乔灌草搭配的状况。良好地植物群落层次结构,其整体效应能有效地拦截降水,减弱径流,保护土壤。泥石流发生一定时间后,沉积区植物丰富多样,层次结构良好。通过对样地中乔木层、灌木层和草本层多样性指数计算,结果见表 4: 3 个植物群落中层次多样性差异显著。物种丰富度指数 Ma 值、shannon-wiener 多样性指数 H 值、Simpson 多样性指数 D 值,一般为草本层 > 灌木层 > 乔木层。这是因为草本植物、灌木植物和乔木植物对环境的适应能力依次降低所致。3 个群落中,乔木层丰富度指数 Ma 值, C 群落 > B 群落 > A 群落, shannon-wiener 多样性指数 H 值和 Simpson 多样性指数 D 值, C 群落 > A 群落 > B 群落。灌木层丰富度指数 Ma 值、shannon-wiener 多样性指数 H 值和 Simpson 多样性指数 D 值均为 B 群落 > A 群落 > C 群落。草本层物种丰富度指数 Ma 值, A 群落 > C 群落 > B 群落, shannon-wiener 多样性指数 H 值和 Simpson 多样性指数 D 值, B 群落 > A 群落 > C 群落。泥石流沉积区形成时间的延长,植物群落通过演替,生长环境逐步改善,乔灌植物的种类和数量都有明显的增多,乔灌层物种丰富度 Ma 值逐渐提高。当泥石流沉积区形成超过一定时间后,植被演替接近顶级群落,乔木占明显生态优势,群落中主要是先锋乔木和建群乔木之间的竞争,竞争激烈,灌木物种种类和数量明显减少。草本植物因环境适应能力较强,在形成不同年限的泥石流沉积区上均保持有较高的多样性水平。均匀度指数 J_{sw} 值和优势度 C 值,一般为乔木层

表 4 泥石流沉积区植物群落层次多样性

Table 4 Level diversity of plant communities in debris flow deposition area

样地	群落	层次	Ma	H	D	J_{sw}	C
扎西岗	A	乔木层 forest layer	1.121 ± 0.07c	0.670 ± 0.02c	0.480 ± 0.03b	0.970 ± 0.07a	0.510 ± 0.03a
		灌木层 shrub layer	7.447 ± 0.46b	1.667 ± 0.15b	0.725 ± 0.03a	0.818 ± 0.06b	0.235 ± 0.01b
		草本层 crass	16.778 ± 0.31a	2.125 ± 0.17a	0.791 ± 0.04a	0.766 ± 0.06b	0.209 ± 0.01b
鲁朗定位站	B	乔木层 forest layer	1.393 ± 0.43c	0.603 ± 0.04c	0.413 ± 0.02b	0.870 ± 0.05a	0.587 ± 0.04a
		灌木层 shrub layer	8.024 ± 1.33b	1.886 ± 0.24b	0.825 ± 0.04a	0.859 ± 0.04a	0.175 ± 0.02b
		草本层 crassr	15.132 ± 3.21a	2.236 ± 0.32a	0.850 ± 0.04a	0.847 ± 0.04a	0.150 ± 0.01b
芽依	C	乔木层 forest layer	3.398 ± 2.31b	0.943 ± 0.11b	0.581 ± 0.03b	0.858 ± 0.05a	0.419 ± 0.04b
		灌木层 shrub layer	1.068 ± 2.31c	0.530 ± 0.08c	0.346 ± 0.02c	0.765 ± 0.05b	0.654 ± 0.05a
		草本层 crass	15.938 ± 2.31a	1.791 ± 0.25a	0.788 ± 0.03a	0.815 ± 0.06a	0.212 ± 0.03c

注: a、b、c 表示不同处理间的多重比较。a 表示最大值, b 表示中间值, c 表示最小值。

> 灌木层 > 草本层, 均匀度指数各层次差异较小。优势度指数 C 值, 乔灌层明显大于草本层。在泥石流发生一定年限后, 乔木优势种逐渐适应环境, 生态优势明显, 分布均匀。此时灌木草本也基本上与乔木构成生态立体结构, 乔灌草之间竞争相对平缓, 各物种之间因环境改善, 适应沉积区环境的能力均在增强, 均匀度指数值 J_{sw} 均较大, 优势度指数值 C 较小。但是扎西岗泥石流暴发时间距今仅 13 a, 而沉积区群落均匀度指数 J_{sw} 值和优势度 C 乔木层均最大, 这是因为在该沟泥石流沉积区, 保留有川滇高山栎、急尖长苞冷杉和林芝云杉幼苗等建群树种, 为植物群落的恢复提供了便利的条件, 植被恢复较快。

3 结论与讨论

藏东南泥石流沉积区植物群落主要有云南沙棘 + 云南锦鸡儿 + 蕨麻萎陵菜群落、糙皮桦 + 高丛珍珠梅 + 西南草莓群落和糙皮桦 + 云南锦鸡儿 + 西南草莓群落组成, 包括糙皮桦、川滇高山栎和云南沙棘等 29 种植物。泥石流沉积区植物群落结构特征与所处的海拔和泥石流发生的年限有密切关系。群落结构特征上, 一般泥石流沉积区形成时间越长, 群落物种多样性水平有下降趋势, 如: 物种丰富度指数 Ma 值和 shannon - wiener 多样性指数 H 值。泥石流沉积区植物群落层次多样性上, 一般草本层多样性水平较高, 乔灌层较低。在泥石流发生起初时间, 灌木因比乔木更强的环境适应能力, 灌木层多样性水平高, 而当泥石流发生超过一定年限, 乔木巨大的竞争优势使灌木的种类和数量明显减少, 灌木层多样性水平降低。均匀度指数 J_{sw} 值在 3 个群落或每个群落不同层次中, 相差较小, 乔灌层略大于草本层。泥石流暴发时间过长或过短, J_{sw} 值都较小。优势度 C 值与丰富度指数 Ma 值呈负相关性, 这与多数人的研究结果一致^[22]。同时研究结果表明优势度 C 值与泥石流沉积区形成时间呈正相关关系。泥石流沉积区形成时间长, 群落优势度和群落层次优势度 C 值均有一定程度的提高。一般来说, 乔木层 > 灌木层 > 草本层, 但是芽依泥石流沉积区植物群落中灌木层 < 乔木层。这是因为在泥石流暴发较长时间后, 植物群落的生长环境得到极大地改善, 群落中植物竞争主要是先锋乔木和建群乔木之间的竞争, 竞争比较激烈, 灌木植物往往难以生存, 植物群落有衰退的趋势, 而芽依泥石流发生的时间已超过 100 a。

另外, 泥石流的发生强度对沉积区植物群落的结构特征也有重要的影响。

藏东南是泥石流多发区域, 境内地形复杂, 光、水、热等环境资源差异明显, 不同形成年限的泥石流沉积区植物群落多样性特征差异显著, 因此有必要按照不同环境要素分类探讨泥石流沉积区植物群落结构特征, 特别是以海拔梯度来分类进行研究有待进一步加强。

参考文献(References)

- [1] Li Changlong, Wang Jihe, et al. Community structure and species diversity in Liangucheng Nature Reserve of Minqin County [J]. Acta Botanica Boreali - Occidentalia Sinica, 2006, 26(11): 2338 - 2344 [李昌龙, 王继和, 孙坤, 等. 民勤连古城自然保护区群落结构和物种多样性特征分析[J]. 西北植物学报, 2006, 26(11): 2338 - 2344]
- [2] Xie Jinyang, Chen Lingzhi. Species diversity of warm-temperate deciduous broad-leaved forest. [J]. The Journal of ecology. 1994, 14(4): 337 - 344 [谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 337 - 344]
- [3] Bai Shunjiang, Lu Guiqiao. Studies on species and landscape pattern diversities of Wuling Mountain [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2006, 2(29): 60 - 64 [白顺江, 陆贵巧. 雾灵山物种多样性及景观格局多样性的研究[J]. 河北农业大学学报, 2006, 2(29): 60 - 64]
- [4] Ru Wenming, Zhang Jintun, Bi Runcheng, et al. Species diversity of under growths in Huoshan Mountains of Shanxi Province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(10): 1139 - 1142 [茹文明, 张金屯, 毕润成, 等. 山西霍山森林群落林下物种多样性研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1139 - 1142]
- [5] Ma Keping, Huang Jianhui, Yu Shunli, et al. Research on plant species diversity of Dongling Mountain area in Beijing——Richness, evenness and species diversity index [J]. The Journal of ecology, 1995, 15(3): 268 - 277 [马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究——丰富度均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268 - 277]
- [6] Pan Baiming, Jiang Rihong, Xieqiang. Analysis on Species Composition and Succession of Natural Vegetation in Gupo Mountains [J]. Forest Resources Management, 2010, 6(3): 64 - 68 [潘百明, 蒋日红, 谢强, 等. 姑婆山天然植被的种群组成和群落演替分析[J]. 林业资源管理, 2010, 6(3): 64 - 68]
- [7] Peng Shaolin. Restoration ecology and vegetation reconstruction [J]. Ecological Sciences, 1996, 15(2): 26 - 31. [彭少麟. 恢复生态学 with 植被重建[J]. 生态科学, 1996, 15(2): 26 - 31]
- [8] Bao Weikai, Chen Qingheng. The degraded processes and features of ecosystem. [J]. Chinese Journal of Ecology, 1999, 18(2): 36 - 42 [包维楷, 陈庆恒. 生态系统退化的过程及其特点[J]. 生态学杂志, 1999, 18(2): 36 - 42]
- [9] Liu Jiazheng, Chen Yaning. Analysis on converse succession of plant communities at the lower reaches of trarm river [J]. Arid Land Geography, 2002, 25(3): 231 - 235 [刘加珍, 陈亚宁. 新疆塔里木河下游植物群落逆向演替分析[J]. 干旱区地理, 2002, 25(3): 231 - 235]

- [10] George R W. Bioengineering training programmer for road engineers [Z]. 1996: 7 - 12
- [11] Sotir R B. Soilbioengineeringexperiences in North America [C]// Barker , D H. VegetationandSlopesStabilization , protectionandecology. Thomas Telford ,1995: 190 - 201
- [12] Liu Xiangdong. Studies on rainfall interception in canopy , litter and-soilhydrologicalcharacteristics of forests in Liupanshan mountain - tains [J]. ScientiaSilvaeAinicae , 1989 , 25(3) : 220 - 227 [刘向东. 六盘山林区森林树冠截留 , 枯叶落叶层和土壤水文性质研究 [J]. 林业科学 , 1989 , 25(3) : 220 - 227]
- [13] Wu Jishan , Tian Lianquan , Kang Zhicheng. Synthetic prevention of debris flow [M]. Beijing: Science Press , 1993: 257 - 258 [吴积善 , 田连权 , 康志成 , 等. 泥石流及其综合治理 [M]. 北京: 科学出版社 , 1993: 257 - 258]
- [14] Wang Daojie , Chen Lurong , Zhou Lin , et al. Problem of bio-engineering in the prevention of mountain hazards [J]. Journal of Mountain Science 2004. 22(4) . 461 - 466 [王道杰 , 陈吕容 , 周麟 , 等. 山地灾害治理中生物工程存在的问题 [J]. 山地学报 , 2004. 22(4) . 461 - 466]
- [15] Yeojj. Effectsofgrazingexclusiononrangelandvegetationandsoils , East-CentralIdaho [J]. WesternNorthAmericanNaturalist 2005 , 65(1) : 91 - 102
- [16] Si Jianhua , Fengqi , Chang Zongqiang. Community structure and species diversity of desert plants in the wind-sand area of Yabulai [J]. Acta Botanica Boreali - Occidentalia Sinica 2011. 31(3) : 602 - 608. [司建华 , 冯起 , 常宗强 , 等. 阿拉善雅布赖风沙区荒漠植物群落结构和物种多样性研究 [J]. 西北植物学报 2011 , 31(3) : 602 - 608]
- [17] Zhang Jintun. Quantitative ecology [M]. Beijing: Science Press , 2004 [张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社 2004]
- [18] Ma Keping. Bio-diversity measure method for measurement of α - diversity(Part One) [J]. Species diversity , 1994 , 2(3) : 162 - 168 [马克平. 生物群落多样性的测度方法 α 多样性的测度方法(上) [J]. 生物多样性 , 1994 , 2(3) : 162 - 168]
- [19] Bliss L C. Peterson K M. Plant succession , competition and the physiological constraints of species in the Arctic. Arctic ecosystems a changing climate , an ecological erspective [G]//F. S. Chapin III , R. I. Jefferies , J. F. Reynolds , G. R - Shaver and J - Svoboda. Eds. San Diego , CA: Academic Press , 1992: 111 - 136
- [20] Walker L R , J. Chapin F S III. Interactions among processes controlling successional change [J]. Oikos , 1987 , 50: 131 - 155
- [21] Chapin F S III , Walker L R , Fastie C L , et al. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay , Alaska [J]. Ecological Monographs , 1994 , 64: 149 - 175
- [22] Pengshaoling , Zhouhoucheng , Chengtianxing , et al. The quantitative characters of organization of forest communities in Guangdong [J]. Acta phytocologica et geobotanica sinica. 1989 , 13(1) : 10 - 17 [彭少麟 , 周厚诚 , 陈天杏 , 等. 广州森林群落的组成结构数量特征 [J]. 植物生态学与地植物学报 , 1989 , 13(1) : 10 - 17]

Community Structure and Species Diversity of Debris Flow Deposition Area in Southeast of Tibet , China

YU Wu¹ , WAN Dan¹ , WANG Shuli² , YANG DongSheng¹

(1. College of Resources and Environment , Tibet Agriculture and Animal Husbandry College , Linzhi 860000 , China ;

2. Research Institute of Plateau Ecology of Tibet Agricultural and Animal Husbandry College , Linzhi 860000 , China)

Abstracts: Debris flow is one of most disasters on the southeastern Tibetan Plateau , China. Many alluvial fans induced by debris flow widely distribute in the region. Ecological restoration is usually used to control debris flow. In the study , we investigated effects of age on the community structure and species diversity of the alluvial fans in Zhaxi Gang , Research Station and Yayi. The results showed that the community structures have been strongly influenced by occurrence period and intensity of debris flow. There are two main community structures including *Hippophae rhamnoides* Linn. subsp. *yunnanensis* Rousi + *Caragana franchetiana* Kom. + *Potentilla anserina* Linn. and *Betula utilis* D. Don + *Sorbaria arborea* Schneid. + *Fragaria moupinensis* (Franch.) Card. and *Betula utilis* D. Don + *Caragana franchetiana* Kom. + *Fragaria moupinensis* (Franch.) Card. Twenty-nine species such as *Betula utilis* D. Don and *Caragana franchetiana* Kom et al were found in the alluvial fans induced by debris flow. We detected a significant negative correlation between the age of alluvial fans and species diversity , but degree of dominance (*C* value) increased with the age. Compared with the herbaceous layer , tree and shrub layers have lower diversity index. The evenness index (*Jsw*) in the tree + shrub + grass structure is larger than that in the herb layer. The dominance degree (*C* value) is negatively correlated to the richness index (*Ma* values) , but a positive correlation to the age of debris flow deposition.

Key words: debris flow; community structure; species diversity; southeastern Tibet