

## 滇西北高原水土保持生态修复措施的群落结构研究

王利民<sup>1</sup>, 寸玉康<sup>2</sup>, 陈奇伯<sup>1</sup>

(1. 西南林学院环境科学系, 昆明 650224; 2. 云南省香格里拉县水保办, 云南 香格里拉 674400)

**摘要:**在滇西北高原香格里拉县纳帕海周边区域,以荒草丛、自然恢复灌丛、自然恢复高山松次生林以及人工混交林等四种生态系统类型为研究对象,采用时空互代法,视它们为水土保持生态修复过程中不同阶段,研究不同生态系统的群落结构变化规律。通过对各生态系统的群落空间结构、物种多样性、均匀度、生态优势度分析表明,滇西北高原水土保持生态修复过程群落结构的复杂性依荒草丛 灌丛 人工混交林 天然次生林逐渐增加。荒草丛、5 年生灌丛、13 年生人工混交林和 15 年生天然次生林的灌木层生物量分别为 0、8.170 4 t/hm<sup>2</sup>、2.044 9 t/hm<sup>2</sup>、3.796 5 t/hm<sup>2</sup>,草本层生物量分别为 7.491 2 t/hm<sup>2</sup>、4.681 2 t/hm<sup>2</sup>、3.985 2 t/hm<sup>2</sup> 和 1.696 6 t/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**滇西北;水土保持;生态修复;群落结构

**中图分类号:**S157

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)03-0085-03

## Study on Community Structure During the Ecological Construction of Soil and Water Conservation in Plateau Region in the Northwest of Yunnan Province

WANG Li min<sup>1</sup>, CUN Yu kang<sup>2</sup>, CHEN Qi bo<sup>1</sup>

(1. Department of Environmental Science, Southwest Forestry College, Kunming 650224;

2. Bureau of Soil and Water Conservation, Shangrila, Yunnan 674400, China)

**Abstract:** The wild grass, bush community, artificial mixed forest were regarded and natural secondary forest were regarded as the research subject of different stages in the process of ecological construction aimed at soil and water conservation around Napahai Lake in the northwest of Yunnan Province. The change of those community structures was studied by using spatio-temporal substitution method. The community spatial structure, the species diversity, evenness, ecological dominance in four ecosystems were analyzed, the results show that community structures become more and more complicated from the wild grass to natural secondary forest. Biomass of shrub layers of the wild grass, five-year-old bush community, thirteen-year-old artificial mixed forest and fifteen-year-old natural secondary forest was 0, 8.1704 t/hm<sup>2</sup>, 2.044 9 t/hm<sup>2</sup>, 3.796 5 t/hm<sup>2</sup>, and that of their herb was 7.491 2 t/hm<sup>2</sup>, 4.681 2 t/hm<sup>2</sup>, 3.985 2 t/hm<sup>2</sup> and 1.696 6 t/hm<sup>2</sup> respectively.

**Key words:** northwest of Yunnan Province; soil and water conservation; ecological construction; community structure

近一个世纪以来,人口膨胀、毁林开荒、过度放牧等导致森林退缩、土地退化、全球气候变化等问题日益突出,我国黄河和长江流域的土壤侵蚀以及三北地区的沙漠化问题愈演愈烈<sup>[1]</sup>。自上个世纪后半叶开始,虽然国家加大了生态建设力度,但仍然不能满足社会经济发展对水土保持生态建设的要求,所以必须采取新的举措,加快治理步伐,在大范围内开展水土流失区的生态修复。

滇西北高原香格里拉县,地广人稀,风景独特秀丽,闻名于世的噶丹松赞林寺、季节性高原湖泊纳帕海及“三江并流自然文化遗址”等风景名胜和自然景观就坐落于此。上世纪 50~90 年代,由于不合理的土地利用、森林采伐和过度放牧,使当地植被遭受了不同程度的破坏,水土流失进一步加剧,土壤生产力下降,生态系统不断受到人为的干扰和破坏,加之当地高寒气候导致生境条件严酷,植被生长缓慢,生态环境十分脆弱<sup>[2]</sup>。针对目前的严峻形势,在香格里拉县开展水土保持生态修复势在必行。到目前为止,对该地区的水

土保持生态修复研究较少,故对滇西北高原香格里拉县典型地段水土保持生态修复过程中的群落结构进行研究,不仅有助于了解香格里拉县纳帕海周边区域不同生态修复措施对群落结构的影响及其在水土保持生态修复过程中的变化规律,而且还为相似地域的生态修复提供科学决策。同时由于纳帕海地处生态脆弱的石灰岩地区,位于长江上游,因此具有特殊的生态作用和科研价值。

### 1 研究区概况

香格里拉县地处青藏高原东南缘的横断山脉三江纵谷区东部,金沙江上游。由于历史、地理和生物进化诸多方面的复杂因素使之成为令世人瞩目的生物多样性和特有种的分布中心,形成了丰富多样的植被类型和结构<sup>[3]</sup>。研究区地处香格里拉县城西北隅,距县城 6 km,代表面积 267.8 km<sup>2</sup>,介于北纬 27°45′~28°25′,东经 99°20′~99°45′之间,海拔高度 3 300 m。研究区属寒温带高原季风气候区西部型季风气

收稿日期:2005-09-16

基金项目:云南省教育基金项目(02ZY059);水利部“水土保持生态修复试点项目(xh070303)”

作者简介:王利民(1979-),男,江西贵溪人,硕士研究生,研究方向为生态恢复;通讯作者:陈奇伯(1965-),男,博士,教授,从事水土保持研究。

候。受南北向排列的山地和大气环流的影响,全年盛行南风  
和南偏西风,干湿季分明,夏秋多雨,冬春干旱,多年平均降  
水量 618.4 mm,雨季 6~10 月份降水量占全年降水量的  
80%~90%,降水随海拔高度增加而递增明显,海拔每增高  
100 m 降水量增加 20~40 mm,年蒸发潜量 1 643.6 mm。年  
平均气温 5.8℃,极端最低温 -20.1℃,极端最高温 25.6℃,  
10℃ 积温 1 529.8℃。棕壤为本研究区的主要土壤类型,  
植被群落主要是寒温性针叶林,如云杉、冷杉和高山松林群  
落,优势种主要有油麦吊云杉 (*Picea brachytyla* var. *com-*  
*planata*)、丽江云杉 (*P. likiangensis*)、长泡冷杉 (*Abies geor-*  
*gei*)、川滇冷杉 (*A. forrestii*)、急尖长泡冷杉 (*A. forrestii*

var. *smithii*)、高山松 (*Pinus densata* mast);灌木、草本植物  
主要有多种杜鹃 (*Rhododendron* spp.)、箭竹 (*Fargesia*  
spp.)、忍冬 (*Lonisira* spp.)、蔷薇 (*Rosa* spp.)、龙胆 (*Genti-*  
*ana* spp.)、报春 (*Primula* spp.) 等<sup>[4]</sup>。

2 研究方法

通过对试验地的全面踏查,采用空间代时间的方法,选  
取地形、海拔高度、母岩等条件相对一致的荒草丛、灌木林、  
人工混交林和高山松次生林等四种处于不同演替阶段的生  
态系统类型,在各生态系统类型的典型地段设置样地进行调  
查。样地的基本情况见表 1。

表 1 试验区样地基本情况

地类	土壤 类型	坡位	坡向	坡度/ °	海拔高 度/ m	树种组成	下木种类	总盖 度/ %	恢复时 间/ a
荒草地	棕壤	下部	SW50°	11	3270	小羊茅、蒿草	-	80	-
灌木林地	棕壤	中部	NW10°	25	3310	川滇高山栎、鸡锦儿、高山 柳、忍冬、金花小檗	苔草、东方草莓、小羊茅	98	5
人工混交林地	棕壤	中部	NW42°	10	3200	云杉、白桦、高山松	高山栎、腋花杜鹃、蒿草、羊 茅	89	13
高山松次生林地	棕壤	中下部	SW50°	26	3300	高山松	高山栎、腋花杜鹃	92	15

乔木林、林内灌木和灌丛植被、林内草本及荒草丛植被  
分别设 10 m×10 m、2 m×3 m 及 1 m×1 m 的调查样方,各  
设 3 个重复进行植被群落学调查<sup>[5-6]</sup>,并计算多样性及其他  
群落结构特征值:

Shannon - Wiener 多样性指数:

$$H = - \sum p_i \ln(p_i) \tag{1}$$

Simpson 指数 *D* 的倒数:

$$D = N(N - 1) / \sum n_i(n_i - 1) \tag{2}$$

Pielou 均匀度指数:

$$J_H = H / \ln(S) \tag{3}$$
$$J_D = (1 - p_i^2) / (1 - 1/S) \tag{4}$$

式中: *n<sub>i</sub>*——第 *i* 种的个体数, *N*——所有个体的总数,  
*p<sub>i</sub>*——第 *i* 种的个体数 *n<sub>i</sub>* 占所有种的个体总数 *N* 的比例,  
即 *p<sub>i</sub>* = *n<sub>i</sub>* / *N*, *S*——种 *i* 所在样地物种种类总数,即物种丰  
富度。

3 结果与分析

3.1 各植被群落空间结构特征

荒草丛的垂直空间结构简单,只有一层草本层,主要以  
旱中生性的草本植物为主,如蒿草 (*Kobresia* spp.)、羊茅  
(*Festuca* spp.)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*) 以及重冠紫  
菀 (*Aster diplostephioides*) 等,水平个体密度为 2 320 000  
株/hm<sup>2</sup>。灌丛的垂直空间结构有灌木、草本以及稀疏乔木 3  
层结构,但乔木层不明显,灌木层以川滇高山栎 (*Quercus*  
*aquifolioides*)、锦鸡儿 (*Caragana*) 为绝对优势,伴生种有香  
柏 (*Sabina sino-alpina*)、小檗 (*Berberis* sp.) 等,乔木、灌木  
和草本层的水平个体密度分别为 2 000 株/hm<sup>2</sup>、81 700 株/  
hm<sup>2</sup> 和 1 460 000 株/hm<sup>2</sup>。高山松次生林的垂直空间结构  
则有明显的乔木、灌木和草本 3 层结构,乔木层以高山松  
(*Pinus densata* Mast) 为绝对优势,平均高度为 1.91 m,水平  
个体密度高达 34 400 株/hm<sup>2</sup>,灌木和草本层分别为 46 700  
株/hm<sup>2</sup> 和 910 000 株/hm<sup>2</sup>。人工混交林的垂直空间结构也  
具有乔木、灌木和草本 3 层结构,乔木层以云杉 (*Picea aspe-*  
*rata* Mast)、高山松 (*Pinus densata* Mast) 为主,平均高度分  
别为 1.31 m 和 2.41 m,混生树种主要是白桦 (*Betula platy-*  
*phlla* Suk),且灌木和草本层都比较发达,它们的水平个体  
密度分别高达 358 000 株/hm<sup>2</sup> 和 2 580 000 株/hm<sup>2</sup>,乔木层  
为 8 600 株/hm<sup>2</sup>。

综上所述可知,川滇高山栎灌丛、高山松次生林、云杉高

山松人工混交林 3 种群落类型,都已经形成了明显的灌、草、  
地被物和乔、灌、草、地被物立体垂直结构,能够对群落内部  
的光、温、水、肥、气五大要素进行合理分配,起到较好的调节  
作用。因此,这三种自然封育和人工植苗条件下形成的群落  
类型都是该地区水土保持生态修复措施的主要植被类型。

3.2 各植被群落及其不同层次的植物组成结构特征

群落组成结构通常是指群落的物种多样性、均匀度和生  
态优势水平。一般地,一个成熟的群落往往具有较高的物种  
多样性、均匀度和较低的生态优势度。Shannon - Wiener 指数  
*H* 是物种丰富度和均匀度的函数,物种数量越多、个体分布越  
均匀, *H* 值也就越大。在多样性指数中, Simpson 指数 *D* 也称  
作生态优势度,它表明了群落中优势成分的集中程度,是反映  
群落优势度的指标之一<sup>[7]</sup>,因此,其倒数越大,优势度越小,反  
之亦然。Pielou 均匀度指数 *J* 反映了群落中各物种个体的均  
匀程度,如果群落内部的环境基本为均质,那么较高的均匀度  
指数应该说是群落发展到一定阶段的结果<sup>[8]</sup>。

从整个群落来看,表 2 表明,四种群落类型的 Shannon  
- Wiener 指数 *H* 遵循下列规律,灌丛 > 荒草丛 > 人工混交  
林 > 高山松次生林。反映出该地区灌丛的物种比较丰富且  
分布均匀,高山松次生林则物种相对贫乏,分布均匀度较低。

表 2 不同植被群落物种多样性

群落类型	多样性指数			
	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>J<sub>H</sub></i>	<i>J<sub>D</sub></i>
荒草丛	2.310	6.790	0.7900	0.920
灌木林	2.580	9.720	0.810	0.900
人工混交林	2.044	5.380	0.670	0.840
高山松次生林	2.041	5.930	0.650	0.800

比较不同群落类型的 Simpson - Wiener 指数倒数 *D* 可  
以看出,灌丛 > 荒草丛 > 高山松次生林 > 人工混交林。说明  
人工混交林和高山松次生林的优势度显著,而灌丛最低。

从 *J<sub>D</sub>* 和 *J<sub>H</sub>* 的测定结果看, *J<sub>H</sub>* 的变化规律是灌丛 > 荒  
草丛 > 人工混交林 > 高山松次生林, *J<sub>D</sub>* 值的变化规律是荒  
草丛 > 灌丛 > 人工混交林 > 高山松次生林,但是对荒草丛和  
灌丛的 *J<sub>D</sub>* 值做 *t* 检验后得知,这二者之间的差异并不显著,  
这说明二者没有统计学意义上的差异 (*P* = 0.694)<sup>[9]</sup>。因  
此,这二个群落类型的 *J<sub>H</sub>* 值和 *J<sub>D</sub>* 值变化规律是基本一致  
的。

在所选的所有多样性指数中,高山松次生林几乎全部为最小,人工混交林次之,反映出高山松次生林和人工混交林的群落丰富度、均匀度低于灌丛和荒草丛,而生态优势度则相反。

从不同群落的各层次看,表 3 显示,在灌木层和草本层,灌丛和荒草丛的物种多样性和均匀度都稍高于人工混交林和高山松次生林,而生态优势度则稍低;乔木层的多样性和

均匀度是人工混交林最大,高山松次生林次之。由此看出,随着群落的演替,乔木层的种数、个体数、多样性与均匀度指数都在不断增加,灌木层和草本层相应的各项指数则基本呈下降趋势,因为上层乔木的生长抑制了灌木层、草本层的复杂化进程。

表 3 不同植被群落的各层植物多样性

群落	H			D			J <sub>H</sub>			J <sub>D</sub>		
	乔木层	灌木层	草本层	乔木层	灌木层	草本层	乔木层	灌木层	草本层	乔木层	灌木层	草本层
荒草丛	/	/	2.29	/	/	6.97	/	/	0.80	/	/	0.90
灌木林	/	1.52	2.40	/	4.01	9.11	/	0.81	0.84	/	0.86	0.97
人工混交林	0.98	0.60	1.82	2.47	1.69	4.55	0.80	0.50	0.69	0.83	0.55	0.79
高山松次生林	0.86	0.68	1.86	1.89	1.53	5.86	0.93	0.42	0.81	0.49	0.41	0.88

3.3 各植被群落的灌草生物量

不同植被群落的灌、草生物量测定结果,荒草丛、灌木林、人工混交林以及高山松次生林的草本生物量分别为 7.491 2 t/hm<sup>2</sup>、4.681 2 t/hm<sup>2</sup>、3.985 2 t/hm<sup>2</sup> 和 1.696 6 t/hm<sup>2</sup>,随着植被群落的发展呈下降趋势。这主要是因为草本植物通常居于群落下层,光照受到上层灌木和乔木的反射和吸收,它所接受的光照少所致。同时,光照强度也是影响光合作用的一个重要生态因子,光照强度的高低影响到生物量的积累,所以草本生物量随着植被群落的发展而下降。对于灌木生物量而言,也随着植被群落的发展呈下降趋势,灌木林、人工混交林以及高山松次生林的生物量分别为 8.170 4 t/hm<sup>2</sup>、2.044 9 t/hm<sup>2</sup>、3.796 5 t/hm<sup>2</sup>。这同样主要是由于灌木所接受的光照强度随着植被群落的发展而下降,而且人工混交林在经营时采取劈灌等抚育措施进一步加剧了灌木生物量的减少。总之,不同植被群落草本、灌木生物量的差异与群落发展过程中植被的组成种类、空间结构的发展变化、人为干扰程度以及光能利用率等因素有关。

以人工混交林为参照生态系统计算得出,高山松次生林、灌木林及荒草丛与人工混交林的群落相似性系数分别为 0.23、0.17 和 0.15。这说明退化荒草丛的群落组成与人工混交林差异最大,灌木林次之,而高山松次生林与人工混交林差异最小,但还都是处在植被恢复的过程中。它反映出香格里拉县植被恢复是由草本经灌木向着地带性植被发展的,这也进一步证明了本论文采用时空互代方法是可行的。

4 结论与讨论

4.1 结 论

(1)通过对各植被群落空间结构分析,从荒草丛、灌丛、人工混交林依次到天然次生林,群落垂直结构复杂性逐渐增加,群落逐渐由单层群落结构变为多层群落结构;在群落水平结构上,乔木层个体数在不断增加,草本层个体数先下降后上升,体现了草本层的依附性波动使其不能独立反映整个

群落的演替趋势。

(2)从荒草丛、灌丛、人工混交林依次到天然次生林,各植被群落及其不同层次的植物组成结构特征是,灌木层和草本层生态优势度趋于上升,而物种多样性趋于下降。与乔木层的物种多样性(0.49~0.83)相比,草本层始终保持着相当高的多样性(0.79~0.90)。这是群落处于演替早、中期阶段的重要标志。而随着群落演替的进展,群落的物种多样性由 0.92 下降为 0.80,生态优势度由 0.19 降为 0.17。这是由于乔木层物种多样性的提高,必然导致草本层和灌木层可利用资源下降,是在一段时间内其物种多样性下降而生态优势度上升的重要原因。

(3)荒草丛、5 年生灌丛、13 年生人工混交林和 15 年生天然次生林的灌木层生物量分别为 0、8.170 4 t/hm<sup>2</sup>、2.044 9 t/hm<sup>2</sup>、3.796 5 t/hm<sup>2</sup>,草本层生物量分别为 7.491 2/hm<sup>2</sup>、4.681 2/hm<sup>2</sup>、3.985 2/hm<sup>2</sup> 和 1.696 6/hm<sup>2</sup>。这是上层乔木的发展抑制了其下层草本与灌木的生长所致。

4.2 讨 论

(1)滇西北自然环境和生态系统分异极为复杂,典型的高山峡谷地貌和独特的地质历史背景形成了其多样性的环境与生物群落的镶嵌组合,加之该地海拔垂直差异变化相当明显,进一步塑造了当地复杂多样的微型地理环境。因此,生境的多样性相应地要求恢复方法和措施的多样化,从而加大了恢复的难度。

(2)由于高寒地区高原面上空气层较薄,透明度高,紫外线辐射较同纬度低海拔地区强,这些因素都不利于植被的生长。

(3)研究区地处生态脆弱的横断山脉石灰岩地区,气候寒冷、干旱,加之试验区分布在农牧交错区,人为活动干扰较强,因此决定了其生态系统极为脆弱和不稳定的特征。

(4)受温热限制,生物量低,另外由于母质为石灰岩,因而雨后的土壤不易保持水分而易重新干燥,出现生境的经常干旱化,这不利于植物生长,也会影响生物量的积累。

参考文献:

[1] 彭鸿,邓兴民,卫伟,等.生态工程综合效益测算指标体系和评价方法初探[J].水土保持研究,2004,11(2):71-73.

[2] 陈奇伯,寸玉康,刘芝芹,等.滇西高原不同地带类坡面产流产沙规律研究[J].水土保持研究,2005,12(2):12-15.

[3] 沈泽昊,方精云,刘增力,等.贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析[J].植物学报,2001,25(6):722-732.

[4] 段志诚.中甸县志[M].北京:水利电力出版社,1987.

[5] 董鸣.陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1999.

[6] 中华人民共和国水利行业标准.水土保持监测技术规程(SL277-2002)[S].北京:中国水利水电出版社,2002.

[7] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement[M]. Princeton University Press. 1998.

[8] 高贤明,马克平,陈灵芝.暖温带若干阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系[J].植物生态学报,1995,15(3):268-277.

[9] 李春喜,王志和,王文林.生物统计学[M].北京:科学出版社,2001.