

滇西北亚高山针叶林、硬叶栎类林的树种多样性

于洋, 曹敏, 刘文胜

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要: 在滇西北香格里拉地区, 以长苞冷杉(*Abies georgei*) 林、丽江云杉(*Picea likiangensis*) 林作为亚高山针叶林的代表, 以川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*) 林作为硬叶栎类林的代表, 分别选择了 6 块样地, 采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Simpson 多样性指数的倒数(D')、Pielou 均匀度指数(J_H 、 J_D) 分别测定其树种多样性, 并进行了比较研究。结果表明, 三个森林类型的 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数的倒数、物种丰富度的顺序均为: 长苞冷杉林> 川滇高山栎林> 丽江云杉林; 而前两类森林的 Pielou 均匀度指数差异不大, 但都高于丽江云杉林的均匀度指数值。滇西北的川滇高山栎具有很强的萌生能力。人工种植的亚高山针叶林的树种多样性较原始林低, 需要较长时间的恢复过程。亚高山针叶林的存在极大地丰富了云南省的树种多样性, 使云南植被的垂直地带性得到了充分体现。

关键词: 亚高山针叶林; 硬叶栎类林; 树种多样性; 滇西北

中图分类号: S79

文献标识码: A

我国西南地区连续分布的亚高山针叶林在世界同类森林中是少有的。亚高山是借用植被生态学中的概念, 在南方是指以冷杉和云杉等常绿针叶树种为主构成的寒温性森林所占据的垂直自然地带, 其海拔范围一般在 2 500~ 4 500 m 间^[1]。亚高山常绿针叶林又称暗针叶林或寒温性针叶林^[2], 是亚高山针叶林的主要类型, 也就是通常所说的青藏高原和长江上游“天然林”的主体。

位于青藏高原东南缘的横断山脉是我国生物多样性最丰富、自然环境和生态系统分异极为复杂的地区之一^[3]。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化的环境与生物群落的镶嵌组合, 而历史、地理和生物进化诸方面的复杂因素使之成为令世人瞩目的生物多样性中心和特有种的分布中心^[4]。滇西北的香格里拉位于横断山区的核心地区, 不但是青藏高原向横断山脉过渡的地带, 而且还是我国西南林区中亚高山针叶林集中分布的地区^[5], 是我国亚高山针叶林的典型代表区域之一。

滇西北的亚高山针叶林主要是以冷杉属(*Abies*) 和云杉属(*Picea*) 的树种占绝对优势。云、冷杉林在亚高山中上部形成一个稳定的植被带。云杉和冷杉都是中性耐阴树种, 所形成的森林林冠稠密, 群落分层明显, 林内阴暗潮湿, 地表常有很厚的苔藓地被层。

滇西北的硬叶常绿栎类林属于常绿阔叶林, 喜阳耐旱的生理特性使其能在石灰岩或多石地带的干旱生境下生存, 构成了我国西南部亚高山山地垂直带上的一个特有的植被类型。另外, 寒温性山地硬叶常绿栎林与亚高山针叶林也有着分布上的联系^[6]。一般在缓坡、土壤肥沃、水分良好之处分布云杉林和冷杉林, 而阳坡、陡坡、土壤瘠薄多石处, 特别是石灰岩地段则分布着硬叶常绿栎林, 这是青藏高原东南边缘的植被分布特征之一^[6]。

云南省作为横断山区的重要组成部分, 具有热带、亚热带及亚高山森林生态系统的典型代表。对滇西北地区的树种多样性开展研究, 不仅有助于了解横断山区亚高山森林生态系统的物种多样性, 而

收稿日期(Received date): 2002- 12- 11; 改回日期(Accepted): 2003- 05- 25。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2- 406) 和国家自然科学基金(30070618) [The study was supported by a project of the Chinese Academy of Sciences (KZCX2- 406) and the National Natural Science Foundation of China(30070618).]

作者简介(Biography): 于洋(1978-), 男(汉族), 辽宁省阜新市人, 在读硕士生, 森林生态学专业。[Author Introduction: Yu Yang (1978-) is a graduate student of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, majoring in forest ecology.]

且还能系统评估全省森林植被的树种多样性格局提供科学数据, 同时也能促进当地森林资源的有效保护以及自然资源的可持续管理。近年来, 已有部分研究工作涉及云南省热带、亚热带地区森林的树种多样性, 如对以西双版纳为代表的云南南部的热带森林树种多样性的研究^[7, 8]; 对滇中地区常绿阔叶林树种多样性的比较研究^[9]等。虽然亚高山植被在云南省占有十分重要的地位^[6], 但是对滇西北地区的亚高山森林的树种多样性的系统研究尚未见报道, 为进一步探讨它们在云南省森林植被中的地位, 开展它们之间的树种多样性比较研究, 我们在滇西北的香格里拉地区保护相对较好的原始林中, 选择了长苞冷杉 (*Abies georgei*) 林, 丽江云杉 (*Picea likiangensis*) 林和川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*) 林作为亚高山森林的代表, 于 2002– 04 开展了树种多样性的调查, 目的在于揭示亚高山森林的树种多样性特征, 同时积累该地区生物多样性的背景资料。

1 研究地概况

香格里拉地处云南省的最西北端, 在省內其纬度最偏北, 地势也最高, 其北端达到 29° 15' N, 南端为 27° 30' N, 南北跨度约为 160 km 左右, 植被属于我国青藏高原高寒植被区域的范围^[6]。该地区平均海拔 4 000 m 左右, 地势从北向南明显倾斜。由于海拔较高, 因此热量水平较低, 年平均气温也较低, 约 5℃ 左右。香格里拉的年平均降水量为 609.3 mm, 干湿季分明, 日温差大, 太阳辐射强烈, 风比较大。亚高山针叶林下的土壤类型主要是暗棕壤^[6]。

在当地海拔约 3 000~ 4 000 m 范围的坡地上, 以川滇高山栎为主的硬叶林分布较为常见, 显域性

植被为亚高山针叶林。本文所选择的研究地点位于香格里拉碧塔海国家天然林保护区、香格里拉大峡谷和白水台。该地区主要生活着藏、彝等少数民族。当地居民以高山栎为薪柴, 故靠近村寨地区的高山栎林遭到了很大程度的破坏, 但是在远离居住地的区域仍有少部分保存较好的原始高山栎林。

2 研究方法

2.1 样地选择及调查方法

采用典型取样法, 选取保存相对完好并处于不同地点的三个森林类型作为样地, 即长苞冷杉林、川滇高山栎林、丽江云杉林。在每个森林类型的典型地段各设置 6 个 20 m × 20 m 的样方。记录样方内 DBH ≥ 3 所有乔木的种名、树高和胸径、以及样地的基本情况(表 1)。

2.2 数据分析

树种多样性的测度采用以下 3 种指数: Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数的倒数^[10]和 Pielou 均匀度指数^[11], 计算公式分别是

$$H = - \sum p_i \ln(p_i)$$
$$D' = N(N-1) / \sum n_i(n_i-1)$$
$$J_H = H / \ln(S)$$
$$J_D = (1- \sum p_i^2) / (1- 1/S)$$

式中 n_i 为第 i 种的个体数, N 为所有个体的总数, p_i 为第 i 种的个体数 n_i 占所有种的个体总数 N 的比例, 即 $p_i = n_i / N$, S 为种 i 所在样地物种种类总数, 即物种丰富度。

此外, 相对多度^[12]的计算公式为:

$$RA \% = (A \times 100) / \sum A$$

式中 A 为样方中某物种的多度, $\sum A$ 为样方中所有物种多度的总和。

表 1 各样地概况
Table 1 Description of the study sites

森林类型 Forest type	样地位置 Location of the plots	样地数量 Number of the plots	海拔范围 Altitude (m)	调查时间 Date of investigation
长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> forest	碧塔海湖畔、香格里拉大峡谷、白水台	6	3220~ 3653	2002– 04– 08~ 14
丽江云杉林 <i>Picea likiangensis</i> forest	碧塔海湖畔及南线	6	3565~ 3728	2002– 04– 10~ 12
川滇高山栎林 <i>Quercus aquifolioides</i> forest	碧塔海南线	6	3538~ 3804	2002– 04– 07~ 13

3 结果

3.1 树种组成特征

本次调查以川滇高山栎林作为山地硬叶常绿栎林的代表,所调查的样地均处于海拔 3 500 m 以上,都分布在阳坡或者半阳坡上。川滇高山栎在群落中占绝对优势,其外貌呈黄绿色,树干多弯曲,平均高度 17 m 左右,在个别生境条件良好的地段,树木高度可达 35 m,胸径达 57 cm。在 6 个样地中共记录

了川滇高山栎 297 株,占个体总数的 52.0 %,其中有 63 株是萌生枝(干),比例高达 21.2 %,可见萌生现象在川滇高山栎林中非常普遍。伴生乔木有红毛花楸(*Sorbus rufopilosa*, 占总个体数的 8.9 %)、丽江云杉(占总个体数的 4.4 %)、大果红杉(*Larix potaninii*, 占总个体数的 2.8 %),偶有极少的长苞冷杉(占总个体数的 0.5 %)出现。此外还有红花杜鹃(*Rhododendron rubiginosum*, 占总个体数的 29.4 %)、碎米杜鹃(*Rhododendron spiciferum*, 占总个体数的 1.9 %) 2 种小乔木分布其中(表 2)。

表 2 各类森林的树种组成特征
Table 2 Component tree species of the 3 forest types

森林类型 Forest type	树种名称 Name of tree species	总个体数 Number of individuals	平均胸径 Mean DBH (cm)	平均树高 Mean height (m)
长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> forest	长苞冷杉(<i>Abies georgei</i>)	171	33.5	30.2
	红花杜鹃(<i>Rhododendron rubiginosum</i>)	74	12.4	7.0
	红毛花楸(<i>Sorbus rufopilosa</i>)	37	8.7	6.6
	碎米杜鹃(<i>Rhododendron spiciferum</i>)	17	5.1	4.2
	川滇高山栎(<i>Quercus aquifolioides</i>)	17	20.2	13.2
	大果红杉(<i>Larix potaninii</i>)	3	37.7	40.0
	川白桦(<i>Betula platyphylla</i> var. <i>szechuanica</i>)	3	24.2	14.3
	地檀香(<i>Gaultheria forrestii</i>)	2	7.5	9.0
	红桦(<i>Betula albo-sinensis</i>)	1	31.0	9.0
	暗棕杜鹃(<i>Rhododendron traillianum</i> var. <i>dictyotum</i>)	1	4.0	3.0
丽江云杉林 <i>Picea likiangensis</i> forest	丽江云杉(<i>Picea likiangensis</i>)	180	34.7	35.8
	红毛花楸(<i>Sorbus rufopilosa</i>)	39	8.0	7.1
	碎米杜鹃(<i>Rhododendron spiciferum</i>)	17	4.2	3.9
	长苞冷杉(<i>Abies georgei</i>)	2	15.0	16.8
	大果红杉(<i>Larix potaninii</i>)	1	51.0	36.0
	红花杜鹃(<i>Rhododendron rubiginosum</i>)	1	9.0	12.0
川滇高山栎林 <i>Quercus aquifolioides</i> forest	川滇高山栎(<i>Quercus aquifolioides</i>)	297	16.5	15.5
	红花杜鹃(<i>Rhododendron rubiginosum</i>)	168	8.0	6.2
	红毛花楸(<i>Sorbus rufopilosa</i>)	51	4.8	5.6
	丽江云杉(<i>Picea likiangensis</i>)	25	16.0	15.3
	大果红杉(<i>Larix potaninii</i>)	16	23.4	24.7
	碎米杜鹃(<i>Rhododendron spiciferum</i>)	11	3.8	4.1
	长苞冷杉(<i>Abies georgei</i>)	3	16.3	11.7

长苞冷杉林是云南省冷杉林中分布最广的一个类型^[6]。其林冠稠密,外貌呈暗绿色,林下阴暗潮湿,地表有苔藓地被层。6 个样地均位于阴坡上,在位于碧塔海湖畔的 3 个样地中,林下有茂密的箭竹(*Sinarundinaria nitida*)层,高度 3~ 4 m,苔藓地被层不发达。位于香格里拉大峡谷和白水台的 3 个样

地林冠整齐,地表苔藓层发达。在 6 个样地中共记录了长苞冷杉 171 株,占个体总数的 52.5 %,平均高度约为 30 m,平均胸径约为 34 cm。伴生乔木有红毛花楸(占总个体数的 11.3 %)、川滇高山栎(占总个体数的 5.2 %)、川白桦(*Betula platyphylla* var. *szechuanica*, 占总个体数的 0.9 %)、红桦

(*Betula albo-sinensis*, 占总个体数的 0.3%) 和大果红杉(占总个体数的 0.9%) 5 种上层乔木。下层乔木则有红花杜鹃(占总个体数的 22.7%)、碎米杜鹃(占总个体数的 5.2%)、地檀香(*Gaultheria forrestii*, 占总个体数的 0.6%) 和暗棕杜鹃(*Rhododendron traillianum* var. *dictyotum*, 占总个体数的 0.3%) 4 种(表 2)。

丽江云杉林是我国西部地区云杉林分布最南的一个群系^[6], 其森林结构比冷杉林要简单, 在调查的样地中多分布在低洼处和水分条件好的地方。森林外貌呈粉绿色, 有很厚的苔藓地被层。共记录了丽江云杉 180 株, 占总个体数的 75.0%, 其平均树高约为 36 m, 而平均胸径约为 35 cm。森林中伴生的乔木种类较前二者少, 有红毛花楸(占总个体数的 16.3%)、长苞冷杉(占总个体数的 0.8%) 和大果红杉(占总个体数的 0.4%) 3 种上层乔木; 下层乔木则只有碎米杜鹃(占总个体数的 7.1%) 和红花杜鹃(占总个体数的 0.4%) 2 种(表 2)。

3.2 优势种的胸径径级分布

虽然胸径并不是森林演替时期的区分标志, 但它是森林生物量的具体标志之一, 在某种程度上代表着森林的生物量水平。因此, 优势种胸径的分布情况在一定条件下与森林的生物量具有密切联系。从三类森林优势种的胸径径级分布来看, 长苞冷杉和丽江云杉的林木径级分布大致相似, 在胸径 21~30 cm 范围的个体数最多。从总体来看, 长苞冷杉和丽江云杉的林木径级在 20~50 cm 的范围内都有着比较均匀的分布, 变化不大, 并不像川滇高山栎那样集中分布于 11~20 cm 的范围内(图 1)。川滇高山栎的个体集中分布在胸径 11~20 cm 的范围内, 在其他径级内的个体数量则明显较少。

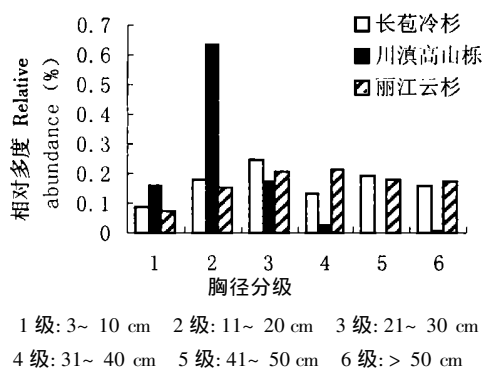


图 1 各样地树种胸径径级分布情况

Fig. 1 The DBH classes distribution of the tree species in

the 3 study sites

3.3 树种多样性

单位面积上的树种数量可以度量群落的物种结构特征。在所调查的三类不同类型的森林中, 长苞冷杉林的树种组成最丰富, 其次为川滇高山栎林, 丽江云杉林最小(表 2)。

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 值也越大。三种森林类型的 Shannon-Wiener 指数遵循下列规律: 长苞冷杉林 > 川滇高山栎林 > 丽江云杉林(表 3), 可以看出, 这种变化规律与物种丰富度指数的变化规律是一致的。这不但验证了物种丰富度和 H 的关系, 也反映出该地区的长苞冷杉林的树种比较丰富且分布均匀, 丽江云杉林则树种相对贫乏, 分布均匀度较低。

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^[10], 因此, 其倒数越大, 优势度越小, 反之亦然。比较不同森林类型的 Simpson 指数的倒数 D' 可以看出, 长苞冷杉林 > 川滇高山栎林 > 丽江云杉林(表 3)。总体来说, 三个森林类型都具有单优势树种, 但丽江云杉林中的丽江云杉的优势度最显著, 而川滇高山栎林和长苞冷杉林的 D' 值较为接近, 并且明显低于丽江云杉林。

Pielou 均匀度指数 J 反映了群落中各物种个体分布的均匀程度。如果群落内部的环境基本为均质的假设成立, 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^[13]。从测定结果来看, 虽然 J_H 值的变化规律是长苞冷杉林 = 川滇高山栎林 > 丽江云杉林(表 3), J_D 值的变化规律是川滇高山栎林 > 长苞冷杉林 > 丽江云杉林(表 3), 但是对长苞冷杉林和川滇高山栎林的 J_D 值做 t 检验^[14] 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($P = 0.802$)。因此, 这二个森林类型的 J_H 值和 J_D 值都是基本一致的。

在多样性指数中选用具有代表性的 Shannon-Wiener 多样性指数 H 值作为 t 检验的对象, 对三个森林类型的多样性指数的差异进行比较之后可以得出如下结果: 长苞冷杉林和川滇高山栎林在树种多样性的数值上很相近, 没有表现出统计学上的差异, 丽江云杉林则和前两者之间存在明显的差异(表 4)。由于长苞冷杉林和川滇高山栎林在多样性指数上具有一定的相似性, 因此可以说这三类森林的 Simpson 指数的倒数 D' 、均匀度指数 J_H 和 J_D 的变

化趋势也基本上是一致的。在本文选用的所有多样性指数中,丽江云杉林的数值均为最小,反映出丽江云杉林的群落丰富度、均匀度低于前二者,而优势度则高于前二者。

表 3 三个森林类型的树种多样性比较

Table 3 A comparison in the tree species diversity among the three forests

多样性指数 Diversity index	长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> forest	丽江云杉林 <i>Picea likiangensis</i> forest	川滇高山栎林 <i>Quercus aquifolioides</i> forest
H	1.12 ± 0.31	0.71 ± 0.24	1.11 ± 0.28
D'	2.73 ± 1.34	1.75 ± 0.46	2.58 ± 0.64
J _H	0.68 ± 0.17	0.57 ± 0.17	0.68 ± 0.16
J _D	0.70 ± 0.17	0.55 ± 0.20	0.72 ± 0.16

表 4 三个森林类型 Shannon-Wiener 多样性指数的
t 检验结果(P 值)

Table 4 t-test of Shannon-Wiener diversity index among the three forests

	长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> forest	川滇高山栎林 <i>Quercus aquifolioides</i> forest	丽江云杉林 <i>Picea likiangensis</i> forest
长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> forest	-	0.880	0.045
川滇高山栎林 <i>Quercus aquifolioides</i> forest	0.880	-	0.029
丽江云杉林 <i>Picea likiangensis</i> forest	0.045	0.029	-

: 差异显著

4 讨论

4.1 萌生能力

调查中发现川滇高山栎林的萌生现象比较普遍。关于壳斗科(Fagaceae)植物萌生能力较强的现象,在云南省的南亚热带常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林中都已经得到了证实^[15, 16]。在滇西北地区,川滇高山栎是壳斗科常绿植物的典型代表,本次调查证明其萌生能力也比丽江云杉和长苞冷杉强。研究表明,植物的萌生包括 2 种形式,一是从地下根部的萌生,这种形式在火烧迹地上较为常见^[17~19];另一种形式是树木经砍伐枯顶或倒伏后,地面上仍保留了部分根桩、枝干,这些残留体的地上部分通常

能够再次萌生生长^[20~23]。当然,在火烧强度不太大的情况下,两种方式也可能会同时存在^[24~26]。就调查情况来看,川滇高山栎林的萌生多属于第一种形式。树木萌生的比例一般是随着年龄的增长而减少^[23],何永涛等在云南省的中山湿性常绿阔叶林中也发现了这一现象^[15]。但是川滇高山栎萌生的比例要低于云南热带和亚热带地区壳斗科的某些树种^[15, 16]。这可能有四方面的原因,一是川滇高山栎的萌生能力不如热带和亚热带的壳斗科植物强。部分研究表明,在基部萌生的植物,其萌生率要低于在茎干萌生的植物^[27]。而川滇高山栎正是在基部萌生的植物,因此其萌生能力相对较弱。二是这一地区的川滇高山栎已经萌生了很长的时间,萌生比例已经下降。第三很可能就是环境的不同所致,因为川滇高山栎多生长在亚高山的多石灰石地带,生境贫瘠。并且,亚高山的气候比较寒冷,适宜的生长期要短于亚热带,因此萌生的枝干实际的生长时间很短,这也导致了萌生比例的下降。另外,人为干扰方式、强度和频度的不同,也可以直接影响植物的萌生能力。

4.2 自然林与人工林

通过与四川省西部种植了 30 a 的亚高山云杉林树种多样性^[28]的比较可以得到这样的结果,30 a 的人工云杉林乔木层的树种多样性低于原始林。人工林的 Shannon-Wiener 指数 H 为 0.45,原始林的 H 测定值为 0.71±0.24。虽然二者的海拔不是处于同一水平,但是根据 Gentry 提出的“中间高度膨胀”模式^[29],本次调查认为丽江云杉林的树种多样性最大值应出现在海拔 3 550~3 600 m 处,因此认为 3 000 m 处的原始林树种多样性数值应低于本次调查所得到的值,而 3 000 m 处的原始林的树种多样性又高于人工林^[28]。可见,已种植了 30 a 的人工云杉林仍未恢复到原始林状态。另外,即使是 20 世纪 30 年代营造的人工林,经过 70 a 左右的恢复,多样性状况仍不如原始林丰富^[30]。这其中的原因很多,我们认为主要是因为云杉林的恢复演替是一个漫长的过程,30 a 对于整个森林演替周期来说仍然处于初期阶段,要恢复到顶级状态仍需要很长的过程。

4.3 亚高山针叶林、硬叶栎类林在云南主要森林植被类型树种多样性中的地位

云南省地处亚热带向热带的过渡区域,加之青藏高原抬升的影响,使得该地区保存了丰富的森林

植被类型, 从南到北分布有热带雨林、季雨林、亚热带常绿阔叶林、西北部的寒温性针叶林(属青藏高原东南边缘类型)^[6]。近年来, 关于云南省主要森林类型的树种多样性研究已取得部分数据, 现将本次调查的结果与其进行比较, 以期确定滇西北森林在云南主要森林类型树种多样性中的地位。

从表 5 可以看出, 各个森林类型的 Shannon-Wiener 指数 H' 的数值排列顺序为: 热带雨林(热带季节雨林和山地雨林) > 亚热带常绿阔叶林(南亚热带常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林和硬叶栎类林) > 亚高山针叶林(云、冷杉林)。由于 Shannon-Wiener 指数反映的是群落物种数量及其个体配置的均匀状况, 因此, 数值大的地带在一定程度上表明该地区的物种数量及分布情况比数值小的地带更丰富和更均匀。可见, 亚高山针叶林的乔木树种多样性要明显地低于云南省的其它森林植被类型。即使是作为硬叶常绿阔叶林代表的川滇高

地带性来看, 云南省的大部分地区属于亚热带和热带^[6], 本不应该出现温带、寒温带的植被类型, 但是由于滇西北地处青藏高原东南边缘的亚高山地区, 在地质历史上受到喜马拉雅山系抬升的影响, 导致了该地区整体海拔的升高, 使其出现了亚高山植被, 从而具有了从热带植被到寒温带植被的主要类型, 这对云南省的森林植被类型和树种多样性产生了重要的影响。一方面, 亚高山针叶林、硬叶栎类林的出现极大地丰富了云南省的植被类型多样性和树种多样性, 同时也丰富了云南植被特有种的组成; 另一方面, 亚高山针叶林、硬叶栎类林的出现也使云南植被的垂直地带性得到了充分的表达。因此, 滇西北地区的亚高山针叶林在云南植被中占有十分重要的地位。但由于长期以来的过量采伐, 以云、冷杉为主的天然林逐年减少, 亚高山植被的严重退化, 加剧了长江上游的水土流失以至造成特大灾害。因此, 恢复和保护这一地区的天然林迫在眉睫。

表 5 云南省主要森林类型的树种多样性
(Shannon-Wiener 指数) 比较

Table 5 A comparison in the tree species diversity(H')
among the major forest types in Yunnan Province

森林类型 Forest type	Shannon-Wiener 多样性指数 H' index	资料来源 Reference
热带季节雨林 Tropical seasonal rain forest	3.49 ± 0.30	[8]
热带山地雨林 Tropical montane rain forest	3.27 ± 0.06	[8]
南亚热带常绿阔叶林 South subtropical evergreen broad-leaved forest	2.60 ± 0.18	[8]
中山湿性常绿阔叶林 Mid-mountain moist evergreen broad-leaved forest	2.53 ± 0.14	[15]
半湿润常绿阔叶林 Semi-moist evergreen broad-leaved forest	1.52 ± 0.35	[15]
硬叶栎类林 Sclerophyllous forest	1.11 ± 0.28	本次调查
亚高山针叶林 Subalpine coniferous forest	1.12 ± 0.31 ^① 0.71 ± 0.24 ^②	本次调查

① *Abies georgei* forest ② *Picea likiangensis* forest

山栎林的树种多样性也要低于前几种类型的森林, 这也符合植被树种多样性的一般分布规律。从纬度

5 结论

综上所述, 以长苞冷杉、丽江云杉为代表的亚高山针叶林和以川滇高山栎为代表的硬叶栎类林在云南省的天然林中占有十分重要的地位。对这三个森林类型的树种多样性指数和均匀度指数进行测度, 其结果能够在一定程度上反映滇西北地区森林植被的某些特征, 总结如下:

1. 在所调查的森林类型中: 物种丰富度、Simpson 指数的倒数、Shannon-Wiener 指数均为长苞冷杉林 > 川滇高山栎林 > 丽江云杉林; Pielou 均匀度指数的变化规律则不如前者变化明显, 但其共同点是丽江云杉林的指数值均为最低。
2. 萌生现象在川滇高山栎林中很普遍, 但是与云南省的南亚热带常绿阔叶林和中山湿性常绿阔叶林相比, 其萌生比例相对较低。这主要有四方面的原因, 一是其基部萌生的方式决定的; 二是其萌生的时间可能较长, 三是气候类型的不同引起的, 再就是干扰方式、频度和强度的不同引起的。结合其它地区的研究结果来看, 壳斗科的树种表现出相对较强的萌生能力。
3. 人工种植的亚高山针叶林需要经过很长的时间才能恢复到其原始状态。
4. 亚高山针叶林、硬叶栎类林极大地丰富了云南省的植被类型和树种多样性, 使云南省的植被垂

直地带性更加完整, 具有十分重要的地位。

致谢: 感谢迪庆州格桑花卉公司在野外工作中给予的大力支持, 潘发生老师在标本鉴定方面给予了大力帮助, 在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] Liu Qing. Ecological Research on Subalpine Coniferous Forests in China [M]. Chengdu: Sichuan University Press. 2002. [刘庆. 亚高山针叶林生态学研究 [M]. 成都: 四川大学出版社. 2002.]
- [2] The Editorial Board of The Vegetation of China. The Vegetation of China [M]. Beijing: Science Press. 1980. [中国植被编辑委员会. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社. 1980.]
- [3] Li Xi-wen, Li Jie. A Preliminary Floristic Study on the Seed Plants From the Region of Hengduan Mountain [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1993, **15**(3): 217 ~ 231. [李锡文, 李捷. 横断山脉区种子植物区系的初步研究 [J]. 云南植物研究, 1993, **15**(3): 217 ~ 231.]
- [4] Shen Ze-hao, Fang Jing-yun, Liu Zeng-li *et al.*. Patterns of Biodiversity Along the Vertical Vegetation Spectrum of the East Aspect of Gongga Mountain [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(6): 722 ~ 732. [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]. 植物生态学报, 2001, **25**(6): 722 ~ 732.]
- [5] Yu You-de, Liu Lun-hui, Zhang Jian-hua. Vegetation Regionalization of the Hengduan Mountainous Region [J]. *Mountain Research*, 1989, **7**(1): 47 ~ 55. [余有德, 刘伦辉, 张建华. 横断山区植被分区 [J]. 山地研究(现《山地学报》), 1989, **7**(1): 47 ~ 55.]
- [6] Compiling Group of the Vegetation of Yunnan. The Vegetation of Yunnan [M]. Beijing: Science Press. 1987. [云南植被编写组. 云南植被 [M]. 北京: 科学出版社. 1987.]
- [7] Lin Lu-xiang, Cao Min, Tang Yong, *et al.*. Tree Species Diversity in Abandoned Swidden Fields of Xishuangbanna, SW China [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, **26**(2): 216 ~ 222. [林露湘, 曹敏, 唐勇, 等. 西双版纳刀耕火种弃耕地树种多样性比较研究 [J]. 植物生态学报, 2002, **26**(2): 216 ~ 222.]
- [8] Cao M, Zhang J H. Tree Species Diversity of Tropical Forest Vegetation in Xishuangbanna, SW China [J]. *Biodiversity and Conservation*, 1997, **6**: 995 ~ 1006.
- [9] He Yong-tao, Cao Min, Tang Yong *et al.*. A Comparative Study on Tree Species Diversity of Evergreen Broad-leaved Forest, Central Yunnan [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, **18**(4): 322 ~ 328. [何永涛, 曹敏, 唐勇, 等. 滇中地区常绿阔叶林树种多样性比较研究 [J]. 山地学报, 2000, **18**(4): 322 ~ 328.]
- [10] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Princeton: Princeton University Press. 1988.
- [11] Ma Ke-ping, Hang, Jian-hui, Yu Shun-li *et al.*. Plant Community Diversity in Dongling Mountain, Beijing, China: II Species Richness; Evenness and Species Diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 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 II. 丰富度、均匀度和物种多样性指数 [J]. 生态学报, 1995, **15**(3): 268 ~ 277.]
- [12] Greig-Smith P. Quantitative Plant Ecology (3rd edition) [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1983.
- [13] Gao Xian-ming, Ma Ke-ping, Chen Ling-zhi. Species Diversity of Some Deciduous Broad-leaved Forests in the Warm-temperate Zone and its relations to community stability [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(3): 283 ~ 290. [高贤明, 马克平, 陈灵芝. 暖温带若干落叶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, 2001, **25**(3): 283 ~ 290.]
- [14] Li Chun-xi, Wang Zhi-he, Wang Wen-lin. Biostatistics [M]. Beijing: Science Press. 2001. [李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [15] He Yong-tao, Cao Min, Tang Yong *et al.*. A Preliminary Study on Sprouting of Canopy Trees in Middle Mountain Moist Evergreen Broad-leaved Forest of Ailao Mountain, Yunnan [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2000, **18**(6): 523 ~ 527. [何永涛, 曹敏, 唐勇, 等. 云南省哀牢山中山湿性常绿阔叶林萌生现象的初步研究 [J]. 武汉植物学研究, 2000, **18**(6): 523 ~ 527.]
- [16] Tang Yong, Feng Zhi-li, Cao Min. Forest Regeneration by Sprouting in Slash and Burn Field, Xishuangbanna [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2001, **29**(4): 64 ~ 66. [唐勇, 冯志立, 曹敏. 西双版纳刀耕火种轮歇地萌生植物的研究 [J]. 东北林业大学学报, 2001, **29**(4): 64 ~ 66.]
- [17] Malanson G P, Trabaud L. Vigour of Post-fire Resprouting by *Quercus Coccifera* L [J]. *Journal of Ecology*, 1988, **76**: 351 ~ 365.
- [18] Rouw W D. Regeneration By Sprouting in Slash and Burn Rice Cultivation, Tai Rain Forest, Côte d'Ivoire [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1993, **9**: 387 ~ 408.
- [19] Hom S P. Postfire Resprouting of *Hypericum Irazuense* in the Costa Rican P Ramos: Cerro Asuncion Revisited [J]. *Biotropica*, 1997, **29**: 529 ~ 531.
- [20] Putz F E, Brokaw N V L. Sprouting of Broken Trees on Barro Colorado Island, Panama [J]. *Ecology*, 1989, **70**: 508 ~ 512.
- [21] Bellingham P J, Tanner E V J, Healey J R. Sprouting of Trees in Jamaican Montane Forest, After a Hurricane [J]. *Journal of Ecology*, 1994, **82**: 747 ~ 758.
- [22] Negrelle R R B. Sprouting After Uprooting of Canopy Trees in the Atlantic rain Forest of Brazil [J]. *Biotropica*, 1995, **27**: 448 ~ 454.
- [23] Rijks M H, Malta E J, Zagt R J. Regeneration Through Sprout Formation in *Chlorocardium rediei* (Lauraceae) in Guyana [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 1998, **14**: 463 ~ 475.
- [24] Stocker G C. Regeneration of a North Queensland Rain Forest Following Felling and Burning [J]. *Biotropica*, 1981, **13**: 86 ~ 92.
- [25] Khan M L, Rai J P N, Tripathi R S. Regeneration and Survival of Tree Seedlings and Sprouts in Tropical Deciduous and sub-tropical

- Forest of Meghalaya, India [J]. *Forest Ecology and Management*, 1986, **14**: 293 ~ 304.
- [26] Kauffman J B. Survival by Sprouting Following Fire in Tropical Forests of the Eastern Amazon [J]. *Biotropica*, 1991, **23**: 219 ~ 224.
- [27] Hodgkinson K C. Sprouting Success of Shrubs After Fire: Height-dependent Relationships for Different Strategies [J]. *Oecologia*, 1998, **115**: 64 ~ 72.
- [28] Wu Yan, Liu Qing, Chen Qing-heng *et al.*. Quantitative Analysis of Species Diversity and Soil Factors in 30 a Subalpine Coniferous Plantations at Different Altitudes [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 7(5): 408 ~ 415. [吴彦, 刘庆, 陈庆恒, 等. 亚高山 30a 人工针叶林物种多样性的定量分析 [J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(5): 408 ~ 415.]
- [29] Gentry A H. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients [J]. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 1988, **75**: 1 ~ 34.
- [30] Wu Yan, Liu Qing, Qiao Yong-kang *et al.*. Species Diversity Changes in Subalpine Coniferous Forests of Different Restoration Stages and Their Effects on Soil Properties [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(6): 648 ~ 655. [吴彦, 刘庆, 乔永康, 等. 亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性变化及其对土壤理化性质的影响 [J]. 植物生态学报, 2001, **25**(6): 648 ~ 655.]

Diversity of Tree Species of Subalpine Coniferous Forests and *Quercus* Sclerophyllous Forests in Northwest Yunnan

YU Yang, CAO Min, LIU Wen-sheng

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences,
88 Xuefu Road, Kunming 650223, China)

Abstract: The tree species diversity values of three primary forest types (*Abies georgei* forest, *Picea likiangensis* forest and *Quercus aquifolioides* forest) were measured using Shannon-Wiener index (H'), the reciprocal of Simpson index (D'), Pielou evenness index (J_H , J_D) in Shangrila, Yunnan Province, China. All the four indices of the forest types were ranked as: *Abies georgei* forest > *Quercus aquifolioides* forest > *Picea likiangensis* forest, although the former two did not show significant difference in terms of Pielou evenness index. The *Quercus* forest in the Northwest of Yunnan Province showed a strong sprouting ability. The species diversity of 30-year-old man-made forests in the Western Sichuan Province was still lower than that of primary forests, indicating a longer process in forest recovery. The occurrence of the subalpine coniferous forest enriches the tree species diversity and forest vegetation types of Yunnan Province.

Key words: Subalpine coniferous forest; *Quercus* sclerophyllous forest; Tree species diversity; Northwest Yunnan Province