



# 云南新平铁坚油杉森林群落结构特征

钊会艳<sup>1,2</sup> 贾东瑞<sup>1</sup> 浦江<sup>1,2</sup> 张翠萍<sup>2</sup> 李淑英<sup>2</sup> 周元清<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>云南大学生态与环境学院, 昆明 650500; <sup>2</sup>玉溪师范学院污染控制与生态修复研究中心, 云南玉溪 653100

**摘要** 摸清珍稀濒危抗旱植物铁坚油杉(*Keteleeria davidiana*)的种群数量及其分布情况, 能够为珍稀濒危物种保护工作提供基础数据。该文对云南省新平县6个乡镇铁坚油杉群落进行样方调查分析, 每个乡镇设置3个样方, 样方面积为20 m × 20 m, 记录样方生境信息、统计群落物种组成及其数量特征, 对群落类型及其结构特征进行了统计和分析。主要结果: (1)在调查样地内, 共有维管束植物163种, 隶属于58科131属; (2)植物群落区系分布类型有12种, 以热带成分和中国特有种为主, 热带成分占优势; (3)群落内乔木和灌木植物最多, 占62.58%, 其次是多年生草本植物; (4)按照建群种和生活型, 可将18组植被样方数据划分为3个群系17个群落类型; (5)年龄结构不合理, 铁坚油杉种群结构呈衰退趋势, 自然居群已成为小种群。如果铁坚油杉群落没有足够的幼苗进行更新和补充, 铁坚油杉将退出当前的群落。

**关键词** 铁坚油杉; 物种多样性; 群落特征

钊会艳, 贾东瑞, 浦江, 张翠萍, 李淑英, 周元清 (2021). 云南新平铁坚油杉森林群落结构特征. 植物生态学报, 45, 207-212. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0196

## Structural characteristics of *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan

CHUAN Hui-Yan<sup>1,2</sup>, JIA Dong-Rui<sup>1</sup>, PU Jiang<sup>1,2</sup>, ZHANG Cui-Ping<sup>2</sup>, LI Shu-Ying<sup>2</sup>, and ZHOU Yuan-Qing<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Ecology and Environmental Sciences, Yunnan University, Kunming 650500, China; and <sup>2</sup>Research Center for Pollution Control and Ecological Restoration, Yuxi Normal University, Yuxi, Yunnan 653100, China

### Abstract

**Aims** Understanding the population quantity and distribution of a drought-resistant plant, *Keteleeria davidiana*, can assist the protection of this rare and endangered species.

**Methods** The *K. davidiana* forest communities were investigated in dry land of 6 townships in Xinping County, Yunnan Province, in three 20 m × 20 m plots for each township, and analyzed for structural characteristics in consideration of species composition and life-forms.

**Important findings** We found 163 vascular plants belonging to 131 genera and 58 families in the plots with a total area of 7 200 m<sup>2</sup>. The communities are classified into 12 zonal types containing predominantly tropical and endemic species to China, dominated by the tropical components. Trees and shrubs (accounted for 62.58%) are dominant life-forms, followed by perennial herb. Based on the foundation species and life-form, the data of 18 vegetation plots were classified into 3 formations and 17 community types. The analysis of stumpage structure showed that the population structure of *K. davidiana* tended to recess, and the natural populations are small. If lacks sufficient regeneration seedlings, the *K. davidiana* trees would decline and diminish from the communities.

**Key words** *Keteleeria davidiana*; species diversity; community characteristics

Chuan HY, Jia DR, Pu J, Zhang CP, Li SY, Zhou YQ (2021). Structural characteristics of *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 45, 207-212. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0196

铁坚油杉(*Keteleeria davidiana*)隶属松科油杉属, 为我国特有的孑遗植物, 散生区域为甘肃、四川、贵州、云南等地, 由于各种原因, 云南新平县铁坚油杉的研究以其异名旱地油杉(*K. xerophila*)发表(薛纪如和火树华, 1981; 王崇云等, 2012; 牟凤娟等,

2016a, 2016b), 铁坚油杉适应环境能力较强, 在长期适应干热河谷的特殊气候和土壤条件过程中, 新平地区的铁坚油杉进化为干热河谷的乡土树种。该区域铁坚油杉分布范围极为狭窄, 且数量较为稀少, 仅发现于哀牢山以东的云南元江上游干热河谷局部

收稿日期Received: 2020-06-18 接受日期Accepted: 2020-09-23

基金项目: 国家自然科学基金(31960263)。Supported by the National Natural Science Foundation of China (31960263)。

\* 通信作者Corresponding author (yqzhou@yxnu.edu.cn)

区域, 海拔912–1 320 m, 由于生境破坏和资源过度利用, 加之铁坚油杉种群的自然更新能力低下, 铁坚油杉已成为濒危植物(傅立国, 1992; Ma *et al.*, 2013)。其材质坚硬耐腐, 优于松材, 为亚热带干热河谷造林中的优良树种, 具有重要的科研和保护价值。随着全球干旱化区域的扩大及强度的增加, 珍稀濒危抗旱植物种质资源种群结构与分布特征的相关研究亟待开展。

目前, 该地区铁坚油杉的研究主要集中在种子形态特征、生理生化指标等方面(牟凤娟等, 2016a, 2016b), 而对其森林群落结构的研究尚未见报道。本研究野外实地开展铁坚油杉种群结构调查和分布格局分析, 探究云南省新平县含铁坚油杉的森林群落结构及其分布情况, 旨在为铁坚油杉种质资源保护与利用提供重要的理论依据和数据支撑, 对于干热河谷地区濒危植物生态环境的保护具有重要意义。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

新平县(23.64°–24.43° N, 101.28°–102.28° E)位于云南省中部偏西南, 地势西北高、东南低, 属典型的山地高原类型。全县总面积4 223 km<sup>2</sup>, 其中山区面积4 139.6 km<sup>2</sup>; 最高海拔3 119 m, 最低海拔418 m, 具有河谷高温区、半山暖温区、高山寒温区3种气候类型, 孕育着温性针叶林、常绿阔叶林、灌丛等10个植被类型(刘佩云和夏泽源, 2012)。10月至翌年6月为旱季, 雨量稀少, 天气干热, 高温常达34℃左右, 年平均气温24℃, 年降水量800 mm左右, 年日照时间2 611.8 h。铁坚油杉主要散生于干热河谷两侧草坡灌丛间, 与其伴生者有锥连栎(*Quercus franchetii*)、云南松(*Pinus yunnanensis*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)等。

### 1.2 样地设置

于2016年5月开展野外调查, 经实地勘察与走访, 在铁坚油杉分布相对集中的云南省新平县境内的戛洒镇、老厂乡、者竜乡、漠沙镇、水塘镇和新化乡6个乡镇, 各设置3个20 m × 20 m的乔木和灌丛样方, 在各乔木样方内设置5个1 m × 1 m的草本样方进行调查(图1)。调查时记录样方内乔木层(树高( $H$ ) ≥ 3 m)的物种名、株数、树高、胸径、冠幅、地理坐标等生境指标, 记录灌木层和草本层的物种名、株数、高度、盖度、地理坐标等生境指标, 18

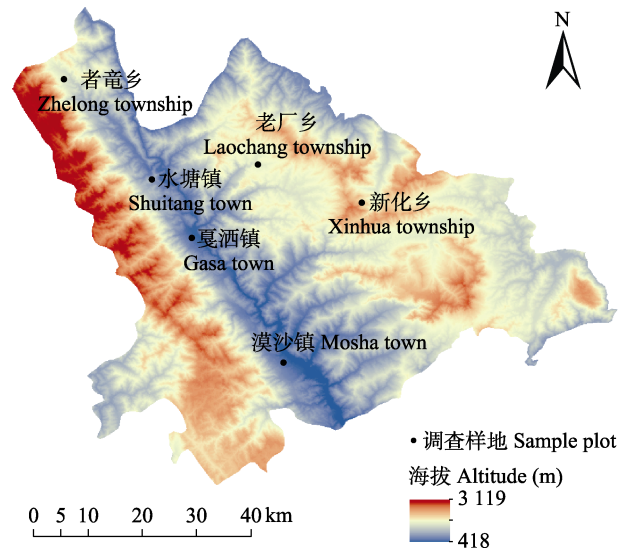


图1 云南新平铁坚油杉森林群落调查样地分布示意图。

Fig. 1 Diagrams of sample plot distribution of *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan.

个样方的详细生境信息和调查数据见附录。

### 1.3 数据分析

将所统计物种的中文名和拉丁名逐一与《Flora of China》(中国科学院中国植物志编辑委员会, 2019) (<http://www.iplant.cn/foc>)进行核对并记录其分布区域, 采用最新修订的中文名和拉丁名。统计样地内所有维管束植物的科、属、种, 根据《中国种子植物属分布区类型》(吴征镒, 1991)、《中国种子植物区系类型统计分析》(李锡文, 1996)和《滇川干热河谷与干暖河谷植物区系特征》(金振洲, 2002)划分种的区系类型。根据Raunkiaer生活型系统(Raunkiaer, 1934)分析铁坚油杉的生活型谱。采用胸径等级代替年龄结构统计立木年龄结构(蔡飞, 2000), 设立5个立木级: I级幼苗 $H < 33$  cm; II级幼苗 $H \geq 33$  cm, 胸径( $DBH$ )  $< 2.5$  cm; III级幼树 $2.5 \text{ cm} \leq DBH < 7.5$  cm; IV级中树 $7.5 \text{ cm} \leq DBH < 22.5$  cm; V级大树 $DBH \geq 22.5$  cm。

## 2 结果和分析

### 2.1 铁坚油杉群落物种组成

新平县18个铁坚油杉样地内共有高等植物163个种, 隶属于58科131属, 其中蕨类植物有5科5属6种, 分别占铁坚油杉群落总体科、属、种水平的8.62%、3.82%、3.68%, 裸子植物相对贫乏, 仅有1科2属2种, 分别占群落总体科、属、种水平的1.72%、1.53%、1.23%, 被子植物较多, 有52科124属155种,

分别占群落总体科、属、种水平的89.65%、94.66%、95.10% (表1)。含4种植物以上的有12科, 种数较多的科有菊科(16种)、禾本科(15种)、壳斗科(14种)、豆科(11种)等, 含1–3种植物的有46个科, 如木犀科(3种)、蔷薇科(3种)、桃金娘科(3种)等。该群落中分布最多的是乔木和灌木, 共102种, 占总种数62.58%; 多年生草本次之, 占23.31%; 藤本植物和一年生草本较少, 分别占6.13%和7.98% (表1)。乔木和灌木是该群落的主要组成部分, 其次是多年生草本植物。

2.2 群落区系分析

将铁坚油杉群落的163个种划分为12个分布区类型(表2), 世界广布种9个, 所占比例为5.52%, 2–7区型属热带分布型, 共有99种植物, 合占60.74%, 热带亚洲成分占显著优势, 共有80种, 占49.08%, 调查区域位于元江上游干热河谷两侧, 因此该区域有大量适应旱生环境的物种, 植物区系特征表现出明显的热带性质; 其次是中国特有种32种, 占19.64%, 有27个为热带种, 占16.56%, 由于干热河谷长期以来特殊的生态环境, 使其成为中国特有种

集中分布地之一, 按分布地区将中国特有种分为滇川区干热河谷特有种和中国其他地区特有种, 滇川区干热河谷特有种有5种, 中国其他地区特有种有27种。地中海区、西亚至中亚分布类型为9种, 占5.52%; 温带分布型较少, 有2种, 占1.22%。依据金振洲(2002)有关干热河谷的植物区系标志种划分等级, 有18个标志种, 分为3个等级, 一级标志种为元江干热河谷特有种, 有1种, 即铁坚油杉; 二级标志种为滇川区特有或少数生态种, 有5种, 分别为锥连栎、白头树(*Garuga forrestii*)、滇黔黄檀(*Dalbergia yunnanensis*)、厚皮树(*Lannea coromandelica*)、深紫木蓝(*Indigofera atropurpurea*); 三级标志种为河谷生态标志种, 有12种, 分别为毛叶黄杞(*Engelhardia spicata* var. *colebrookeana*)、余甘子、栎叶枇杷(*Eriobotrya prinoidea*)、芸香草(*Cymbopogon distans*)、沙 针 (*Osyris quadripartita*)、刺 天 茄 (*Solanum violaceum*)、白背枫(*Buddleja asiatica*)、藤状火把花(*Colquhounia seguinii*)、假杜鹃(*Barleria cristata*)、虾子花(*Woodfordia fruticosa*)、山 芝 麻 (*Helicteres angustifolia*)、粘毛山芝麻(*Helicteres viscida*)。

表1 云南新平铁坚油杉森林群落物种组成及生活型  
 Table 1 Species composition and life-forms in *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan

类别 Category	物种组成(比例) Species composition (percentage, %)			各生活型数量(比例) No. of life-forms (percentage, %)				
	科 Family	属 Genus	种 Species	乔木 Tree	灌木 Shrub	藤本 Vine	一年生草本 Annual herb	多年生草本 Perennial herb
蕨类 Pteridophytes	5 (8.62)	5 (3.82)	6 (3.68)	—	—	—	—	6 (3.68)
裸子植物 Gymnosperms	1 (1.73)	2 (1.52)	2 (1.22)	2 (1.23)	—	—	—	—
被子植物 Angiosperms	52 (89.65)	124 (94.66)	155 (95.10)	63 (38.65)	37 (22.70)	10 (6.13)	13 (7.98)	32 (19.63)
单子叶植物 Monocotyledons	6 (10.34)	20 (15.27)	22 (13.50)	1 (0.61)	—	1 (0.61)	5 (3.07)	15 (9.20)
双子叶植物 Dicotyledons	46 (79.31)	104 (79.39)	133 (81.60)	62 (38.04)	37 (22.70)	9 (5.52)	8 (4.91)	17 (10.43)
合计 Total	58	131	163	65 (39.88)	37 (22.70)	10 (6.13)	13 (7.98)	38 (23.31)

表2 云南新平铁坚油杉森林群落的种分布区类型组成  
 Table 2 Composition of zonal types of species in *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan

种分布区类型 Zonal types of species	种数 No. of Species	比例 Percentage (%)
世界广布 Cosmopolitan	9	5.52
泛热带 Pantropic	3	1.84
东亚(热带和亚热带)及热带南美间断 East Asia (Tropical and Subtropical) and Tropical South America disjuncted	5	3.07
旧世界热带 Old World Tropics	2	1.23
热带亚洲至热带大洋洲 Tropical Asia to Tropical Australasia Oceania	5	3.07
热带亚洲至非洲 Tropical Asia to Tropical Africa	4	2.45
热带亚洲 Tropical Asia	80	49.08
北温带 North Temperate	1	0.61
旧世界温带 Old World Temperate	1	0.61
地中海区、西亚至中亚 Mediterranean area, West Asia to Central Asia	9	5.52
东亚(东喜马拉雅至日本) East Asia (East Himalaya to Japan)	12	7.36
中国特有 Endemic to China	32	19.64

### 2.3 种群径级结构

根据立木级制年龄结构图(图2), 群落中共有铁坚油杉103株, 其中I级幼苗1株, 占总株数的0.97%, II级幼树2株, 占总株数的1.94%, III级小树8株, 占总株数的7.77%, IV级立木35株, 占总株数的33.98%, V级大树57株, 占总株数的55.34%。铁坚油杉种群的径级结构表明现存种群幼年个体和更新的幼苗数量较少, 中年和成年个体较多, V级大树最多, 种群年龄结构不完整, 总体处于衰退趋势。

18个调查样方中有13个样方的铁坚油杉在乔木层占优势地位, 说明其能较好地适应当地的干热河谷气候, 但在野外调查过程中, 仅在漠沙镇的样方3内发现1株高30 cm的铁坚油杉幼苗和1株40 cm的幼树, 在新化乡的样方3内发现1株高120 cm的幼树, 其余统计到的铁坚油杉均为中年个体和成年大树, 说明现存种群幼苗和幼树较少, 铁坚油杉年龄结构不完整, 加上种内天然更新能力弱, 种群总体处于衰退趋势。此外, 群落内的破坏草(*Ageratina adenophora*)、飞机草(*Chromolaena odorata*)等为外来入侵物种, 对铁坚油杉群落发展不利; 近年来铁坚油杉生境内年被开荒种植甘蔗(*Saccharum officinarum*)、龙竹(*Dendrocalamus giganteus*)等经济作物, 出土后的幼苗面临人为铲除和杂草竞争双重限制, 阻碍了种群幼苗的更新。

### 2.4 群系分析

参照《<中国植被志>研编内容与规范》有关植被分类原则和群落命名原则(王国宏等, 2020), 依据

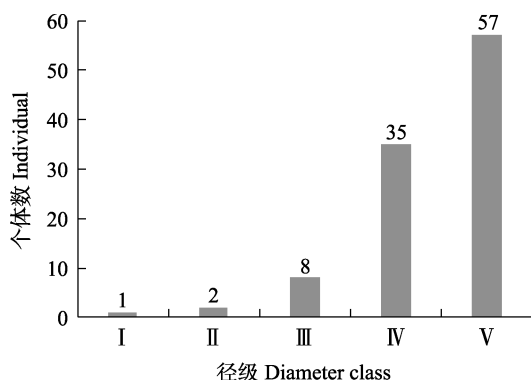


图2 铁坚油杉种群径级结构。I, 高度( $H$ ) < 33 cm; II,  $H \geq 33$  cm, 胸径(DBH) < 2.5 cm; III,  $2.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5 \text{ cm}$ ; IV,  $7.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 22.5 \text{ cm}$ ; V,  $\text{DBH} \geq 22.5 \text{ cm}$ 。

Fig. 2 Class structures of diameter at breast height (DBH) in *Keteleeria davidiana* populations. I, height ( $H$ ) < 33 cm; II,  $H \geq 33$  cm, DBH < 2.5 cm; III,  $2.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5 \text{ cm}$ ; IV,  $7.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 22.5 \text{ cm}$ ; V,  $\text{DBH} \geq 22.5 \text{ cm}$ 。

群落建群种, 并结合其生活型, 进行群系的命名。群系名称由群落建群种的植物名称(包括中文名和拉丁名)加限定词组成, 中文名称的限定词用简称, 限定词与植物名称之间不加空格, 英文名称的限定词用“*Alliance*”, 限定词与拉丁名之间留1个半角空格。因本文样方数据薄弱, 未作群丛的分类及命名, 为更好地描述铁坚油杉种群在各个样地的分布情况和生境信息, 群系之下采用群落进行命名。命名原则为乔木层优势种-灌木层优势种-草本层优势种。18个样地植被划分为3个群系17个群落(表3), 各群落的经纬度、海拔、坡向、盖度等基本信息详见附录, 铁坚油杉生境内植被覆盖率较低, 土壤较干, 多为砂石土。

铁坚油杉林记录到13个群落类型, 共有铁坚油杉83棵, 包括1株幼树, 82株成树, 成树平均树高为10.8 m, 平均胸径为21 cm。与铁坚油杉伴生的主要乔木为余甘子、水锦树(*Wendlandia uvariifolia*)、锥连栎等, 灌木为绒毛叶栎子梢(*Campylotropis pinetorum* subsp. *velutina*)、巴豆藤(*Craspedolobium unijugum*)、五月茶(*Antidesma bunius*)等, 草本层物主要物种为芸香草、荩草(*Arthraxon hispidus*)、石芒草(*Arundinella nepalensis*)等。铁坚油杉-绒毛叶栎子梢-刚莠竹(*Keteleeria davidiana* - *Campylotropis pinetorum* subsp. *Velutina* - *Microstegium ciliatum*)群落、铁坚油杉-巴豆藤-荩草(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Arthraxon hispidus*)群落、铁坚油杉-巴豆藤-浆果薹草(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Carex baccans*)群落位于龙竹栽种地附近, 出土的铁坚油杉幼苗有被根除的危险, 铁坚油杉-巴豆藤-石芒草(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Arundinella nepalensis*)群落、铁坚油杉-高山锥-石芒草(*Keteleeria davidiana* - *Castanopsis delavayi* - *Arundinella nepalensis*)群落附近为甘蔗栽种地, 受人为干扰强烈, 铁坚油杉-羊耳菊-假杜鹃(*Keteleeria davidiana* - *Duhaldea cappa* - *Barleria cristata*)群落、铁坚油杉-斜叶黄檀-芸香草(*Keteleeria davidiana* - *Dalbergia pinnata* - *Cymbopogon distans*)群落、铁坚油杉-五月茶-孩儿草(*Keteleeria davidiana* - *Antidesma bunius* - *Rungia pectinata*)群落、铁坚油杉-巴豆藤-山菅(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Dianella ensifolia*)群落附近被开垦成农田, 每年的

表3 云南新平铁坚油杉森林群系分类  
Table 3 Classification of Alliance of *Keteleeria davidiana* forest in Xinping, Yunnan

群系 Alliance	群落 Community	样地编号 Plot number	种数 Species number
铁坚油杉林 <i>Keteleeria davidiana</i> Forest Alliance	铁坚油杉-绒毛叶栂子梢-刚莠竹	G2	37
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Campylotropis pinetorum</i> subsp. <i>Velutina</i> - <i>Microstegium ciliatum</i>		
	铁坚油杉-巴豆藤-荩草	S1, L1	42, 52
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Arthraxon hispidus</i>		
	铁坚油杉-羊耳菊-假杜鹃	L2	23
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Duhaldea cappa</i> - <i>Barleria cristata</i>		
	铁坚油杉-斜叶黄檀-芸香草	L3	33
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Dalbergia pinnata</i> - <i>Cymbopogon distans</i>		
	铁坚油杉-巴豆藤-柳叶箬	Z1	39
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Isachne globosa</i>		
	铁坚油杉-巴豆藤-刚莠竹	Z2	41
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Microstegium ciliatum</i>		
	铁坚油杉-巴豆藤-石芒草	M1	28
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Arundinella nepalensis</i>		
云南松林 <i>Pinus yunnanensis</i> Forest Alliance	铁坚油杉-浆果藁草	M2	39
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Carex baccans</i>		
	铁坚油杉-五月茶-孩儿草	S2	55
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Antidesma bunius</i> - <i>Rungia pectinata</i>		
麻栎林 <i>Quercus acutissima</i> Forest Alliance	铁坚油杉-巴豆藤-山萇	S3	44
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Craspedolobium unijugum</i> - <i>Dianella ensifolia</i>		
	铁坚油杉-泡腺血桐-浆果藁草	X1	40
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Macaranga pustulata</i> - <i>Carex baccans</i>		
	铁坚油杉-锥连栎-柳叶箬	X2	24
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Quercus franchetii</i> - <i>Isachne globosa</i>		
	铁坚油杉-高山锥-石芒草	X3	31
	<i>Keteleeria davidiana</i> - <i>Castanopsis delavayi</i> - <i>Arundinella nepalensis</i>		
	云南松-锥连栎-石芒草	G3	21
	<i>Pinus yunnanensis</i> - <i>Quercus franchetii</i> - <i>Arundinella nepalensis</i>		
	云南松-盐肤木-破坏草	Z3	45
	<i>Pinus yunnanensis</i> - <i>Rhus chinensis</i> - <i>Ageratina adenophora</i>		
	云南松-黄毛青冈-荩草	M3	40
	<i>Pinus yunnanensis</i> - <i>Cyclobalanopsis delavayi</i> - <i>Arthraxon hispidus</i>		
	麻栎-水锦树-黄茅	G1	18
	<i>Quercus acutissima</i> - <i>Wendlandia uvariifolia</i> - <i>Heteropogon contortus</i>		

G、L、Z、M、S、X为调查样地戛洒镇、老厂乡、者竜乡、漠沙镇、水塘镇、新化乡的编号。  
G, L, Z, M, S, and X are the codes for Gasa town, Laochang township, Zhelong township, Mosha town, Shuitang town, Xinhua township sample plots, respectively.

作物种植影响了铁坚油杉的发展, 铁坚油杉-巴豆藤-柳叶箬(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Isachne globosa*)群落、铁坚油杉-巴豆藤-刚莠竹(*Keteleeria davidiana* - *Craspedolobium unijugum* - *Microstegium ciliatum*)群落位于农户私有山内, 有人为砍伐林木痕迹, 铁坚油杉-泡腺血桐-浆果藁草(*Keteleeria davidiana* - *Macaranga pustulata* - *Carex baccans*)群落、铁坚油杉-锥连栎-柳叶箬(*Keteleeria davidiana* - *Quercus franchetii* - *Isachne globosa*)群落附近为铜铁矿开采区, 群落生境遭到严重破坏。

云南松林记录到3个群落类型, 共有铁坚油杉17株, 包括1株幼苗, 1株幼树, 15株成树, 成树平均树高为8.6 m, 平均胸径为13 cm。与铁坚油杉伴生的主要乔木为云南松、麻栎(*Quercus acutissima*)、锥连栎等, 灌木为锥连栎、黄毛青冈(*Cyclobalanopsis delavayi*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)等; 草本层主要物种为石芒草、荩草、破坏草等。云南松-锥连栎-石芒草(*Pinus yunnanensis* - *Quercus franchetii* - *Arundinella nepalensis*)群落位于乡村道路附近, 阻碍了铁坚油杉种群的扩散, 云南松-盐肤木-破坏草(*Pinus yunnanensis* - *Rhus chinensis* - *Ageratina*

*adenophora*)群落位于山地旱地附近, 云南松-黄毛青冈-荩草(*Pinus yunnanensis* - *Cyclobalanopsis delavayi* - *Arthraxon hispidus*)群落位于人工龙竹林附近, 云南松树型高大, 多为6 m以上, 在空间上与铁坚油杉形成竞争关系。

麻栎林记录到1个群落类型, 共有铁坚油杉2棵, 全部为成树, 平均树高为5 m, 平均胸径为9.7 cm。麻栎耐阴性比铁坚油杉强, 郁闭的环境不利于铁坚油杉种子的发芽, 与铁坚油杉伴生的主要乔木为麻栎、云南松、茶梨(*Anneslea fragrans*)等; 灌木为水锦树、余甘子、麻栎等; 草本层主要物种为石芒草、黄茅(*Heteropogon contortus*)、荩草等。麻栎-水锦树-黄茅(*Quercus acutissima* - *Wendlandia uvariifolia* - *Heteropogon contortus*)群落位于乡村道路附近。

2.5 铁坚油杉保护对策

受自身的生物学特性及遗传特性(种子产量低、发育不良)影响(牟凤娟等, 2013), 铁坚油杉种群自然更新困难, 个体数量稀少, 分布范围狭窄, 缺乏有效的拓殖途径。鉴于铁坚油杉的致濒因素, 建议实施以下保护对策: (1)建议对铁坚油杉所在地进行适度的干扰, 如可以在成年树周围进行凋落物、灌木和草本的去除, 以保证铁坚油杉种子能顺利接触



土壤层和光照,促进种子的萌发和幼苗的更新,扩大幼树、小树的林窗面积,促进其生长发育。(2)加强铁坚油杉种群的管护和动态监测,必要时开展铁坚油杉的种群恢复与回归自然实验研究,通过人工繁殖幼苗提高铁坚油杉的繁殖系数,解决铁坚油杉种群拓殖困难的问题。(3)充分利用网络和当地少数民族特殊节日,重视濒危植物保护的宣传工作,构建全方位多系统的宣传教育体系,增强人们的整体认知水平。

**致谢** 中国科学院西双版纳热带植物园杨国平老师对本次调查的植物进行分类和鉴定,哀牢山国家级自然保护区新平管护局对本研究给予大力支持,在此一并感谢!

## 参考文献

- Cai F (2000). A study on the structure and dynamics of *Cyclobalanopsis glauca* population at hills around West Lake in Hangzhou. *Scientia Silvae Sinicae*, 36(3), 67-72. [蔡飞 (2000). 杭州西湖山区青冈种群结构和动态的研究. 林业科学, 36(3), 67-72.]
- Fu LG (1992). *China Plant Red Data Book—Rare and Endangered Plants* Volume 1. Science Press, Beijing. [傅立国 (1992). 中国植物红皮书稀有植物第1册. 科学出版社, 北京.]
- Jin ZZ (2002). *Floristic Features of Dry-Hot and Dry-Warm Valleys, Yunnan and Sichuan*. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. [金振洲 (2002). 滇川干热河谷与干暖河谷植物区系特征. 云南科技出版社, 昆明.]
- Li XW (1996). Floristic statistics and analyses of seed plants from China. *Acta Botanica Yunnanica*, 18, 363-384. [李锡文 (1996). 中国种子植物区系统计分析. 云南植物研究, 18, 363-384.]
- Liu PY, Xia ZY (2012). China fir introduction and plantation in Xinping County. *Forest Inventory and Planning*, 37(3), 84-88. [刘佩云, 夏泽源 (2012). 新平县杉木引种造林研究. 林业调查规划, 37(3), 84-88.]
- Ma Y, Chen G, Edward Grumbine R, Dao Z, Sun W, Guo H (2013). Conserving plant species with extremely small populations (PSESP) in China. *Biodiversity and Conservation*, 22, 803-809.
- Mou FJ, Chen LP, Li JP, Li YG (2016a). The dynamics of physiological and biochemical indexes of *Keteleeria xerophila* under drought stress. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 30, 180-184. [牟凤娟, 陈丽萍, 李军萍, 李一果 (2016a). 干旱胁迫下旱地油杉生理生化指标动态变化. 干旱区资源与环境, 30, 180-184.]
- Mou FJ, Dai XF, Ma SZ, Deng CX (2013). Primary study on the endangered mechanism of the rare plant *Keteleeria evelyniana* var. *pendula*. *Bulletin of Botanical Research*, 33, 214-219. [牟凤娟, 戴兴芬, 马士祝, 邓长仙 (2013). 珍稀植物蕤衣油杉濒危机制的初步研究. 植物研究, 33, 214-219.]
- Mou FJ, Duan SZ, Zi XS, Li YG (2016b). Studies on the morphological and dispersing characters of the seeds of *Keteleeria xerophila*. *Journal of Southwest Forestry University*, 36, 29-33. [牟凤娟, 段胜芝, 字雪松, 李一果 (2016b). 旱地油杉种子形态及散布特征研究. 西南林业大学学报, 36, 29-33.]
- Raunkiaer C (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, New York.
- The Editorial Committee of Flora Reipublicae Popularis Sinicae, Chinese Academy of Sciences (2019). *Flora of China*. [2020-06-18]. <http://www.iplant.cn/foc>. [中国科学院中国植物志编辑委员会 (2019). 中国植物志. [2020-06-18]. <http://www.iplant.cn/foc>.]
- Wang CY, Ma SB, Lü J, Dang CL (2012). Ecological and geographical distribution of *Keteleeria* and its systematic evolution in China. *Guihaia*, 32, 612-616. [王崇云, 马绍宾, 吕军, 党承林 (2012). 中国油杉属植物的生态地理分布与系统演化. 广西植物, 32, 612-616.]
- Wang GH, Fang JY, Guo K, Xie ZQ, Tang ZY, Shen ZH, Wang RQ, Wang XP, Wang DL, Qiang S, Yu D, Peng SL, Da LJ, Liu Q, Liang CZ (2020). Contents and protocols for the classification and description of Vegetation Formations, Alliances and Associations of vegetation of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 128-178. [王国宏, 方精云, 郭柯, 谢宗强, 唐志尧, 沈泽昊, 王仁卿, 王襄平, 王德利, 强胜, 于丹, 彭少麟, 达良俊, 刘庆, 梁存柱 (2020). 《中国植被志》研编内容与规范. 植物生态学报, 44, 128-178.]
- Wu ZY (1991). The areal-types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica*, S4, 1-139. [吴征镒 (1991). 中国种子植物属的分布区类型. 云南植物研究, S4, 1-139.]
- Xue JR, Huo SH (1981). A new species of *Keteleeria* from China—*Kxerophila*. *Acta Botanica Yunnanica*, 3, 249-250. [薛纪如, 火树华 (1981). 我国油杉一新种旱地油杉. 云南植物研究, 3, 249-250.]

责任编辑: 王国宏 编辑: 赵航

附录 云南新平铁坚油杉森林群落样方数据

**Supplement Plot data of *Keteleeria davidiana* forest communities in Xinping, Yunnan**

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2020.0196-D1.xlsx>

[www.plant-ecology.com](http://www.plant-ecology.com)