



# 三江源地区刺柏属植物群落类型特征

朱 琴<sup>1</sup> 宁 盼<sup>1</sup> 侯 琳<sup>1\*</sup> 郝家田<sup>2</sup> 胡云云<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; <sup>2</sup>国家林业和草原局西北调查规划院, 西安 710048

**摘 要** 三江源地区位于青藏高原的腹地, 是典型的生态脆弱区, 刺柏属(*Juniperus*)植物群落是该地区天然林资源的重要组成部分, 在维持生物多样性与水生态安全方面发挥着重要作用。该研究调查了刺柏属植物群落的主要植被类型, 通过对53个样地的样方数据分析, 量化描述了其各个群落类型的主要特征。结果表明: (1)根据生活型和优势度原则, 该区刺柏属植物群落可划分为祁连圆柏(*J. przewalskii*)林、大果圆柏(*J. tibetica*)林、密枝圆柏(*J. convallium*)林、塔枝圆柏(*J. komarovii*)林、大果圆柏灌丛和密枝圆柏灌丛, 进一步分为15个群丛。(2)调查所得维管植物共有142种, 隶属34科90属, 其中菊科种数最多, 占总种数的16.20%。(3)群落垂直结构明显, 其中乔木层优势种单一, 灌木层优势种主要有鲜黄小檗(*Berberis diaphana*)、银露梅(*Potentilla glabra*)及灌木状的大果圆柏, 草本层以薹草属(*Carex*)和马先蒿属(*Pedicularis*)占优势。(4)该区种子植物的地理成分中, 温带成分占总种数的52.59%, 温带亚洲分布、东亚分布和中亚分布等为本区分布占比较大的分布区类型; 中国特有种占47.41%; 区系成分呈现横断山植物区系和唐古特植物区系成分互相交融的特点。

**关键词** 植物群落类型; 刺柏属; 三江源地区; 分布区类型; 物种组成

朱琴, 宁盼, 侯琳, 郝家田, 胡云云 (2022). 三江源地区刺柏属植物群落类型特征. 植物生态学报, 46, 114-122. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0223

## Characteristics of *Juniperus* community types in the Three-River-Source Region

ZHU Qin<sup>1</sup>, NING Pan<sup>1</sup>, HOU Lin<sup>1\*</sup>, HAO Jia-Tian<sup>2</sup>, and HU Yun-Yun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; and <sup>2</sup>Northwest Surveying and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Xi'an 710048, China

### Abstract

**Aims** *Juniperus* community is an important component of natural forest resources in the Three-River-Source Region, which is significant in maintaining biodiversity and ecological security on the Qingzang Plateau. Yet, the information on the characteristics of the *Juniperus* community is lacking due to their special geographical location and varied topography. In this study, the main vegetation types of *Juniperus* community were investigated, and the main characteristics of each community type were described quantitatively by analyzing data from 53 plots.

**Methods** Based on the analysis of forest resources inventory data in the Three-River-Source Region, the representative distribution area of *Juniperus* was selected to set up 7 sites, a total of 53 plots. Through the investigation of field communities and plot properties, the importance of each species was quantified and calculated. The principle of life form and dominance methods in *Vegetation of China* were used to determine community types.

**Important findings** (1) The *Juniperus* plant community in the Three-River-Source Region was divided into 6 alliances, and then further divided into 15 associations. (2) In total, 142 species of seed plants were recorded, which was belonged to 34 families and 90 genera. Among them, Compositae was the major family, accounting for 16.20% of the total species. (3) The vertical structure of the community was obvious, in which the dominant species in the tree layer was single. The dominant species in the shrub layer were *Berberis diaphana*, *Potentilla glabra* and shrubby *Juniperus tibetica*. The herb layer were dominated by *Carex* and *Pedicularis*. (4) Among the geographical elements of seed plant species, the Temperate distribution accounted for 52.59% of the total species, while the rest was Chinese endemic species accounting for 47.41%. Temperate Asian, East Asian and Central Asian were the dominated areal-types in the Temperate distribution. Furthermore, the floristic elements of Hengduanshan flora and Tanggut flora were mixed formed the unique characteristic areal-type in the region.

收稿日期Received: 2021-06-11 接受日期Accepted: 2021-09-28

基金项目: 青海省天然林保护工程专项(K4030218362)。Supported by the Special Project of Natural Forest Protection Program in Qinghai (K4030218362).

\* 通信作者Corresponding author (houlin\_1969@nwsuaf.edu.cn)

**Key words** plant community type; *Juniperus*; Three-River-Source Region; areal-type; species composition

Zhu Q, Ning P, Hou L, Hao JT, Hu YY (2022). Characteristics of *Juniperus* community types in the Three-River-Source Region. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 46, 114-122. DOI: 10.17521/cjpe.2021.0223

三江源地区位于青藏高原腹地,是长江、黄河和澜沧江的发源地,具有独特和典型的高寒植被系统(宋瑞龄等, 2018),以寒温性针叶林、常绿革叶灌丛和高寒草甸为主,具有很高的生态价值。该区的森林群落大都处于我国森林分布的上限,林下资源丰富而特殊,其建群种、优势种一旦遭到破坏,极难恢复。近年来,基于2005年保护工程的实施和2016年国家公园的成立,三江源地区的植被分布及变化受到许多学者的关注(宋瑞龄等, 2018)。张静等(2019)对三江源国家公园内832种植物进行统计分析,揭示了当地植物多样性特征和区系特点,李辉霞等(2011)基于归一化植被指数数据量化评估了森林植被对气候变化及人为活动的响应,从一定程度上表明了保护工作的成效,但仍缺少从物种组成及群落结构等方面去阐明植被变化的研究。

刺柏属(*Juniperus*)植物因其耐寒、耐旱的特性成为该区森林群落的建群种和特征种,在涵养水源、固碳释氧、维持高原生物多样性和生态安全等方面发挥着重要作用(孙庆龄等, 2016)。但因分布区生境脆弱与居民放牧的特殊性,天然刺柏属群落受自然和人为因素影响很大。目前有关刺柏属植物群落的研究主要集中在分布较广的祁连圆柏(*J. przewalskii*)和大果圆柏(*J. tibetica*)群落的物种多样性特征及其随海拔梯度的变化格局,追溯森林衰退历史与现状评估(何友均等, 2007; 宋馥杉和方欧娅, 2019; 张静等, 2020)等方面,有关刺柏属植物群落分类及分布区类型尚未见报道。本研究以青海省三江源地区的典型刺柏属植物群落为研究对象,选取具有代表性的样地开展调查,系统分析刺柏属植物群落基本特征及其种子植物种的区系地理分布,旨在为《中国植被志》的编研和青海柏树群落特征研究提供重要基础数据和资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区域概况

三江源地区地理位置为89.75°–102.38° E, 31.65°–36.20° N,以山地地貌为主,地形复杂,海拔为2 585–6 824 m,具有典型高原大陆性气候特征,冷热两季交替、植物生长期短,区域分异性强,年平均气温

–5.6–3.8 °C,极端最低气温–48 °C,极端最高气温28 °C。主要土壤类型有高山寒漠土、灰褐土、栗钙土和山地森林土等。植被以常绿针叶林为主,主要分布于澜沧江源区和黄河源区,温性灌丛和高寒灌丛分布广泛。玛可河林场位于果洛藏族自治州班玛县境内,年降水量665.3–767.2 mm,长江支流玛可河贯穿林区。麦秀林场地处黄南藏族自治州东南部的泽库县境内,年降水量460 mm,附近有国道213和黄河支流杂河穿境而过,人类活动如放牧、历史上采伐等较频繁。兴海县中铁林场,日照充足,年降水量196.5–470.5 mm,地区间气候条件差异大,临近黄河干流。玉树藏族自治州玉树市的江西林场年降水量达487 mm,山势高耸,山顶多为裸岩,附近有高山融雪汇聚成河;囊谦县的白扎林场年降水量达537.8 mm,无绝对无霜期;治多县立新乡位于通天河流域,年降水量为394–421.2 mm,冷季长达10个月。海南藏族自治州同德县的河北林场,年降水量440 mm,临近省道西久公路,山势相对平缓。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 数据采集

于2019年和2020年的7–8月开展外业调查,在充分查阅研究区森林资源清查资料的基础上,选择青海省班玛县玛可河林场、囊谦县白扎林场、玉树市江西林场、治多县立新乡、泽库县麦秀林场、同德县河北林场以及兴海县中铁林场作为调查样点(图1)。采用典型抽样法在各样点设置20 m × 20 m的群落调查样地共53块,在每个群落调查样地内按照“对角线法”,分别设置5个5 m × 5 m灌木样方和1 m × 1 m草本样方。用手持GPS和罗盘测定地理位置、坡度、坡向、海拔等地形因子,在每个样地内测定林分郁闭度、胸径(DBH ≥ 5 cm的乔木)与树高并记录乔木种名。在灌木和草本样方中,测量并记录物种的数量、平均高度、盖度、频度等指标。物种中文名与拉丁名参照《中国植物志》电子版(<http://www.iplant.cn/frps>)。

#### 1.2.2 数据处理

通过查阅相关资料并结合野外观测数据确定各个物种的生活型和区系地理成分;在刺柏属植物群落乔木层、灌木(草本)层分别计算物种的重要值

DOI: 10.17521/cjpe.2021.0223

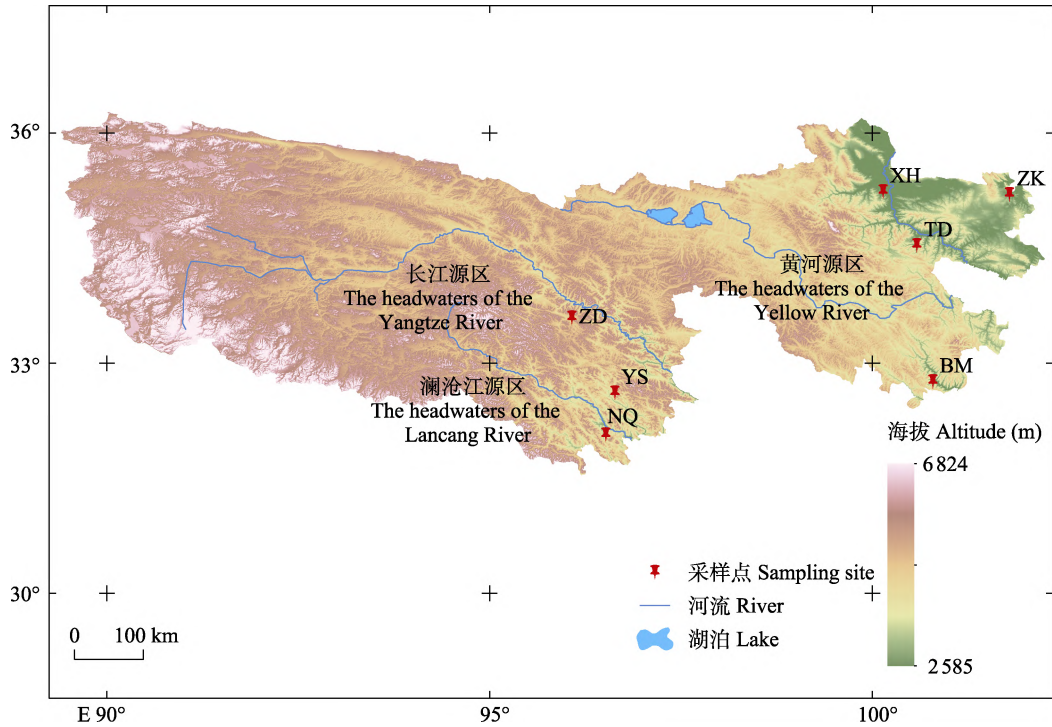


图1 三江源地区植物群落调查采样点。BM, 班玛县玛可河林场; NQ, 囊谦县白扎林场; TD, 同德县河北林场; XH, 兴海县中铁林场; YS, 玉树市江西林场; ZD, 治多县立新乡; ZK, 泽库县麦秀林场。

Fig. 1 Sampling sites for plant community investigation in the Three-River-Source Region. BM, Make River Forest Farm in Baima County; NQ, Baizha Forest Farm in Nangqên County; TD, Hebei Forest Farm in Tongde County; XH, Zhongtie Forest Farm in Xinghai County; YS, Jiangxi Forest Farm in Yushu City; ZD, Lixin township in Zhidoi County; ZK, Maixiu Forest Farm in Zêkog County.

(IV)(盘远方等, 2021):

$$\text{乔木重要值} = (\text{相对频度} + \text{相对密度} + \text{相对显著度}) / 3$$

$$\text{灌木及草本重要值} = (\text{相对频度} + \text{相对密度} + \text{相对盖度}) / 3$$

根据《中国植被志》的群落分类原则和分类方法(中国植被编辑委员会, 1980; 方精云等, 2020; 郭柯等, 2020; 王国宏等, 2020), 将各群落层IV  $\geq$  75%的物种确定为单优势种; IV在10%–75%间且相差不超过10%的物种为共优势种, 否则由大到小划分出优势种和次优势种。优势层的优势种即为建群种。在前述基础上并结合实际群落生长状况对调查所得的刺柏属植物群落进行群系命名, 进一步划分群丛。本研究数据分析和绘图还利用到Excel 2016、ArcGIS 10.6等软件。

## 2 结果和分析

### 2.1 刺柏属植物群落分类

研究区植被以寒温性针叶林为主, 53个样地可划分为2个植被型、6个群系和15个群丛, 各群丛特征(表1)描述如下:

#### 2.1.1 常绿针叶林(Evergreen Needleleaf Forest)

##### 2.1.1.1 祁连圆柏林(*Juniperus przewalskii* Forest Alliance)

群丛I: 祁连圆柏-银露梅-甘肃马先蒿 常绿针叶林(*Juniperus przewalskii* - *Potentilla glabra* - *Pedicularis kansuensis* Evergreen Needleleaf Forest), 主要位于泽库县麦秀林场2 930–3 322 m的阳坡或半阳坡上, 坡度24°–38°。乔木层建群种为祁连圆柏, 层高6.0–10.0 m, 胸径16.0–36.0 cm, 郁闭度为0.3–0.5, 林分密度542株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为银露梅, 混生有置疑小檗(*Berberis dubia*)、匍匐栒子(*Cotoneaster adpressus*)和金露梅(*Potentilla fruticosa*)等, 盖度45%–55%, 高度85.0–120.0 cm。草本层以甘肃马先蒿占优势, 伴生有糙野青茅(*Deyeuxia scabrescens*)、林沙参(*Adenophora stenanthina* subsp. *sylvatica*)和羊齿天门冬(*Asparagus filicinus*)等, 盖度20%–40%, 高度15.0–30.0 cm。

群丛II: 祁连圆柏-昌都锦鸡儿-凸额马先蒿 常绿针叶林(*Juniperus przewalskii* - *Caragana changduensis* - *Pedicularis cranolopha* Evergreen Needleleaf Forest), 主要位于麦秀林场3 020–3 082 m的阳坡上, 坡度

表1 三江源地区刺柏属植物群落分类主要特征

Table 1 Main traits of *Juniperus* community in the Three-River-Source Region

群丛 Association	样地号 No. of plot	分布地 Location	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect	坡度 Slope gradient (°)	林分平均胸径 Stand average DBH (cm)	林分平均高 Stand mean height (m)
I	37, 38, 49	ZK	2 930–3 322	阳坡或半阳坡 Sunny slope or half sunny slope	24–38	29.5 ± 7.9	8.8 ± 0.9
II	32, 34	ZK	3 020–3 082	阳坡 Sunny slope	31–37	20.7 ± 0.0	8.5 ± 0.2
III	31, 33, 35, 36	ZK	2 940–3 100	阳坡 Sunny slope	34–40	22.3 ± 4.2	8.5 ± 0.8
IV	42, 43, 44	TD	3 360–3 420	阳坡 Sunny slope	25–32	28.8 ± 6.7	10.0 ± 2.3
V	39, 40, 41	TD	3 322–3 350	阴坡 Shady slope	25–30	35.0 ± 2.7	7.4 ± 1.9
VI	45, 46, 47, 48, 50	XH	3 630–3 800	阳坡或半阳坡 Sunny slope or half sunny slope	31–39	32.0 ± 11.3	9.4 ± 2.5
VII	14, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30	NQ	3 640–4 170	阳坡 Sunny slope	33–40	23.1 ± 9.1	6.3 ± 1.3
VIII	7, 8, 11, 12	BM	3 710–3 755	阳坡或半阳坡 Sunny slope or half sunny slope	22–30	19.5 ± 4.3	6.2 ± 1.0
IX	9	BM	3 660	阳坡 Sunny slope	38	17.6	5.4
X	18, 19, 20, 21, 22	YS	3 532–3 755	阳坡或半阳坡 Sunny slope or half sunny slope	29–34	22.8 ± 4.0	7.8 ± 0.6
XI	1, 2, 3, 4, 5, 6	BM	3 573–3 600	阳坡或半阳坡 Sunny slope or half sunny slope	24–33	17.0 ± 4.8	6.2 ± 0.4
XII	51, 52, 53	ZD	4 102–4 290	阳坡 Sunny slope	32–40	–	–
XIII	15, 16, 17	NQ	3 972–4 060	阳坡 Sunny slope	29–35	–	–
XIV	10	BM	3 790	阳坡 Sunny slope	49	–	–
XV	13	NQ	3 800	阴坡 Shady slope	28	–	–

BM, 班玛县玛可河林场; NQ, 囊谦县白扎林场; TD, 同德县河北林场; XH, 兴海县中铁林场; YS, 玉树州江西林场; ZD, 治多县立新乡; ZK, 泽库县麦秀林场。林分平均胸径和平均树高用平均值±标准差表示。

BM, Make River Forest Farm in Baima County; NQ, Baizha Forest Farm in Nangqên County; TD, Hebei Forest Farm in Tongde County; XH, Zhongtie Forest Farm in Xinghai County; YS, Jiangxi Forest Farm in Yushu Prefecture; ZD, Lixin township in Zhidoi County; ZK, Maixiu Forest Farm in Zêkog County. The average diameter at breast height (DBH) and average tree height of the stand are expressed by the mean ± SD.

31°–37°。乔木层建群种为祁连圆柏, 层高6.0–10.5 m, 胸径8.0–20.0 cm, 郁闭度为0.5, 林分密度663株·hm<sup>-2</sup>。灌木层以昌都锦鸡儿占优势, 其他物种有银露梅、鲜黄小檗(*Berberis diaphana*)和金露梅等, 盖度15%–18%, 高度70.0–120.0 cm。草本层有凸额马先蒿、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)和暗褐藁草(*Carex atrofusca*)等, 盖度30%–40%, 高度14.0–25.0 cm。

群丛III: 祁连圆柏-匍匐栒子-灰苞蒿 常绿针叶林(*Juniperus przewalskii* - *Cotoneaster adpressus* - *Artemisia roxburghiana* Evergreen Needleleaf Forest), 主要位于麦秀林场2 940–3 100 m的阳坡上, 坡度34°–40°。乔木层建群种为祁连圆柏, 高度6.0–10.0 m, 胸径10.5–21.0 cm, 郁闭度为0.4–0.6, 林分密度606株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为匍匐栒子, 混生有金露梅、银露梅和高山绣线菊(*Spiraea alpina*), 盖度26%–55%, 高度60.0–100.0 cm。草本层有灰苞蒿、暗褐藁草和贝加尔唐松草(*Thalictrum baicalense*)等, 盖度40%–65%, 高度12.5–25.0 cm。

群丛IV: 祁连圆柏-银露梅-高原毛茛 常绿针叶

林(*Juniperus przewalskii* - *Potentilla glabra* - *Ranunculus tanguticus* Evergreen Needleleaf Forest), 主要位于同德县河北林场3 360–3 420 m的阳坡, 坡度25°–32°。乔木层建群种为祁连圆柏, 高度6.0–12.0 m, 胸径18.0–32.0 cm, 郁闭度为0.3–0.4, 林分密度250株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为银露梅, 混生有短叶锦鸡儿(*Caragana brevifolia*)、糖茶藨子(*Ribes himalense*)和金露梅等, 盖度41%–43%, 高度80.0–140.0 cm。草本层十分发达, 常见种有多裂委陵菜(*Potentilla multifida*)、高原毛茛、箭叶橐吾(*Ligularia sagitta*)和火绒草等, 盖度57%–67%, 高度10.0–25.0 cm。

群丛V: 祁连圆柏-鬼箭锦鸡儿-珠芽蓼 常绿针叶林(*Juniperus przewalskii* - *Caragana jubata* - *Polygonum viviparum* Evergreen Needleleaf Forest), 主要位于河北林场, 分布于3 322–3 420 m的阴坡, 坡度为25°–32°。乔木层建群种为祁连圆柏, 高度6.0–10.0 m, 胸径13.0–30.0 cm, 郁闭度为0.4–0.6, 林分密度292株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为鬼箭锦鸡儿和冰川茶藨子(*Ribes glaciale*), 混生有银露梅、窄叶鲜卑花(*Sibiraea angustata*)和金露梅等, 盖度40%–

60%，高度120.0–160.0 cm。草本层十分发达，常见种有贝加尔唐松草、珠芽蓼、萎软紫菀(*Aster flaccidus*)和喉毛花(*Comastoma pulmonarium*)等，盖度76%左右，高度7.0–18.0 cm。

群丛VI: 祁连圆柏-火绒草 常绿针叶林(*Juniperus przewalskii* - *Leontopodium leontopodioides* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于兴海县中铁林场3 630–3 800 m的阳坡、半阳坡，坡度31°–39°，是唯一出现灌木层缺失的群丛。乔木层建群种为祁连圆柏，高度8.5–13.5 m，胸径16.0–36.0 cm，郁闭度为0.3–0.5，林分密度700株·hm<sup>-2</sup>。草本层较为发达，除火绒草外，常见种有高原毛茛、珠芽蓼和糙喙薹草(*Carex scabrirostris*)等，盖度40%–70%，高度9.0–22.5 cm。

### 2.1.1.2 大果圆柏林(*Juniperus tibetica* Forest Alliance)

群丛VII: 大果圆柏-鲜黄小檗-圆叶小堇菜 常绿针叶林(*Juniperus tibetica* - *Berberis diaphana* - *Viola biflora* var. *rockiana* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于囊谦县白扎林场3 640–4 170 m的阳坡，坡度为33°–40°。乔木层建群种为大果圆柏，高度4.5–8.5 m，胸径8.5–25.0 cm，郁闭度为0.3–0.5，林分密度494株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为鲜黄小檗，混生有窄叶鲜卑花、刚毛忍冬(*Lonicera hispida*)和匍匐栒子等，盖度20%–45%，高度60.0–100.0 cm。草本层以暗褐薹草和圆叶小堇菜占优势，其余物种还有大花野豌豆(*Vicia bungei*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)和白花刺续断(*Morina alba*)等，盖度40%–55%，高度10.0–25.0 cm。

群丛VIII: 大果圆柏-长果茶藨子+置疑小檗-暗褐薹草 常绿针叶林(*Juniperus tibetica* - *Ribes stenocarpum* + *Berberis dubia* - *Carex atrofusca* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于班玛县玛可河林场3 710–3 755 m的阳坡或半阳坡，坡度为22°–30°。乔木层建群种为大果圆柏，高度4.0–8.0 m，胸径6.0–15.0 cm，郁闭度为0.3–0.4，林分密度500株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为长果茶藨子和置疑小檗，其余物种还有昌都锦鸡儿、唐古特忍冬(*Lonicera tangutica*)和高山绣线菊等，盖度20%–30%，高度80.0–120.0 cm。草本层主要有暗褐薹草、东方草莓(*Fragaria orientalis*)和珠芽蓼等，盖度35%–65%，高度2.0–25.0 cm。

群丛IX: 大果圆柏-银露梅-小花草玉梅 常绿针叶林(*Juniperus tibetica* - *Potentilla glabra* - *Anemone*

*rivularis* var. *flore-minore* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于班玛县美昂沟附近3 660 m左右的阳坡，坡度为38°。乔木层建群种为大果圆柏，高度3.5–7.5 m，胸径7.0–13.5 cm，郁闭度为0.6，林分密度900株·hm<sup>-2</sup>。灌木层以银露梅为主，混生有鬼箭锦鸡儿、高山绣线菊和匍匐栒子等，盖度28%，高度50.0–100.0 cm。草本层以小花草玉梅占优势，其余物种还有暗褐薹草、甘肃黄耆(*Astragalus licentianus*)和艾(*Artemisia argyi*)等，盖度51%，高度4.0–15.0 cm。

### 2.1.1.3 密枝圆柏林(*Juniperus convallium* Forest Alliance)

群丛X: 密枝圆柏-鲜黄小檗-糙喙薹草 常绿针叶林(*Juniperus convallium* - *Berberis diaphana* - *Carex scabrirostris* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于玉树市江西林场3 532–3 755 m的阳坡、半阳坡上，坡度为29°–34°。乔木层建群种为密枝圆柏，高度5.0–10.0 m，胸径6.0–18.0 cm，郁闭度为0.4–0.5，林分密度865株·hm<sup>-2</sup>。灌木层以鲜黄小檗占优势，其他种类有鬼箭锦鸡儿、高山绣线菊和窄叶鲜卑花，盖度15%–45%，高度70.0–120.0 cm。草本层主要有糙喙薹草、川西獐牙菜(*Swertia mussotii*)和贝加尔唐松草等，盖度45%–65%，高度5.0–30.0 cm。

### 2.1.1.4 塔枝圆柏林(*Juniperus komarovii* Forest Alliance)

群丛XI: 塔枝圆柏-鬼箭锦鸡儿+窄叶鲜卑花-重冠紫菀 常绿针叶林(*Juniperus komarovii* - *Caragana jubata* + *Sibiraea angustata* - *Aster diplostephioides* Evergreen Needleleaf Forest)，主要位于玛可河林场3 573–3 600 m的阳坡、半阳坡，坡度24°–33°，紧邻玛可河支流。乔木层建群种为塔枝圆柏，层高5.0–8.0 m，胸径7.5–20.0 cm，郁闭度为0.3–0.4，林分密度421株·hm<sup>-2</sup>。灌木层优势种为鬼箭锦鸡儿和窄叶鲜卑花，混生有高山绣线菊、刚毛忍冬和山生柳(*Salix oritrepha*)等，盖度20%–40%，高度60.0–100.0 cm。草本层很发达，优势种为重冠紫菀和暗褐薹草，混生有旱雀麦(*Bromus tectorum*)、青海苜蓿(*Medicago archiducis-nicolai*)、糙野青茅和密花香薹(*Elsholtzia densa*)等，盖度40%–70%，高度1.0–30.0 cm。

## 2.1.2 常绿针叶灌丛(Evergreen Needleleaf Shrubland)

### 2.1.2.1 大果圆柏灌丛(*Juniperus tibetica* Shrubland Alliance)

群丛XII: 大果圆柏+金露梅-青藏薹草+狼毒 常

绿针叶灌丛(*Juniperus tibetica* + *Potentilla fruticosa* - *Carex moorcroftii* + *Stellera chamaejasme* Evergreen Needleleaf Shrubland), 主要位于治多县立新乡, 分布于4 102–4 290 m的阳坡, 坡度为32°–40°。灌木层建群种为大果圆柏, 次优势种为金露梅, 混生有高山绣线菊, 盖度27%左右, 层高60.0–270.0 cm。草本层优势种为青藏藁草和狼毒, 其余物种有高原露珠草(*Circaea alpina* subsp. *imaicola*)、多裂委陵菜和甘青青兰(*Dracocephalum tanguticum*)等, 盖度45%–55%, 高度3.0–18.0 cm。

群丛XIII: 大果圆柏+鲜黄小檗-暗褐藁草 常绿针叶灌丛(*Juniperus tibetica* + *Berberis diaphana* - *Carex atrofusca* Evergreen Needleleaf Shrubland), 主要位于白扎林场, 分布于3 972–4 060 m的阳坡, 坡度为29°–35°。灌木层建群种为大果圆柏, 次优势种为鲜黄小檗, 混生有窄叶鲜卑花、匍匐栒子和中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* subsp. *sinensis*)等。盖度35%–50%, 层高100.0–300.0 cm; 草本层优势种为暗褐藁草, 其余物种有黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、并头黄芩(*Scutellaria scordifolia*)和狼毒, 盖度30%–65%, 高度5.0–25.0 cm。

群丛XIV: 大果圆柏-暗褐藁草 常绿针叶灌丛(*Juniperus tibetica* - *Carex atrofusca* Evergreen Needleleaf Shrubland), 主要位于玛可河林场, 分布于3 790 m左右的阳坡, 坡度为49°。灌木层建群种为

大果圆柏, 混生有匍匐栒子、银露梅和鬼箭锦鸡儿等, 盖度30%, 层高150.0–300.0 cm。草本层优势种为暗褐藁草, 其余物种有甘肃黄耆、林沙参和狼毒, 盖度75%, 高度8.0–14.0 cm。

### 2.1.2.2 密枝圆柏灌丛 (*Juniperus convallium* Shrubland Alliance)

群丛XV: 密枝圆柏-火绒草 常绿针叶灌丛(*Juniperus convallium* - *Leontopodium leontopodioides* Evergreen Needleleaf Shrubland), 主要位于白扎林场3 800 m左右的阳坡, 坡度28°左右。灌木层建群种为密枝圆柏, 混生有鲜黄小檗和高山绣线菊、长果茶藨子等, 盖度21%, 层高100.0–180.0 cm。草本层以火绒草、糙喙藁草和芨芨草(*Achnatherum splendens*)占优势, 其余物种还有灰毛党参(*Codonopsis canescens*)和糙野青茅等, 盖度38%, 高度20.0–30.0 cm。

## 2.2 物种种类组成及区系地理成分

刺柏属植物群落共有维管植物142种(附录), 隶属于34科90属, 其中乔木4种, 灌木17种, 草本121种。科物种组成及占总物种数比例分别为菊科23个种, 占16.20%; 毛茛科11个, 占7.75%; 蔷薇科和豆科各9个, 占6.34%; 唇形科8个, 占5.63%; 禾本科7个, 占4.93%。本地区属的组成分别为仅含1种的属有62个, 占68.89%; 含2–5种的属有27个, 占30%; 含6种以上的属1个, 占1.11%。

种的地理成分分析(表2)表明, 刺柏属植物群落

表2 刺柏属典型群落种子植物的分布区类型

Table 2 Species areal-types of seed plants in typical communities of *Juniperus*

分布类型 Areal-type	种数 Species	占总种数的比例 Ratio to total species (%)
1. 世界分布 Cosmopolitan distribution	7	–
温带分布 Temperate distribution	71	52.59
8. 北温带 North Temperate	8	5.93
10. 旧世界温带 Old World Temperate	4	2.96
11. 温带亚洲 Temperate Asia	26	19.26
13. 中亚 Central Asia	13	9.63
13-0. 中亚广布 Pan-Central Asia	(3)	(2.22)
13-1. 中亚东部(亚洲中部) East Central Asia (Asia Media)	(6)	(4.44)
13-2. 中亚至喜马拉雅和我国西南 Central Asia to Himalaya & Southwest China	(4)	(2.96)
14. 东亚 East Asia	20	14.81
14-0. 东亚广布 Pan-East Asia	(4)	(2.96)
14-1. 中国-喜马拉雅 Sino-Himalaya	(15)	(11.11)
14-2. 中国日本 Sino-Japan	(1)	(0.74)
非中国特有种 Non-Chinese endemic species	78	–
15. 中国特有种 Endemic to China	64	47.41
合计(不含世界分布) Total (excluded the cosmopolitan distribution)	135	100

括号内数字表示分布区类型的正型下各变型的具体数量。

Numbers in brackets indicate the specific quantity of variants under the areal distribution types.

表3 刺柏属典型群落种子植物中国特有种的分布亚型

Table 3 Areal-subtypes of Chinese endemic species of seed plants in typical communities of *Juniperus*

分布亚型 Areal-subtypes	种数 Species	占本类型比例 Ratio of this type (%)	占总种数的比例 Ratio to total species (%)
15-2. 三江源地区与唐古特地区共有 Species common to the Three-River Headwater Region and Tanggute Region	1	1.56	0.74
15-3. 三江源地区与中国其他地区共有 Species common to the Three-River Headwater Region and other areas in China	63	98.44	46.67
a. 西藏(北部)或(西北部) North Xizang or Northeast Xizang	(1)	(1.56)	(0.74)
b. 四川(西部) West Sichuan	(3)	(4.69)	(2.22)
c. 西藏-四川 Xizang and Sichuan	(2)	(3.13)	(1.48)
e. 四川-云南 Sichuan and Yunnan	(1)	(1.56)	(0.74)
f. 西南(藏、滇、川) Southwest China (Xizang, Sichuan and Yunnan)	(4)	(6.25)	(2.96)
g. 甘肃或甘肃(南部) Gansu or South Gansu	(4)	(6.25)	(2.96)
i. 四川-甘肃 Sichuan and Gansu	(7)	(10.94)	(5.19)
j. 西藏-四川-甘肃 Xizang, Sichuan and Gansu	(11)	(17.19)	(8.15)
k. 四川-甘肃-陕西 Sichuan, Gansu and Shaanxi	(1)	(1.56)	(0.74)
o. 甘肃-陕西 Gansu and Shaanxi	(1)	(1.56)	(0.74)
r. 西南-西北 Southwest & Northwest China	(11)	(17.19)	(8.15)
s. 西北-华北 Northwest & North China	(4)	(6.25)	(2.96)
t. 西南-西北-华北 Southwest, Northwest & North China	(6)	(9.38)	(4.44)
u. 北方(西北-华北-东北) North of China (Northwest, North and Northeast China)	(2)	(3.13)	(1.48)
v. 西南-西北-华中 Southwest, Northwest & Central China	(2)	(3.13)	(1.48)
w. 西南-西北-华北-华中 Southwest, Northwest, North & Central China	(1)	(1.56)	(0.74)
x. 北方-西南 North & Southwest China	(1)	(1.56)	(0.74)
z. 北方-南方 Throughout mainland China	(1)	(1.56)	(0.74)
合计 Total	64	100	47.41

括号内数字表示该分布亚型下各变型的具体数量。

Numbers in brackets indicate the specific quantity of variants under the areal-distribution subtypes.

种子植物区系在种的分布区上呈现温带分布的特征, 本区温带成分占本区总种数的52.59%。大部分植物为非绝对的中国特有种, 其中温带亚洲分布、东亚分布、中亚分布及北温带成分为本区分布占比较大的分布区类型。另外中国特有种较多, 占到总种数的47.41%, 依据这一类型在本区的集中分布式样, 对64个中国特有种逐一进行分布亚型的划分(表3)。结果显示, 该区与横断山地区和甘肃南部区系关系紧密, 其共有特有种达到53.13%。在刺柏属植物群落中, 占比最大的是三江源地区与中国其他地区共有亚型, 其中西藏-四川-甘肃亚型(j)有11种, 占本区中国特有种的17.19%, 远高于其他类型, 这与唐古特地区的植物分布情况(吴玉虎, 2009)也是一致的。西南-西北亚型(r)的数量也较多, 该亚型的植物大都具有相对较宽的生态幅, 如白花刺续断、粗茎秦艽(*Gentiana crassicaulis*)和羌活(*Notopterygium incisum*)等性喜温湿又耐寒的多年生草本。刺柏属植

物群落种子植物区系显示出衍生性和年轻性的特点, 并存在明显的寒旱化和高山特化适应现象。

### 3 结论和讨论

刺柏属植物群落主要分布在三江源地区中、东部高山地区的阳坡和半阳坡, 群落类型丰富, 以常绿针叶林为主, 另有少量常绿针叶灌丛, 可分为2个植被型、6个群系和15个群丛类型。共记录到维管植物34科90属142种, 区系地理成分组成复杂, 既显示了其分布中心三江源地区的特殊性, 又体现出其高寒生境的独特性。主要表现为乔木层优势种单一, 大部分灌木层的层间物种稀少, 草本层物种种类相对较丰富, 这与孙海群等(2013)所研究区系组成的结论相似。由于刺柏属植物群落所处位置平均海拔都较高, 乔木层的树种需要针对寒旱生境形成独特的适应性才能生存, 目前刺柏属植物群落的乔木层仅有建群种(祁连圆柏、大果圆柏、密枝圆柏和塔枝

圆柏)存在。刺柏属植物群落常伴生有银露梅、昌都锦鸡儿和鲜黄小檗等灌木及小灌木,在坡度较缓的阳坡地带,有刺灌木(如小檗属和锦鸡儿属)数量明显增多,灌木层物种多样性下降,可能是由于放牧和旅游活动频繁导致生境恶化,物种组成变化显著。草本层优势种有凸额马先蒿、灰苞蒿和暗褐藁草等,以湿冷生型和耐寒中生的多年生草本植物为主。刺柏属的群落物种组成呈现多数种属于少数科,少数种属于多数科的特点,这与西北荒漠区植被特点(钟悦鸣等, 2017)相一致。

群落建群种和优势种的种类也在一定程度上影响着群落结构和物种组成(Goosem *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2017)。祁连圆柏林在3 630–3 800 m时群落结构简化,灌木缺失,但草本物种仍十分丰富,林分生长良好。由密枝圆柏和大果圆柏为建群种的森林群落,在高寒生境下特化形成灌丛群落,草本层盖度和物种丰富度都较低。例如大果圆柏+金露梅-青藏藁草+狼毒 常绿针叶灌丛的草本层植物出现了明显退化特征,可能是由于该群丛分布地海拔高,坡度大,淋溶作用较为剧烈,土壤养分贫瘠,不利于多数植物生长(郭其强等, 2019)。因此特定物种往往能成为此类群落的优势种,如狼毒对高寒气候具有极强的忍耐力,并能通过粗大的根系富集土壤养分,影响周围的植物生长与养分的重吸收(宋梅玲等, 2020),进一步导致群落的结构发生改变。

由于研究区独特的地理位置和气候条件,刺柏属植物群落实际分布较为分散,植物区系呈现横断山植物区系和唐古特植物区系成分的互相交融(吴玉虎, 2000, 2009),温带成分占绝对优势,温带性质显著,特有性程度较高。此外,刺柏属植物群落分布呈现明显的垂直地带性,不同建群种形成的群落各自有特定的分布海拔范围,其中祁连圆柏林分布海拔较低、范围较广,其次为大果圆柏林,密枝圆柏林和塔枝圆柏林次之,密枝圆柏灌丛和大果圆柏灌丛分布海拔最高,范围为3 800–4 200 m。

**致谢** 感谢旱区生态水文与灾害防治国家林业局重点实验室开放项目(LC-2-12)资助;感谢青海省各州和县林业管理人员为野外调查工作提供的便利;感谢西北农林科技大学李登武教授在物种鉴定工作中给予的帮助。

## 参考文献

- Editorial Board of the Vegetation of China (1980). *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. [中国植被编辑委员会 (1980). 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Fang JY, Guo K, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH, Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ, Yu D (2020). Vegetation classification system and classification of vegetation types used for the compilation of vegetation of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 96-110. [方精云, 郭柯, 王国宏, 唐志尧, 谢宗强, 沈泽昊, 王仁卿, 强胜, 梁存柱, 达良俊, 于丹 (2020). 《中国植被志》的植被分类系统、植被类型划分及编排体系. 植物生态学报, 44, 96-110.]
- Goosem M, Paz C, Fensham R, Preece N, Goosem S, Laurance SGW (2016). Forest age and isolation affect the rate of recovery of plant species diversity and community composition in secondary rain forests in tropical Australia. *Journal of Vegetation Science*, 27, 504-514.
- Guo QQ, Chi X, Wang SL, Ren YH, Zheng WL (2019). Types and species diversity of *Cupressus* communities in Southeast Tibet, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 30, 735-742. [郭其强, 池翔, 汪书丽, 任毅华, 郑维列 (2019). 西藏东南部柏木属群落类型及物种多样性. 应用生态学报, 30, 735-742.]
- Guo K, Fang JY, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH, Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ, Yu D (2020). A revised scheme of vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 111-127. [郭柯, 方精云, 王国宏, 唐志尧, 谢宗强, 沈泽昊, 王仁卿, 强胜, 梁存柱, 达良俊, 于丹 (2020). 中国植被分类系统修订方案. 植物生态学报, 44, 111-127.]
- He YJ, Cui GF, Zou DL, Zheng J, Dong JS, Li YB (2007). Plant species diversity of main forest community types in San Jiangyuan National Nature Reserve. *Forest Research*, 20, 241-245. [何友均, 崔国发, 邹大林, 郑杰, 董建生, 李永波 (2007). 三江源自然保护区主要森林群落物种多样性研究. 林业科学研究, 20, 241-245.]
- Li HX, Liu GH, Fu BJ (2011). Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 5495-5504. [李辉霞, 刘国华, 傅伯杰 (2011). 基于NDVI的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究. 生态学报, 31, 5495-5504.]
- Pan YF, Liang ZH, Li JB, Liang SC, Jiang Y, Wu HP, Wang JJ, Fu RJ, Zhou JM (2021). Community structure and species diversity of evergreen deciduous broad-leaved mixed forest in karst hills of Guilin. *Acta Ecologica Sinica*, 41, 2451-2459. [盘远方, 梁志慧, 李嘉宝, 梁士楚, 姜勇, 吴华萍, 王菁菁, 傅瑞静, 周健梅 (2021). 桂林岩溶石山常绿落叶阔叶混交林群落结构与物种多样性. 生态学报, 41, 2451-2459.]



- Song FS, Fang OY (2019). Research on history of *Juniperus tibetica* growth decline in Three-River-Source National Park. *Journal of Forest and Environment*, 39, 386-392. [宋馥杉, 方欧娅 (2019). 三江源国家公园大果圆柏生长衰退历史研究. *森林与环境学报*, 39, 386-392.]
- Song ML, Wang YQ, Bao GS, Wang HS (2020). Effect of *Stellera chamaejasme* removal on the nutrient resorption of plants in an alpine grassland community. *Acta Prataculturae Sinica*, 29, 47-57. [宋梅玲, 王玉琴, 鲍根生, 王宏生 (2020). 狼毒防除对高寒草地群落植物养分重吸收的影响. *草业学报*, 29, 47-57.]
- Song RL, Wang H, Zhang D, Lü Z, Zhu ZY, Zhang L, Liu YL, Caiwen GB, Wu L (2018). Conservation outcomes assessment of Sanjiangyuan alpine grassland with MODIS-EVI approach. *Biodiversity Science*, 26, 149-157. [宋瑞玲, 王昊, 张迪, 吕植, 朱子云, 张璐, 刘炎林, 才文公保, 吴岚 (2018). 基于MODIS-EVI评估三江源高寒草地的保护成效. *生物多样性*, 26, 149-157.]
- Sun HQ, Shi HX, Ma L (2013). Floristic Study on Sanjiangyuan National Nature Reserve. *Chinese Journal of Grassland*, 27, 504-514. [孙海群, 石红霄, 马雷 (2013). 三江源自然保护区种子植物区系分析. *中国草地学报*, 35, 85-91.]
- Sun QL, Li BL, Li F, Zhang ZJ, Ding LL, Zhang T, Xu LL (2016). Review on the estimation of net primary productivity of vegetation in the Three-River Headwater Region, China. *Acta Geographica Sinica*, 71, 1596-1612. [孙庆龄, 李宝林, 李飞, 张志军, 丁玲玲, 张涛, 许丽丽 (2016). 三江源植被净初级生产力估算研究进展. *地理学报*, 71, 1596-1612.]
- 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 YH (2000). The floristic characteristics in the source area of Changjiang (Yangtze) River. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 20, 1086-1101. [吴玉虎 (2000). 长江源区植物区系研究. *西北植物学报*, 20, 1086-1101.]
- Wu YH (2009). Floristic study on the source area of Lancangjiang (Mekong river), China. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 27, 277-289. [吴玉虎 (2009). 澜沧江源区种子植物区系研究. *武汉植物学研究*, 27, 277-289.]
- Wu GL, Wang D, Liu Y, Ding LM, Liu ZH (2017). Warm-season grazing benefits species diversity conservation and topsoil nutrient sequestration in alpine meadow. *Land Degradation & Development*, 28, 1311-1319.
- Zhang J, Chen ZL, Hou XW, Yan YS, Jing S, Hou L (2020). Species diversity of *Juniperus przewalskii* community in three river headwater along altitude gradient. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 40, 1759-1767. [张静, 陈志林, 侯晓巍, 闫义生, 井赛, 侯琳 (2020). 三江源区祁连圆柏群落物种多样性沿海拔梯度的变化格局. *西北植物学报*, 40, 1759-1767.]
- Zhang J, Caiwen DJ, Xie YP, Li DK, Li HY, Sun HQ (2019). Characteristics on the flora of seed plants in Sanjiangyuan National Park. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 39, 935-947. [张静, 才文代吉, 谢永萍, 李德凯, 李海燕, 孙海群 (2019). 三江源国家公园种子植物区系特征分析. *西北植物学报*, 39, 935-947.]
- Zhong YM, Wang JM, Zhang TH, Li JW, Feng YM, Lu Q (2017). Composition of seed plant species and floristic features in the Gobi area of the northern Qinghai-Tibet Plateau of China. *Plant Science Journal*, 35, 525-533. [钟悦鸣, 王健铭, 张天汉, 李景文, 冯益明, 卢琦 (2017). 中国青藏高原北部戈壁区种子植物物种组成及其区系特征. *植物科学学报*, 35, 525-533.]

责任编辑: 刘长成 责任编辑: 李敏

附录 三江源地区刺柏属植物群落

Supplement *Juniperus* communities in the Three-River-Source Region

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2021.0223-D1.xls>