

青藏高原植物群落样方数据集

金伊丽 王皓言 魏临风 侯颖 胡景 吴铠 夏昊钧 夏洁 周伯睿
李凯 倪健*

浙江师范大学化学与生命科学学院, 浙江金华 321004

摘要 为便于了解青藏高原植被特殊物种组成、群落特征及分布格局, 该文利用2018–2021年在青藏高原不同区域内调查的338个样地、共758个样方的数据, 分析了高原植物群落的物种组成、区系特征和植被分类, 整合形成青藏高原植物群落样方数据集。结果表明: 青藏高原高寒和温性植物群落758个样方中, 共有植物65科279属837种; 其中, 物种数最多的5个科依次是菊科(134种)、禾本科(88种)、豆科(75种)、蔷薇科(43种)和莎草科(40种), 物种数最多的5个属依次是蒿属(*Artemisia*, 29种)、马先蒿属(*Pedicularis*, 27种)、风毛菊属(*Saussurea*, 25种)、黄耆属(*Astragalus*, 23种)和早熟禾属(*Poa*, 23种)。植物区系主要由温带(145属)和世界广布(36属)的成分所组成。物种的生长型以草本(83.51%)和灌木(10.87%)为主, 草本和木本的生活型分别以多年生草本(88.23%)和落叶灌木(83.67%)为主。338个样地可以划分为4个植被型组, 10个植被型, 20个植被亚型, 78个群系组和117个群系, 其中草原群系34个, 草甸群系33个, 荒漠群系33个, 灌丛群系14个和针叶林群系3个。该数据集覆盖青藏高原绝大部分高寒灌丛、高寒草原、高寒草甸、高寒荒漠、温性草原和温性荒漠植被区域, 可为研究高原植被特征和地带性分异规律, 气候变化和人类活动对高原植被的影响及其生态恢复提供坚实的数据基础, 同时为下一代中国植被图的更新提供参考。

关键词 样方资料; 青藏高原; 高寒植被; 植被分类; 物种组成

金伊丽, 王皓言, 魏临风, 侯颖, 胡景, 吴铠, 夏昊钧, 夏洁, 周伯睿, 李凯, 倪健 (2022). 青藏高原植物群落样方数据集. 植物生态学报, 46, 846-854. DOI: 10.17521/cjpe.2022.0174

A plot-based dataset of plant community on the Qingzang Plateau

JIN Yi-Li, WANG Hao-Yan, WEI Lin-Feng, HOU Ying, HU Jing, WU Kai, XIA Hao-Jun, XIA Jie, ZHOU Bo-Rui, LI Kai, and NI Jian*

College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China

Abstract

Plot-based data are an important foundation for studying plant community characteristics and compiling vegetation monographs, vegetation map, and vegetation geography. It is the key data source of studies in vegetation ecology. To understand the species composition, community characteristics, and distribution pattern of special plateau vegetation on the Qingzang Plateau (QZP), this study uses the data of 338 sites including 758 plots in different regions of the QZP from 2018 to 2021 to analyze the species composition, floristic characteristics, and vegetation classification of plateau plant communities. A plot-based dataset of plant community on the QZP is then established. The 758 plots have 837 plant species belonging to 279 genera from 65 families in the alpine and temperate vegetation communities. The largest number of species are found in five families: Asteraceae (134 species), Poaceae (88 species), Fabaceae (75 species), Rosaceae (43 species), and Cyperaceae (40 species), as well as five genera: *Artemisia* (29 species), *Pedicularis* (27 species), *Saussurea* (25 species), *Astragalus* (23 species), and *Poa* (23 species). The floristic composition is mainly temperate (145 genera) and cosmopolitan (36 genera). The growth forms of the species are mainly herbs (83.51%) and shrubs (10.87%), and the life forms of herbs and woody plants are mainly perennial herbs (88.23%) and deciduous shrubs (83.67%), respectively. A total of 338 sites can be divided into four vegetation formation groups, 10 vegetation formations, 20 vegetation subformations, 78 alliance groups, and 117 alliances, in which 34 are steppe alliances, 33 are meadow alliances, 33 are desert

收稿日期Received: 2022-05-03 接受日期Accepted: 2022-06-06

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0402)和中国科学院战略性先导科技专项(XDA2009000003)。Supported by the Second Tibetan Plateau Scientific Expedition and Research Program (STEP)(2019QZKK0402) and the Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA2009000003).

* 通信作者Corresponding author (nijian@zjnu.edu.cn)

alliances, 14 are shrubland alliances, and 3 are coniferous forest alliances. This dataset covers most of the alpine shrubland, meadow, steppe, desert, and temperate steppe, desert vegetation regions of the QZP. This work provides a solid foundation for exploring the vegetation characteristics and regularity of vegetation zonal differentiation and determining the impacts of climate change and human disturbances on alpine vegetation and their ecological restoration. The dataset also provides a reference for the updating of the next generation of China's vegetation map.

Key words plot data; Qingzang Plateau; alpine vegetation; vegetation classification; species composition

Jin YL, Wang HY, Wei LF, Hou Y, Hu J, Wu K, Xia HJ, Xia J, Zhou BR, Li K, Ni J (2022). A plot-based dataset of plant community on the Qingzang Plateau. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 46, 846-854. DOI: 10.17521/cjpe.2022.0174

青藏高原被称为“世界第三极”和“亚洲水塔”，是我国重要的生态安全屏障(姚檀栋等, 2017)。青藏高原的隆升，不仅改变了区域和全球的气候、地形、水文等环境特征，也强烈影响了生物圈的演化，使其成为全球山地物种形成、分化与集散的(Ding *et al.*, 2020)。然而，青藏高原又是气候变化的敏感区域(陈德亮等, 2015)，快速的气候变化导致高原物种和生态系统发生深刻变化(张宪洲等, 2015; 朴世龙等, 2019)。因此，青藏高原生态系统与环境变化研究，对高原本身的保护和发展，对我国乃至全球的自然环境、人文环境以及社会经济等可持续发展，具有重大意义。

描述一个地区的植被类型、群落外貌、群落结构、物种组成、动态与演替、地理分布等生态特征，是开展植被生态学研究，编制植被专著、植被图和植被志的基础，样方资料在其中发挥着突出作用。20世纪50–80年代，中国学者以第一次青藏高原综合科学考察为契机，相继在青藏高原开展了大规模的植被调查工作(钟补求, 1954; 张经炜, 1963; 张经炜和姜恕, 1973; 李渤生等, 1981, 1987; 郑度和陈伟烈, 1981; 王金亭和李渤生, 1982; Chang, 1983; 王金亭, 1988)，发现由东南向西北随降水递减，高原植被呈山地森林-高寒灌丛与高寒草甸-高寒草原-高寒荒漠的分布格局，而随温度递减，高原植被呈现显著的垂直带更替变化(中国植被编辑委员会, 1980; 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1988; 中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007a)。青藏高原植被特殊的高原地带性分布格局，对我国乃至全球植被地理分布规律有重大影响(张新时, 1978)。

20世纪90年代以来，青藏高原植被调查工作相对较少、较分散(张新时, 1991; Luo *et al.*, 2002; 孙海群等, 2013; 杨瑶等, 2014; 钟悦鸣等, 2017; 朱媛君

等, 2018; 乔鲜果等, 2017, 2020; 朱岑等, 2022)，但2017年启动的第二次青藏高原综合科学考察研究，为从多学科角度深入认识青藏高原的植被特征及其变化提供了绝好机遇。同时，过去的许多植被调查和样方资料时间较早，且由于受当时条件所限，可能资料不全或存在偏差；而且，由于气候变化和人类活动干扰，高原群落类型与组成等可能已经发生了改变，需要补充新的资料。在第二次青藏科学考察中，已经有学者基于新的野外调查和样方资料，更新了中国植被图(Su *et al.*, 2020; 王乐等, 2021)，但仍然需要更多资料。

因此，我们在2018–2021年夏季，对青藏高原面上以草本和灌木为主的植物群落进行了全面系统的野外调查，获得338个样地信息和758个样方记录，在此基础上分析了高原植物群落的物种组成与群落分类。该工作不仅有助于更新和深入理解青藏高原植被特征，也为中国植被分类系统的修订(郭柯等, 2020)以及《中国植被志》的研编(方精云等, 2020)提供样方资料，由此为保护、恢复和利用青藏高原植被提供科学依据。

1 研究方法

1.1 调查方法

野外调查分别于2018–2021年夏季的7–8月分4次展开，包括三江源地区(2018年)、藏南山地(2019年)、阿里地区和柴达木盆地(2020年)，以及祁连山、阿尔金山、昆仑山等高山、绿洲和荒漠地区(2021年)，可可西里和藏东南山地未开展调查(图1)。样地调查以高寒草甸、草原、灌丛和荒漠以及温性草甸、草原和荒漠群落为主。每个样地随机选择1–3个具有代表性的样方开展调查，其中草甸和草原样方有3个重复，每个面积为1 m × 1 m；灌丛样方有2个重复，每个面积为2 m × 2 m；荒漠样方有1–2个重复，

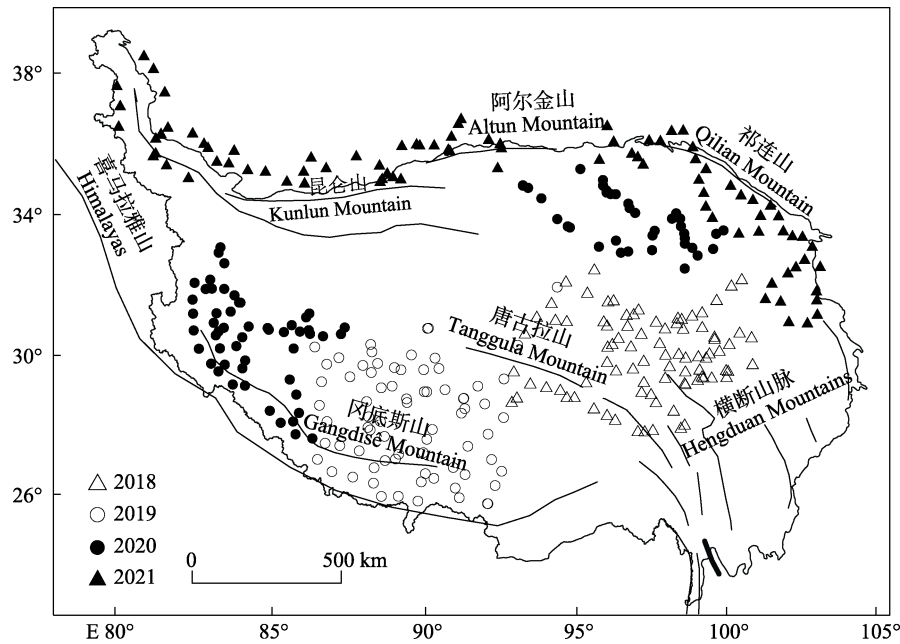


图1 青藏高原植物群落样地分布。

Fig. 1 Spatial distribution of plant community plots on the Qingzang Plateau.

每个面积为 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 或 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$; 在局部生境调查少数森林样方, 面积为 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 。受高原复杂地形的影响, 少数样地的样方数量和面积有所调整。在每个样地中, 1–2个样方代表区域性的地带性植物群落, 另外1–2个样方反映由于受海拔或地形等因素影响, 与地带性植被类型有差异的局域生境下的植物群落特征。测定调查样方内出现的所有物种, 并记录每个物种的种名、物候期、株/丛数、叶层高度(草本群落)、生殖枝高度(草本群落)、冠层高度(木本群落)、胸径(乔木)或基径(灌木), 并目视估计各物种分盖度, 记录样方号、经度、纬度、海拔高度、坡向、坡度、干扰情况、样方总盖度等信息。最终获得107个高寒草甸样地、87个高寒草原样地、38个高寒灌丛样地、16个高寒荒漠样地、15个温性草甸样地、7个温性草原样地、64个温性荒漠样地和4个森林样地(附录)等共338个样地、758个样方记录。

1.2 数据处理和分析

所有植物的名称和科属以《中国植物志》(中国植物志编辑委员会, 1959–2004)为依据确定, 并参考《青海植物志》(青海植物志编辑委员会, 1996–1999)、《西藏植物志》(中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1985–1987)、《甘肃植物志》(甘肃植物志编辑委员会, 2005)、《新疆植物志》(新疆植物志编辑委员会, 1992–1996)和《中国沙漠植物志》

(刘嫫心, 1985), 最后依据植物智网站(<http://www.iplant.cn/>)进行校正, 植物名称以最新分类系统为准。同样, 依据此网站信息和野外观测记录, 确定所有物种的生长型和生活型。将生长型划分为草本、半灌木(包括小半灌木和半灌木状草本)、灌木、藤本和乔木。草本(包括半灌木)和藤本的生活型分为一年生和多年生, 木本(即灌木和乔木)的生活型分为常绿和落叶。植物科和属的区系地理成分根据吴征镒(1991, 2003)提出的中国种子植物属的分布区类型和世界种子植物科的分布区类型系统, 并结合《中国植物志》描述的分布区确定。主要依据《中国植被分类系统修订方案》(郭柯等, 2020)的植被分类原则和参考《中国植被及其地理格局——中华人民共和国植被图(1:1 000 000)说明书》(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007a)各植被区划的说明, 对青藏高原植物群落进行植被型组、植被型、植被亚型、群系组和群系的逐级分类。

植被型组以植被外貌特征和综合生态条件进行划分, 植被型依据同一个植被型组内, 建群种的生活型划分, 植被亚型是对植被型的补充, 主要依据生境特点或生态条件进行细分, 群系组以同一个植被型或植被亚型内的建群种属划分, 群系以同一个群系组内的建群种进行划分。利用Excel 2020软件进行数据的统计和分析, 利用ArcGIS 10.5和Origin 2022软件绘图。

表1 青藏高原植物群落样方数据集的说明信息
Table 1 Summary information of the plot dataset of plant community on the Qingzang Plateau

条目 Item	描述 Description
样地号 Site No.	由调查地点和调查时间组成的样地编号, 如TP2018071501 Site number based on the location and time of surveys, for example, TP2018071501
人类干扰 Human disturbance	调查记录的人类干扰强度: 无、弱、中、强 Human disturbance intensity recorded in the survey: none, weak, medium, and strong
动物活动 Animal activity	调查记录的动物活动强度: 无、弱、中、强 Animal activity intensity recorded in the survey: none, weak, medium, and strong
植被类型 Vegetation type	调查记录的植被类型: 高寒草甸、高寒草原、高寒灌丛、高寒荒漠、温带草甸、温带草原、温带荒漠、针叶林 Vegetation types recorded in the survey: alpine meadow, alpine steppe, alpine shrubland, alpine desert, temperate meadow, temperate steppe, temperate desert, and coniferous forest
生境照片数量 Habitat photos number	每个样地的照片(JPG)数量 The number of photos (JPG) of each site
样方号 Plot No.	由调查地点和调查时间组成的样方编号, 如TP2018071501A Plot number based on the location and time of surveys, for example, TP2018071501A
经度 Longitude	使用全球定位系统(GPS)测定每个样方的经度 The Global Position System (GPS) was used to determine the longitude of each plot
纬度 Latitude	使用GPS测定每个样方的纬度 GPS was used to determine the latitude of each plot
海拔 Altitude	使用GPS测定每个样方的海拔 GPS was used to determine the altitude of each plot
坡向 Slope direction	使用指南针测定每个样方的坡向, 以0°为北向, 180°为南向 Compass was used to measure the slope direction of each plot, with 0° as the north direction and 180° as the south direction
坡度 Slope	用水平仪测定每个样方的坡度 Gradienter was used to measure the slope of each plot
样方类型 Plot type	代表地带性植物群落的样方(用A表示)和反映局域性小生境的样方(用B表示) Plots representing zonal plant community (A) and plots reflecting local habitat (B)
样方面积 Plot area	样方面积=样方长×样方宽 Plot area = plot length × plot width
样方盖度 Plot coverage	用目测法估计样方内所有植物的地上器官对地面的水平投影面积之和 Visually estimated sum of the horizontally projected areas of aboveground organs of all plants in the plot
样方照片数量 Plot photos number	每个样方的照片(JPG)数量 The number of photos (JPG) of each plot
中国植被图群系 Alliance from Vegetation Map of China	中国植被图(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007b)中提取的样地群系类型 Alliance types of sites extracted from the Vegetation Map of China (Editorial Committee of Vegetation Map of China, the Chinese Academy of Sciences, 2007b)

1.3 数据汇编

我们提供说明文件(表1), 样方数据集(附录)和样方照片集(Jin *et al.*, 2022)。样方数据集以Excel格式展示3个附录表: 即样地信息(附录: 表1)、样方组成(附录: 表2)和植被分类(附录: 表3)。样方照片集(Jin *et al.*, 2022)按野外调查年份分为2018、2019、2020和2021 4个部分, 所有照片文件均以样方号或样地号-生境照名称命名, 文件格式为JPG。

2 结果

2.1 物种组成

在758个样方中记录了65科279属837种共6 551条物种信息(附录: 表2), 其中有61条物种信息仅鉴定到科, 160条物种信息鉴定到属(鉴定到科和属的物种纳入到以科或属为水平的统计分析)以及10条物种信息无法确定(这10条物种信息可以确定为3个未定种, 不纳入任何统计分析)。包含物种数最多的前5个科有菊科、禾本科、豆科、蔷薇科和莎草科(图

2A)。菊科(33属134种)主要由多年生杂类草和旱生小半灌木组成, 前者包括弱小火绒草(*Leontopodium pusillum*)、萎软紫菀(*Aster flaccidus*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、吉隆风毛菊(*Saussurea andryaloides*)和淡黄香青(*Anaphalis flavescens*)等, 常作为高寒灌丛、草甸和草原的伴生种; 后者如藏沙蒿(*Artemisia wellbyi*)、垫型蒿(*Artemisia minor*)、细裂亚菊(*Ajania przewalskii*)和冷蒿(*Artemisia frigida*)等, 是小半灌木高寒草原的建群种。禾本科(27属88种)以针茅属(*Stipa*)、早熟禾属(*Poa*)和芨芨草属(*Achnatherum*)等多年生丛生禾草居多, 以紫花针茅(*Stipa purpurea*)和昆仑针茅(*Stipa roborowskyi*)为建群种组成的草原是青藏高原草原植被的最主要代表。豆科(14属75种)作为第三大科, 由黄耆属(*Astragalus*)、棘豆属(*Oxytropis*)和蔓黄耆属(*Phyllolobium*)等草本以及锦鸡儿属(*Caragana*)和羊柴属(*Corethroedendron*)等灌木构成。蔷薇科(14属43种)草本以委陵菜属(*Potentilla*)为主, 如钉柱委陵菜

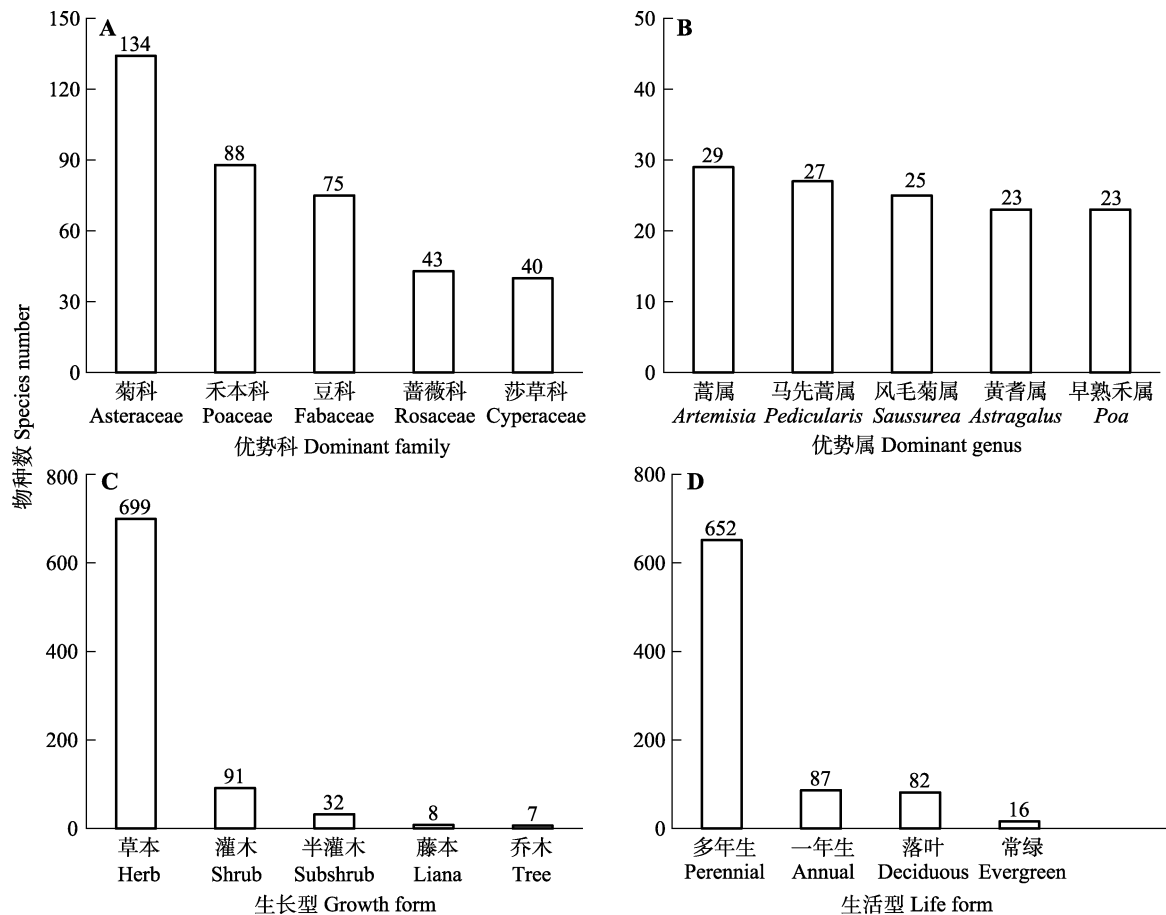


图2 青藏高原植物群落优势科(A)、优势属(B)、生长型(C)和生活型(D)的物种数。

Fig. 2 Number of plant species of dominant family (A), genus (B), growth form (C), and life form (D) in plant communities on the Qingzang Plateau.

(*Potentilla saundersiana*)和二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)等,是群落的主要伴生种,而金露梅(*Potentilla fruticosa*)、鲜卑花属(*Sibiraea*)、绣线菊属(*Spiraea*)和栒子属(*Cotoneaster*)等落叶灌木常见于高寒灌丛。莎草科(6属40种)包含20种蒿草属(*Kobresia*)物种和16种薹草属(*Carex*)物种,其中高山蒿草(*Kobresia pygmaea*)群落是青藏高原高寒草甸中分布最广、占地面积最大的一个群系。包含物种数最多的前5属依次是蒿属(*Artemisia*)、马先蒿属(*Pedicularis*)、风毛菊属(*Saussurea*)、黄耆属和早熟禾属(图2B)。

将837个物种按照生长型进行划分,草本的物种数最多(83.51%),灌木(10.87%)和半灌木(3.82%)次之,藤本(0.96%)和乔木(0.84%)的物种数最少(图2C)。群落样方内出现的草本植物以多年生植物(88.23%)居多,常见的有高山蒿草、钉柱委陵菜和紫花针茅等;一年生植物占11.77%,如毛果草(*Lasiocaryum densiflorum*)、盐生草(*Halogeton glo-*

meratus)和假水生龙胆(*Gentiana pseudoaquatica*)等(图2D)。木本植物以落叶木本(83.67%)为主,常见的有山生柳(*Salix oritrepha*)、高山绣线菊(*Spiraea alpina*)和变色锦鸡儿(*Caragana versicolor*)等;常绿木本占16.33%,包括膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)、川西云杉(*Picea likiangensis* var. *rubescens*)和北方雪层杜鹃(*Rhododendron nivale* subsp. *boreale*)等(图2D)。

2.2 区系成分

依据青藏高原植物群落实地调查结果,植物科的分布区可以分为8个类型(图3A)。其中,世界分布最多(53.85%),如菊科、禾本科、豆科、蔷薇科和莎草科等。其次是北温带分布(23.08%),如忍冬科、列当科、柏科、小檗科和麻黄科等。泛热带分布占15.38%,如石蒜科、蒺藜科、大戟科、鸢尾科和夹竹桃科等。旧世界温带分布、地中海区、西亚至中亚分布、热带亚洲至热带非洲分布、旧世界热带分布和中亚分布各仅1科,分别是怪柳科、白刺科、杜

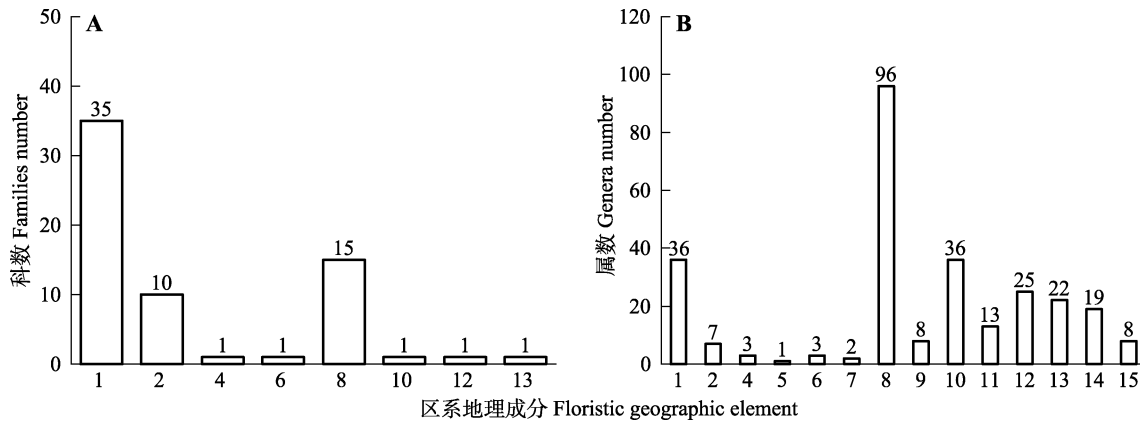


图3 青藏高原植物群落科(A)和属(B)的区系地理成分。1, 世界分布; 2, 泛热带分布; 4, 旧世界热带分布; 5, 热带亚洲至热带大洋洲分布; 6, 热带亚洲至热带非洲分布; 7, 热带亚洲分布; 8, 北温带分布; 9, 东亚和北美洲间断分布; 10, 旧世界温带分布; 11, 温带亚洲分布; 12, 地中海区、西亚至中亚分布; 13, 中亚分布; 14, 东亚分布; 15, 中国特有分布。

Fig. 3 Floristic geographical elements of families (A) and genera (B) of plant communities on the Qingzang Plateau. 1, cosmopolitan; 2, Pantropic; 4, Old World tropics; 5, Tropical Asia & Tropical Australasia; 6, Tropical Asia to Tropical Africa; 7, Tropical Asia; 8, North Temperate; 9, East Asia and North America disjunct; 10, Old World Temperate; 11, Temperate Asia; 12, Mediterranean, West Asia to Central Asia; 13, Central Asia; 14, East Asia; 15, endemic to China.

鹃花科、天门冬科和星叶草科。科的区系地理成分划分表明, 青藏高原植物群落在科的水平上地理联系广泛, 表现出北温带和泛热带的属性。植物属的分布区可以划分为13个类型(图3B)。温带属性占据主要地位(51.97%), 其中北温带分布有96属, 如蒿属、风毛菊属、委陵菜属、嵩草属和紫菀属(*Aster*)等; 旧世界温带分布有36属, 如棱子芹属(*Pleurospermum*)、橐吾属(*Ligularia*)、芨芨草属、怪柳属(*Tamarix*)和苜蓿属(*Medicago*)等; 温带亚洲分布有13属, 如锦鸡儿属、亚菊属(*Ajania*)、大黄属(*Rheum*)、附地菜属(*Trigonotis*)和鸭跖花属(*Oxygraphis*)等。仅次于温带属性的是世界分布(12.90%), 如黄耆属、龙胆属(*Gentiana*)、毛茛属(*Ranunculus*)、芦苇属(*Phragmites*)和藁草属等。地中海区、西亚至中亚分布占8.96%, 如盐爪爪属(*Kalidium*)、骆驼瓣属(*Zygophyllum*)、沙拐枣属(*Calligonum*)、白刺属(*Nitraria*)和盐生草属(*Halogeton*)等。中亚分布占7.89%, 如岩黄耆属(*Hedysarum*)、紫菀木属(*Asterothamnus*)、小甘菊属(*Cancrinia*)、羊柴属(*Corethroedendron*)和沙蓬属(*Agriophyllum*)等。东亚分布占6.81%, 如肉果草属(*Lancea*)、蔓黄耆属、鸢尾属(*Iris*)、微孔草属(*Microula*)和垂头菊属(*Cremanthodium*)等。热带属性占5.73%, 其中泛热带分布有7属, 如蒺藜属(*Tribulus*)、扁芒草属(*Danthonia*)、野古草属(*Arundinella*)、狼尾草属(*Pennisetum*)、大戟属(*Euphorbia*)等; 热带亚洲至热带非洲分布有3属, 即草沙蚕属(*Tripogon*)、蓝雪花

属(*Ceratostigma*)和非洲菊属(*Gerbera*); 旧世界热带分布有3属, 即香茶菜属(*Isodon*)、天门冬属(*Asparagus*)和槲蕨属(*Drynaria*); 热带亚洲分布有2属, 即石椒草属(*Boenninghausenia*)和苦苣菜属(*Ixeris*)。东亚和北美洲间断分布占2.87%, 如野决明属(*Thermopsis*)、羽叶花属(*Acomastylis*)、罗布麻属(*Apocynum*)、胡枝子属(*Lespedeza*)和地锦属(*Parthenocissus*)等。中国特有分布有8属, 占2.87%, 如高山豆属(*Tibetia*)、马蹄黄属(*Spenceria*)、羽叶点地梅属(*Pomatosace*)、苦马豆属(*Sphaerophysa*)和颈果草属(*Metaeritrichium*)等。属的区系地理成分划分反映出青藏高原群落样方内植物属水平组成的温带性质。

2.3 植被分类

338个样地可以归为4个植被型组, 10个植被型, 20个植被亚型, 78个群系组和117个群系(附录: 表3)。其中, 草原群系有34个, 如紫花针茅丛生草类高寒草原群系、昆仑针茅丛生草类高寒草原群系、藏沙蒿半灌木高寒草原群系、青藏蒿(*Artemisia duthreuil-de-rhinsi*)杂类草高寒草原群系和东方针茅(*Stipa orientalis*)丛生草类荒漠草原群系。草甸群系有33个, 常见的有高山嵩草丛生草类高寒草甸群系、矮生嵩草(*Kobresia humilis*)丛生草类高寒草甸群系、喜马拉雅嵩草(*Kobresia royleana*)丛生草类高寒草甸群系、芦苇(*Phragmites australis*)根茎草类盐生草甸群系和蕨麻(*Potentilla anserina*)杂类草高寒草甸群系等。荒漠群系有33个, 包括梭梭(*Haloxylon*

ammodendron) 温性半乔木荒漠群系、红砂 (*Reaumuria soongarica*) 温性灌木荒漠群系、驼绒藜 (*Krascheninnikovia ceratoides*) 温性半灌木与草本荒漠群系、盐生草温性半灌木与草本荒漠群系和垫状驼绒藜 (*Krascheninnikovia compacta*) 高寒矮半灌木荒漠群系等。灌丛群系有14个, 如金露梅高寒落叶阔叶灌丛群系、矮生忍冬 (*Lonicera rupicola* var. *minuta*) 高寒落叶阔叶灌丛群系、窄叶鲜卑花 (*Sibiraea angustata*) 高寒落叶阔叶灌丛群系、奇花柳 (*Salix atopantha*) 高寒落叶阔叶灌丛群系和细枝绣线菊 (*Spiraea myrtilloides*) 高寒落叶阔叶灌丛群系。针叶林群系有3个, 包括川西云杉寒温性常绿针叶林群系、密枝圆柏 (*Juniperus convallium*) 寒温性常绿针叶林群系和大果圆柏 (*Juniperus tibetica*) 寒温性常绿针叶林群系。

3 讨论

2007年出版的中国植被图(1:1 000 000)是中比例尺现状植被图, 大致反映了20世纪80–90年代中期的植被分布状况(中国科学院中国植被图编辑委员会, 2007b)。本数据集中68.34%的样地群系类型与中国植被图(1:1 000 000)不吻合。这些差异大致可以归为4类: (1)植被型不同(101个样地, 占发生变化样地的43.72%), 如植被图记录的高寒草甸群系与数据集调查的高寒灌丛群系或高寒草原群系; (2)群系的亚建群种替代建群种(35.06%), 如植被图记录的紫花针茅高寒草原群系与数据集调查的昆仑针茅高寒草原群系或者蒿属高寒草原群系, 植被图记录的高山嵩草群系与数据集调查的其他嵩草属植被群系; (3)群系的其他物种替代建群种(14.29%); (4)裸露沙漠或戈壁发育植被群系(6.93%)。这些差异产生的原因有3种解释: (1)植被调查的尺度不一样, 也就是说, 植被图的群落调查主要关注区域植被类型, 本文的调查不仅关注区域植被, 也涉及局域植被类型; (2)过去的30年里青藏高原的植被确实发生了变化; (3)设置的部分样方没有能够真实反映植被类型。

本数据集来源于作者团队2018–2021年的野外实地调查工作, 较为全面地提供了青藏高原高寒植被区域和温性草原、荒漠植被区域758个样方的资料, 为青藏高原植被生态学研究、开展植被保护和生态恢复工作提供了实际样本和可靠数据, 也是对全球植被样方数据库sPlot (Sabatini *et al.*, 2021)的一个补充。

但限于野外考察条件和作者水平, 数据集仍有许多不足之处。其一, 高原地形复杂, 在实地调查过程中很多地方无法设置严格的样方, 部分样方代表性不足, 样方空间分布不够均匀, 或样方面积较小, 导致结果具有一定的局限性。其二, 样方调查时有些物种无花果, 导致难以鉴定到种, 只能鉴定到科或属。其三, 青藏高原植物群落丰富且复杂, 部分调查数据在反映整个区域的代表性上可能不足, 难免产生偏差。其四, 样方资料包括样地选择、群落类型确定和样方盖度估计上多具有主观判断因素, 可能与实际情况存在差异。但无论如何, 在青藏高原地区开展野外调查和整理大量样方资料不易, 希望这些数据能够对推动高原植被的研究起到一定的作用。

在未来的工作中, 需要补充调查目前空缺区域的植物群落样方, 如可可西里地区、横断山区等。第二次青藏高原综合科学考察的其他团队也在高原上开展植被调查, 我们团队仍在开展横断山区亚高山和干热河谷植被调查, 希望今后这些样方资料能够公开、共享。

致谢 感谢中国科学院华南植物园标本馆周欣欣老师、中南林业科技大学森林植物标本馆刘昂老师、自由职业者汤睿老师和李均老师在植物标本鉴定上提供的帮助, 以及浙江师范大学布多杰次旦、李晨瑜、洛桑土旦和徐德宇同学, 南京大学盛叶子同学和暨南大学孙平宇同学在野外调查工作中给予的帮助。感谢中国科学院植物研究所郭柯研究员、乔鲜果博士在样方整理和植被分类中的大力帮助。

参考文献

- Chang DHS (1983). The Tibetan Plateau in relation to the vegetation of China. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 70, 564-570.
- Chen DL, Xu BQ, Yao TD, Guo ZT, Cui P, Chen FH, Zhang RH, Zhang XZ, Zhang YL, Fan J, Hou ZQ, Zhang TH (2015). Assessment of past, present and future environmental changes on the Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 60, 3025-3035. [陈德亮, 徐柏青, 姚檀栋, 郭正堂, 崔鹏, 陈发虎, 张人禾, 张宪洲, 张镔铨, 樊杰, 侯增谦, 张天华 (2015). 青藏高原环境变化科学评估: 过去、现在与未来. *科学通报*, 60, 3025-3035.]
- Ding WN, Ree RH, Spicer RA, Xing YW (2020). Ancient orogenic and monsoon-driven assembly of the world's richest temperate alpine flora. *Science*, 369, 578-581.
- Editorial Committee of the Flora of China (1959–2004). *Reipublicae Popularis Sinicae*. Science Press, Beijing. [中

- 国植物志编辑委员会 (1959–2004). 中国植物志. 科学出版社, 北京.]
- Editorial Committee of the Flora of Gansu (2005). *Flora of Gansu*. Gansu Science and Technology Press, Lanzhou. [甘肃植物志编辑委员会 (2005). 甘肃植物志. 甘肃科学技术出版社, 兰州.]
- Editorial Committee of the Flora Qinghaiica (1996–1999). *Flora Qinghaiica*. Qinghai People's Publishing House, Xining. [青海植物志编辑委员会 (1996–1999). 青海植物志. 青海人民出版社, 西宁.]
- Commissione Redactorum Florae Xinjiangensis (1992–1996). *Flora Xinjiangensis*. Xinjiang Science & Technology & Hygiene Publishing House, Ürümqi. [新疆植物志编辑委员会 (1992–1996). 新疆植物志. 新疆科技卫生出版社, 乌鲁木齐.]
- Editorial Committee of Vegetation Map of China, the Chinese Academy of Sciences (2007a). *Vegetation of China and its Geographical Pattern—Illustration of the Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1 000 000)*. Geology Press, Beijing. [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007a). 中国植被及其地理格局——中华人民共和国植被图(1:1 000 000)说明书. 地质出版社, 北京.]
- Editorial Committee of Vegetation Map of China, the Chinese Academy of Sciences (2007b). *Vegetation Map of the People's Republic of China (1:1 000 000)*. Geology Press, Beijing. [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007b). 中华人民共和国植被图(1:1 000 000). 地质出版社, 北京.]
- Editorial Committee of 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.]
- Guo K, Fang JY, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH, Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ (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 (2020). 中国植被分类系统修订方案. 植物生态学报, 44, 111–127.]
- Integrated Scientific Expedition to Qinghai-Tibet Plateau, Chinese Academy of Sciences (1985–1987). *Flora of Xizang*. Science Press, Beijing. [中国科学院青藏高原综合科学考察队 (1985–1987). 西藏植物志. 科学出版社, 北京.]
- Integrated Scientific Expedition to the Qinghai-Tibet Plateau, Chinese Academy of Sciences (1988). *Vegetation of Xizang*. Science Press, Beijing. [中国科学院青藏高原综合科学考察队 (1988). 西藏植被. 科学出版社, 北京.]
- Jin YL, Wang HY, Wei LF, Hou Y, Hu J, Wu K, Xia HJ, Xia J, Zhou BR, Li K, Ni J (2022). Plot-based photo dataset of plant community on the Qingzang Plateau. *Science Data Bank*. [2022-06-30]. DOI: 10.57760/sciencedb.01834.
- Li BS, Wang JT, Li SY (1987). The floristic features and geographic distribution of the cushion plant in Xizang. *Mountain Research*, 5, 14–20. [李渤生, 王金亭, 李世英 (1987). 西藏座垫植物的区系特点及地理分布. 山地研究, 5, 14–20.]
- Li BS, Zhang JW, Wang JT, Chen WL (1981). A preliminary study of the subnival vegetation in Xizang. *Acta Botanica Sinica*, 23, 132–139. [李渤生, 张经纬, 王金亭, 陈伟烈 (1981). 西藏高山冰缘植被的初步研究. 植物学报, 23, 132–139.]
- Liu YX (1985). *Flora of Desert Plants of China*. Science Press, Beijing. [刘嫫心 (1985). 中国沙漠植物志. 科学出版社, 北京.]
- Luo TX, Li WH, Zhu HZ (2002). Estimated biomass and productivity of natural vegetation on the Tibetan Plateau. *Ecological Applications*, 12, 980–997.
- Piao SL, Zhang XZ, Wang T, Liang EY, Wang SP, Zhu JT, Niu B (2019). Responses and feedback of the Tibetan Plateau's alpine ecosystem to climate change. *Chinese Science Bulletin*, 64, 2842–2855. [朴世龙, 张宪洲, 汪涛, 梁尔源, 汪诗平, 朱军涛, 牛犇 (2019). 青藏高原生态系统对气候变化的响应及其反馈. 科学通报, 64, 2842–2855.]
- Qiao XG, Guo K, Zhao LQ, Liu CC, Zhao HW, Hou DJ, Gao CG (2017). Distribution, community characteristics and classification of *Stipa tianschanica* var. *klemenziei* steppe in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 41, 231–237. [乔鲜果, 郭柯, 赵利清, 刘长成, 赵海卫, 侯东杰, 高趁光 (2017). 中国石生针茅草原的分布、群落特征和分类. 植物生态学报, 41, 231–237.]
- Qiao XG, Guo K, Zhao LQ, Wang Z, Liu CC (2020). Community characteristics of *Stipa bungeana* alliance in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 986–994. [乔鲜果, 郭柯, 赵利清, 王孜, 刘长成 (2020). 中国长芒草群系的群落特征. 植物生态学报, 44, 986–994.]
- Sabatini FM, Lenoir J, Hattab T, Arnst EA, Chytrý M, Dengler J, de Ruffray P, Hennekens SM, Jandt U, Jansen F, Jiménez-Alfaro B, Kattge J, Levesley A, Pillar VD, Purschke O, et al. (2021). sPlotOpen—An environmentally balanced, open-access, global dataset of vegetation plots. *Global Ecology and Biogeography*, 30, 1740–1764.
- Su YJ, Guo QH, Hu TY, Guan HC, Jin SC, An SZ, Chen XL, Guo K, Hao ZQ, Hu YM, Huang YM, Jiang MX, Li JX, Li ZJ, Li XK, et al. (2020). An updated Vegetation Map of China (1:1 000 000). *Science Bulletin*, 65, 1125–1136.
- Sun HQ, Shi HX, Ma L (2013). Floristic study on Sanjiangyuan National Nature Reserve. *Chinese Journal of Grassland*,

- 35(3), 85-91. [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(3), 85-91.]
- Wang JT (1988). A preliminary study of alpine vegetation of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 12, 81-90. [王金亭 (1988). 青藏高原高山植被的初步研究. *植物生态学与地植物学学报*, 12, 81-90.]
- Wang JT, Li BS (1982). Main types and characteristics of high-cold steppe in the Qiangtang Plateau of Xizang. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 6, 1-13. [王金亭, 李渤生 (1982). 西藏羌塘高原高寒草原的基本类型与特征. *植物生态学与地植物学丛刊*, 6, 1-13.]
- Wang L, Dong L, Hu TY, Guo K (2021). History and prospect of vegetation map compilation in China. *Scientia Sinica (Vita)*, 51, 219-228. [王乐, 董雷, 胡天宇, 郭柯 (2021). 中国植被图编研历史与展望. *中国科学: 生命科学*, 51, 219-228.]
- Wu ZY (1991). The areal-types of Chinese genera of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica*, (Suppl. IV), 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*, (增IV), 1-139.]
- Wu ZY, Zhou ZK, Li DZ, Peng H, Sun H (2003) The areal-types of the world families of seed plants. *Acta Botanica Yunnanica*, 25, 245-257. [吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 彭华, 孙航 (2003). 世界种子植物科的分布区类型系统. *云南植物研究*, 25, 245-257.]
- Yang Y, Guo K, Zhao LQ, Zhao HW, Qiao XG, Liu HM, Liu CC (2014). Community characteristics of *Stipa roborowskyi* steppe in Xizang. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 38, 635-639. [杨瑶, 郭柯, 赵利清, 赵海卫, 乔鲜果, 刘慧明, 刘长成 (2014). 西藏昆仑针茅草原的基本特征. *植物生态学报*, 38, 635-639.]
- Yao TD, Chen FH, Cui P, Ma YM, Xu BQ, Zhu LP, Zhang F, Wang WC, Ai LK, Yang XX (2017). From Tibetan Plateau to Third Pole and Pan-Third Pole. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 32, 924-931. [姚檀栋, 陈发虎, 崔鹏, 马耀明, 徐柏青, 朱立平, 张凡, 王伟财, 艾丽坤, 杨晓新 (2017). 从青藏高原到第三极和泛第三极. *中国科学院院刊*, 32, 924-931.]
- Zhang JW (1963). The basic characteristics and zonal significance of steppes in southeastern Qiangtang Plateau. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1, 131-140. [张经炜 (1963). 羌塘高原东南部草原的基本特点及其地带性意义. *植物生态学与地植物学丛刊*, 1, 131-140.]
- Zhang JW, Jiang S (1973). A preliminary study on the vertical vegetation belt of Mt. Jolmo-Lungma (Everest) region and its relationship with horizontal zone. *Acta Botanica Sinica*, 15, 221-238. [张经炜, 姜恕 (1973). 珠穆朗玛峰地区的植被垂直分带及其与水平地带关系的初步研究. *植物学报*, 15, 221-238.]
- Zhang XS (1978). The Plateau zonality of vegetation in Xizang. *Acta Botanica Sinica*, 20, 140-149. [张新时 (1978). 西藏植被的高原地带性. *植物学报*, 20, 140-149.]
- Zhang XS (1991). Indirect gradient analysis, quantitative classification and environmental interpretation of plant communities in Ngari, Xizang (Tibet). *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 15, 101-113. [张新时 (1991). 西藏阿里植物群落的间接梯度分析、数量分类与环境解释. *植物生态学与地植物学学报*, 15, 101-113.]
- Zhang XZ, Yang YP, Piao SL, Bao WK, Wang SP, Wang GX, Sun H, Luo TX, Zhang YJ, Shi PL, Liang EY, Shen MG, Wang JS, Gao QZ, Zhang YL, Ouyang H (2015). Ecological change on the Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 60, 3048-3056. [张宪洲, 杨永平, 朴世龙, 包维楷, 汪诗平, 王根绪, 孙航, 罗天祥, 张扬建, 石培礼, 梁尔源, 沈妙根, 王景升, 高清竹, 张镱锂, 欧阳华 (2015). 青藏高原生态变化. *科学通报*, 60, 3048-3056.]
- Zheng D, Chen WL (1981). A preliminary study on the vertical belts of vegetation of the Eastern Himalayas. *Acta Botanica Sinica*, 23, 228-234. [郑度, 陈伟烈 (1981). 东喜马拉雅植被垂直带的初步研究. *植物学报*, 23, 228-234.]
- Zhong BQ (1954). The plants of the Tibetan Plateau and their distribution. *Bulletin of Biology*, (10), 10-13. [钟补求 (1954). 西藏高原的植物及其分布概况. *生物学通报*, (10), 10-13.]
- 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.]
- 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. [朱岑, 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.]
- Zhu YJ, Qiao XG, Guo K, Xu R, Zhao LQ (2018). Distribution, community characteristics and classification of *Stipa tianschanica* var. *gobica* steppe in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 42, 785-792. [朱媛君, 乔鲜果, 郭柯, 旭日, 赵利清 (2018). 中国戈壁针茅草原的分布、群落特征和分类. *植物生态学报*, 42, 785-792.]

责任编辑: 郭柯 编辑: 乔鲜果

附录 青藏高原植物群落样方数据集

Supplement A plot-based dataset of plant community on the Qingzang Plateau

<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2022.0174-D1.xlsx>

www.plant-ecology.com