

中国石生针茅草原的分布、群落特征和分类

乔鲜果^{1,2} 郭柯^{1,2*} 赵利清³ 刘长成¹ 赵海卫^{1,2} 侯东杰^{1,2} 高趁光^{1,2}

¹中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; ²中国科学院大学, 北京 100049; ³内蒙古大学生命科学学院, 呼和浩特 010021

摘要 石生针茅(*Stipa tianschanica* var. *klemenzii*)草原是中国荒漠草原最具代表性的植被类型。该文利用2010–2016年生长季的野外调查数据并结合已有文献资料, 对中国石生针茅草原的生态地理分布、群落学特征以及类型划分进行了全面系统的分析。结果表明: 中国石生针茅草原主要分布在内蒙古锡林郭勒高原西部和乌兰察布高原, 常分布在棕钙土基质的高平原上; 分布区气候干旱, 群落高度、盖度、生物量和物种丰富度较低; 根据80个样地的数据统计, 石生针茅草原共记录到种子植物165种, 隶属于29科85属, 其中以偶见种(存在度<20%)居多, 占87%, 常见种和恒有种较少, 存在度大于50%的物种有石生针茅、银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)、无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)、细叶韭(*Allium tenuissimum*); 物种生活型以地面芽植物和一年生植物居多, 分别占55%和20%; 水分生态类型以典型旱生植物居多, 占47%, 其次为强旱生植物和中旱生植物; 区系地理成分以亚洲中部和东古北极成分为多, 分别占37%和26%; 根据生活型和物种的优势度, 石生针茅群系可划分为6个群丛组、29个群丛。

关键词 丛生禾草草原; 生活型谱; 区系地理成分; 群落分类

引用格式: 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. doi: 10.17521/cjpe.2016.0053

Distribution, community characteristics and classification of *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe in China

QIAO Xian-Guo^{1,2}, GUO Ke^{1,2*}, ZHAO Li-Qing³, LIU Chang-Cheng¹, ZHAO Hai-Wei^{1,2}, HOU Dong-Jie^{1,2}, and GAO Chen-Guang^{1,2}

¹State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; ²University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; and ³College of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China

Abstract

Stipa tianschanica var. *klemenzii* steppe is the most typical formation of desert steppe in China. Based on the primary plots data obtained from fieldworks during the growing seasons from 2010 to 2016 as well as some earlier records, we studied the *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe across China systematically, including the eco-geographical distributions, community characteristics and classifications. The results showed that *S. tianschanica* var. *klemenzii* steppe distributed mainly on the Ulan Qab Plateau and western Xilin Gol Plateau. Due to the arid biotope of *S. tianschanica* var. *klemenzii* steppe, quantitative characteristics of the assemblage including height, coverage, biomass and species richness were normally lower than that of most *Stipa* formations in Eurasian steppe region. Moreover, 165 seed plants belonging to 85 genera and 29 families were recorded in the 80 study sites, in which rare species (occurrence frequency <20%) made up 87% of the total plants while common species and constant species could only be found occasionally. Species with the occurrence frequency exceeding 50% included *S. tianschanica* var. *klemenzii*, *Convolvulus ammannii*, *Cleistogenes songorica*, *Allium tenuissimum*. In addition, Hemicryptophyte and therophyte were the two dominant life forms, covering 55% and 20% of the species, respectively. As for the ecological type of water, typical xerophytes accounted for 47% of all species which is followed by super-xerophytes and meso-xerophytes. Middle Asian areal-type and east Palaeo-North areal-type were the two major floristic elements, containing 37% and 26% of the species, respectively. Based on the life forms and dominances of the species within the community, *S. tianschanica* var. *klemenzii* steppe in China could be classified into 6 association groups, 29 associations.

Key words bunch grass steppe; life-form spectrum; floristic geographic elements; community classification

Citation: Qiao XG, Guo K, Zhao LQ, Liu CC, Zhao HW, Hou DJ, Gao CG (2017). Distribution, community characteristics and classification of *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe in China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 41, 231–237. doi: 10.17521/cjpe.2016.0053

收稿日期Received: 2016-01-30 接受日期Accepted: 2016-07-19

* 通信作者Author for correspondence (E-mail: guoke@ibcas.ac.cn)

石生针茅(也叫小针茅)(*Stipa tianschanica* var. *klemenzi*)草原是以石生针茅为建群种形成的植被类型,是亚洲中部荒漠草原地带的一类小型丛生禾草原,是最耐干旱的一种针茅草原,在我国主要分布在乌兰察布高平原和鄂尔多斯高原中西部地区,往西在荒漠区的山地(贺兰山、祁连山、柴达木、阿尔泰山、东天山等)也有出现(中国植被编辑委员会, 1980)。

石生针茅和戈壁针茅(*Stipa tianschanica* var. *gobica*)形态特征相似,两者的区别主要表现在: 1) 石生针茅基生叶叶舌长1.0–1.5 mm,先端具不足1 mm的纤毛,叶鞘光滑,戈壁针茅基生叶叶舌长约1 mm,先端具明显长于叶舌片的柔毛,叶鞘粗糙; 2) 石生针茅外稃长约10 mm (变化在9–11 mm之间),戈壁针茅外稃长7–9 mm; 3) 石生针茅干燥的芒常呈镰状弯曲,戈壁针茅干燥的芒呈直角弯曲。在《中国植物志》(2004)和《Flora of China》(2013)中,仅以颖片和芒针的长短来区分,在植被调查时极易辨认错误。另外,两者在分布和生态适应特征上区别也很大,石生针茅草原主要生长在典型的棕钙土上,是蒙古高原荒漠草原最具代表性的群落类型,而戈壁针茅草原生于荒漠草原带及典型草原带西部的石质山地与丘陵,一般只形成小面积的群落(内蒙古植物志编辑委员会, 1998; 陈灵芝等, 2014)。在《内蒙古植被》(1985)中写到“戈壁针茅外稃长10 mm,芒一次膝曲,呈弯镰状”,但这是属于石生针茅的形态特征。另外,《中国植被》(1980)、《内蒙古植被》(1985)以及《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)中说到戈壁针茅是内蒙古高原荒漠草原地区地带性植被的建群种,是棕钙土上的典型代表植物,而石生针茅主要见于山地和丘陵上部,并与砾石质粗骨土壤有密切关系,这与前面所述内容相悖。我们在2010–2016年生长季调查了80个石生针茅的样地和67个戈壁针茅的样地,确认了两者在生境与生态适应性方面的差异。综上所述,我们认为《中国植被》(1980)、《内蒙古植被》(1985)以及《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)中所描述的戈壁针茅草原应是石生针茅草原的生态特征,而石生针茅草原的相关描述是戈壁针茅草原的内容。

植被调查的样方资料是定性或定量描述群落特征的重要依据,也是植被类专著编研的主要资料来源(杨瑶等, 2014)。因此植物群落的详尽调查是研究

一个地区植被特征的重要基础,更是当今科学研究的需求。石生针茅草原现有文献所利用数据多是20世纪80年代以前的,侧重定性的描述,缺乏详细的样方数据和定量化的指标,群系下未进行过系统分类(中国植被编辑委员会, 1980; 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队, 1985)。本文基于2010–2016年生长季野外调查的80个样地数据对中国石生针茅草原的生态地理分布、群落特征及类型划分进行相对全面的总结,以期对《中国植被志》的编研提供基础数据和资料。

1 研究方法

1.1 样地及样方调查

野外考察于2010–2016年生长季展开。考查范围从内蒙古新巴尔虎旗的克鲁伦河南岸向西南方向延伸至青海省以及西藏阿里地区,包括呼伦贝尔高原、锡林郭勒高原、乌兰察布高原、鄂尔多斯高原、黄土高原、荒漠区山地(贺兰山、祁连山、阿尔泰山、天山)和青藏高原。

野外考察采用样地和样方双层调查。样地调查是对一个地区植被全面勘察后,选取20 m × 50 m的典型群落地段,对这个样地作一般性描述和物种数量特征记录,一般性描述包括样地编号、面积、日期、植物群落名称、地理位置、海拔高度、地貌、生境信息、干扰情况等,物种数量特征是样地内的所有物种的高度和盖度信息,并形成样地调查表(见附录)。

样方调查是在典型地段选取3–5个1 m × 1 m的小样方进行,首先是样方描述,包括样方编号、面积、生境、干扰等信息;其次对样方内的所有物种展开调查,包括群落高度、盖度、物种高度、分盖度、密度,采用收获法获得地上生物量。样方调查数据以样方调查表形式保存(见附录)。

1.2 数据处理及分析

根据样地调查表和样方调查表的数据对石生针茅草原的群落学特征进行分析。首先对石生针茅草原中出现的所有物种进行名录整理,确定其科属组成、生活型、水分生态类型和区系地理成分。然后对群落的物种丰富度、Shannon-Wiener多样性指数(H')、Pielou均匀度指数(J)、物种重要值(IV)进行分析计算,公式如下: $H' = -\sum P_i \log_2 P_i$, $J = H' / H'_{\max}$, $H'_{\max} = \ln S$ 。式中: S 为群落中的物种数, P_i 为物种*i*的

重要值在全部植物重要值中的比例, H'_{\max} 是最大均匀条件下的群落多样性指数。物种重要值的计算采用公式 $IV = (\text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对生物量})/3$, 在盖度缺失的样地中, 采用公式 $IV = (\text{相对高度} + \text{相对生物量})/2$ 计算; 最后以建群种和次优势层/次优势层片优势物种命名群丛组和群丛(陈灵芝等, 2014)。

样地的气象数据根据国家气象中心提供的全国731个气象站点1980–2010年的逐月气象数据, 利用ArcGis软件插值计算得到。数据的统计和分析利用SPSS 17.0和Excel软件进行。

2 结果和分析

2.1 石生针茅草原的分布与生态特征

在地理分布上, 已有资料记载石生针茅仅在内蒙古有分布(中国植物志编辑委员会, 2004; Wu *et al.*, 2013), 调查中发现陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆和西藏均有石生针茅的分布。石生针茅草原在我国集中分布于阴山山脉以北的锡林郭勒高原西部和乌兰察布高原, 往南在鄂尔多斯高原的西部地区也有广泛的分布, 并可延伸至宁夏同心县、盐池县、海原县、中卫县以及陕西靖边县等, 往东在内蒙古东乌珠穆沁旗以及新巴尔虎旗的克鲁伦河南岸也有分布, 往西在甘肃省祁连山东段低山区、青海省的共和县、德令哈市西南方向、新疆东天山山前冲积平原和低山丘陵区以及西藏阿里地区革吉县文布当桑乡也有记录。集中分布区呈带状, 介于典型草原区和荒漠区之间, 形成大面积的荒漠草原景观。与原分布区相比, 新增加了呼伦贝尔高原和青藏高原分布区。另外, 在锡林郭勒高原, 其分布东界从苏尼特左旗和苏尼特右旗的部分地区扩展到苏尼特左旗和右旗的大部分地区, 而且在阿巴嘎旗、镶黄旗和东乌珠穆沁旗也有相当面积的分布。

对80个样地的环境特征统计显示, 石生针茅草原广泛分布在高平原的棕钙土基质上, 在荒漠区常分布在石质化严重的山麓, 地面粗糙, 常覆盖有细小石砾和粗砂, 土体腐殖层较薄, 钙积层常分布在地下20–30 cm土层。分布区的海拔高度平均为1455 m, 最高出现在西藏文布当桑乡4601 m, 最低出现在内蒙古新巴尔虎旗588 m, 分布区的海拔高度表现出自东向西、自北向南显著升高, 从锡林郭勒高原的850–1160 m、乌兰察布高原的1200–1600 m到

宁夏地区的1700–2000 m, 在荒漠区山地海拔达2000–4000 m。年总辐射量平均为 $1.28 \times 10^5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 年降水量平均为241 mm, 最低167 mm, 最高304 mm, 反映了分布区的干旱特征。年平均气温为5.0 °C, 最低0.3 °C, 最高8.45 °C; 最冷月平均气温为–1.0 °C; 最暖月平均气温为11.8 °C; ≥ 10 °C积温为2000–3100 °C。植物生长期一般为6–7个月, 期间往往发生较长时间的干旱胁迫。

2.2 石生针茅草原的群落特征

2.2.1 群落数量特征及结构特征

群落的数量特征是针对群落整体进行的定量化描述, 包括群落高度、盖度、生物量、物种丰富度等。石生针茅草原作为荒漠草原的典型类型, 在数量特征上较低。根据80个样地的统计, 群落平均高度14 cm, 最低5 cm, 最高24 cm, 草层较矮; 群落平均盖度19%, 最小11%, 最大34%, 覆盖度低; 平均鲜物质生产量为 $101 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 最小 $18 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 最大 $325 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 受干扰强度、当年降水量和降水分配影响较大; 平均干物质生产量为 $60 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 最小 $11 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 最大 $150 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 物种平均丰富度为8.5个 $\cdot \text{m}^{-2}$, Shannon-Wiener指数为 2.38 ± 0.30 , Pielou均匀度指数为 0.97 ± 0.04 。

石生针茅群落的垂直结构简单, 通常分为3层。第一层是灌木和半灌木, 高40–50 cm, 主要有红砂(*Reaumuria songarica*)、珍珠猪毛菜(*Salsola passerina*)、松叶猪毛菜(*Salsola laricifolia*)等镶嵌于群落中; 中间层是草本层, 由石生针茅、短花针茅(*Stipa breviflora*)等丛生禾草以及一些杂类草组成, 高20–30 cm; 下层由冷蒿(*Artemisia frigida*)、女蒿(*Hippolytia trifida*)、燥原芥(*Ptilotricum canescens*)等小半灌木以及九顶草(*Enneapogon desvauxii*)、乳白花黄耆(*Astragalus galactites*)、银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)、蒺藜(*Tribulus terrestris*)等低矮杂类草和禾草组成, 高5–10 cm。

2.2.2 物种组成

80个样地共记录到种子植物165种, 隶属于29科85属。其中单子叶植物4科24属48种, 双子叶植物25科61属117种。物种较多的科依次是禾本科(18属30种)、菊科(16属29种)、豆科(6属25种)、藜科(8属15种)、百合科(3属10种), 其次为蔷薇科、石竹科、莎草科、十字花科、鸢尾科、报春花科、麻黄科、蒺藜科、怪柳科、骆驼蓬科、牻牛儿苗科、亚麻科、

旋花科、紫草科、唇形科,剩下的9科各含1个物种。含种数较多的属有黄耆属(*Astragalus*, 10种),蒿属(*Artemisia*, 8种),棘豆属(*Oxytropis*, 7种),葱属(*Allium*, 6种),委陵菜属(*Potentilla*, 6种),猪毛菜属(*Salsola*, 5种),鸦葱属(*Scorzonera*, 5种),针茅属(5种),其中52个属只含1个种。

根据165种植物在80个样地中出现的百分比可将其划分为5个存在度等级(图1)。其中存在度I级(0–20%)的物种占87%,是群落中的偶见种,有中亚细柄茅(*Ptilagrostis pelliottii*)、硬阿魏(*Ferula bungeana*)、西北风毛菊(*Saussurea petrovii*)、素蒿(*Elachanthemum intricatum*)、镰荚黄耆(*Astragalus arpilobus*)等;II级(20%–40%)物种主要是群落的伴生种,有猪毛菜(*Salsola collina*)、九顶草、冰草(*Agropyron cristatum*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、蒙古韭(*Allium mongolicum*)等;III级(40%–60%)物种是群落的常见种,有无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)、细叶韭(*Allium tenuissimum*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、碱韭(*Allium polyrhizum*)、乳白花黄耆;IV级(60%–80%)只有银灰旋花1种,是常见的次优势种或恒有种;V级(80%–100%)物种只有石生针茅,是建群种。

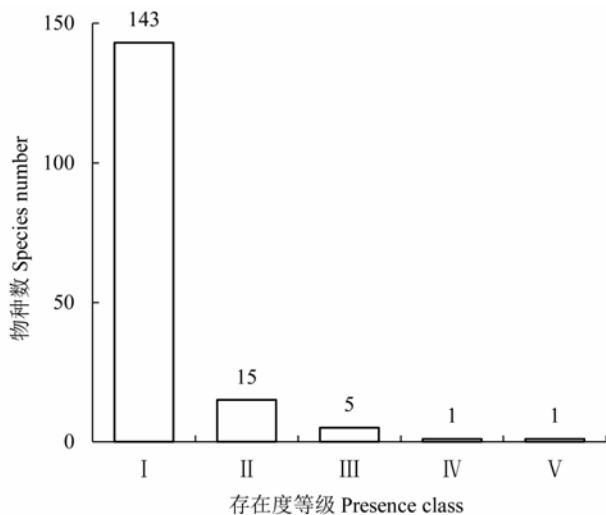


图1 石生针茅草原物种的存在度等级分布。I, 0–20%; II, 20%–40%; III, 40%–60%; IV, 60%–80%; V, 80%–100%。

Fig. 1 The frequency distribution of species with different presence classes in *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe. I, 0–20%; II, 20%–40%; III, 40%–60%; IV, 60%–80%; V, 80%–100%.

2.2.3 生活型及水分生态类型

根据Raunkiaer的生活型系统可将石生针茅草

原的165种植物划分为4类生活型,形成生活型谱(图2)。地面芽植物作为草原植被的优势生活型,也是石生针茅草原的优势类群,占55%,包括多年生丛生禾草18种和多年生杂类草73种;一年生植物以种子越冬,处于次优势地位,反映了分布区常年干旱、冬春严寒的特点,占20%,主要是一年生杂类草和一年生禾草组成,以藜科、禾本科、菊科居多;地上芽植物占14%,由小灌木和小半灌木组成,主要是由兴安胡枝子(*Lespedeza daurica*)、燥原芥、红砂、珍珠猪毛菜、猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)等强旱生和旱生物种组成;隐芽植物最少,占10%,主要是禾本科根茎类禾草、百合科鳞茎植物、莎草科根茎藁草和嵩草。

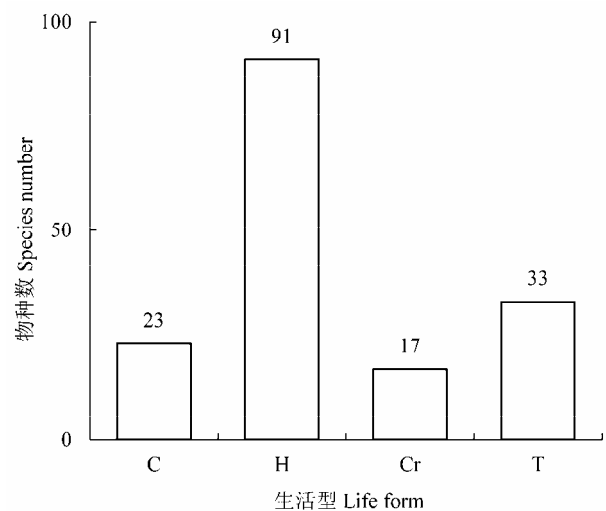


图2 石生针茅草原物种的生活型谱。C, 地上芽植物; H, 地面芽植物; Cr, 隐芽植物; T, 一年生植物。

Fig. 2 The frequency distribution of the species with different life-forms in *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe. C, chamaephytes; H, hemicryptophytes; Cr, cryptophytes; T, therophytes.

根据植物对水分因子的适应特征可将其划分为不同的水分生态类群。通过查阅相关资料,可将石生针茅草原的165种植物划分为7种水分生态类型(图3)。典型旱生类型居多,常见的有石生针茅、西北针茅(*Stipa sareptana* var. *krylovii*)、冰草、乳白花黄耆、蒙古韭等共78种,占47%,其次为强旱生和中旱生类型,强旱生类型有红砂、猫头刺、珍珠猪毛菜、荒漠锦鸡儿(*Caragana roborovskiyi*)、革苞菊(*Tugarinovia mongolica*)、米蒿(*Artemisia dalai-lamae*)、碱韭、白茎绢蒿(*Seriphidium terrae-albae*)等,中旱生类型包括兴安天门冬(*Asparagus dauricus*)、野韭

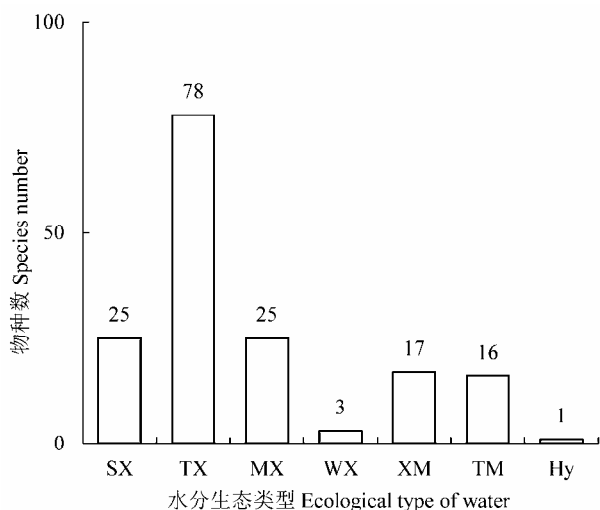


图3 石生针茅草原物种的水分生态类型谱。SX, 强旱生植物; TX, 典型旱生植物; MX, 中旱生植物; WX, 广旱生植物; XM, 旱中生植物; TM, 典型中生植物; Hy, 湿生植物。

Fig. 3 The frequency distribution of the species with different ecological types of water in *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe. SX, super-xerophytes; TX, typical xerophytes; MX, meso-xerophytes; WX, wild xerophytes; XM, xero-mesophytes; TM, typical mesophytes; Hy, hygrophytes.

(*Allium ramosum*)、兴安胡枝子、阿尔泰狗娃花等。

2.2.4 物种区系地理成分

通过查阅相关资料以及对分布区的分析, 确定石生针茅草原的植物区系地理成分, 属于10类(图4)。亚洲中部成分最多, 占37%, 有石生针茅、无芒隐子草、西北针茅、蒙古韭、碱韭、冬青叶兔唇花(*Lagochilus ilicifolius*)等; 东古北极成分次之, 占26%, 有银灰旋花、细叶葱、兴安天门冬、砂韭(*Allium bidentatum*)、细叶鸢尾(*Iris tenuifolia*)等; 东亚成分占8%, 泛北极成分占7%, 古地中海成分占6%, 古北极成分占5%, 中亚-亚洲中部成分占5%, 世界分布和泛温带成分各占2%; 青藏藁草(*Carex moorcroftii*)、固沙草(*Orinus thoroldii*)和木根香青(*Anaphalis xylorrhiza*)作为青藏高原成分占2%。区系成分的多样化反映了物种广泛传播和渗透性。

2.3 石生针茅群系分类

依照《中国植物区系和植被地理》(2014)中的植被分类原则和系统、植物群落命名原则对石生针茅草原进行分类和命名。根据生活型层片及物种优势度将石生针茅群系划分为6个群丛组、29个群丛(表1)。6个群丛组的主要特征如下: 1)石生针茅、小灌木/小半灌木群丛组是荒漠化程度最高的类型, 年降水量不足200 mm。作为次优势种的红砂、蓍状

亚菊、珍珠猪毛菜、蒿叶猪毛菜(*Salsola abrotanoides*)和猫头刺都是耐旱性极强的类群, 因此所属的群丛分布在荒漠草原区和荒漠区交接的地带(内蒙古巴彦淖尔盟乌拉特中旗、阿拉善左旗以及宁夏中卫市), 也可出现在干旱的湖滨阶地(青海共和县切吉乡)。白莲蒿是广幅旱生植物, 石生针茅与白莲蒿形成的群落分布在内蒙古锡林郭勒盟的苏尼特右旗。2)若群落中缺乏明显的亚优势层片或亚优势种, 则形成单优群丛组或群丛, 一共22个样地。该类型分布范围广泛, 在锡林郭勒盟的东乌珠穆沁旗、二连浩特、乌拉特中旗、乌拉特后期、宁夏中南部、陕西西部地区以及新疆哈密地区都有分布。是代表性的群落类型, 年降水量280 mm。3)其他丛生禾草如西北针茅、短花针茅等作为优势层片的次优势种可形成石生针茅、丛生禾草群丛组和相应的群丛, 记录到15个样地。石生针茅+西北针茅群丛分布在水分相对较好的区域, 年降水量达到300 mm, 在呼伦贝尔盟的克鲁伦河、阿巴嘎旗以及乌拉特中旗有分布。4)具有长根茎的沙鞭(*Psammodiola villosa*)和固沙草分别是蒙古高原和青藏高原的沙生先锋植物, 在沙质化的基质上常占据优势地位, 可与建群种形

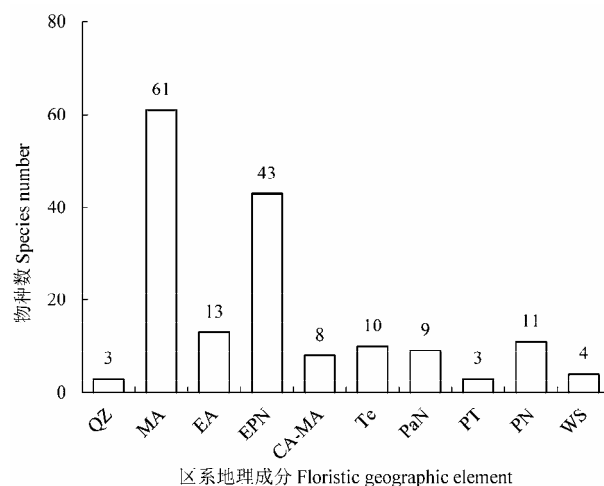


图4 石生针茅草原物种的区系地理成分组成。QZ, 青藏高原特有成分; MA, 亚洲中部成分; EA, 东亚成分; EPN, 东古北极成分; CA-MA, 中亚-亚洲中部成分; Te, 古地中海成分; PaN, 古北极成分; PT, 泛温带成分; PN, 泛北极成分; WS, 世界广布种。

Fig. 4 The frequency distribution of the species with different floristic elements in *Stipa tianschanica* var. *klemenzii*. QZ, Qinghai-Xizang Plateau element; MA, middle Asia element; EA, east Asia element; EPN, east Palaeo-North element; CA-MA, central Asia-middle Asia element; Te, Tethys element; PaN, Palaeo-North element; PT, Pan-Temperate element; PN, Pan-North element; WS, wide spread element.

表1 石生针茅草原群系分类

Table 1 The classification of *Stipa tianschanica* var. *klemenzii* steppe at the formation level

群丛组 Association group	群丛 Association	样地编号 Plot number
石生针茅、小灌木/小半灌木 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> , dwarf shrubs/dwarf subshrubs	石生针茅-蒿叶猪毛菜 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Salsola abrotanoides</i>	P1
	石生针茅-白莲蒿 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Artemisia sacrorum</i>	P40
	石生针茅-红砂 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Reaumuria songarica</i>	P54, P60
	石生针茅-珍珠猪毛菜 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Salsola passerine</i>	P57, P66
	石生针茅-猫头刺 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Oxytropis aciphylla</i>	P62
	石生针茅-女蒿 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Hippolytia trifida</i>	P63
	石生针茅-蓍状亚菊 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> - <i>Ajania achilleoides</i>	P71
石生针茅 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i>	石生针茅 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i>	P6, P7, P8, P10, P11, P13, P14, P15, P16, P17, P23, P28, P36, P50, P52, P65, P67, P68, P69, P72, P75, P79
石生针茅、丛生禾草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> , bunchgrasses	石生针茅+冰草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Agropyron cristatum</i>	P2, P20
	石生针茅+糙隐子草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Cleistogenes squarrosa</i>	P3, P4
	石生针茅+西北针茅 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Stipa sareptana</i> var. <i>krylovii</i>	P5, P33, P35, P51
	石生针茅+短花针茅 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Stipa breviflora</i>	P21, P22, P24
	石生针茅+无芒隐子草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Cleistogenes songarica</i>	P30, P31, P49, P61
石生针茅、根茎禾草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> , rhizomatous grasses	石生针茅+沙鞭 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Psammochloa villosa</i>	P38
	石生针茅+固沙草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Orinus thoroldii</i>	P76
	石生针茅+沙芦草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Agropyron mongolicum</i>	P77
石生针茅、杂类草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> , forbs	石生针茅+碱韭 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Allium polyrhizum</i>	P18, P32, P34, P43, P45, P56, P58, P64
	石生针茅+草芸香 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Haplophyllum dauricum</i>	P27
	石生针茅+兴安天门冬 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Asparagus dauricus</i>	P29
	石生针茅+银灰旋花 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Convolvulus ammannii</i>	P41, P42, P47, P80
	石生针茅+细叶鸢尾 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Iris tenuifolia</i>	P53
	石生针茅+砂韭 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Allium bidentatum</i>	P55
	石生针茅+骆驼蓬 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Peganum harmala</i>	P59
	石生针茅+西北风毛菊 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Saussurea petrovii</i>	P70
	石生针茅+细叶石头花 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Gypsophila licentiana</i>	P73
	石生针茅+短翼岩黄耆 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Hedysarum brachypterum</i>	P74
	石生针茅+白茎绢蒿 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Seriphidium terrae-albae</i>	P78
石生针茅、一年生植物 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> , annual grasses	石生针茅+九顶草 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Enneapogon desvauxii</i>	P9, P12, P19, P25, P26, P46, P48
	石生针茅+猪毛菜 <i>Stipa tianschanica</i> var. <i>klemenzii</i> + <i>Salsola collina</i>	P37, P39, P44

成石生针茅+沙鞭群丛(内蒙古苏尼特右旗)和石生针茅+固沙草群丛(西藏革吉县文布当桑乡);在祁连山东段沙质化的山坡上分布有石生针茅+沙芦草(*Agropyron mongolicum*)群丛。5)当亚优势层片是多年生杂类草时便形成石生针茅、杂类草群丛组,共记录到11个群丛类型、21个样地。石生针茅+碱韭是代表性的群落,旱生性强,主要分布在乌兰察布高原的沙质棕钙土上;石生针茅+骆驼蓬(*Peganum harmala*)和石生针茅+银灰旋花群丛是在放牧压力下形成的轻度退化类型,以适口性差的骆驼蓬和银灰旋花占次优势地位,主要分布在巴彦淖尔盟的乌拉特中旗和锡林郭勒盟西部。6)一年生植物层片作为荒漠草原的重要组成部分,在多雨年份发育极好,

其盖度、密度及生物量有时仅次于甚至超过建群种形成石生针茅、一年生植物群丛组,分布在内蒙古高原的乌拉特中旗和苏尼特右旗。

3 结论和讨论

1)石生针茅草原在我国集中分布在锡林郭勒高原西部和乌兰察布高原,在呼伦贝尔高原和青藏高原为首次记录该类型。与《中国植被》(1980)和《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)记载的分布区相比,分布范围和分布面积都有较大的增加。石生针茅草原一般分布在棕钙土基质的高平原上,土壤在20–30 cm处普遍存在钙积层。分布区温暖、干燥,海拔1 500 m左右,年降水量250 mm左右,年平

均气温5℃。另外, 据《中国植被》(1980)和《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)记载, 在贺兰山、祁连山、柴达木、阿尔泰山以及天山等干旱区山地也有石生针茅草原的分布; 鉴于考察的时间和地区有限, 在贺兰山、阿尔泰山以及柴达木地区未发现分布, 还有待更加全面的调查研究。

2) 石生针茅草原作为荒漠草原的代表类型, 群落数量特征低, 单位面积的物种饱和度不足10个, 旱生植物高达79%, 生活型除了草本优势层片, 灌木和半灌木也具有重要的作用, 这体现了对干旱少雨生境的适应。出现在石生针茅草原中的种子植物共计165种, 与《中国植被》(1980)和《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)记录到的74种相比, 极大地丰富了石生针茅草原的物种组成。

3) 将石生针茅草原的生活型谱与典型草原(地面芽植物65%, 一年生植物15%, 隐芽植物11%, 地上芽植物9%)和草甸草原(地面芽植物58%, 一年生植物7%, 隐芽植物27%, 地上芽植物6%, 矮高位芽植物2%)的生活型谱比较, 随着干旱程度增加, 耐旱的半灌木和灌木类地上芽植物以及受雨水影响极大的一年生植物比例明显增加, 而分布在水分较好环境下的隐芽植物则逐步减少, 反映出常年干旱、冬春严寒的气候条件(中国科学院内蒙古宁夏综合考察队, 1985)。

4) 石生针茅群系可划分为6个群丛组和29个群丛, 每个群丛组受到次优势种的生态特征和分布范围的限制, 分布在不同区域内。与《中国植被》(1980)和《中华人民共和国植被图1:1 000 000》(2007)的6个群丛相比, 丰富了石生针茅草原的多样性, 增加了新类型。

基金项目 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2014CB-138800)、国家科技支撑计划(2015BAC02B00)和科技基础性工作专项(2015FY210200)。

致谢 感谢中国科学院大学资源与环境学院崔骁勇教授提供青藏高原样方资料。

参考文献

- Chen LZ, Sun H, Guo K (2014). *Floristic and Vegetation Geography of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈灵芝, 孙航, 郭柯 (2014). 中国植物区系和植被地理. 科学出版社, 北京.]
- Inner Mongolia and Ningxia Scientific Expedition Group, Chinese Academic of Sciences (1985). *Vegetation of Inner Mongolia*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [中国科学院内蒙古宁夏综合考察队 (1985). 内蒙古植被. 科学出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Flora Intramongolica (1998). *Flora Intramogolica*. 2nd edn. Vol. 5. Inner Mongolia People's Publishing House, Hohhot. (in Chinese) [内蒙古植物志编辑委员会 (1998). 内蒙古植物志. 第二版. 第五卷. 内蒙古人民出版社, 呼和浩特.]
- The Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences (2004). *Flora Republicae Popularis Sinicae*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [中国科学院中国植物志编辑委员会 (2004). 中国植物志. 科学出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences (2007). *Vegetation Map of the People's Republic of China 1:1000000*. Geological Publishing House, Beijing. (in Chinese) [中国科学院中国植被图编辑委员会 (2007). 中华人民共和国植被图1:1000000. 地质出版社, 北京.]
- The Editorial Committee of Vegetation of China (1980). *Vegetation of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [中国植被编辑委员会 (1980). 中国植被. 科学出版社, 北京.]
- Wu ZY, Raven PH, Hong DY (2013). *Flora of China*. Vol. 22: *Poaceae*. Science Press, Beijing; Missouri Botanical Garden, St. Louis. 197.
- Yang Y, Guo K, Zhao LQ, Zhao HW, Qiao XG, Liu HM, Liu CC (2014). Community characteristics of *Stipa roborowskyi* in Xizang. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 38, 635–639. (in Chinese) [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.]

责任编辑: 王锁民 责任编辑: 谢 巍

附录 中国石生针茅草原样方数据

Supplement Plot data of *Stipa tianschanica* var. *klemenzi* steppe in China

<http://www.plant-ecology.com/fileup/PDF/cjpe.2016.0053-D1.xls>



植物生态学报官网



微信订阅号
期刊及学科
相关信息发布



微信服务号
稿件状态查询
全文检索浏览

doi: 10.17521/cjpe.2016.0053