

四川道孚县芒苞草生境的植物群落结构和土壤元素含量*

王乾 朱单 吴宁** 罗鹏

(中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

摘要 芒苞草(*Acanthoclamys bracteata* P.C. Kao)是分布于横断山区局部狭小区域的一种单型科植物,在指示植物系统进化和地理环境变迁中具有十分重要的作用和地位。对四川省道孚县鲜水河流域的两个芒苞草分布地点(麦粒山和亚卓山)进行了群落学特征和土壤学研究。芒苞草生境群落类型为温性干旱河谷灌丛和草地,上接亚高山云冷杉针叶林。麦粒山芒苞草生境为毛莲蒿-矮蒿草-芒苞草群落;而亚卓山灌丛草地类型为川滇蔷薇-毛莲蒿-西南野古草-芒苞草群落,亚卓山草地则以西南野古草、直芒草、金发藓等为优势种。物种多样性指数以灌丛最高,亚卓山草地物种多样性在中海拔处出现极小值,海拔越高,芒苞草单株重量越轻,中海拔位置处的地上地下生物量比值(2.06 ± 0.17)最大。土壤元素含量以铝和铁最丰富,而磷和钾的含量分别为($8\,873.5 \pm 1\,463.3$) mg kg^{-1} 和(431.1 ± 180.4) mg kg^{-1} ,比该区域的平均值低。芒苞草多生长在有岩石出露的地方,在道孚县的分布区域局限在鲜水河河谷地带。芒苞草强烈的生境选择作用以及河谷地带强度较大的人为活动,是威胁芒苞草生存的主要因素。图5 表3 参24

关键词 芒苞草;群落;土壤元素;生境;四川道孚

CLC Q949.718.208

Plant Community Structure and Soil Element Content in *Acanthoclamys bracteata* Habitats in Daofu County, China*

WANG Qian, ZHU Dan, WU Ning** & LUO Peng

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract *Acanthoclamys bracteata* P.C. Kao is a monotypic family species distributing in the Hengduan Mountains in Sichuan, China. This plant is significantly important for phylogenetic and phytogeographic research. According to the studies on the communities and soil of two *A. bracteata* habitats (Mt. Maili and Mt. Yazhuo) along Xianshui River in Daofu County, Sichuan, the vegetation of the *A. bracteata* habitats belongs to temperate arid-valley shrub and grassland. The shrub types in Mt. Yazhuo are mainly composed of *Rosa soulieana*, *Artemisia vestita*, *Arundinella hookeri* and *Acanthoclamys bracteata*, while the nearby meadow is dominated by *Arundinella hookeri*, *Orthoraphium roylei*, and *Polytrichum commune*, etc. The community type in Mt. Maili near Daofu Town is *Artemisia vestita* - *Kobresia humilis* - *Acanthoclamys bracteata*. The highest species diversity index (Shannon-Wiener index, SW index) is held by shrub community in Mt. Yazhuo. However, the SW index of the meadow is the lowest at the middle of the elevational gradient, where the ratio of aboveground to belowground biomass of *A. bracteata* is highest (2.06 ± 0.17). The dry biomass of the individual plants decreases along the elevation. The soil is rich in aluminum and iron. However, the contents of potassium ($431.1 \pm 180.4 \text{ mg kg}^{-1}$) and phosphorus ($8\,873.5 \pm 1\,463.3 \text{ mg kg}^{-1}$) are below the average of this region. *A. bracteata* generally grows in the vicinity of outcrops and is restricted in the valley areas, where human activities are extensive. The strong habitat selectivity of *A. bracteata* might be the major reason of its extinction. To effectively protect *A. bracteata*, the pressure of land use and exploitation of natural resources need to be largely reduced. Fig 5, Tab 3, Ref 24

Keywords *Acanthoclamys bracteata*; Daofu County; community; soil element; habitat

CLC Q949.718.208

芒苞草是分布于我国西南横断山区的一种矮小单子叶草本植物,起初其标本被归放于鸢尾科标本中,在上世纪70

年代人们编写《四川植物志》时,发现这是一个新属种。芒苞草自被发现以来,其分类地位几经变动,首先被置入石蒜科作为一个新属种提出^[1],陈心启将其作为石蒜科的一个新亚科^[2],吴征镒则把它归入翡若翠科^[3],1989年高宝筠直接将该属提升为新科^[4],并得到了国内外学者的广泛认同^[5-7]。芒苞草科在系统分支树上与翡若翠科构成姊妹支^[7],两者的亲密关系说明横断山区与非洲热带区域在历史上存在紧密的区系联系^[6,8]。芒苞草因其重要的学术价值于1999年被列为国家二级保护植物。

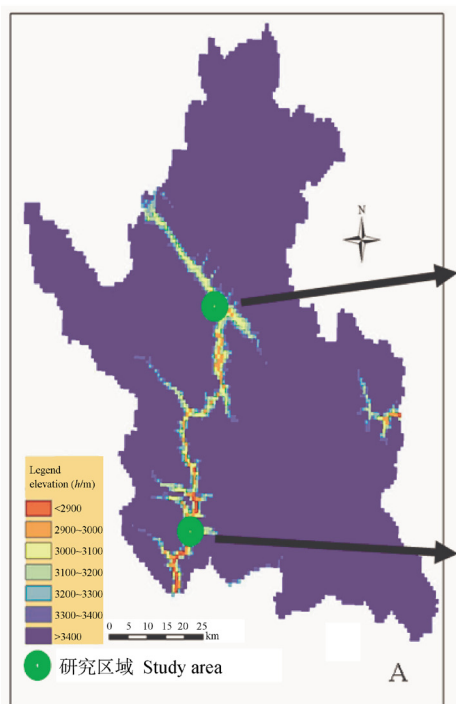
芒苞草分布于横断山区干旱河谷灌丛、稀疏针叶林以及

收稿日期: 2008-02-29 接受日期: 2008-05-23

*四川省应用基础研究基金、中国科学院知识创新工程重大项目(No. KZCX2-XB2-02)、中国科学院知识创新工程、国家自然科学基金面上项目(No. 40671181)和国家科技支撑计划课题(No. 2007BAC18B04)资助 Supported by the Applied Basic Research Fund of Sichuan, China, the Major Program of Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences (CAS, No. KZCX2-XB2-02), the Knowledge Innovation Program of the CAS, the General Program of National Natural Science Foundation of China (No. 40671181) and the National Science and Technology Supporting Program of China (No. 2007BAC18B04)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: wuning@cib.ac.cn)

亚高山嵩草草甸中, 分布海拔为2 700~3 400 m. 分布区域从四川道孚向西南扩展到乡城、稻城, 向西到达西藏察雅, 向东南扩展到康定甲根坝. 雅砻江上游道孚一带, 芒苞草的数量最多, 频度最大, 可以认为是芒苞草的现代分布中心^[4]. 横断山区是我国生物多样性的热点地区, 拥有自第三纪以来古地中海、古热带与北极演化和交汇形成的独特植物区系, 生物多样性非常丰富. 芒苞草被认为是古地中海植物就地演化形成的横断山特有植物, 植株具有适应旱生环境的形态特征, 通常分布在干旱河谷的特殊地带, 分布地域彼此之间成为孤岛, 遇到大的破坏很容易局部灭绝. 另一方面, 横断山区也是典型的生态脆弱区域, 自然状况恶劣, 经济条件落后, 畜牧业和山地农业是当地的主要经济基础. 干旱河谷地带通常是人类活动最剧烈的区域, 当地生产、生活过分倚重初级天然植物资源, 势必会对一些保护植物造成威胁. 以往关于芒苞草的工作多集中在其分类学地位研究上, 对芒苞草生态学和保护方面几乎没有涉及, 而保护研究主要涉及芒苞草生理、生态和干扰因素. 芒苞草作为当地植物群落中的一个伴生种, 建群作用不显著, 扩张作用不明显, 孤岛状的分布很容易被破坏, 因此开展芒苞草的保护生物学研究显得尤为重要. 过去对横断山区土壤的研究带有普查的性质^[9-12], 并没有进行专门针对芒苞草生境中土壤的研究, 因此不能反映芒苞草生长土壤环境的特殊性. 2006年9月中旬, 作者对四川省道孚县鲜水河流域芒苞草群落集中分布的区域开展了芒苞草群落学和土壤元素分布的研究, 拟通过对芒苞草适生生境的分析揭示芒苞草种群与生态环境的关系, 以推动芒苞草的研究和保护工作.



1 材料与方法

1.1 研究区域

根据芒苞草的海拔分布特点, 在道孚县地形图上设定海拔3 400 m阈值线(图1-A), 从图上可以看出, 除了县城东侧丹巴大渡河支流河谷较小区域外, 只有鲜水河河谷地区海拔小于3 400 m, 符合芒苞草的生境要求, 因此研究地点设在位于道孚县城西侧的麦粒山和县城南部的亚卓山两个有芒苞草分布的地方. 麦粒山(图1-B)是县城西侧鲜水河畔的一座孤立山体, 呈圆丘形, 最高海拔3 680 m, 云冷杉林分布在海拔3 100 m以上区域. 从河边海拔2 960~3 100 m之间为荒坡、农地以及村落, 村落附近有圆叶山蓼等旱生植物出现. 芒苞草主要分布在东南坡海拔3 050~3 100 m之间山坡冲蚀沟两侧的大石块附近土质较硬的区域, 呈零星的丛聚分布. 亚卓山位于鲜水河下游(图1-C), 离县城公路距离为68 km. 亚卓山为东部山体向西梳状延伸的一个支脉, 阳坡森林分布在海拔3 400~4 300 m的范围. 芒苞草主要分布在亚卓山阳坡海拔 3 400 m以下的区域, 山上有许多坡耕地, 芒苞草的生境仍然以硬质土壤为主, 多生长在有石块出露的地方, 土壤类型为山地暗棕壤.

调查区气候以道孚县城为例, 县城海拔约3 000 m, 年均温为8.0 °C, 温度呈现为单峰曲线, 7月为最高值, 1月为最低值; 年均降水量608 mm, 降水格局为双峰形式, 最高降水出现在6月和9月(图2). 依据Köppen指数判断, 该区气候类型属于干旱型.

1.2 研究方法

在麦粒山设置1个灌丛样地, 亚卓山设置4个样地, 除1个



图1 道孚县海拔分布图与芒苞草研究区及其外貌

Fig. 1 Distribution areas of *A. bracteata* in Daofo, Sichuan

A: 道孚县数字高程图及两个研究区位置, 图中指示可能的芒苞草适生生境(海拔小于3 400 m); B: 麦粒山; C: 亚卓山

A: The digital elevation map of Daofo, indicating the possible habitats of *A. bracteata* (elevation<3 400 m), and two study areas; B: Mt. Maili; C: Mt. Yazhuo

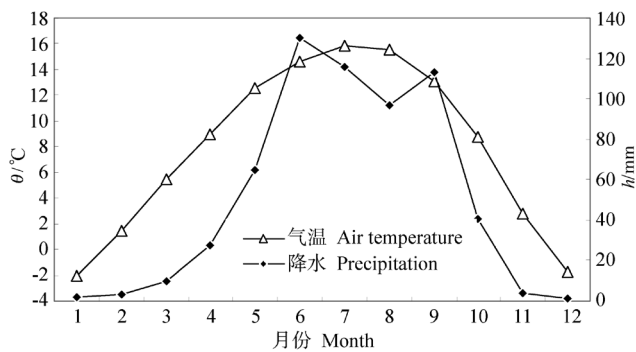


图2 道孚县月均降水 and 气温变化图
Fig. 2 Monthly precipitation and air temperature of Daofo County

为灌丛样地外, 其余3个样地设在针叶林下方的山坡草地上, 构成海拔梯度(3 300 m—3 015 m—2 800 m).

芒苞草群落学研究包括样方调查资料和土壤微量元素分析. 草本样方1 m×1 m, 灌木样方5 m×5 m, 每个样地3个样方. 群落命名根据生活型、高度、优势度确定.

土壤取0~20 cm深度混合样, 在每个样地取3个混合样, 土样室温风干. 土壤元素全量分析采用ICP电感耦合等离子体单道扫描发射光谱仪测量, 取风干研磨过200目筛的土壤样品0.5 g定容到100 mL测量元素浓度, 元素含量单位为mg kg⁻¹, 测定了14种土壤元素, 即铁(Fe)、铝(Al)、钾(K)、镁(Mg)、钙(Ca)、钠(Na)、锰(Mn)、磷(P)、硫(S)、锌(Zn)、硼(B)、铜(Cu)、铅(Pb)和砷(As).

植物多样性测度采用SW指数: $H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$, 其中 $p_i = n_i/N$ 为相对多度, S 为种的总数, N 为所有种的个体总数, n_i 为第 i 种个体数目. 方差分析、主成份分析和相关分析等均在SPSS13.0软件中进行.

2 结果与分析

2.1 物种丰富度

调查样地中出现物种42种, 隶属于21科(表1). 其中种类最多的是菊科植物, 共有9种, 其次为蔷薇科植物, 有7种, 豆科和禾本科植物各4种. 藓类和蕨类植物各2种. 灌木植物有9种, 分别为短锥花小檗、黄杨叶栒子、白毛金露梅、川滇蔷薇、高山绣线菊、雅江杭子梢、白刺花、野拔子和毛莲蒿, 其中隶属于蔷薇科的植物最多, 有4种.

2.2 物种多样性指数

多样性指数平均值最高的是亚卓山灌丛(YG), 其次为麦粒山(ML), 亚卓山草地(YC)的SW指数最低. 亚卓山草地物种多样性在海拔梯度中部呈现出极低值(图3). 方差检验发现, 多样性指数仅在用LSD方法检验时, 海拔3 015 m和2 800 m处的草地多样性指数之间有显著性差异, 而用其它检验方法则不显著(Tamhane, Dunnett和SNK方法). 混合方差检验发现, YC3015与YG2839样地之间有显著差异.

2.3 群落类型

亚卓山灌丛草地类型为川滇蔷薇-毛莲蒿-西南野古草-芒苞草群落, 白刺花常常与川滇蔷薇组成共优群落, 须芒草和西南野古草组成地面主要植被, 适应旱生状况的垫状卷柏和石花形成地面典型覆盖层. 芒苞草的盖度通常为5%~20%.

表1 芒苞草群落中的植物名录

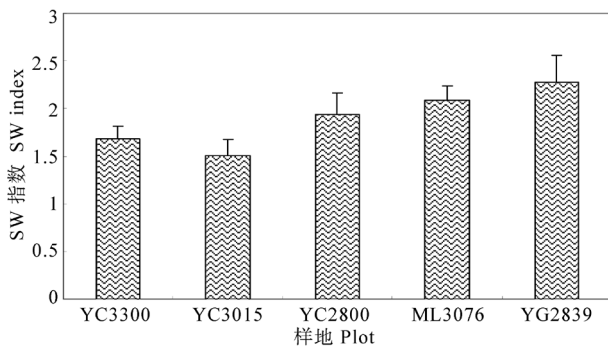
Table 1 List of the species in the community of *A. bracteata*

物种	Species	学名	Scientific name	科	Family
厚角绢藓	<i>Entodon concinnus</i>	绢藓科	Entodontaceae		
金发藓	<i>Polytrichum commune</i>	金发藓科	Polytrichaceae		
石松	<i>Lycopodium</i> sp.	石松科	Lycopodiaceae		
垫状卷柏	<i>Selaginella pulvinata</i>	卷柏科	Selaginellaceae		
珠芽蓼	<i>Polygonum viviparum</i>	蓼科	Polygonoideae		
高山唐松草	<i>Thalictrum alpinum</i>	毛茛科	Ranunculaceae		
短锥花小檗	<i>Berberis prattii</i>	小檗科	Berberidaceae		
黄杨叶栒子	<i>Cotoneaster buxifolius</i>	蔷薇科	Rosaceae		
二裂委陵菜	<i>Potentilla bifurca</i>	蔷薇科	Rosaceae		
委陵菜	<i>P. chinensis</i>	蔷薇科	Rosaceae		
白毛金露梅	<i>P. fruticosa</i> var. <i>albicans</i>	蔷薇科	Rosaceae		
钉柱委陵菜	<i>P. saundersiana</i>	蔷薇科	Rosaceae		
川滇蔷薇	<i>Rosa soulieana</i>	蔷薇科	Rosaceae		
高山绣线菊	<i>Spiraea alpina</i>	蔷薇科	Rosaceae		
黄芪	<i>Astragalus</i> sp.	豆科	Leguminosae		
雅江杭子梢	<i>Campylotropis yajiangensis</i>	豆科	Leguminosae		
百脉根	<i>Lotus corniculatus</i>	豆科	Leguminosae		
白刺花	<i>Sophora davidii</i>	豆科	Leguminosae		
堇菜	<i>Viola</i> sp.	堇菜科	Violaceae		
狼毒	<i>Stellera chamaejasme</i>	瑞香科	Thymelaeaceae		
石莲叶点地梅	<i>Androsace integra</i>	报春花科	Primulaceae		
大理白前	<i>Cynanchum forrestii</i>	萝藦科	Asclepiadaceae		
微孔草	<i>Microula</i> sp.	紫草科	Boraginaceae		
腺花滇紫草	<i>Onosma adenopus</i>	紫草科	Boraginaceae		
野拔子	<i>Elsholtzia rugulosa</i>	唇形科	Labiatae		
石花	<i>Corallodiscus flabellatus</i>	苦苣苔科	Gesneriaceae		
蓝钟花	<i>Cyananthus hookeri</i>	桔梗科	Campanulaceae		
云南香青	<i>Anaphalis yunnanensis</i>	菊科	Compositae		
沙蒿	<i>Artemisia desertorum</i>	菊科	Compositae		
毛莲蒿	<i>A. vestita</i>	菊科	Compositae		
东俄洛紫菀	<i>Aster tongolensis</i>	菊科	Compositae		
总状薊	<i>Cirsium botryodes</i>	菊科	Compositae		
大丁草	<i>Leibnitzia anandria</i>	菊科	Compositae		
川西火绒草	<i>Leontopodium wilsonii</i>	菊科	Compositae		
小花蒲公英	<i>Taraxacum parvulum</i>	菊科	Compositae		
黄鹌菜	<i>Youngia</i> sp.	菊科	Compositae		
须芒草	<i>Andropogon yunnanensis</i>	禾本科	Gramineae		
西南野古草	<i>Arundinella hookeri</i>	禾本科	Gramineae		
羊茅	<i>Festuca ovina</i>	禾本科	Gramineae		
直芒草	<i>Orthoraphium roylei</i>	禾本科	Gramineae		
矮嵩草	<i>Kobresia humilis</i>	莎草科	Cyperaceae		
芒苞草	<i>Acanthochlamys bracteata</i>	芒苞草科	Acanthochlamydeaceae		

此外, 短锥花小檗、黄杨叶栒子、野拔子等植物也在灌丛中经常出现.

亚卓山草地类型在海拔3 300 m处为西南野古草-芒苞草群落, 芒苞草盖度占5%~15%; 在海拔3 015 m处为西南野古草、直芒草-金发藓群落, 芒苞草盖度占2%~5%; 海拔2 800 m处为西南野古草、直芒草-芒苞草群落, 芒苞草盖度占3%~10%. 麦粒山草本群落类型为毛莲蒿-矮嵩草-芒苞草群落, 芒苞草盖度占5%~20%.

主成分分析采用最大变异量的方法旋转因子轴, 得到

图3 样地物种多样性指数($\bar{x} \pm s$)Fig. 3 SW index of surveyed plots ($\bar{x} \pm s$)

YC代表亚卓山草地, YG为亚卓山灌丛, ML为麦粒山, 缩写后的数字为海拔高度, 下同

YC: Mt. Yazhuo grassland; YG: Mt. Yazhuo shrub; ML: Mt. Maili shrub. The numbers after the abbreviations represent the elevations. The same below

的因子轴组成如下(选取加权值最大的前2~5个物种):

$f_1 = 0.99$ 白刺花 + 0.99 川滇蔷薇 + 0.99 短锥花小檗

$f_2 = 0.97$ 高山唐松草 + 0.97 大理白前 + 0.95 高山绣线菊 + 0.84 羊茅 + 0.65 芒苞草

$f_3 = 0.99$ 委陵菜 + 0.99 二裂委陵菜 + 0.98 狼毒 + 0.81 矮嵩草

$f_4 = 0.94$ 堇菜 + 0.89 川西火绒草 + 0.86 小花蒲公英 + 0.83 大丁草

$f_5 = 0.49$ 钉柱委陵菜 + 0.44 西南野古草 + 0.40 沙蒿

$f_6 = 0.64$ 直芒草 + 0.54 雅江杭子梢

$f_7 = 0.97$ 蓝钟花 + 0.97 云南香青 + 0.67 石花 + 0.53 东俄洛紫菀

$f_8 = 0.67$ 黄芪 + 0.64 裸地

根据主成分分析结果可知, f_1 因子可视为干旱河谷灌丛, f_2 为亚高山灌丛, f_3 为干旱河谷杂类草草地, f_4 为以火绒草、蒲公英为主的杂类草草地, f_5 为以钉柱委陵菜和野古草为主的草地, f_6 为以直芒草为主导的草地, f_7 为以香青、蓝钟

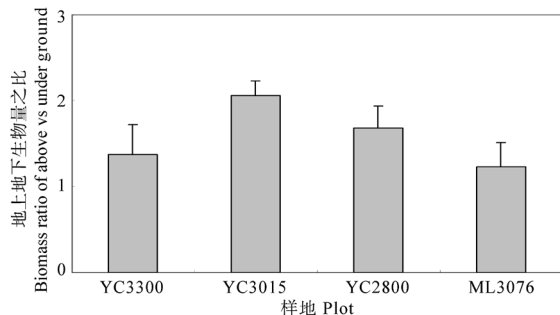
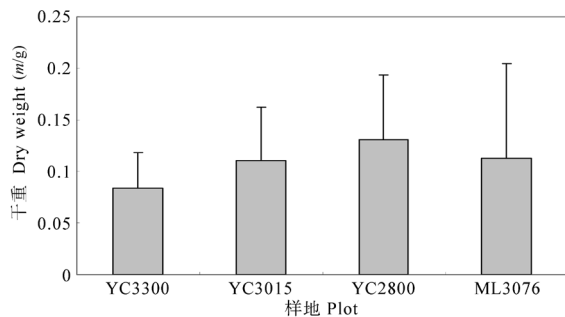


图4 芒苞草单株生物量以及地上、地下部分比值在海拔梯度上的分布
Fig. 4 Individual biomass and ratio of aboveground to underground biomass of *A. bracteata* along elevation gradient

花为主的杂类草草地, f_8 为黄芪主导型草地, 其中裸地面积也与此类草地成正相关。这8个因子中, 前6个因子解释量达到变异总量的84%, 前2个灌丛因子解释了变异总量的38%。灌丛、杂类草草地和禾草草地是芒苞草生境中的主要群落。

2.4 芒苞草生物量的变化

在亚卓山梯度样地, 每个样地取24个植株, 麦粒山取15个植株进行单株生物量比较(图4), 方差分析显示, YZ3300与YZ2800之间芒苞草单株干重有显著差异, 其余的差异不显著。海拔越高, 芒苞草单株重量越轻。中部海拔位置处的生物量地上地下比值最大(2.06 ± 0.17)。

2.5 土壤微量元素分布

由于亚卓灌丛样地土壤样品污染, 因此只分析了亚卓山3个草地样地与麦粒山的土壤元素。方差分析显示, 各样地的钾、钙、钠、锌含量之间无显著差异。亚卓山上海拔3300 m处样地的元素与3015 m和2800 m处的样地有显著差别, 这些元素为铁、铝、磷、硼、铅, 高海拔处的元素含量比低海拔的高; 在3015 m和2800 m之间含量没有显著差别的元素有铁、铝、磷、硼、铅和硫; 呈现梯度差异的元素为镁和锰。这是由

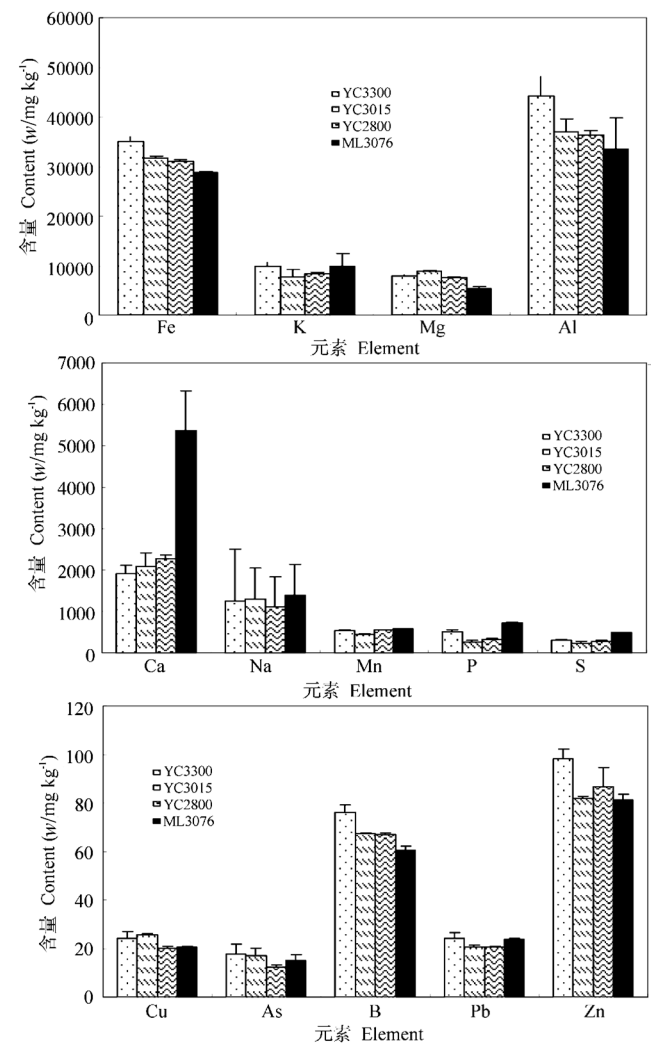


图5 亚卓山梯度样地和麦粒山的土壤元素含量
Fig. 5 Soil element contents in plots of Mt. Yazhuo and Mt. Maili

于中海拔位置处镁高锰低造成的。麦粒山上的芒苞草样地与亚卓山上的样地有显著差异的元素为铁、镁、磷、硼和硫(图5)。两个山体芒苞草生境总体来看, 铝、铁元素含量最丰富, 钾、镁、钙、钠的含量也较多, 砷的含量最低(表2)。

表2 芒苞草生境中土壤元素含量情况
Table 2 Soil element contents in *A. bracteata* habitats

元素 Element	样品 数 (N)	最低值 Minimum (w/mg kg ⁻¹)	最高值 Maximum (w/mg kg ⁻¹)	平均值 Mean (w/mg kg ⁻¹)	标准差 Std. deviation
Al	11	29180.0	48280.0	38207.3	4993.9
Fe	11	28520.0	36000.0	31909.1	2327.2
K	11	6334.0	11664.0	8873.5	1463.3
Mg	11	4944.0	8932.0	7608.2	1280.5
Ca	11	1649.2	6036.0	2686.7	1376.0
Na	11	403.6	2694.0	1257.4	771.3
Mn	11	437.2	582.6	519.7	52.5
P	11	210.0	744.0	431.1	180.4
S	11	211.8	489.8	316.1	92.1
Zn	11	79.8	102.6	87.6	8.2
B	11	59.7	79.6	68.4	5.7
Cu	11	19.1	26.6	22.9	2.8
Pb	11	19.6	27.0	22.0	2.2
As	11	11.7	22.5	15.6	3.4

2.6 样地间土壤相似度分析

对样地间土壤元素含量数据矩阵进行了欧氏距离计算, 为防止含量高的元素对含量低的元素的数值遮蔽作用, 每种元素含量都缩放到0和1之间。计算数值越小, 表明两者之间相似度越高。结果发现, 麦粒山灌丛样地与亚卓山草地土壤之间元素含量差异较大, 而草地样地之间相似程度与样地间距离远近有关, 距离越近则相似度越高(表3)。

表3 基于欧氏距离的土壤元素含量的样地间相似矩阵表
Table 3 Proximity matrix of soil element contents among plots based on Euclidean distance

	YC3300	YC3015	YC2800	ML3076
YC3300	0.000	0.575	0.587	0.978
YC3015	0.575	0.000	0.460	1.183
YC2800	0.587	0.460	0.000	1.000
ML3076	0.978	1.183	1.000	0.000

3 结论与讨论

3.1 芒苞草的分布特点

从海拔分布来看, 芒苞草在道孚的分布范围仅限于鲜水河主河道及部分支流, 在道孚东部靠近丹巴的地方, 也处于海拔3 400 m以下, 可能会有芒苞草分布。以往调查发现道孚县城东南部葛卡乡松林口有芒苞草分布^[4], 这是芒苞草在道孚分布的上限。再往东南走, 便是龙灯草原, 普遍海拔在3 700 m以上, 没有芒苞草分布。从道孚县城沿鲜水河往南走, 途经瓦日、红顶等地到达亚卓, 一路并未发现芒苞草, 直至在亚卓山上才发现芒苞草的存在, 说明芒苞草的分布是间断的。亚卓山山体下半部分为干旱河谷类型植被, 也是人类活动最集中的区域, 坡耕地较多, 畜牧业以放养黄牛和养猪为

主。在麦粒山, 存在着类似的情况, 农耕地和居民区分布在山脚下, 山坡植被是亚高山灌丛和草地。河谷灌丛草地与岷江上游相似, 但含有更多的南方成分, 如西南野古草和川滇蔷薇。灌丛的物种多样性比草地高, 原因可能是灌丛的垂直分层使每一层次的优势物种顺利发展, 物种分布相对均匀; 而草地由于分层不明显, 矮丛草占优势, 物种分布不均匀造成多样性指数降低。主成分分析显示的因子物种构成中, 灌木占优势, 多为干旱河谷和亚高山森林边缘常见物种, 其次为委陵菜、堇菜、火绒草、沙蒿等砂质土壤上常出现的植物, 说明芒苞草生长需要相对较多的热量条件。从芒苞草单株重量的海拔分布看, 低海拔生长的芒苞草重量较大, 也说明芒苞草对热量的需求。而地上地下生物量之比在海拔3 015 m处最高, 向上向下根茎比增加有可能是因为土壤含水量与温度偏低^[13], 导致其生长比例改变。

3.2 芒苞草的生境选择

芒苞草多分布在土壤较硬的地方, 土壤分析表明麦粒山和亚卓山都富含铁和铝, 土壤中脱硅富铁、铝过程明显, 铁、铝含量高。该区域在中国土壤图上属于湿润淋溶土地带, 面积占甘孜州土壤类型的0.3%^[12]。硼、锰、锌平均含量比云南哀牢山土壤高, 但是铅含量较低, 铜含量与之持平, 这些元素含量与母质为残坡积物的黄棕壤类似^[14]。芒苞草生长土壤中磷含量比该区域的平均值(1 200±660) mg kg⁻¹低^[11], 钾含量也较低, 远低于该区平均钾含量^[9]; 磷含量与西藏地区碱性土中的高山草原土和高山寒漠土类似, 但是钾含量则比该类土中的含量低得多^[10]。所测土壤铅平均含量不仅比长白山林区铅含量最低的暗针叶林带还低, 而且标准差也低很多^[15]。与陕西太白山土壤相比, 芒苞草生长土壤中锌和铅的含量略低, 铜和砷的含量较高, 其中砷含量比太白山约高一倍^[16]。土壤铝含量与海南省琼山市玄武岩上发育约140万年的土壤接近^[17]。土壤全硼含量与成都地区蒲江县黄壤浅层土类似, 高于全国和世界平均值^[18]。全钙含量介于江西林地红壤和南京林地黄棕壤之间, 而铁含量与林地黄棕壤接近^[19]。与青海大通海拔近似地区的土壤元素背景对比, 芒苞草生长土壤中除砷含量略低, 锌、铜、铅含量略高外, 其余(铝、铁、钾、钠、镁、锰、钙、磷)元素均显著较低^[20]。这些对比说明芒苞草生境在青藏高原区是独特的。

铝、锌、磷在表层土壤中有富集作用, 砷反映了母质的状况, 铜和锌受母质和人为活动的共同影响^[21]。芒苞草生境土壤中铁、铝、硼含量高可能是横断山区域土壤背景结果造成的, 但磷、钾含量低于区域背景值, 该区雨热同季的特点对土壤淋溶有一定的促进作用, 钙、钠、磷、钾等元素容易流失。而从芒苞草生长的微环境来看, 高海拔处的磷、钾含量偏高, 芒苞草单株生物量也较低。而有岩石出露的地方, 附近土壤更容易受雨水冲淋, 早春季节土壤冻融交替过程也越发显著, 对成土过程有一定的促进作用, 淋溶损失似乎更大, 磷、钾更易从土壤中迁出。由此看来, 芒苞草更像是紧随原生演替的物种。鲜水河地带两个样地之间土壤元素含量存在明显的差异, 说明其成土过程的差异, 但是芒苞草能否生存可能主要受特定土壤元素含量的影响。

芒苞草的种群扩展是以密集型克隆生长(Phalanx type of

clonal growth)和种子繁殖共同进行的,常组成密丛型的圆环与圆盘,类似于高寒地带的羊茅等禾草型丛生植物(Tussock graminoid)。由于密集型克隆生长辐射扩展很慢(通常每年<1 mm)^[22],而种子繁殖的扩展范围相对要大许多,芒苞草具有的这两种繁殖方式似乎是对不连续的、斑块状的生境的适应。在斑块距离较远时,克隆生长可以在保证自身种群存在的同时不断产生种子,种子在适宜生境中定居的可能性随时间的延续而增大。另一方面密丛型克隆植物种群的生境可能存在某种植物生长的必须物质,例如某种元素或者菌根等,而这种特定物质又和生境相关联。Brown 和 Brinkmann^[23]发现,重金属矿区的羊茅克隆种群对铅、锌等重金属有很强的耐受性,而非矿区的羊茅则耐受性大大降低,说明密丛型克隆植物的存在有助于保持一定的生理特性,这种生理特性对于生存具有重要的意义。芒苞草的土壤生境中磷和钾含量低于区域背景值可能是生境选择的真正原因。这种生境在淋溶较易发生的岩石出露处和硬质土壤上容易出现,因为磷和钾较易淋溶损失。种子繁殖在一定程度上增加了芒苞草种群之间遗传交流的机会,能较好地适应变化的环境,而克隆生长又稳定了成功的基因类型。因此,芒苞草在种群扩展上属于稳健型。但是斑块生境的多少决定着芒苞草的生存空间,而保持适度的种群大小和遗传多样性对维持芒苞草的生存至关重要。

3.3 芒苞草的生态保护

古地中海退却和青藏高原隆升对横断山区植物区系演化有明显的推动作用,芒苞草作为干旱河谷区中海拔分布的物种,显示了对干寒环境的适应^[8]。在道孚地区,适合芒苞草生长的海拔区域限制在河谷地带,这里是著名的鲜水河地震断裂带,不仅面积狭小,而且人为活动强烈。脆弱的地质环境和强烈的人为活动是目前芒苞草面临的主要保护问题。芒苞草个体矮小,没有花果时容易与羊茅、矮蒿草等植物混淆,牲畜也时有啃食。在人为活动剧烈的地方,植被以灌丛和草地为主,种植业以及基础设施建设不仅破坏了原有的自然植被而且分割了原有景观,对芒苞草的繁衍和生存会造成一定的影响。

芒苞草作为国家二级保护植物,没有显著的药用价值^[24]和饲草价值,在当地还没有采集和使用习惯,保护部门应当加强资源管理,防止收购,建立适当的以保护自然生态为目的的保护区。保护的核心问题是人的问题,与高原牧区相比,峡谷地带人口相对集中,区域的农牧经济活动对芒苞草构成一定的威胁。随着人口的增加以及基础设施的完善,人为破坏程度还将不断增强。调整当地经济结构,减少对自然资源的依赖,是保护当地生态的重要途径。道孚做为甘孜州气候条件最好的草地县,拥有丰富的民族文化资源,比如道孚民居和鲜水河走婚大峡谷等,都是极好的旅游资源,在自然景观上,有龙灯草原和多个自然保护区,天然林覆盖率也很高。这些自然和文化资源为发展生态旅游提供了很好的基础,如能加以合理利用,定会起到保护包括芒苞草在内的自然资源的作用。

References

- 1 Kao PC (高宝莼). Acanthoclams - A new genus of Amaryllidaceae. *Plant Taxon Res* (植物分类研究), 1980, 1: 1-3
- 2 Chen SC (陈心启). Acanthochlamydoideae - A new subfamily of Amaryllidaceae. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 1981, 19 (3): 323-329
- 3 Wu ZY. Hengduan Mountain flora and her significance. *J Jpn Bot*, 1988, 63 (9): 297-311
- 4 Kao PC (高宝莼). Acanthochlamydoideae - A new family in monocotyledons. *Sichuan Flora* (四川植物志), 1989, 9: 483-516
- 5 Kao PC, Kubitzki K. Acanthochlamydoideae. In Kubitzki K ed. The Families and Genera of Vascular Plants. Vol. III Flowering Plants. Monocotyledons: Lilianae (Except Orchidaceae). Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 1998. 55-58
- 6 Tang YC (汤彦承). The relationship between Chinese flora and other regions and its position in world's flora. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 2000, 22 (1): 1-26
- 7 Davis JI, Stevenson DW, Petersen G, Seberg O, Campbell LM, Freudenstein JV, Goldman DH, Hardy CR, Michelangeli FA, Simmons MP, Specht CD, Vergara-Silva F, Gandolfo M. A phylogeny of the Monocots, as inferred from rbcL and atpA sequence variation, and a comparison of methods for calculating Jackknife and Bootstrap values. *Syst Bot*, 2004, 29 (3): 467-510
- 8 Sun H (孙航), Li ZM (李志敏). Qinghai - Tibet Plateau uplift and its impact on Tethys flora. *Adv Earth Sci* (地球科学进展), 2003, 18 (6): 852-862
- 9 Li T (李婷), Zhang SR (张世熔), Zhang L (张林), Li Y (李怡), Gan WZ (干文芝). Influence factors of soil potassium in zoology fragility area in northern Hengduan Mountains. *J Soil & Water Conserv* (水土保持学报), 2006, 20 (3): 102-105
- 10 Liu SQ (刘世全), Gao LL (高丽丽), Pu YL (蒲玉琳), Deng LJ (邓良基), Zhang SR (张世熔). Status of soil P and K nutrient and their influencing factors in Tibet. *J Soil & Water Conserv* (水土保持学报), 2005, 19 (1): 75-78, 88
- 11 Ou YS (欧勇胜), Zhang SR (张世熔), Yu Q (余琼), Li T (李婷), Shu JY (舒建英), Li J (李娟). Spatial distribution characteristics of the soil phosphorus in the ecological fragile area in the north of Hengduan Mountains. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2005, 25 (10): 2776-2781
- 12 Yuan DG (袁大刚), Liu SQ (刘世全), Zhang ZJ (张宗锦), Gao LL (高丽丽), Deng LJ (邓良基). Sustainable utilization of soil resources in Hengduan Mountains region. *J Soil & Water Conserv* (水土保持学报), 2003, 17 (1): 45-49
- 13 Huang M (黄玫), Ji JJ (季劲钧), Cao MK (曹明奎), Li KR (李克让). Modeling study of vegetation shoot and root biomass in China. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2006, 26 (12): 4156-4163
- 14 Yao TQ (姚天全), Zhang SY (张玉玉), Zhao HK (赵恒康), Dai C (戴聪). The natural background values of twelve elements in soil in Xujiaba area, Ailao Mountain. *J Mount Sci* (山地学报), 1999, 17 (3): 275-279
- 15 Bai JH (白军红), Ouyang H (欧阳华), Wang QG (王庆改), Wang CM (王春梅). Characteristics of Pb variation and their influencing factors in

- the soil-plant system of vertical zones in Changbai Mountain National Nature Reserve. *Soils* (土壤), 2003, **35** (5): 419~423
- 16 Du JP (杜俊平), Liao CY (廖超英), Tian LH (田联合), Liu LL (刘莉丽), Li ZJ (李智军), Li XL (李学林), Ma Y (马勇). Soil heavy metal content and their distribution characteristics in Taibai Mountain Nature Reserve. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报), 2007, **22** (3): 84~87
- 17 Huang CM (黄成敏), Gong ZT (龚子同). Variation characteristics of sial oxidate in soil chronosequences. *Soils* (土壤), 2000, **2000** (1): 47~49, 53
- 18 Jin LX (金立新), Tang JR (唐金荣), Liu AH (刘爱华), Tang QF (汤奇峰), Yang ZF (杨忠芳), Chen DY (陈德友), Li ZH (李忠惠). Study of boron contents in soil and nutrient management suggestions from the Chengdu area, China. *Quaternary Sci* (第四纪研究), 2005, **25** (3): 363~369
- 19 Li SP (李世朋), Wang JK (汪景宽), Wang KY (王开勇), Zhang XD (张旭东), Wang QB (王秋兵). Comparisons of Ca-bound and Fe/Al-bound organic carbon in soils. *Chin J Soil Sci* (土壤通报), 2003, **34** (6): 501~504
- 20 Hao YP (郝永萍), Fang XM (方小敏), Xi XX (奚晓霞), Hu SX (胡双熙). Discussion on soil development and quantitative climate model of northeastern Tibetan plateau and neighboring region. *J Lanzhou Univ Nat Sci* (兰州大学学报自然科学版), 1995, **31** (2): 168~170
- 21 Xie SY (谢淑云), Bao ZY (鲍征宇), Qin B (秦兵), Li B (李兵), Yang ZH (杨振鸿). C-A fractal model and its application in distribution patterns and origin identification of elements in top soils at Chengdu Basin, China. *Chin J Soil Sci* (土壤通报), 2007, **38** (5): 896~900
- 22 Körner CH. *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Berlin: Springer-Verlag, 1999
- 23 Brown G, Brinkmann K. Heavy metal tolerance in *Festuca ovina* L. from contaminated sites in the Eifel Mountains, Germany. *Plant & Soil*, 1992, **143** (2): 239~247
- 24 Zhou Y (周燕), Lü FQ (吕发强), Gao BC (高宝莼), Ding LS (丁立生). Chemical constituents of *Acantholamys bracteata*. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2000, **6** (4): 331~333