

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.05.010

岳鹏鹏, 卢学峰, 叶润蓉, 等. 长江源区紫花针茅草原群落数量分类与排序[J]. 广西植物, 2014, 34(5):635-641

Yue PP, Lu XF, Ye RR, et al. Quantitative classification and ordination of *Stipa purpurea* steppe community in source region of the Yangtze River[J]. *Guihaia*, 2014, 34(5):635-641

## 长江源区紫花针茅草原群落数量分类与排序

岳鹏鹏<sup>1, 2</sup>, 卢学峰<sup>2</sup>, 叶润蓉<sup>2</sup>, 周玉碧<sup>2</sup>, 赵建忠<sup>2</sup>, 彭敏<sup>2\*</sup>

(1. 榆林学院 生命科学学院, 陕西 榆林 719000; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810000)

**摘要:** 选择长江源地区典型的紫花针茅草原作为研究对象, 以大量的群落学样方调查为基础, 采用 TWINS-PAN、DCA、物种多样性、相关分析等多元数量分析方法, 系统研究了紫花针茅草原的群落特征、物种多样性、群落与环境因子的关系。结果表明: (1) 所调查的紫花针茅草原是物种组成相对简单、菊科和禾本科植物最多、北温带分布属为主体的草原群落; (2) 长江源区紫花针茅草原群落可划分为四个群丛类型: 紫花针茅+密丛棘豆群丛, 紫花针茅+梭罗草群丛, 紫花针茅+伊凡苔草群丛, 紫花针茅+弱小火绒草群丛; (3) 影响群丛分布的主要环境因子首先是海拔、经纬度等空间因子, 其次是湿润度、降雨量等水分因子的影响; (4) 紫花针茅+伊凡苔草群丛的物种多样性是研究区四个群丛中最高。Simpson 指数和均匀度指数受海拔、经纬度、平均降雨量、均湿润度等环境因子影响显著。该研究揭示了紫花针茅草原群落的内在规律。

**关键词:** 紫花针茅; 数量分类和排序; 物种多样性; 青藏高原

中图分类号: Q948.15 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)05-0635-07

## Quantitative classification and ordination of *Stipa purpurea* steppe community in source region of the Yangtze River

YUE Peng-Peng<sup>1, 2</sup>, LU Xue-Feng<sup>2</sup>, YE Run-Rong<sup>2</sup>,  
ZHOU Yu-Bi<sup>2</sup>, ZHAO Jian-Zhong<sup>2</sup>, PENG Min<sup>2\*</sup>

(1. College of Life Sciences, Yulin University, Yulin 719000, China; 2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810000, China)

**Abstract:** The typical *Stipa purpurea* steppe in the source region of the Yangtze River was selected as subject. Multivariate statistics methods including TWINS-PAN, DCA and correlation analysis were used to calculate the data on the basis of investigating a large number of vegetation communities in this region, in order to investigate the community characteristics, community diversity, and the relationship between community and environment factors. The results were as follows: (1) The species composition of *S. purpurea* steppe in the study area was relatively simple. The dominant families of seed plants were Gramineae and Compositae, and the dominant areal types of genera were North temperate type; (2) The *S. purpurea* steppe community in the source region of the Yangtze River could be classified into 4 ecological associations: Ass. *Stipa purpurea* + *Oxytropis densa*, Ass. *Stipa purpurea* + *Kengyilia thoroldia*, Ass. *Stipa purpurea* + *Carex ivanovae* and Ass. *Stipa purpurea* + *Leontopodium humilum*; (3) The major environmental factors influenced the distribution of *Stipa purpurea* steppe ecological associations in source region of

收稿日期: 2014-04-11 修回日期: 2014-05-17

基金项目: 陕西省自然科学基金(2011JQ5010); 陕西省教育厅科学研究项目(11JK0637); 榆林学院高层次人才项目(11GK07)。

作者简介: 岳鹏鹏(1981-)女, 山东德州人, 博士, 讲师, 研究方向为植物生态学、农业生态学等。(E-mail)yue\_pengpeng@163.com。

\* 通讯作者: 彭敏, 研究员, 从事植被生态学及资源生态学研究。(E-mail)pengm@nwipb.ac.cn。

the Yangtze River firstly were space factors (altitude, longitude and latitude), then water factors (precipitation, wetness); (4) Ass. *Stipa purpurea* + *Carex ivanovae* hold the three highest indexes of the 4 ecological associations in the study area. Both evenness index and Simpson index were influenced by space factors and water factors. The present study proclaim the inner ecological rules of *Stipa purpurea* steppe in source region of the Yangtze River, and will play a very important role in maintaining the ecosystem equilibrium of ecologically fragile zones.

**Key words:** *Stipa purpurea*; quantitative classification and ordination; species diversity; Qinghai-Tibet Plateau

长江源区是三江源自然保护区的重要组成部分,是长江流域的特殊生态功能区。近年来全球气候变暖及资源不合理开发利用使长江源生态环境遭到破坏,生物资源减少,生物多样性受到威胁,自然灾害增加,并进一步通过影响气候变化、能量交换、物质迁移、水量改变等生态环境因子对我国长江中下游地区乃至全球生态环境产生影响(牛亚菲, 1999)。

紫花针茅(*Stipa purpurea*)草原是长江源区沱沱河流域和楚玛尔河流域的主要植被类型,隶属草原生态系统中较脆弱的类型,对长江源区景观生态平衡和生态系统多样性的保护维持意义重大。20世纪80年代以前,有关紫花针茅研究的文献很少,仅在早期的植物描述和植被调查文献中偶尔出现,如张经纬(1963)指出紫花针茅是羌塘东南部草原植物群落的主要建群种。80~90年代末,紫花针茅继续出现在植物分类和植被类型特征的研究中,紫花针茅更详细的分类特点、群落外貌、盖度、分布和生境等有较多的报道(郭本兆等, 1982; Guo, 1993)。进入21世纪后,涉及紫花针茅草原的研究大量出现,研究内容也更有科学针对性。何萍等(2005)结合遥感影像数据和地面勘察,表明紫花针茅草原是雅鲁藏布江源头区高寒草原的主要类型之一。刘洋等(2007)发现青海巴滩地区、沱沱河地区紫花针茅草原群落总体种间关联性分别为负相关和显著正相关。李明森(2000)指出虽然紫花针茅草原生态较脆弱,已有1/3的草地受沙化和侵蚀的威胁,4%的草地处于过牧退化状况。马世震等(2004)表明退化草地植被盖度比未退化区下降,优势物种变化,物种多样性指数下降。有关紫花针茅草原群落多样性的研究出现了一些有价值的结论,而多样性随着干扰程度和海拔梯度等的变化是其中的热点(胡玉昆等, 2007; Zheng *et al.*, 2007)。紫花针茅的研究虽不断增多,但主要是限于局部地区的单项研究,对大尺度范围内紫花针茅草原群落的内部分类、空间分布、物种多样性和生态环境变化特征以及它们之间相关关系的系统性研究较少,群落自身的生态特点、内部分

布规律等还有很多未知。本文以长江源区西大滩(昆仑山脚下)至雁石坪(唐古拉山北坡)分布的典型紫花针茅草原作为研究对象,在大量群落学取样基础上,采用数量分析方法,系统研究紫花针茅草原高海拔地区纬向分布群丛的特征、多样性变化以及影响群丛分布格局的主要环境因子,旨在揭示紫花针茅草原群落的内在规律,为维护生态脆弱区生态系统平衡和资源的可持续利用提供基础,对维护长江源地区生态系统平衡具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

长江源区北起昆仑山脉,南抵唐古拉山脉,西自乌兰乌拉山、祖尔肯乌拉山,东临巴颜喀拉山,地理坐标为 $90^{\circ}30' \sim 97^{\circ}10' E$ ,  $32^{\circ}30' \sim 35^{\circ}50' N$ 。长江源区地势西高东低,四周山峰一般在5 500 m以上,其它地区海拔多在4 000 m以上。气候类型属高原寒带半湿润—半干旱区,年均气温 $-1.0^{\circ}C$ ,极端最低气温 $< -40^{\circ}C$ ,年均降水量387.7 mm。植被类型主要有高山草甸和高山草原两大类。草甸植物以莎草科嵩草属(*Kobresia*)占优势,草原植物以禾本科(*Gramineae*)和菊科(*Compositae*)为主,紫花针茅草原是其主要草原植被类型。

研究区位于青藏高原腹地长江源区西大滩(昆仑山脚下)至雁石坪(唐古拉山北坡)之间,样地基本情况见表1。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置和数据采集 选择长江源区连续分布的紫花针茅草原设立研究区(表1),在该区紫花针茅草原分布的典型地段由西北向东南依次设立6个样地(样地间隔 $\geq 20$  km),每个样地分别设置5条样带,相邻样带至少间隔500 m,样带方向随机设定。每条样带上设置10个 $1 m \times 1 m$ 的样方,第一个样方在样带0~9 m间随机选定,后续样方沿样带以10 m间隔依次等距设定。记录每个样方中植物的物种组成、分盖度和频度、群落总盖度以及物候

表 1 调查样地基本情况  
Table 1 General conditions of sampling plots

项目 Item	样地 1 Plot 1	样地 2 Plot 2	样地 3 Plot 3	样地 4 Plot 4	样地 5 Plot 5	样地 6 Plot 6
行政区域 Sites	西大滩 Xidatan	不冻泉 Budongquan	楚玛尔河 Qumar	风火山 Fenghuoshan	沱沱河 Tuotuohe	雁石坪 Yanshiping
样带号 Transect No.	c1~c5	c6~c10	c11~c15	c16~c20	c21~c25	c26~c30
海拔 Altitude (m)	4 170~4 218	4 479~4 537	4 548~4 637	4 582~4 618	4 569~4 586	4 647~4 693
经度 Longitude (E)	94°16'~94°18'	93°37'~93°42'	93°08'~93°19'	92°40'~92°45'	92°14'~92°24'	92°03'~92°15'
纬度 Latitude (N)	35°44'~35°45'	35°26'~35°31'	35°15'~35°19'	34°23'~34°30'	34°13'~34°15'	33°42'~33°47'
年均温 (°C)	-2.44	-3.76	-4.00	-3.52	-3.30	-3.56
Average annual temperature						
年均降水量 (mm)	186.49	200.85	205.48	247.98	251.20	278.53
Average annual precipitation						
年均湿润度	-3 958.20	-1 470.00	-157.20	-1 086.80	-628.60	-746.80
Average annual wetness						

期等群落参数。用 GPS 测定记录样方的经纬度和海拔等环境因子。各样带上取其 10 个样方相关参数的算术平均值,作为后续计算分析的基础数据。各样带的多年平均气温、降雨量、湿润度等气候因子由 ArcGIS 对青海省各气象站数据及经纬度拟合后提取获得,拟合源数据来自中国科学院地理科学与资源研究所(<http://www.data.ac.cn>)。

1.2.2 群落数量分析方法 根据调查数据建立了 2 个矩阵:由 30 条样带 81 种植物的重要值组成的植被矩阵;由 30 条样带 6 个环境参数组成的环境属性矩阵。用 PCORD 程序进行数量分类和排序。

(1)重要值计算:草本植物个体数统计较为困难,为使计算的各种指数更具代表性,便于不同群丛间的比较,用各物种重要值代替个体数进行计算。

$$\text{重要值}(IV) = (\text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 2$$

(2)数量分类方法:使用双向指示种分析(Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSpan)方法对青海高原紫花针茅草原群落进行数量分类。

(3)排序方法:采用除趋势对应分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)对紫花针茅草原群落进行排序和与环境因子的关系研究。

(4)群落物种多样性计算公式:物种丰富度(Richness index): $R = S$ ;均匀度指数(Evenness index): $E = -\sum(P_i \ln P_i) / \ln(S)$ ;群落物种多样性指数(Diversity index):Shannon-wiener 指数: $H' = -\sum(P_i \ln P_i)$ ;Simpson 指数: $D = \sum N_i(N_i - 1) / [N(N - 1)]$ 。式中, $S$  为群落中的总种数, $N$  为所在样方的各个种重要值之和, $N_i$  为种  $i$  的重要值,相对重要值  $P_i = N_i / N$ 。

(5)植物区系分析方法:研究区紫花针茅草原群

落样方内出现的植物种均由中国科学院西北高原生物研究所卢学峰副研究员鉴定,并根据植物区系地理学的基本原理,对科内种的组成、属的地理分布类型进行统计与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 研究区紫花针茅草原群落种子植物组成

该区共出现种子植物 81 种,隶属 51 属 21 科。从表 2 看出,研究区内紫花针茅草原植物种主要以禾本科、菊科和豆科为主,三者占总种数的 43.20%。此外,莎草科、十字花科、玄参科、毛茛科和蔷薇科也是重要组成部分,占总种数的 32.10%。其余伞形科、紫草科、藜科、石竹科、罂粟科等 13 科的植物种占总种数的 24.70%。

按吴征镒(1991)关于中国种子植物属划分的 15 个分布区类型,长江源区紫花针茅草原群落中的植物属可划分为 8 个类型(表 3)。其中,北温带分布属的数量最多,占总属数的 52.94%;温带亚洲分布、旧世界温带分布和世界分布的属数量较多,占总属数的 29.41%;其它 4 种分布类型共 9 属,占总属数的 17.65%。

### 2.2 长江源区紫花针茅草原群落数量分类

2.2.1 群落数量分类 植物矩阵 TWINSpan 二级划分的结果如图 1,30 条样带被划分 4 个群丛类型,各群丛基本特征如下:

紫花针茅+密丛棘豆(*Oxytropis densa*)群丛(I):包含样带 c1~c3, c5,分布在西大滩地区。总盖度为 39.00%~48.00%,平均总盖度 44.95%,紫花针茅相对盖度为 61.10%。主要伴生种有长爪黄芪

表 2 种子植物组成情况  
Table 2 Composition of seed plants

科 Family	种数 No. of species	占总种数的百分比 Ratio (%)
禾本科 Gramineae	12	14.81
菊科 Compositae	12	14.81
莎草科 Cyperaceae	7	8.64
豆科 Leguminosae	11	13.58
十字花科 Cruciferae	6	7.41
玄参科 Scrophulariaceae	5	6.17
毛茛科 Ranunculaceae	4	4.94
蔷薇科 Rosaceae	4	4.94
伞形科 Umbelliferae	3	3.70
紫草科 Boraginaceae	3	3.70
藜科 Chenopodiaceae	2	2.47
石竹科 Caryophyllaceae	2	2.47
罂粟科 Papaveraceae	2	2.47
其他 8 科 Other 8 faculties	8	9.88
合计 Total	81	100

表 3 种子植物属的分布区类型  
Table 3 Generic areal-types of seed plants

分布区类型 Areal-types	属数 No. of genera	占总属数的百分比 Ratio (%)
北温带分布 North temperate	27	52.94
温带亚洲分布 Temp. Asia	6	11.76
旧世界温带分布 Old world temperate	5	9.80
世界分布 Cosmopolitan	4	7.84
中亚分布 M. Asia	3	5.88
东亚分布 E. Asia	3	5.88
地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	2	3.92
泛热带分布 Pantropic	1	1.96
合计 Total	51	100

(*Astragalus hendersonii*)、多枝黄芪(*A. polycladus*)、梭罗草(*Kengyilia thoroldia*)、冰川棘豆(*Oxytropis glaciale*)、异蕊芥(*Dimorphostemon pinnatus*)、阿拉善马先蒿(*Pedicularis alaschani-ca*)、沙生风毛菊(*Saussurea arenaria*)、沙生地蔷薇(*Chamaerhodos sabulosa*)、长茎藁本(*Ligusticum thomsonii*)、大花蒿(*Artemisia macrocephala*)等。

紫花针茅+梭罗草群丛(II):包含样带 c4, c8, c21~c23, 主要分布在沱沱河地区。总盖度 41.00%~80.00%, 平均总盖度 62.9%, 紫花针茅的相对盖度 56.97%。主要伴生种有沙生风毛菊、长爪黄芪、多裂萎陵菜(*Potentilla multifida*)、异蕊芥、伊凡苔草(*Carex ivanovae*)、多枝黄芪、阿拉善马先蒿、铺散亚菊(*Ajania khartensis*)、大花蒿草(*Kobresia macrantha*)、青藏苔草(*Carex moorcraftii*)等。

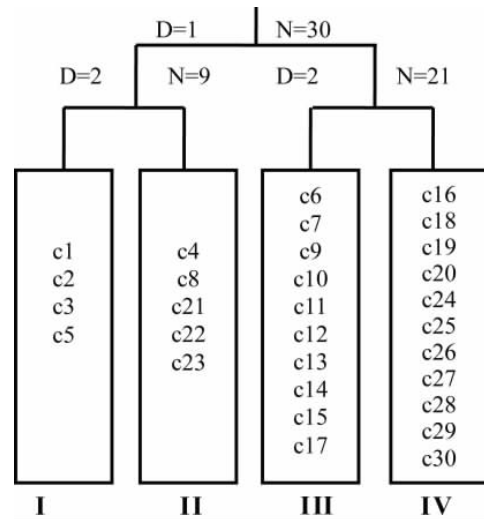


图 1 TWINSpan 分类结果树状图 N. 样方数; D. 分类次序数; q1-q27. 指样号; I-IV. 群丛类型。

Fig. 1 Result dendrogram of TWINSpan N. Number of transects; D. Division order; c1-c30. Transect numbers; I-IV. Ecological associations.

紫花针茅+伊凡苔草群丛(III):包含样带 c6, c7, c9~c15, c17, 主要分布在楚玛尔河和不冻泉地区。总盖度 33.00%~59.00%, 平均总盖度 48.20%, 紫花针茅相对盖度 42.89%。主要伴生种有梭罗草、青藏苔草、沙生风毛菊、西藏蒿草(*Kobresia schoenoides*)、宽叶栓果芹(*Cortiella caespitosa*)、扇穗茅(*Littledalea racemosa*)、长爪黄芪、多枝黄芪、紫羊茅(*Festuca rubra*)、福祿草(*Arenaria przewalskii*)、冰川棘豆、弱小火绒草(*Leontopodium humilum*)、川青早熟禾(*Poa indattenuata*)、黑苞风毛菊(*Saussurea apus*)、阿尔泰葶苈(*Draba altaica*)、美花草(*Callianthemum pimpinelloides*)、胀果棘豆(*Oxytropis stracheyana*)、二色棘豆(*O. bicolor*)等。

紫花针茅+弱小火绒草群丛(IV):包含样带 c16, c18~c20, c24~c30, 主要分布在雁石坪和风火山地区。总盖度为 55.00%~80.00%, 平均总盖度 62.73%, 紫花针茅相对盖度为 50.90%。主要伴生种有二裂萎陵菜(*Potentilla bifurca*)、紫羊茅、伊凡苔草、多枝黄芪、沙生风毛菊、川青早熟禾、西藏蒿草(*Kobresia schoenoides*)、大花蒿草等。

2.2.2 群丛主要种特征值 从图 2 看出, 西大滩地区群丛 I 紫花针茅的重要值是四个群丛中最大的, 群丛中紫花针茅单优趋势最明显; 群丛 III 中紫花针茅的重要值最小; 群丛 IV 的总盖度最大, 紫花针茅

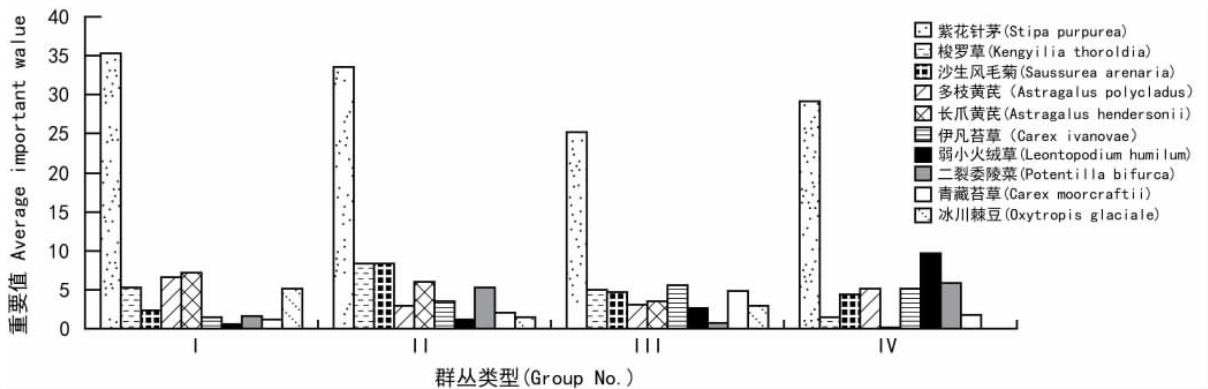


图 2 研究区紫花针茅草原各群丛主要种的重要值

Fig. 2 Important value of dominant species of each *Stipa purpurea* steppe association

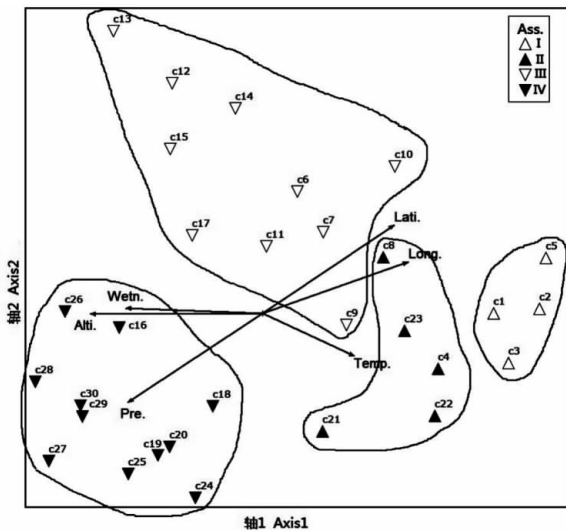


图 3 紫花针茅草原 30 条样带及环境因子的 DCA 排序 Alti. 示海拔; Long. 示经度; Lati. 示纬度; Temp. 示年均温度; Wetn. 示年均湿润度; Pre. 示年均降雨量。c1-c30 指样号; Ass. 示群丛; I-IV 示群丛类型。

Fig. 3 DCA ordination diagram of 33 transects and environmental factors. Alti. refers to altitude; Long. refers to longitude; Lati. refers to Latitude; Temp. refers to temperature; Wetn. refers to wetness; Pre. refers to precipitation. c1-c30 mean transect numbers. Ass. refers to association, I-IV indicate the ecological associations.

重要值在四个群丛中居中,其他主要种的重要值比例相对均匀,群落结构复杂。

### 2.3 紫花针茅草原群丛分布与环境因子的关系

从图 3 看出,DCA 二维排序图中,带有箭头的线段表示不同的环境因子,线段的长短以及和排序轴的夹角表示该环境因子与排序轴的相关程度。从排序结果看,DCA 第一轴和海拔、经纬度、年均湿润度以及降雨量相关性很大,主要反映了空间和水分

因子的变化。沿着第一排序轴从左到右,海拔逐渐降低,经度和纬度逐渐变大,湿润度减小,降雨量减少,群丛类型由紫花针茅+弱小火绒草群丛(IV)过渡到紫花针茅+梭罗草群丛(II),再到紫花针茅+伊凡苔草群丛(III),最后为紫花针茅+密丛棘豆群丛(I)。沿着第二排序轴从上到下,群丛类型从主要分布在楚玛尔河附近的群丛 III 过渡到主要分布在雁石坪附近的群丛 IV。

### 2.4 物种多样性

从图 4 总体来看,Simpson 指数和均匀度指数曲线平滑、变化规律相似,物种丰富度指数相对变幅较大。各群丛比较来看(表 4),均匀度指数为群落 III>群丛 IV>群丛 II>群丛 I,Simpson 指数为群落 III>群丛 IV>群丛 I>群丛 II,物种丰富度指数为群落 III>群丛 IV>群丛 I>群丛 II。群丛 III 的均匀度指数、Simpson 指数和物种丰富度指数在各群丛中均为最高。

表 4 各群丛 α 多样性指数平均值

Table 4 Average of α diversity indexes of each association

群落序列号 Association No.	样带号 Transect No.	物种丰富度 (R) Richness index	均匀度指数 (E) Evenness index	Simpson 指数 (D) Simpson index
I	c1-c3, c5	20.00	0.785	0.838
II	c4, c8, c21-c23	18.20	0.804	0.837
III	c6, c7, c9-c15, c17	23.30	0.844	0.886
IV	c24-c30, c16, c18-c20	22.73	0.819	0.871

表 5 显示各多样性指数和环境变量的相关性。Simpson 指数、均匀度指数与海拔、经纬度、平均降雨量、平均湿润度等环境因子均达显著相关,物种丰富度与除湿润度外的环境因子无显著相关性。

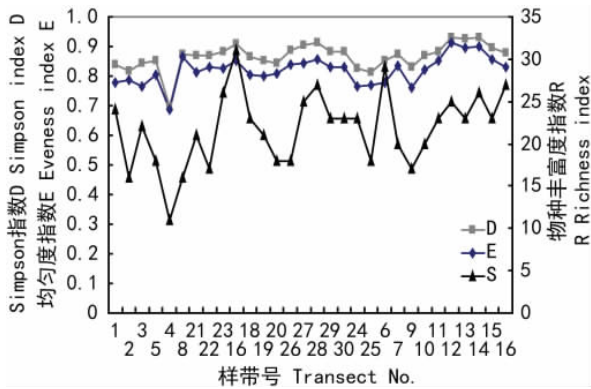


图 4 紫花针茅草原群落丰富度指数、均匀度指数和 Simpson 指数

Fig. 4 Richness, evenness and Simpson indices of *Stipa purpurea* steppe community

表 5 α多样性指数间及其与环境因子间的相关分析  
Table 5 Correlation analysis among α diversity indexes and environmental factors

项目 Item	物种丰富度 (R) Richness index	均匀度指数 (E) Evenness index	Simpson 指数 (D) Simpson index
海拔 Altitude	0.328	0.479**	0.512**
纬度 Latitude	-0.201	-0.411*	-0.367*
经度 Longitude	-0.307	-0.564**	-0.528**
年均温 (°C) Average annual temperature	0.184	0.366*	0.330
年均降水量 (mm) Average annual precipitation	-0.341	-0.374*	-0.471**
湿润度 Degree of wetness	0.383*	0.616**	0.655**

注: \*\* 极显著相关  $P < 0.01$ ; \* 显著相关  $P < 0.05$ 。

Note: \*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). \* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 3 讨论

紫花针茅草原数量分类结果显示,同一地区的样带有些从属于不同的群丛,这与江河源区间断分布的紫花针茅草原群落分类特点不同(Yue *et al.*, 2011)。一方面显示该区环境连续度高,空间距离对紫花针茅草原群丛的分异作用相对不明显;另一方面说明该研究区同一地区的微环境变化很大,同地区的样带由于微环境不同有较大差异。群落排序结果显示,影响该区紫花针茅草原分布的主要环境因子首先是海拔,其次是经纬度、湿润度和降雨量等。海拔是典型的复合环境因子,除空间上的升高,还影响温度和水分的变化。经纬度除空间隔离,同样影响温度和水分变化。所以 DCA 排序第一轴的几个

环境因子基本同维,即随着海拔和经纬度的变化,降雨量、湿润度和温度均在空间因子的复合作用下相应变化。年均温对群丛分布的影响相对最小。弱小火绒草一般分布在高海拔地区,以弱小火绒草为次优势种的群丛 IV 居于 DCA 排序图的左下端,和群丛主要分布区雁石坪高海拔、降雨量大的实际环境情况非常吻合。群丛 I 以干旱地区分布的密丛棘豆为次优势种,伴生菊科植物较多,群丛荒漠化性质明显,在 DCA 排序图中居于最右端,也符合群丛 I 主要分布区格尔木市西大滩地区干旱低海拔的环境情况。紫花针茅草原群丛分布可能受土壤类型和样带微环境(坡向、退化程度)等影响,DCA 第二轴反应的主要环境因子不明显,还需进一步研究。

生物多样性具有重要的生态系统功能(Wedin *et al.*, 1999; Yachi *et al.*, 1999),其中 α多样性或者说物种多样性的研究尤为引人注目,它是一个群落结构和功能复杂性的度量。本文在实地调查基础上初步分析了长江源区紫花针茅草原群落的物种多样性。物种多样性指数最高的群丛 III 主要分布在楚玛尔河地区,属于相对凹地环境,近水区湿润度大,群丛物种丰富,且其紫花针茅的重要值在四个群丛中最小,主要种重要值的比例较均匀,故该群丛的三个多样性指数在四个群丛中均最大。群丛 I 位于干旱的西大滩地区,是荒漠化紫花针茅草原,其主要种的重要值分布极不均匀,紫花针茅单优趋势最重,故群丛的均匀度指数最低,物种多样性和丰富度都较小。植物群落物种多样性与海拔之间的关系在不同地区不一致,且不同植物群落或物种与海拔的相关关系也不一样(唐志尧等,2004)。由于植物群落中各生活型物种对环境响应不尽一致,不同生活型的植物种类沿海拔梯度也呈现不同的多样性格局(Rey Benayss *et al.*, 1993)。因此应针对不同地区进行具体分析和研究。本文中群丛的 Simpson 指数和均匀度指数均与海拔显著相关,与张静等(2009)的研究基本一致,物种多样性随海拔升高而不断减少。同时, Simpson 指数和均匀度指数均随年均降雨量和湿润度的增加而增加,表现出与环境因子的高相关性。但物种丰富度与除湿润度外的环境因子均无显著相关性,可能研究区的物种丰富度受湿润度及多环境因子协同作用的调节,和单一环境因子的相关性较小。

TWINSPAN 同时进行样方和种类分类,根据“指示种”(indicator)将群落与种类组成依次划分为



各个等级的类型单位或生态类群, 明显反映出种类与样方间的关系及重要环境梯度。DCA 特征向量排序以 CA/RA 为基础修改而成。DCA 第一轴分为一系列区间, 在每一区间内将平均数定为零而对第二轴的坐标值进行调整, 从而克服了弓形效应, 提高了分类精度。本文 TWINSPAN 和 DCA 结果相互验证, 与江河源其他地区的研究结果一致(Yue *et al.*, 2011), 说明这两种数量分析方法适用于紫花针茅草原内部分类, 结合起来分析的结果更客观和有说服力。

## 4 结论

(1) 研究区内所调查紫花针茅草原群落出现种子植物 81 种, 隶属 51 属 21 科。以禾本科、菊科和豆科为主。物种组成简单, 北温带分布的居多。

(2) 长江源区紫花针茅草原可分为四个群丛类型: 紫花针茅+密丛棘豆群丛(I), 紫花针茅+梭罗草群丛(II), 紫花针茅+伊凡苔草群丛(III), 紫花针茅+弱小火绒草群丛(IV)。群丛分布区跨度较大, 主要种的重要值比例有差异。影响研究区南北向紫花针茅草原群丛类型分布的主要环境因子是海拔、经纬度等空间因子和湿润度、降雨量等水分因子, 还可能受样带微环境和土壤类型等因子影响。

(3) 紫花针茅+伊凡苔草群丛的物种多样性是研究区四个群丛中最高的。Simpson 指数和均匀度指数受海拔、经纬度、平均降雨量、均湿润度等环境因子影响均显著, 而物种丰富度与除湿润度以外的环境因子均无显著相关性。

## 参考文献:

- Guo BZ(郭本兆), Sun YH(孙永华). 1982. A preliminary study on the classification, distribution and ecological nature of genus *Stipa* L. of China(中国真茅属分类、分布和生态的初步研究)[J]. *Acta Phytotaxon Sin*(植物分类学报), **20**(1): 34-43
- Guo K. 1993. Vegetation of Qinghai Hoh Xil Region[J]. *Acta Phytotaxon Sin*, **17**(2): 120-132
- Guo ZG(郭正刚), Wang GX(王根绪), Shen YY(沈禹颖), *et al.*. 2004. Plant species diversity of grassland plant communities in permafrost regions of the northern Qinghai-Tibet Plateau(青藏高原北部多年冻土区草地植物多样性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(1): 149-155
- Hamitona AC, Perrott RA. 1981. A study of altitudinal zonation in the montane forest belt of Mt. Elgon, Kenya/ Uganda[J]. *Vegetatio*, **45**(2): 107-125
- He P(何萍), Guo K(郭柯), Gao JX(高吉喜), *et al.*. 2005. Vegetation types and their geographic distribution in the source area of the Yarlung Zangbo(雅鲁藏布江源头区的植被及其地理分布特征)[J]. *J Mount Sci*(山地学报), **23**(3): 267-273
- Hoopor DU, Vitousek PM. 1998. Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling[J]. *Ecol Monogr*, **68**: 121-149
- Hu YK(胡玉昆), Li KH(李凯辉), Alide MD(阿德力麦地), *et al.*. 2007. Plant species diversity of alpine grasslands on southern slope of Tianshan Mountain along altitude gradient. (天山南坡高寒草地海拔梯度上的植物多样性变化格局)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **26**(2): 182-186
- Li MS(李明森). 2000. Rational exploitation of grassland resources in the Northern Xizang Plateau(藏北高原草地资源合理利用)[J]. *J Nat Resour*(自然资源学报), **15**(4): 335-339
- Liu Y(刘洋), Hu(胡刚), Liang SC(梁士楚), *et al.*. 2007. Interspecific associations analysis of *Stipa purpurea* community in Tuotuo River Area(沱沱河地区紫花针茅群落间联结性分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), **27**(5): 720-724
- Ma SZ(马世震), Peng M(彭敏), Chen GC(陈桂琛), *et al.*. 2004. Feature analysis of vegetation degradation on Alpine Grassland in Yellow River source region(黄河源头高寒草原植被退化特征分析)[J]. *Pratac Sci*(草业科学), **21**(10): 19-23
- Niu YF(牛亚菲). 1999. The study of environment in the Plateau of Qin-Tibet(青藏高原生态环境问题研究)[J]. *Progr Geogr*(地理科学进展), **18**(2): 163-171
- Rey Benayss JM, Scheiner Samuel M. 1993. Diversity patterns of wet meadows along geochemical gradients in Central Spain[J]. *J Veget Sci*, **4**(1): 103-108
- Tang ZY(唐志尧), Fang JY(方精云). 2004. A review on the elevational patterns of plant species diversity(植物物种多样性的垂直分布格局)[J]. *Biodivers Sci*(生物多样性), **12**(1): 20-28
- Wedin DA, Tilman D. 1999. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands[J]. *Science*, **284**: 1720-1724
- Wu ZY(吴征镒). 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants(中国种子植物的分布类型)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), Suppl. IV: 1-139
- Yachi S, Loreau M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis[J]. *Proceed Nat Acad Sci*, **96**: 1463-1468
- Yue PP, Lu XF, Ye RR, *et al.*. 2011. Distribution of *Stipa purpurea* steppe in the Northeastern Qinghai-Xizang Plateau(China)[J]. *Russ J Ecol*, **42**(1): 50-56
- Zhang J(张静), Li XL(李希来), Qiao XL(乔小龙). 2009. Analysis on vertical distribution of alpine grassland and meadow in Sanjiangyuan Region(三江源地区高寒草地群落的垂直分布规律)[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学), **48**(3): 592-596
- Zhang JW(张经纬). 1963. The basic steppe characteristics and zonal significance in southeast Qiangtang Plateau(羌塘高原东南部草原的基本特点及其地带性意义)[J]. *J Plant Ecol*(《植物生态学与地植物学丛刊》), **1**(1-2): 131-140
- Zheng GG, Rui JL, Fu JN, *et al.*. 2007. Effect of highway construction on plant diversity of grassland communities in the permafrost regions of the Qinghai-Tibet plateau[J]. *Rangeland J*, **29**(2): 161-167