

高寒草甸主要植物群落物种多样性的初步研究*

王启基 周兴民 王文颖

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

通过青海省海北地区主要植物群落类型——小嵩草 (*K. pygmaea*) 草甸、矮嵩草 (*K. humilis*) 草甸和藏嵩草 (*K. tibetica*) 沼泽化草甸植物群落物种的丰富度、多样性和均匀度及其环境多样性的初步研究结果表明: 物种丰富度指数、多样性指数 (H') 和均匀度指数 (E_i) 依次为矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸 > 藏嵩草沼泽化草甸, 而 Simpson index (λ) 则与 Shannon—Wiener index (H') 相反。地上生物量在空间分布的丰富度指数、多样性指数 (H') 依次为矮嵩草草甸 > 藏嵩草沼泽化草甸 > 小嵩草草甸; 均匀度指数 (E_i) 依次为藏嵩草沼泽化草甸 > 矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸; 地下生物量的多样性指数 (H') 和均匀度指数 (E_i) 依次为藏嵩草沼泽化草甸 > 矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸; 环境多样性指数 (H'') 和均匀度指数 (E_j) 依次为矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸 > 藏嵩草沼泽化草甸。经相关分析表明, 植物种的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数密切相关 ($p < 0.01$)。环境多样性指数 (H'') 和均匀度指数 (E_j) 呈极显著的正相关 ($p < 0.01$), 植物种数、多样性指数 (H') 与环境多样性指数 (H'') 和均匀度指数 (E_j) 呈正相关。此结果表明, 生态环境及其环境多样性的不同是形成高寒草甸不同植物群落物种丰富度、多样性和均匀度差异的主要原因之一。此外根据实验结果表明, 高寒草甸植物的多样性测度值以种的频度、盖度和株高计算的重要值为宜。

关键词: 高寒草甸; 丰富度; 多样性; 均匀度; 测度值

青藏高原独特的地理位置、自然景观和生态环境闻名于世。其三维空间分异, 使生态环境复杂, 类型多样, 生物多样性丰富。青藏高原的隆起既保留了若干古老的生物种群, 又产生了许多新的种属。高原的抬升导致新的植物区系的形成, 一些区域成为科属分化和分布的中心, 构成生物资源宝库之一 (刘东生, 1992)。

随着人口的迅速增长, 人类经济活动的不断加剧以及对生物资源不合理的开发利用, 使人类的生存环境和生物多样性受到严重的威胁。“无法再现的基因、物种和生态系统正以人类历史上前所未有的速度消失”, 濒危物种名录不断增加的潜在威胁不仅引起有关专家、学者们的关注, 而且使各国首脑和商业界人士的高度重视 (WRI 等, 1993; 中国科

* 国家“攀登计划”和中科院重大项目资助课题。

本文于 1997 年 10 月 15 日收到。

学院生物多样性委员会, 1992)。由于对高寒草地的粗放经营、超载过牧以及人为的破坏导致草地严重退化, 生物多样性丧失速率加快, 生态环境破坏, 严重阻碍了高原草地畜牧业生产的高效、持续和协调发展。因此, 开展青藏高原主要植物群落物种多样性的研究, 对维护草地生态平衡和保护生物多样性均具有重要的学术价值和实践意义。

目前有关高寒草甸植物群落多样性研究的报道较少, 通过该项研究可揭示高寒草甸生态系统物种多样性、功能多样性的形成、分布格局以及维持与丧失机制, 为高寒草甸生物多样性的保护和持续利用以及对生物具有重要意义的栖息地的保护和综合治理提供科学依据。

自然概况与研究方法

本研究于 1989~1993 年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行。地处北纬 $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45'$, 东经 $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}33'$, 海拔 3200~3250m。年平均气温 -1.7°C , 1 月平均气温 -14.8°C , 7 月平均气温 9.8°C 。年平均降水量 600mm, 蒸发量 1160.3mm。主要植被类型有高寒草甸、高寒灌丛和沼泽化草甸。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。

试验样地选择在植被较为均匀的小嵩草草甸、矮嵩草草甸和藏嵩草沼泽化草甸, 面积分别为 $(30 \times 30)\text{m}^2$ 。在植物生长季, 每月月底测定其地上生物量, 样方面积为 $(50 \times 50)\text{cm}^2$, 5 次重复。并按禾草类、莎草类、杂类草和枯枝落叶分类, 称取鲜重后在 80°C 的恒温箱内烘干至恒重, 并同步测定有关的环境因子。

在植物生物量高峰期 (8 月底), 分别测定植物群落的种类组成及其特征值 (频度、盖度、密度、株高和个体生物量)。将 $100\text{cm} \times 50\text{cm}$ 的固定样方分成 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的 50 个子样方计数。单子叶植物的密度以枝条统计, 双子叶植物的密度以株统计, 随机测定每个种群的株高, 20 次重复。个体生物量以 20~50 枝、株的平均值为依据。同时分层测定植物群落地上 (每 10cm 为 1 层, 直至最大高度)、地下部分 (每 10cm 为 1 层, 到 50cm 为止) 生物量的垂直分布特征。

本文在探讨不同植物群落物种多样性 (Species diversity) 时, 侧重于群落中的种数, 即丰富度 (Species richness) 和物种的相对多度, 即均匀性 (Species evenness) 两个方面, 其数学表达式如下:

丰富度指数 1. 即 Margalef 指数 (Margalef, 1958):

$$R_1 = (s - 1) / \ln(n) \quad (1)$$

丰富度指数 2. 即 Menhinick 指数 (Menhinick, 1964):

$$R_2 = s / \sqrt{n} \quad (2)$$

多样性指数 1. 即 Simpson 指数:

$$\lambda = \sum_{i=1}^s (P_i)^2 \quad (3)$$

多样性指数 2. 即 Shannon-Wiener 指数 (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i) \quad (4)$$

Hill 多样性数 (Hill, 1973):

$$Na = \sum_{i=1}^s (P_i)^{1/(1-a)} \quad (5)$$

Hill 列出的这些多样性数的第 0, 1, 2 阶正好符合 3 个最重要的多样性测度值, 即数 0: $N_0 = S$, 数 1: $N_1 = e^{H'}$, 数 2: $N_2 = 1/\lambda$ 。Hill 将这些以物种数为单位的多样性数测度称之为存在于样本中的物种有效数 (Effective number of species), 它体现了物种比例多度在各物种间的分布程度, 显然 N_0 是样本中所有种的数量 (不考虑其多度), N_2 是非常丰富物种的数目, 而 N_1 是样本中丰富种的数目 (Hill, 1973)。

式中, S 为物种数; n 为物种个体总数; P_i 为第 i 个种的比例多度 (为了比较不同测度值对群落物种多样性、均匀度的影响, 采用相对密度 (方案 I), 相对频度、相对盖度和相对株高计算的重要值 (方案 II) 以及相对频度、相对盖度、相对株高、相对密度和相对生物量计算的重要值 (方案 III) 代替。并通过方差分析和 T 值检验, 以寻求适应高寒草甸植物矮小、密集等特征, 并且省力、方便而又准确的测度方法。

均匀度指数 1 (Pielou, 1975):

$$E_1 = H' / \ln(s) = \ln(N_1) / \ln(N_0) \quad (6)$$

均匀度指数 2 (Sheldon, 1969):

$$E_2 = e^{H'} / s = N_1 / N_0 \quad (7)$$

均匀度指数 3 (Heip, 1974):

$$E_3 = (e^{H'} - 1) / (s - 1) = (N_1 - 1) / (N_0 - 1) \quad (8)$$

均匀度指数 4 (Hill, 1973):

$$E_4 = (1/\lambda) / e^{H'} = N_2 / N_1 \quad (9)$$

均匀度指数 5

$$E_5 = (1/\lambda - 1) / (e^{H'} - 1) = (N_2 - 1) / (N_1 - 1) \quad (10)$$

所测定的主要环境因子有土壤坚实度、土壤含水量、太阳总辐射、反射辐射、气温、地表温度、叶温和冠层相对湿度等, 将各环境因子参数进行数据标准化处理, 其公式如下:

$$P'_{(i,j)} = K_{(i,j)} / \sum K_{(i,j)}$$

式中, $P'_{(i,j)}$ 为第 i 个环境因子在第 j 个环境中的相对比例, $K_{(i,j)}$ 为第 i 个环境因子在第 j 个环境中的测定值 ($i=1, 2, \dots, 8; j=1, 2, 3$)。

然后按公式 (3~10) 计算环境多样性指数和均匀度指数, 上述计算均采用 Basic 汇编语言在 AST-386 微机上运行。

结果与分析

1. 高寒草甸主要植物群落物种丰富度、多样性和均匀度

物种丰富度、多样性和均匀度指数作为描述群落结构特征的一个可测度指标, 是定

量反映群落生态组织及生理—生态学特性的依据,对认识和比较群落的复杂性和资源丰富程度具有重要的意义。由表1可知,矮嵩草草甸植物的丰富度最大,小嵩草草甸居中,藏嵩草沼泽化草甸最小,分别由45、35和23种植物组成。Yapp (1979)指出,由于总的种数还取决于样本容量的大小,将它限定为可比较的指数,提出了许多指数以测定独立样本规模的物种丰富度,这些指数以种数 s 和观测到的个体总数 n (随样本容量的增加而增加)之间的关系为基础,即丰富度指数(R_1)和(R_2)。在相同样本容量下进行计数,故 R_1 、 R_2 具有可比性,其大小与种数的变化趋势相似(表2),即矮嵩草草甸最大,小嵩草草甸居中,藏嵩草沼泽化草甸最小。若以物种多样性指数 H' 为依据,依次为矮嵩草草甸>小嵩草草甸>藏嵩草沼泽化草甸;而Simpson index (λ)则与Shannon-Wiener指数(H')相反。若以Hill的多样性数(N_0 、 N_1 和 N_2)分析,在3个植物群落类型中非常丰富的种的数目(N_2)和丰富种的数目(N_1),依次为矮嵩草草甸>小嵩草草甸>藏嵩草沼泽化草甸;植物种群的这种分布格局与我们观察测定各植物群落的种类组成和结构特征完全吻合。即矮嵩草草甸植物群落当中,种的分布较均匀,优势种较多,

表1 嵩草(*Kobresia*)草甸植物群落种类组成、重要值

Table 1 The compose of species, value of important of plant community in *Kobresia* meadow

植物种名 Name of plant	小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	藏嵩草沼泽 化草甸 <i>K. tibetica</i> of swamp meadow
小嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	20.318	—	—
矮嵩草 <i>K. humilis</i>	2.507	6.545	—
藏嵩草 <i>K. tibetica</i>	—	—	35.611
线叶嵩草 <i>K. capilifolia</i>	—	—	2.29
华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i>	—	—	7.873
黑褐苔草 <i>Carex atro-fusca</i>	2.073	0.682	5.107
二柱头藨草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	—	2.241	5.960
垂穗披硷草 <i>Elymus nutans</i>	4.436	6.056	4.155
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	8.216	6.170	—
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	5.080	7.728	—
微药羊茅 <i>F. nitidula</i>	—	—	4.480
草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	2.767	2.853	—
高原早熟禾 <i>P. alpigena</i>	—	—	1.720
沼草 <i>Koeleria cristata</i>	1.620	2.115	2.724
致细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i>	—	—	1.382
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	5.718	6.583	—
青海风毛菊 <i>S. kokonorensis</i>	3.156	1.557	4.450

植物种名 Name of plant	小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	藏嵩草沼泽 化草甸 <i>K. tibetica</i> of swamp meadow
星状风毛菊 <i>S. stella</i>	—	—	11.691
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	3.045	—	—
重冠紫菀 <i>A. diplostephioides</i>	—	—	1.441
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	1.871	—	—
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	2.274	3.944	—
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	2.407	—	—
淡黄香青 <i>A. flavescens</i>	—	1.006	—
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	1.994	1.077	0.893
白花蒲公英 <i>T. leucanthum</i>	—	1.315	—
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	2.867	2.602	—
多枝黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>	0.548	0.441	—
披针叶黄花 <i>Thermopsis leuceolata</i>	2.231	—	—
兰花棘豆 <i>Oxytropis coerulea</i>	—	3.393	—
甘肃棘豆 <i>O. kansuensis</i>	—	1.802	—
黄花棘豆 <i>O. ochrocephala</i>	—	1.512	—
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	1.764	1.079	0.761
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	2.490	1.383	—
阿拉善马先蒿 <i>P. alaschanica</i>	—	1.070	—
斑唇马先蒿 <i>P. longiflora</i>	—	—	1.110
婆婆那 <i>Veronica eriogyne</i>	1.089	0.095	—
雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	1.446	3.328	—
鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	1.596	2.656	—
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	0.747	0.749	—
纯叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	1.617	0.955	—
高山唐嵩草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0.703	0.842	0.460
长叶碱毛茛 <i>Halerpestes ruthenica</i>	1.389	0.691	—
三裂叶碱毛茛 <i>H. tricuspis</i>	—	1.057	—
亚毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	—	2.469	—
线叶龙胆 <i>Gentiana farreri</i>	1.757	2.496	0.680
尖叶龙胆 <i>G. aristata</i>	—	2.567	—
勺叶龙胆 <i>G. spathulifolia</i>	—	0.706	—
麻花茺 <i>G. straminea</i>	3.778	3.857	—
獐牙菜 <i>Swertia tetraptera</i>	1.470	1.580	2.241
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	2.066	1.422	0.512
兰花葱 <i>Allium cyanuum</i>	1.163	—	—
四叶律 <i>Galium bungei</i>	0.961	—	—
蓬子菜 <i>G. verum</i>	—	0.657	—
摩荇草 <i>Morina chinensis</i>	1.709	3.290	—
宽叶羌活 <i>Notopterygium forbesii</i>	—	2.826	—
族生柴胡 <i>Bupleurum condensatum</i>	—	0.721	—
毛湿地繁菱 <i>Stellaria vat. pubescens</i>	—	0.524	—
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	—	0.796	—
花苜蓿 <i>Trigonella ruthenica</i>	1.121	1.268	—
天山报春 <i>Primula sibirica</i>	—	—	2.621
珠牙蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	—	—	0.330
山地虎儿草 <i>Saxifraga montana</i>	—	—	1.530
物种数 No of species	35	45	23

重要值 = 相对频度% + 相对盖度% + 相对株高% + 相对密度% + 相对生物量%

表 2 高寒草甸主要植物群落丰富度、多样性及均匀度指数

Table 2 The richness, diversity and evenness indices of main plant communities in Alpine meadow

类型 Type	藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow			小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow			矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow		
测度值* Measure value	I	II	III	I	II	III	I	II	III
丰富度 Richness	N_0 23	23	23	35	35	35	45	45	45
	R_1 4.7788	4.7770	4.7772	7.3780	7.3835	7.3825	9.5545	9.5670	9.5695
	R_2 2.3017	2.2298	2.3000	3.4946	3.5005	3.4995	4.5000	4.5136	4.5163
多样性 Diversity	λ 0.5716	0.1420	0.1623	0.3488	0.0523	0.0681	0.1783	0.0369	0.0376
	H' 1.0319	2.5249	2.4010	1.6815	3.2762	3.1707	2.1922	3.5261	3.5133
	N_1 2.8064	12.4897	11.0339	5.3736	26.4753	23.8238	8.9545	33.9913	33.5572
	N_2 1.7493	7.0406	6.1620	2.8666	19.1115	14.6749	5.6095	27.1113	26.5796
均匀度 Evenness	E_1 0.3291	0.8053	0.7657	0.4729	0.9215	0.8918	0.5759	0.9263	0.9229
	E_2 0.1220	0.5430	0.4797	0.1535	0.7564	0.6807	0.1990	0.7554	0.7457
	E_3 0.0821	0.5223	0.4561	0.1286	0.7493	0.6712	0.1808	0.7498	0.7399
	E_4 0.6233	0.5637	0.5584	0.5535	0.7218	0.6159	0.6264	0.7976	0.7921
	E_5 0.4148	0.5257	0.5144	0.4268	0.7109	0.5991	0.5795	0.7915	0.7857

* 测度值 I 为密度 Measure value I is density;

测度值 II 为以频度、盖度和株高计算的重要值; Measure value II is important value of computation by frequency, coverage and height;

测度值 III 为以频度、盖度、株高、密度和生物量计算的重要值 Measure value III is important value of computation by frequency, coverage, height density and biomass.

形成多优势种植物群落。而藏嵩草沼泽化草甸和小嵩草草甸则不同,在其群落中仅有 1—2 种优势种,而且在群落当中占有非常明显的优势地位。他们的均匀度指数 (E_i) 依次为矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸 > 藏嵩草沼泽化草甸。经相关分析 (表 3) 表明,高寒草甸主要植物群落物种丰富度指数 (N_0 、 R_1 和 R_2)、多样性指数 (H' 、 N_1 和 N_2) 和均匀度指数 (E_i) 呈极显著的正相关 ($p < 0.01$), 而 λ 指数与其呈极显著的负相关 ($p < 0.01$)。由此可见,处在不同生态环境条件下的矮嵩草草甸、小嵩草草甸、藏嵩草沼泽化草甸的物种多样性与其种的丰富度和均匀度密切相关。

表 3 高寒草甸主要植物群落丰富度、多样性及均匀度指数的相关矩阵

Table 3 The correlation matrix between richness indices, diversity indices and evenness indices of main plant communities in Alpine meadow

丰富度 Richness			多样性 Diversity				均匀度 Evenness					
N_0	R_1	R_2	λ	H'	N_1	N_2	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	
N_0	1											
R_1	0.9999	1										
R_2	0.9997	0.9997	1									
λ	-0.9501	-0.9496	-0.9484	1								
H'	0.9754	0.9750	0.9741	-0.9954	1							
N_1	0.9807	0.9805	0.9800	-0.9837	0.9937	1						
N_2	0.9866	0.9867	0.9856	-0.9433	0.9672	0.9864	1					
E_1	0.9148	0.9137	0.9115	-0.9943	0.9806	0.9656	0.9144	1				
E_2	0.9076	0.9071	0.9051	-0.9993	0.9760	0.9669	0.9176	0.9977	1			
E_3	0.9099	0.9093	0.9074	-0.9912	0.9774	0.9680	0.9188	0.9981	0.9989	1		
E_4	0.9476	0.9478	0.9468	-0.9045	0.9285	0.9634	0.9863	0.8795	0.8933	0.8935	1	
E_5	0.9576	0.9577	0.9566	-0.9258	0.9464	0.9759	0.9912	0.9031	0.9148	0.9151	0.9985	1

2. 高寒草甸主要植物群落生物量空间分布及多样性

高寒草甸由于受青藏高原高海拔和寒冷气候条件的影响,植物群落结构简单,层次分化不明显,植物群落地上、地下生物量的空间分布格局均呈金字塔和倒金字塔模式(表 4)。但是,由于植物群落类型和所处生境条件的差异,其生物量垂直分布规律和多样性则不尽相同。

表 4 高寒嵩草草甸地上、地下部分生物量空间分布格局 (%)

Table 4 The patten of spatial distribution of above-belowground biomass in Alpine *Kobresia* meadow

	地上部分 Aboveground part			地下部分 Belowground part			
	I	II	III	I	II	III	
0~10 cm	91.79	75.90	71.70	90.43	80.42	45.51	
10~20 cm	7.16	15.36	20.73	7.47	8.80	26.40	
20~30 cm	1.05	4.07	5.32	1.67	7.00	23.16	
30~40 cm		1.58	1.78	30~50 cm	0.43	3.78	4.93
40~50 cm		2.08	0.47				
50~60 cm		1.01					

* I 小嵩草草甸 *K. pygmaea* meadow, II 矮嵩草草甸 *K. humilis* meadow

III 藏嵩草沼泽化草甸 *K. tibetica* swamp meadow

小嵩草草甸以小嵩草为优势种,植株矮小,群落最大高度仅 30cm。矮嵩草草甸由于环境条件较适宜,优势种较多,冠层的最大高度可达 60cm,地下根系也向深层延伸。藏嵩草沼泽化草甸植物群落结构简单,外貌整齐,冠层最大高度可达 50cm。由于藏嵩草特殊的生物-生态学特性,适宜在冷湿的环境中生长,地上、地下生物量的垂直分布也较均匀。根据矮嵩草草甸、小嵩草草甸和藏嵩草沼泽化草甸,每 10cm 为 1 层测定的植物地上、地下生物量相对多度计算的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数(表 5)可知,矮

嵩草草甸地上生物量在空间分布的丰富度最大，其次为藏嵩草沼泽化草甸，小嵩草草甸最小。多样性指数 (H') 依次为矮嵩草草甸 > 藏嵩草沼泽化草甸 > 小嵩草草甸；均匀度指数 (E_i) 依次为藏嵩草沼泽化草甸 > 矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸。地下生物量的多样性指数 (H') 依次为藏嵩草沼泽化草甸 > 矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸；均匀度指数 (E_i) 依次为藏嵩草沼泽化草甸 > 矮嵩草草甸 > 小嵩草草甸。由此可见，高寒草甸主要植物群落生物量在空间分布的丰富度、多样性以及均匀度与其群落结构和生物量垂直分布格局密切相关。矮嵩草草甸和藏嵩草沼泽化草甸植物群落生物量的空间生态位较宽，多样性指数较高，光能资源的利用效率和初级生产力也较高。

表 5 高寒草甸植物群落生物量空间分布的丰富度、多样性和均匀度指数
Table 5 The richness, diversity and evenness indices of biomass of plant communities on spatial distribution in Alpine meadow

类型 Type	藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow		小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow		矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow		
	地上部分 Aboveground Part	地下部分 Belowground Part	地上部分 Aboveground Part	地下部分 Belowground Part	地上部分 Aboveground Part	地下部分 Belowground Part	
	丰富度 Richness	N_0	5	4	3	4	6
多样性 diversity	λ	0.5602	0.3329	0.8478	0.8236	0.6021	0.6608
	H'	0.8177	1.1970	0.3152	0.3765	0.8198	0.6991
均匀度 Evenness	E_1	0.5081	0.8635	0.2869	0.2716	0.4576	0.5042

3. 高寒草甸主要植物群落的环境多样性和均匀度

环境资源对整个生态系统的贡献和经济价值不容忽视，特定的栖息地为物种的生存和生物多样性的保护提供必要的条件，不同的环境资源和环境多样性是形成群落结构特征、生物生产力和多样性分布格局差异的主要原因之一。根据藏嵩草沼泽化草甸、小嵩草草甸和矮嵩草草甸植物群落主要环境因子计算的环境多样性指数和均匀度指数如表 6 所示。

表 6 高寒草甸主要植物群落环境多样性和均匀度指数
Table 6 The diversity and evenness indices of environment of main plant communities in Alpine meadow

类型 Type	藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	
多样性 Diversity	λ	0.1351	0.1346	0.1254
	H'	2.0299	2.0448	2.0779
均匀度 Evenness	E_1	0.9762	0.9833	0.9993

经相关分析表明,环境多样性指数(H')和均匀度指数(E_j)呈极显著的正相关($p < 0.01$),物种数与环境多样性指数(H')和均匀度指数(E_j)呈显著正相关($p < 0.05$);物种多样性指数(H')与环境多样性指数(H'')和均匀度指数(E_j)呈正相关($r = 0.879, r = 0.877$);物种均匀度指数(E_i)与环境多样性指数(H'')和均匀度指数(E_j)呈正相关($r = 0.762, r = 0.760$)。由此可见,形成藏嵩草沼泽化草甸、小嵩草草甸和矮嵩草草甸物种多样性,均匀度分布格局差异的主要原因,是它们所处的生态环境各不相同。小嵩草草甸分布在土壤水分含量小(30.21%),土壤坚实度大(17.39kg/cm³),地表温度高(23.0℃),冠层相对湿度小(49.8%)等较干旱的环境中,多生长有抗旱性较强的中旱生植物或旱生植物,如小嵩草、针茅属植物等。而藏嵩草沼泽化草甸主要分布在地势低洼,排水不畅、土壤潮湿和通透性差的河畔湖滨、山间盆地、碟形洼地、坡麓潜水溢出带和冰雪带下缘,地形平缓,地下有多年冻土形成的不透水层,使降水、冰雪消融水不能外泄和下渗,地表常有季节性或终年积水,形成寒湿的生境条件,土壤水分含量大(58.13%),土壤坚实度小(2.99kg/cm³),地表温度低(19.3℃),冠层相对湿度大(55.40%)等特征,仅适宜中生或湿中生植物生长,如藏嵩草、星状风毛菊(*Saussurea stella*)、华扁穗草(*Blysmus sistigmaticus*)等。上述两个群落由于极端环境的制约,限制了其他种的存活和侵入。矮嵩草草甸的水分状况界于小嵩草草甸和藏嵩草沼泽化草甸二者之间,土壤理化条件适宜多种植物的生存和繁衍,因而种的丰富度、多样性程度较高。

4. 高寒草甸主要植物群落多样性测度值比较

青藏高原地域辽阔,地势高亢,生态环境复杂,类型多样,为丰富的生物多样性的存在奠定了基础。但是,在高寒气候的影响下,生态环境严酷,冷季干旱而漫长,暖季短暂,植物生长季仅90~150天。因此,造成植物群落结构简单,植株矮小密集,种间个体发育差异明显,如生长在小嵩草草甸生境条件下的美丽风毛菊(*Saussurea superba*)的个体生物量是小嵩草的262倍,是矮嵩草的32倍。而小嵩草和矮嵩草的密度又是美丽风毛菊的194倍和11倍。生长在藏嵩草沼泽化草甸生境条件下的星状风毛菊的个体生物量是藏嵩草的12倍,兰石草的33倍,而藏嵩草的密度是星状风毛菊的174倍,兰石草的931倍。生长在矮嵩草草甸生境条件下的宽叶羌活(*Notopterygium forbeside*)的个体生物量分别是矮嵩草和紫羊茅(*Festuca rubra*)的13倍和67倍,而矮嵩草和紫羊茅的密度分别是宽叶羌活的2000倍和2600倍。在统计物种个体数时困难极大,不仅要化费很多的人力和时间,而且精度也难以保证。Shmida和Wilson(1985)指出,种的丰富度是否随着面积而增加,其比率与生态位关系、生境多样性、群体效应和生态学的同等性四种生物因素的综合作用相关。由于各个种群的生物-生态学特性千差万别,仅用个体数(密度)反映物种在群落中的生态位和多样性不够完善。如果从种群的频度、分盖度、株高、密度和生物量等指标综合评价,可减少统计误差,也能客观地反映物种在群落中的作用和地位。根据我们采用的3种不同的测度值(方案I、II和III)计算的藏嵩草沼泽化草甸、小嵩草草甸和矮嵩草草甸植物的丰富度、多样性和均匀度指数(表2),经双因子方差分析和T值测验(表7)表明,3种测度值的计算结果差异不显著($p > 0.1$),尤其是测度值II和III的结果非常相似。测度值I与测度值II、III的差异较大,主要原因是测度

值 I 只考虑了群落中物种的个体数,而忽视了个体大小的差异。高寒草甸植物由于长期适应高寒环境的结果,群落中的优势种,即非常丰富的种 (N_2) 的个体小而密度大,这样相对减少了个体大而密度小的植物种在群落中的作用和地位,结果使种的多样性和均匀度指数降低。

表 7 不同测度值计算结果的显著性测验

Table 7 The significance test of computation results for different measure value

类型 Type	藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow		小嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow		矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	
	F 值 F-value	T 值 T-value	F 值 F-value	T 值 T-value	F 值 F-value	T 值 T-value
	I/II	2.7659	1.6676	2.6546	1.6293	2.5451
I/III	2.8122	1.6766	2.5836	1.6074	2.5451	1.5956
II/III	2.5113	1.5850	2.3969	1.5484	2.4429	1.5496

* $F_{0.1}(1, 11) = 3.23, T_{0.1}(11) = 1.796, p > 0.1$

Huribert (1971) 和 Lyons (1981) 曾指出,大多数生态学家同意群落中的重要性应基于象生物量或生产力那样的量可以代替计数 (De Jong, 1975; Harlbert, 1971; Lyons, 1981)。因此,根据我们的实践经验,建议高寒草甸植物群落多样性测定以相对频度、相对盖度和相对株高计算的重要值为测度值较为适宜。

参 考 文 献

- 中国科学院生物多样性委员会, 1992, 生物多样性译丛 (1), 8~153, 中国科学技术出版社。
- 刘东生, 1992, 青藏高原环境和资源研究——回顾与展望, 中国青藏高原研究会, 中国青藏高原研究会第一届学术讨论会论文选, 1~13, 科学出版社。
- De Jong, T. M., 1975, A comparison of three diversity indices based on their components of richness and evenness, *Oikos*, 26:222-227. Hill, M. O., 1973, Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Harlbert, S. H., 1971, The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters, *Ecology*, 5: 577-586.
- Heip, C., 1974, A new index measuring evenness. *Journal of Marine Biological Association*, 54: 555-557.
- Lyons, N. I., 1981, Comparing diversity indices based on counts weighted by biomass or other importance values. *American Naturalist*, 118: 438-442.
- Margalef, R., 1985, Information theory in ecology *General Systematics*, 3: 36-71.
- Menhinick, E. F., 1964, A comparison of some species individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology*, 45: 859-861.
- Pielou, E. C., 1975, *Ecological Diversity*, Wiley, New York.
- Sheldon, A. L., 1969, Equitability indices: Dependence on the species count. *Ecology*, 50: 466-467.
- Shmida, A., M. V. Wilson, 1985, Biological determinants of species diversity. *J. Biogeogr*, 12: 1-20.
- WRI et al (马克平等译), 1993, 全球生物多样性策略, 中国标准出版社。
- Yapp, S., 1979, Specific diversity in woodland birds. *Field Studies*, 5: 45-58.

高原生物学报
ACTA BIOLOGICA PLATEAU SINICA
第11卷
1991年10月

A PRELIMINARY STUDY OF SPECIES DIVERSITY OF MAIN PLANT COMMUNITIES IN ALPINE MEADOW

Wang Qiji Zhou Xingmin Wang Wenying

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008)

Abstract

The richness, diversity and evenness of species of main plant communities; *Kobresia pygmaea* meadow, *K. humilis* meadow and *K. tibetica* swamp meadow of Alpine Meadow Ecosystem in Haibei range of Qinghai province was studied.

The results were the following: The order of the richness indices, diversity index (H') and evenness indices (E_i) of communities is *K. humilis* meadow > *K. pygmaea* meadow > *K. tibetica* swamp meadow, but the Simpson index (λ) is opposite with Shannon-Wiener index (H'). There are closely correlated ($p < 0.01$) among richness indices, diversity index and evenness indices. The order is *K. humilis* meadow > *K. tibetica* swamp meadow > *K. pygmaea* meadow for richness indices and diversity index (H') of aboveground biomass in space distribution, and the order of evenness indices is *K. tibetica* swamp meadow > *K. humilis* meadow > *K. pygmaea* meadow. The order is *K. tibetica* swamp meadow > *K. humilis* meadow > *K. pygmaea* meadow for diversity index (H') and evenness indices (E_i) of the belowground biomass. The order is *K. humilis* meadow > *K. pygmaea* meadow > *K. tibetica* swamp meadow for diversity index (H'') and evenness indices (E_j) of environment. The diversity index (H'') and evenness indices (H_j) of environment were positive correlated ($p < 0.01$). There are positive correlated among No of species, diversity index (H') of plant and diversity index (H''), evenness indices (E_j) of environment. It was better to use the important value that was computed by frequency, coverage and height as measure value.

Key words: Alpine meadow; Richness; Diversity; Evenness; Environment; Measure value