

高寒草甸草场不同放牧强度下藏系绵羊 对牧草资源利用的主成分分析*

赵新全 王启基 皮南林

(中国科学院西北高原生物研究所)

广布于青藏高原东部的高寒草甸草场,是青藏高原畜牧业生产的重要物质基础,长期以来,由于缺乏科学的经营和管理,过度放牧利用引起草场退化,严重影响草地牧业的发展。本文应用主成分分析的方法,探讨了不同放牧强度下藏系绵羊对牧草资源利用的规律,试图为深入研究高寒草甸生态系统的结构、功能和合理的利用天然草场资源提供一定的科学依据。

国外,关于放牧绵羊对牧草资源利用已进行了大量的研究 (Royle, 1985; James, A. P. *et al.* 1986; James, E. B. *et al.* 1986)。国内,虽亦有研究,但对于高寒草甸草场不同放牧强度绵羊对牧草资源利用的研究尚未见报道,为此,作者于1985年6—8月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行了该项研究。

关于不同放牧强度试验的设计及实施已有报道(周兴民等,1986)。

一、研究方法

在不同放牧强度草场上选择17种常见牧草为研究对象,分别测定放牧(扣笼外)和未放牧(扣笼内)9个样方(50×50厘米)17种牧草的地上生物量(干重),求其生物量的利用量和相对利用量,用 M_g , M_n 分别表示放牧和未放牧条件下某种牧草的地上生物量,则这种牧草的利用量(M_i)和相对利用量(Y_i)的计算公式为:

$$M_i = M_n - M_g$$

$$Y_i = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^{17} M_j} \times 100 \quad (i, j = 1, 2, \dots, 17)$$

将9个样方所求得的 Y_i ($Y_{11}, Y_{12}, Y_{13}, \dots, Y_{17}$)排列成一个 9×17 阶矩阵(Y)。对矩阵 Y 按列标准化。标准化后的随机变量 $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_{17}$,记为 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17}$ 。记矩阵 $X_{(ij)}$ 。

* 王颖同志绘图,特此致谢。

$$X_{ij} = \frac{1}{9-1} \sum_{k=1}^{17} (Y_{k,i} - E(Y_i))(Y_{k,j} - E(Y_j))$$

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{X_{ij}} \sqrt{X_{ji}}} \approx \text{cov}(X_i, X_j)$$

$$ij = 1, 2, 3, \dots, 17$$

$R = r_{ij}$ 是随机变量 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17}$ 协方差阵的一个最好估计(郑生武等, 1984)。不难看出, 矩阵 R 恰好是随机变量 $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_{17}$ 的相关矩阵。从相关矩阵 R 出发, 求随机变量 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17}$ 的主成分。

二、结果分析

表 1 反映了 9 个样方绵羊对 17 种牧草的利用量和相对利用量的平均值, 从表 1 可看出, 在高寒草甸草场, 绵羊利用较多的植物为矮嵩草、异针茅和美丽风毛菊, 而花苜蓿、甘肃马先蒿则利用较少。

根据 9 个样方 17 种牧草的相对利用量, 我们计算出 17 种牧草相对利用量的相关矩阵(表 2)。

表 1 17 种牧草平均利用量及相对利用量

Table 1 The mean utilizing amount and relative utilization of 17 plant species.

序号 No.	植物种名 Name of plants	利用量(克/平方米) Utilizing amount (g/m ²)	相对利用量(%) Relative utilization (%)
1	垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)	4.04	4.52
2	异针茅 (<i>Stipa aliena</i>)	11.67	13.04
3	羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)	7.69	8.89
4	早熟禾 (<i>Poa orinosa</i>)	2.93	3.27
5	矮嵩草 (<i>Kobresia humilis</i>)	23.87	26.67
6	粗喙苔草 (<i>Carex scabrostris</i>)	1.99	2.22
7	二柱头藨草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)	1.15	1.28
8	美丽风毛菊 (<i>Saussurea superba</i>)	20.32	22.70
9	雪白委陵菜 (<i>Potentilla nivea</i>)	1.67	1.87
10	鹅绒委陵菜 (<i>P. anserina</i>)	3.19	3.56
11	线叶龙胆 (<i>Gentiana farreri</i>)	5.48	6.12
12	甘肃马先蒿 (<i>Pedicularis kansuensis</i>)	0.40	0.46
13	麻花艸 (<i>Gentiana straminea</i>)	1.90	2.12
14	蒙古蒲公英 (<i>Taraxacum mongolicum</i>)	1.32	1.47
15	异叶米口袋 (<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>)	0.29	0.33
16	花苜蓿 (<i>Trigonella ruthenica</i>)	0.37	0.41
17	尖叶龙胆 (<i>Gentiana aristata</i>)	0.96	1.07
	总计 (Total)	89.51	100

从表 2 可知, 垂穗披碱草、异针茅、羊茅、早熟禾的相对利用量之间呈较强的正相关, 相关系数在 0.50—0.97 之间, 上述禾草的相对利用量与杂类草如鹅绒委陵菜、线叶龙胆、甘肃马先蒿、蒙古蒲公英、异叶米口袋、尖叶龙胆, 还有莎草科牧草矮嵩草之间呈较强的负相关; 莎草科牧草如二柱头藨草、粗喙苔草与禾本科牧草的相对利用量呈正相关, 而与大

表 2 17 种牧草相对利用率的相关矩阵

Table 2 The correlation matrix of relative utilization ratio of 17 plants species.

序号 No.	植物种名 Name of plants	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)	1																
2	异针茅 (<i>Stipa aliena</i>)	0.76	1															
3	羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)	0.97	0.48	1														
4	早熟禾 (<i>Poa orinosa</i>)	0.51	0.97	0.30	1													
5	矮嵩草 (<i>Kobresia humilis</i>)	-0.90	-0.30	-0.98	-0.11	1												
6	粗喙苔草 (<i>Carex scabrirostris</i>)	0.97	0.46	0.99	0.27	-0.99	1											
7	二柱头薹草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)	0.86	0.96	0.72	0.88	-0.57	0.70	1										
8	美丽风毛菊 (<i>Saussurea superba</i>)	0.01	-0.73	0.24	-0.85	-0.43	0.27	-0.51	1									
9	雪白委陵菜 (<i>Potentilla nivea</i>)	0.98	0.26	0.97	0.06	-0.99	0.98	0.52	0.47	1								
10	鹅绒委陵菜 (<i>P. anserina</i>)	-0.92	-0.91	-0.81	-0.80	0.68	-0.79	-0.99	0.37	-0.64	1							
11	线叶龙胆 (<i>Gentiana farreri</i>)	-0.95	-0.86	-0.86	-0.75	0.74	-0.85	-0.97	0.29	-0.71	0.99	1						
12	甘肃马先蒿 (<i>Pedicularis kansuensis</i>)	-0.99	-0.75	-0.94	-0.60	0.85	-0.93	-0.91	0.10	-0.83	0.96	0.98	1					
13	麻花苻 (<i>Gentiana straminea</i>)	0.79	0.09	0.91	-0.11	-0.98	0.92	0.37	0.61	0.98	-0.50	-0.58	-0.72	1				
14	蒙古蒲公英 (<i>Taraxacum mongolicum</i>)	-0.71	-0.99	-0.53	-0.97	0.35	-0.51	-0.97	0.69	-0.31	0.93	0.89	0.79	-0.14	1			
15	异叶米口袋 (<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>)	-0.97	-0.83	-0.90	-0.70	0.79	-0.88	-0.95	0.22	-0.76	0.99	0.99	0.99	-0.64	0.85	1		
16	花苜蓿 (<i>Trigonella ruthenica</i>)	-0.01	0.73	-0.23	0.86	0.42	-0.26	0.51	-0.99	-0.46	-0.38	-0.29	-0.11	-0.61	-0.70	-0.23	1	
17	尖叶龙胆 (<i>Gentiana aristata</i>)	-0.84	-0.97	-0.69	-0.90	0.53	-0.67	-0.99	0.54	-0.49	0.98	0.96	0.89	-0.34	0.98	0.94	-0.54	1

多数杂类草呈负相关。

依表 2 的相关矩阵 R , 求随机变量 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{17}$ 的主成份。 R 的特征根和特征向量的计算在 IBM-XT/PC 计算机上用 Basic 语言实现, 用 V_i 表示 R 相关矩阵对应的特征根 λ_i 的正则化的特征向量, 用 Z_i 表示随机向量 X 的 i 个主成份, 其特征根和贡献率见表 3。

表 3 17 个特征根及相应每一轴所占有信息量比例
Table 3 17 latent roots and each making up percentage of total information.

序号 No.	特征根 Latent roots	占信息比例 Percentage of information	序号 No.	特征根 Latent roots	占信息比例 Percentage of information
1	11.8728	69.84	10	0.0110	0.07
2	4.6874	27.57	11	0.0106	0.06
3	0.1550	0.91	12	0.0093	0.06
4	0.1364	0.81	13	0.0080	0.04
5	0.0248	0.15	14	0.0053	0.03
6	0.0218	0.13	15	0.0046	0.03
7	0.0191	0.11	16	0.0025	0.01
8	0.0164	0.10	17	0.0004	0
9	0.0146	0.08	总计(Total)	17.0	100

相关矩阵 R 的 17 个特征根中, λ_1 显著大于其它 16 个, 其贡献率为 69.84%。

$$\text{由于 } \sum_{i=1}^{17} \lambda_i = \sum_{i=1}^{17} \sigma_{ij}$$

若取 λ_1 , $Z_1 = X \cdot V_1$ 方向上的方差占 X 的方差和的 69.84%, 即 Z_1 方向上反映了随机变量 69% 以上的信息。由于 $\lambda_i (i = 2, 3, 4, \dots, 17)$ 相对 λ_1 小得多, 所以只取 Z_1 1 个主成分。

λ_1 相对应的特征向量及主成分 Z_1 各因子的负荷量列于表 4。

表 4 特征向量 (V_1) 及 17 种植物对第一主成分负荷表
Table 4 The eigenvector (V_1) and the load of 17 plant species to first principal component.

序号 No.	特征向量 Eigenvector	负荷量 Load	序号 No.	特征向量 Eigenvector	负荷量 Load
1	0.2843	0.979	10	-0.2863	-0.986
2	0.2422	0.834	11	-0.2890	-0.995
3	0.2853	0.890	12	-0.2872	-0.989
4	0.2030	0.699	13	0.1827	0.629
5	-0.2271	-0.782	14	-0.2486	-0.850
6	0.2548	0.877	15	-0.2901	-0.999
7	0.2769	0.954	16	0.0650	0.223
8	-0.0652	-0.224	17	-0.2732	-0.941
9	0.2207	0.760			

表 4 中, Z_k 对 X_i 的因子负荷量 r 等于

$$r(Z_k, X_i) = c(Z_k, X_i) = \sqrt{\lambda_k} \cdot V_{ik}$$

把因子负荷量在 Z_1 轴(放牧强度)标出几何位置, $r(Z_1, X_i)$ 的位置用②表示(图 1)。

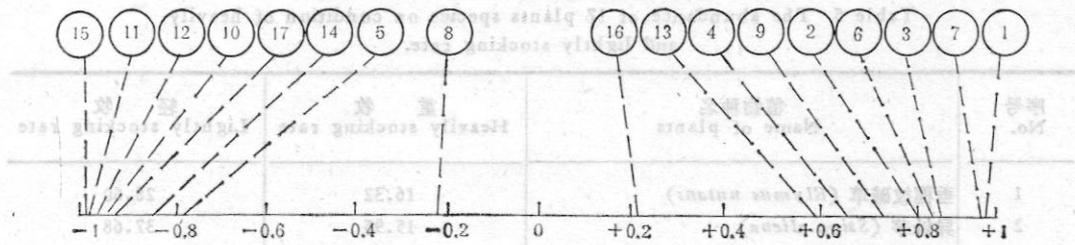


图1 因子负荷量分布表
Fig. 1 The chart of distribution of factor load

- 1 垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 2 异针茅 (*Stipa aliena*) 3 羊茅 (*Festuca ovina*) 4 早熟禾 (*Poa orinosa*) 5 矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 6 粗喙苔草 (*Carex scabrostris*) 7 二柱头蘆草 (*Scirpus distigmaticus*) 8 美丽风毛菊 (*Saussurea superba*) 9 雪白委陵菜 (*Potentilla nivea*) 10 鹅绒委陵菜 (*P. anserina*) 11 线叶龙胆 (*Gentiana farreri*) 12 甘肃马先蒿 (*Pedicularis kansuensis*) 13 麻花苳 (*Gentiana straminea*) 14 蒙古蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*) 15 异叶米口袋 (*Gueldenstaedtia diversifolia*) 16 花苳苳 (*Trigonella ruthenica*) 17 尖叶龙胆 (*Gentiana aristata*)

从图1可看出,禾本科牧草如垂穗披碱草、异针茅、羊茅、早熟禾及莎草科牧草如粗喙苔草、二柱头蘆草分布在数轴的右端,其利用随放牧强度的减轻而增加。从表2的相关矩阵可知,这几种牧草的相对利用率存在显著的正相关。莎草科牧草的矮嵩草及大部分杂类草如:异叶米口袋、线叶龙胆、甘肃马先蒿、鹅绒委陵菜、尖叶龙胆、蒙古蒲公英紧紧靠拢在数轴的左端,说明这几种牧草的相对利用随放牧强度的增加而增加。而杂类草中的美丽风毛菊、花苳苳分布在数轴的0附近,它们的相对利用与放牧强度没有多大关系。

三、讨 论

从上述主成分分析结果可知,高寒草甸草场藏系绵羊对牧草资源的利用与放牧强度有着密切的关系,这是与不同放牧强度下各草场牧草丰富度不同及藏系绵羊对牧草的选择性有关。高寒草甸草场在重度放牧利用之下,禾本科牧草被牲畜反复啃食,抑制了它的生长和发育,组成高寒草甸优势种的矮嵩草,为地下芽短根茎植物,以营养繁殖为主,并具有耐放牧践踏的特点,因此,在重度放牧利用之下,并不影响它的繁殖;杂类草一般属阳性植物,嗜口性较禾本科牧草和莎草科牧草差,它们在过度放牧和禾本科牧草被抑制的情况下,使它得以充分的生长和发育,其丰富度(相对盖度%+相对频度%+相对生物量%)较大。在轻度放牧利用之下,禾本科牧草得以休养生息的机会,使其丰富度较其它两个类群大。表5列举了17种牧草在轻度和重度放牧利用下的丰富度。从表5可知,在不同放牧强度下,各种牧草的丰富度发生了明显的变化,异针茅、羊茅、早熟禾,垂穗披碱草、粗喙苔草、二柱头蘆草的丰富度随放牧强度的减轻而增加;大多数杂类草和矮嵩草的丰富度是随放牧强度的增加而增加,这不难看出,藏系绵羊对17种牧草的利用,是与牧草的丰富度有密切的关系。

另外,在轻度放牧利用之下,绝大多数牧草的生物量较重牧高(周兴民等,1986),说明在放牧草场牧草资源丰富情况下,藏羊优先采食禾本科牧草,其次为莎草,然后是杂类草。

表5 重度和轻度放牧条件下17种牧草的丰富度
Table 5 The abundance of 17 plants species on condition of heavily and lightly stocking rate.

序号 No.	植物种名 Name of plants	重 牧 Heavily stocking rate	轻 牧 Lightly stocking rate
1	垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)	16.32	28.60
2	异针茅 (<i>Stipa aliena</i>)	15.95	37.68
3	羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)	5.48	22.67
4	早熟禾 (<i>Poa orinosa</i>)	10.21	14.03
5	矮嵩草 (<i>Kobresia humilis</i>)	47.81	19.37
6	粗喙苔草 (<i>Carex scabrirostris</i>)	10.28	30.45
7	二柱头蔗草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)	19.02	11.71
8	美丽风毛菊 (<i>Saussurea superba</i>)	52.07	51.09
9	雪白委陵菜 (<i>Potentilla nivea</i>)	10.79	13.15
10	鹅绒委陵菜 (<i>P. anserina</i>)	24.65	13.40
11	线叶龙胆 (<i>Gentiana farreri</i>)	29.54	4.10
12	甘肃马先蒿 (<i>Pedicularis kansuensis</i>)	6.66	2.35
13	麻花艸 (<i>Gentiana straminea</i>)	4.90	13.91
14	蒙古蒲公英 (<i>Taraxacum mongolicum</i>)	6.98	2.37
15	异叶米口袋 (<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>)	21.08	14.55
16	花苜蓿 (<i>Trigonella ruthenica</i>)	8.37	16.18
17	尖叶龙胆 (<i>Gentiana aristata</i>)	14.57	6.19
	总计 (Total)	300.00	300.00

四、小 结

1. 高寒草甸草场藏系绵羊对牧草资源利用与放牧强度有密切的关系。在轻度放牧利用之下,绵羊主要利用禾本科牧草;反之,在放牧强度较重的情况下,由于禾本科牧草的短缺,绵羊主要利用杂类草和矮嵩草。
2. 藏系绵羊对牧草资源的利用,主要取决于牧草的丰富度。
3. 在牧草资源丰富的情况下,绵羊优先利用禾本科牧草。

参 考 文 献

- 周兴民、皮南林、赵新全、张松林、赵多斌, 1986, 青海海北草甸草场最优放牧强度的初步研究, 高原生物学集刊, (5): 21—34。
- 周兴民、王启基、张堰青、赵新全、林亚平, 1987, 不同放牧强度下高寒草甸植被演替规律的数量分析, 植物生态学与地植物学学报, 11(3): 207—215。
- 郑生武、周立, 1984, 高原鼯鼠种群年龄的研究, I. 高原鼯鼠种群年龄鉴定的主成分分析, 兽类学报, 4(4): 311—317。
- James A. P. and C. N. John, 1986, Dietary selection by goats and sheep in a deciduous wood-land of Northeastern Brazil. *J. Range Manage.* 39(1): 24—28.
- James E. B. and F. B. Calvin, 1986, Vegetation responses to long term sheep grazing on mountain ranges. *J. Range Manage.* 39(5): 431—434.
- Ruyle G. B. and E. B. James, 1985, Forage use by cattle and sheep grazing in Southwestern Utah. *J. Range Manage.* 39(5): 299—301.

THE PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS OF HERBAGE RESOURCES UTILIZED BY TIBETAN SHEEP UNDER DIFFERENT STOCKING RATE ON ALPINE MEADOW

Zhao Xinquan Wang Qiji Pi Nanlin

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The herbage resources utilized by Tibetan sheep was studied with the principal components method under different stocking rate on alpine meadow in this paper. The results proved that there was close relation between herbage resources utilized by Tibetan sheep and stocking rate. On condition of light stocking rate, the herbage resources was rich, grasses was preferably utilized by Tibetan sheep. Forbs and *Kobresia humilis* were main herbage resources of Tibetan sheep on condition of heavily stocking rate. The cause of above-mentioned result is that changes in abundance of 17 plant species have taken place under different stocking rate.