

青藏高原冷龙岭南麓高寒小嵩草 草甸植物种群物候学研究

孙步功¹, 龙瑞军^{2,3}, 王长庭²

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001;
3. 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020)

摘要:通过对青藏高原祁连山东段冷龙岭南麓高寒小嵩草 *Kobresia pygmaea* 草甸主要植物种群物候特性的观测研究, 采用聚类分析和主分量排序法将小嵩草草甸 26 种植物种群划分为不同的物候类群。利用相关系数排序法指出了影响不同物候期的主要生态因子依次是温度、降水量和日照时间。研究结果对放牧管理具有指导意义。

关键词:小嵩草草甸; 聚类分析; 主分量排序

中图分类号: Q948. 11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2007)08-0016-05

植物物候学是研究植物生长发育节律及其与气候条件关系的一门科学, 在植物群落研究和畜牧业生产中有一定的重要性^[1]。一方面反映植物生长发育与环境条件的关系, 另一方面, 在牧场管理中, 可根据牧草生长发育阶段, 合理安排放牧与割草程序。本文以青藏高原祁连山东段冷龙岭南麓高寒地区小嵩草 *Kobresia pygmaea* 草甸主要植物种群为研究对象, 通过定量分析, 揭示其物候学变化模式及规律。

1 试验区概况与方法

1.1 试验地点 试验地地处 37°29' ~ 37°45' N, 101°12' ~ 101°33' E, 位于祁连山东段冷龙岭南麓, 青海省门源县扣门子地区。海拔 3 320 ~ 3 330 m, 属典型的高原大陆性气候特征, 冷季漫长, 暖季短暂。年均温 - 1.7 ℃, 1 月均温 - 14.8 ℃, 极端最低温 - 35.2 ℃; 7 月均温 9.8 ℃, 极端最高温 23.7 ℃。年均降水量约为 600 mm, 集中在下半年, 约占全年降水量的 80%, 蒸发量约 1 160.3 mm。主要植被有高山草甸、高山灌丛和沼泽化草甸。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。其中小嵩草草甸在高寒草甸中分布较广, 为主要植被类型之一^[2]。

1.2 测试项目与方法 2004 年 8 - 9 月选择样地, 2005 年 4 - 10 月进行有关参数测定。

1.2.1 用点温计测量 5、10、15 和 20 cm 土层的地

温, 每次观测并记录植物物候期。

1.2.2 每月上、中、下旬选择 3 个晴天, 在 10:00 - 11:00 时用土钻法取样, 测近地表层 0 ~ 10 和 10 ~ 20 cm 的土壤含水量。

1.2.3 光照、降水、气温和空气湿度以气象观测场同期记录为准。

1.2.4 在小嵩草草甸样地选择 26 种代表性植物, 每种定株标记 20 株, 自 4 月中旬开始, 8 ~ 10 d 观测 1 次, 至 9 月底枯黄为止。观测相对休眠期、营养期、花蕾期、花期、结实期、果后营养期、枯黄期^[3]。以该种植物 10% 样株的物候变化比率划分该物候期的始期和末期^[4]。统计每种植物各物候期的延续时间和生态因子值(表 1)。以 26 种植物物候期的物候指数^[5,6]为变量, 利用相对欧氏距离^[7]聚类分析法^[8], 将其归类, 用主分量分析^[8]方法进行排序分析。计算不同物候期植物的物候指数和 6 个生态因子间的相关系数^[9], 按大小排序。

收稿日期: 2006-05-20

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划项目(2001BA606A-02-03); 中国科学院“百人计划”项目(30371021)

作者简介: 孙步功(1971-), 男, 甘肃通渭人, 副教授, 在读博士生, 主要从事牧草机械教学与研究。

E-mail: sunbg@gsau.edu.cn

通讯作者: 龙瑞军

表 1 小嵩草草甸植物种不同物候期生态因子

物候期	降水量 (mm)	日照时间 (h)	距地面 1.5 m 气温 ()	地表温度 ()	0~20 cm 土壤 温度 ()	0~20 cm 土壤 含水量 (%)
营养生长期	308.08 ±98.20	754.28 ±192.47	6.34 ±1.01	13.08 ±0.78	8.85 ±1.17	31.28 ±0.750
花蕾期	106.65 ±44.76	178.48 ±107.80	7.26 ±1.71	15.62 ±2.14	11.80 ±1.59	31.68 ±1.020
开花期	126.05 ±74.83	224.04 ±86.42	7.75 ±1.67	10.05 ±1.69	9.81 ±1.98	31.09 ±1.020
结实期	75.78 ±37.69	110.69 ±59.87	10.05 ±1.69	11.98 ±2.08	10.86 ±1.34	31.08 ±1.099
果后营养期	198.02 ±8.32	413.08 ±03.44	7.02 ±1.25	11.39 ±1.27	11.98 ±0.54	30.89 ±1.760
枯黄期	35.89 ±19.08	159.28 ±116.34	4.98 ±1.25	10.08 ±2.30	10.05 ±1.03	29.06 ±1.030

注:表中数据为 26 种植物不同物候期平均值 ±标准差,下表同。

1.3 数据处理 物候指数、物候变化比率、相关系数和气候因子参数的计算统计均在 office2000 办公软件上进行,用 26 种植物物候指数矩阵进行 PCA 分析,PCA 分析和相关解释所用软件是《统计生态学——方法和计算入门》程序包中 PCA 和 Precg 程序。

2 结果与分析

2.1 物候特征

2.1.1 物候特征包括物候指数、物候延续时间、物候变化比率^[5]等定量指标(表 2)。物候指数是利用植物种物候谱形状建立的定量指标,物候变化比率是植物种在某一物候期间物候变化的相对比率,公式^[4]如下:

$$PI = \frac{k}{i=1} (PR_i + PR_{i+1}) \times (t_{i+1} - t_i) / 2 \quad (1)$$

式中,PI 为植物种群的物候指数,PR_i 和 PR_{i+1} 分别为观测 i 和 i+1 时刻植物种群物候变化比率,t_i 为不同的观测时间,i=1,2,3,...n (k=n)。

$$PAR = PI / LD \quad (2)$$

式中,PAR 和 LD 分别为某一物候期该植物种物候变化平均比率和物候延续时间。

表 2 小嵩草草甸植物种不同物候期的物候特征

物候期	物候指数 (PI)	物候延续 时间(LD)	物候变化 比率(PAR)
营养生长期	97.28 ±27.33	203.59 ±21.37	0.87 ±0.01
花蕾期	6.69 ±4.03	26.98 ±10.97	0.31 ±0.02
开花期	15.01 ±5.57	32.08 ±14.35	0.43 ±0.13
结实期	6.98 ±4.65	18.02 ±8.35	0.41 ±0.09
果后营养期	40.12 ±17.65	65.03 ±29.34	0.58 ±0.06
枯黄期	13.05 ±7.98	22.39 ±9.16	0.49 ±0.21

2.1.2 小嵩草草甸的营养生长期和果后营养期的物候指数、物候延续时间和物候变化比率均较大,其它物候期则较小,这与高原植物生长和生殖对严酷气候条件的适应有关,其营养生长期较长,而开花、结实等生殖生长期则相对较短,表现出高原植物典型的生态-生物学特性^[10](表 2)。

2.2 物候类型划分

2.2.1 聚类分析是运用数学方法对不同样本进行数量分类,定量地确定样本间的亲属关系,并按其间的相似程度,归类成组,以便客观分类的一种多元统计分析方法^[11,12]。以 26 种植物物候指数为变量,利用相对欧氏距离^[6]聚类分析法^[7],将其归类。公式^[8]如下:

$$RED_{jk} = \left\{ \sum_{i=1}^s [(x_{ij} / \sum_{i=1}^s x_{ij}) - (x_{ik} / \sum_{i=1}^s x_{ik})]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中,RED_{jk} 为第 j、k 物种间的相对欧氏距离,s 为变量数,x_{ij} 和 x_{ik} 分别为第 j 和 k 个物种的第 i 变量值。取相对欧氏距离为 0.50,26 种植物可明显地区分为 3 种不同物候类型(图 1),各类型均具有相近的生态特征。

2.2.2 第 I 类型属花期较早的植物,主要是莎草科的矮嵩草、小嵩草、二柱头镰草和杂类草中的矮火绒草,均以无性繁殖为主,属寒冷中生和旱中生植物,返青早,在返青后经过 20 多 d 短暂的营养生长,便进入花期,开花期在 5 月中旬前后。这类植物是高寒草甸中的早花植物,结实后进入较长的果后营养期,所以第 I 类型植物在果后营养期具有相对较高的物候指数和积温、降水量、日照时间等生态因子累积值,其它物候期则相对较短。该类型植物大多是莎草科植物,耐践踏,营养价值丰富,具有高蛋白、高脂肪、高热值和低纤维素等特性^[11],是高寒小嵩草草甸地区的优良牧草。

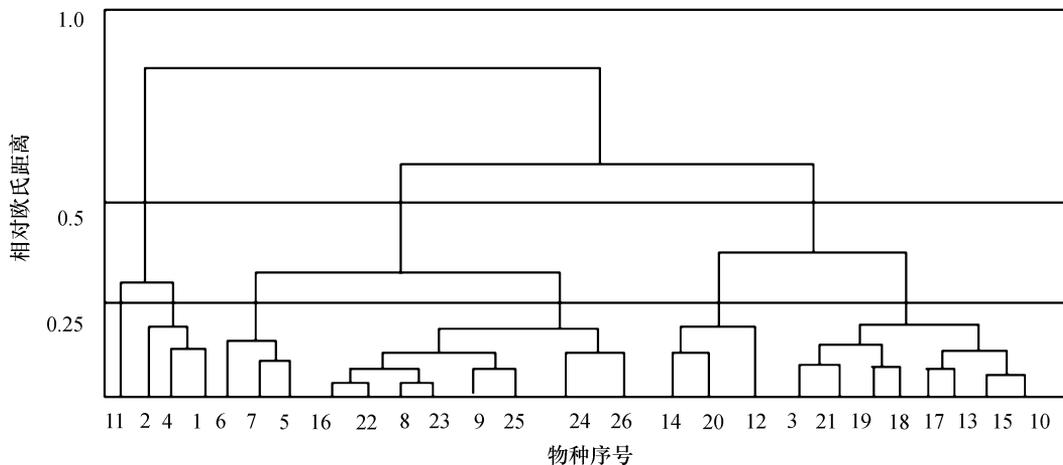


图1 小嵩草草甸植物物候指数的相对欧氏距离聚类

注:1. 矮蒿草 *Kobrecia humilis*, 2. 二柱头镰草 *Scirpus distigmaticus*, 3. 苔草 *Carex moorcroft*, 4. 小蒿草, 5. 羊茅 *Festuca ovina*, 6. 垂穗披碱草 *Elymus nutans*, 7. 早熟禾 *Poa alpigena*, 8. 麻花苳 *Gentiana straminea*, 9. 美丽风毛菊 *Saussurea superba*, 10. 雪白委陵菜 *Potentilla nivea*, 11. 矮火绒草 *Leontopodium nanum*, 12. 雅毛茛 *Ranunculus pulchellus*, 13. 高山唐松草 *Thalictrum alpinum*, 14. 兰石草 *Lancea tibetica*, 15. 甘肃棘豆 *Oxytropis kansuensis*, 16. 线叶龙胆 *Gentiana farreri*, 17. 蒲公英 *Taraxacum leucanthum*, 18. 鹅绒委陵菜 *P. anserina*, 19. 甘肃马先蒿 *Pedicularis kansuensis*, 20. 异叶米口袋 *Gueldenstaedtia diversifolia*, 21. 紫羊茅 *F. rubra*, 22. 獐牙菜 *Swertia tetraptera*, 23. 湿生扁蕾 *Gentianopsis paludosa*, 24. 柔软紫菀 *Astar flaccidus*, 25. 青海风毛菊 *Saussurea kokonorensis*, 26. 星状风毛菊 *S. stella*。下图同。

2.2.3 第 II 类型为开花期出现在生长旺盛期的植物类群,包括雪白委陵菜、甘肃棘豆、高山唐松草、蒲公英、鹅绒委陵菜、甘肃马先蒿、苔草、雅毛茛、兰石草、异叶米口袋和紫羊茅共 11 种,大多能进行有性繁殖。返青后经过一段时间的营养生长后,进入花期,开花期在 7 月中旬前后,结实后经过果后营养期,逐渐枯黄,呈现一致的发育节律。该类型植物以杂类草为主,部分属于毒草,营养价值较低。

2.2.4 第 III 类型为开花期较晚的植物类群,包括美丽风毛菊、麻花苳、线叶龙胆、羊茅、早熟禾、垂穗披碱草、獐牙菜、湿生扁蕾、柔软紫菀、青海风毛菊和星状风毛菊共 11 种。以有性繁殖为主,8 月中旬进入花期,其中线叶龙胆开花晚,在 9 月中旬。该类植物在结实后进入短暂的果后营养期后逐渐枯黄,营养期较长,该期有较大的物候指数和生态因子累积值,其他物候期则较短。该类型植物包括禾草类和少量杂类草,营养价值较高,适口性好,牲畜喜采食^[12]。8 月中旬以后,禾草类粗纤维含量增高,适口性下降,应根据该类牧草物候期的不同,优化利用时期,合理安排放牧。

2.3 物候指数主分量分析 主分量分析(Principal Component Analysis, PCA)是近年来排序中普遍使用的一种多元特征分析方法,在众多的属性中,选取少数含信息量大的主分量对实体重新排序,使之能直观地排列在新的坐标轴上进行相互间的比较与分析^[13]。

利用 26 种植物 6 个物候期的物候指数矩阵,用 BASIC 程序 PCA·BAS 进行主分量排序。在排序时,选取的主分量,包含 80%~85% 的信息即可,如果前 3 个主分量含有 80% 的信息量,排序结果就比较理想^[9]。表 3 中,第 3 主分量的累计信息百分比超过了 85%,从 6 个物候期对 3 个主分量的负荷情况可以看到,对第 1 主分量影响较大的是营养生长期和果后营养期的物候指数,前者为正,后者为负。由于植物营养生长期物候指数愈大,果后营养期的物候指数则愈小,其他物候期的物候指数贡献较小。第 1 主分量基本上反映营养生长期的物候指数。第 2 主分量代表了枯黄期的物候指数,第 3 主分量则代表花蕾期的物候指数。将第 1、2、3 主分量为坐标轴做三维排序图(图 2)。

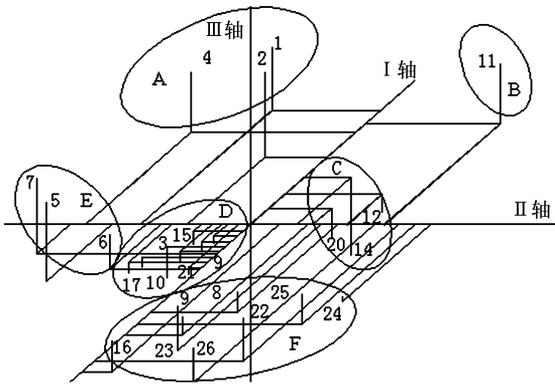


图2 小嵩草草甸植物种群物候指数主分量分析

表3 主分量排序的物候阶段负荷量矩阵

物候阶段	营养生长期	花蕾期	开花期	结实期	果后营养期	枯黄期	特征根 (i)	信息百分比 (%)	累计信息 百分比(%)
第1主分量	0.896	0.356	0.597	-0.407	-0.897	0.241	2.43	41.2	41.2
第2主分量	-0.297	0.276	0.680	0.670	0.139	-0.807	1.801	30.3	71.5
第3主分量	-0.019	0.908	-0.112	0.109	0.181	0.235	0.918	14.8	86.3

2.3.3 III轴自下而上代表花蕾期的物候指数逐渐变大,B类群处于III轴的最上部,则在六大物候类群中花蕾期的物候指数最大。C类群处于排序图III轴的最下部,花蕾期的物候指数最小。

2.3.4 在图1中,取RED为0.25时,26种植物聚类为六大类,这与排序图中划分出的六大物候类群完全吻合,说明主分量排序与聚类分析有异曲同工之妙。排序图中各种群的位置也体现其在营养生长期、花蕾期、果后营养期和枯黄期物候指数的大小情况,同时各物候类群中的植物在生态和经济上的意义也不同^[14]。

2.3.5 通过对植物种群物候指数的主分量排序,可以定量地说明小嵩草草甸主要植物种群的物候特性。尽管在同一地区同一生境条件下,不同植物的物候变化有其相似之处,但由定量指标物候指数通过主分量排序划分的物候类群可以客观地反映其在物候变化上的差异,同时也有利于说明各物候类群中的植物在生态和经济上的意义^[15]。

3 结论

植物种群物候指数有助于定量分析植物种群的物候学特性,为建立小嵩草草甸各植物种群物候模式的相应变化提供理论依据。采用相对欧氏距离聚类分析和主分量排序2种多元统计分析方

2.3.1 在I轴,从负向到正向依次排列着A、B、C、D、E、F6大类群,营养生长期物候指数依次为 $A < B < C < D < E < F$,相应地,果后营养期物候指数分别为 $A > B > C > D > E > F$ 。

2.3.2 II轴代表枯黄期的物候指数,由于在表3中的负荷值为负,所以在II轴,枯黄期的物候指数从左到右变小,如E类群处于排序图II轴的最左边,则在六大物候类群中枯黄期的物候指数最大。B类群处于排序图II轴的最右边,枯黄期的物候指数最小。

法分析了小嵩草草甸各植物种群的物候学特性。按照高寒草甸植物的物候规律和模式,合理安排放牧制度,有效防止草地退化,有助于促进高寒草地畜牧业的可持续发展。

参考文献

- [1] 竺可桢,宛敏渭.物候学[M].北京:科学出版社,1983.1-6.
- [2] 周兴民,李健华.高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律[A].高寒草甸生态系统(1)[C].北京:科学出版社,1982.9-18.
- [3] 李希来.青藏高原“黑土滩”形成的自然因素与生物学机制[J].草业科学,2002,19(1):20-23.
- [4] 张堰青,周兴民,王启基,等.金露梅灌丛主要植物种群物候特征的数值分析[A].姜恕.植被生态学[C].北京:科学出版社,1994.289-296.
- [5] West N F, Wein R W. A plant phenological index technique[J]. Bio. Science, 1971, 21: 116-117.
- [6] Orloci L. Multivariate analysis in vegetation research[M]. London: Sidgwick Jackson, 1978. 206-221.
- [7] Lance G N, Williams W T. A general theory for classificatory sorting strategies—2. Clustering systems [J]. Computer Journal, 1968, (9): 373-380.
- [8] LUDING L A. 统计生态学——方法和计算入门[M].李商隐译.呼和浩特:内蒙古人民出版社,1990.78-99.

- [9] 洪南. 统计分析教程[M]. 北京:电子工业出版社, 2000. 12-95.
- [10] 周华坤,周立,刘伟. 青海省果洛州草地退化探析及畜牧业可持续发展策略[J]. 草业科学,2003,20(10):19-22.
- [11] 周兴民,王质彬,杜庆. 青海植被[M]. 西宁:青海人民出版社,1987. 28-37.
- [12] 屠其璞,王俊德. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社,1982. 320-323.
- [13] 王文颖,王春燕. 青藏高原青南地区植物群落生态梯度分析[J]. 兰州大学学报,2004,40(3):60-65.
- [14] 周华坤,周立. 矮嵩草草甸植物种群物候学定量研究[J]. 草地学报,2002,10(4):279-286.
- [15] 倍桀芒. 地植物研究中的物候学观测方法[M]. 北京:科学出版社,1958. 39-45.

A study on the plant population phenology in Qinghai-Tibet plateau *Kobresia pygmaea* meadow

SUN Bu-gong¹, LONG Rui-jun^{2,3}, WANG Chang-ting²

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences,

Xining 810008, China; 3. Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The phenological characteristics of main plant populations in an alpine *Kobresia pygmaea* meadow were measured and studied in this paper. The 26 plant populations in Qinghai-Tibet plateau *K. pygmaea* meadow were divided into different phenological groups with cluster analysis and principal component ordination. By the method of correlative coefficient ordination, the main ecological factors that influenced different phenological periods were listed as bellow: temperature, precipitation and sun shine hours, respectively. Results of this study are useful for grazing management.

Key words: *Kobresia pygmaea* meadow; cluster analysis; principal component ordination

新疆土地沙化年增 104 km²

经新疆林业、环保等部门最新统计,新疆土地沙化由过去的年增加 384 km² 减少至如今的 104 km²,土地沙化速度正在减缓,沙化土地加剧扩展的趋势得到初步遏制,重点治理地区生态状况明显好转。但局部沙化仍在发展,土地沙化治理形势依然严峻。

新疆是全国防沙治沙的重点地区和敏感地区,准噶尔盆地南缘及艾比湖盆地周边地区、塔里木盆地周边治理是全国防沙治沙工程建设重点。据悉,过去几年间,新疆相继启动了林业重点工程、退牧还草工程和小流域治理工程等国家重大生态建设工程,这些大工程的实施促进了防沙治沙工作。通过大面积造林,目前新疆森林覆盖率已达 2.94%,绿洲森林覆盖率达到 14.95%,远高于“九五”末的覆盖率。

专家分析,干旱、大风及沙物质丰富是新疆土地沙化的主要自然因素,而人口增加和人类不合理的生产活动也加剧了新疆土地沙化进程。土地沙化直接影响到 1 200 多万人口的生产、生活和生存,使新疆自然灾害频发,土地生产力严重衰退。

为进一步减缓土地沙化,新疆已制定防沙治沙重点地区工程建设规划,计划实施生物治沙工程、非生物治沙工程、封禁保护区建设工程“三大工程”,预计 2010 年将完成治理任务 343 万 hm²。届时,新疆重点区域沙化土地扩展、生态环境恶化的趋势有望得到控制或初步逆转。

(贺占军)