

高寒小嵩草草原化草甸植物群落 结构特征及其生物量*

王启基 周兴民 张堰青 沈振西

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 小嵩草(*Kobresia pygmaea*)草原化草甸的主要植物有35种, 隶属11科, 30属。小嵩草为优势种, 次优势种有异针茅(*Stipa alliena*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)等; 生活型以地面芽植物为主(65.71%), 其次为地下芽植物(34.29%); 地上、地下部分生物量垂直分布呈典型的金字塔模式。地上、地下生物量主要分布在0—10cm冠层和土层中, 分别占地上、地下总生物量的91.79%和90.43%。每个植物类群生物量季节变化可由Logostic模型表示:

$$W_t = k_t / [1 + \exp(A_t - B_t t)]$$

枯枝落叶生物量变化呈“V”型曲线。在生长季各类群生物量绝对增长率具明显的差异, 平均每天每平方米可生产干物质2.79g, 年地上净生产量为368.4g/m²。所固定太阳能值为6655.16kJ/m², 其中莎草类占35.10%, 禾草类占23.33%, 杂类草占34.15%, 枯枝落叶占7.42%。光能利用率为0.1097%。

关键词 小嵩草草原化草甸; 结构特征; 生物量动态

小嵩草(*Kobresia pygmaea*)草原化草甸是青藏高原主要草场类型之一(周兴民, 1982), 它广泛分布在青藏高原海拔3200—5200m的山地阳坡、半阳坡、滩地、宽谷阶地和浑圆山顶部。在寒冷多风、辐射强烈等环境因子的综合影响下, 该群落种类组成较少, 结构简单, 植株低矮, 生产力水平低。但是, 饲用价值较高, 其优势种和次优势种不但营养丰富, 热值含量高(杨福国等, 1986), 而且草质柔软, 适口性良好。植物根系发达, 在0—15cm的土层中交错盘结形成密集的草皮层, 虽然通透性较差, 但富有弹性, 耐牧性强, 是理想的放牧型草地, 在青藏高原草地畜牧业生产中占有重要的地位。为揭示小嵩草草原化草甸植物群落的种类组成, 数量特征和物质积累过程以及它在高寒草甸生态系统中的作用和地位, 我们进行了定量分析研究, 以便为该类型草地的开发利用、综合改良及提高其光能利用率和能量转换效率提供科学依据。

1 研究方法

本项研究于1989年的5—9月在中国科学院高寒草甸生态系统开放实验站地区进行。地处北纬37°29′—37°45′, 东经101°12′—101°33′。海拔3250m。气候属典型的大

本文于1993年7月收到, 1993年12月收到修改稿。

* 中国科学院重大项目“我国不同类型生态系统结构、功能及生物生产力途径模式研究”和海北开放站基金课题资助。

陆性气候特点,冷季漫长,暖季短暂。年平均气温为 -1.7°C ,1月平均气温为 -14.8°C ,极端最低气温可达 -35.2°C ,7月平均气温为 9.8°C ,极端最高气温可达 23.7°C 。年降水量约600mm,主要降水量集中在夏半年,约占年降水量的80%。主要植被类型有高寒草甸(*Alpine meadow*)、高寒灌丛(*Alpine shrub*)和沼泽化草甸(*Swamp meadow*)。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。试验样地设在定位站附近的浑圆低山南坡,样地面积为 $30 \times 30\text{m}^2$ 。试验期间禁牧,其它时间正常放牧。在植物生长期(5—9月)每月月底测定地上生物量,样方面积 $50 \times 50\text{cm}^2$,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 的恒温箱烘干至恒重。在测定植物生物量的同时,同步测定土壤含水量等环境因子参数。

在植物生物量高峰期(8月底)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 $50 \times 50\text{cm}^2$ 的样方分成 $10 \times 10\text{cm}^2$ 的25个子样方记数,2次重复,计50个子样方。同时测定植物地上(每5cm为1层)、地下部分(每10cm为1层,至50cm深)生物量垂直分布特征,并计算重要值¹⁾(考克斯,1979)、分布系数方差(V)与平均值(X)的比值(姜恕等,1988)和群聚度指数²⁾(R. Daubenmire, 1982),以分析它们在群落中的分布格局、地位和作用。

2 结果与分析

2.1 种类组成及其数量特征

小嵩草草原化草甸植物群落的外貌较单调而整齐,层次分化不明显。组成该群落的植物以早中生植物为主,并大量侵入旱生植物。优势种小嵩草的植株矮小,密集丛生,是典型的耐寒旱中生植物,次优势种异针茅(*Stipa aliena*)为旱生植物,杂类草的种类较典型草甸为少。种的饱和度一般在15—30种/ m^2 ,总覆盖度60—85%。组成该区小嵩草草原化草甸的主要植物有35种(表1),隶属11科30属。若以主要科属的重要值计,它们依此为莎草科(24.90) > 禾本科(22.12) > 菊科(20.47) > 龙胆科(9.07) > 豆科(6.77) > 玄参科(5.34) > 蔷薇科(3.79) > 毛茛科(3.71)。其余3科的3种植物的重要值为3.63。以种的平均值计,它们依次为莎草科(8.30) > 禾本科(4.42) > 菊科(2.92) > 龙胆科(2.27) > 玄参科(1.78) > 豆科(1.69) > 蔷薇科(1.26) > 毛茛科(1.24)。其余3种植物的平均值为1.21。在35个种群中,小嵩草的重要值最大(20.32),为该群落的主要组成成分。次优势种和伴生种依次是异针茅、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、麻花艹(*Gentiana straminea*)、青海风毛菊(*S. kōkonorensis*)、柔软紫菀(*Aster flaccidus*)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)等。其余26种植物的重要值均小于种的平均值(2.85),在整个群落组成中占次要地位,而且多为有毒有害或植株矮小不易被家畜采食的杂类草。

2.2 群落的层片结构

$$1) \text{重要值} = \frac{\text{相对频度}(\%) + \text{相对盖度}(\%) + \text{相对密度}(\%) + \text{相对株高}(\%) + \text{相对生物量}(\%)}{5}$$

$$2) \text{群聚度指数} = \frac{\text{每个小区的平均密度}}{\text{大小相同的频度(用小数表示)}}^{\circ}$$

表 1 小嵩草草原化草甸植物群落种类组成及特征值
Table 1 The species composition and their characteristics in
Kobresia pygmaea steppe meadow

植物种类 Species	相对频度 Relative frequency	相对盖度 Relative coverage	相对密度 Relative density	相对株高 Relative height	相对生物量 Relative biomass	重要值 Important value
<i>Kobresia pygmaea</i>	8.84	36.49	55.71	0.46	0.06	20.318
<i>K. humilis</i>	6.31	0.36	3.20	2.10	0.54	2.507
<i>Carex atro-fusca</i>	3.61	0.72	0.54	4.07	1.40	2.073
<i>Elymus nutans</i>	5.05	2.18	1.90	10.21	2.81	4.436
<i>Stipa aliena</i>	8.48	7.29	17.45	7.14	0.69	8.216
<i>Festuca rubra</i>	2.70	7.29	8.42	6.43	0.53	5.080
<i>Poa pratensis</i>	3.47	1.45	1.42	6.70	0.81	2.767
<i>Koeleria cristata</i>	0.18	0.14	0.01	6.13	1.62	1.620
<i>Saussurea superba</i>	1.62	7.29	0.28	1.46	17.91	5.718
<i>S. kokonorensis</i>	6.31	1.45	0.95	2.72	4.33	3.156
<i>Aster flaccidus</i>	2.88	1.45	0.40	5.13	5.33	3.045
<i>Ajania tenuifolia</i>	4.33	0.36	0.75	1.79	2.10	1.871
<i>Leontopodium nanum</i>	3.42	4.37	2.64	0.42	0.48	2.274
<i>Anaphalis lactea</i>	1.08	0.36	0.62	3.82	0.13	2.407
<i>Taraxacum mongolicum</i>	3.24	0.72	0.45	1.39	4.14	1.994
<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	4.51	5.83	0.93	1.09	1.95	2.867
<i>Trigonella ruthenica</i>	1.80	0.72	0.31	1.73	1.02	1.121
<i>Astragalus polycladus</i>	0.90	0.36	0.07	1.13	0.26	0.548
<i>Thermopsis lenceolata</i>	0.08	3.64	0.11	2.37	3.93	2.231
<i>Lancea tibetica</i>	3.09	2.91	0.41	0.75	1.65	1.764
<i>Pedicularis kansuensis</i>	1.98	0.72	0.24	3.44	6.04	2.490
<i>Veronica eriogyna</i>	2.70	0.36	0.33	1.84	0.19	1.089
<i>Potentilla nivea</i>	2.70	1.45	0.31	1.18	1.56	1.446
<i>P. anserina</i>	0.36	0.36	0.02	1.67	5.54	1.596
<i>P. bifurca</i>	1.26	0.36	0.09	0.97	1.03	0.747
<i>Anemone obtusiloba</i>	1.62	0.58	0.14	3.21	2.51	1.617
<i>Thalictrum alpinum</i>	1.44	0.72	0.28	0.87	0.17	0.703
<i>Halerpestes ruthenica</i>	2.88	0.36	0.24	2.75	0.69	1.389
<i>Gentiana farreri</i>	0.77	0.72	0.10	1.56	5.67	1.757
<i>G. straminea</i>	3.61	5.83	0.48	2.50	6.44	3.778
<i>Swertia tetraptera</i>	1.80	0.72	0.15	2.37	2.28	1.470
<i>Gentianopsis paludosa</i>	3.61	0.72	0.59	3.92	1.46	2.066
<i>Allium cyaneum</i>	1.26	0.36	0.16	2.66	1.35	1.163
<i>Galium bungei</i>	0.90	0.36	0.10	1.97	1.46	0.961
<i>Morina chinensis</i>	0.18	0.72	0.01	1.86	5.75	1.709

小嵩草草原化草甸植物群落的层片结构较为简单,以地面芽植物为主,其次为地下芽植物,分别占群落总种数的 65.71% 和 34.29% (表 2),其层片组成分述如下:

2.2.1 地面芽植物层片

a. 密丛禾草层片,由耐寒的旱中生和中旱生禾本科植物组成,由于该类型土壤有致密

表2 小嵩草草原化草甸植物生活型谱
Table 2 The life-form spectrum of plants in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

生活型 Life-form	地面芽植物 Hemicryptophytes			地下芽植物 Geophytes			
	密丛禾草 Close grasses	莲座状植物 Rosular herb	直立茎植物 Erect plants	密丛嵩草 Close sedges	疏丛禾草 Bunch grasses	疏丛莎草 Bunch sedges	根茎植物 Rhizomatous plants
种数 No. of species	3	9	11	2	2	1	7
百分率 Percentage	8.57	25.71	31.43	5.71	5.71	2.87	20.00
合计(%) Total	65.71			34.29			

的生草层,通气、透水性能不良,一些耐旱并以营养繁殖为主的密丛型禾草能在这种环境下生长和繁殖,如异针茅、紫羊茅等。

b. 莲座状植物层片,由耐寒的中生或早中生双子叶植物组成,这类植物数量较多,它们的茎极短,根出叶簇生或莲座状丛生而铺于地面,如线叶龙胆(*Gentiana farreri*)、麻花苻、美丽风毛菊、蒙古蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、花苜蓿(*Trigonella ruthenica*)等。

c. 直立茎植物层片,由耐寒的中生或早中生植物组成,种类较多,但都零散分布在群落之中,为该群落的辅助层片,如青海风毛菊、柔软紫菀、湿生扁蕾(*Gentianopsis paludosa*)等。

2.2.2 地下芽植物层片

a. 短根茎密丛莎草层片,由耐寒的早中生或中生植物组成,其根茎极短,常形成稠密的草丛,如小嵩草、矮嵩草(*Kobresia humilis*)等。

b. 根茎疏丛莎草层片,由耐寒的湿中生或中生植物组成,如黑褐苔草(*Carex atrafusca*)等。

c. 根茎疏丛禾草层片,此类植物适应于原生植被破坏之后,土壤较疏松的环境中生长发育,为该群落的辅助层片,如垂穗披碱草、落草(*Koeleria cristata*)等。

d. 根茎植物层片,由中早生或中生植物组成,此类植物具有较强的繁殖能力,适应在通气良好的疏松土壤中生长,多为退化草地的先锋植物,如矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*)、兰石草(*Lancea tibetica*)等。

由此可见,小嵩草草原化草甸植物生活型及其生物-生态学特性是长期适应高寒气候的结果,也是植物在演化过程中对高寒环境的适应对策之一。

2.3 群落的垂直结构与水平结构

小嵩草草原化草甸植物群落结构简单,层次分化不明显,冠层平均高度约15cm,株高小于平均值的植物有24种,约占总种数的68.57%。虽然禾本科植物和少数杂类草的

植株较高,但数量很少,分布不均,不能构成明显的层次。这种结构可从地上生物量的垂直分布规律(图 1)得到证实。

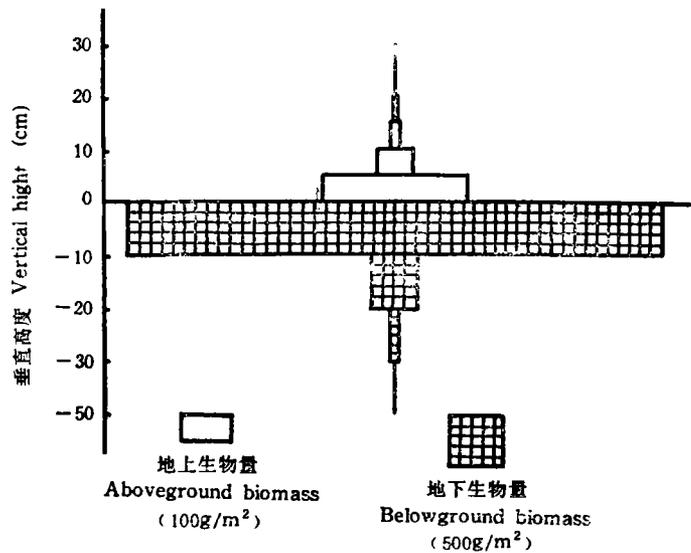


图 1 小嵩草草原化草甸地上、地下部分生物量垂直分布

Fig. 1 The vertical distribution of above and belowground biomass in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

由图 1 可以看出,小嵩草草原化草甸地上和地下部分生物量的垂直分布呈典型的金字塔模式,其地上部分生物量主要分布在 0—5cm 冠层中,约占地上总生物量的 74.14%,5—10cm 冠层中占 17.65%,即 0—10cm 冠层中的生物量占地上总生物量的 91.79%。10cm 以上冠层中的生物量仅占地上总生物量的 8.21%。其中,10—15cm、15—20cm、20—25cm 和大于 25cm 冠层中的生物量分别占地上总生物量的 4.68%、2.48%、0.73% 和 0.32%;地下生物量主要分布在 0—10cm 的草皮层中,约占地下总生物量的 90.43%,10cm 以下土层中仅占 9.75%,其中 10—20、20—30、30—50cm 土层中的生物量分别占地下总生物量的 7.47%、1.67%、0.43%。地下、地上生物量的比值为 15.21。这种生物量垂直分布格局是高寒草甸植物适应环境的结果。

从种的水平分布格局来看,优势种小嵩草的频度(98%)、盖度(50%)、密度(8546 枝/ m^2) 在群落 35 个种群中最大,方差/均值 = 41.59,呈集中分布格局,并形成较大的斑块(周兴民,1982),其组成成分较单纯,很少有其它种侵入。次优势种异针茅的频度(94%)、密度(2678 枝/ m^2) 较大,而盖度(10%) 较小,方差/均值 = 18.57,紫羊茅的频度(30%) 和盖度(10%) 较小,密度(1292 枝/ m^2) 较大,方差/均值 = 100.79。又如矮嵩草(方差/均值 = 8.31)、青海风毛菊(方差/均值 = 1.78)、垂穗披碱草(方差/均值 = 6.67)、异叶米口袋(方差/均值 = 3.09) 等植物的方差/均值大于 1,均为集中分布,经 t 值显著性检验,差异极显著($n = 49$ 时, $P < 0.001$)。其余大部分植物的频度和密度都很小,零星分布在小嵩草斑块的周围,如洛草、摩苓草(*Morina chinensis*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、线叶龙胆等。此外,从小嵩草草原化草甸植物种群的群聚度指数分析,也可证实上述的分布规律,如小嵩草的群聚度指数最大(87.20),所形成的斑块最大。其次是紫羊茅(43.07) 和异针茅

(28.49)。矮火绒草、乳白香青(8.00)、矮嵩草(7.03)、草地早熟禾(*Poa pratensis*, 5.74)和垂穗披碱草(5.21)等种群的群聚度指数居中,其余大部分植物的群聚度指数均小于3,这些植物的分布无明显规律。

2.4 地上、地下生物量季节动态

小嵩草草原化草甸植物一般从4月21日左右开始返青,干物质即从植物返青开始积累,并随植物生长发育节律和气温升高,降水量的增加而逐渐增大,其峰值一般出现在8月底或9月初。在生长季,主要植物类群地上生物量季节动态具明显的差异(图2),其干物质积累过程不尽相同,各类群地上生物量(W)和时间(t)之间的动态函数可用Logistic方程表示,其通式为:

$$W_i = K_i / [1 + \exp(A_i - B_i t)]$$

式中, W_i :各类群地上生物量(g/m^2), t 为自4月21日起的生长天数($0 < t < 140$), K_i 为各类群地上生物量可能最大值, i 为代表植物群落及各类群($i = 1, 2, 3, 4$), A_i 和 B_i 为常数。

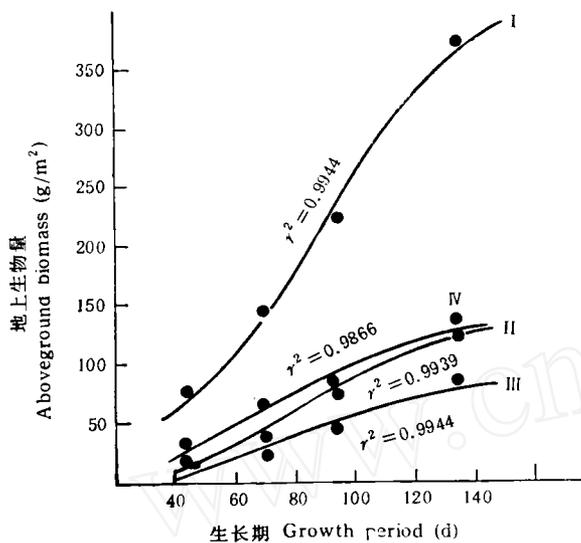


图2 小嵩草草原化草甸地上生物量季节动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of the aboveground biomass in *Kobresia pygaea* steppe meadow

I: 群落 Community II: 莎草类 Sedges
III: 禾草类 Grasses IV: 杂类草 Forbs

经计算,各植物类群生物量生长曲线的回归数据如表3所示。

由图2可知,在植物返青期杂类草的生物量比重较大,约占总生物量的35.32—44.15%;此时,莎草类植物正是开花季节,干物质积累相对缓慢,生物量比重为20.03—27.54%,禾草类植物的生物量比重为14.65—18.31%。植物生长旺盛期(7月份)杂类草植物的生物量比重有所下降(37.57%),莎草类的比重明显增加(34.93%),禾草类的比重增加较少(22.30%);在生物量高峰期(8月底),杂类草的比重最大(35.37%),莎草类居中(34.38%),禾草类最小(23.36%)。在植物生长季,枯枝落叶生物量的变化呈“V”型曲线,返青期较高($21.6g/m^2$),约占地上总生物量的28.0%,随着水热条件的好转和土壤微生物

表 3 小嵩草草原化草甸植物类群生物量动态曲线的回归数据

Table 3 The constants in the regression equation of the biomass dynamics of the different plant groups in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

植物类群 Group		K_i	A_i	B_i	R^2
植物群落 Community	I	448.3	3.2081	-0.0352	0.9944
莎草类 Sedges	II	137.3	4.3542	-0.0507	0.9939
禾草类 Grasses	III	96.3	4.2316	-0.0472	0.9944
杂类草 Forbs	IV	148.1	3.1727	-0.0385	0.9866

分解活动的增强而减少,到7月下旬达最小(14.54g/m²),约占地上总生物量的5.2%;此后逐渐增加,到9月中旬最大。其动态变化可由二次方程表示($R^2 = 0.9886$):

$$W = 0.0054t^2 - 0.9177t + 51.5200$$

式中, W 为枯枝落叶生物量(g/m²), t 为自4月21日起的生长天数

2.5 地上生物量增长速率的季节动态

小嵩草草原化草甸植物群落和主要植物类群生物量绝对增长速率季节动态(图3)表明,不同植物类群的生物量绝对增长速率各不相同,其高峰期均出现在营养生长期,而在生殖生长期有不同程度的下降。

由图3可以看出,群落生物量增长速率在植物生长季呈单峰式曲线。牧草返青期,由于低温的影响,干物质积累较缓慢,此后随着气温的回升和降水量的增加而增大,到8月底达到最大值。从返青开始(4月21日)到8月31日,平均每天每平方米生产干物质2.79g。其中,莎草类和禾草类植物的增长速率从6月底开始明显增大,高峰期在7月,其峰值分别为1.62g/m²·d⁻¹和0.99g/m²·d⁻¹,从8月初逐渐下降,到9月中旬出现负值,杂类草的增长速率呈双峰曲线,第一个高峰期在6月(1.33g/m²·d⁻¹)。7月因多数植物处在开花期而有所下降(0.90g/m²·d⁻¹,8月果后营养期有所回升(1.24g/m²·d⁻¹,到9月初出现负值。从生长季的动态可以看出,7、8月份小嵩草草原化草甸植物生物量的增长速率最高,平均每天每平方米生产干物质3.68g,此间所积累的干物质为228.4g/m²,占地上净生物量的62.0%,说明小嵩草草原化草甸干物质积累主要在7、8月份。

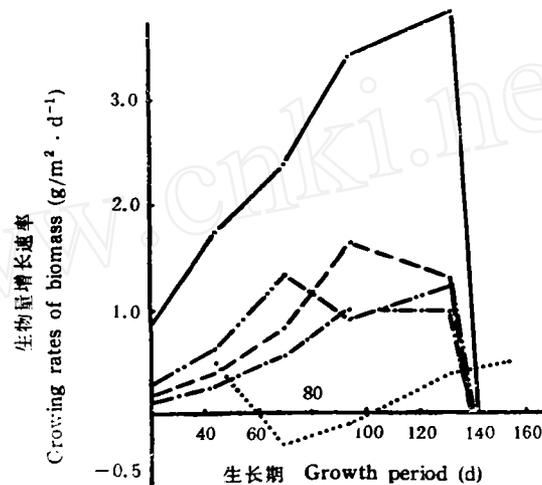


图3 小嵩草草原化草甸植物生物量增长速率季节动态
Fig. 3 Seasonal dynamics of growing rates of biomass in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

— 群落 Community --- 莎草类 Sedges
- · - 禾草类 Grasses · · · 杂类草 Forbs
····· 枯枝落叶 Litter

植物生长季(4月21日—8月31日) $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温分别为965.2、906.4和358.3 $^{\circ}\text{C}$,分别占年积温的96.16%、98.39%和100%。降水量约534.8mm,占全年降水量的62.87%,平均每毫米降水在 1m^2 草地上生产0.69g干物质。经相关分析表明(表4),生长季 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温,日平均气温和降水量与生物量增长速率呈正相关。其中,莎草类、禾草类的增长速率与 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和日平均气温呈极显著的正相关($P < 0.01$),而杂类草与其呈中等程度的正相关。不同层次土壤含水量与莎草类、禾草类的增长速率呈显著负相关。这是由于莎草类植物的生殖生长期在5、6月,禾草类植物的生殖生长期在8月份,而二者增长速率的高峰期在7月份。在这段时间内,虽然降水量较大,但是气温较高,强烈的蒸腾蒸发使土壤含水量减少,突出了土壤与植物对水分的供求矛盾。杂类草植物的盛花期在7月份,增长速率的高峰期在6月份,刚好与土壤含水量的动态变化基本一致。由此可见,降水和温度是制约小嵩草草原化草甸植物生长发育和生物量的主导因子。

表4 小嵩草草原化草甸生物量增长速率与生态因子的相关性分析

Table 4 The correlation analyses between main ecological factors and the biomass growing rates in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

	群 落 Community	莎 草 类 Sedges	禾 草 类 Grasses	杂 类 草 Forbs
$\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温 Accumulated tem. $\geq 3^{\circ}\text{C}$	0.8996*	0.9731**	0.9668**	0.5455
$\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温 Accumulated tem. $\geq 5^{\circ}\text{C}$	0.9133*	0.9689**	0.9714**	0.5645
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 Accumulated tem. $\geq 10^{\circ}\text{C}$	0.7011	0.9359*	0.8406	0.0697
平均气温 Mean air tem. ($^{\circ}\text{C}$)	0.9627**	0.9593**	0.9894**	0.6819
降水量 Precipitation (mm)	0.6026	0.8879*	0.7716	0.1952
土壤含水量 (0—10cm) The water content of soil (%)	-0.8758	-0.9729*	-0.9910**	0.7950
(10—20cm)	-0.9698*	-0.8821	-0.9925**	0.6145
(20—30cm)	-0.5688	-0.9739*	-0.8272	0.9820*
(30—40cm)	-0.6003	-0.9820**	-0.8484	0.9740*
(0—40cm)	-0.7847	-0.9977**	-0.9555*	0.8838

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

植物群落和各类群生物量相对增长速率在返青初期最大,植物群落、莎草类、禾草类和杂类草的相对增长速率分别为 $0.0453\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $0.0459\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $0.0464\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $0.0454\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$,平均值为 $0.0458\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。6、7、8月的平均值分别为 $0.0280\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $0.0215\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、 $0.0129\text{g}/\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。说明高寒草甸植物生长效率在返青初营养生长期最大,此后随植物生长发育进程逐渐减少。经相关分析表明,植物群落和各类群相对增长速率与生育时间呈显著的负相关($P < 0.01$)。

枯枝落叶的生物量的变化速率在生长季呈双峰曲线,即在返青初期和枯黄期较高。从

返青后期逐渐下降, 6、7 月份呈负值 ($-0.29\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, $-0.10\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$), 7 月底开始回升, 高峰期出现在 9 月 ($0.48\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$)。

2.6 地上净生产量及能量分配

本项研究是在无放牧采食条件下进行, 因此, 年地上净生产量为各类群生物量的增重和枯枝落叶生物量之总和, 也可用在单位时间、单位面积上所固定的太阳能值表示 (表 5)。由表 5 可知, 小嵩草草原化草甸地上净初级生产量为 $368.4\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中, 杂类草占地上净生产量的 35.37%, 莎草类占 34.38%, 禾草类占 23.36%, 枯枝落叶占 6.89%。所固定的太阳能为 $6655.16\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中, 莎草类占所固定太阳能值的 35.10%, 杂类草占 34.15%, 禾草类占 23.33%, 枯枝落叶占 7.42%, 光能利用率为 0.1097%。

表 5 小嵩草草原化草甸地上净生产量及能量分配

Table 5 The aboveground net production and allocation of energy in different plant groups in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

项目 Items	莎草类 Sedges	禾草类 Grasses	杂类草 Forbs	枯枝落叶 Litter	合计 Total
地上净生产量 Net production ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)	126.66	86.06	130.30	25.38	368.40
干物质热值 Caloric value (J/g)	18437.71	18044.50	17444.25	19462.08 ¹⁾	
所固定的太阳能 Assimilated Solar energy ($\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)	2335.32	1552.91	2272.98	493.95	6655.16
光能利用率 Utilization ratio of solar energy (%)	0.0385	0.0256	0.0375	0.0081	0.1097

1) 去灰分热值 Ash-free caloric value.

2.7 分布特征及其开发利用

小嵩草草原化草甸是高山和青藏高原隆起所形成的高寒气候的产物, 在强烈太阳辐射, 蒸发甚剧, 寒冷多风, 生长季短暂等高寒生态环境条件下, 长期适应, 发育而形成的特殊类型, 属典型的高原地带性和重要的山地垂直地带性植被类型。其优势种小嵩草等种群为中国-喜马拉雅或中亚高山成分(周兴民, 1982)。由于小嵩草草原化草甸的分布地区海拔较高, 立地条件严酷, 土壤坚实度较其它类型大 ($17.39\text{kg}/\text{cm}^3$), 使植物根系发育不良, 严重影响了初级生产力的提高。虽然该地区生长季短暂, 但在生长季内水热同期, 为牧草的生长发育创造了条件, 生产潜力很大。小嵩草草原化草甸植物虽然植株矮小, 产草量较低, 但是优势种小嵩草的热值含量较高(干重热值为 $18437.71\text{J}/\text{g}$, 去灰分热值为 $19802.11\text{J}/\text{g}$), 草质柔软, 营养丰富(表 6), 草皮层厚, 富有弹性, 耐牧性强, 是高原特有种藏羊和牦牛优良的夏秋季放牧场。

由于小嵩草草原化草甸植物群落外貌整齐、结构简单, 视野开阔, 因而有利于高原鼠

表6 小嵩草草原化草甸植物营养成分含量(%)
Table 6 The contents of plant nutrients in *Kobresia pygmaea* steppe meadow

项 目 Item	粗 蛋 粗 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗 纤 维 Crude cellulose	无氮浸出物 Extract-free nitrogen	粗 灰 分 Crude ash	Ca	P
地上部分 Aboveground	11.16	4.13	19.28	56.65	8.38	1.166	0.116
地下部分 Belowground	4.08	1.72	30.67	48.35	15.18	0.863	0.083

兔(*Ochotona curzoniae*)的生存和繁衍,成为该类型草地的主要害鼠。目前因超载过牧、鼠虫破坏和粗放经营的综合影响,草地退化日趋严重,在严酷的自然环境条件下,植被的自然恢复极其困难和缓慢。因此,防止草地退化及提高草地生产力综合配套技术的示范研究是维护草地生态平衡,提高草地畜牧业经济效益的首要任务。通过提高科学管理水平,确定适宜的草地利用率,围栏划区轮牧,积极开展生物防治鼠虫害的技术措施,减少环境污染,保护天敌,并在退化较严重的地段进行松耙、补播和施肥等措施,为尽快使草地资源得到合理利用和持续发展所必需。

参 考 文 献

- 周兴民,1982: 青藏高原嵩草(*Kobresia*)草甸基本特征和主要类型。高原生物学集(1)151—164,科学出版社。
 杨福国、王启基、何海菊,1986: 青藏高原植物热值含量与畜牧业生产,自然资源(2)24—30。
 姜 恕等,1988: 草地生态研究方法,40—42,农业出版社。
 考克斯(蒋有绪译),1979: 普通生态学实验手册,26—31,124—178,科学出版社。
 Rexford Daubenmire(陈庆诚译),1982: 植物群落-植物群落生态学教程,64—71,人民教育出版社。

COMMUNITY STRUCTURE AND BIOMASS DYNAMIC OF THE *KOBRESIA PYGMAEA* STEPPE MEADOW

Wang Qi-ji Zhou Xing-min Zhang Yan-qing Shen Zhen-xi

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of
Sciences, Xining 810001)

Abstract

An investigation on the community structure and biomass dynamics of the *Kobresia pygmaea* community was carried out mainly in a plot of 30m × 30m, at the Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem from May to September in 1989. 35 species belonging to 30 genera and 11 families were recorded. Besides the first dominant species *Kobresia pygmaea*, the dominant species also included *Stipa aliana*, *Saussurea superba* and *Festuca rubra*, etc.. The 65.7% of the species were hemicryptophytes, and the other 34.3% were geophytes. The vertical distribution of both above and below ground biomass of the community showed a pyramidic pattern. The 91.8% of the above ground biomass and 90.4% of the below ground biomass were respectively concentrated in the 0—10cm layers above and below the ground.

The seasonal biomass dynamic (W_i) of the different plant groups could be described by Logistic equations; $W_i = K_i / [1 + \exp(A_i - B_i \cdot t)]$; where t referred to growing days since the 21st April, K_i referred to the maximum biomass, i referred to different plant groups, A_i and B_i were constants. While the seasonal changes of the litter biomass showed a V-curve, *i.e.*, the litter biomass was the lowest in Summer.

The growing rates of different plant groups were different, but average growing rate of the community biomass was 2.79g/m²·d⁻¹ in the growing season, and the net production of the community was 368.4g/m²·d⁻¹, corresponding to an assimilated solar energy of 6655.16kJ/m²·a⁻¹ among which the sedges, grasses, forbs and litter occupied 35.19%, 23.33%, 34.15% and 7.42% respectively.

Key words *Kobresia pygmaea* steppe meadow, Community structure, Biomass dynamic