

矮嵩草草甸不同经济类群植物生物量 与营养成分动态的初步研究*

钟海民 杨福圃 沈振西

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

矮嵩草草甸不同经济类群植物生物量的月变化有极显著差异 ($P < 0.01$), 达到峰值的时间也有所不同。不可食杂类草在 7 月底或 8 月初达到生物量峰值 ($68.32 \text{ 克} \cdot \text{米}^{-2}$); 莎草类在 8 月中 ($70.50 \text{ 克} \cdot \text{米}^{-2}$); 豆科类和可食杂类草在 8 月底 (45.44 和 $107.60 \text{ 克} \cdot \text{米}^{-2}$); 禾草类在 9 月中 ($117.12 \text{ 克} \cdot \text{米}^{-2}$)。各类群间植物营养成分生长季节的平均含量有极显著差异 ($P < 0.01$)。豆科类和杂类草的粗蛋白、粗脂肪、粗灰分和磷含量均高于禾草类和莎草类。同一类群植物营养成分除粗蛋白和粗纤维外, 月变化均不显著 ($P > 0.05$)。植物粗蛋白含量最大值在 5 月底至 6 月中, 而可被家畜利用的类群生物量峰值均在 8 月中旬以后, 造成了主要营养成分和生物量的季节性不平衡。以 7 月底至 8 月底为矮嵩草草甸草场最佳利用时期。

关键词: 矮嵩草草甸; 植物经济类群; 生物量; 营养成分

矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸是青藏高原主要草场类型之一。它以分布面积广、草质优良、营养丰富、耐牧性强等特点, 在草地畜牧业生产中占有重要地位。

多年来, 学者们对矮嵩草草甸的结构特征、生物量 (地上、地下) 和植物热值等做了较多的研究 (周兴民, 1982; 杨福圃等, 1983; 1985)。本文在此基础上, 将草甸植物分为禾草类、莎草类、豆科类、可食杂类草和不可食杂类草 (包括有毒豆科类植物), 对不同类群植物生物量和营养成分动态做了初步分析, 这不仅能更直观地反映出草地生产能力、牧草营养价值和各类群植物在草甸中的组成比例及所占地位, 也为更客观地正确评价草地资源, 合理利用草地, 提高草地生产能力和放牧家畜的生产性能等提供科学依据。

* 国家自然科学基金资助项目。

植物营养成分含量由本所公共实验室分析测定; 祁慧泉同志绘图, 一并致谢。

本文 1991 年 1 月 2 日收到。

一、研究方法

本研究于1988—1989年5—9月植物生长季进行。样地设在中国科学院北海高寒草甸生态系统定位站矮嵩草草甸样地内。用定期收割法于每月月中和月底，齐地面剪取 0.25×0.25 米²的样方15个，按类群分开，称其鲜重，置65°C烘箱中烘干后，称干重，按克·米⁻²计算出各时期的生物量。随后将各样品粉碎，用常规分析法测定各种营养成分含量。文中生物量和营养成分为两年数据的平均值，其变化差异用方差分析法统计。

二、结果分析与讨论

(一) 生物量月动态

植物返青后，随气温升高和植物生长发育，各类群植物生物量逐渐增加，因各类群植物的种类和物候期各异，其生物量的变化有极显著差异 ($P < 0.01$)，达到峰值的时间也有所不同 (图1)。

从图1看到，在植物生长初期，虽然气温还低，但喜冷湿环境的莎草类植物返青早，生长迅速，5月中到6月中，多数植物已开花结籽，生物量在5个类群中占比例最大，这对经过漫长冬季，处于饥饿状态的家畜来说有着较为重要的意义。禾草类和杂类草在

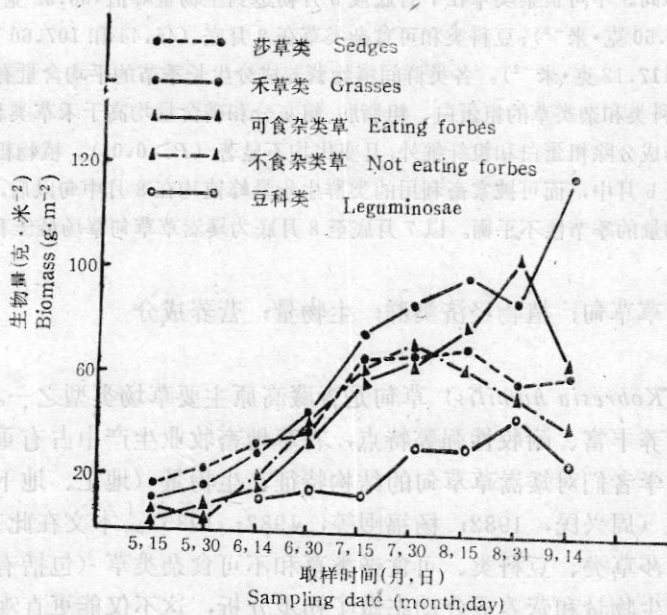


图1 1988—1989年矮嵩草草甸不同经济类群植物平均生物量月动态

Fig 1 Month dynamics of average biomass of different economic group plants in *Kobresia humilis* meadow during 1988—1989

早春，生长较为缓慢，处于营养阶段，禾草类植物因植株较高大，生物量高于杂类草。豆科类植物对温度要求较高，刚处于萌芽阶段，生物量偏低。6月底后，气温逐渐升高，莎草类植物进入果后营养阶段，生长速度已减缓，生物量积累较前期要慢。这时的气温条件已适合禾草类和杂类草的生长，并随温度升高，生长更加迅速。禾草类植物进入拔

节—孕穗期，生物量急剧增加，已超过莎草类居各类群首位。杂类草均进入孕蕾—开花期，生物量积累已接近莎草类。豆科类植物数量有所增加，但生长还较缓慢，处于营养阶段，生物量仍很低。7月底或8月初，不可食杂类草首先达到峰值（68.32克·米⁻²），随后莎草类在8月中也达到峰值（70.50克·米⁻²），8月底可食杂类草和豆科类植物也相继达到峰值（107.60和45.44克·米⁻²），最后禾草类在9月中达到峰值（117.12克·米⁻²）。在达到峰值后，各类群植物为营造地下器官，贮藏越冬物质，将地上部分制造的有机物质转运到地下根部，使地下生物量开始下降。6—9月是绵羊增重最快的阶段（赵新全等，1987），这时期各类群植物生物量陆续达到峰值，给绵羊增重和保持最大体重提供了充足的饲草。

虽然矮嵩草草甸植物因适应青藏高原恶劣的气候条件，植株低矮，生物量较低，但却为家畜提供着营养丰富，适口性好的食物。但长期以来缺乏合理的放牧方案，滥牧重牧，导致草甸草场严重退化，使一些植株高大，家畜喜食的禾草类和莎草类植物（赵新全等，1988）逐渐减少，而适口性差，植株低矮的杂类草增多，其中有相当一部分因适口性太差或体内含有毒素等原因，家畜不采食。如紫苑属（*Aster*）的一些植物有气味，牛羊偶尔采食；甘肃棘豆（*Oxytropis kansuensis*）和披针叶黄华（*Thermopsis lanceolata*）等植物体内含有毒素，家畜不采食。在海拔矮嵩草草甸中，不可食杂类草峰值生物量占同期总生物量的19.21%，比例较高，与莎草类（19.90%）不相上下，草场退化较严重，使本来就低的矮嵩草草甸生产力更加下降。为了提高草甸草场的生产力，只有制定出合理的放牧方案，结合灭鼠、补播等措施，对草场进行封育，使草场有休闲机会。周兴民等（1986）指出，矮嵩草草甸封育3年后，禾草总量占地上总生物量的百分比由封育前的34.28%上升到60.17%，而杂类草则由47.45%下降到17.89%，由此可见，草场封育是促进优良禾草类和莎草类植物生长，抑制杂类草生长，延缓草场退化，提高草场生产力的有效措施。

不可食杂类草一方面可以通过草场封育抑制其生长，另一方面可以寻求有效途径加以利用。有些植物在生长期有强烈异味或毒素，但枯黄后，经高原强烈阳光暴晒，异味可减弱，毒素可降解，作为干草可在冬季补饲家畜。一些豆科植物，虽然体内有毒素不被家畜利用，但其具有较强的固氮能力，这对改良土壤营养状况，促进其它植物生长有良好作用。

（二）营养成分含量及其月动态

矮嵩草草甸5个不同经济类群植物营养成分生长季的平均含量和月动态见表1。

由表1表明：

1. 不同类群植物营养成分生长季的平均含量有极显著差异（ $P < 0.01$ ）：粗蛋白含量：豆科类（18.94%）>可食杂类草（13.03%）>不可食杂类草（12.97%）>禾草类（11.87%）>莎草类（10.04%）。除莎草类粗蛋白含量在4—10.99%属中量外，其它类群均在11.0%以上，属高含量¹⁾。

粗脂肪含量：不可食杂类草（4.02%）>可食杂类草（3.65%）>豆科类（3.00%）>

1) 牧草营养成分含量标准引自潘锦堂（1977）“青藏高原一些牧草的评价”一文。

表1 矮蒿草草甸不同经济类群植物营养成分含量月动态 (干物质%)

Table 1 Month dynamics of nutrient content of different economic group plants in *Kobresia humilis* meadow(dm%).

类群 Group	项目 Item	取样时间(月,日) Sampling date (month, day)									平均 Average
		5,15	5,30	6,14	6,30	7,15	7,30	8,15	8,31	9,14	
豆科类 Leguminosae	X(1) ¹⁾			24.72	20.47	20.10	19.10	18.94	16.88	12.38	18.94±3.75
	X(2)			3.56	3.13	3.01	2.11	2.55	2.93	3.69	3.00±0.51
	X(3)			9.77	16.08	17.29	17.43	17.64	19.17	20.74	16.37±3.47
	X(4)			9.08	9.17	9.08	9.22	8.85	8.48	4.93	8.40±1.55
	X(5)			40.06	38.35	39.09	39.49	39.01	47.78	35.67	39.92±3.74
	X(6)			0.073	0.101	0.081	0.103	0.074	0.076	0.051	0.080±0.018
禾草类 Grasses	X(1)	13.25	14.44	14.75	10.88	10.55	14.13	10.03	10.07	8.75	11.87±2.26
	X(2)	2.11	1.62	2.46	2.78	2.61	2.99	2.33	2.56	2.65	2.46±0.40
	X(3)	17.88	17.71	16.38	18.37	22.87	24.05	25.52	23.50	27.76	21.56±4.05
	X(4)	8.26	7.61	6.15	6.21	6.56	5.77	5.87	6.39	6.51	6.50±0.82
	X(5)	44.73	47.83	47.16	47.99	45.04	41.99	44.51	43.95	42.50	45.08±2.19
	X(6)	0.047	0.045	0.040	0.071	0.051	0.063	0.051	0.045	0.043	0.051±0.010
莎草类 Sedges	X(1)	10.65	11.76	11.00	10.88	9.38	10.02	10.28	8.94	7.44	10.04±1.30
	X(2)	2.60	1.75	1.62	2.93	2.02	3.48	3.20	3.49	2.80	2.65±0.71
	X(3)	16.97	18.05	17.71	23.19	23.51	24.48	23.47	22.61	26.69	21.85±3.42
	X(4)	8.35	6.52	6.20	5.06	6.56	5.91	6.41	6.86	5.54	6.35±0.93
	X(5)	48.25	49.12	51.17	46.41	45.87	44.13	45.61	46.46	46.70	46.97±2.16
	X(6)	0.036	0.037	0.047	0.043	0.053	0.063	0.034	0.032	0.039	0.043±0.010
可杂类 食草 Eating forbes	X(1)	15.28	19.10	17.51	13.60	12.69	11.69	10.89	9.41	7.05	13.03±3.83
	X(2)	2.35	2.85	2.82	3.55	4.08	4.34	3.40	4.10	5.33	3.65±0.93
	X(3)	—	10.06	8.37	11.39	13.55	13.88	15.15	15.43	16.23	13.01±2.80
	X(4)	9.28	9.09	9.72	10.97	10.40	9.58	9.75	10.15	11.08	10.00±0.70
	X(5)	—	46.83	48.26	48.46	47.69	48.81	49.24	50.23	49.82	48.51±1.09
	X(6)	0.074	0.062	0.055	0.079	0.066	0.081	0.064	0.054	0.059	0.066±0.010
不杂类 食草 Not eating forbes	X(1)	16.32	16.10	16.75	14.41	12.66	13.04	8.54	8.87	10.00	12.97±3.27
	X(2)	4.13	4.23	4.72	4.11	3.97	3.79	3.32	3.07	4.84	4.02±0.58
	X(3)	—	13.89	11.25	15.99	15.08	15.25	17.30	18.00	21.15	15.99±2.04
	X(4)	10.96	9.49	7.81	7.99	8.17	7.59	7.86	6.00	6.54	8.11±1.98
	X(5)	—	43.06	47.04	46.71	49.43	48.32	51.93	50.91	47.02	48.03±2.79
	X(6)	0.055	0.054	0.057	0.097	0.071	0.035	0.067	0.071	0.067	0.064±0.020

1) X(1) — 粗蛋白 Crude protein, X(2) — 粗脂肪 Crude fat, X(3) — 粗纤维 Crude cellulose, X(4) — 粗灰分 Crude ash, X(5) — 无氮浸出物 Non-nitrogen extract, X(6) — 磷 Phosphorus.

莎草类 (2.65%) > 禾草类 (2.46%)。其中前 3 个类群粗脂肪含量在 3—5.99% 范围内属中量, 后 2 个类群在 1—2.99% 为少量。

粗纤维含量: 莎草类 (21.85%) > 禾草类 (21.56%) > 豆科类 (16.87%) > 不可食杂类草 (15.99%) > 可食杂类草 (13.01%)。各类群粗纤维含量均在 11—30.99% 范围内, 属中等含量。

粗灰分含量: 可食杂类草 (10.00%) > 豆科类 (8.40%) > 不可食杂类草 (8.11%) > 禾草类 (6.59%) > 莎草类 (6.35%)。其中可食杂类草、豆科类和不可食杂类草粗灰分含量均在 7.0% 以上, 为高灰分。而禾草类和莎草类在 4—6.99% 范围内, 为中等含量。

无氮浸出物含量: 可食杂类草 (48.51%) > 不可食杂类草 (48.06%) > 莎草类 (46.97%) > 禾草类 (45.08%) > 豆科类 (39.92%)。除豆科类外, 其它类群无氮浸出物含量均在 42% 以上, 属高无氮浸出物。

磷的含量: 豆科类 (0.080%) > 可食杂类草 (0.066%) > 不可食杂类草 (0.064%) > 禾草类 (0.051%) > 莎草类 (0.043%)。各类群植物磷的含量均低于放牧地牧草要求 0.20—0.35% 的正常值 (东北农学院, 1979), 属贫磷植物, 这主要与土壤中磷的状况有关。矮嵩草草甸土壤中全磷含量虽然较高, 0—10 厘米深土层为 0.090%, 10—21 厘米为 0.088%, 21—49 厘米为 0.080%, 但其有效磷含量很低, 分别为 7.3、3.6 和 0.2 ppm, 有效率仅为 0.03—0.083% (乐炎舟等, 1982)。

2. 营养成分的月动态: 各经济类群粗蛋白和粗纤维含量月变化有极显著差异 ($P < 0.01$), 而粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物和磷含量月变化差异不显著 ($P > 0.05$)。各类群植物粗蛋白含量均在返青后期达到最大值, 莎草类 (11.76%) 和可食杂类草 (19.10%) 在 5 月底; 豆科类 (24.72%)、禾草类 (14.75%) 和不可食杂类草 (16.75%) 均在 6 月中, 此后逐渐下降, 到植物枯黄时降至最低。粗纤维含量返青期最低, 随植物生长不断增加, 枯黄时粗纤维含量达到最大值。粗蛋白和粗纤维含量这种月变化规律对家畜在早春能及时得到蛋白质补充有着重要意义。

矮嵩草草甸可被家畜利用的 4 个类群平均粗蛋白含量为 13.47%, 粗脂肪 3.95%, 无氮浸出物 45.12%, 粗灰分 7.84%, 均高于内蒙古丘陵干草原草地的 11.80、2.76、43.52 和 6.8% (姜永等, 1990); 而粗纤维 (18.32%) 却低于丘陵干草原草地 (24.56%)。较高的粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物含量不仅为家畜的营养奠定了物质基础, 也为其生长繁殖提供了充足的能量 (杨福囤等, 1986)。因此, 营养成分和能量的“四高一低”是矮嵩草草甸显著特征之一。

(三) 生物量与营养成分的关系

矮嵩草草甸不同经济类群植物生物量除不可食杂类草外均在 8 月中以后达到峰值, 而各类群中作为评价植物营养价值重要指标粗蛋白含量却在 5 月底至 6 月中达到最大值, 植物生物量与粗蛋白含量之间存在着季节性不平衡。植物在生长初期, 粗蛋白含量高, 适口性较好, 品质较好, 但因生物量低, 影响了营养成分的田间产量。在植物生长后期, 生物量虽较高, 但因粗蛋白含量降低, 粗纤维含量增加, 适口性差, 植物品质下降。经计算, 除粗纤维外, 各类群其它营养成分的田间产量在 7 月底至 8 月底较高 (表 2), 因此从植物生物量与营养成分兼顾考虑, 矮嵩草草甸最佳利用期为 7 月底至 8 月底。

表2 矮嵩草草甸不同经济类群植物营养成分田间产量月动态 (公斤/公顷)

Table 2 Month dynamics of nutrient content in field output of different economic group plants in *Kobresia humilis* meadow(kg/ha).

类群 Group	项目 Item	取 样 时 间 (月, 日) Sampling date (month, day)								
		5,15	5,30	6,14	6,30	7,15	7,30	8,15	8,31	9,14
豆科类 Leguminosae	X(1) ¹⁾			32.80	32.15	28.12	61.73	59.91	76.78	34.17
	X(2)			4.73	4.90	4.21	6.82	8.06	13.31	10.15
	X(3)			12.97	25.21	24.21	56.33	55.74	87.11	57.08
	X(4)			12.06	14.38	12.71	29.79	27.97	38.53	13.57
	X(5)			53.20	60.13	54.73	127.63	123.27	217.11	98.16
	X(6)			0.097	0.158	0.113	0.333	0.234	0.345	0.140
禾草类 Grasses	X(1)	8.59	24.14	44.37	60.84	80.26	126.83	98.61	88.21	102.48
	X(2)	1.37	2.71	4.87	15.54	19.86	26.84	22.91	22.43	31.04
	X(3)	11.59	29.61	49.27	102.73	173.99	215.87	250.09	205.86	325.13
	X(4)	5.35	12.72	18.50	34.73	49.91	51.79	57.71	55.98	76.25
	X(5)	29.00	79.97	141.85	268.36	342.66	376.90	437.62	385.00	497.76
	X(6)	0.030	0.075	0.120	0.397	0.565	0.501	0.394	0.504	0.043
莎草类 Sedges	X(1)	16.95	24.08	37.14	42.21	63.18	69.82	72.47	52.85	46.78
	X(2)	4.14	3.58	5.47	10.59	13.61	24.25	22.56	20.63	17.61
	X(3)	19.06	36.97	59.79	89.88	158.36	170.58	165.46	133.67	167.82
	X(4)	13.29	13.35	20.93	19.63	44.19	41.18	45.19	40.56	34.84
	X(5)	76.81	100.06	172.75	180.07	308.98	307.50	321.55	274.67	293.65
	X(6)	0.057	0.076	0.158	0.167	0.357	0.439	0.240	0.189	0.245
可杂类 食草 Eating forbes	X(1)	6.48	17.27	26.90	53.20	75.23	79.68	86.60	102.25	45.18
	X(2)	1.00	3.58	4.33	13.89	24.19	29.58	27.04	44.12	34.43
	X(3)	—	9.09	12.86	44.58	80.32	94.61	120.47	166.03	104.12
	X(4)	3.93	8.22	14.93	42.91	61.65	65.30	77.53	109.21	70.91
	X(5)	—	42.06	74.13	189.57	282.71	332.69	391.56	540.47	312.45
	X(6)	0.031	0.056	0.084	0.309	0.391	0.552	0.509	0.581	0.378
不杂类 食草 Not eating forbes	X(1)	7.31	14.71	33.50	56.72	79.87	89.09	54.38	48.24	40.96
	X(2)	1.85	3.72	9.44	16.18	23.01	25.89	21.14	16.69	19.82
	X(3)	—	12.22	22.50	62.94	91.57	104.19	110.17	97.88	86.63
	X(4)	4.91	8.25	15.62	31.45	49.61	53.70	50.05	32.63	26.79
	X(5)	—	37.89	94.08	183.85	300.01	330.12	330.69	277.17	192.59
	X(6)	0.025	0.473	0.114	0.382	0.431	0.239	0.427	0.386	0.274

参 考 文 献

- 东北农学院, 1979, 家畜饲养学, 农业出版社, 126。
- 乐炎舟、左克成、张金霞、赵宝莲、王在模、郭建华, 1982, 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点, 高寒草甸生态系统, 甘肃人民出版社, 19—33。
- 周兴民, 1982, 青藏高原嵩草 (*Kobresia*) 草甸的基本特征和主要类型, 高原生物学集刊, (1): 151—161。
- 周兴民、张松林, 1986, 矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸在封育条件下群落结构和生物量变化的初步观察, 高原生物学集刊, (5): 1—6。
- 杨福囤、王启基、史顺海, 1983, 青藏高原矮嵩草草甸常见植物热值及灰分含量, 中国草原, (2): 24—56。
- 杨福囤、王启基、史顺海, 1985, 青藏高原矮嵩草草甸结构特征及其生产量, 高原生物学集刊, (4): 49—59。
- 杨福囤、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。
- 赵新全、皮南林, 1987, 高寒草甸草场主要生态因子与绵羊体重变化的通径分析, 家畜生态, 8(2): 18—22。
- 赵新全、王启基、皮南林, 1988, 高寒草甸草场不同放牧强度下载系绵羊对牧草资源利用的主成分分析, 高原生物学集刊, (8): 89—95。
- 姜永、巴雅尔, 1990, 丘陵干草原草地牧草产量、营养动态与绵羊体重变化, 中国草地, (2): 38—41。
- 潘锦堂、何廷农、曾友特, 1977, 青藏高原一些牧草的评价, 植物分类学报, 15(1): 43—48。

A PRELIMINARY STUDY ON BOTH BIOMASS AND NUTRIENT DYNAMICS OF DIFFERENT ECONOMIC GROUP PLANTS IN ALPINE *KOBRESIA HUMILIS* MEADOW

Zhong Haimin, Yang Futun and Shen Zhenxi

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

Both biomass and nutrient dynamics of different economic group plants were studied in alpine *Kobresia humilis* meadow. The results are as follows:

These month changes of biomass of different economic group plants are significantly different ($P < 0.01$). The biomass peak of not eating forbes ($68.32\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) is at the end of July or at the beginning of August; the biomass peak of sedge ($70.50\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) is in the middle of August; those of leguminosae and eating forbes (45.44 and $107.60\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) are at the end of August and that of grasses ($117.12\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) is in the middle of September.

The average nutrient contents of different economic group plants in growing season are significantly different ($P < 0.01$). The contents of crude protein, crude fat, crude ash and phosphorus in leguminosae and forbes are higher than those in grasses and sedges, but the crude cellulose contents are lower. Besides crude protein and cellulose, the month changes of the same group plants' nutrients contents are not significantly different ($P > 0.05$). The crude protein content is high at the beginning of the growing season and is low at the end of it. But the crude cellulose content is low at the beginning of growing season and is high at the end of it.

Those crude protein content peaks of different economic group plants appear

from the end of May to the middle of June, but plants biomass peaks appear after the middle of August. So the optimum utilizing period for *Kobresia humilis* meadow is from the end of July to the end of August.

Key words: *Kobresia humilis* meadow; Economic group plant; Biomass; Nutrient

A PRELIMINARY STUDY ON BOTH BIOMASS AND NUTRIENT DYNAMICS OF DIFFERENT ECONOMIC GROUP PLANTS IN ALPINE *KOBRESIA HUMILIS* MEADOW

Zhong Huan, Yang Juan and Shen Zhong
(Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Xining)

Both biomass and nutrient dynamics of different economic group plants were studied in alpine *Kobresia humilis* meadow. The results are as follows:
 These month changes of biomass of different economic group plants are significantly different ($P < 0.01$). The biomass peak of non eating forbes ($88.32g \cdot m^{-2}$) is at the end of July or at the beginning of August; the biomass peak of sedge ($70.56g \cdot m^{-2}$) is in the middle of August; those of leguminosae and eating forbes (45.41 and $107.60g \cdot m^{-2}$) are at the end of August and that of grasses ($117.12g \cdot m^{-2}$) is in the middle of September.
 The average nutrient contents of different economic group plants in growing season are significantly different ($P < 0.01$). The contents of crude protein, crude fat, crude ash and phosphorus in leguminosae and forbes are higher than those in grasses and sedges, but the crude cellulose contents are lower. Besides crude protein and cellulose, the month changes of the same group plants' nutrients contents are not significantly different ($P > 0.05$). The crude protein content is high at the beginning of the growing season and is low at the end of it, but the crude cellulose content is low at the beginning of growing season and is high at the end of it. Those crude protein content peaks of different economic group plants appear