

放牧强度对高寒草甸植物生长 和生产力的作用*

韩 发 贲桂英 师生波 王启基

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

本文研究了藏系绵羊不同放牧强度对矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸和金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛植物生长、光合面积和生物量积累的作用。研究表明, 重度放牧对禾草和莎草植物的生长具有明显抑制作用, 其高度、盖度、生物量增长速度和叶面积指数与放牧强度呈负相关关系。参数 *LAR*, *SLA*, *LWR* 和 *LAI* 则随放牧强度的增高而减小。叶、茎和穗的生物量比率随放牧强度的改变而变化。随放牧强度的降低, 禾草、莎草和灌木的生物量比率明显增加。

关键词: 高寒草甸; 放牧强度; 生产力; 地上生物量; 叶面积指数。

家畜放牧对植物的作用是草地生态系统的重要研究内容。有关此类研究已有报道 (周兴民等, 1986; Roberts, 1980; Steiner 和 Grabe, 1986; Parsons 等, 1983; Tallwin, 1985)。但有关家畜放牧对植物群落的生物量生产力以及与此有关的生理参数, 则很少研究。本文主要报道藏系绵羊不同放牧强度对矮嵩草草甸和金露梅灌丛植物的生物量积累, 叶面积指数 (leaf area index, LAI), 叶面积比率 (leaf area ratio, LAR), 叶面积干重比 (specific leaf area, SLA), 以及植物生长速率 (plant growth ratio, PGR) 和枯枝凋落物量的作用, 并分析这些参数与放牧强度 (stocking rate, SR) 的关系。

研究样地与方法

本研究于 1987 年 5 月—1988 年 10 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区进行, 试验样区设在矮嵩草草甸和金露梅灌丛的放牧围栏内。矮嵩草草甸的优势种为矮嵩草, 次优势种为异针茅 (*Stipa aliena*), 羊茅 (*Festuca ovina*), 垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)。金露梅灌丛的优

* 中国科学院择优支持项目。工作中得到周立先生的大力支持, 特此致谢。

势种为金露梅, 其次为线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*) 及珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 和紫羊茅 (*F. rubra*) 等。

矮嵩草草甸为冬春牧场, 围栏面积为 3.18ha, 选择的放牧强度等级为: (A) 重牧, (B) 中牧, (C) 轻牧。重度放牧强度为 6.07 只/ha, 中度放牧为 3.12 只/ha, 轻度放牧为 2.14 只/ha。金露梅灌丛为夏秋牧场, 围栏面积 8.01ha, 选择的放牧强度等级依次为: (A) 重牧 (5.35 只/ha), (B) 中牧 (4.30 只/ha), (C) 轻牧 (2.55 只/ha)。供试家畜为健康无病、体重相近的同龄藏系绵羊。试验围栏用铁丝网围建。

植物地上生物量在 5—9 月的下旬采用刈割法测定。样方面积为 $50 \times 50 \text{cm}^2$, 每次测定 5 块, 按莎草科、禾草和杂类草分类, 测绿色部分、立枯、凋落物的鲜重后, 将所测样本在 80°C 烘箱中烘至恒重。

为分析不同放牧强度植物的生长状况, 各类生物量的比例, 及物质分配, 分别在生长盛期测定植株高度、盖度、绿色面积、枯黄面积、叶、茎和穗的现存量, 以及立枯凋落物。样方面积为 $1/16 \text{m}^2$, 随机设在研究样区的中部, 每次重复 5 个样方, 并按莎草、禾草、杂类草、灌丛和毒草分类, 以美国产 Li-COR3000 型叶面积仪测定叶面积。以上测定按处理各重复 5 次。

有关生理参数分别按下列公式计算,

$$\text{叶面积指数 } LAI = \frac{L_A}{P},$$

$$\text{叶面积比率 } LAR = \frac{(L_{1A}/W_1) + (L_{2A}/W_2)}{2},$$

$$\text{叶面积干重比 } SLA = \frac{(L_{1A}/L_1W) + (L_{2A}/L_2W)}{2},$$

$$\text{叶干重比 } LWR = \frac{(L_1W/W_1) + (L_2W/W_2)}{2},$$

$$\text{现存量变化速率 } C = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}.$$

其中, L_A 为总叶面积, P 为样地面积, L_w 为总叶干重, W 为总干重, T 为时间。

结果与分析

(一) 放牧强度对植物生长特征和光合生理参数的作用

放牧强度与植物高度之间存在显著的负相关关系, 其相关系数分别为矮嵩草草甸 $r = -0.998$, $df = 4$, $P < 0.01$; 金露梅灌丛 $r = -0.999$, $df = 4$, $P < 0.01$ 。放牧强度与盖度之间亦存在这种关系。其线性相关分析的结果分别为, 矮嵩草草甸 $r = -0.997$, $df = 4$, $P < 0.05$; 金露梅灌丛 $r = -0.998$, $df = 4$, $P < 0.01$ 。说明放牧强度对植物高度和盖度有明显的抑制作用, 即植物的高度和盖度随放牧强度的增高而降低。二者的回归关系, 如图 1 和图 2 所示。在重度放牧条件下, 由于绵羊采食次数增高, 采食强度大, 因之, 留茬高度和盖度明显降低。在植物生长盛期, 矮嵩草草甸的 (A) 组, 其植物高度仅为 4 cm 左右, 盖度为 74%; 金露梅灌丛的植物高度为 4.6cm, 盖度为 82%。随放牧强度的降低, 植物高度和盖度逐渐增高, 一些种类, 如矮嵩草、羊茅和垂穗披碱草生长发育良好, 且有一定的生长优势。

在绵羊放牧条件下, 植物的现存量具有明显变化 (表 1)。无论矮嵩草草甸还是金露梅灌丛, 植物现存量的变化均呈现低—高一—低的趋势。在植物生长过程中, (C) 组的平

均生长速率高于(A)组,其中,返青后期更为显著。从7月下旬开始,现存量的变化速率出现负值,且(A)组比(B)、(C)组更低。说明重度放牧条件下植物现存量比轻度放牧降低更快。

由于绵羊对植物叶组织的利用大于茎或枝,因此植物叶面积对放牧的反应更为敏感,尤其一些适口性好的种类,其叶组织的增减在一定程度上取决于放牧强度的大小。在生长盛期,矮嵩草草甸植物的叶面积指数,(A)组平均为1.68,

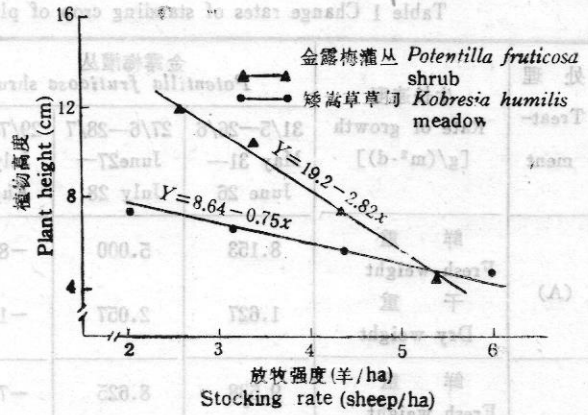


图1 放牧强度与植物高度的关系
Fig. 1 Relationship between stocking rate and plant height.

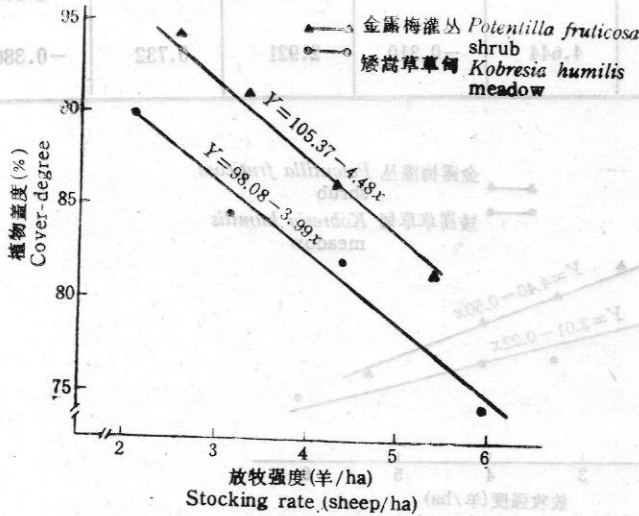


图2 放牧强度与植物盖度的关系
Fig. 2 Relationship between stocking rate and coverage.

(B)组为2.28,(C)组为2.56;金露梅灌丛植物的叶面积,(A)组为1.98,(B)组为2.46,(C)组为3.10。此与高度和盖度相似,亦随放牧强度的增加而下降。经相关分析,叶面积指数变化与放牧强度呈负相关,其相关系数分别为矮嵩草草甸 $r = -0.991$, $df = 4$, $P < 0.05$;金露梅灌丛 $r = -0.997$, $df = 4$, $P < 0.01$ 。二者的回归分析关系列于图3。

表2列出不同放牧强度植物光合面积指数(叶面积指数与茎表面积指数之和)的分配。不同放牧强度条件下,各类植物的光合面积指数有明显的差异。在重度放牧条件下,杂类草光合面积指数明显增大,禾草、莎草和灌木的光合面积指数明显减少。在轻度放牧条件下,杂类草的光合面积指数比率减少,禾草、莎草和灌木则有所增高。毒草亦有这种变化趋势。由此可见,重度放牧对禾草、莎草和灌木植物的叶、茎组织生长不利,使生长优势降低,甚至有害。因之,群体的光能利用率较低。

(二) 放牧强度与植物生物量

植物生物量的积累与各处理植物生长发育、光合作用和呼吸强度等参数 LAI , LAR , SLA , LWR 密切相关。上述参数值均随放牧强度的增高而增加(表3)。

表 1 不同放牧强度植物现存量的变化速率 (C)

Table 1 Change rates of standing crop of plant in different stocking rates.

处 理 Treat- ment	生长速度 Rate of growth [g/(m ² ·d)]	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub			矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow		
		31/5—26/6	27/6—28/7	29/7—28/8	28/5—29/6	30/6—28/7	29/7—27/8
		May 31— June 26	June 27— July 28	July 29— Aug. 27	May 28— June 29	June 30— July 28	July 29— Aug. 27
(A)	鲜 重 Fresh weight	8.153	5.000	-8.967	13.712	7.093	-9.306
	干 重 Dry weight	1.627	2.057	-1.888	2.496	1.026	-1.093
(B)	鲜 重 Fresh weight	9.538	8.625	-7.506	13.032	1.946	-7.426
	干 重 Dry weight	1.651	4.431	-1.046	2.043	0.946	-0.866
(C)	鲜 重 Fresh weight	10.081	8.997	-0.500	14.890	—	-2.800
	干 重 Dry weight	2.431	4.644	-0.310	2.921	0.732	-0.386

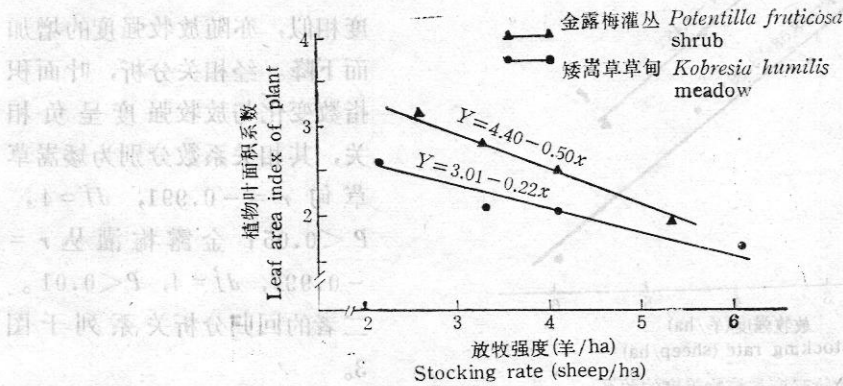


图 3 植物生长盛期放牧强度对叶面积指数的直线回归

Fig. 3 Linear regression between stocking rate and leaf area index of plant in exuberance period.

表 2 不同放牧强度植物的光合面积指数

Table 2 Photosynthetic area index in different stocking rates.

处 理 Treat- ment	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow		金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub				毒 草 Poisonous weed
	禾草+莎草 Grass+Sedge	杂类草 Forb	莎 草 Sedge	禾 草 Grass	杂类草 Forb	灌 木 Shrub	
(A)	0.71	1.13	0.28	0.19	1.60	0.15	0.04
(B)	0.92	1.09	0.58	0.49	1.49	0.25	0.08
(C)	1.32	0.98	1.19	1.20	1.09	0.47	0.08

表3 草盛期不同放牧强度植物的生长参数

Table 3 Growth parameters of plant in different stocking rates during exuberance period.

处 理 Treatment	LAR (m ² g ⁻¹)	SLA (m ² g ⁻¹)	LWR	LAI
(A)	0.007	0.011	0.636	1.98
(B)	0.009	0.012	0.736	2.30
(C)	0.010	0.013	0.758	3.10

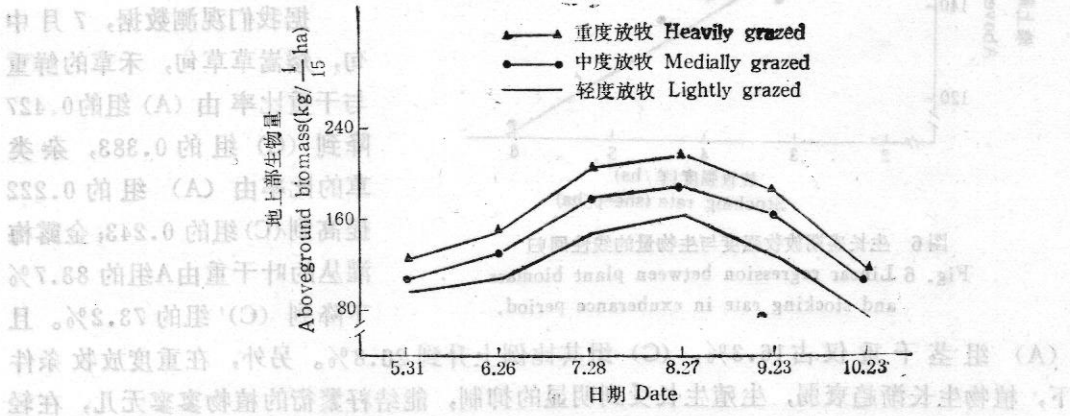


图4 不同放牧强度金露梅灌丛地上生物量的季节变化

Fig. 4 Seasonal changes of aboveground biomass of *Potentilla fruticosa* shrub in different stocking rates.

不同放牧强度植物地上生物量亦有明显变化 (图4, 图5), 从返青期 (5月初) 开始, 生物量逐渐增加, 8月份达到高峰, 约15天后, 随着气温的下降, 植物开始衰老枯黄, 其生物量逐渐降低。在生长季节, 生物量的变化呈现低—高一低的趋势。但依放牧强度的增加, 植物的地上生物量则趋于减少, 其中, (A) 组的减少程度更大, 这些差异与 LAI, LAR, SLA 等参数的变化基本一致。说明上述生理参数的改变是影响植物地上生物量形成和积累的内在因素, 气温和生育期是决定植物生长过程的外界因素。

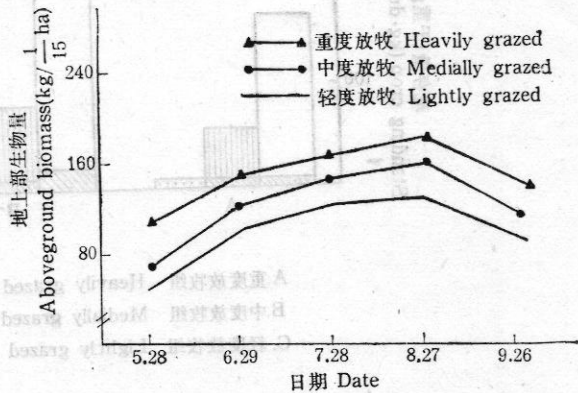


图5 不同放牧强度矮嵩草甸地上生物量的季节变化

Fig. 5 Seasonal changes of aboveground biomass of *Kobresia humilis* meadow in different stocking rates.

就各放牧处理植物地上生物量的差异而言, (C) 组最大, 次为 (B) 组, (A) 组最低。矮嵩草甸, (C) 组者较 (A) 组高 50.50%, (A) 组比对照减少 47.13%; 金露梅灌丛, (C) 组较 A 组高 25.15%, (A) 组较对照减少 30.24%。生长盛期矮嵩草甸与金露梅灌丛地上生物量的积累与放牧强度的关系亦为负相关, 相关系数分别为, $r = -0.977$,

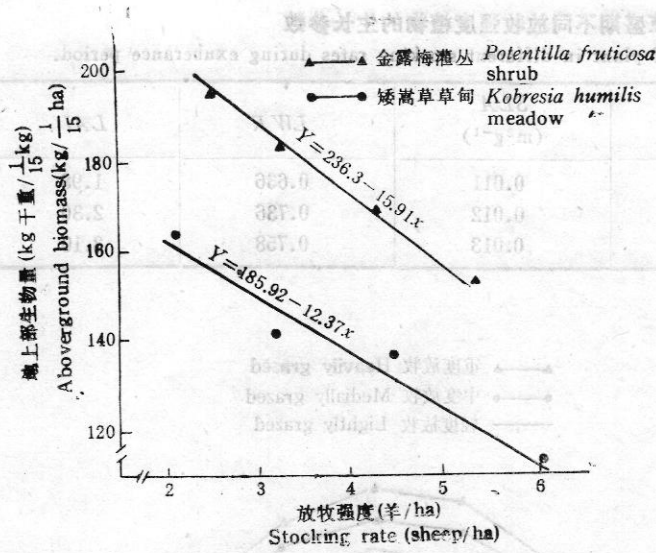


图6 生长盛期放牧强度与生物量的线性回归
Fig. 6 Linear regression between plant biomass and stocking rate in exuberance period.

(A) 组茎干重仅占16.3%，(C) 组其比例上升到 26.8%。另外，在重度放牧条件下，植物生长渐趋衰弱，生殖生长受到明显的抑制，能结籽繁衍的植物寥寥无几，在轻

$df = 4, P < 0.05; r = -0.999,$
 $df = 4, P < 0.01$ 。二者的回归关系如图6所示。

如图7所示，不同放牧强度植物叶、茎和穗及立枯凋落物的现存量分配不同。以上各项现存量均以放牧强度的增加而减少。

据我们观测数据，7月中旬，矮嵩草草甸，禾草的鲜重与干重比率由(A)组的0.427降到(C)组的0.383，杂类草的比率由(A)组的0.222提高到(C)组的0.243；金露梅灌丛的叶干重由A组的83.7%下降到(C)组的73.2%。且

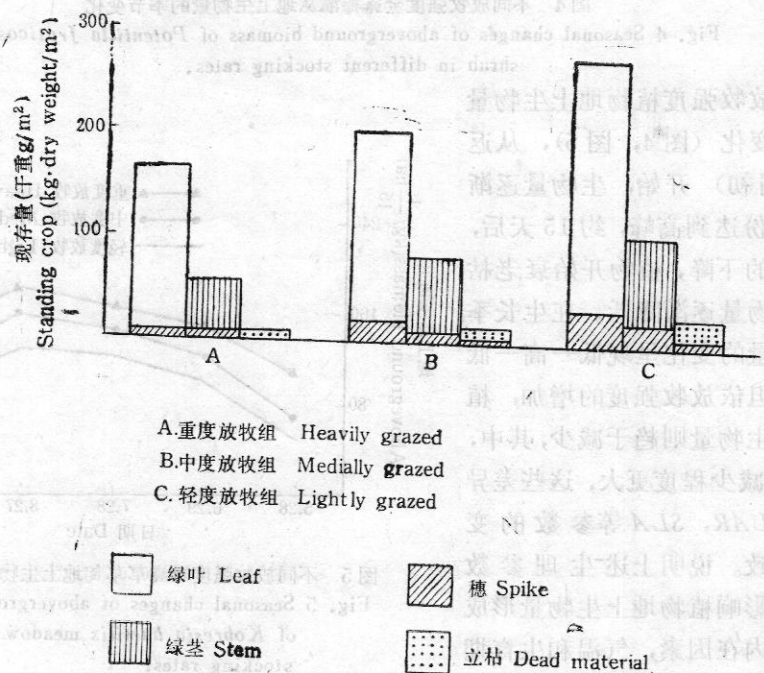


图7 不同放牧强度植物各部分现存量与立枯凋落量的分配
Fig. 7 Distributions of standing crops for leaf, stem, spike and dead material in different stocking rates.

度放牧条件下，结籽成熟的数量和重量有所增加。可见，轻度放牧对植物种子生产较重度放牧有利。

植物地上生物量与叶面积指数之间存在着正的线性相关关系，地上生物量随叶面积指数的增大而增高（图8）。可见，增加植物叶面积指数是提高植物生产力的重要措施，而适当控制绵羊的放牧强度更为重要。

（三）不同放牧强度植物生物量的组成

不同放牧强度植物生物量的组成列于表4。金露梅灌丛、禾草、莎草和灌木的生物量比率随放牧强度的增加不断下降，其中，禾草类最明显，莎草类次之，灌木居高。而杂类草的生物量比率则依放牧强度显著增高。立枯凋落物的百分率随放牧强度的增高而减少，不同放牧强度矮嵩草草甸各

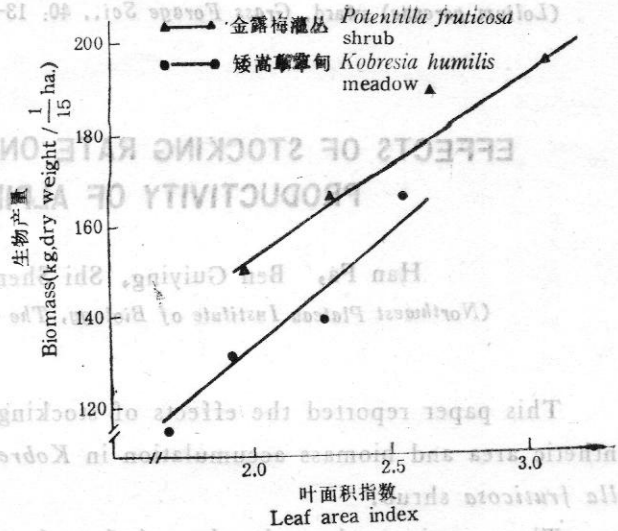


图8 生长盛期植物光合面积指数与生物量的关系
Fig. 8 Relationship of LAI and plant biomass in exuberance period.

表4 不同放牧强度植物生物量的组成 (%)

Table 4 Biomass composition of plant in different stocking rates.

处理 Treatment	莎草 Sedge	禾草 Grass	杂类草 Forb	灌木 Shrub	毒草 Poisonous weed	立枯凋落物 Standing dead and litter
(A)	14.70	9.85	51.58	16.91	1.39	5.57
(B)	17.59	16.21	37.24	18.89	1.64	8.43
(C)	18.80	28.28	21.72	19.53	0.57	11.15

类植物生物量的比率变化与此相似。因此，重度放牧不仅使生产力下降，而且使种群数量趋于减少，群落结构简单化，质量变劣，从而导致草场退化，使一些适口性好的种类的生活力明显降低，数量下降；杂类草如风毛菊 (*Saussurea superba*)、麻花茼 (*Gentiana straminea*) 等适口性差，替代优良牧草，在群落中占居优势，而成为群落的主要成分，使草场的经济效益下降。与重牧组比较，轻度放牧则可促进优良牧草的再生和竞争能力，使植被盖度和高度增高，植物群落结构得到改善，植被得以恢复。

参 考 文 献

- 周兴民、皮南林、赵新全、张松林、赵多璇，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—24。
- Parsons, A. J., E. L. Leafe, B. Collett and W. Stiles, 1983, The physiology of grass production under grazing: 1. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards., *J. Appl. Ecol.*, 20: 117—126.
- Roberts, C. R., 1980, Effect of stocking rate on tropical pastures, *Trop. Grassl.*, 14: 225—230.
- Steiner, J. J. and D. F. Grabe, 1986, Sheep grazing effects on subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) development and seed production in western oregon, *Crop. Sci.*, 26: 367—372.

Tallowin, J. R. B., 1985, Herbage losses from tiller pulling in a continuously grazed perennial ryegrass (*Lolium perenne*) sward. *Grass Forage Sci.*, 40: 13-18.

EFFECTS OF STOCKING RATE ON PLANT GROWTH AND PRODUCTIVITY OF ALPINE MEADOW

Han Fa, Ben Guiying, Shi Shengbo and Wang Qiji

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

This paper reported the effects of stocking rates on plant growth, photosynthetic area and biomass accumulation in *Kobresia humilis* meadow and *Potentilla fruticosa* shrub.

The experimental results showed that heavy grazing possessed inhibiting effect obviously on growth of grass and sedge, leaf area index, total photosynthetic area and the average growth rate increased with the reducing of stocking rate. The plant height and cover-degree raised obviously, and correlations were negative with stocking rate.

The changes of standing crop and dead material were effected obviously by stocking rate. *LAI*, *SLA*, *LWR* and *LAR* decreased with the increasing of stocking rate. The constituents of leaf, stem and spike varied with the change of stocking rate.

The composition of grass and sedge and litter dropped to 9.85%, 14.70% and 5.57% respectively with increasing of stocking rate, wheres the composition of forb increased to 51.58%. The growth of Grass and sedge improved with the lightening of stocking rate, the composition of palatable plants was raised, and the vegetation trended to progress.

Key words: Alpine meadow; Stocking rate; Productivity; Aboveground biomass; Leaf area index.