

放牧对金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 生长发育和生物量的影响

王启基 周兴民 张堰青 赵新全 张跃生

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

藏系绵羊不同放牧强度对金露梅的生长发育及其生物量积累具有明显的影响。金露梅的覆盖度、株高、新生枝叶重、新生枝叶比例、新生枝长度和花数之间呈正相关 ($P < 0.05$)，与放牧强度呈极显著的负相关 ($P < 0.01$)；其死亡率与利用率、放牧强度呈极显著的正相关 ($P < 0.01$)。在金露梅灌丛草场实行划区轮牧，其放牧强度可控制在 3.6—5.4 只/(ha 季节) 利用率约为 50% 较为适宜。这种对策不仅可提高该类草场的利用率和经济效益，而且能保持生态平衡。

关键词：金露梅；放牧强度；生长发育；生物量。

金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 广泛分布于我国东北、华北、西北、西南的高山地区。在朝鲜、日本、蒙古和苏联的西伯利亚亦有分布，是北温带落叶灌木的典型植物之一。在青藏高原以金露梅为建群种的高寒灌丛集中分布于高原东部 3 200—4 500m 的山地阴坡，以及地下水位较高的河谷低阶地和滩地，由北向南，其分布随海拔高度逐渐升高，属典型的垂直地带性类型。金露梅具有较高的饲用价值，为青藏高原主要的夏秋牧场。有关金露梅灌木的生物-生态学特性，及其资源开发利用尚缺乏研究。至于家畜放牧强度对草场作用的研究，国内外虽有不少报道 (Cowlshaw, 1969; Hart, 1972; Holmes, 1980; 周兴民等, 1986; 赵新全等, 1989)，但有关放牧对高寒灌丛作用的研究尚缺乏报道。本文主要报道藏系绵羊不同放牧强度条件下，金露梅灌木生长发育和地上生物量的变化规律，为合理利用该类草场及提高生产力提供科学依据。

研究方法

本研究于 1985—1987 年植物生长季节，在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区进行。研究样地设在山地阴坡金露梅分布较为均匀的地段，面积为 8.05ha。试验样地用铁丝网片围建，由五列四行组成。五列为放牧强度等级，即：A 组，严重过牧；B 组，重牧；C 组，次重牧；D 组，适度

放牧；E组，轻放牧。四行为轮牧小区（表1）。另在试验围栏附近设立相应的对照区。

每年6月1日开始放牧至10月31日结束，共放牧135天。轮牧周期为1个月，每一轮牧小区放牧7天。供试家畜为健康无病，体重相近的对牙羯羊50只，随机分为5组（经显著性检验，差异不显著），每组10只。

表1 放牧强度的试验设计

Table 1 The experimental design of stocking rate.

放牧强度 Stocking rate	羊只数 No. of sheep	样地面积 Area (ha)	轮牧小区面积 Area of rotation grazing(m ²)	载畜量 Carrying capacity	
				只/ha·季节 Animal/ha·season	只/ha·年 Animal/ha·year
A	10	0.9341	2 335.25	10.70	5.30
B	10	1.1178	2 796.75	8.94	4.42
C	10	1.3944	3 486.00	7.17	3.55
D	10	1.8503	4 625.76	5.40	2.67
E	10	2.7502	6 875.50	3.64	1.80

全部观测按年度进行，主要观测项目为金露梅灌木的物候期，当年新枝叶的生物量，绵羊的采食行为及其对草场的利用率，在连续放牧的第3年，于草返青后期（6月25日）和生物量高峰期（9月9日），随机测定株高（20次重复）、覆盖度（10次重复）、新生枝长度（20次重复）。同时随机齐地面剪取50枝金露梅（3次重复），把活枝和死枝分别记数，然后将活枝按当年新生枝叶与旧枝分别测定鲜重及烘干重，并统计花数。

结果与分析

（一）不同放牧强度对金露梅灌木个体生长发育的影响

由表2可知，经过3年不同放牧强度的划区轮牧后，金露梅的个体生长发育发生明显变化，覆盖度、植株平均高度均随放牧强度的增加而降低。9月初，A、B组的覆盖度和株高较对照组分别下降42.25%和16.83%；较返青后期（6月下旬），覆盖度仅增加0.84%，株高却下降0.58%。而D、E组的覆盖度和株高较对照组分别下降5.96%和1.59%；与6月下旬比较，覆盖度和株高分别增加2.94%和2.81%。在返青后期活枝平均个体重，A组及B组最低（4.05g/枝），为对照组的78.74%，D组及E组最高（5.32g/枝），为对照组的103.30%。9月初，活枝平均个体重、新生枝叶重、新生枝叶占整个活枝重的比例、新生枝长度等均随着放牧强度的降低而增加。而死亡枝的个体重和死亡率则随放牧强度的增高而增加。在A组及B组，金露梅常年处在营养生长阶段，几乎看不见开花。在D组和E组，平均每个枝条有花0.22—0.36朵，对照组每个枝条可达6.44朵。由此可见，放牧强度不仅影响金露梅的个体生长发育，而且对其繁殖亦产生作用。

（二）不同放牧强度对金露梅灌木地上生物量的影响

不同放牧强度条件下，金露梅新生枝叶生物量的测定结果（表3）表明，在同一个放牧季节，金露梅地上生物量随着放牧强度的增大而减小，利用率则依放牧强度的增大而增大。在年间，地上生物量随放牧时间的延续逐年下降，而利用率则逐年增加。地上生物量的这种变化规律，在重度放牧条件下更为明显。在A组和B组放牧第1年，金露梅新生枝叶平均生物量为26.77g/m²，利用率为50.14%；到第3年，新生枝叶平均生

表2 不同放牧强度下金露梅的生物学特性

Table 2 The biological character of *Potentilla fruticosa* in different stocking rates.

时间 Date	放牧强度 Stocking rate	株高 Height (cm)	覆盖度 Cover- age (%)	活枝重 (g/枝) Weight of live branch (g/branch)	新枝叶重 (g/枝) Weight of new branch and leaf (g/ branch)	新枝叶比 例(%) Ratio of new branch and leaf (%)	新枝长 Length of new branch (cm)	死枝重 (g/枝) Weight of dead branch (g/branch)	死亡率 Dead ratio (%)	物候期* Pheno- phase
1987. 6.25	A	30.39	45.00	3.82	0.27	7.01	0.69	1.97	38.86	1)
	B	31.02	48.18	4.29	0.31	7.25	0.77	2.01	38.95	1)
	C	34.05	66.00	4.54	0.41	9.18	0.99	2.00	38.34	1)
	D	35.63	81.00	5.12	0.79	15.42	1.07	1.95	36.92	2)
	E	35.60	83.00	5.52	0.90	15.56	1.07	1.77	31.55	3)
	CK	35.86	80.50	5.15	1.01	26.49	1.50	1.49	24.17	4)
1987. 9.9	A	30.22	46.11	3.43	0.10	2.99	2.83	2.65	51.78	1)
	B	30.98	49.50	3.67	0.13	3.60	3.32	1.56	45.31	1)
	C	35.00	65.00	3.70	0.17	4.53	4.33	1.48	44.42	1)
	D	36.60	82.00	3.99	0.35	8.77	6.10	1.46	42.48	2)
	E	36.62	86.82	4.02	0.45	11.11	7.10	1.00	37.86	5)
	CK	37.20	89.50	4.99	0.80	16.03	7.56	1.67	27.80	5)

* 1) 营养期 Vegetative period; 2) 营养生长为主 Give priority to vegetative growth; 3) 开始现蕾 Initial squaring; 4) 现蕾 Squaring period; 5) 花后营养期 Vegetative period after flower.

表3 不同放牧强度金露梅新枝叶的生物量和利用率

Table 3 The biomass of new branch and leaf and the utilization ratio on *Potentilla fruticosa* in different stocking rates.

放牧强度 Stocking rate	1985.8.27		1986.8.29		1987.9.9	
	生物量	利用率	生物量	利用率	生物量	利用率
	Biomass (g/m ²)	Utilization ratio(%)	Biomass (g/m ²)	Utilization ratio(%)	Biomass (g/m ²)	Utilization ratio(%)
A	25.17	53.12	6.96	88.11	6.34	87.50
B	28.37	47.16	12.51	78.62	8.24	83.76
C	34.35	36.02	27.79	52.51	10.77	78.77
D	37.81	29.59	30.87	47.25	22.19	56.26
E	38.28	28.70	38.70	33.87	28.53	43.76
CK	53.69	—	58.52	—	50.73	—

物量为 7.29g/m², 利用率为 85.63%。经 3 年利用, 地上生物量下降 72.77%, 利用率提高 70.78%。而 D 组和 E 组, 放牧第 1 年, 新生枝叶平均生物量为 38.04g/m², 利用率为 29.14%; 到第 3 年, 平均生物量为 25.36g/m², 利用率为 50.01%。经 3 年利用, 生物量下降 33.33%, 利用率提高 71.62%。说明金露梅新生枝叶生物量受放牧强度、利用率和利用时间的制约。特别是在重度放牧条件下, 绵羊过度采食新生枝叶, 使有效光合面积减少, 从而影响对营养物质的积累和贮存。同时随着放牧时间的延长, 植株生长发育所需的营养物质长期处于亏损状态, 个体生物量下降, 甚至造成死亡。相关分析

表明, 金露梅新生枝叶生物量与利用率呈极显著的负相关 ($r = -0.9952$), 二者之间的关系可由如下回归方程表示 ($F = 1477.38, P < 0.01$):

$$W = 54.3619 - 0.5434U$$

式中, W ——新生枝叶生物量 (g/m^2)

U ——利用率 (%)

(三) 放牧强度、利用率和金露梅生长发育之间的相关分析

不同放牧强度、利用率和金露梅生长发育特征之间的相关矩阵列于表 4。

表 4 金露梅的生物学特征、放牧强度和利用率之间的相关矩阵

Table 4 The biological character, stocking rate and correlation matrix of utilization ratio on *Potentilla fruticosa*.

项目 Item	覆盖度 Cover- age (X_1)	株高 Hight (X_2)	活枝重 Weight of live branch (X_3)	新生枝叶重 Weight of new branch and leaf (X_4)	新生枝叶比例 Ratio of new bran- ch and leaf (X_5)	新枝长 Length of new branch (X_6)	花数 No. of flower (X_7)	死枝重 Wei- ght of dead branch (X_8)	死亡率 Dead ratio (X_9)	利用率 Utili- zation ratio (X_{10})	放牧强度 Stock- ing rate (X_{11})
X_1											
X_2	0.9692										
X_3	0.9506	0.9055									
X_4	0.9621	0.8671	0.9373								
X_5	0.9606	0.8641	0.9340	0.9999							
X_6	0.9892	0.9279	0.9562	0.9896	0.9885						
X_7	0.9279	0.8113	0.8895	0.9922	0.9932	0.9679					
X_8	-0.7730	-0.7817	-0.8735	-0.7402	-0.7332	-0.7879	-0.6801				
X_9	-0.8842	-0.8450	-0.9409	-0.8849	-0.8801	-0.9107	-0.8456	0.9659			
X_{10}	-0.9607	-0.8646	-0.9327	-0.9999	-0.9999	-0.9888	-0.9935	0.7343	0.8817		
X_{11}	-0.9777	-0.9456	-0.9661	-0.9351	-0.9522	-0.9834	-0.9197	0.8793	0.9612	0.9532	

从表 4 看出, 金露梅的覆盖度、株高、活枝重、新生枝叶重、新生枝叶的比例、新生枝长度和花数之间呈显著的正相关 ($P < 0.05$)。而覆盖度、活枝重、新生枝叶的比例和新生枝长度之间则呈极显著的正相关 ($P < 0.01$)。说明它们之间具明显的相互依存、相互促进的作用。死亡枝重、死亡率、利用率和放牧强度之间呈正相关 ($P < 0.05$)。死亡率与利用率和放牧强度之间呈极显著的正相关 ($P < 0.01$)。死亡率、利用率和放牧强度之间的关系可用下述方程表示:

$$D = 25.0499 + 0.2633U \quad (F = 10.48, P < 0.05)$$

$$D = 31.9217 + 1.7361I \quad (F = 36.44, P < 0.01)$$

式中, D ——金露梅的死亡率 (%)

U ——利用率 (%)

I ——放牧强度 (只/ha)

由上述方程式看出, 金露梅的死亡率随着放牧强度和利用率的增大而增大。由于放牧强度的增大, 其利用率不断增大, 使金露梅进行光合作用的新生枝叶明显减少, 导致

光合产物不能满足其自身生长发育的需要, 营养物质的贮存减少, 不仅使来年的萌发日期推迟, 并且造成新生枝的大量死亡。

与此相反, 金露梅灌木的覆盖度、株高、新生枝叶重、新生枝叶的比例、新生枝长度和花数与死亡率、利用率和放牧强度之间呈显著的负相关 ($P < 0.05$), 特别是放牧强度的作用最显著 ($P < 0.01$)。放牧强度 (I) 与覆盖度 (C)、株高 (H)、新生枝长 (L) 和新生枝叶的比例 (R) 之间的关系和回归方程 ($P < 0.01$) 列于图 1。

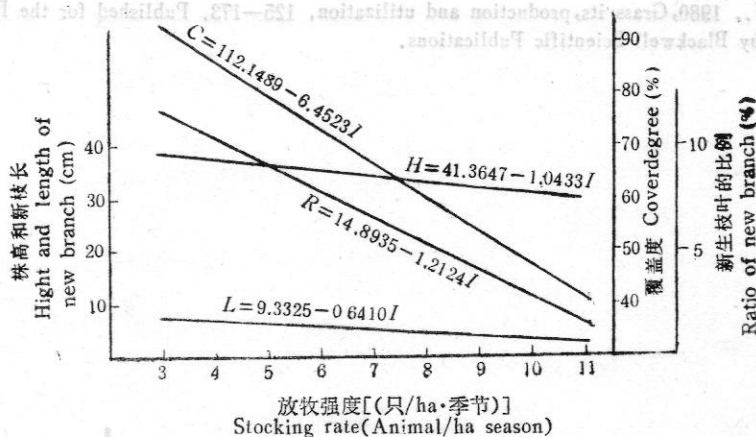


图 1 放牧强度与金露梅覆盖度、株高、新生枝长和新生枝叶比例的关系
Fig. 1 Relationship among stocking rate and coverage, height, length of new branch and ratio of new branch and leaf of *Potentilla fruticosa*.

从图 1 看出, 随着放牧强度的增大, 金露梅的覆盖度、株高、新生枝长度和新生枝叶的比例明显下降。

综上所述, 藏系绵羊放牧对金露梅的生长发育和地上生物量积累显示强烈的作用, 且依放牧强度而有所不同。此外还与绵羊的采食行为有关。金露梅新生枝叶营养丰富, 热值含量较高, 是夏秋季节绵羊抓膘催肥的上等饲草 (杨福囤等, 1986)。但由于金露梅灌丛受高寒气候和长期放牧的影响, 分枝稠密, 因此绵羊则从灌丛顶部自上而下采食。在重度放牧 (A 组及 B 组) 条件下, 由于可供取食的金露梅当年新生枝叶及优良牧草有限, 供试绵羊始终处于饥饿或半饥饿状态, 为满足其日食量的基本需求, 对整个灌丛的新生枝叶和灌丛下的优良牧草啃食殆尽。随放牧时间的延长, 金露梅灌木进行光合作用的绿色枝叶所剩无几, 植株营养循环严重失调, 最终导致株丛死亡, 群落覆盖度变小, 杂类草在充足的光照条件下得到发育, 使金露梅灌丛草场变为不堪利用的杂类草草场。而在轻度放牧 (D、E 两组) 条件下则完全不同。由于供试绵羊所占有的草场面积较大, 所提供的可食优良牧草较为充足, 因而绵羊仅采食金露梅灌丛顶部的部分新生枝叶, 尽管其覆盖度和生物量较对照组低, 然而, 所剩新生枝叶进行光合作用制造的营养物质可满足其生长发育的需要, 下部的枝叶生长发育较好。由此可见, 在金露梅灌丛草场, 通过控制和调整放牧强度, 实行划区轮牧, 将夏秋季放牧强度控制在 3.6—5.4 只/ha, 利用率约 50%, 较为适宜, 这种对策不仅可以提高金露梅灌丛的利用率和经济效益, 也可促进系统的物质循环和能量的合理分配, 减少不必要的损失浪费, 防止草场退化。

THE EFFECT OF GRAZING ON GROWTH AND BIOMASS OF *POTENTILLA FRUTICOSA*

Wang Qiji, Zhou Ximin, Zhang Yanqing,
Zhao Xinquan and Zhang Yaosheng

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

This work was carried out at the Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem during the growing seasons of plant from 1985 to 1987.

The results were as follows:

1. The effect of grazing rates on growth and biomass of *Potentilla fruticosa* is great. There are decreases in coverage, height, weight of live branch, weight of new branch and leaf, ratio of new branch and leaf, length of new branch with increase of the grazing rate.

2. The aboveground biomass (new branch and leaf) of *Potentilla fruticosa* decreases with increase of the grazing rate, but the utilization ratio increases with increase of the grazing rate. The relationship between aboveground biomass (W) and utilization ratio (U) follows a mono-peak curve:

$$W = 54.3619 - 0.5434 U$$

3. In different grazing rates, the characteristics of growth and biomass of *Potentilla fruticosa* indicate that they are positive relation ($P < 0.05$) among the coverage, height, weight of live branch, weight of new branch and leaf, ratio of new branch and leaf, length of new branch. They are interdependent and help each other forward. The dead rate is positive relation ($P < 0.01$) with the grazing rate and the ratio of utilization. They are negative relation ($P < 0.01$) among the coverage, height, individual biomass with the grazing rate and ratio of utilization. Therefore, we think that the grazing rates by 3.6—5.4 sheep/[ha · season], and the ratio of utilization by 50% are optimum at rotation grazing in alpine shrub in Haibei¹ region and advance in ratio of utilization and economical benefit of *Potentilla fruticosa*, and keep ecological equilibrium.

Key words: *Potentilla fruticosa*; Grazing intensity; Growth and development; Biomass.