

# 青海海北草甸草场最优放牧强度的初步研究

周兴民 皮南林 赵新全 张松林 赵多璇  
 (中国科学院西北高原生物研究所)

青藏高原畜牧业发展依赖的物质基础,绝大部分为天然草场,高寒草甸是各类草场中的主要类型,仅青海即占2.86亿亩,为全省草场总面积的49%。畜牧业发展历史悠久,以盛产耐寒的牦牛和藏系绵羊而著称。但是,在高寒气候的影响下,植物生长期短,植株低矮,群落结构简单,产草量低,枯草期长,季节草场不平衡,加之鼠、虫害严重和对草场缺乏科学经营管理,过度放牧等导致草场的严重退化,突出表现在草场产草量逐年下降,优良牧草的比例减小,毒杂草的比例增大,使草场品质逐年变劣;伴随着牲畜个体由大变小,体重由重变轻,牲畜“夏饱、秋肥、冬瘦、春死亡”的季节性变化规律特别突出,严重的影响着畜牧业生产的发展。因此,研究不同放牧强度对草场生产力的影响,寻求最佳放牧方案,防止草场退化,维护草场生态平衡,促进高寒草甸草场生态系统物质和能量的最大交换,为人们提供更多的畜产品。

关于放牧强度的研究,国外已有不少报道。Wheelen (1962)指出,放牧强度要比放牧制度重要得多。Broadent (1964)对羊的实验证明,在肥育羔羊的生产中,放牧强度是个重要的因素。以后, Jones 和 Sandland (1974); Journet 和 Demarquilly (1979) 等人进一步研究证实了随着放牧强度的增加,每头家畜产量和单位面积上的畜产品的关系,指出在放牧实践中如何使二者保持在较高的水平。此外,关于放牧强度对草场的影响,也有很多报道说明,当放牧强度减轻时,一切优等牧草都会增加 (Ellison, 1960)。但是,如果牧草的切除超过某一临界点,大多数植物都会丧失活力,草产量减少以致死亡。

国内,特别是在高寒草甸草场,关于放牧强度的研究迄今未见报道。我们于1981—1983年进行了不同放牧强度对草场生产力的影响和最佳放牧方案的初步探讨,为合理利用高寒草甸草场提供科学依据。

## 一、研究内容和方法

该项研究是在中国科学院西北高原生物研究所海北高寒草甸生态系统定位站进行。试验区位于北纬37°37',东经101°19',海拔3200米。气候为典型的大陆性高原气候类型(杨福圃,1982),土壤为高山草甸土(乐炎舟等,1982),植被为高寒草甸,以矮嵩草

(*Kobresia humilis*) 为建群种,组成种类较少,群落结构简单,为典型的地带性植被类型(周兴民,1982)。

在试验地区,尽量选择植被分布较为一致的地段,划分出 47.8 亩草场,按 3 个不同放牧强度(重牧、中牧、轻牧)分组,用钢丝网片围栏,以控制放牧时间和进行有效地管理。重牧组每只羊全年占有草场面积 2.47 亩(6.07 只/公顷),中牧组每只羊全年占有草场面积 4.81 亩(3.12 只/公顷),轻牧组每只羊全年占有草场面积 7.01 亩(2.14 只/公顷)。并根据当地两季倒场的经验,每个放牧组又划分出夏秋场(6 月 27 日—10 月 27 日)和冬春场(10 月 27 日—翌年 6 月 27 日),夏秋场与冬春场的面积分配见表 1。

表 1 羊只不同放牧草场的面积

Table 1 Grassland area at different stocking rates

项 目 Item	重 牧 Heavily grazed		中 牧 Medium grazed		轻 牧 Light grazed	
	夏 秋 Summer- Autumn	冬 春 Winter- Spring	夏 秋 Summer- Autumn	冬 春 Winter- Spring	夏 秋 Summer- Autumn	冬 春 Winter- Spring
羊 数 No. of sheep	5	5	3	3	3	3
面积(公顷) Area (ha.)	0.34	0.48	0.41	0.55	0.61	0.79
只/公顷 Animal/ha.	14.71	10.42	7.32	5.45	4.92	3.80

在不同放牧强度的草场上,每月取面积为  $0.5 \times 0.5$  米<sup>2</sup> (1/4 米<sup>2</sup>) 小样方 5 个(随机),在牧草生长季分别按禾草、莎草、杂类草 3 类草的生物量,而在枯草期则按混合牧草测定地上生物量,用收割法从地面刈割,以烘干重计算生物量。同时,为了观察和研究不同放牧强度对草场植被的种类组成和结构的影响,在牧草生长旺季,分别按不同放牧草场又进行了植物种类、植株高度、多度和盖度等的群落调查。

供试的藏系绵羊是经挑选的健康无病体重相近(据统计检验无显著性差异)的对牙羯羊 11 只,随机分为 3 组(重牧 5 只,中牧、轻牧各 3 只)。为了防止因病死亡而造成试验中断,每年给羊注射驱虫药 1 次。每月 27 日进行称重。

## 二、结果与分析

### (一) 不同放牧强度下草场群落的结构和地上生物量的变化规律

#### 1. 不同放牧强度下草场植被的结构变化

草场植被结构的变化程度是衡量草场优劣的重要指标之一。在不同放牧强度下,草场植被的水平结构和垂直结构均发生显著的变化。

(1) 草场植被水平结构的变化 根据 2 年的观察,草场植被水平结构的变化并非

供试绵羊过度采食而引起的,主要是供试绵羊的粪便污染和践踏所致。粪便污染的程度随着放牧强度增加而趋于严重。被严重污染的牧草羊是不采食的,这些牧草被停止采食和得到养分供应,生长发育良好,尤其是杂类草如麻花苻 (*Gentiana straminea*) 生长特别健壮。它们呈簇挺立于被牲畜不断啃食的低矮的草场上,打乱了植被水平分布的一致性。重牧组因草场面积小,供试绵羊多,密度大,污染程度严重,羊的粪便随处可见,但因草场供草不足,牧草虽被污染,羊在饥饿的状态下被迫采食一部分;而中牧组和轻牧组,因草场面积大,供试绵羊较少,密度小,牧草污染程度虽较重牧组小,但因草场供草充足,所以污染牧草被舍弃。故在中牧和轻牧草场上,粪便污染反而表现较为突出。

另一方面,牧场上的优良牧草如异针茅 (*Stipa aliena*)、羊茅 (*Festuca* spp.)、矮嵩草等在牲畜的不断啃食下,一般生长低矮,而麻花苻、摩苓草 (*Morina chinensis*), 植株高大,且分布较均匀。矮火绒草 (*Leontopodium nanum*)、乳白香青 (*Anaphylis lactea*) 等除行种子繁殖外,营养繁殖旺盛,并具有耐践踏的生物学特性,常呈斑块状分布,以其独特的灰白色,点缀在草场之中。

(2) 草场植被的垂直结构变化 根据我们几年来对不同放牧强度的草场进行观察和记载(表 2)。证明草场植被垂直结构的变化受放牧强度的影响较大。

从表 2 可以看出,组成草场植被的植物种类在不同强度的放牧组里,无明显变化,其原因正如有机体的遗传性状一样。组成草场植被的最基本要素——植物种是当地气候、土壤等综合影响的产物,具有强烈的适应能力,在放牧强度还未达到彻底摧毁群落存在的程度,它们是不会轻易丧失的。相反,容易发生变化的是植物个体的高度以及种的多度和盖度。

在放牧强度不同的情况下,植物受牲畜啃食的程度不同,因而它们的生长和发育有所差异。重牧组因草场供草不足,牲畜为了得到最基本的饲草,增加了采食次数,加大了采食强度,严重的影响了植物的再生过程,特别是牲畜喜食的异针茅、羊茅、紫羊茅、早熟禾、矮嵩草等,反复被啃食,抑制了它们的正常生长和发育,使这些植物的株丛逐渐变小,变矮,株高一般为 5 厘米,幸存者株高仅 10 厘米左右,所以草层无分化,仅一层结构;而中牧和轻牧组,因草场面积大,供草充足,牲畜的采食强度较重牧组大大降低,牧草的再生性亦有所提高,禾草和矮嵩草能够得到较好的生长和发育,其株丛逐渐变大,植株相对较高,中牧组的禾草一般高 30 厘米,矮嵩草高 6—10 厘米;轻牧组的禾草一般高 30—40 厘米,矮嵩草株高 10—14 厘米,多度和盖度均较重牧组有所提高,使草场植物的垂直结构发生了明显的分化,成为两层结构。

## 2. 不同放牧强度下草场地上生物量的变动

不同放牧强度对草场地上生物量的影响,在夏季牧场表现较为突出,而在冬季牧场上表现不太明显。当牲畜 9 月底或 10 月初进入冬季牧场时,所有植物已经完成了各自的生长和发育周期,进入休眠阶段,牲畜所采食的仅为地上立枯部分。而且,组成高寒草甸的绝大部分为地面芽和地下芽植物,缺如地上芽植物和一年生种子越冬植物,牲畜采食并无伤害埋藏在地表或地下的休眠芽,所以当牲畜在翌年转场时,并不影响植物在暖季的正常生长和发育。所以我们着重讨论夏秋牧场上生物量的变动规律。现以 1983 年 6—10 月为例,地上生物量变化见表 3。夏秋牧场在供试绵羊的不断啃食下,牧草贮量符合下列

表 2 不同放牧强度下植物种的一些特征

Table 2 Character of plant species in different stocking rate

植物种 Plant	重 牧 Heavily grazed					中 牧 Medium grazed					轻 牧 Light grazed				
	植物高 High		多度 Abun- dance	盖度 Cover- degree	频度 Fre- quen- cy	植物高 High		多度 Abun- dence	盖度 Cover- degree	频度 Fre- quen- cy	植物高 High		多度 Abun- dence	盖度 Cover- degree	频度 Fre- quen- cy
	叶层高 High of foliage	生殖株高 High of plant				叶层高 High of foliage	生殖株高 High of plant				叶层高 High of foliage	生殖株高 High of plant			
<i>Kobresia humilis</i>	3—4	5	cop.	25—30	100	5	10	sp.	10	100	10	14	sp—cop.	10—25	100
<i>Stipa aliena</i>	10	15	Sol—sp.	5—10	100	11	30	sp—cop.	10—25	100	10—15	36—40	sp—cop.	10—25	100
<i>Festuca ovina</i>		10	sol.	1	100						10	20—45	sp.	10	100
<i>Elymus nutans</i>	5—10		sol.	1—5	100		30	sp.	8	100	10	30—50	sp.	10	100
<i>Ptilagrostis concinna</i>		14	sol.	1	20		30	sol.	1	40					
<i>Saussurea superba</i>	5	5—8	sp—sol.	15—30	100	5	8	sp.	10—20	100	3	8	sp.	5	100
<i>Gentiana straminea</i>	5—10		sol.	1	40	12—14		sp.	10	100		10—15	sp.	5—10	80
<i>G. leucomeloena</i>	5—10		sol—sp.	1—10	100	8	14	sol—sp.	1—10	100	5	10	sp.	5	40
<i>G. squarrosa</i>	5		sol—sp.	1—5	80		8—12	sol.	1—2	80		5—8	sol.	1	20
<i>Gentianopsis</i>	5	10	sol.	1	100		11	sol.	1	80		5—16	sol—sp.	1—10	80
<i>Potentilla anserina</i>	3		sol.	2	100	4	7	sol.	2	80	5	10	sp.	10	60
<i>Loentopodium nanum</i>	2	3	sp.	5	80	2	4	sp.	10	100	2	4	sol.	1	100

*Gneldenstaedtia diversifolia*  
*Thalictrum alpinum*  
*Anaphylis lacta*  
*Oxytropis kansuensis*  
*O. caerulea*  
*Potentilla nivea*  
*Potentilla biforca*  
*Taraxacum mongolicum*  
*Arenorea* sp.  
*Carex* sp.  
*Ranunculus brotherusii*  
*R. pulchellus*  
*Pedicularis oederi*  
*Medicago lupulina*  
*Scirpus distigmaticus*  
*Lancea tibetica*  
*Polygonum sibirecum*  
*Gentiana arenarea*  
*Pedicularis kansuensis*  
*Iris patannii*  
*Ajania stenoloba*

1	100	5	sol-sp.	2-5	100
1	80	5	sol.	1	60
8	100	10	sol.	1	80
1	40	16	sol.	1	20
1	80	9	sol.	1	100
5-10	100	3	sp.	5	100
1	40	5	sol.	1	40
1	100	5	sol.	1	60
1	40	3.5	sol.	1	20
1	100	11	sol.	1	60
1	60	5	sol.	1	40
1	20	3	sol.	1	20
1	40	8.5	sol.	1	60
1	40	4	sol-sp.	1-5	60
3-5	60	8.5	sp.	10	100
		1.5	sol.	1	80
		7.5	sol.	1	20

5-9	sol-sp.	1-5	80
5	sol-sp.	1-5	100
1	sol.	1	20
10-15	sol-sp.	1-5	100
10	sp.	5	60
7.5	sol.	1	60
7.5	sol.	1	20
10	sol.	1	40
4-9	sol.	1	40
4-9	sol.	1	20
10	sol.	1	40
3-5	sol-sp.	1-3	60
8-12	sol-sp.	1-5	80
6.7	sp.	5	20
9.5	sol.	1	40
3	sol.	1	40
15-20	sol.	1	20
5	sol.	1	20
8.5	sol.	1	20

公式:

$$y = ax^2 + bx + c$$

式中  $y$  为在放牧状态下的牧草现存量,  $x$  为放牧天数

从表 3 可以看出,随着放牧强度的增加,牧草贮量则趋于减少,而且各组之间差异显著,经方差分析,当夏秋放牧结束时,中牧组与重牧组比较差异显著 ( $p < 0.05$ ),轻牧组与重牧组比较,差异高度显著 ( $p < 0.01$ )。同时,在不同放牧强度下,各牧场牧草最大贮存量的出现是随着放牧强度的增加而有所提前,重牧组大约在 8 月中旬,而中牧和轻牧组则在 8 月下旬。说明夏秋牧场在 8 月中旬以前,尽管牧草被绵羊不断采食,牧草贮量还在增加;只是在 8 月中、下旬以后牧草贮量才大幅度下降。

表 3 1983 年 6—9 月牧草贮量

Table 3 Herbage yield from June to Sept. in 1983

放牧强度 Stocking rate	放牧天数 Grazing days					方 程 式 Regressive equation	y 最大值 Max. of y	出现日期 Day appeared
	0	30	61	92	122			
重牧 Heavily grazed	99.00	109.20	122.80	110.00	94.50	$y = -0.0060X^2 + 0.7075X + 97.6053$	118.40	59
中牧 Medium grazed	124.20	207.20	263.60	175.80	146.20	$y = -0.0286X^2 + 3.5274X + 128.1582$	236.96	62
轻牧 Light grazed	179.10	253.90	312.20	225.90	204.80	$y = -0.0260X^2 + 3.2486X + 182.29$	283.78	62

为了进一步研究不同放牧强度下夏秋牧场牧草贮量为什么前期呈上升趋势,而后期呈下降趋势?我们分月测定了牧草的相对日增长量(表 4)。从表 4 看出,重牧组的 3 类牧草总计生物量在 7 月下旬以前一直增加,但牲畜喜食的莎草则出现负值。而中牧组和轻牧组的 3 类牧草总计生物量在 8 月下旬以前一直在增加,仅在 8 月下旬之后才出现负值。这种趋势与前述各放牧组的贮草量相符合。为什么会出现这种规律呢?其根本原因在于青藏高原气候的影响所致。高原气候在 5—6 月气温回升快,与此相适应,此时植物生长迅速,特别像莎草科嵩草属的矮嵩草等,在长期适应下,萌发早,并获得在低温条件下开花结实的特性。同时,当供试绵羊转到夏、秋草场之前,牧草有 30—40 天的生长期,故前期牧草贮量呈增加趋势。而到 8 月中、下旬之后,则有一部分植物已经完成了自己的发育周期,并随着气温的逐渐变冷,果后营养生长速度减慢或完全停止。但放牧牲畜还在不断的向牧场摄取,因而使草场牧草贮量大大幅度减少。

放牧强度不同,不仅导致不同牧场生物量的差异以致影响生物量的季节变化,而且也使草场生物量年动态发生了显著的变化(图 1)。在我们进行试验前,测定了各草场的牧草贮量,其结果完全一致,而经过 1982 年 6—9 月夏秋放牧之后,于 9 月下旬再次测定牧草贮量,不同放牧强度下牧草贮量的差别极其显著。1983 年再次进行放牧,使 3 组的差

表4 1982—1983年不同放牧强度地上生物量相对日增重  
Table 4 Daily increase of aboveground biomass in different stocking rates from 1982—1983

克/0.25米<sup>2</sup>  
g/0.25m<sup>2</sup>

放牧强度 Stocking rate	日期 Date	1982				1983			
		禾草 Gramin-eae	莎草 Cyperac-eae	杂类草 Forb.	合计 Total	禾草 Gramin-eae	莎草 Cyperac-eae	杂类草 Forb.	合计 Total
重牧 Heavily grazed	24/6—24/7	0.0613	0.1173	0.2300	0.4087	0.3200	-0.0400	0.4407	0.7167
	24/7—24/8	0.0194	-0.2067	0.1000	-0.0867	-0.2193	-0.1293	-0.0713	-0.4191
	24/8—24/9	-0.2300	0.0467	-0.2833	-0.4667	0.0940	0.1587	-0.4120	-0.1593
中牧 Medium grazed	24/6—24/7	0.0213	0.1473	0.0667	0.2353	0.1793	0.4127	0.4460	1.038
	24/7—24/8	-0.0933	-0.0933	0.2567	0.0700	0.4860	0.1420	-0.0767	0.7047
	24/8—24/9	0.2667	-0.0600	-0.0267	0.1800	-0.5213	-0.5627	-0.0260	-1.1100
轻牧 Light grazed	24/6—24/7	0.2480	-0.1193	0.1600	0.2887	0.3647	0.2553	0.3153	0.9353
	24/7—24/8	-0.1800	0.1500	0.2767	0.2467	0.2240	0.0493	0.4553	0.7286
	24/8—24/9	0.3167	0.0833	-0.2300	0.1700	0.0667	-0.3100	-0.8367	-1.0800

别加大(图1)。由于重牧组家畜对牧草采食过度,影响了第2年牧草的正常生长和发育,相反,中牧和轻牧组,因家畜对牧草的采食强度相对减弱,使部分植物还能得到正常的生长,特别是禾草的丛径增大,杂类草得到充分的生长和发育,这样使草场的产草量大幅度增加。

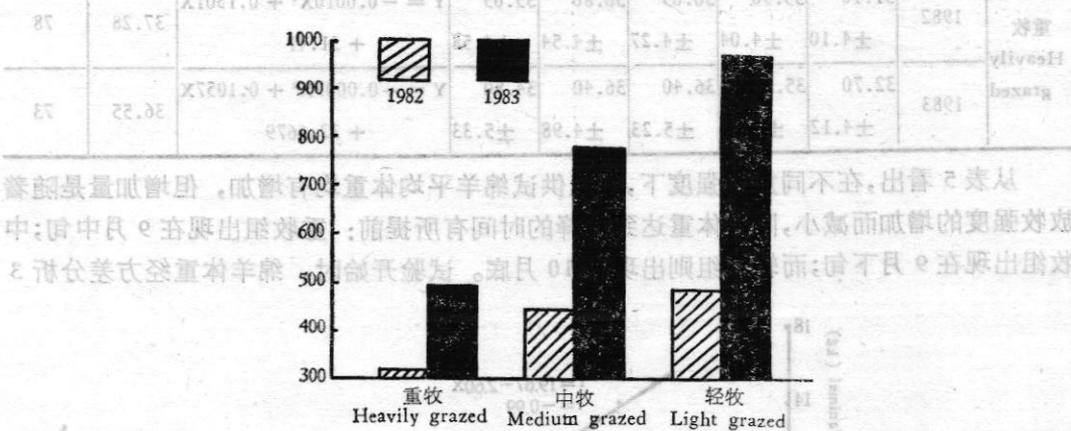


图1 地上生物量的年变化  
Fig. 1 Year changes of aboveground biomass

## (二) 不同放牧强度下绵羊体重的变化

### 1. 不同放牧强度下暖季绵羊体重变化

如前所述,在不同放牧强度下,夏秋草场的地上生物量前期呈增加趋势,而且牧草的品质优良,绵羊能得到充足的饲料供应,因而绵羊体重发生相应的变化(表5),其变化符合曲线

式中:  $y$  为体重(公斤)

$x$  为时间(天)

表 5 夏秋草场3种放牧强度下绵羊体重变化

Table 5 Monthly change in bodyweight of Tibetan sheep grazing at 3 stocking rates during summer-autumn

放牧强度 Stocking rate	年份 Year	放牧天数 Days grazed					方 程 Regressive equation	y 最大值 Max. of y	出现日 Appeared day
		10	30	61	92	122			
轻牧 Light grazed	1982	34.17 ±4.65	37.00 ±5.25	38.85 ±4.93	40.00 ±4.97	40.58 ±4.11	$Y = -0.0004X^2 + 0.1006X + 34.2257$	40.54	123
	1983	39.50 ±3.27	44.25 ±5.63	46.17 ±6.33	47.33 ±7.10	47.75 ±7.37	$Y = -0.0007X^2 + 0.1525X + 39.7577$	47.77	105
中牧 Medium grazed	1982	28.67 ±1.44	34.33 ±3.75	36.67 ±4.31	37.17 ±4.75	37.08 ±4.63	$Y = -0.0010X^2 + 0.1893X + 28.9253$	37.70	93
	1983	35.67 ±3.40	39.17 ±3.33	40.83 ±3.18	41.58 ±3.64	40.92 ±3.22	$Y = -0.0007X^2 + 0.1286X + 35.7213$	41.58	91
重牧 Heavily grazed	1982	31.10 ±4.10	35.90 ±4.04	36.65 ±4.27	36.80 ±4.54	35.65 ±4.58	$Y = -0.0010X^2 + 0.1501X + 31.41$	37.28	78
	1983	32.70 ±4.12	35.20 ±4.47	36.40 ±5.23	36.40 ±4.98	34.80 ±5.33	$Y = -0.0007X^2 + 0.1057X + 32.6679$	36.55	73

从表 5 看出,在不同放牧强度下,3 组供试绵羊平均体重均有增加,但增加量是随着放牧强度的增加而减小,同时体重达到高峰的时间有所提前:重牧组出现在 9 月中旬;中牧组出现在 9 月下旬;而轻牧组则出现在 10 月底。试验开始时,绵羊体重经方差分析 3

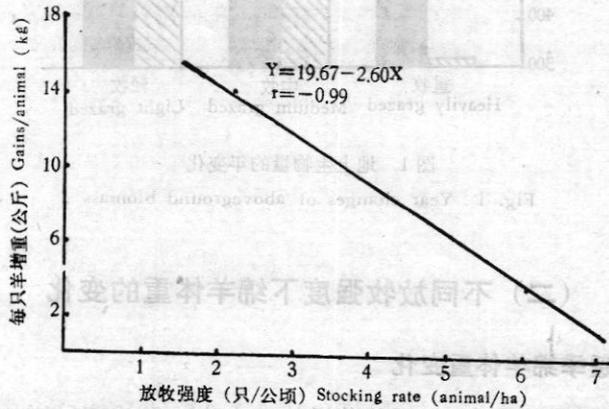


图 2 放牧强度与平均每只羊增重之间的直线回归  
Fig. 2 Linear regression between stocking rates and mean weight gain of each sheep

个组之间差异不显著，而结束时方差分析的结果为：轻牧与重牧相比差异显著 ( $p < 0.05$ )；轻牧与中牧、中牧与重牧相比差异不显著 ( $p > 0.05$ )。同一放牧强度试验开始与结束时的平均体重的差异经  $t$  检验结果为：轻牧、中牧差异显著，而重牧差异不显著。

以上分析表明：在不同放牧强度下，绵羊体重的差异和高峰期出现的时间不同，主要是由于夏秋草场牧草供应量及牲畜对牧草的选择性的差异所造成，这是绵羊对营养物质的反应之一。轻牧组和中牧组，放牧开始与结束时体重差异显著 ( $p < 0.05$ )，重牧组差异不显著 ( $p > 0.05$ )，这是由于牧草供应不足，体重不增加，以致绵羊春乏，且于 1983 年 3 月底死亡 1 只。

经两年测定，在不同放牧强度下，3 组绵羊平均增重经方差分析其结果为：轻牧与重牧、中牧与重牧相比差异显著 ( $p < 0.05$ )，而轻牧与中牧相比差异不显著(表 6)，这是由于这两个放牧强度较低，各个绵羊表现出对头数的增减没有什么反应。这时，羊只表现出的个体生产能力并不是草场生产能力的真实反映。

表 6 3 种放牧强度下的绵羊平均增重

Table 6 Mean weight gains/animal at 3 stocking rates

放牧强度 Stocking rate	平均体重				平均增重 Mean weight gain (公斤) (kg)	放牧强度 Stocking rate (只/公顷) (animal/ha)
	Mean weight (kg±SD)					
	1982.6 June. 1982		1983.10 Oct. 1983			
轻 牧 Light grazed	34.17±4.56		47.75±7.37		13.58±3.69	2.14
中 牧 Medium grazed	28.67±1.44		40.92±3.22		12.25±2.41	3.12
重 牧 Heavily grazed	31.10±4.10		34.80±5.33		3.70±4.08	6.07

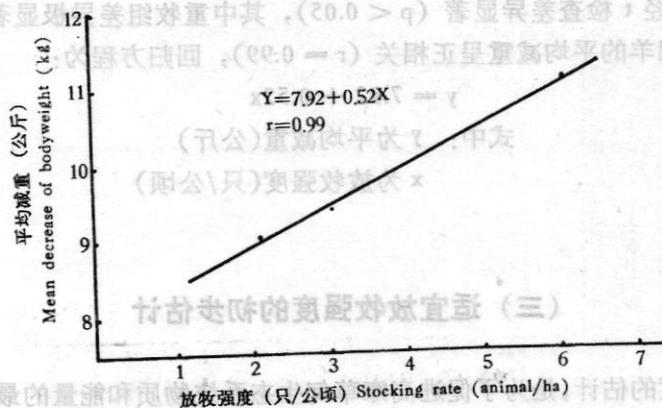


图 3 放牧强度与平均减重之间的直线相关

Fig. 3 Linear regression between stocking rate and mean decrease of bodyweight

> 随着放牧强度的增加,绵羊的平均增重减小,二者实际放牧强度范围内是负相关 ( $Y = -0.99$ ), 回归方程为:  $y = 19.67 - 2.60x$ 。式中:  $y$  为平均增重(公斤)  $x$  为放牧强度(只/公顷) 这与 Riewe et al (1963); Cowlshaw (1969); Peterson et al. (1965); Blackbura et al. (1973); Escuder (1981)的结果相同(见图 2)。

## 2. 不同放牧强度下冷季绵羊体重变化

冬季草场由于气候严寒牧草枯黄,品质低劣,日食牧草所含养分不能满足绵羊的要求,需消耗自身的脂肪、蛋白质和糖来维持生命活动。因而绵羊体重大幅度下降。不同放牧强度下绵羊体重变化及平均减重见表 7。由表 7 所示:冷季绵羊体重以 11 月份最高,

表 7 冬春草场 3 种放牧强度下绵羊体重变化  
Table 7 Change in body weight at 3 stocking rates during winter-spring

放牧强度 Stocking rate	1982			1983						平均减重 Mean decrease of w (kg)
	122	153	183	214	245	273	304	334	365	
轻牧 Light grazed	40.58 ±4.11	41.25 ±6.13	38.92 ±5.15	36.25 ±3.31	35.17 ±3.66	33.08 ±3.13	32.08 ±3.13	34.50 ±2.50	39.50 ±3.27	9.17
中牧 Medium grazed	37.08 ±4.63	37.50 ±4.27	34.33 ±4.16	32.92 ±3.50	31.80 ±3.26	30.67 ±3.14	28.17 ±3.75	31.33 ±3.09	35.67 ±3.40	9.33
重牧 Heavily grazed	35.65 ±4.58	36.20 ±4.80	32.60 ±4.55	29.35 ±4.89	28.90 ±3.70	27.90 ±3.79	25.10 ±4.61	28.94 ±4.28	32.70 ±4.18	11.10

4 月份最低,二者经  $t$  检查差异显著 ( $p < 0.05$ ), 其中重牧组差异极显著 ( $p < 0.01$ )。

放牧强度与绵羊的平均减重呈正相关 ( $r = 0.99$ ), 回归方程为:

$$y = 7.92 + 0.52x$$

式中:  $y$  为平均减重(公斤)

$x$  为放牧强度(只/公顷)

见图 3。

### (三) 适宜放牧强度的初步估计

适宜放牧强度的估计,是为了促进高寒草甸生态系统物质和能量的最大交换,收到最佳的经济效益,而不导致草场植被的退化为目的。以我们的试验结果(表 8)来看,单位面积上供试绵羊平均增重为中牧组 > 轻牧组 > 重牧组,其关系式为

$$y = -3.75x^2 + 29.11x - 16.06$$

每公顷羊的增重  $y$  为每公顷羊的增重  $y$   $95.3 = x$  磅

$x$  为每公顷放牧羊的头数

变量经计算  $x$  值为 3.88 时,  $y$  最大值为 40.67, 即放牧强度为 3.88 只/公顷时, 每公顷增重最高。

表 8 3 种放牧强度下单位面积增重, 每头平均增重

Table 8 Bodyweight gain of per ha and per animal at 3 stocking rates

放牧强度 Stocking rate	总增重(公斤) Total gain. (kg)	面积(公顷) Area (ha)	每公顷增重 (公斤/公顷) Gain per ha (kg/ha)	个体平均增重 (公斤) Gain/animal (kg)	修正值 Revised value	放牧强度 (只/公顷) Stocking rate (animal/ha)
轻牧 Light grazed	40.74	1.40	29.07	13.58	$13.58 \times 3.52 = 47.80$	2.14
中牧 Medium grazed	36.75	0.96	38.28	12.25	$12.25 \times 3.52 = 43.12$	3.12
重牧 Heavily grazed	22.0	0.82	22.56	3.70	$3.70 \times 3.52 = 13.02$	6.07

每只羊平均增重与放牧强度呈负相关, 即轻牧组 > 中牧组 > 重牧组, 其回归方程为

$$y = 69.25 - 9.16x \quad (\text{修正后方程})$$

我们采用单位面积平均增重与每只羊平均增重两个曲线的交点代表羊只增重与单位面积增重都比较适宜的位置, 用此来确定适宜的放牧强度(图 4)。通过解下列联立方程可得到该点的横坐标。

$$\begin{cases} y = -3.75x^2 + 29.11x - 16.06 \\ y = 69.25 - 9.16x \end{cases}$$

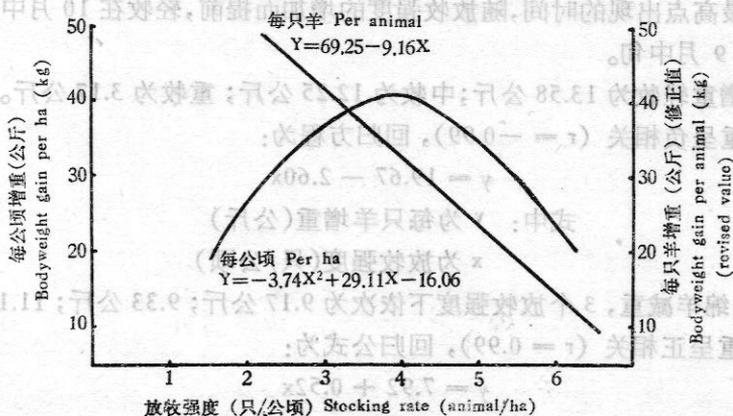


图 4 每公顷增重、每只羊增重与放牧强度的关系

Fig. 4 The relation of bodyweight gain of per ha and per animal to stocking rate

得  $x_1 = 3.29$   $x_2 = 6.92$  (处于羊只增重与单位面积增重较坏的位置,无意义)

从图 4 与联立方程的解,结合不同放牧强度下草场植物群落的结构和地上生物量变化规律来看,虽然轻牧组个体平均增重最大,而单位面积平均增重却小于中牧组,而且草场利用不足。牧场在牲畜不断采食的情况下,还剩余较多的牧草。重牧组单位面积平均增重和羊个体增重较轻牧和中牧组均低,而且由于牲畜过度采食,剩余牧草极少,且多为杂类草;唯中牧组虽然个体增重较轻牧组为低,但单位面积增重最高,同时,牧场牧草利用较为适中,群落结构向好的方向发展。因此,我们认为,在海北地区,以矮嵩草为优势种的高寒草甸草场,每公顷放牧 3.29 只羊较为合适。这与 Owen 等(1968)和 Hart (1972)年的研究结果基本相似。

### 三、结 论

1. 在不同放牧强度下,植物群落的水平结构和垂直结构发生了显著变化,重牧组因牲畜过度采食,抑制牧草的生长,植株低矮,层次无分化;而中牧和轻牧组,由于牧场有充足的饲草供应,牲畜啃食较轻,牧草尚能得到较好的生长和发育,植株较高,层次分化明显,成为两层结构。

2. 地上生物量是随放牧强度的增强而逐渐减少。在牲畜不断采食状态下,夏秋牧场上生物量的变化符合二次曲线:

$$y = ax^2 + bx + c$$

地上生物量最高值的出现时间随放牧强度的增强而提前。重牧组约在 7 月下旬至 8 月上旬,而中牧组和轻牧组则出现在 8 月中旬。

3. 夏秋草场绵羊体重变化亦符合二次曲线:

$$y = ax^2 + bx + c$$

式中:  $y$  为体重公斤

$x$  为放牧时间(天)

绵羊体重最高点出现的时间,随放牧强度的增加而提前,轻牧在 10 月中旬;中牧为 9 月下旬;重牧为 9 月中旬。

4. 每只羊增重轻牧为 13.58 公斤;中牧为 12.25 公斤;重牧为 3.17 公斤。放牧强度与每只羊平均增重呈负相关 ( $r = -0.99$ ), 回归方程为:

$$y = 19.67 - 2.60x$$

式中:  $y$  为每只羊增重(公斤)

$x$  为放牧强度(只/公顷)

冬春草场,绵羊减重,3 个放牧强度下依次为 9.17 公斤;9.33 公斤;11.1 公斤。放牧强度与绵羊减重呈正相关 ( $r = 0.99$ ), 回归公式为:

$$y = 7.92 + 0.52x$$

式中:  $y$  为绵羊减重(公斤)

$x$  为放牧强度(只/公顷)

5. 在海北地区,以矮嵩草为优势种的高寒草甸草场,最适放牧强度为 3.29 只/公顷。

## 参 考 文 献

- 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。夏武平主编, 高寒草甸生态系统, 19—33。
- 杨福国, 1982, 高寒草甸生态系统定位站自然概况。夏武平主编, 高寒草甸生态系统, 1—8。
- 周兴民、李建华, 1982, 海北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。夏武平主编, 高寒草甸生态系统, 9—18。
- Blackburn A. G., M. V. Frew and P. D. Mullaney, 1973, Estimation optimum economic stocking rate for wethwes. *J. Aust. Inst. Agr. Sci.* 39: 13—23.
- Broadbent P. J., 1964, The use of grazing control for fat lamb production. II. The effect of stocking rates and grazing systems with a fixed severity of grazing on the output of fat lamb per acre. *J. Br. Grassland. soc.*, 19: 15.
- Cowlshaw S. J., 1969, The carrying capacity of pastuers. *J. Br. Grassland Soc.* 24: 207—214.
- Ellison L., 1960, Influence of grazing on plant succession of rangelands. *Bot. Rev.* 26: 1—78.
- Escuder C. J., 1981, Relation of animal production to stocking rate on cultivated pastuers in Cerrados areas of brazil. *Herb. Abstr.* 53: (10). 498—499.
- Hart R. H., 1972, Forage yield, stocking rate, and beef gains on pastuer. *Herb. Abstr.*, 42: 345—353.
- Jones. R. J. and Sandland R. L., 1974, The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. Agric. Sci. Camb.*, 83: 335—342.
- Journet M. and Demarquillg C., 1979, Grazing. In broster W. H. and Swan H. (eds), *Freeing strategy for the high yielding cow*, 259—331. Granada publishing Co, St. Albans.
- Owen. J. B. and Ridgman W. J., 1968, The design and interpretation of experiments to study animal production from grazed pastuer. *J. Agric. Sci.*, (Camb.), 71: 327—333.
- Peterson R. G., H. L. Lucas and G. O. Mott, 1965, Relationship between rate of stocking and per animal and per acre performance an pasture. *Agron. J.*, 57: 27—30.
- Riewe M. E., J. C. Smith, J. H. Jones and E. C. Holt, 1963, Graszing production curves. I. Comparision of steer gains on Gulf ryegrass and tall fescue. *Agron. J.* 55: 367—369.

# THE PRELIMINARY STUDY ON OPTIMUM STOCKING RATE IN ALPINE MEADOW

Zhou Xingmin Pi Nanling Zhao Xinquan

Zhang Songling Zhao Duohu

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The experiments were carried out at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem from July of 1982 to Oct. of 1983. 11 Tibetan sheep were grazed at the rates of 2.14 (a), 3.12 (b) and 6.07 (c) animal/ha. Grazing was rotationed on summer-autumn pasture (from July. to Oct.) and winter-spring pasture (from Nov. to June of next year). The results are as follows:

1. In different stocking rate, change in horizontal and vertical composition of plant community have taken place. There are one layer composition of plant community for pasture (c) and two layers of composition for pasture (a) and (b).

2. The aboveground biomass (y) decrease with increasing stocking rate (x). In case of continuous grazing, change in aboveground biomass fit with quadratic regression equation

$$y = ax^2 + bx + c$$

The peak of aboveground biomass appears earlier with increasing of stocking rate, occurring from the last ten days of July to the first ten days of Aug. for (c), and in the second ten days of Aug. for (a) and (b).

3. In the summer-autumn pasture, changes in sheep's bodyweight fit also with quadratic regression equation

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Where y and x are bodyweight (kg) and grazing time (day). The peak of sheep bodyweight appears earlier as the stocking rate increasing. It is occurring in the second ten days of Oct for (a), in the last ten days of Sept. for (b), in the second ten days of Sept. for (c).

4. Weight gain per animal is decreased with the increasing of stocking rate and were higher in (a) 13.35 kg and (b) 12.25 kg than in (c) 3.17 kg. A negative correlation exists between stocking rate (animal/ha) and Bodweight gains of animal ( $r = -0.99$ ). The regression equation is

$$y = 19.67 - 2.06x.$$

Where y and x are Bodweight gains of animal (kg) and stocking rate (animal/ha). In the winter-spring pasture, the decrease in bodyweight were 9.17 kg for (a), 9.33 kg for (b), 11.1 kg for (c). A regression equation exists between stocking rate and amount of bodyweight depression ( $r = 0.99$ ). The regression equation is

$$y = 7.29 + 0.52x.$$

Where y and x are amount of bodyweight decrease (kg) and stocking rate (animal/ha).

5. The experimental data show the optimum stocking rate is 3.29 animal/ha for Alpine Kobresia humilis meadow pasture.