

# 牦牛放牧率与小嵩草高寒草甸暖季草地 地上、地下生物量相关分析

董全民<sup>1,2</sup>, 赵新全<sup>1</sup>, 马玉寿<sup>2</sup>, 李青云<sup>2</sup>, 王启基<sup>1</sup>, 施建军<sup>2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810002; 2. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810003)

**摘要:**通过对牦牛放牧率与小嵩草 *Kobresia parva* 高寒草甸暖季草地地上、地下生物量相关分析得出, 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸地上、地下生物量有显著的影响。随着放牧率的增加, 总地上生物量和优良牧草地上生物量及其比例减小, 杂类草比例增加; 总地上生物量和优良牧草地上生物量与放牧率呈线性回归关系, 杂类草地上生物量与放牧率呈二次回归关系, 且当放牧率为 2.30 头/hm<sup>2</sup> 时, 1998 年杂类草的地上生物量达到最大; 放牧率为 2.04 头/hm<sup>2</sup> 时, 1999 年杂类草的地上生物量达到最大。各土壤层地下生物量与放牧率呈线性回归关系; 1998 和 1999 年对照组 0~30 cm 地下生物量分别是轻度、中度和重度放牧的 1.1, 1.4, 1.5 倍和 1.1, 1.6, 1.7 倍; 1998 年各放牧处理不同土壤层地下生物量占 0~30 cm 地下生物量的比例为: 0~10 cm 占 87.18%~88.38%, 10~20 cm 占 8.19%~9.55%, 20~30 cm 占 2.87%~3.44%; 1999 年各放牧处理 0~10 cm 地下生物量占 0~30 cm 总地下生物量的 88.04%~89.37%, 10~20 cm 占 7.14%~9.34%, 20~30 cm 占 2.25%~3.5%; 另外, 1999 年各处理组 0~10 cm 地下生物量的比例均高于 1998 年, 而 10~20 和 20~30 cm 地下生物量的比例均低于 1998 年。不同土壤层地下生物量与地上生物量呈线性回归关系。

**关键词:**牦牛放牧率; 小嵩草高寒草甸; 暖季草场; 地上生物量; 地下生物量; 相关分析

**中图分类号:** S812.05

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2005)05-0065-07

青藏高原是我国主要畜牧业基地, 天然草地约 1.5 亿 hm<sup>2</sup>, 约占我国草地面积的 1/3。其中, 高寒草甸草场面积约 0.7 亿 hm<sup>2</sup>, 占青藏高原草地面积的 49%。但由于长期忽视对草地资源的科学管理, 粗放经营, 超载过牧, 以及对草地资源不合理的开发利用, 使人类生存最关键的生物多样性受到严重威胁, 草地植物群落结构发生变化, 优良牧草丧失竞争和更新能力而逐渐减少, 毒杂草比例增加, 导致大面积草地退化和生态环境破坏, 不仅威胁着高原草地畜牧业的可持续发展和

人类的生存环境, 而且对长江和黄河中下游地区的经济发展提出挑战。这种发展趋势引起了国内外专家、学者和政府有关部门的密切关注。植物

收稿日期: 2004-04-21

基金项目: 青海省“九五”攻关项目(96-N-112); 国家“十五”攻关项目(2001BA606A-02)

作者简介: 董全民(1972-), 男, 甘肃天水人, 助理研究员, 在读博士生。主要从事草地生态及青藏高原“黑土型”退化草地的恢复与重建工作。

## Development and application of monitoring and forecasting systems of animal husbandry on grassland in North China

WEI Yu-rong<sup>1</sup>, HAO Lu<sup>1,2</sup>, HE Jun-jie<sup>3</sup>

(1. Meteorological Bureau of Inner Mongolia, Huhhot 010051, China;

2. Key Laboratory of Regional Geography of Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3. Meteorological Bureau of Ximeng in Inner Mongolia, Xilinhot 026000, China;)

**Abstract:** This paper introduces the background, system objective, significance, and environment of the AMFS (monitoring and forecasting systems of animal husbandry on grassland in North China). The general frame and function modules of the systems are presented based on system data flow synthesis. Finally, a few GUI (graphic user interface) and output results of the application operated in the systems are illustrated. Tentative plan and goal of the systems are discussed too.

**Key words:** monitoring and forecasting systems; animal husbandry; grassland in North China

地上、地下生物量的变化是草地生态系统研究的重要内容。天然草地地下生物量主要受降水和地温的影响,但地上生物量更易受该因素的影响<sup>[1-3]</sup>。在国内,许多学者已对放牧率对天然草地上、地下生物量影响进行了相关的研究<sup>[4-11]</sup>。但这些研究结果都是从对绵羊的实验获得的,有关牦牛放牧率的试验报道不多<sup>[12-18]</sup>。研究牦牛放牧率对小嵩草 *Kobresia parva* 高寒草甸地上、地下生物量的影响,旨在确定合理的放牧率及最优的放牧体系,从而获得更高的草地生产力,以达到经济效益和生态效益的统一,并为经济效益的提高和生态环境的保护和治理提供科学依据。

### 1 试验地自然概况

试验地选在青海省达日县的窝赛乡,位于北纬 99°47'38",东经 33°37'21",海拔 4 000 m 以上,气候寒冷,年均温 - 1.2℃,最冷月 1 月均温 - 12.9℃,最热月 7 月均温 9.1℃,0℃ 年积温 1 081℃,5℃ 年积温 714.9℃,生长季为 4 个月左右,无绝对无霜期。年均降水量 569 mm,多集中在 5 - 9 月,年蒸发量 1 119.07 mm,雨热同季,有利于牧草生长。土壤为高山草甸土,草地为已发生退化的小嵩草高寒草甸。

### 2 研究方法

**2.1 试验时间和试验牦牛** 试验时间为 1998 年 6 月 28 日 - 2000 年 5 月 30 日。每个处理有 4 头 2.5 岁、质量 100 ±5 kg 阉割过的公牦牛进行试验,所有牦牛在试验前投药驱虫。

**2.2 试验设计** 试验设 4 个处理,分别是轻度放牧(牧草利用率为 30%)、中度放牧(牧草利用率为 50%)、重度放牧(牧草利用率为 70%)和对照(牧草利用率为 0)。根据地上生物量、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧率(表 1)。

表 1 放牧率试验设计

放牧率	试验用牛 (头)	草地面积 (hm <sup>2</sup> )		放牧率(头/hm <sup>2</sup> )	
		暖季	冷季	暖季	冷季
轻度	4	4.50	5.19	0.89	0.77
中度	4	2.75	3.09	1.45	1.29
重度	4	1.92	2.21	2.08	1.81
对照	0	1.00	1.00	0	0

**2.3 数据的收集和处理** 在围栏内选定 3 个

具有代表性的固定样点,每月下旬在每个固定样点上各取 5 个重复样方(0.5 m ×0.5 m)。用扣笼法测定植被的地上生物量,按莎草、禾草、可食杂草和毒杂草分类,称其鲜质量,后在 80℃ 的恒温箱烘干至恒重。每年 8 月下旬在测定植被的地上生物量(0.25 m ×0.25 m)同时,测定其地下生物量,采样深度为 0 ~ 10,10 ~ 20,20 ~ 30 cm,在 80℃ 的恒温箱烘干至恒重。

### 3 结果与分析

**3.1 优良牧草和杂类草地上生物量、其组成及其年度变化** 放牧率对不同功能群植物地上生物量有明显的影响(图 1)。随着放牧率的提高,放牧期内地上总生物量和优良牧草(莎草和禾草)地上生物量减小,对照和重度放牧组杂类草的地上生物量高于轻度和中度放牧组。这是因为暖季草场正处于牧草生长期,一方面,放牧牦牛优先采食适口性比较好的优良牧草,导致优良牧草的生物量下降;另一方面,放牧牦牛的采食刺激优良牧草快速生长,以补偿牦牛采食的损失,因而轻度和中度放牧下优良牧草的地上生物量降低比较缓慢。随着放牧率的进一步提高,重度放牧下该种补偿形式能在一定程度上补偿优良牧草生物量降低的损失,但多为牦牛不喜食或不可采食的杂类草,因而是一种功能上的组分冗余,表现为杂类草地上生物量的增加,使优良牧草的生产受到了更为严重的胁迫(资源亏损胁迫)<sup>[19]</sup>,造成轻度、中度与重度放牧地在地上生物量之间存在一定差异。从年度变化来看,1999 年各处理组(包括对照组)年均总地上生物量比 1998 年略有增加,1999 年对照、轻度和中度放牧组优良牧草地上生物量均高于 1998 年,而重度放牧组低于 1998 年;1999 年对照和轻度放牧组杂类草低于 1998 年,而轻度和重度放牧组高于 1998 年(图 1)。一方面是由于试验草场 20 多年来的放牧率均比试验期的重度放牧还要高,因此相对于试验前,试验期的 3 个放牧强度均属中轻度放牧,其后数年(尤其第 2 年)牧草均能不同程度地显示草场自我恢复对放牧率的影响,称之为草场的自我恢复效应<sup>[20]</sup>;另一方面,在牧草生长期,1999 年的降水量明显高于 1998 年。这也证实了地上生物量

更易受降水 and 气温的影响<sup>[1-3]</sup>,且轻牧牧草充足,牦牛的采食对生物量影响不大,且主要受牧草生长规律的影响,重牧组除了受牧草生长规律的影响,牦牛的采食对生物量影响也很大<sup>[16-18]</sup>。

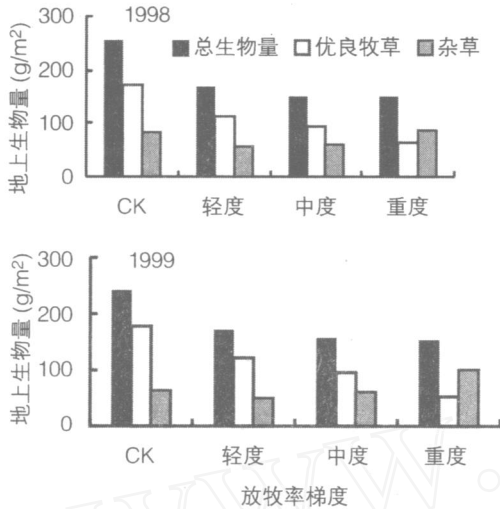


图1 放牧率对不同功能群地上生物量及其年度变化的影响

放牧率对不同功能群植物地上生物量百分比组成也有明显的影响(表2)。随着放牧率的提高,优良牧草(莎草和禾草)的比例增加,杂类草比例下降;不同年度之间对照和轻度放牧组优良牧草比例增加,杂类草比例下降,中度和重度放牧组优良牧草的比例下降,杂类草比例增加。因为在对照和轻度放牧情况下,优良牧草的生长对杂类草有较强的抑制作用,因而优良牧草的比例较高。在中度放牧情况下,放牧牦牛对优良牧草的采食刺激其快速生长,在一定程度上能补偿牦牛采食的损失,因而优良牧草比例减小较少;但在重度放牧时,由于牦牛采食过于频繁,优良牧草对牦牛不喜食或不可采食的杂类草的抑制作用大大减弱,杂类草生长量增加。另外,年度变化的差异一方面是草场自我恢复的“滞后效应”体现<sup>[4,16]</sup>,另一方面是因为在牧草生长期,1999年的降水量明显高于1998年的缘故,因而草场的自我恢复效应和牦牛放牧引起的“滞后效应”迭加,共同影响牧草的生长。

表2 放牧率对不同功能群植物生长季节平均地上生物量及其组成的影响

不同功能群植物比例及其年度变化	重牧		中牧		轻牧		对照	
	1998年	1999年	1998年	1999年	1998年	1999年	1998年	1999年
优良牧草比例	42.21	34.60	61.09	61.02	66.98	70.91	67.48	73.66
优良牧草比例年度变化		-7.61		-0.07		3.93		5.88
杂类草比例	57.79	65.40	38.91	38.98	33.02	29.02	22.52	26.34
杂类草比例年度变化		7.61		0.07		-3.93		-5.88

3.2 不同土壤层地下生物量及其组成的响应 随放牧率的提高,各土壤层地下生物量呈明显下降趋势(图2)。1998和1999年对照、轻度、中度和重度放牧组0~30cm的地下生物量(包括活根和死根)干物质分别为5009.6,4754.7,3830.8,3506.8和4948.8,4481.6,3296,2803.2 g/m<sup>2</sup>;1998和1999年对照组的地下生物量分别是轻度、中度和重度放牧的1.1,1.4和1.5倍;1.1,1.6和1.7倍。1998年各放牧处理不同土壤层地下生物量占0~30cm地下生物量的比例为:0~10cm为87.18%~88.38%,10~20cm为8.19%~9.55%,20~30cm为2.87%~3.44%;1999年各放牧处理0~10cm地下生物量占0~30cm总地下生物量的88.04%~

89.37%,10~20cm占7.14%~9.34%,20~30cm占2.25%~3.5%。另外,1999年各处理组0~10cm地下生物量的比例均高于1998年,而10~20和20~30cm地下生物量的比例均低于1998年(图2)。

3.3 放牧率与地上、地下生物量之间的相关分析 从地上生物量与放牧率之间的回归方程可以看出,地上总生物量和优良牧草的地上生物量随放牧率的增大呈线性下降趋势,杂类草的地上生物量与放牧率之间呈二次回归关系(表4)。

1998和1999年地上总生物量与放牧率之间的关系均未达到显著水平(0.05 < P < 0.1),优良牧草地上生物量与放牧率之间的关系均达到显著水平(P < 0.02和P < 0.05)。当放牧率为2.30

头/ hm<sup>2</sup>时, 1998 年杂类草的地上生物量达到最大; 放牧率为 2.04 头/ hm<sup>2</sup> 时, 1999 年杂类草的地上生物量达到最大。说明, 经过第 1 年的放牧, 放牧的“滞后效应”已经对不同功能群植物的生长产生明显影响, 而且放牧时间越长, 这种效果越明显。

表 3 不同土壤层地下生物量的组成 %

时间	土壤层 (cm)	对照	轻度放牧	中度放牧	重度放牧
1998 年	0~10	87.18	87.97	87.44	88.38
	10~20	9.55	9.16	8.75	8.19
	20~30	3.27	2.87	3.81	3.44
1999 年	0~10	88.04	88.61	89.37	89.04
	10~20	9.34	9.14	7.14	7.76
	20~30	2.62	2.25	3.50	3.20

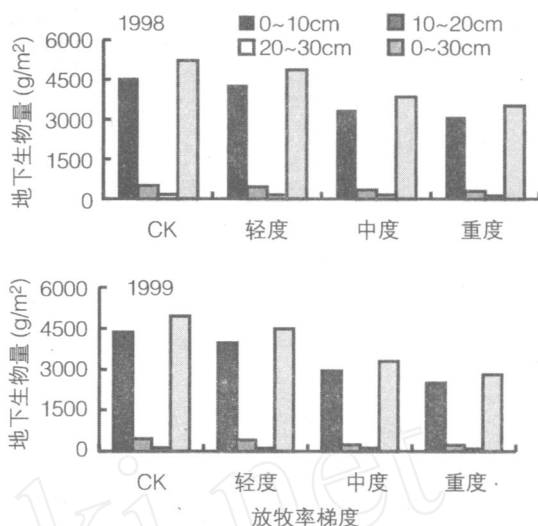


图 2 放牧率对不同土壤层地下生物量的影响

表 4 放牧率与地上生物量之间的简单回归方程

生物量	回归方程		相关系数		显著性	
	1998 年	1999 年	1998 年	1999 年	1998 年	1999 年
总地上生物量	$y = -32.84x + 263$	$y = -27.884x + 250.62$	-0.8573	-0.8733	$0.05 < P < 0.1$	$0.05 < P < 0.1$
优良牧草	$y = -34.491x + 196.14$	$y = -40.048x + 21.12$	-0.9477	-0.9009	$P < 0.02$	$P < 0.05$
杂类草	$y = -13.85x^2 - 65.99x + 136.1$	$y = -13.26x^2 - 54.137x + 104.7$	$0.986(R^2)$	$0.7988(R^2)$	$P < 0.01$	$P < 0.05$

各土壤层的地下生物量(包括活根和死根)与放牧率之间呈负相关关系, 其线性回归方程见表 5。20~30 cm 土壤层地下生物量与放牧率之间的线性关系未达到显著水平 ( $P < 0.10$ ), 其它各层的地下生物量与放牧率之间的线性关系达到显著或极显著水平 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。

### 3.4 不同土壤层地下生物量与地上生物量

之间的相关分析 不同放牧率下不同土壤层地下生物量(包括活根和死根)与地上生物量(地上现存量 + 牦牛采食量)之间呈正相关关系, 回归方程见表 6。0~10 cm 土壤层地下生物量与地上生物量之间的线性关系达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 而 0~20 和 0~30 cm 土壤层地下生物量与地上生物量之间的线性关系未达到显著水平 ( $0.05 < P < 0.10$ ) (表 6)。

表 5 放牧率与地下生物量之间的简单回归方程

不同土壤层	回归方程		相关系数		显著性	
	1998 年	1999 年	1998 年	1999 年	1998 年	1999 年
0~10 cm	$y = -757.93x + 465.72$	$y = -949.22x + 4491.3$	-0.9036	-0.9656	$P < 0.05$	$P < 0.01$
10~20 cm	$y = -107.35x + 510.17$	$y = -130.82x + 475.76$	-0.9481	-0.9377	$P < 0.05$	$P < 0.05$
20~30 cm	$y = -21.716x + 168.2$	$y = -16.165x + 126.66$	-0.8603	-0.8208	$P < 0.1$	$P < 0.10$
0~20 cm	$y = -865.28x + 5167.4$	$y = -1080x + 4867$	-0.9097	-0.9634	$P < 0.05$	$P < 0.01$
0~30 cm	$y = -886.99x + 5335.6$	$y = -1096.2x + 5093.7$	-0.9186	-0.9667	$P < 0.05$	$P < 0.01$

表6 不同土壤层地下生物量与地上生物量之间的简单回归方程

不同土壤层	回归方程		相关系数		显著性	
	1998年	1999年	1998年	1999年	1998年	1999年
0~10 cm	$y = 11.425x - 1753$	$y = 17.349x - 303.77$	0.902 8	0.924 2	$P < 0.05$	$P < 0.05$
0~20 cm	$y = 13.062x - 1848.4$	$y = 19.832x - 185.82$	0.816 7	0.826 1	$P < 0.10$	$0.05 < P < 0.10$
0~30 cm	$y = 13.424x - 1927.1$	$y = 20.167x - 234.04$	0.812 7	0.800 5	$P < 0.10$	$0.05 < P < 0.10$

#### 4 讨论

草-畜系统是受人为或气候等因素的影响而不断变化的,影响的强度会改变整个系统的状态和变化趋势。因此,在研究牦牛放牧率对高寒草甸地上、地下生物量的影响时,应以草场本身的条件和动态特征加以评价,应尽可能选择较多的气候类型和试验点,同时也要有足够的试验时间。另外,有关牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸地上、地下生物量影响的报道不大多<sup>[12-14,17,18]</sup>,加之放牧时间短,有些结论还不一定可靠,尚需进一步的研究和探讨。但牦牛放牧率对高寒草甸不同功能群植物的生长和地上、地下生物量的积累显示出强烈的放牧效应,且依放牧率有所不同。刘伟、周立、王启基<sup>[4,6,22]</sup>等人的研究结果均表明:随着放牧率(强度)的提高,优良牧草的比例减小,而杂类草的比例增加;李永宏、汪诗平、王艳芬、董全民、董世魁<sup>[8-10,12,14,15,18,19,21]</sup>等人的结果表明:地上生物量(净初级生产力)随放牧率(强度)的增加而减小;王晋峰、董全民等<sup>[12,17,18]</sup>人认为:随着放牧率(强度)的增加,莎草和禾草比例下降,杂类草比例上升;Eddy、王艳芬、陈佐忠、黄德华、董全民、王启基<sup>[18,20,22,23]</sup>等人的结果是:地下生物量随着放牧率(强度)的增大而呈下降趋势,且地下生物量主要集中在0~10 cm土壤层。另外,Eddy<sup>[22]</sup>还报道:无牧(对照)条件下,地下生物量最低,中等放牧的最高,甚至在降水量较高时,有时随放牧率的增大,生物量也有所增加。

该试验第1年,地上、地下生物量随放牧率的变化没有第2年明显(图1,2);第2年,放牧的“滞后效应”对植被地上、地下生物量的影响已显示出一定的规律性。另外,地下生物量(包括活根和死根)、地上生物量(地上现存量+牦牛采食量)随放牧率的增大而减小,这与Eddy、王艳芬、陈佐忠、

董全民、刘伟、周立、王启基、董世魁、王晋峰等<sup>[4,5,7,8,11,12,18,21,22]</sup>人的研究结果一致,而且1999年牧草生长季的降水量比1998年要大,这是造成年度间地上、地下生物量变化的关键因素。试验中,地下生物量(包括活根和死根)非常高,1998年对照组0~10 cm土层地下生物量2800~5000 g/m<sup>2</sup>(包括活根和死根);1999年对照组0~10 cm土层地下生物量2500~4500 g/m<sup>2</sup>(包括活根和死根),0~30 cm土层2800~4950 g/m<sup>2</sup>,而王艳芬、陈佐忠报道内蒙古典型草原0~30 cm土层最高未超过2000 g/m<sup>2</sup>(包括活根和死根)<sup>[5,7,23]</sup>。同时,Eddy<sup>[22]</sup>报道,0~10 cm地下生物量占0~30 cm总地下生物量的50%~60%,王艳芬等<sup>[7]</sup>人的报道是64%~75%,王启基等<sup>[6]</sup>人的报道是85.53%,而该试验的结果是87%~89.4%。值得注意的是,由于很难区分地下死、活根系,所以试验中地下生物量均包括活根和死根,故试验中所反应的地上、地下生物量并不是真正的光合产物在地上、地下生物量之间的分配,但仍然可以说明光合产物在地上、地下分配差异的大体趋势。这是因为放牧率影响植物地上、地下生物量及光合产物在植物不同部位的分配,牦牛对单位面积草场上牧草的采食量随放牧率的增大而增加,因而总体上光合产物分配给地上部分的总量也随放牧率的增大而增加,以补偿地上生物量因牦牛采食而降低光合效率的负面效应。然而,当放牧率太大时,尽管一定程度上能够增大光合产物对地上生物量的分配,但终究会导致其地上和地下生物量的下降。

#### 5 结论

5.1 随着放牧率的提高,优良牧草地上生物量及其比例减小,杂类草比例增加;在不同年度间,对

照和轻度放牧组优良牧草的比例增加,杂类草比例减小;中度和重度放牧组杂类草比例增加,优良牧草比例下降;放牧率与地上总生物量和优良牧草地上生物量呈负相关关系,与杂类草呈二次回归关系。

**5.2 不同土壤层地下生物量与放牧率均呈负相关关系;**1998 和 1999 年对照组的地下生物量分别是轻度、中度和重度放牧的 1.1,1.4 和 1.5 倍;1.1,1.6 和 1.7 倍;1999 年各处理组 0~10 cm 地下生物量的比例均高于 1998 年,而 10~20 和 20~30 cm 地下生物量的比例均低于 1998 年。

**5.3 不同土壤层地下生物量与地上生物量呈线性回归关系。**

致谢:本文系硕士论文“高寒草甸草场牦牛优化放牧方案的研究”的部分内容,在论文的制作和修改中,承蒙胡自治导师的指导,特此感谢!

#### 参考文献:

- [1] McNaughton S I. Ecology of grazing ecosystem, the Serengti[J]. Ecol. Monogr., 1985, 55: 259-294.
- [2] 红梅, 韩国栋, 赵萌莉, 等. 放牧强度对浑善达克沙地土壤物理性质的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 108-111.
- [3] Andren O, Paustian K. Barley straw decomposition in the field: a comparison of models[J]. Ecology, 1987, (43): 1-20.
- [4] 周立, 王启基, 赵今京, 等. 高寒草甸牧场最优放牧的研究. 植被变化度量与草场不退化最大放牧强度[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 403-418.
- [5] 陈佐忠, 黄德华, 张鸿芳. 内蒙古锡林河流域羊草草原和大针茅草原地下生物量与降水关系模型探讨[J]. 草原生态系统研究, 1988, (2): 20-26.
- [6] 王启基, 周立, 王发刚, 等. 放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, (4): 353-364.
- [7] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原地下生物量的影响[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 198-202.
- [8] 朱志红, 李希来, 乔有明, 等. 克隆植物矮高草在放牧选择压力下的风险分散对策研究[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 62-67.
- [9] 汪诗平, 李永宏, 王艳芬, 等. 内蒙古典型草原适宜放牧率的研究. 以牧草地上现存量和净初级生产力为管理目标[J]. 草地学报, 1998, 7(3): 192-197.
- [10] 安渊, 李博, 扬持, 等. 内蒙古大针茅草原草地生产力及其可持续利用研究. 放牧系统植物地上现存量动态研究[J]. 草地学报, 2001, 10(2): 22-27.
- [12] 董世魁, 丁路明, 徐敏云, 等. 放牧强度对高寒地区多年生混播禾草叶片特征及草地初级生产力的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1): 136-142.
- [12] 王晋峰, 赵益新, 陈友慷. 牦牛放牧强度对草地植被组成与产量效益的研究[J]. 西南民族学院学报(自然科学版), 1995, 21(3): 283-289.
- [13] 董全民, 李青云, 马玉寿, 等. 放牧强度对夏季高寒草甸生物量和植被结构的影响[J]. 青海草业, 2002, (2): 8-10.
- [14] 董全民, 李青云, 施建军, 等. 放牧强度对高寒草甸地上生物量和牦牛生长的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2002, (3): 5-7.
- [15] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 牦牛放牧强度对高寒草甸植物群落结构的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(2): 48-53.
- [16] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 放牧强度对牦牛生长的影响[J]. 草地学报, 2003, 12(3): 256-260.
- [17] 董全民, 李青云, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率对地上生物量生长率的影响[J]. 四川草原, 2003, (6): 21-24.
- [18] 董全民, 李青云, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率地上、地下生物量的影响[J]. 四川草原, 2004, (2): 20-27.
- [19] 张荣, 杜国祯. 放牧草地群落的冗余与补偿[J]. 草业学报, 1998, 7(4): 13-19.
- [20] 李永宏, 陈佐忠, 汪诗平, 等. 草原放牧系统持续管理试验研究[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 173-182.
- [21] 刘伟, 周立, 王溪. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 376-382.
- [22] Edyy van der Maarel, Argenta Titlyanova. Aboveground and belowground biomass relations in steppes under different grazing conditions[J]. Oikos, 1989, (56): 364-370.
- [23] 黄德华, 陈佐忠, 张鸿芳. 加贝儿针茅、克氏针茅、线叶菊草原地下生物量的研究[J]. 草原生态系统研究, 1988, (2): 122-131.

**Regressive analysis between stocking rate for yak and aboveground and underground biomass of warm-season pasture in *Kobresia parva* alpine meadow**

Dong Quan-min<sup>1,2</sup>, Zhao Xin-quan<sup>1</sup>, Li Qing-yun<sup>2</sup>, Ma Yu-shou<sup>2</sup>, Wang Qi-ji<sup>1</sup>, Shi Jian-jun<sup>2</sup>

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy Of Science, Xining 810002, China;

(2. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810003, China)

**Abstract:** Stocking rates of yaks had obvious effects on above and underground biomass in *Kobresia parva* alpine meadow. With the increase of stocking rates, total aboveground biomass, aboveground biomass of high desirable forage and its percentage composition decreased, while percentage composition of weeds increased. There was a linear regression relationship between total aboveground biomass, aboveground biomass of high desirable forage and stocking rates. There was a second degree regression relationship between aboveground biomass of weeds and stocking rates, and aboveground biomass of weeds reached to the maximum value respectively when stocking rate were 2.30 heads/hm<sup>2</sup> in 1998 and 2.04 heads/hm<sup>2</sup> in 1999. There was a linear regression relationship between underground biomass of different soil stratum and stocking rates, underground biomass in 0~30 cm of control group were 1.1 and 1.1 times of light grazing group, 1.4 and 1.6 times of moderate grazing, 1.5 and 1.7 times of heavy grazing in 1998 and 1999, respectively. The percentage of underground biomass of different soil stratum for different grazing treatments were: 87.18%~88.38% in 0~10 cm, 8.19%~9.55% in 10~20 cm, 2.87%~3.44% in 20~30 cm in 1998, and 88.04%~89.37% in 0~10 cm, 7.14%~9.34% in 10~20 cm, 2.25%~3.5% in 20~30 cm in 1999. Besides, the percentage of underground biomass in 0~10 cm for different grazing treatments was higher in 1999 than in 1998, and lower for 10~20 and 20~30 cm. There was a positive correlation relationship between aboveground biomass and underground biomass, and its linear regression equation was:  $Y = a + bx$  ( $b > 0$ ).

**Key words:** stocking rate of yak; *Kobresia parva* alpine meadow; warm-season pasture; aboveground biomass; underground biomass; correlative analysis

## 黄土高原水土保持项目每年减少水土流失 6 000 万吨

经过 10 年建设,我国黄土高原水土保持取得显著成效。据黄土高原水土保持世行贷款项目办公室提供的资料显示,项目实施期间累计治理水土流失面积 92 万 hm<sup>2</sup>,每年累计减少水土流失 6 000 万 t。

黄土高原水土保持世行贷款项目涉及陕西、山西、甘肃、内蒙古 4 省区,其中水土流失面积 32 347 km<sup>2</sup>,是我国水利行业首次利用外资进行水土流失治理的大型外资项目。一期和二期项目分别于 1994 年和 1999 年开始实施,总投资 42 亿元人民币,其中利用世行贷款 3 亿美元。

项目的实施使黄土高原生态环境明显改善,建设基本农田、经济果林、乔木林等 71 万 hm<sup>2</sup>,种草 16 万 hm<sup>2</sup>,同时修建了大量水土保持工程。其中仅一期工程就使项目区内植被覆盖率从 17.8%提高到 41.1%,农民人均纯收入由 306 元提高到 1 263 元,人均占有粮食由 378 kg 增加到 532 kg。

(江毅)