

# 高寒混播草地牦牛优化放牧强度的研究

## 以牦牛增重为目标研究牧草生长季的最佳放牧强度

董全民<sup>1</sup>, 马有泉<sup>1</sup>, 李青云<sup>2</sup>, 赵新全<sup>3</sup>, 马玉寿<sup>1</sup>, 孙小弟<sup>1</sup>,  
施建军<sup>1</sup>, 王彦龙<sup>1</sup>, 盛 丽<sup>1</sup>

(1. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海省农牧厅, 青海 西宁 810001;  
3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:**垂穗披碱草 *Elymus nutans*—星星草 *Puccinellia tenuiflora* 混播草地 3 个放牧季的牦牛放牧试验结果表明:相同放牧区每公顷草地牦牛总增重之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ),同一放牧季各放牧区牦牛总增重之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ),且各放牧季牦牛的个体增重与放牧强度均呈显著的线性回归关系;2003 年单位面积草地牦牛增重随放牧强度的增加而增加,2004 和 2005 年单位面积草地牦牛增重与放牧强度呈二次回归关系;通过二次回归方程计算得到:牧草生长季牦牛最佳放牧强度为 7.23 头/hm<sup>2</sup>。

**关键词:**混播草地;牦牛;个体增重;单位面积增重;最佳放牧强度

中图分类号: S812.8;S823.8<sup>+</sup>5 文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2008)07-0087-04

\* 在高寒牧区,由于受寒冷气候的影响,季节牧场不平衡,草畜矛盾突出,伴随而来的是牦牛个体变小,体重下降,畜产品减少,出栏率、商品率低,能量转化效率下降等一系列问题,严重影响着牦牛业的发展和经济效益的提高<sup>[1]</sup>。为此,近 5 年来,国家和青海省投入大量的人力、物力和财力,在江河源区“黑土型”退化草地上建植人工草地约 16 万 hm<sup>2</sup>,缓解了该地区天然草地压力及草畜矛盾问题,也在一定程度上遏制了局部生态环境进一步恶化的趋势。然而,针对该地区种类组成简单、种间生态位形似的禾本科混播草地牧草生长季放牧利用的系统研究较少<sup>[2-6]</sup>,而理想的放牧家畜、合理的载畜量、适宜的放牧强度、正确的放牧时期和适当的放牧或刈割频率是维系该地区多年生禾本科人工草地群落稳定性以及草地生产力的根本保障<sup>[4-6]</sup>;同时,人工草地放牧生态系统中各因子间存在着相当复杂的关系,如果过分强调短期利益、增大放牧强度、提高单位草地面积的畜产品数量,将严重阻碍草地牧草的再生和生产力的恢复<sup>[7,8]</sup>。因此,本试验旨在确定保持人工草地放牧系统的畜—草动态平衡、维持人工草地生产力水平的最佳放牧强度范围。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地自然概况** 试验地于 2002 年设在青海省果洛州大武乡格多牧委会建植的垂穗披碱草 *Elymus nutans*—星星草 *Puccinellia tenuiflora* 混播人工草地上,位于北纬 34°17′~34°25′、东经 100°26′~100°43′,为一山间小盆地,平均海拔 3 980 m,年均气温 -2.6℃左右,0 年积温 914.3℃,日照时间 2 576.0 h,年均降水量 513 mm,5—9 月降水量 437.10 mm,占年降水量的 85.2%。无绝对无霜期,牧草生长期 110~130 d。主要植被类型有高山嵩草草甸、高山灌丛草甸,土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主,黄河的支流格曲发源并流经这里。

**1.2 草场的管理** 试验期内,每年 12 月下旬和翌年 4 月中旬用 D-型生物毒素(青海省畜牧兽医科学院兽医所生产)对各处理区进行灭鼠(高原

\* 收稿日期:2007-03-09

基金项目:国家“十五”科技攻关计划重大项目(2001BA606A-02);2005 年度青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划科研课题及应用推广招标项目(2005-SN-1);国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BAC01A02)

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

E-mail: dqm850@sina.com

鼠兔和高原麝鼠),6月下旬(牧草拔节期)对草地进行追施尿素 150 kg/hm<sup>2</sup>。

**1.3 试验设计** 在当地牧户牛群,选取生长发育良好、健康、阉割过的 2.5 岁公牦牛 16 头,体重(100 ±5) kg,随机分 4 组(每组 4 头)。放牧强度按照草场地上生物量、草场面积和牦牛的理论采食率高低表示:极轻放牧(牧草利用率为 20%)、轻度放牧(牧草利用率为 40%)、中度放牧(牧草利用率为 60%)、重度放牧(牧草利用率为 80%)和对照(牧草利用率为 0)(表 1)。试验从 2003 年开始,2005 年结束,试验期为每年 6 月 20 日—9 月 20 日。每 15 d 用电子秤对牦牛称量 1 次。

表 1 放牧试验设计

放牧处理	牦牛数量 (头)	围栏面积 (hm <sup>2</sup> )	放牧强度 (头/hm <sup>2</sup> )
对照	0	1.00	0
极轻放牧	4	1.52	2.63
轻度放牧	4	0.76	5.26
中度放牧	4	0.52	8.00
重度放牧	4	0.38	10.52

## 2 结果与分析

**2.1 放牧强度对牦牛个体增重的影响** 在 3 个放牧季内,不同放牧梯度下牦牛个体增重见表 2。方差分析表明,相同放牧区牦牛总增重之间的差异不显著( $P > 0.05$ ),而同一放牧季各放牧区牦牛总增重之间的差异显著( $P < 0.05$ )。进一步做新复极差分析,各年度极轻、轻度和中度放牧区牦牛总增重之间的差异不显著,而与重度放牧区之间的差异显著(表 2)。

回归分析表明,各放牧季牦牛的个体增重与放牧强度均呈显著的线性回归关系(表 3):

$$y = a - bx \quad (a > 0, b > 0) \quad (1)$$

回归方程中  $y$  表示牦牛个体增重(kg/头), $x$  表示放牧强度(头/hm<sup>2</sup>), $a$  和  $b$  分别表示放牧草场的营养水平和草场的空间稳定性及恢复能力; $a$  值越大,表示草场营养水平越高, $b$  值越小,表明草场的空间稳定性越好,恢复能力越强<sup>[9]</sup>。这与 Jones 和 Sandland<sup>[10]</sup>从热带到温带 33 个不同植被类型放牧草场的大量放牧强度试验数据发现,家畜的个体增重与放牧强度之间存在一种线性关

系的结论一致,也与周立等<sup>[9]</sup>在高寒草甸、汪诗平等<sup>[11]</sup>在内蒙古典型草原绵羊放牧试验以及董全民等<sup>[12]</sup>在高寒草甸牦牛放牧试验的结论一致。

表 2 不同放牧梯度下牦牛的个体增重 kg/头

放牧梯度	2003 年	2004 年	2005 年
极轻放牧	48.7 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>
轻度放牧	44.2 <sup>a</sup>	61.6 <sup>a</sup>	58.0 <sup>a</sup>
中度放牧	40.5 <sup>a</sup>	52.9 <sup>a</sup>	46.5 <sup>a</sup>
重度放牧	38.7 <sup>b</sup>	32.9 <sup>b</sup>	30.0 <sup>b</sup>

注:同一行或同列,字母相同表示差异不显著( $P > 0.05$ );字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 3 放牧强度与牦牛个体增重之间的关系

时间 (年)	回归方程 $y = a - bx$ , ( $b > 0$ )		回归系数 ( $R$ )	显著水平 ( $P$ )
	$a$	$b$		
2003	51.490	1.282 2	- 0.985 3	< 0.01
2004	74.238	3.161 8	- 0.922 7	< 0.05
2005	71.227	2.701 9	- 0.918 5	< 0.05

**2.2 放牧强度对单位面积草地牦牛增重的影响** 当放牧强度为  $x$ ,也即每公顷人工草地有  $x$  头牦牛时,由方程(1),每公顷人工草地的牦牛总增重  $y_T$ (kg/hm<sup>2</sup>)为:

$$y_T = ax - bx^2 \quad (2)$$

另外,各放牧季每公顷草地牦牛活体增重见表 4。方差分析表明,相同放牧区每公顷草地牦牛总增重之间的差异不显著( $P > 0.05$ ),而同一放牧季各放牧区牦牛总增重之间的差异极显著( $P < 0.01$ )。进一步做新复极差分析,各年度轻度、中度和重度放牧区每公顷草地牦牛总增重之间的差异显著( $P < 0.05$ ),与极轻放牧区每公顷草地牦牛总增重之间的差异极显著( $P < 0.01$ )(表 4)。

表 4 不同放牧强度下单位面积牦牛增重的变化

放牧梯度	2003 年	2004 年	2005 年
极轻放牧	126.7 <sup>A</sup>	164.8 <sup>A</sup>	159.6 <sup>A</sup>
轻度放牧	234.0 <sup>Ba</sup>	326.5 <sup>Ba</sup>	311.9 <sup>Ba</sup>
中度放牧	323.8 <sup>Bb</sup>	423.0 <sup>Bb</sup>	434.4 <sup>Bb</sup>
重度放牧	406.0 <sup>Bc</sup>	345.5 <sup>Bc</sup>	357.0 <sup>Bc</sup>

注:同一行或同列,大写字母不同者,为差异极显著( $P < 0.01$ );小写字母不同者,为差异显著( $P < 0.05$ );字母相同者,为差异不显著( $P > 0.05$ )。

回归分析表明,2003年每公顷草地牦牛总增重与放牧强度呈显著的线性回归关系,而2004和2005年每公顷草地牦牛总增重与放牧强度呈显著的二次回归关系(表5)。2003年的试验结果与大多数学者的研究结果以及方程(2)的结论不一致。因为放牧强度对草场植被及土壤的影响具有“滞后效应”,这种“滞后效应”在短期放牧内可能会掩盖放牧强度对草地土壤养分含量甚至草地第一性生产力的真实状况<sup>[9]</sup>,进而对草地第二性生产力产生影响。因此,在放牧第1年,单位面积草地牦牛增重随放牧强度的增加而呈上升趋势;在

放牧第2年和第3年,极轻和轻度放牧区由于牧草残存量(枯枝落叶)较多,这将影响返青初期牧草的生长;而中度放牧区由于牧草的再生性好,营养价值高,加之放牧初期牦牛的“补偿性生长”,牦牛增重明显;对重度放牧而言,放牧初期和中期,牧草生长和再生能力强,生长和再生量能够满足牦牛的采食,但到放牧后期牧草的生长和再生能力下降,牧草资源已不能满足牦牛的采食需求,牦牛出现了负增长,中度放牧区单位面积草地的牦牛增重最大,因此单位面积草地牦牛增重与放牧强度的二次拟合曲线的显著性大于一次曲线。

表5 单位面积草地牦牛增重和放牧强度间的关系

时间(年)	回归方程 $y = ax - bx^2 (b > 0)$ 或 $y = a - bx (b > 0)$				回归系数 ( $R^2$ )		显著水平 ( $P$ )	
	a		b		理论	实际	理论	实际
	理论	实际	理论	实际				
2003	51.490	40.601	1.282 2	3.516 4	0.970 9	0.996 8	<0.01	<0.01
2004	74.238	90.067	3.161 8	5.259 9	0.850 4	0.909 3	<0.05	<0.05
2005	71.227	86.224	2.701 9	4.754 6	0.843 6	0.894 5	<0.05	<0.05

**2.3 牧草生长季牦牛的最佳放牧强度** 在3个放牧季内,各放牧季牦牛的个体增重与放牧强度均呈显著的线性回归关系。尽管对极轻和极重的放牧强度下直线或曲线的形状存在一些争议,但对其间很大的放牧强度范围内存在着线性关系,则是人们普遍接受的。因此,对于每公顷的人工草地,若以牦牛的活重来度量其牦牛生产力,则可用方程(2)表示每公顷草地牦牛生产力与放牧强度之间的定量关系。因为  $b > 0$ ,  $y_T$  达到最大值的放牧强度,为:

$$x = a/2b \quad (3)$$

由方程(1)可知,草场的最大负载能力(牦牛个体增重为0时的放牧强度)  $x_c = a/b$ ,因此  $x$  恰好是草场最大负载能力  $x_c$  的一半。相应的  $y_T$  最大值为:

$$y_T \max = a^2/4b = (a/b) \cdot a/4 = x_c \cdot a/4 \quad (4)$$

表明每公顷草地的最大牦牛生产力仅由草场的最大负载能力和营养水平决定。显然,这二者一旦已知,草场的空间稳定性和恢复力也就比较清楚了。可见营养水平和最大负载能力是评价草场的重要指标。

在试验的第1年,放牧强度对牦牛个体增重显示出一定的差异,虽然不是很明显,但线性关系极显著。在放牧第2年,重度放牧下,牧草返青后,由于牧草的品质好,营养价值高,牦牛增重明显,但到后期,由于牧草的生长和补偿性生长不能满足牦牛的采食需求,个体增重减慢,甚至出现负增长;在极轻和轻度放牧下,由于枯草比较多,反而影响牧草的返青,牦牛增重不是很明显,但到后期,由于牧草资源丰富,优良牧草(莎草和禾草)的数量远大于牦牛的采食需求,牦牛个体增重减慢,但体重依然增加。中度放牧下,牦牛的采食行为刺激莎草和禾草快速生长,优良牧草的品质比较好,营养价值较高,导致牦牛在整个放牧期内的个体增重高于轻度和重度放牧,牦牛个体增重与放牧强度的关系趋向二次拟合曲线。由于放牧强度“滞后效应”,在放牧第3年,放牧强度的差异才是影响牦牛增重的决定因素。应选择第3年的试验数据作为探讨放牧强度对牦牛生产力效应的依据。因此,利用(3)和(4)式,由表2所列各回归方程容易得到人工草地牧草生长季放牧的最佳放牧强度为7.23头/hm<sup>2</sup>。

### 3 小结

相同放牧区每公顷草地牦牛放牧季总增重之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 而同一放牧季各放牧区牦牛总增重之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 2003 年单位面积草地牦牛增重随放牧强度的增加而增加, 2004 和 2005 年单位面积草地牦牛增重随放牧强度的增加呈抛物线变化; 通过回归方程计算得到: 牧草生长季牦牛最佳放牧强度为 7.23 头/  $\text{hm}^2$ 。

### 参考文献

- [1] 董全民, 恰加, 赵新全, 等. 高寒草甸放牧生态系统研究现状[J]. 草业科学, 2007, 24(11): 60-64.
- [2] 刘迎春. 青藏高原多年生人工草地暖季牦牛放牧方式及效益的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004.
- [3] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率对江河源区混播禾草种间竞争力及地上初级生产量的影响[J]. 中国草地, 2005, 27(2): 1-8.
- [4] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 不同牦牛放牧率下江河源区垂穗披碱草—星星草混播草地第一性生产力及其动态变化[J]. 中国草地学报, 2006, 28(3): 10-17.
- [5] 董世魁. 高寒地区多年生禾草混播草地群落稳定性及其调控机制研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2001.
- [6] 董全民, 赵新全, 马玉寿. 放牧率对高寒混播草地主要植物种群生态位的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, (5): 1-6.
- [7] 汪诗平, 王艳芬, 陈佐忠. 放牧生态系统管理[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [8] 董全民, 马玉寿, 赵新全. 江河源区“黑土型”退化人工草地管理技术研究[J]. 草业科学, 2007, 24(8): 9-15.
- [9] 周立, 王启基, 赵京, 等. 高寒草甸牧场最优放牧的研究—藏羊最大生产力放牧强度[A]. 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站. 高寒草甸生态系统(4)[C]. 北京: 科学出版社, 1995. 365-376.
- [10] Jones R J, Sandland R L. The relation between animal and stocking rate. Derivation of the relation from the result of grazing of trials [J]. Agric. Sic., 1974, 83: 335-342.
- [11] 汪诗平, 李永宏, 陈佐忠. 内蒙古典型草原草畜系统适宜放牧率的研究—以绵羊增重及经济效益为管理目标[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 183-191.
- [12] 董全民, 赵新全, 李青云, 等. 牦牛放牧强度对小嵩草高寒草甸草场生产力的影响研究[J]. 家畜生态学报, 2006, 27(4): 73-77.

### Study on optimal grazing intensity for yak in *Elymus nutans*/*Puccinellia tenuiflora* mixed-sown pasture

#### Optimal grazing intensity based on yak live-weight gain during forage growing season

DONG Quan-min<sup>1</sup>, MA You-quan<sup>1</sup>, Li Qing-yun<sup>2</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>3</sup>, MA Yu-shou<sup>1</sup>,  
SUN Xiao-di<sup>1</sup>, SHI Jian-jun<sup>1</sup>, WANG Yan-long<sup>1</sup>, SHEN Li<sup>1</sup>

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810016, China;

2. Qinghai Bureau of Agriculture and Animal Husbandry, Xining 810001, China;

3. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Science, Xining 810001, China)

**Abstract:** The results of grazing trial with yak in *Elymus nutans*/*Puccinellia tenuiflora* mixed-sown pasture cross three grazing seasons showed that total yak live-weight gains of every grazing season in the same grazing plot was not significantly different ( $P > 0.05$ ) but total yak live-weight gains of every grazing plot were extremely significant difference in the same grazing season ( $P < 0.01$ ), and that the relationship between live-weight gains per yak of every grazing plot and grazing intensities showed a linear regression. The yak live-weight gain per hectare increased with the increase of grazing intensities in 2003, and the relationship between live-weight gains per yak of every grazing plot and grazing intensities showed a quadratic regression in 2004 and 2005. The optimal grazing intensity of yak during forage growing season was 7.23 head/  $\text{hm}^2$  by calculating with quadratic regression equation.

**Key words:** mixed-sown pasture; yak; live-weight gain per yak; live-weight gain per hectare; optimal grazing intensity