维普资讯 http://www.cqvip.com

牦牛放牧强度对高寒草甸暖季草场植被的影响

董全民[1,2]，马玉寿[1]，李青云[1]，施建军[1]，王启基[2]

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

摘要：暖季草场2年的放牧试验结果表明：随着放牧强度的提高，优良牧草盖度降低，杂草盖度增加，而且优良牧草盖度的年度变化与放牧强度呈极显著负相关，杂草盖度的年度变化与放牧强度呈极显著正相关；经过1年的放牧，不同放牧强度下植物群落发生了变化，进一步回归分析，相似性系数的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关；地上生物量的变化基本呈"S"型变化，而且随着放牧强度的加重，地上生物量趋于减小，优良牧草的比例减少，杂草比例增加；优良牧草比例的年度变化与放牧强度呈极显著负相关，而杂草比例的年度变化与放牧强度呈极显著正相关。

关键词：放牧强度；高寒草甸；群落结构；地上生物量及其组成

中图分类号：S812-05　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-0629(2004)02-0048-06

青藏高原是我国主要畜牧业基地，天然草地约1.5亿 hm^2，约占我国草地面积的30%。其中，高寒草甸草场约0.7亿 hm^2，约占青藏高原草地面积的49%。草地资源丰富，草质柔软，营养丰富，具有高蛋白、高脂肪、高碳水化合物以及纤维素含量低，热值含量高等特点，是发展高原草地畜牧业的物质基础。但是，由于长期对草地资源不合理的开发利用，超载过牧使生物多样性受到严重威胁，草地植物群落结构发生变化，优良牧草因丧失竞争和更新能力而逐渐减少，毒杂草比例增加，大面积草地退化，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。

有关放牧强度国外早有报道[1-10]。这些报道表明，放牧强度比放牧体系更重要。在国内，高寒草甸上放牧强度的研究以应用绵羊的比较多见[11-15]。在青藏高原，有关牦牛放牧强度的报道还不多见，为此对牦牛放牧强度对高寒草甸暖季草场植被的影响做了研究。

收稿日期：2002-11-14
基金项目：青海省"九·五"攻关项目(96-N-112)
作者简介：董全民(1972-)，男，甘肃天水人，在读博士生。

Age structure of Leymus chinensis populations in different soil substrates on the Songnen Plain

DING Xue-mei, WANG Yong-xin, YANG Yun-fei
(Ministry of Education Key Laboratory of Vegetation Ecology, Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: *Leymus chinensis* is a perennial grass forage of high quality. Age structures of populations in different soil substrates in the middle of May during the vegetative period were studied on the Songnen Plain of China. There were three age classes of tillers, ages 1, 2 and 3. The populations all showed increasing age structures. Tillers of ages 1 and 2 were extremely dominant, accounting for 89.4%～99.7%, while age 3 tillers only accounted for 0.3%～10.6%. The rhizome age structures of all the populations were made up of ages 2, 3, and 4. Age 2 rhizomes were the longest and heaviest, followed by age 3, and the proportion of age 4 rhizomes was very small. Rhizome reserves declined with increasing age. The high proportion of investment into young tillers and rhizomes is an effective ecological countermeasure to enlarge the population's living space.

Key words: *Leymus chinensis* population; soil substrate; tiller; rhizome; biomass; age structure

维普资讯 http://www.cqvip.com

1 试验地自然概况

青海省达日县窝赛乡，位于北纬 99°47′38″，东经 33°37′21″，海拔 4 000 m，气候寒冷，年均温 −1.2 ℃，1 月均温 −12.9 ℃，7 月均温 9.1 ℃，≥0 ℃年积温 1 081 ℃，≥5 ℃年积温 714.9 ℃，生长季 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 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 材料和方法

2.1 试验牦牛 选取 16 头 2.5 岁、体重为 100 ±5 kg($P<0.05$)阉割过的健康公牦牛，试验前均投药驱虫。

2.2 试验设计 试验于 1998 年 6 月 28 日开始，2000 年 5 月 30 日结束。试验分 4 个处理：轻牧(牧草利用率为 30%)、中牧(牧草利用率为 50%)、重牧(牧草利用率为 70%)和对照(牧草利用率为 0)，每个处理 4 头牦牛。根据草场地上生物量、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧强度(表 1)。

表 1 放牧强度试验设计

处理	试验用牛(头)	草场面积(hm^2)		放牧强度(头/hm^2)	
		暖季	冷季	暖季	冷季
轻牧	4	4.50	5.19	0.89	0.77
中牧	4	2.75	3.09	1.45	1.29
重牧	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，按优良牧草(莎草和禾草)、杂草分类，称其鲜质量后在 80 ℃的恒温箱烘至恒重。每年 8 月下旬测定植被地上生物量的同时，测定植被群落的种类组成及其特征值(频度、盖度、高度、密度和生物量)。

用 Excel 和 SPSS 软件在计算机上应用一般性模型和曲线拟合方法进行数据的分析、处理和方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同植物类群盖度的变化 从表 2 可以看出，轻牧、中牧、重牧和对照组优良牧草的盖度 1999 年分别比 1998 年提高 1.9，1.1，−2.4 和 5.0；杂草的盖度分别提高 −2.7，7.7，15.2 和 −4.1。进一步作方差分析，优良牧草的盖度在不同处理间差异极显著($F=55.73>F_{0.01}=29.46$)，但年度间差异不显著；杂草的盖度在年度和处理间差异均不显著。这是因为在暖季草场，牦牛放牧时正处于牧草生长期，轻牧组牧草充足，牦牛对杂类草基本不采食，同时杂类草受优良牧草的抑制而生长缓慢；而中牧和重牧组，特别是重牧组，牦牛对适口性比较好的牧草采食比较完全，杂草受优良牧草的抑制作用也相对减弱，组分冗余更加突出，不仅表现为杂草盖度增加，亦表现为冗余植物(杂草)绝对产量的增加，它们进一步竞争到了更多的阳光和土壤养分，使优良牧草的生产受到更为严重的胁迫(资源亏损胁迫)[16]，导致植物群落结构和组成发生变化。随着放牧强度的加大，优良牧草盖度降低，杂草盖度增加。显然，优良牧草盖度的年度变化与放牧强度呈负相关关系，杂草盖度的年度变化与放牧强度呈正相关关系，其回归方程见图 1。

表 2 暖季草场不同植物类群的盖度 %

处理	优良牧草			杂草		
	1998 年	1999 年	盖度变化	1998 年	1999 年	盖度变化
轻牧	62.5	64.4	1.9	33.7	31.0	−2.7
中牧	51.9	53.0	1.1	35.3	43.0	7.7
重牧	42.7	40.3	−2.4	37.5	52.7	15.2
对照	63.9	68.9	5.0	29.7	25.6	−4.1

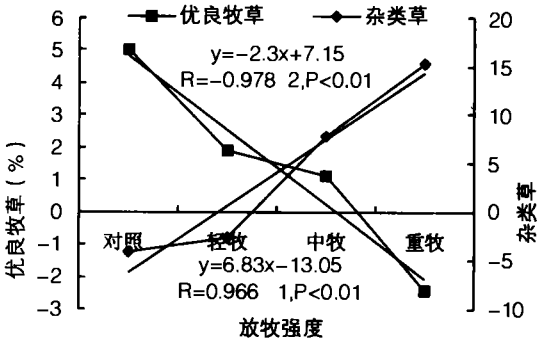

图1 放牧强度与优良牧草和杂草盖度年度变化的关系

维普资讯 http://www.cqvip.com

3.2 植物种优势度分析 优势种植物的变化是衡量草地状况的有效方法,表现在优势种和次优势种植物的替代种及伴生种的不同。

表3中只列出了优势度排在前10位的10种植物。不同放牧强度下,植物优势种存在一定差异。1998年,在轻牧条件下,小嵩草为主要优势种,次优势种为矮嵩草、兰石草和鹅绒委陵菜等;中牧条件下,小嵩草为主要优势种,高原早熟禾、鹅绒委陵菜、兰石草等为次优势种;重牧条件下,鹅绒委陵菜为主要优势种,小嵩草、垂穗披碱草和高原早熟禾等为次优势种。其中,优良牧草(禾草科+莎草科)所占比例依次为对照(38.64%)>轻牧(38.48%)>中牧(30.89%)>重牧(23.64%)。从优势种与次优势种植物种数来看,优良牧草与杂草的分布比例为:轻牧1∶0.5,中牧1∶0.429,重牧1∶1。经过1年的放牧至1999年,各放牧处理植物群落发生了变化:轻牧和重牧组的优势种没有变化,中牧组小嵩草比例增加,而鹅绒委陵菜比例降低。

3.3 相似性系数的变化 相似性系数与多样性指数是反映群落组成的2个重要参数。相似性系数的大小可以说明群落组成的差异水平,多样性指数则是群落物种的丰富度和均匀度综合反映,是评价生态系统结构和功能复杂性以及生态异质性的重要参数。相似性系数值下降表示群落相对变化增大,反之,表示群落相对变化减小。植物群落除了受放牧强度影响之外,还受气候变化的影响。对照区植物群落的年度变化体现了年度气候变化的影响。因此,以对照区植物群落为基准的相似性系数的年度变化,消除了年度气候变化的影响,完全是放牧的结果,相似性系数的年度变化可以说明放牧强度对植物群落年度变化的影响。

从表4可以看出,1998年不同放牧区的相似性系数均较高但差异不显著($P>0.05$)。从相似性系数的年度变化来看,除了轻牧组外,中牧和重牧组均有不同程度的下降,其中重牧组下降幅度最大,其次为中牧组。这说明1999年除轻牧组外,中牧和重牧组植物群落都朝着接近对照组植物群落的方向变化(变化增大),而轻牧组植物群落都朝着偏离对照组植物群落的方向变化(变化减小)。进一步作回归分析,相似性系数的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关(图2)。由于相

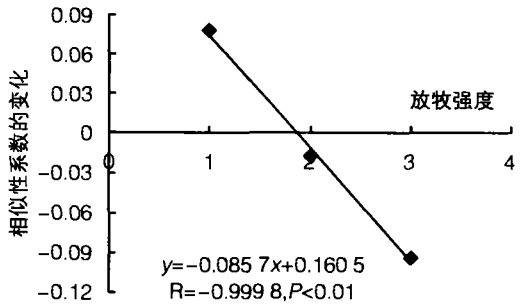

图2 放牧强度与植物群落相似性系数的关系

表3 不同放牧强度下植物优势度的变化

植物名称	处理					
	轻牧		中牧		重牧	
	1998年	1999年	1998年	1999年	1998年	1999年
矮嵩草 *Kobresia tibetica*	0.512 0	0.415 0	0.386 5	0.457 5	0.215 5	0.310 0
兰石草 *Lancea tibetica*	0.510 0	0.415 3	0.299 0	0.382 0	0.216 0	0.306 0
鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*	0.501 0	0.425 2	0.548 5	0.461 0	0.545 2	0.490 9
小嵩草 *K. parva*	0.524 5	0.471 5	0.519 7	0.544 8	0.511 5	0.484 9
落草 *Koeleria cristata*	0.426 0	0.343 0	0.439 0	0.472 0	0.430 0	0.307 5
紫羊茅 *Festuca rubra*	0.425 5	0.216 5	0.510 3	0.226 5	0.216 5	0.188 5
雪白委陵菜 *P. bifurca*	0.394 5	0.238 0	0.335 5	0.255 0	0.238 0	0.3165
雅毛茛 *Ranunculus pulchellus*	0.457 0	0.327 5	0.506 5	0.418 5	0.427 5	0.476 5
垂穗披碱草 *Elymus nutans*	0.491 0	0.304 5	0.424 0	0.522 0	0.504 5	0.484 5
高原早熟禾 *Poa alpigena*	0.418 5	0.452 0	0.459 0	0.447 0	0.452 0	0.468 5

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 4 不同放牧下暖季草场植物群落相似性系数变化

放牧强度	年份	相似性系数	年度变化
轻度	1998 年	0.874 2	0.007 8
	1999 年	0.882 4	
中度	1998 年	0.885 2	−0.017 3
	1999 年	0.867 9	
重度	1998 年	0.892 3	−0.093 4
	1999 年	0.798 9	

似性系数已去除了年度气候变化的影响，可以认为各放牧组植物群落的年度变化是不同放牧强度的结果。

2.4 地上生物量的变化 不同放牧强度下地上生物量发生明显的变化(图 3)。从返青期开始，地上生物量逐渐增加，8 月底达到高峰，大约 15 d 以后，随着气温的降低，植物体开始衰老枯黄，地上生物量逐渐降低。在试验期内，地

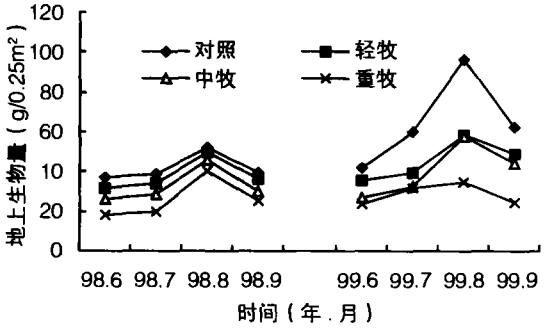

图 3 不同放牧强度下地上生物量的季节和年动态变化

上生物量的变化出现了“低—高—低”的变化趋势，基本呈“S”型变化。随着放牧强度的加重，地上生物量趋于减小，其中重牧组减小幅度最明显。各年度不同放牧强度下各月地上生物量均低于对照区，且随着放牧强度的加重呈递减趋势。从年度变化来看，1999 年轻牧和中牧区各月的地上生物量略高于 1998 年，对照组各月的地上生物量明显高于 1998 年。轻牧组牧草充足，牦牛的采食对生物量影响不大，变化主要受牧草生长规律的影响，重牧组变化除了受牧草生长规律的影响外，牦牛的采食对生物量影响也很大[17]。

2.5 地上生物量组成的变化 在不同放牧强度下，随着放牧强度的增加，优良牧草的平均比例减少，杂草比例增加(表 5)；经过 1 年的放牧，重牧和中牧组杂草比例增加，而优良牧草比例下降；轻牧和对照组杂草比例下降，而优良牧草比例增加。这是因为放牧强度加大抑制了优良牧草特别是禾本科牧草的生长和种子更新，导致禾本科牧草减少。另外，因为构成内禀冗余的植物(杂草)虽不为牦牛喜食，但一些植物可被其他动物利用，这对草地群落的生物多样性和均匀度有重要作用。由于内禀冗余的存在，优良牧草的植物群落随放牧强度的加重，补偿和超补偿作用加强，就会增加种群数量和生物量，补偿放牧强度过高时群落的功能降低；同时放牧强度的增加，加大了对优良牧草的采食，这样为杂草的入侵和一些喜光的双子叶植物的生长发育创造了条件，成为草场退化的诱因[18]。另一方面，在中牧和重牧情况下，植株高的禾草比例的减少提高了群落的透光率，从而使下层植株矮小的莎草和杂草获得的光增多，光合作用的速率提高、干质量积累增加。从各放牧试验组总的优良牧草比例的变化来看，重牧组第 2 年比第 1 年减小，中牧组基本没有变化，轻牧组略有增加，而对照组有较大幅度的增加。回归分析表明，优良牧草比

表 5 不同放牧强度各植物类群平均地上生物量组成 %

生物量组成	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	0.422 1	0.346 1	0.610 9	0.610 2	0.699 9	0.709 1	0.674 7	0.736 5
优良牧草比例年度变化	−0.076 1		−0.000 7		0.009 2		0.058 8	
杂草比例	0.577 9	0.653 9	0.389 1	0.389 8	0.300 1	0.290 9	0.325 3	0.263 5
杂草比例年度变化	0.076 1		0.000 7		−0.009 2		−0.058 8	

注：计算不同植物类群的百分比组成时，采用牧草生长期(6—9 月)各月不同植物类群地上生物量的平均值。

维普资讯 http://www.cqvip.com

例的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关关系($R=-0.963\ 1$, $P<0.01$),而杂草比例的年度变化与放牧强度呈极显著的正相关关系($R=0.963\ 1$, $P<0.01$),年度变化与放牧强度的回归方程分别为:

$$y=0.101\ 5-0.041\ 5x\ (x\geqslant 0)$$
$$(R=-0.963\ 1,\ P<0.01)$$
$$y=0.041\ 5x+0.101\ 5\ (x\geqslant 0)$$
$$(R=0.963\ 1,\ P<0.01)$$

3 结论

3.1 随着放牧强度的提高,优良牧草的盖度降低,杂草的盖度提高,且优良牧草盖度的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关关系($R=-0.978\ 2$, $P<0.01$),杂草盖度的年度变化与放牧强度呈极显著的正相关关系($R=0.966\ 1$, $P<0.01$)。

3.2 经过1年的放牧,各放牧处理植物群落发生了变化:轻牧和重牧组的优势种没有变化,中牧组的优势种发生了变化。

3.3 1998年不同放牧强度相似性系数均较高差异不显著,从相似性系数的年度变化来看,轻牧组上升了0.007 8,中牧和重牧组分别下降了0.017 3和0.093 4;进一步作回归分析,相似性系数的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关关系($R=-0.999\ 8$, $P<0.01$),由于相似性系数已去除了气候年度变化的影响,可以认为各放牧区植物群落的年度变化是不同放牧强度的结果。

3.4 地上生物量的变化出现了"低—高—低"的变化趋势,基本呈"S"型变化,随着放牧强度的加重,地上生物量趋于减小,其中重牧组减小幅度最明显;各年度不同放牧强度下各月(6—9月)的地上生物量均低于对照组,且随着放牧强度的加重呈递减趋势。

3.5 随着放牧强度的增加,优良牧草的比例减少,杂草比例增加;经过1年的放牧,重牧和中牧组杂草比例增加,而优良牧草(禾草和莎草)比例下降;轻牧和对照组杂草比例下降,而优良牧草(禾草和莎草)则比例增加,且优良牧草比例的年度变化与放牧强度呈极显著的负相关关系($R=-0.963\ 1$, $P<0.01$),而杂类草比例的年度变化与放牧强度呈极显著的正相关关系($R=0.963\ 1$, $P<0.01$)。

致谢:得到胡自治导师多方面的指导和关心,特此致谢!

参考文献:

[1] Ellison L. Influence of grazing on plant succession of rangelands[J]. Bot. Rev. ,1960, (26):1-78.

[2] Broadent P J. The use of grazing control for fat lamb production Ⅱ. The grazing rates and grazing systems with a fixed severity of grazing on the out of fat lamb per acre[J]. Grassland soc. ,1964, 19-15.

[3] Hart R H, Sanuel M J, Test P S, *et al* Cattle, vegetation and economic responses to grazing systems and grazing pressure[J]. Range Manage. , 1988, (41):181-286.

[4] Jones R J, Sandland R L. The relationship between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials[J]. J. Agric. Sci. Camb. , 1974,(83): 335-342.

[5] Van poolen H W. herbage response to grazing system and stocking intensities[J]. Range Mange. , 1979,(32):250-253.

[6] Journet M, Demarquilly C. Grazing[A]. Freeding strategy for the high yielding cow[C]. Granada Pulishing Co. , St. Albans. ,1979. 259-331.

[7] McNaughton S I. On plants and herbivores[J]. Amer. Natur. , 1986,(128): 764-770.

[8] Noy Meir I. Compensating growth of grazed plants and its relevance to the use of rangelands[J]. Ecological application, 1993,(3):32-34.

[9] Le Horerou H N, Bingham R L, Skerbek W. Towards a probabilitic approach to rangeland development planning[R]. TheⅡinternational Rangelang Congress, Australia, 1984. 127-136.

[10] Willms W D. Effects of stocking rate on a rough fescue grassland vegetation[J]. Range Manage. , 1985,38 (3):220-225.

[11] 王启基,周兴民,张堰青,等. 放牧对金露梅生长发育和生物量的影响[A]. 高寒草甸生态系统(第3集)[C]. 1991. 9-89.

维普资讯 http://www.cqvip.com

[12] 王启基，周立，王发刚．放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应分析[A]．高寒草甸生态系统(第4集)[C]．1995．353-364.

[13] 汪诗平，李永宏，陈佐忠．内蒙古型草原草畜系统适宜放牧强度的研究Ⅰ－Ⅱ[J]．草地学报，1999，(3)：183-197.

[14] 周立，王启基，赵京，等．高寒草甸牧场最优放牧强度的研究Ⅰ－Ⅳ[A]．高寒草甸生态系统[C](第4集)．1995．353-364.

[15] 李永宏，陈佐忠．草原放牧系统持续管理试验研究[J]．草地学报，1999，(3)：173-182.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 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.

Effects of yaks stocking pates on aboveground and belowground blomass in kobrecia parva alpine meadow

DONG Quan-min[1,2], LI Qing-yun[1], MA Yu-shou[1], SHI Jian-jun[1]

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences Xining 810003 China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy Of Science Xining 810002, China)

Abstract: Stocking rates of yaks had obvious effects on aboveground and belowground biomass in Kobrecia parva alpine meadow. There was significant difference between biomass of grasses and sedges, total biomass and different stocking rates($P<0.05$), and ratio of sedges and grasses decreased, ratio of palatable weeds and toxic weeds increased with the rise of stocking rates. The yearly changes of biomass composition for desirable herbage were negatively correlated with stocking rates($P<0.01$), and the yearly changes of biomass composition for weeds were positively correlated with stocking rates ($P<0.01$). The absolute growth ratio of aboveground biomass reached to the maximum in July in 1999, but in 1998, it reached to the maximum in cold－season pastureland in August, and as for warm-season pastureland, it reached to the maximum for control and light grazing in July, in August for moderate and heavy grazing. There was an obviously decreasing trend on the belowground biomass of every soil stratum with the increase of stocking rates. Belowground biomass of 0～10cm, 10～20cm and 20～30cm amounted to 88.04～89.37%, 7.14～9.34% and 2.25～3.5% of 0～30cm total belowground biomass respectively in warm-season pastureland, and 88.01～91.14%, 5.44～8.04% and 3.42～3.94% in cold-season pastureland respectively. There were negative correlation relationships between aboveground biomass, belowground biomass for different soil stratums and stocking rates, and their linear regression equation as follows: $Y=a-bx$ ($b>0$)It was a positive correlation relationship between aboveground biomass and belowground biomass, and regression equation as follows: $Y=a+bx$ ($b>0$)

Key words: yak; stocking rates; Kobrecia parva alpine meadow; aboveground biomass, belowground biomass

本刊如有印装质量问题请将原杂志寄回，由本部负责调换。电话：(010)64953626