

文章编号: 1007-0435(2005)04-0334-06

# 牦牛放牧强度与小嵩草高寒草甸植物群落的关系

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, 西宁 81002; 2. 青海省畜牧兽医科学院, 西宁 810003)

**摘要:** 分析牦牛放牧强度对小嵩草(*Kobresia parva*)高寒草甸生物量和群落结构的影响。结果表明: 优良牧草比例和牦牛个体增重的年度变化呈正相关; 在牦牛放牧条件下, 优良牧草比例年度变化是评价小嵩草高寒草甸放牧价值的直接度量指标; 而相似性系数和草地质量指数的变化与牦牛生产力没有明显的联系, 只能指示植物群落整体的相对变化程度; 当放牧强度为 1.86 头/hm<sup>2</sup> 时, 能维持优良牧草比例和牦牛年度增重, 是保持小嵩草高寒草甸不退化的适宜放牧强度。  
**关键词:** 小嵩草高寒草甸; 放牧强度; 优良牧草; 地上生物量; 植被变化指标

中图分类号: S812 文献标识码: A

## Studies on the Relationship Between Grazing Intensities for Yaks and Plant Groups in *Kobresia Parva* Alpine Meadow

DONG Quan-m in<sup>1,2</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>1</sup>, MA Yu-shou<sup>2</sup>, LI Qing-yun<sup>2</sup>, WANG Qi-ji<sup>1</sup>, SHI Jian-jun<sup>2</sup>

(1. Institute of Biology of Northwest Plateau, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810002 China;

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

**Abstract:** The trial was conducted in Dari County of Guoluo Prefecture, Qinghai Province, from 1998 through 1999. According to the usual practice of rotation grazing in Qinghai-Tibet Plateau, the trial area was divided into the warm-season and cold-season grazing pastures. Grazing times were five months (June-October) in the warm-season pastureland and 7 months (November-May) in the cold-season one. Each grazing pasture was divided into three paddocks that stocked yaks, and theoretically, 30%, 50%, and 70% of the herbage yield in a year would be consumed in the grazing period. Aboveground biomass of different plant groups and community structures constituted under different grazing intensities had been studied according to the data collected during the two years' yak grazing in the *Kobresia parva* alpine warm-season pastureland. The results indicate that a positive correlation existed between the rate of desirable forage and the yearly live-weight gain of each yak. By setting up a standard of vegetation change extent, it was determined that the yearly change of the rate of desirable forage of a yak-grazing *K. parva* alpine pastureland was the direct measuring index of its grazing value, while the change of similarity coefficient, and pastureland quality index were not distinctly related to the yak production, and, therefore, did not reflect the change of the grazing value of the pastureland, but merely reflected the extent of relative change of the total plant communities. When grazing intensity reached 1.86 head/hm<sup>2</sup>, the pastureland maintained the rate of desirable forage and ensured the yearly live-weight gain of the yaks as well. Consequently, 1.86 heads/hm<sup>2</sup> is considered to be the maximum grazing intensity assuring a lush green *K. parva* alpine warm-season pastureland.

**Key words:** *Kobresia parva* alpine meadow; Grazing intensity; Aboveground biomass, Ratio of desirable forage; Standard of vegetation changes

收稿日期: 2004-12-20; 修回日期: 2005-06-09

基金项目: 青海省“九·五”攻关项目(编号 96N-112)和国家“十五”科技攻关重大项目(编号: 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, 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研究,  
E-mail: dongquamm in@hotmail.com

仅以家畜个体增重和公顷增重为目标探讨草地放牧系统,不能反应草场随着放牧强度变化的任何信息<sup>[1, 2]</sup>。放牧家畜引起草场生物量和植被结构的变化,从而判断植被的变化趋势是好还是坏,取决于采用什么标准度量。有些学者以草场地上净初级生产力为标准,将最大净初级生产力的放牧率作为最适放牧率<sup>[3-5]</sup>,也有根据公顷增重和放牧之间的关系及放牧与牧草现存量的关系,作为决定最适放牧的标准<sup>[6]</sup>。但是,不论采用什么标准,必须依草场的使用目的而定。人们经营的目的是有生产力和恢复力的草场,即使在这种度量标准下,最终还须建立植被变化和家畜生产力之间的某种联系,以解释草场各种植被状态的好和坏。对于草场植被在理论上存在两种各有侧重的度量标准:一种是植被演替尺度标准,另一种是家畜生产力标准<sup>[7]</sup>,近年来大多数人都接受以家畜生产力标准来衡量植被的变化<sup>[8]</sup>。为此,建立植被变化度量指标,以草场植被群落结构的年际变化,确定小嵩草高寒草甸不退化的最佳放牧强度,势在必行。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区自然概况

试验地选在青海省达日县窝赛乡,位于北纬 99°47'38",东经 33°37'21",海拔 > 4000 m,气候寒冷,年均气温 -1.2℃,最冷月 1 月最热月 7 月的平均气温为 -12.9℃ 和 9.1℃,积温 1081℃,5 月积温 714.9℃,生长季约 4 个月,无绝对无霜期,年均降水量 569 mm,多集中在 5-9 月,年蒸发量 1119.07 mm,雨热同季,利于牧草生长。土壤为高山草甸土,草地为已退化的小嵩草(*Kobresia parva*)高寒草甸。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 试验时间** 试验从 1998 年 6 月 28 日开始,2000 年 5 月 30 日结束。

**1.2.2 试验牦牛** 每个处理有 4 头 2.5 岁,体重 100 ± 5 kg 阉割的公牦牛,个体之间差异不显著 ( $P < 0.05$ ),供试牦牛在实验前投药驱虫。

**1.2.3 实验设计** 实验设 4 个处理,分别是轻度放牧(牧草利用率 30%)、中度放牧(利用率 50%)、重度放牧(利用率 70%)和对照(利用率为 0)。根据生物量、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧强度<sup>[2]</sup>。

**1.3 在围栏内设 3 个具有代表性的固定样点,每月下旬**

在样点取 5 个重复样方(0.5 m × 0.5 m),按莎草、禾草、可食杂和毒杂草分类,用罩笼差额法测定地上生物量<sup>[9]</sup>,称鲜重后在 80℃ 恒温箱烘干至恒重后称干重。同期在早晨空腹称重试验牦牛(用电子秤)。每天早晨 8:00 h 把牦牛分区赶进围栏放牧,晚上 18:00~19:00 h 归牧回圈,夜间不补饲,每日饮水 2 次(出牧前,归牧后)。

**1.4 用 Excel 和 SPSS 软件在 586 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。相似性系数采用 Greg-Smith (1983) 的公式计算<sup>[11]</sup>:**

$$S_m = 2 \sum \ln(U_i^{(m)}, V_i) / \sum (U_i^{(m)} + V_i)$$

式中,  $S_m$ : 相似性系数,  $U_i^{(m)}$ : 放牧处理间植物丰富度,  $V_i$ : 对照区植物丰富度,  $I$  在放牧下植物类群  $i$  ( $I=1, 2, 3, 4$ ), 取其在  $m$  放牧区的生物量(作为丰富度指标)  $U_i^{(m)}$  与对照区生物量  $V_i$  的最小值,对类群之和除以两区总生物量,计算相似性系数  $S_m$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物量变化

年度间各放牧区生物量均低于对照区,且随着放牧强度的加重呈递减趋势。对照区和轻牧区 1999 年生物量略低于 1998 年,但中牧和重牧区略有上升(表 1)。各放牧区和对照区的生物量在两年间基本保持不变。放牧区生物量年度变化较大。随着放牧强度的加重,禾草和莎草生物量呈下降趋势,而可食杂草和毒杂草则呈上升趋势。由于各放牧区生物量基本保持不变,因此不同植物生物量比例的变化,既可表示植被组成的年度变化,也可作为绝对生物量年度变化的相对度量<sup>[10]</sup>(表 1、图 1)。

### 2.2 植被群落变化

由于 1998 年各放牧区植被群落组成的本底差异较大(禾草生物量的百分比组成之间差异极显著  $F = 45.68 > F_{0.01} = 29.46$ ,莎草差异显著  $F = 14.06 > F_{0.05} = 9.28$ ,而可食杂草和毒杂草差异不显著),因此难以比较放牧强度对植被群落组成的影响,因此采用年度(纵向)变化分析放牧强度对植被群落的影响(表 2)。其中最明显的是重牧区和中牧区,1999 年可食杂草和毒杂草的比例比 1998 年增加,而优良牧草(禾草和莎草)下降;轻牧区和对照区可食杂草和毒杂草的比例下降,而优良牧草增加,尤其是禾草有较大幅度的上升。这是因为暖季草场正处于生长期,在牦牛轻度放牧时,由于牧草的自我抑制作用,优良牧草的生长与再生草量比较

低,此时光合作用的产物虽然较多,但呼吸消耗也较大,净光合产物的增长速率仍然较低,因而莎草和禾草的生长受到影响<sup>[10,11]</sup>。在中牧区,因牦牛采食的刺激,使莎草和禾草快速生长,以补偿其损失,但当生物量达到一定水平时,这种补偿又产生牧草的生长冗余<sup>[12]</sup>,因此在中牧区优良牧草生物量的降低比较缓慢。随着放牧强度的加重,在重牧区,虽然补偿可以弥补莎草和禾草盖度降低的损失,但多为牦牛不喜食或不采食的杂类草,因此

杂类草和毒杂草生物量的增加,使禾草和莎草受到更为严重的胁迫(资源亏损胁迫)<sup>[12]</sup>。另一方面,在中牧区和重牧区,因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类草的光通量增高,光合作用速率提高,干物质积累增加。重牧区第2年优良牧草的比例比第1年减小,中牧区没有变化,轻牧区略有增加,而对照区有较大幅度的增加。

表1 放牧区生物量(g/0.25 m<sup>2</sup>) (6-9月)

Table 1 Average aboveground biomass of different plant groups in the

warm-season pastureland (June-September) under different stocking intensities (g/0.25 m<sup>2</sup>)

植物类群 Plant groups	重牧 Heavy grazing		中牧 Moderate grazing		轻牧 Light grazing		对照 Control	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
莎草 Sedges	10.6	10.28	13.30	13.80	17.07	15.33	17.36	15.75
禾草 Grasses	5.30	3.70	9.73	9.65	11.13	13.68	33.75	32.53
可食杂草 Palatable weeds	13.94	19.95	9.17	10.87	9.13	8.21	8.68	6.99
毒杂草 Toxic weeds	7.83	6.47	5.50	4.88	4.77	3.69	3.72	3.14
总生物量 Total aboveground biomass	37.67	40.40	37.70	39.20	42.10	40.91	63.51	58.41
优良牧草 Desirable herbage	15.90	13.98	23.03	23.45	28.20	29.01	51.11	48.28
优良牧草比例 Ratio of desirable herbage (%)	42.21	34.60	61.09	61.02	66.98	70.91	67.48	73.66

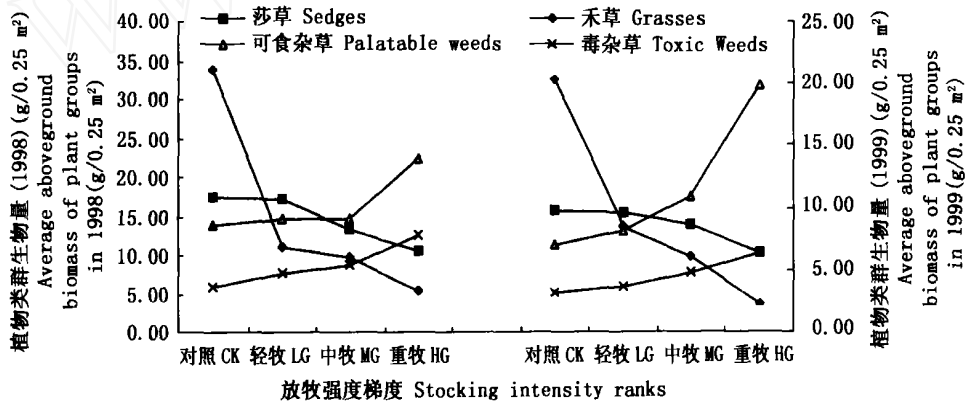


图1 放牧强度对生物量的影响

Fig. 1 Effects of stocking intensity on average aboveground biomass of different plants (g/0.25 m<sup>2</sup>)

表2 放牧区生物量组成(%) (6-9月)

Table 2 Average aboveground biomass percentage of different plant groups in the warm-season

pastureland (June-September) with different stocking intensities (%)

植物类群 Plant groups	重牧 Heavy grazing		中牧 Moderate grazing		轻牧 Light grazing		对照 Control	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
莎草 Sedges	28.14	25.45	35.28	35.20	40.55	37.47	27.33	25.96
禾草 Grasses	14.07	9.16	25.81	25.82	29.44	33.44	40.14	47.69
可食杂草 Palatable weeds	37.01	41.38	24.32	24.73	21.69	20.07	16.67	11.97
毒杂草 Toxic weeds	20.79	24.01	14.59	15.45	11.33	9.02	9.86	5.38
优良牧草比例 Ratio of desirable herbage	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 Yearly changes of desirable herbage ratio		-7.61		-0.07		3.93		5.88

### 2.3 放牧强度与优良牧草及牦牛增重的关系

回归分析结果表明,优良牧草比例和牦牛个体增重与放牧强度均呈负相关关系( $R_{1998}$ 年牧草比例 = -0.9596,

$P < 0.05$ ;  $R_{1999}$ 年牧草比例 = -0.9699,  $P < 0.05$ ;  $R_{1998}$ 年个体增重 = -0.8499,  $P < 0.10$ ;  $R_{1999}$ 年个体增重 = -0.9921,  $P < 0.01$ )。1998和1999年优良牧草比例与放牧强度之间回归直线交点对应的放牧强度,牦牛个体增重与放牧

强度之间回归直线交点对应的放牧强度基本相等(放牧强度分别为 1.83 头/hm<sup>2</sup> 和 1.89 头/hm<sup>2</sup>), 而优良牧草比例和牦牛个体增重的年度变化与放牧强度之间两回归直线交点对应的放牧强度的为 1.86 头/hm<sup>2</sup>, 即放牧强度为 1.86 头/hm<sup>2</sup> 时基本能维持优良牧草比

例和牦牛个体增重年度不变。如果高于该放牧强度, 优良牧草比例和牦牛个体增重在第 2 年末下降, 反之则上升。而且偏离越远, 上升或下降幅度越大。显然, 优良牧草比例和牦牛个体增重年度变化之间呈正相关。

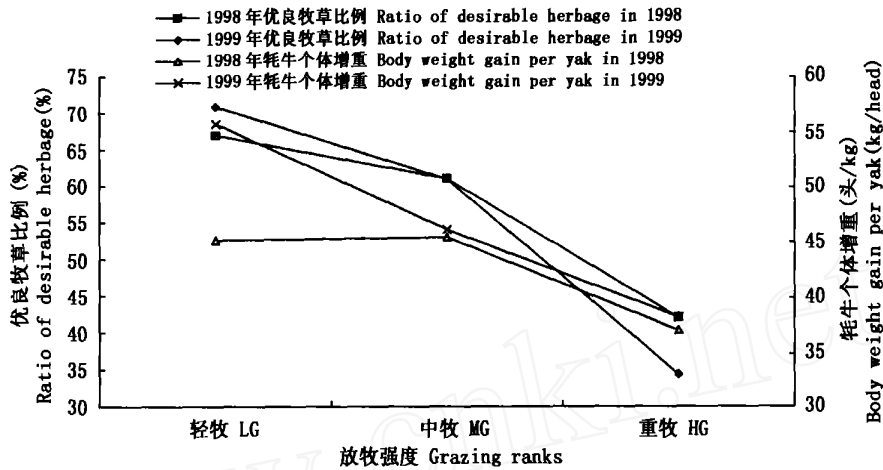


图 2 放牧强度与优良牧草比例和牦牛增重的关系

Fig 2 Changes of ratio of desirable herbage and body weight gain per yak with grazing ranks

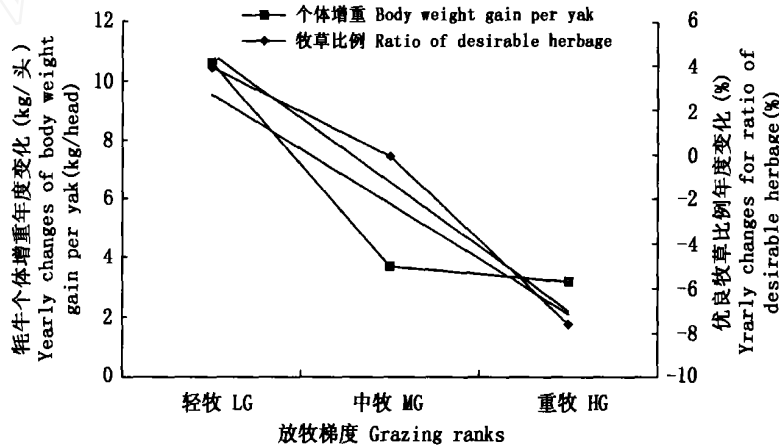


图 3 放牧区优良牧草比例和牦牛个体增重年度变化

Fig 3 Yearly changes of ratio of desirable herbage and body weight gain per yak under three stocking intensities

## 2.4 植物群落相似性系数变化

2.4.1 相似性系数是反映群落组成的重要参数, 它的大小说明群落组成的差异水平, 是评价生态系统结构的复杂性以及生态异质性的的重要参数。可以看出,  $U_i^{(m)}$  与  $V_i$  的最小值和两组植物群落的丰富度 ( $\sum U_i^{(m)}$ ,  $\sum V_i$ ) 决定了  $S_m$  的大小。显然,  $0 < S_m < 1$ 。当  $m$  放牧区的植物群落与对照组相同时,  $S_m = 1$ , 即没有变化。若  $S_m = 0$ , 则表明该组植物群落与对照相比, 在组成和丰富度两方面完全改变了。因此,  $S_m$  值下降表示群落相对变化增大, 反之, 变化则减小。

2.4.2 植物群落除了受放牧强度的影响之外, 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, 以对照区基准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。所以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<sup>[11]</sup>。从表 3 可以看出, 1998 年各放牧区的相似性系数均较高且相差不多。但相似性系数的年度变化, 除轻牧区外, 中牧和重牧区均有不同程度的下降, 其中重牧区下降幅度最大, 其次为中牧区。说明 1999 年除轻牧区外, 中牧和重牧区植物群落都接近对照区的方向变化(变化增大), 而轻牧区植物群落则偏离对照区。由于相似性系数已去除年度气候变化的影响, 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影响结果<sup>[11]</sup>。

表3 放牧强度与植群落相似性系数变化

Table 3 Changes of similarity coefficients ( $S_m$ ) for plant communities in warm season under different stocking intensities

放牧强度 Stocking intensity	轻牧 Light grazing		中牧 Moderate grazing		重牧 Heavy grazing	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
相似性系数 Coefficient of similarity	0.8742	0.8824	0.8852	0.8679	0.8923	0.7989
年度变化 Yearly change	0.0078		-0.0173		-0.0934	

### 3 讨论

#### 3.1 优良牧草比例与牦牛生产力的关系

牦牛个体增重应该是优良牧草年比例和生物量年度变化的函数<sup>[10]</sup>。但由于放牧区生物量的年度差异不显著,因此只有优良牧草比例是暖季草场牦牛个体增重年度变化的决定因素。但其它类型的草场或放牧时间较长的试验数据,各放牧区生物量随着放牧强度的不同而呈明显的年度变化,生物量则成为影响个体增重的主要因素之一<sup>[2,10]</sup>。因此有关牦牛放牧对生物量、牧草补偿和超补偿生长能力以及草-畜之间的互作效应尚需进一步研究和探讨。

#### 3.2 小嵩草高寒草甸放牧强度的标准

3.2.1 经营草场的目的是增加家畜生产力,这取决于放牧强度和家畜生产力<sup>[10,13]</sup>。因此评价小嵩草高寒草甸变好或变坏,应以放牧强度与牦牛生产力的提高或降低为标准。如果植被的变化使得牦牛个体生产力提高,植被就向好的方向变化;相反则变劣。

3.2.2 小嵩草高寒草甸植被的状态可以直接用牧草的数量和质量表示,因为它决定了任一放牧强度下的家畜生产力或个体生产力<sup>[2,10,15]</sup>。相反,也能反应植被状态,两者相互对应。家畜生产力与小嵩草高寒草甸植被的年度变化也相互对应,家畜个体生产力逐年提高或降低,表明小嵩草植被状态逐年改善或变劣,反之亦然。

3.2.3 本试验,由于各放牧区的年度生物量之间差异不显著,因此小嵩草植被状态的变化就是牧草质量(优良牧草比例)的变化,从而牧草质量的年度变化决定了各放牧区牦牛个体生产力的年度变化。因此,优良牧草比例增加,表明小嵩草高寒草甸植被改善或向好的方向变化,反之则向坏的方向变化。这样只须直接度量优良牧草比例的年度变化,即可确定植被状态的年度变化,进而也可确定牦牛生产力的年度变化。可以通过不同放牧强度下牦牛个体生产力的增、减来间接确定小嵩草植被改善或变劣。因此,综上所述,放牧强度为1.86头/hm<sup>2</sup>时,能维持优良牧草比例和牦牛个体增重年度不变,是维持小嵩草高寒草甸暖季草场不退化的最大放牧强度。

#### 3.3 植被状态的度量指标

在家畜生产力指标之下,如果要直接度量植被的变化,首先应度量不同植物类群的变化,也就是从描述植被变化的指标转移到以家畜生产力评价植被变化的指标,另外,为了比较放牧强度对草场质量的影响,也可计算草地质量指数<sup>[15]</sup>。由于植被状态的变化(优良牧草比例变化或草地质量指数)就是放牧价值的变化,因此以对照区为标准的相似性系数的年度变化或草地质量指数可作为度量植被整体年度变化的定量指标。由于计算相似性系数时,各个种或类群及其丰富度的地位是相同的,因而它的变化表示任何物种或类群及其丰富度的相对变化。但对草地质量指数而言,不同植物类群盖度的测定和适口性的判别受人为因素的干扰太大,因此它也不是一个很客观的指标。在本试验中,牦牛个体增重的年度变化也比较大<sup>[2]</sup>,这与周立等人在藏系绵羊上的结论不完全一致。这可能是系统误差和测量误差造成牦牛个体增重的年度变化与草地的放牧价值和草地质量相反,也可能是牦牛在小嵩草高寒草甸放牧与其它家畜在消化、代谢等方面不同所致,或者是由于小嵩草高寒草甸植被中些什么特有植物的特殊化学成份在起作用<sup>[16]</sup>,尚需进一步深入研究。

### 4 结论

优良牧草比例和牦牛个体增重的年度变化之间存在正相关关系,从而既可以描述植被变化,也能描述家畜生产力的状况;当放牧强度为1.86头/hm<sup>2</sup>时,基本能维持优良牧草比例和牦牛个体增重年度的变化,可以认为1.86头/hm<sup>2</sup>是保持小嵩草高寒草甸暖季草场不退化的最大放牧强度。

#### 参考文献:

- [1] 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
- [2] 董全民,马玉寿,李青云.放牧强度对牦牛生长的影响[J].草地学报,2003,11(3):256-260
- [3] 汪诗平,李永宏,陈佐忠.内蒙古典型草原畜畜系统适宜放牧率的研究[J].草地学报,1999,7(3):192-197

(下转 343 页)

的开闭状态与干旱胁迫有关, 与品种的气孔器密度无关, 不同生长类型的草地早熟禾品种, 其气孔器在干旱条件下反应不同。

### 3.2 叶表面硅质乳突及对干旱的适应

草地早熟禾叶表面硅质乳突的存在及其形态、数量和分布的差异和抗旱性的关系值得进一步探索研究。硅质乳突是分布在一些禾本科植物叶表皮上的富含SiO<sub>2</sub>硅质细胞突出而形成, 在作物上, 对硅质乳突的研究很多, 林鉴钊(1997)<sup>[6]</sup>研究认为硅质乳突能降低叶表面水分的蒸发, 降低叶面温度, 增强叶片表皮细胞的硬度, 硅质乳突的密度大, 其品种的抗旱性强。作为衡量品种抗旱性能的指标, 硅质乳突在品种间差别很大。男爵品种硅质乳突密度大, 可以降低叶面水分过多散失, 有利于气孔器进行正常的生理活动, 在相同水分胁迫下, 其他品种的气孔已大部分关闭, 而男爵仍然有能力保持开放状态, 品种肯塔基虽然硅质乳突密度大于品种蓝月, 但在干旱胁迫后, 气孔全部关闭, 说明硅质乳突的密度大小与气孔的运动调节无直接关系, 可能在非气孔失水<sup>[7,8,9]</sup>上发挥的作用更大。

## 4 结 论

4.1 品种之间的气孔器密度存在差异, 其中肯塔基的密度最大, 蓝月最小, 男爵和黑石的气孔密度接近; 干旱胁迫后, 气孔器的开闭状态变化很大, 气孔器的开闭确实与

干旱有关, 对植物适应水分和环境变化起到调节作用, 而气孔器开放与否与品种的气孔器密度无关, 不同草地早熟禾品种, 其气孔器在干旱条件下反应不同。

4.2 不同品种的草地早熟禾叶表面硅质乳突密度有差异, 男爵硅质乳突密度是其它品种的2倍以上。硅质乳突密度大小依次为男爵> 黑石> 肯塔基> 蓝月。

### 参考文献:

- [1] 陈志一. 草坪栽培与管理大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 1
- [2] 胡林. 草坪科学与管理[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001. 7
- [3] Perdomo P J, Amurphy, *et al*. Physiological changes associated with performance of Kentucky bluegrass cultivars during summer stress [J]. Hort Science, 1996, 31(7): 1182-1186
- [4] 李扬汉. 植物学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- [5] 贺金生, 陈伟烈, 王勋陵. 高山栎叶的形态结构及其与生态环境的关系[J]. 植物生态学报, 1994, 18(3): 219-227
- [6] 林鉴钊, 陶春娘, 何礼健等. 新式旱育秧苗叶片的解剖学观察[J]. 广西农业大学学报, 1997, 16(2): 93-98
- [7] Beard J B. Turfgrass water stress: Drought resistance components physiological mechanisms and species-genotypes diversity. Proc of the Sixth Int Turf Sci., [M]. Tokyo, Japan: 1989, 23-28
- [8] 贾秀领, 马瑞昆, 刘淑贞, 等. 冬小麦气孔与非气孔失水特性的基因型差异[J]. 华北农学报, 1996, 11(1): 59-65
- [9] Stacy A, *et al*. Growth responses and performance of Kentucky bluegrass under summer stress [J]. Crop Sci., 1999, (39): 770-774
- [4] William son S C, Jame K D, Jerrold L D, Melvin I D. Experimental evaluation of the grazing optimization hypothesis [J]. J. RangeM anage, 1989, 42(2): 149-152
- [5] William son S C, Jame K D, Jerrold L D, Melvin I D. Experimental evaluation of the grazing optimization hypothesis [J]. J. RangeM anage, 1989, 36: 302~ 306
- [6] Brandsy D I. Justification for grazing intensity experiments: economic analysis[J]. J. Agric. Sci., 1989, 74: 3395-3342
- [7] Wilson A D. Principles of grazing management systems. In: R J Joss, P W Lynch and O B Williams (eds), Rangeland: A Resource under Siege. Cambridge Univ., New York. 1986. 320~ 321
- [8] Wilson A D, Tupper G J. Concepts and factors of range condition applicable to measurements of range condition[J]. J. RangeM anage, 1982, 35: 684-689
- [9] 任继周. 草原第二性生产力的评定. 见: 姜恕主编, 草原生态学研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1986, 23-31
- [10] 周立, 王启基, 赵京, 等. 高寒草甸牧场最优放牧的研究 I. 藏羊最大生产力放牧强度[A]. 见: 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[C]. 北京: 科学出版社, 1995. (4): 365-376
- [11] 周立, 王启基, 赵京, 等. 高寒草甸牧场最优放牧的研究IV. 植被变化度量与草场不退化最大放牧强度[A]. 见: 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[C]. 北京: 科学出版社, 1995. (4): 403-418
- [12] 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
- [13] Charudutt Mishra, Herbert H T, Prins, Sijke E, Wieren. Overstocking in the trans-himalayan rangelands of India[J]. Environmental Conservation, 2001, 28(3): 279-283
- [14] 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]. J. Agric. Sic., 1974, 83: 335-342
- [15] 杜国祯, 王刚. 甘南亚高山草甸人工草地的演替的质量变化[J]. 植物学报, 1995, 37(4): 306-313
- [16] 冯定远, 汪傲. 抗营养因子及其处理研究进展. 见: 卢德勋主编. 2000. 动物营养研究进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 102

(上接第 338 页)