

天然草地合理利用的判别模型研究

朱桂林¹, 卫智军², 韩国栋², 山 仑¹

(1. 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;
2. 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘要:天然草地具有资源和生境的双重功能, 合理利用与否直接关系着资源的可持续性及其生态环境的优劣。在短花针茅荒漠草原群落, 实地观测研究了建群种短花针茅、优势种无芒隐子草和碱韭的枝条密度、单枝重及株丛枝条数目对不同放牧制度的响应, 初步建立了草地合理利用的判别模型。不同放牧制度下植物的枝条密度、单枝重存在差异, 轮牧区植物的单枝重高于自由放牧区, 枝条生长也较优越。株丛单枝重与枝条数目之间负相关, 单枝重随枝条数目的增加最终出现负增长。绝对不利用会造成草地资源的浪费, 并且对植物的生长不利。轮牧实现了草地资源的合理利用, 同时加强了草地的生态功能。

关键词:天然草地; 合理利用; 判别模型

Researches on judging model for reasonable utilization of rangelands

ZHU Gui-Lin¹, WEI Zhi-Jun², HAN Guo-Dong², SHAN Lun¹ (1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Research Center of Soil and Water Conservation and Ecological Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Education, Yangling 712100, China; 2. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 464~468.

Abstract: Rangelands have a double function as resources and habitat. Reasonable utilization of rangelands is necessary to support the sustainability of resources and ecological environment. This research considered the responses of tiller density, single tiller weight and tiller number per plant clump of dominant species, *Stipa breviflora*, *Cleistogenes songorica* and *Allium polyrhizum* to grazing systems in *Stipa breviflora* desert steppe. The experimental treatments were composed of a continuous grazing plot of 340hm², a rotational grazing plot of 320hm² divided into 8 smaller, equally sized plots and a grazing exclusion plot of 1hm², which has not been grazed since 1999. Grazing capacity on grazing plots was 1.8 sheep/hm². Research quadrat size for tiller density was 1m×1m. Whole plant clumps were dug out for the research on single tiller weight. At least 10 experimental replicates were carried out. Tillers without withered sheaths were weighed one by one after being dried in the shade and counted. Statistical analysis software SPSS and EXCEL 2000 were used to analyze data for this research.

Tiller density and single tiller weight of plants were different under the different grazing plots. Single tiller weight on rotational plots was higher than on the continuous grazing plot, and tiller growth was best on rotational plots. Competition between individual plants induced by rotational grazing stimulated tiller growth, which improved single tiller weight and promoted clump renovation of plants. This suggests that rotational grazing is an optional use for rangelands. On the basis of experimental data, a primary model of reasonable utilization of rangelands was established. This model indicates that there is a negative correlation between single tiller weight and tiller number and simulates the changing tendency of single tiller weight with the increase in tiller number. Increasing tiller number causes a decrease in single tiller weight, indicating a sub-optimal

基金项目:内蒙古自治区教委重点领域资助项目(ZL98005); 内蒙古自治区科委攻关资助项目(20010207); 中国科学院知识创新工程重大资助项目(KZCX1-06)

收稿日期:2002-11-14; **修订日期:**2003-12-05

作者简介:朱桂林(1973~), 女, 内蒙古兴和县人, 博士生, 从事草地管理与恢复生态学研究。E-mail: guilinzhu@sohu.com

Foundation item: Key Field Project of Inner Mongolian Education Council (No. ZL98005); Key Project of Inner Mongolian Sciences Council (No. 20010207) and Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX1-06)

Received date:2002-11-14; **Accepted date:**2003-12-05

Biography: ZHU Gui-Lin, Ph. D. candidate, mainly engaged in the research of grassland management and restoration ecology. E-mail: guilinzhu@sohu.com

use of resources. Therefore, rangelands should be utilized moderately, rather than allowing plants to grow freely without the stress of some grazing pressure. The model could be used as a criterion for judging whether and how rangelands can be reasonably used. This research suggests that reasonable utilization of rangelands occurs when single tiller weight and tiller number are balanced. The model may be useful in resources utilization, protection of the environment and human sustainability.

Key words: rangelands; reasonable utilization; judging model

文章编号: 1000-0933(2004)03-0464-00 中图分类号: Q948 文献标识码: A

对植物枝条、分蘖的研究是植物种群生态学涵盖的一个重要领域,它不仅可以解释植株地上生物量大小的缘由,而且还能揭示种群内部竞争的机制。外界胁迫会使物种发生激烈的内部竞争,并由此导致植株发生一些形态上或生理上的变异,这种变异有时会上升为种群水平,使种群发生遗传漂变,这种漂变甚至可能稳定的遗传下去。如高温胁迫能够降低冷季匍匐型草种的植株密度、分蘖密度、根的数量及根的鲜重^[1];低磷胁迫对植株的形态指标如株高、分蘖等易产生影响,进而影响植株的生物量^[2]。低的枝条密度导致了可以进行光合作用的叶面积的下降,因而也导致了株冠光合速率的下降。有学者就乙烯利等化学药剂对禾谷类作物根及枝条的生长、根与枝条的比率、分蘖数量及单枝重所产生的影响进行了研究^[3]。在大麦抗逆基因研究中,茎秆重和分蘖数被认为是主要的表型性状^[4]。更大和更多的分蘖枝条不仅可以提高植株的地上生物量,而且有助于植株取得竞争优势^[5]。放牧对植物来说是一种外界胁迫,同其它胁迫一样,放牧胁迫也会使植物发生激烈的种内和种间竞争,并导致植物发生某些形态上的变异。如何利用天然草地一直存在着争议,目前仍是一个研究的焦点。研究放牧胁迫下天然草地植物的单枝重和分蘖情况,进而比较在不同放牧制度下的差异,建立天然草地合理利用的判别模型,能从种群水平上回答天然草地利用中的某些问题,对放牧生态学的发展具有一定的推动作用。

1 试验地概况

试验地位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特右旗朱日和镇附近,地处 42°16′26″N、112°47′17″E,海拔 1130~1180m,为偏暖的温带荒漠草原区。年均降水量 248mm,年均蒸发量 2947mm,年均气温 6.2℃,无霜期 175d,≥10℃的有效积温 2491℃。气温 7 月份最高,平均 23.4℃,1 月份最低,平均-15℃;地温 6 月份最高,平均 43.1℃,1 月份最低,平均-18.5℃。大风日数年平均 67 次,多集中于冬春季,最大风速 20m/s(1999 年 2 月),并有沙尘暴灾害出现,1998 年 3 次,1999 年 5 次,2000 年 12 次,呈逐年递增趋势。群落类型为短花针茅(*Stipa breviflora*) + 无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*) + 碱韭(*Allium polyrhizum*),其中短花针茅为建群种,无芒隐子草和碱韭为优势种^[6]。

2 试验设计与研究方法

试验区为天然放牧场,载畜量 1.8 羊单位/hm²,设自由放牧、轮牧、禁牧 3 个处理。自由放牧区 340hm²;轮牧区 320hm²,均分为 8 个轮牧小区;禁牧区 1hm²,1999 年禁牧。比较研究不同放牧制度下植物枝条密度的变化、单枝重及株丛单枝重与枝条数目之间的关系。试验研究在 2000 年生长季节进行。该年度除 8 月份中下旬较干旱(降雨量 8.2mm)外,基本属气候正常年份。试验对象为短花针茅(*Stipa breviflora*)、无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)和碱韭(*Allium polyrhizum*)。

在试验地典型地段选取枝条密度测定样方,样方面积 1m×1m,10 次重复。另挖取短花针茅、无芒隐子草、碱韭的代表性株丛数丛(10 丛以上),剥去枝条枯叶鞘,风干后以丛为单位分别称其单枝重。鉴于碱韭为鳞茎植物,故视其每一枚茎叶为一独立枝条,并在文中统称为枝条。取样时间 8 月初。

采用 SPSS 统计软件及 EXCEL2000 进行数据处理和分析。

3 结果与讨论

3.1 枝条密度特征

方差分析结果表明,短花针茅枝条密度自由放牧区大于轮牧区和禁牧区($P<0.05$),而轮牧区与禁牧区之间差异不显著($P>0.05$);无芒隐子草的枝条密度自由放牧区显著低于禁牧区($P<0.05$),但轮牧区与自由放牧区、禁牧区之间的差异均不显著($P>0.05$);碱韭枝条密度轮牧区显著高于自由放牧区和禁牧区($P<0.01$),但自由放牧区与禁牧区之间差异不显著($P>0.05$) (表 1)。

自由放牧条件下短花针茅的枝条密度最大,无芒隐子草的枝条密度最小;轮牧条件下碱韭的枝条密度最大。可见自由放牧促进了短花针茅的分蘖,但不利于无芒隐子草和碱韭的分蘖和枝条增生,轮牧有利于碱韭的枝条增生。这种差异可能与植物的生物生态学特性和自身的适口性有关。分析得知,放牧胁迫并不会普遍引起植物的枝条密度发生变化,枝条密度是一个较为稳定的指标,与外界数据关系不大。

由于自由放牧区连续放牧,利用强度较大,适口性较好的植物绝大部分被多次采食,植株破坏严重,故枝条密度较小;但短

花针茅的枝条数高于轮牧区和禁牧区,是由于其为密丛性禾草,且适口性较差,受损不及碱韭和无芒隐子草,在自由放牧条件下,分蘖芽尚有较好保存,为弥补所遭受的损伤,株丛不断分蘖产生新枝条,抑或家畜的唾液也对植株分蘖产生刺激^[7],因而短花针茅的枝条密度在自由放牧条件下反而增大。轮牧区由于有一定的休闲期,能够使植物得到休养生息的机会,便于在休闲期快速生长。在没有外界胁迫的情况下,短花针茅主枝的顶端优势会明显表现出来,抑制侧枝的分蘖生长;另外,轮牧区适口性好的植物能够良好生长,在有选择的情况下家畜多不愿采食适口性较差的短花针茅,致使短花针茅的枯老枝条得不到更新、分蘖受阻,这也是轮牧区短花针茅枝条密度较小的原因之一。

无芒隐子草适口性较好,且为疏丛型禾草,生长点和分蘖芽易被家畜破坏,枝条得不到及时补充,因而放牧区的枝条密度低于禁牧区;自由放牧的胁迫程度重于轮牧,故自由放牧区植株的枝条密度也相应较小。碱韭适口性优于短花针茅和无芒隐子草,在自由放牧区被强度连续采食,因此枝条密度明显低于轮牧区。轮牧是一种中等程度的干扰和胁迫,碱韭的鳞茎又包藏于地表之下,因而轮牧不但不会破坏碱韭的生长点和分生组织,反而刺激了植株的生长,表现出了超补偿效应,这一结果与中度干扰理论相一致^[8]。

3.2 植物种群的单枝重

方差分析结果表明,各处理之间种群的单枝重差异显著($P<0.05$),自由放牧区最低(表 2)。

表 1 植物种群的枝条密度(枝条/m ²)			
Table 1 Tiller density of plant populations (tillers/m ²)			
处理 Treatments	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	无芒隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	碱 韭 <i>Allium polyrhizum</i>
轮牧区 Rotational grazing plots	313.8 ^a	722.8a ^b	768.1 ^b
自由放牧区 Continuous grazing plot	594.7 ^b	508.4 ^a	75.4 ^a
禁牧区 Grazing exclusion plot	371.2 ^a	942.2 ^b	206.7 ^a

不同字母表明处理之间差异显著(Duncan's 法) Different superscripts indicate significant difference between treatments (the way of Duncan's)

造成这种现象的原因是自由放牧胁迫下,家畜连续采食导致了植株大量分蘖,植株的大量分蘖又导致了种群内部个体间的激烈竞争,在可利用资源有限的情况下,个体获得的资源配置相应减少,单枝重因此降低。

另外,由于自由放牧胁迫程度较重,植株被连续采食,枝条得不到良好生长的机会,未及成熟即遭损害,所见大多为新生枝条,故自由放牧条件下植物的单枝重很低。轮牧区株丛单枝重多高于禁牧区,个体生长较好,是因为轮牧区植物个体数量与可利用资源配置效果最佳,植物有时会表现出超补偿效应,由此可见轮牧是为一种良好的放牧方式,有利于植物的健壮生长。

3.3 株丛单枝重与枝条数目的关系

株丛单枝重与枝条数目之间相关分析表明,株丛单枝重与枝条数目之间在 0.05 水平下负相关。对其进行回归分析,得各植物株丛单枝重与枝条数目之间的回归曲线(图 1~图 3)与拟合模型(表 3~表 5)。

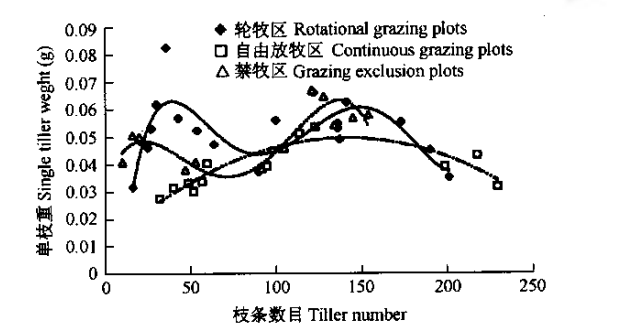


图 1 短花针茅株丛单枝重与枝条数目的关系
Fig. 1 The regression between single tiller weight and tillers number of *Stipa breviflora*

表 2 植物种群的单枝重($\times 10^{-2}$ g/枝条)			
Table 2 Single tiller weight of plants ($\times 10^{-2}$ g/tiller)			
处理 Treatments	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	无芒隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	碱 韭 <i>Allium polyrhizum</i>
轮牧区 Rotational grazing plots	5.5 ^c	3.4 ^b	2.1 ^c
自由放牧区 Continuous grazing plot	4.0 ^a	2.7 ^a	1.0 ^a
禁牧区 Grazing exclusion plot	5.2 ^b	4.1 ^c	2.0 ^b

不同字母表明处理之间差异显著(Duncan's 法) Different superscripts indicate significant difference between treatments (the way of Duncan's)

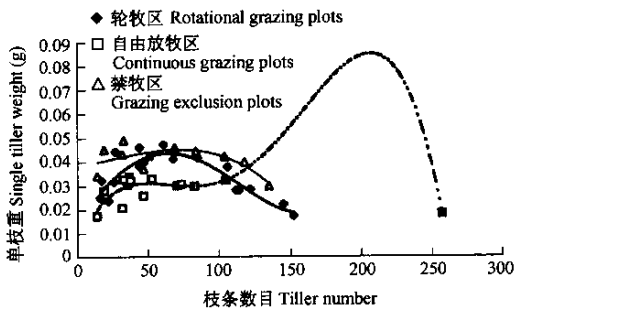


图 2 无芒隐子草株丛单枝重与枝条数目的关系
Fig. 2 The regression between single tiller weight and tiller number of *Cleistogenes songorica*

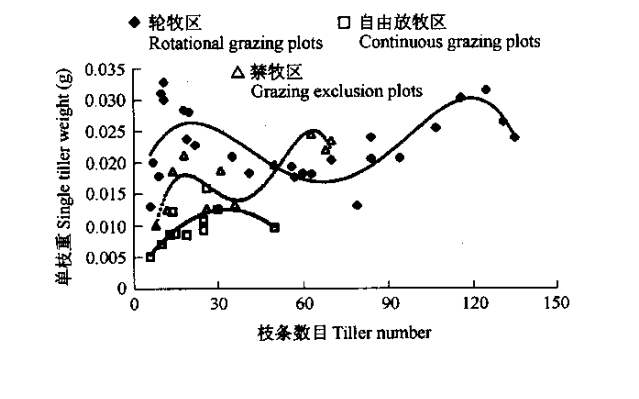


图 3 碱韭株丛单枝重与枝条数目的关系

Fig. 3 The regression between single tiller weight and tiller number of *Allium polyrhizum*

表 4 无芒隐子草株丛单枝重与枝条数目的拟合模型	
Table 4 Regression model between single tiller weight and tiller number of <i>Cleistogenes songorica</i>	
处理 Treatments	拟合模型 Regression model
轮牧区 Rotational grazing plots	$Y=6\times10^{-10}X^4-2\times10^{-7}X^3+1\times10^{-5}X^2-8\times10^{-6}X+0.0275$ $R^2=0.5142, n=19$
自由放牧区 Continuous grazing plot	$Y=-4\times10^{-10}X^4+2\times10^{-7}X^3-3\times10^{-5}X^2+0.0015X+0.0041$ $R^2=0.6145, n=14$
禁牧区 Grazing exclusion plot	$Y=-2\times10^{-8}X^3+1\times10^{-6}X^2+9\times10^{-5}X+0.0386$ $R^2=0.5163, n=11$

表 3 短花针茅株丛单枝重与枝条数目的拟合模型	
Table 3 Regression model between single tiller weight and tiller number of <i>Stipa breviflora</i>	
处理 Treatments	拟合模型 Regression model
轮牧区 Rotational grazing plots	$Y=2\times10^{-11}X^5-9\times10^{-9}X^4+2\times10^{-6}X^3-0.0002X^2+0.0081X-0.056$ $R^2=0.5641, n=18$
自由放牧区 Continuous grazing plot	$Y=-2\times10^{-6}X^2+0.0005X+0.0109$ $R^2=0.8053, n=13$
禁牧区 Grazing exclusion plot	$Y=-2\times10^{-9}X^4+6\times10^{-7}X^3-5\times10^{-5}X^2+0.0016X+0.033$ $R^2=0.7651, n=13$

表 5 碱韭株丛单枝重与枝条数目的拟合模型	
Table 5 Regression model between single tiller weight and tiller number of <i>Allium polyrhizum</i>	
处理 Treatments	拟合模型 Regression model
轮牧区 Rotational grazing plots	$Y=-2\times10^{-9}X^4+5\times10^{-7}X^3-5\times10^{-5}X^2+0.0013X+0.0152$ $R^2=0.5043, n=26$
自由放牧区 Continuous grazing plot	$Y=-1\times10^{-8}X^3-9\times10^{-6}X^2+0.0006X+0.002$ $R^2=0.5598, n=11$
禁牧区 Grazing exclusion plot	$Y=-3\times10^{-8}X^4+4\times10^{-6}X^3-0.0002X^2+0.0048X-0.0158$ $R^2=0.7633, n=12$

由图 1~图 3 可以看出,轮牧区、禁牧区短花针茅和碱韭的株丛单枝重与枝条数目之间的回归曲线基本一致,先后出现两次升降,有 2 个峰值;自由放牧区与之稍有差异,全过程仅有一个峰值。无芒隐子草在各处理区都表现为正态分布。回归分析得知,植物株丛单枝重与枝条数目之间负相关,这种趋势在自由放牧区表现得最为明显。这种相关关系类似于 Logistic 模型^[9],引起这种现象的原因可能是种内个体间竞争资源的结果,是种内自抑现象的一种表现。轮牧与禁牧区曲线的两次升降说明该条件下植物种内的自抑现象较自由放牧胁迫下明显和突出,种内竞争较为激烈。可见种群在受到外界强烈的干扰和胁迫时(自由放牧程度较强),种内竞争有减缓的趋势,种内个体暂时表现为协作状态,一致抵抗外界胁迫,以保证整个种群的利益和生存,一旦外界胁迫减轻或消除,种内个体间的竞争便又重新激烈起来。

依据试验数据建立的植物株丛单枝重与枝条数目之间的回归模型表明,单枝重随着枝条数目的增加最终表现为下降趋势,禁牧也不能阻止此种下降。这在某种程度上势必会影响植物的地上生物量,从而造成资源的损失和浪费。单枝重与枝条数目之间的回归模型表明禁牧并非管理中的完美之策,它不能使株丛单枝重与枝条数目之间的匹配达到最佳,只有二者匹配最佳,植物的地上生物量才能达到最大。所以应该在单枝重与枝条数目匹配最佳的时候以最佳的方式利用草地,这不仅能够提高草地的资源效益,而且有利于草地植被的自我更新。轮牧是最佳的利用方式,植物的单枝重在轮牧条件下最高,株丛单枝重与枝条数目之间的最佳匹配可以依据模型加以判别,在它们组合最佳的时候利用草地,可以使草地发挥最大的经济效益,并不会使草地丧失持续的生态效益和社会效益。

4 小结

轮牧条件下植物株丛的单枝重大于自由放牧区,枝条生长也优于自由放牧区,有时会表现出超补偿效应。轮牧和禁牧区植物种内个体间的竞争较自由放牧区激烈,轮牧所引发的植物种内个体间的竞争对整个种群是有利的,竞争的结果导致了植株的良好生长。轮牧可以促进植物的生长和更新,对植被的复壮有一定的正面效应。轮牧是一种良好的放牧利用方式,能够保证草地的可持续利用,实现资源的经济效益、生态效益和社会效益的合理配置。

植物株丛单枝重与枝条数目之间的回归拟合模型是植株的生长模型,模拟了株丛单枝重随枝条数目的增加所发生的变化。

单枝重与枝条数目之间负相关,随枝条数目的增加单枝重最终会出现负增长。这说明株丛数目并非越多越好,枝条数目超过一定阈值时会引起单枝重发生下降,导致株丛总产量的降低,造成资源的损失和浪费,并且不利于植物的健壮生长。所以草地不应长期禁牧,应当在适当的时候合理利用。回归模型是判别植物株丛是否达到可利用标准的一个指标,单枝重与枝条数目之间的最佳匹配是株丛可以合理利用的一个表征指标,它是在株丛水平上对天然草地合理利用判别标准所作的阐述。

References:

[1] Xu Q Z and Huang B R. Morphological and physiological characteristics associated with heat tolerance in creeping bentgrass. *Crop Science*, 2001, **41**: 127~133.

[2] Guo Y C,Lin W X,Shi Q M,*et al.* Screening methodology for rice (*Oryza sativa*) genotypes with high phosphorus use efficiency at their seedling stage. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(12):1587~1591.

[3] Rajala A and Peltonen-Sainio P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agronomy Journal*, 2001, **93**: 936~943.

[4] Ellis R P, Forster B P, Gordon D C, *et al.* Phenotype/genotype associations for yield and salt tolerance in a barley mapping population segregating for two dwarfing genes. *Journal of Experimental Botany*, 2002, **53**(371): 1163~1176.

[5] Dariusz P, Malinowski and Belesky D P. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses; mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science*, 2000, **40**: 923~940.

[6] Zhang C Y,Li D X. The essential characteristics of *Stipa breviflora* desert steppe. In: Sai S B,Li D X eds. *Researches on desert steppe ecosystem*. Hohhot: Inner Mongolia People Press, 1995. 37~43.

[7] Hudson J. Xia J X translation. *Grazing management—The application of science research to practice*. Beijing: Science Press, 1993.

[8] Sun R Y,Li B,Zhuge Y,*et al* ed. *General ecology*. Beijing; Higher Education Press, 1993.

[9] Li D X,Bai W M,Xu Z X. A study on the population dynamics and the growth analysis of the *Stipa breviflora*. *Grassland of China*,1997, (6):25~28.

参考文献:

[2] 郭玉春,林文雄,石秋梅,等. 水稻苗期磷高效基因型筛选研究. 应用生态学报,2002,**13**(12):1587~1591.

[6] 张称意,李德新. 短花针茅草原的基本特点. 见:赛胜宝,李德新主编. 荒漠草原生态系统研究. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1995. 37~43.

[7] J. 霍得逊. 放牧管理——科学研究在实践中的应用. 夏景新译. 北京:科学出版社,1993.

[8] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等编. 普通生态学. 北京:高等教育出版社,1993.

[9] 李德新,白文明,许志信. 短花针茅种群密度动态与生长分析的研究. 中国草地,1997,(6):25~28.