

放牧强度对嵩草草甸草毡表层及草地 营养和水分利用的影响(简报)

杜岩功^{1,2}, 梁东营^{1,2}, 曹广民^{1*}, 王启兰¹, 王长庭¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 在中国科学院海北高寒草甸生态系统研究站地区, 选择了 5 个自然放牧梯度、处于 4 种典型退化阶段的高寒嵩草草甸为研究对象, 进行了土壤草毡表层加厚引起的系统氮、磷分配和水分利用的变化过程研究。结果表明, 随着放牧强度的增加, 草地禾本科植物逐渐减少, 莎草科植物成为优势种群, 在莎草属牧草特殊的生物学特性(高地下/地上)的驱动下, 土壤草毡表层逐渐加厚, 从异针茅 + 羊茅 - 嵩草草甸群落的 4.03 ± 0.49 cm 发育到小嵩草群落阶段的 10.1 ± 0.38 cm; 矮生嵩草群落时系统生长需要的氮、磷养分数量急剧增加, 分别从 11.26 到 22.94 g/m²、0.81 到 1.63 g/m², 成为生物固定累积于土壤; 同时致密加厚的、特别是老化死亡的草毡表层的存在, 使土壤水分的渗透速率从异针茅 + 羊茅 - 嵩草草甸群落的 2.18 mm/min 降低到小嵩草群落的 0.37 mm/min, 使系统接受自然降水的的能力大大减弱, 水分的利用效率极低, 而根系数量的急剧增长导致需水量的增加, 土壤湿度逐渐降低, 降幅最大达到 44.90%。草毡表层加厚导致的营养供求失调、干旱胁迫是引起高寒嵩草草地退化的内在原因之一。

关键词: 高寒嵩草草甸; 草毡表层; 放牧强度; 土壤养分; 渗透速率

中图分类号: S812.8; Q945.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2008)03-00146-05

青藏高原是我国主要畜牧业基地之一, 草地资源丰富, 牧草品质优良。然而由于人口的急剧增加及人们对畜牧业产品需求的不断增长, 造成高寒草甸草场超载放牧, 鼠、虫害加剧, 草地严重退化。据不完全统计, 青藏高原约有 0.45 × 10⁸ hm² 退化草地, 约占青藏高原草地总面积的 1/3^[1]。有关高寒草甸的退化, 人们从诸如放牧强度、优势牧草种群的演替和鼠类活动的破坏等方面作了大量的调查, 普遍认为高寒草甸的退化归咎于过度放牧引起的植被演替和啮齿类动物的活动^[2-4]; 而对草地养分的研究也仅限于牧草植物元素含量^[5-8]和退化草地土壤养分含量本底的调查^[9,10]。很少有人从放牧引起高寒草甸的土壤、牧草和环境的相悖角度去考虑草地的退化问题^[11,12]。本研究以空间代替时间, 通过对放牧高寒嵩草 (*Kobresia bellardii*) 草甸群落演替的 4 个典型阶段中草毡表层加厚过程、系统氮、磷营养供求关系与再分配以及系统对自然降水的利用能力的变化过程的研究, 探讨草毡表层加厚与草地退化的关系, 为进一步揭示高寒草甸退化过程与发生机理及高寒草甸的可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验设置于中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站), 试验区自然概况见杜岩功等^[13]报道。

1.2 试验设计与方法

本试验选择 5 个牧户的草场为研究样地, 由于他们土地面积、家畜数量和种类的不同, 在草地地表特征、牧草组成等方面形成了明显的自然放牧梯度。放牧时间从当年 9 月 10 日 - 次年 6 月 10 日, 植物生长季不受放牧作用的干扰。试验时间是 2005 - 2007 年, 其放牧强度通过现场调查牲畜数量、土地面积调查而获得(表 1)。土壤为草毡寒冻锥形土。

土壤湿度采用时域反射仪(TDR), 草皮层厚度采用直尺测定, 重复 6 次。水分渗透速率采用环刀法, 重复 4

* 收稿日期: 2007-06-01; 改回日期: 2007-09-10

基金项目: 国家自然科学基金重点基金(30730069)和地球系统科学数据共享网项目资助。

作者简介: 杜岩功(1981-), 男, 山东威海人, 在读硕士。E-mail: duyangong05@mails.gucas.ac.cn

* 通讯作者。E-mail: caogm@nwipb.ac.cn

表 1 样地基本情况

Table 1 Basic instance of plots

样地 Plot	放牧强度 Grazing intensity (只羊 Sheep/ hm ²)	优势种 Dominant species
G ₃	3.65	垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> 、矮生嵩草 <i>K. humilis</i>
G ₇	7.50	矮生嵩草 <i>K. humilis</i> 、羊茅 <i>Festuca ovina</i>
G ₈	8.25	小嵩草 <i>K. pygmaea</i> 、羊茅 <i>F. ovina</i>
G ₁₁	11.25	小嵩草 <i>K. pygmaea</i> 、美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>
G _z	围封的放牧通道 Grazing chunnel	雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i> 、美丽风毛菊 <i>S. superba</i>

次。土壤全氮采用高氯酸 - 硫酸消化开氏法,土壤全磷用酸溶 - 钼锑抗比色法^[13,14]。矿化量采用曹广民等^[8,11]的方法计算。

1.3 数据处理

采用 SPSS 11.5 软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 高寒嵩草草甸草毡表层加厚过程

草毡表层为高寒草地所特有,是发育于土壤表层的由呈不同年龄的活根和保持原状的死根交织盘结的植毡层,是高寒草地物质、能量交换的最活跃层,成熟后的草毡表层韧性极大,铁铲也不易切割^[15]。

随着放牧强度的增加,莎草科植物成为优势种群^[13],在莎草属(*Cyperus*)牧草特殊的生物学特性(高地下/地上)驱动下,土壤草毡表层呈现逐渐加厚的变化过程(图 1),从异针茅(*Stipa aliena*) + 羊茅 - 高草草甸群落的 4.03 ± 0.49 cm 发育到小嵩草群落的 10.1 ± 0.38 cm,在“三江源”地区厚度可达 30 ~ 40 cm,非常普遍。G_z 鼠害严重,草毡表层已基本被剥蚀破坏完全。

统计分析表明,试验的 4 个放牧强度可以划分为 3 个演替阶段,异针茅 + 羊茅 - 高草草甸群落(G₃)、矮生嵩草群落(G₇, G₈)和小嵩草群落(G₁₁)之间的草皮层厚度达到极显著水平($P < 0.01$)。

2.2 草毡表层加厚对水分渗透速率和土壤湿度的影响

高寒草甸水分的来源主要是依靠降水,致密的草皮层虽然具有较大的水分保蓄能力^[16],但草毡表层的加厚,特别是处于小嵩草群落时,地表覆盖了一层厚约 1 mm 左右的老化生物结皮,形成了降水向土壤深层渗透的阻滞,造成土壤水分补给困难。同时根土比加大,单位土体要供给水分的根系数量逐渐增大^[13];二者的叠加,使得土壤常年处于干旱状态。小嵩草群落阶段,地表大量的秃斑斑块地中雨水从草毡表层的裂隙处迅速渗入深层土壤,成为无效水分补充于地下水,无法被牧草所利用。

随着放牧强度的增加,土壤湿度逐渐降低,降幅最大达到 44.90%;在放牧强度为 G₇、G₈ 时,二者比较接近;特别的是在放牧强度为 G₁₁ 与 G_z 的地段,土壤水分比较接近,这可能是后者由于缺乏植物根系,土壤质地较粗,对水分的保蓄能力较差所致(表 2)。

水分渗透速率的大小,可表示系统对降水的接受能力,随着放牧强度从 G₃ 到 G₁₁ 的加大,水分渗透速率降低了 1.81 mm/min。在杂类草 - 黑土滩样地 G_z,其土壤水分和水分渗透速率地段间变异极大,水分渗透速率可从 2.11 ~ 22.20 mm/min,土壤湿度 26.35% ~ 42.13%,这可能由于鼠类土丘在风/水力作用下,鼠丘土覆盖部分地段的草毡表层,使得地表景观十分相似,而下覆土层实际差异极大(表 2)。

2.3 草毡表层加厚对土壤 - 牧草氮、磷营养供求关系的影响

高寒草甸的退化过程,不仅表现在草地生产力降低、草皮层增厚、容重增加,地表黑斑、秃斑的出现等表现特

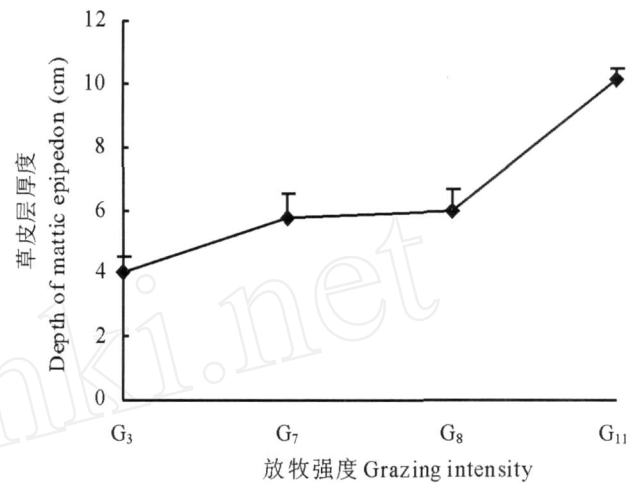


图 1 高寒草甸不同退化阶段草毡表层厚度

Fig. 1 Depth of matic epipedon under different degradation stage of alpine meadow

征上^[13,17],同时其土壤-牧草氮、磷营养供求关系亦产生较大的影响。

随着放牧强度的增加,草地地上初级生产力逐渐减少,地下现存量逐渐增大;牧草地上部生长需氮和需磷量(用于牧业生产)逐渐减少,地上需氮量从 8.22 g/m²降到 4.17 g/m²,下降了 97.1%,地上需磷量从 0.59 g/m²下降到 0.30 g/m²,下降了 96.7%,特别是 G₇ 时,异针茅+羊茅-高草草甸群落向莎草群落演替的转型期,年生长需要的氮和磷量也急剧增加 1 倍多,其中 2/3 用于地下生长需要(图 2 和 3),滞留于土壤,在高寒环境下,根系的更新与死亡根系的分解极为缓慢,使得速效养分本就贫乏^[18]的高寒草地养分流数数量更为匮乏。

表 2 高寒草甸不同退化阶段土壤湿度和渗透速率

Table 2 Soil moisture and saturation rate under different degradation stage of alpine meadow

放牧强度 Grazing intensity	土壤湿度 Soil moisture (%)	渗透速率 Saturation ratio (mm/min)
G ₃	47.82 ±2.53 A	2.18 ±0.046 A
G ₇	42.00 ±1.89 B	1.67 ±0.023 AB
G ₈	40.68 ±2.38 B	1.43 ±0.032 B
G ₁₁	27.33 ±3.22 C	0.37 ±0.005 C
G _Z	26.35 ±2.78 C	22.20 ±0.552

注: 同列不同大写字母表示同一项目不同放牧强度间差异显著 (P < 0.01)。

Note: The different capital letters mean the difference of the same item among plots at P < 0.01 level.

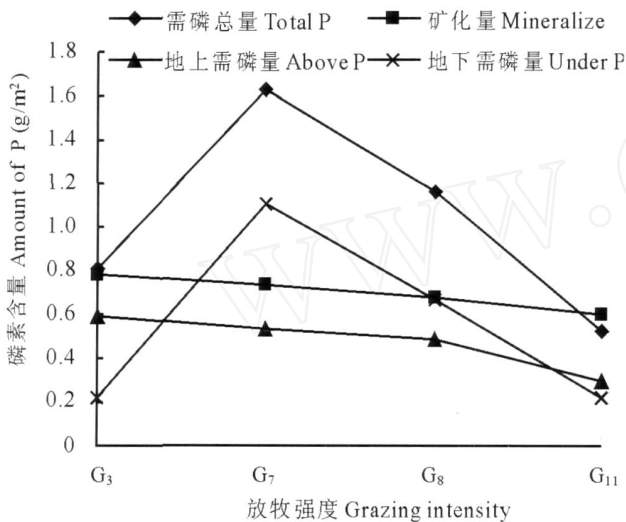


图 2 高寒草甸不同退化阶段磷素分配
Fig. 2 Supply-demand to P under different degradation stage in alpine meadow

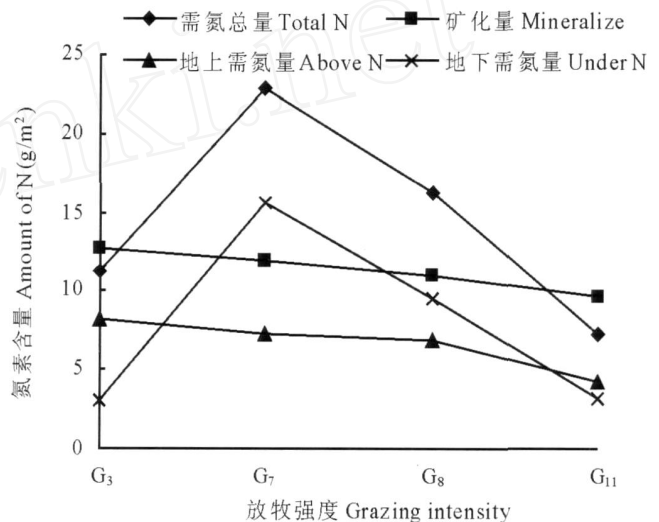


图 3 高寒草甸不同退化阶段氮素分配
Fig. 3 Supply-demand to N under different degradation stage in alpine meadow

草场的养分供给主要是依靠草地土壤有机物质的矿化作用,自然状况下,高寒草甸牧草根系分布层的土壤氮素矿化补给量是 15.68 g/m²,有机磷最大可能矿化量是 0.97 g/m²^[12,19,20]。利用样地的根/土(重量比)计算出各阶段氮和磷的矿化量,在放牧强度低的 G₃ 阶段,牧草生长需求的氮素和磷素与土壤矿化提供量基本一致(图 2 和 3)。土壤氮素和磷素的缺乏可能是高寒草甸植被演替与退化的驱动因子之一,这与曹广民等^[19]、张金霞和曹广民^[21]在高寒草甸氮素循环与施肥试验研究的结论一致。

3 讨论

草毡表层为高寒高草草甸所特有,它不仅是系统水分和营养元素分配、交换作用发生的场所,而且在维持系统稳定性方面起重要作用。放牧强度加大,小嵩草逐渐成为草地的优势群落,地下根系极度发育,大量植物根系生长对水分的需求造成植物的干旱胁迫,迫使植物根系向更深处生长以满足水分和养分的需求,最终草毡表层极度发育,但营养、水分条件与其需求不匹配,草毡表层死亡失去弹性,导致小嵩草生态系统稳定性被彻底打破,高寒草甸进入主动退化阶段。因此,从土壤-牧草的营养供求关系出发^[22,23],根据草地初级生产的过程与规律,控制人类活动强度在草地的承载能力之内,是高寒高草草地得以永续利用的关键。

参考文献:

- [1] 马玉寿,郎百宁,王启基. “黑土型”退化草地研究工作的回顾与展望[J]. 草业科学, 1999, 16(2): 529.
- [2] 周华坤,周立,赵新全,等. 江河源区“黑土滩”型退化草场的形成过程与综合治理[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 51-55.
- [3] 刘伟,王启基,王溪,等. 高寒草甸“黑土型”退化草地的成因及生态过程[J]. 草地学报, 1999, 7(4): 300-307.
- [4] 周华坤,赵新全,周立,等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J]. 草业学报, 2005, 14(3): 31-40.
- [5] 仁青吉,罗燕江,王海洋,等. 青藏高原典型高寒草甸退化草地的恢复[J]. 草业学报, 2004, 13(2): 43-49.
- [6] 李海英,彭红春,王启基. 高寒矮生嵩草草甸不同退化演替阶段植物地上部氮磷元素比较[J]. 西北植物学报, 2004, 249(11): 2069-2074.
- [7] 张金霞,曹广民,赵静玫,等. 高寒草甸生态系统矮生嵩草草甸的氮、磷、钾动态[A]. 高寒草甸生态系统(第 4 集)[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1995. 11-18.
- [8] 曹广民,鲍新奎,张金霞,等. 高寒草甸生态系统植物库磷素贮量及其循环特征[A]. 高寒草甸生态系统(第 4 集)[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1995. 27-33.
- [9] Isabelle K, Colin D R, Hubert T. Impact of cattle on soil physical properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2006, 11(3): 378-390.
- [10] 高旭升,田种存,郝学宁,等. 三江源区高寒草原草甸不同退化程度土壤养分变化[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2006, 24(5): 37-40.
- [11] 曹广民,吴琴,李东,等. 土壤-牧草氮素供需状况变化对高寒草甸植被演替和草地退化的关系[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 25-28.
- [12] 尚占环,丁玲玲,龙瑞军,等. 江河源区退化高寒草地土壤微生物与地上植被及土壤环境的关系[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 36-40.
- [13] 杜岩功,曹广民,王启兰,等. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤理化性状的影响[J]. 山地学报, 2007, 25(3): 338-343.
- [14] 孙鸿烈,刘光崧. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [15] 鲍新奎,高以信. 草毡表层的主要特征及鉴定指标[A]. 中国土壤系统分类新论[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 302-309.
- [16] 曹广民,李英年,鲍新奎. 高寒地区寒冻锥形土的持水特性[J]. 土壤, 1998, (1): 27-31.
- [17] 王辉,任继州,袁宏波. 黄河源区高寒草地沙化进程中土壤物理性质的变化[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 30-33.
- [18] 乐炎舟,左克成,张金霞,等. 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点[A]. 高寒草甸生态系统(第 1 集)[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1981. 19-34.
- [19] 曹广民,张金霞,鲍新奎,等. 高寒草甸生态系统磷素循环[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 514-518.
- [20] 鲍新奎,赵宝莲,曹广民. 高山土壤有机磷的净矿化作用[A]. 高寒草甸生态系统(第 3 集)[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1991. 227-235.
- [21] 张金霞,曹广民. 高寒草甸生态系统氮素循环[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 509-513.
- [22] 郑华平,陈子宣,王生荣,等. 施肥对玛曲高寒沙化草地植物多样性和生产力的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(5): 34-39.
- [23] 姚拓,龙瑞军. 天祝高寒草地不同扰动生境土壤三大类微生物数量动态研究[J]. 草业学报, 2006, 15(2): 93-99.

**Effect on incrustation of mattic epipedon and pasture nutrient-moisture
using by grazing in alpine Kobresia meadow**

DU Yan-gong^{1,2}, LIANG Dong-ying^{1,2}, CAO Guang-min¹, WANG Qi-lan¹, WANG Chang-ting¹

(1. Northwest Plateau Institution of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract : The distribution of N-P and the moisture variation caused by incrustation of the mattic epipedon together with its relationship to pasture degradation by grazing in alpine *Kobresia* meadow were studied at the Haibei ecosystem research station, Chinese Academy of Sciences. From 2005 to 2007, the plot pasture was maintained with a relatively stable grazing intensity and had formed obvious differences in surface character and species component. As grazing intensity increased the Cyperaceae gradually replaced the Gramineae as the dominant community, the depth of mattic epipedon increased, driven by the special biological characteristics of Cyperaceae (high ratio of under/aboveground). It developed from 4.03 ±0.49 cm in the *Stipa sliena* + *Festuca ovina* + *K. humilis* community to 10.1 ±0.38 cm in the *K. parva* community. Meanwhile the N-P nutrient amount needed by the system rose rapidly from 11.26 to 22.94 g/m² and from 0.81 to 1.63 g/m² respectively. The nutrients were mostly used for root growth (2/3 or so) which became biologically fixed and accumulated in the soil. The ratio of saturation was reduced from 2.18 mm/min in the *S. sliena* + *F. ovina* + *K. humilis* community to 0.37 mm/min in the *K. parva* community due to compaction and incrustation, especially of the dead-aging mattic epipedon, which resulted in a considerable decrease in the ability to accept precipitation. The rapid growth and quantity of roots caused an increase in the water requirement, so that soil moisture was gradually reduced with the smallest amplitude reaching 44.9%. The maladjustment of nutrient supply and demand together with drought enhancement caused by the thickening mattic epipedon maybe one reason for degradation in alpine *Kobresia* meadows.

Key words : alpine *Kobresia* meadow; mattic epipedon; grazing intensity; soil nutrient; saturation ratio