

放牧对祁连山高寒金露梅灌丛草甸土壤环境的影响

盛海彦¹, 张春萍¹, 曹广民^{2*}, 朱广芬³

1. 青海大学农牧学院, 青海 西宁 810003; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 3. 青海互助农科站, 青海 互助 810500

摘要:以祁连山北支冷龙岭东段南麓的干柴滩夏季牧场集体长期混合(藏系绵羊、牦牛)放牧的高寒金露梅 *Potentilla fruticosa* 灌丛草甸为对象, 利用空间分布代替时间演替的方法, 采用方格网法取样分析, 研究了土壤容重、土壤水分、土壤养分等的变化, 结果表明: 随着放牧压力梯度的增加, 灌丛斑块和丛间草地斑块 0~10 cm 土层密度显著增加、毛管孔隙度下降显著, 而 10~20 cm 土层的变化不显著。随放牧压力梯度的增加, 土壤水分减少, 金露梅灌丛 0~10 cm 土壤水分低于 10~25 cm 土层的, 而丛间草地的相反。随着放牧压力梯度的增加, 金露梅灌丛和丛间草地的土壤水分逐渐减少。随放牧压力梯度的增加, 0~25 cm 土层的土壤有机质由 108.73 mg·g⁻¹ 下降到 80.30 mg·g⁻¹; 金露梅灌丛和丛间草地 0~10 cm 土壤全氮、全磷均显著降低, 其中全氮平均降幅达 17.07%, 全磷平均降幅为 29.14%, 而 10~25 cm 土层的全氮、全磷变化不显著; 放牧使土壤速效钾显著增加, 其中丛间草地的增幅是 41.9%, 灌丛的增幅为 30.18%; 放牧使 0~10 cm 土壤 pH 值显著升高, 对丛间草地的 pH 值影响比灌丛的大。

关键词: 金露梅灌丛; 放牧; 土壤容重; 毛管孔隙度; 土壤养分

中图分类号: X144

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 03-1088-06

金露梅 *Potentilla fruticosa* 灌丛草甸是青藏高原高寒草地生态系统的重要组成部分之一, 分布面积仅次于高山嵩草 *Kobresia pygmaea* 草甸, 广布于海拔 3 200~4 500 m 的山地阴坡、半阴坡及洪积扇上, 多作为夏季牧场。高寒金露梅灌丛草甸不仅作为主要的放牧场^[1-2], 同时具有水源涵养功能, 对高原生态屏障功能的维持具有重要的作用^[3-4]。放牧是该类草地最大的外界干扰, 长期超载放牧使草地景观破碎化, 形成灌木群落、丛间草地岛状镶嵌分布的植被格局, 部分地段甚至演变为次生裸地^[5]。

土壤是植物生长的基础, 有关放牧对高寒金露梅灌丛草甸的影响, 现多集中于植物群落的变化^[6-9], 而引起土壤养分与环境因子的变化过程及与草地退化的关系, 尚未见报道。本文以空间代时间的方法^[10], 在青海省门源县干柴滩地区, 以夏季放牧点为中心向外辐射, 研究放牧梯度下, 土壤理化性状与环境因子的演替过程与强度, 以期高寒金露梅灌丛草甸持续利用及退化草地的恢复提供参考。

1 材料与方法

1.1 区域自然概况

试验设置于青海省门源县干柴滩地区 (37°39'56"~37°43'26"N, 101°19'39"~101°22'27"E), 具有典型的大陆性气候, 冷季寒冷、干燥、漫长, 暖季凉爽、湿润、短暂。年均气温-1.7℃, 最暖的 7 月和最冷的 1 月平均气温 9.8℃和-14.8℃,

年降水量约 580 mm, 主要集中于植物生长季 5—9 月, 占年降水量 80%, 年蒸发量 1 160 mm 左右。原生植被为高寒金露梅灌丛草甸, 群落总覆盖度达 60%~90%。群落结构简单, 一般分为灌木和草本两层。灌木层以金露梅为单优势种群, 草本层的植物种类较少, 样地内平均有 20~36 种·m⁻², 以寒冷中生草甸植物为主, 常见的有垂穗披碱草 *Elymus nutans*、矮嵩草 *Kobresia humilis*、珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、草地早熟禾 *Poa pratensis* 等。土壤为暗沃寒冻雏形土。

1.2 样地设置

样地设置于青海省门源县种马场二队夏季牧场, 为祁连山北支冷龙岭东段南麓的一洪积扇, 地形呈北向南倾斜, 坡度 5~7°, 总面积 5 871.55 hm², 总牲畜头数为 26 184 头, 其中藏系绵羊 23 726 只和 2 415 头藏牦牛, 马 43 匹 (2001 年至 2006 年 5 年的平均数), 草场的放牧强度 (以羊单位计) 为 5.73 只·hm⁻²。草地以队为单位, 没有进行户籍划分, 为公用草场。牧民点北依高山, 距山脚下 500 m, 之间有一宽约 50 m 的冲积沟; 东西两面为转场通道, 仅在其南面地势宽阔平坦, 长期的放牧作用调查样带, 样带长约 1 km, 分别在距起点 0, 30, 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1 050 m 处设置调查点, 标注为 P0、P1、P2、P3、P4、P5、P6、P7、P8, 其中 P8 在网围栏外, 既无放牧。样方面积为 10

基金项目: 中国生态网络台站项目(2006); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”资助项目(NCET-04-G983)

作者简介: 盛海彦(1967年生), 男, 副教授, 硕士, 主要从事资源与环境生态研究与教学工作。E-mail: xnshy26@sina.com

*通讯作者: 曹广民(1964年生), 男, 研究员, 主要从事土壤生态研究。

收稿日期: 2009-05-01

表 1 样点位置及自然状况
Table 1 The general situation of Plot sit

距离居民点/m	样点编号	经纬度	海拔/m	地表特征
0	P0	37°40'25.58"N, 101°21'26.45"E	3 450	次生裸地,有鼠类洞穴及土丘, 植被覆盖度 4.52%
30	P1	37°40'24.97"N, 101°21'24.03"E	3 450	委陵菜、西伯利亚蓼等杂草地, 植被覆盖度 18.11%
150	P2	37°40'23.55"N, 101°21'18.13"E	3 443	黄花棘豆、垂穗披碱草等与金露梅岛状镶嵌, 金露梅覆盖度 8.21%
300	P3	37°40'22.11"N, 101°21'12.29"E	3 429	多年生杂类草、禾草类与金露梅岛状镶嵌, 金露梅覆盖度 18.53%
450	P4	37°40'20.70"N, 101°21'06.41"E	3 426	异针茅等禾草、多年生杂类草与金露梅岛状镶嵌, 金露梅覆盖度 30.17%
600	P5	37°40'29.27"N, 101°21'00.58"E	3 417	多年生杂类草与金露梅岛状镶嵌, 金露梅覆盖度 39.61%
750	P6	37°40'17.84"N, 101°21'54.72"E	3 406	金露梅与异针茅等禾草、矮蒿草岛状镶嵌, 金露梅覆盖度 52.38%
900	P7	37°40'16.44"N, 101°20'48.82"E	3 393	金露梅与矮蒿草等莎草、异针茅等禾草镶嵌, 金露梅覆盖度 62.91%
1 050	P8	37°40'15.12"N, 101°20'43.06"E	3 382	金露梅与矮蒿草等莎草、异针茅等禾草镶嵌, 金露梅覆盖度 67.28%

m×10 m, 具体样点位置及自然状况见表 1。

1.3 样品的采集

在各调查样点, 对金露梅株丛和丛间草地均以“S”型随机选7个点, 用土钻按0~10, 10~25 cm, 分2层取土壤样品, 将样方内两类斑块各7点的2层土样分别混合装于2个塑料袋密封, 并编号, 用于土壤养分和水分测定。在每块样点对金露梅株丛和丛间草地均选4点用环刀分2层取土壤样品, 用于测定土壤容重、毛管空隙度和土壤密度。

1.4 测定内容及方法

测定内容包括: 土壤物理性状(土壤容重、毛管孔隙度、土壤密度); 土壤全量养分(全氮、全磷); 土壤速效养分(氮、磷、钾)。其中: 土壤容重、毛管孔隙度采用环刀法; 土壤密度采用比重瓶法; 土壤含水量采用烘干法; 土壤全氮采用开氏法; 土壤铵态氮采用扩散吸收法; 土壤全磷采用高氯酸-硫酸-钼锑抗比色法; 土壤速效磷采用 0.5 mol·L⁻¹ 碳酸氢钠浸提比色法; 土壤速效钾采用 1 mol·L⁻¹ 醋酸铵浸提火焰光度法; 土壤 pH: 采用电位测定法^[11]。每项测定 4 次重复。

数据处理利用 DPS 系统进行方差分析; 多重比较采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 放牧对草地土壤物理性状的影响

2.1.1 土壤容重和毛管孔隙数量

随着向居民点的渐进(P8到P0), 无论是金露梅灌丛还是丛间草地斑块土壤, 其0~10 cm土层密度均呈增加趋势(图1), 灌丛土壤的由0.59 g·cm⁻³增加到0.82 g·cm⁻³, 增幅为39.01%; 丛间草地的由0.67 g·cm⁻³增加到1.16 g·cm⁻³, 增幅为73.13%, 变化达到显著水准(P<0.05), 而10~25 cm土层密度变化不明显。同时金露梅灌丛和丛间草地的土壤容重变化均不明显, 其平均值分别为2.23, 2.34 g·cm⁻³。

随着向居民点方向的渐进(P8到P0), 土壤0~10 cm土层毛管孔隙度呈现降低的变化趋势(图2), 其中灌丛斑块的由75.54%降低至63.23%, 降低了

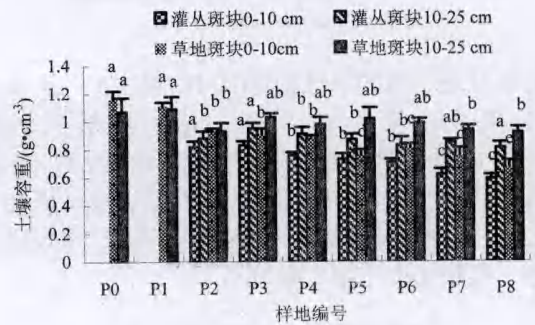


图1 不同放牧强度对土壤容重的影响
Fig.1 The influence of different grazing intensities on bulk density

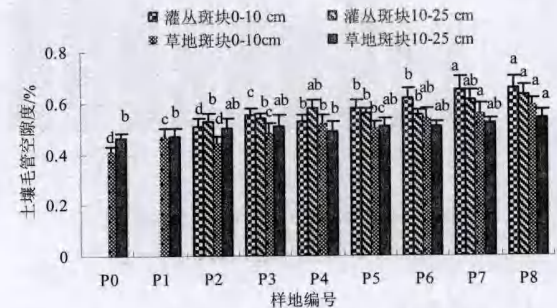


图2 不同放牧强度对土壤毛管孔隙度的影响
Fig. 2 The influence of different grazing intensities on capillary porosity

16.3%; 丛间草地斑块由71.38%降低至50.43%, 降低了29.34%, 变化达到显著水准(P<0.05); 而放牧对10~25 cm土层的毛管孔隙度的影响不显著。

2.1.2 土壤含水量

随着向居民点方向的渐进(P8到P0), 无论灌木群落斑块还是丛间草地斑块两层(0~10, 10~25 cm)土壤含水量均呈下降趋势(图3)。其中丛间草地分别降低了32.52%, 28.67%; 灌木了群落斑块降低19.95%, 16.1%。然而, 灌木群落斑块土壤含水量上层高于下层, 而草地斑块呈现相反趋势。

2.2 放牧对土壤养分的影响

2.2.1 土壤有机质

随着向居民点方向的渐进(P8到P0), 土壤有机

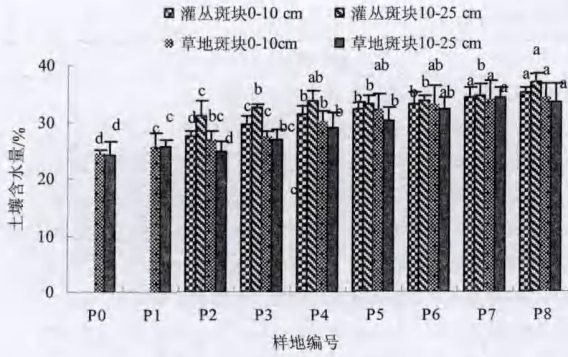


图 3 不同放牧强度对土壤含水量的影响
Fig. 3 The influence of different grazing intensities on the soil moisture content

质含量呈现明显的降低趋势(图4), 其中0~10 cm 土壤层灌丛斑块的由 131.25 mg·g⁻¹ 降低到 99.15 mg·g⁻¹, 降低了24.46%, 丛间草地的由 109.47 mg·g⁻¹ 降低到 87.4 mg·g⁻¹, 有机质降低了20.18%。而10~25 cm 土壤有含量亦随向居民点的渐进, 呈现降低趋势, 但较上层土壤变幅较小。

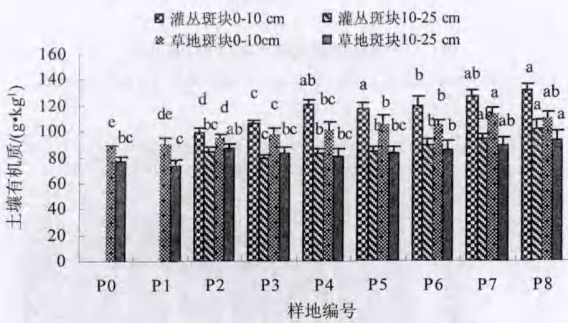


图 4 不同放牧强度对土壤有机质的影响

Fig. 4 The influence of different grazing intensities on soil organi

2.2.2 土壤氮素

土壤氮素金露梅灌丛斑块高于丛间草地斑块。随着向居民点的渐进(P8到P0), 土壤氮素全量养分呈下降趋势(图5), 对于0~10 cm 土层全氮来说, 灌丛斑块降低了 14.76%, 丛间草地斑块降低了 19.37%。且其降幅土壤上层(0~10 cm) 高于下层(10~25 cm)。随着向居民点的渐进(P8到P0), 0~10 cm 土层土壤铵态氮变化不定, 但在居民点周围(P0区域) 由鼠类活动形成的土丘上铵态氮较高为 23.7 mg·kg⁻¹, 比P8区域高3倍, 是其它区域的1~2倍。

2.2.2 土壤磷素

土壤全磷金露梅灌丛斑块的高于丛间草地斑块。随着向居民点的渐进(P8到P0), 金露梅灌丛斑块和丛间草地斑块的土壤全磷含量均显著下降(图6), 对于0~10 cm 土壤, 灌丛斑块的降低了25.62%,

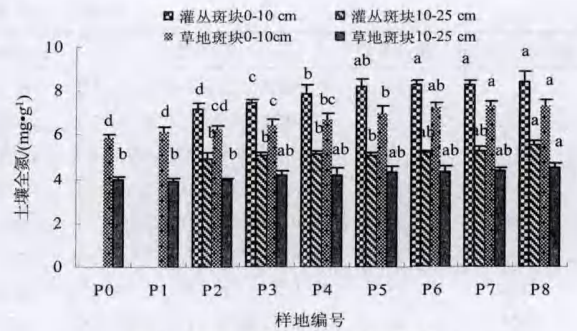


图 5 不同放牧强度对土壤全氮的影响

Fig. 5 The influence of different grazing intensities on soil total nitrogen

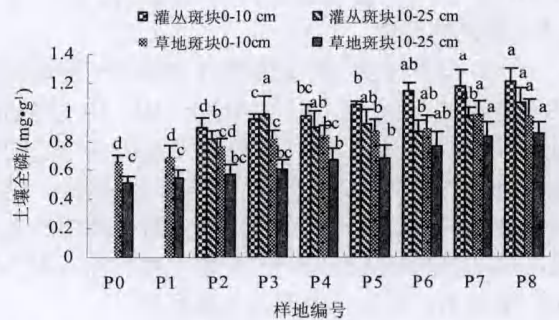


图 6 不同放牧强度对土壤全磷的影响

Fig. 6 The influence of different grazing intensities on soil total phosphorus

丛间草地斑块降低了32.65%。且其降幅土壤上层(0~10 cm) 的高于下层(10~25 cm)。随着向居民点的渐进, 放牧干扰的增强, 灌丛0~10 cm 土壤速效磷有降低的趋势, 就0~25 cm 土壤速效磷总体而言差异不显著(P>0.05)。

2.2.2 土壤钾素

高寒草甸区由于成土母质有丰富的含钾矿物, 其土壤全钾水平很高。本研究仅对土壤速效钾的含量进行了测定。由P0到P8, 随着向居民点的渐进, 放牧干扰的增强, 灌丛斑块和丛间草地斑块0~10 cm 和10~25 cm 土层的土壤速效钾均显著增加(图7), 放牧对丛间草地土壤速效钾的影响较灌丛的大,

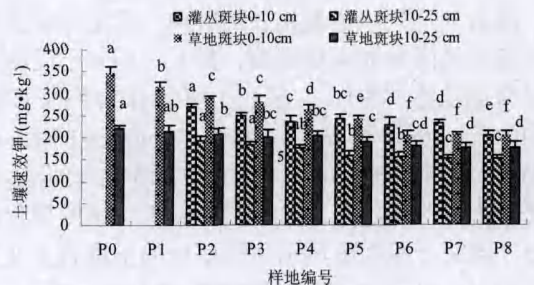


图 7 不同放牧强度对土壤速效钾的影响

Fig. 7 The influence of different grazing intensities on available potassium

其中丛间草地0~10 cm土层速效钾最大增幅是56.43%，10~25 cm土层的为27.36%；而灌丛0~10 cm土层的速效钾增幅为33.09%，10~25 cm土层的为27.28%。

2.3 放牧对酸碱度的影响

由P0到P8，随着向居民点的渐进，放牧干扰的增强，金露梅丛间草地斑块土壤pH变化显著($P<0.05$)，而灌丛的变化不显著(图8)。丛间草地0~10 cm土层的pH由6.53增加到8.05，10~25 cm土层pH由6.65增加到7.69。

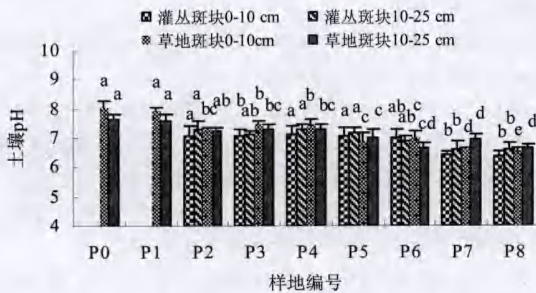


图8 不同放牧强度对土壤酸碱度的影响

Fig. 8 The influence of different grazing intensities on soil alkalinity

3 讨论

高寒草场以放牧为主要经营方式。藏系绵羊、牦牛和马是高寒草场的主要放牧家畜,它们的采食和践踏不仅可以直接改变草地的形态特征,而且还影响微区域土壤性质。本研究表明:随着离居民点的靠近,放牧干扰的加重,金露梅的覆盖度由未放牧样地的67.28%降低为次生杂草地的0%~8.21%(表1),放牧使高寒金露梅灌丛植被景观破碎化,形成灌木群落、丛间草地岛状镶嵌分布,以及杂类草或黑土型退化草地(P0、P1)的出现。放牧使金露梅灌丛和丛间草地斑块0~10 cm土壤容重增加,这与贾树海等^[12]对内蒙古草原的研究结果一致。Maria等^[13]认为土壤表层总孔隙度放牧地比未放牧地低17%,过度放牧导致大孔隙(>50 μm)和较大中等孔隙(9~50 μm)的丧失。在本研究中过度放牧的样地P0较无放牧样地P8的金露梅灌丛和丛间草地0~10 cm土壤总孔隙度降低了12.31%和20.95%,其毛管孔隙度降低了22.72%和30.5%,这也印证了Maria的观点。董全民等^[14]研究表明牦牛放牧率对小嵩草草甸土壤含水量有极显著的影响。本研究中,长期放牧强度(以羊单位计)为5.73只·hm⁻²的集体放牧已使高寒金露梅灌丛夏季草场明显退化,每hm²高寒金露梅灌丛退化为次生裸地或次生杂草草地,其0~25 cm土层的土壤水减少约2.25×10⁵ kg。金露梅灌丛的退化其涵养水源的功能下降甚至丧失,这将影响高寒湿地的系统稳定和局

部地区的气候变化。过度放牧破坏了土壤结构,使土壤紧实,土壤容重增加,土壤毛管孔隙数量减少,渗透率下降^[15],表层土壤水易蒸发,导致土壤蓄水能力下降。

高寒草地放牧系统是受人为因素的影响的开放系统,在适度放牧利用的情况下,能流和物流基本上处于平衡状态,生产水平比较稳定,土壤亚系统能够正常地发挥其功能为植物生长提供所需要的空间、养分和水分,同时植物的残落物和家畜的排泄物归还给土壤,使草—畜—土维持良好的循环与平衡。过度放牧的高寒草地土壤有机质、全氮、全磷明显下降^[16-18]。本研究中随着离居民点的靠近,放牧干扰的加重,金露梅灌丛斑块和丛间草地斑块0~10 cm土壤的有机质、全氮、全磷显著下降,丛间草地斑块土壤的全氮、全磷较金露梅灌丛斑块的下降幅度大。每hm²的金露梅灌丛退化为杂草草地或裸地,则0~25 cm土层的土壤有机质下降约1.48×10⁵ kg,土壤全氮下降约2.05×10³ kg,全磷下降约6.59×10² kg,其地上生物量由3.21×10³ kg(其中草本为2.35×10³ kg)下降为4.84×10³ kg。这一方面是由于大量牧草被的啃食及部分牧民砍伐金露梅(作为薪柴),植被覆盖度降低,光合面积减少,导致光合产物不能满足其自身生长发育的需要,使金露梅新生枝大量死亡,且凋落物减少,地表裸露程度增大,地表蒸发随之增大,土壤含水量下降,植物生长发育被严重抑制,影响了植物的光合作用及其有机物质合;另一方面是由于大量的畜产品以肉、乳、毛、皮等被人们从系统输出以及牲畜以排泄物的形式从放牧区向非放牧区转移(如羊板粪用于生产酵素有机肥等)。这加速了整个草场养分的失调,从而影响了养分对植物的供给,植物生长受到严重抑制,草地生产力下降。

放牧对土壤速效养分的影响比较复杂。通过草食动物的践踏,植物残体变得破碎,植物盖度下降,土壤表面温度变幅增加,这有利于植物残体的分解,加速了养分的循环过程。但过度放牧使土壤全量养分的降低,水分的减少,孔隙度下降,这抑制了土壤微生物的生命活动^[19]及酶的活性^[20],使有机残体不能被及时分解,影响了土壤养分的转化。此外,在过度放牧的高寒草甸地区,草地退化过程中啮齿动物的大量繁衍对土壤养分的转化产生重要影响,王权业等^[21]研究高原鼯鼠土丘对矮嵩草草甸土壤养分认为土丘土壤速效氮和速效磷明显高于无土丘土壤的,新土丘土壤中速效氮和速效磷高于就土丘。本研究中放牧过度干扰的样地P1、P0植被覆盖度极低,这为高原鼠兔创造了良好的生境,高原鼠兔活动形成大量的土丘,其铵态氮、速效磷和

速效钾较其它样地的高。鼠类活动推土至地表,易受阳光照射,表土温度升高,土壤疏松透气性良好,使微生物活动增强,加速了土壤养分的矿化,较高的速效养分有利于植被的恢复。放牧对土壤pH的影响随草地类型和畜群结构而不同,在家畜圈周围由于家畜踩踏程度高,家畜排泄量大,植被覆盖度低,地表蒸发量大,使土体中的部分盐分聚积到土表,导致土壤pH升高。因此,对已退化的高寒草地,不仅需要采取围栏休牧、划区轮牧等措施,而且要根据土壤环境的变化状况实施养分管理,以加速草地的恢复。

参考文献:

- [1] 周兴民, 王质彬, 杜庆, 等. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987: 56-57.
ZHOU Xinming, WANG Zhibing, DU Qin, et al. Qinghai Vegetation [M]. Xining: Qinghai People's Press, 1987.
- [2] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 青藏高原金露梅灌丛的结构特征及其生物量[J]. 西北植物学报, 1991, 11(4): 333-340.
WANG Qiji, ZHOU Xingmin, ZHANG Yanqing, et al. Structure characteristics and biomass of *Potentilla fruticosa* shrub in qinghai-xizang plateau[J]. Acta Bot Boreal Occident Sinica, 1991: 11(4): 333-340.
- [3] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司. 中国草地资源数据[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 68-72.
The Department of Animal Husbandry and Veterinary, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Chinese Grassland Resources Data[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1994: 68-72.
- [4] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 北京科学出版社, 1980: 430-451.
Chinese Vegetation Editor Committee. Chinese Vegetation[M]. Beijing: Beijing Science Press, 1980: 430-451.
- [5] 盛海彦, 曹广民, 李国荣, 等. 放牧干扰对祁连山高寒金露梅灌丛草甸群落的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 235-241.
SHENG Haiyan, CAO Guangming, LI Guorong, et al. Effect of grazing disturbance on plant community of alpine meadow dominated by *Potentilla fruticosa* shrub on Qilian Mountain[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(1): 235-241.
- [6] 张堰青. 不同放牧强度下高寒灌丛群落特征和演替规律的数量研究[J]. 植物生态与地植物学学报, 1990, 14(4): 358-364.
ZHANG Yanqing. A quantitative study on characteristics and succession pattern of alpine shrub lands under different grazing intensities[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1990, 14(4): 358-364.
- [7] 乔有明, 王启基, 景增春. 放牧和封育条件下金露梅灌丛草地群落动态变化的研究[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2005, 23(5): 5-8.
QIAO Youming, WANG Qiji, JIN Zengchun. Study on the plant community dynamic change of *Potentilla fruticosa* shrubs under grazing and enclosure[J]. Journal of Qinghai University: Natural Sciences, 2005, 23(5): 5-8.
- [8] 王启基, 周立. 放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应分析[C]//中国科学院北海高寒草甸生态系统定位站. 高寒草甸生态系统. 4集. 北京: 科学出版社, 1995: 353-363.
WANG Qiji, ZHOU Li. Effect analysis about grazing intensity on the structure and function of plant community in winter and spring grassland[C]//The Haibei research station of alpine meadow ecosystem. The Chinese Academy of Sciences. Alpine Meadow Ecosystem Fasc.4. Beijing: Science Press, 1995: 353-363.
- [9] 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[C]//刘季科, 王祖望. 高寒草甸生态系统. 3集. 北京: 科学出版社, 1991: 89-95.
WANG Qiji, ZHOU Xingmin, ZHANG Yanqing, et al. Effect of grazing on growing and biomass of *Potentilla fruticosa*[C]// LIU Jike, WANG Zuwang. Alpine Meadow ecosystem. Fasc3. Beijing: Science Press, 1991: 89-95.
- [10] BARBOUR M G. Terrestrial Plant Ecology[M]. London: The Benjamin Publishing Company, 1980: 222-233.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2002.
BAO Shidan. Analytical Methods of Soil and Agricultural Chemistry[M]. 3rd. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2002.
- [12] 贾树海, 王春枝, 孙振涛, 等. 放牧强度和时期对内蒙古草原土壤压实效应的研究[J]. 草地学报, 1999, 8(2): 217-222.
JIA Suhai, WANG Chunzhi, Sun Zhentao, et al. Study on grassland dark sandy chestnut compaction by grazing intensity and grazing season[J]. Acta Agrestia Sinica, 1999, 8(2): 217-222.
- [13] MARIA B V, NILDA M A, NORMAN P. Soil degradation related to overgrazing in the semi-arid southern Caldenal area of Argentina[J]. Soil Science, 2001, 166(7): 441-452.
- [14] 董全民, 赵新全, 李青云, 等. 高寒小嵩草草甸的土壤养分因子及水分含量对牦牛放牧率的影响 II: 冬季草场土壤营养因子及水分含量的变化[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 493-500.
DONG Quanmin, ZHAO Xinquan, LI Qingyun, et al. Responses of soil nutrient contents and water to stocking rates for yaks in *Kobresia parva* alpine meadow II: change of soil nutrient contents and water on winter pasture[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(4): 493-500.
- [15] 张蕴薇, 韩建国, 李志强. 放牧强度对土壤物理性质的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(1): 74-78.
ZHANG Wenwei, HAN Jianguo, LI Zhiqiang. A study of the effects of different grazing intensities on soil physical properties[J]. Acta Agrestia Sinica, 2002, 10(1): 74-78.
- [16] 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.
ZHOU Huakun, ZHAO Xinquan, ZHOU Li, et al. A study on correlations between vegetation degradation and soil degradation in the Alpine Meadow of the Qinghai Tibetan Plateau[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(3): 31-40.
- [17] 蒲小鹏, 徐长林, 刘晓静. 放牧利用对金露梅灌丛土壤理化性质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(1): 39-41.
PU Xiaopeng, XU Changling, LIU Xiaojin. Effects of different grazing levels on physical and chemical characteristics of soil under *Dasi-phora fruticosa* shrubland[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2004, 39(1): 39-41.
- [18] 董全民, 赵新全, 李青云, 等. 高寒小嵩草草甸土壤营养因子及水分含量对牦牛放牧率的影响 I: 夏季草场土壤营养因子及水分含量的变化[J]. 西北植物学报, 2004, 24(12): 2228-2236.

- DONG Quanmin, ZHAO Xinquan, LI Qingyun, et al. Responses of contents of soil nutrient factors and water to stocking rates for yaks in *Kobresia parva* alpine meadow I: responses to contents of soil nutrient factors and water to stocking rates in summer pasture[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2004, 24(12): 2228-2236
- [19] 盛海彦, 李松龄, 曹广民. 放牧对祁连山高寒金露梅灌丛草甸土壤微生物的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(6): 2319-2324.
- SHENG Haiyan, LI Songlin, CAO Guangmin. Effect of grazing on of alpine meadow dominated by *Potentilla frolicosa* shrub on Qilian Mountain[J]. Ecology and Environmental, 2008, 17(6): 2319-2324.
- [20] 王启兰, 曹广民, 王长庭, 等. 放牧对小蒿草草甸土壤酶活性及土壤环境因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 856-864.
- WANG Qilan, CAO Guangmin, WANG Changting, et al. The impact of grazing on the activities of soil enzymes and soil environmental factors in alpine *Kobresia pygmaea* meadow[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(5): 856-864.
- [21] 王权业, 边疆晖. 施银柱高原鼯鼠土丘对矮嵩草草甸植被演替及土壤营养元素的作用[J]. 兽类学报, 1993, 13(1): 31-37.
- WANG Quanye, BIAN Jianghui. Influence of plateau zokor mounds on the vegetation and soil nutrients in a alpine meadow[J]. Acta Theriologica Sinica, 1993, 13(1): 31-37.

Effect of grazing on soil environment of alpine meadow dominated by *Potentilla frolicosa* shrub on Qilian Mountain

SHENG Haiyan¹, ZHANG Chun ping¹, CAO Guangming², ZHU Guangfen³

1. Qinghai University, Xining 810003, China; 2. Northwest Plateau Institute of Biology Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

3. Huzhu Agriculture Science and Technique Station, Huzhu 810500, China

Abstract: This study was carried out in collective-owned summer grassland in Ganchaitan, which is located at the south foot of eastern Lenglongling Mountain (a branch of north Qilian Mountain), with yak and Tibetan sheep miscellaneously grazed on it. The grassland type could be classified as alpine meadow, dominated by *Potentilla frolicosa* shrub (PFS). This study, under grads grazing stress, focused on the soil moisture content, bulk density, capillary porosity and soil nutrition of PFS, by using pane net sampling based on spatial distribution in stead of temporal succession. Results showed that the Soil bulk density from 0 to 10 cm depth increased significantly with the grazing stress, while that from 10 to 20 cm depth was not affected with grazing stress. The capillary porosity from 0 to 10 cm depth of soil significantly decreased with grazing stress, and that from 10 to 25 cm depth of soil was not affected by grazing stress. For PFS grassland, soil moisture from 0 to 10 cm was lower than that from 10 to 25 cm. However, this trend reversed for the grassland amongst PFS. Soil moisture of grassland amongst PFS and of PFS grassland linearly decreased with grazing stress. As grazing pressure increased, soil organic matter (in 0~25 cm layer) decreased from 108.73 mg/g to 80.30 mg/g. Total nitrogen and total phosphorus decreased significantly in grassland amongst PFS and PFS grassland (in 0~10 cm soil layer), the average of total nitrogen and total phosphorus decreased by 17.07% and 29.14% respectively, while they did not varied significantly in soil 10~25 cm layer. Soil available potassium remarkable increased by 41.9% and 30.18% for the PFS grassland and the grassland amongst PFS respectively. By grazing, soil pH increased significantly, and pH value was more varied in PFS grassland than that in grassland amongst PFS.

Key words: *Potentilla frolicosa* shrub; grazing; bulk density; capillary porosity; soil nutrition