

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2014-0286

苏振声,孙永芳,付娟娟,褚希彤,许岳飞,呼天明.不同放牧强度下西藏高山嵩草草甸土壤养分的变化[J].草业科学,2015,32(3):322-328.

SU Zhen-sheng, SUN Yong-fang, FU Juan-juan, CHU Xi-tong, XU Yue-fei, HU Tian-ming. Effects of grazing intensity on soil nutrient of *Kobresia pygmaea* meadow in Tibet Plateau[J]. Pratacultural Science, 2015, 32(3): 322-328.

不同放牧强度下西藏高山嵩草 草甸土壤养分的变化

苏振声,孙永芳,付娟娟,褚希彤,许岳飞,呼天明

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以西藏高山嵩草(*Kobresia tygmaea*)草甸土壤为研究对象,分析不同放牧强度下土壤中全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾、有机质及 pH 值的变化。结果表明,随着放牧强度的增加,在不同土层中,全氮、速效氮和速效钾含量减少;而全钾含量随着放牧强度的增加呈现先增加后减小的趋势;重度放牧显著降低了土壤中全氮、速效氮和速效钾的含量($P < 0.05$);随着放牧强度的增加,土壤有机质含量逐渐减少;放牧强度对土壤 pH 值影响没有显著影响($P > 0.05$)。因此,延迟+适度放牧和适度放牧可以有效地保护草地,防止高山嵩草草甸进一步退化。

关键词:放牧梯度;牦牛;土壤养分;西藏高原

中图分类号:S812.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0629(2015)03-0322-07*

Effects of grazing intensity on soil nutrient of *Kobresia pygmaea* meadow in Tibet Plateau

SU Zhen-sheng, SUN Yong-fang, FU Juan-juan, CHU Xi-tong,

XU Yue-fei, HU Tian-ming

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: The present study was to investigate the effects of grazing intensity on soil organic matter, pH, total nitrogen, available nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, total potassium, and available potassium in soil of *Kobresia pygmaea* meadow community of Tibet plateau. The results showed that the contents of soil total nitrogen, available nitrogen and available potassium decreased, while the contents of total potassium increased firstly and then decreased with the increasing of grazing intensity. Heavy grazing intensity significantly reduced the contents of total nitrogen, available nitrogen, available potassium and available phosphorus ($P < 0.05$). Soil organic matter content decreased gradually with the increase of grazing intensity. There was no significant difference between grazing and control in soil pH ($P > 0.05$). The results suggested that delayed grazing with moderate grazing intensity could protect grassland from degeneration.

* 收稿日期:2014-06-13 接受日期:2014-10-27

基金项目:西北农林科技大学基本科研业务费专项基金项目(QN2011100);国家科技支撑计划项目(2011BAD17B05)

第一作者:苏振声(1974-),男,甘肃庄浪人,在读硕士生,主要从事青藏高原高寒草地生态学研究。E-mail: xzajw@163.com

通信作者:许岳飞(1980-),男,内蒙古乌兰察布人,讲师,博士,主要从事青藏高原高寒草甸群落生态学研究及逆境生理研究。

E-mail: xuyfgrass@gmail.com

呼天明(1958-),男,内蒙古伊金霍洛旗人,教授,博导,博士,主要从事青藏高原高寒草甸群落生态学研究及牧草育种研究。

E-mail: hutianming@126.com

Key words: grazing intensity; yak; soil nutrient; Tibet Plateau

Corresponding author: XU Yue-fei E-mail: xuyfgrass@gmail.com

HU Tian-ming E-mail: hutianming@126.com

西藏草地主要以高寒草甸为主,总面积为 6.37 万 hm^2 ,其中可利用面积为 5.88 万 hm^2 。西藏高寒草甸既是重要的生态保护屏障,又是当地农牧民的基本生产资料,具有多重功能和效益^[1-2]。高寒草甸风蚀化程度低、土层薄、粗骨性强,加之高原气候寒冷,土层下部为冻土层,地表在反复冻融过程中容易出现龟裂和草皮剥落而形成裸地,在大风吹蚀下产生沙漠化^[1]。西藏草甸大多分布在高海拔地区,近年来,由于受自然气候和人类活动的影响,西藏高寒草甸土壤退化严重,其主要原因是气候变迁、极度脆弱的生态环境、过度放牧以及草地管理制度的不完善等^[2],草地植被盖度减少了 80% 左右,近 30% 的草地出现了严重退化,草地鼠、虫等自然灾害频频发生,毒草滋生蔓延,畜牧业经济效益下滑,草原生态屏障和水源涵养功能正在逐步减弱和丧失^[3]。

高寒草甸的形成是一个长期复杂的过程,其发育成的草毡寒冻锥形土有机质含量较高,是碳素的巨大储备库。高寒土壤随季节冻融变化和昼夜融冻交替变化明显,土壤中微生物活动比较弱,以致死亡根系和枯枝落叶难以分解,长期积累于土壤表层,形成根系盘根错节的草毡表层,物质风化程度弱,土壤有机物质和全量养分含量丰富^[4]。植物赖以生存的氮、磷、钾元素主要由土壤提供,家畜的采食对土壤有机质,氮、磷、钾元素影响大。家畜在采食过程中,除了践踏草地影响土壤物理结构外,还通过畜体本身的采食活动和对营养物质的转化,进一步影响草地的营养物质循环,从而使高寒草甸土壤的化学组成发生变化。通常情况下,高寒草甸土壤的化学变化和物理变化相互影响,而过度放牧使这种影响更加剧烈,造成草地急剧退化,土壤严重沙化^[5]。本研究主要分析放牧对土壤养分的影响,揭示不同放牧梯度与土壤养分之间的内在联系,旨在为合理放牧和有效保护西藏高寒草甸提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 研究区自然概况

试验地建立在西藏自治区林芝地区工布江达县加兴乡松多三村邦杰塘野外试验站(29° 87' N,

93° 38' E),海拔高度为 4 450 m,年平均气温 3.8 °C,1 月最冷,平均气温为 -10.5 °C,7 月最热,平均气温为 9.3 °C,该地区属典型高原温带半湿润气候,植物生长期为 120 d 左右,年降水量为 550 mm,主要集中在 6—9 月,全年日照时间为 2 016 h,无绝对无霜期,土壤类型为高山草甸,草地类型为高山嵩草草甸。草地植被主要有高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)、西藏羊茅(*Festuca walli*)、高原唐松草(*Thalictrum cultratum*)、西藏粉报春(*Primula pulio*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、高山大戟(*Euphorbia stracheyi*)、高山点地梅(*Amdrodace gmelinii*)、高山红景天(*Rhodiola rosea*)、马先蒿(*Pedicularis reupinanta*)、肉果草(*Lancea tibetica*)、条裂银莲花(*Anemone trullidolia*)、高山委陵菜(*Potentilla polyschista*)、火绒草(*Leontopodium alpinum*)、独一味(*Lamiophlomis rotata*)等植物。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 2010 年 5 月至 2012 年 9 月在西藏邦杰塘野外建立试验站,设定试验样地,用网围栏分割各样地,放牧家畜为西藏牦牛(*Bos grunniens*),性别为雌性,体重(100±5)kg,年龄均为 48 月龄,连续进行 3 年的试验,本文以第 3 年数据为主,前两年数据为参考。根据试验地上的平均生物量、家畜体重和草地面积以及放牧时间等因素来确定放牧牦牛的头数(放牧强度),即对照零放牧(NG)、适度放牧(MG)、延迟+适度放牧(DMG)、延迟+重度放牧(DHG)、重度放牧(HG),5 个处理,每处理 3 个重复,共 15 个样地,随机排列。适度放牧和重度放牧开始时间为 6 月初,至 9 月初结束放牧;而延迟+适度放牧和延迟+重度放牧开始时间为 7 月初,9 月初结束放牧(表 1)。

1.2.2 取样 2012 年 9 月前测定试验数据(放牧结束)。按照对角线取样法,在每个试验小区内选定 3 个具有代表性固定样点取样,在每个样点上随机选取 5 个样方,在每个样方内分层采集 0—10、10—20 和 20—30 cm 的土壤,将土壤样品带回实验室自然风干,分别用 0.2 和 1.0 mm 的筛子筛后留用。按照鲍士旦^[6]的方法,测定土壤中有机质(重铬酸钾容量

表 1 放牧试验设计
Table 1 Design of grazing test

放牧强度 Grazing intensity	牦牛数量/头 Yaks per plot/head	草地面积 Grassland area/hm ²	载畜量/头·hm ⁻² Grazing capacity/head·hm ⁻²
零放牧(对照)Control	0	2.0	0
延迟+适度放牧 Delay grazing with moderate intensity	3	8.0	0.375
适度放牧 Moderate grazing	3	8.0	0.375
延迟+重度放牧 Delay grazing with heavy grazing intensity	3	5.4	0.545
重度放牧 Heavy grazing	3	5.4	0.545

法)、pH 值(1/2.5 土水比、电位法测定)、全氮(凯氏法消解, AA3 连续流动分析仪测定)、全钾(NaOH 熔融、火焰光度法)、全磷(H₂SO₄-HClO₄ 消解, 硫酸钼锑抗比色法)、速效氮(1.0 mol·L⁻¹ KCl 浸提, AA3 连续流动分析仪测定)、速效钾(1.0 mol·L⁻¹ NH₄OAc 浸提、火焰光度法)、速效磷(0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 浸提, 硫酸钼锑抗比色法)。

1.3 统计分析

试验数据的统计分析用 SPSS 15.0 统计软件, 用 One-way ANOVA 进行单因素方差分析, 对显著差异的使用 Duncan's 法对平均值进行多重比较分析, 统计图形在 Sigmaplot 10.0 软件中绘制。

2 结果

2.1 不同放牧强度对土壤全氮、全磷、全钾的影响

放牧强度从弱到强依次为 零放牧、延迟+适度放牧、适度放牧、延迟+重度放牧和重度放牧, 0-10 cm 土壤全氮含量, 延迟+重度放牧和重度放牧下的全氮含量显著小于对照(零放牧)下全氮含量($P < 0.05$), 其他各放牧下全氮含量变化与对照差异不显著($P > 0.05$); 在 10-20 cm 土壤中, 在延迟+重度放牧和重度放牧下全氮含量差异不显著, 但均显著低于其他放牧强度下全氮的含量, 其他各放牧强度下全氮含量与对照没有显著差异; 随着放牧强度增加, 在 20-30 cm 土壤中, 除延迟+重度放牧下全氮含量增加, 与对照之间没有显著差异, 其他各放牧强度下全氮含量显著减少($P < 0.05$)(图 1)。在 0-10 cm 土壤中, 重度放牧下全磷含量显著低于对照, 其他不同的放牧强度下全磷变化差异不显著($P > 0.05$); 在 10-20 cm 土壤中, 延迟+适度放牧下全

磷含量显著高于对照, 重度放牧时显著低于对照, 适度放牧和延迟+重度放牧下与对照差异不显著; 在 20-30 cm 土壤中, 随着放牧强度的增加, 全磷没有显著变化。在 0-10 cm 土壤中, 全钾含量随着放牧强度的增加升高后减少, 除延迟+重度放牧外各放牧强度下全钾含量均显著高于对照; 10-20 cm 土壤中, 各放牧强度下全钾含量均显著高于对照, 延迟+适度放牧、适度放牧、延迟+重度放牧下全钾含量差异不显著; 20-30 cm 土壤中, 适度放牧下全钾含量显著高于对照。

2.2 不同放牧强度对土壤速效氮、速效磷、速效钾的影响

在 0-10 cm 土壤中, 适度放牧下速效氮的含量与对照之间没有差异($P > 0.05$), 其他各放牧强度下速效氮含量显著低于对照($P < 0.05$); 在 10-20 cm 土壤中, 速效氮整体呈现减少局势, 但延迟+重度放牧与对照没有差异($P > 0.05$); 在 20-30 cm 土壤中, 除适度放牧下速效氮与对照没有显著差异外, 其他各放牧强度下速效氮含量均显著低于对照(图 2)。在 0-10 cm 土壤中, 随放牧强度增加, 速效磷含量先减少后增加, 重度放牧下速效磷含量显著高于对照($P < 0.05$); 在 10-20 cm 土壤中, 延迟+适度放牧、延迟+重度放牧的速效磷含量差异不显著, 但均显著低于对照和其他放牧强度下速效磷的含量, 其他各放牧强度下与对照差异不显著; 在 20-30 cm 土壤中, 适度和重度放牧下速效磷的含量显著高于对照。随放牧强度增加, 在 0-10 cm 土壤中, 适度放牧速效钾含量略高于对照($P > 0.05$), 重度放牧强度下速效钾含量显著低于对照; 在 10-20 cm 土壤中, 重度放牧速效钾含量显著低于对照, 其他各放牧强度下速效钾含量差异不显著; 在 20-30

cm 土壤中,随放牧强度增加,速效钾含量先增加后减少,延迟+适度放牧时速效钾含量显著高于对照,其他各放牧强度下速效钾含量显著低于对照。

2.3 不同放牧强度对土壤有机质的影响

0—10 cm 土壤中有机质含量随着放牧强度增加而降低,在不同的放牧强度下土壤有机质含量变化差异显著($P < 0.05$),且均显著低于对照,延迟+重度放牧和重度放牧时,有机质含量低于其他各放牧强度下有机质含量;10—30 cm 土壤有机质含量

随放牧强度的增加而减少,各放牧强度下土壤有机质含量均显著低于对照(图 3)。

2.4 不同放牧强度对土壤 pH 值的影响

土壤呈酸性,pH 值小于 6.2,随着土壤深度的增加 pH 值也相应升高。在 0—30 cm 土壤中,不同的放牧强度对土壤 pH 值没有显著影响($P > 0.05$) (图 4),可能与土壤微生物的活动、有机质的合成与分解、土壤保持养分的能力以及土壤重金属元素的存在形态更密切。

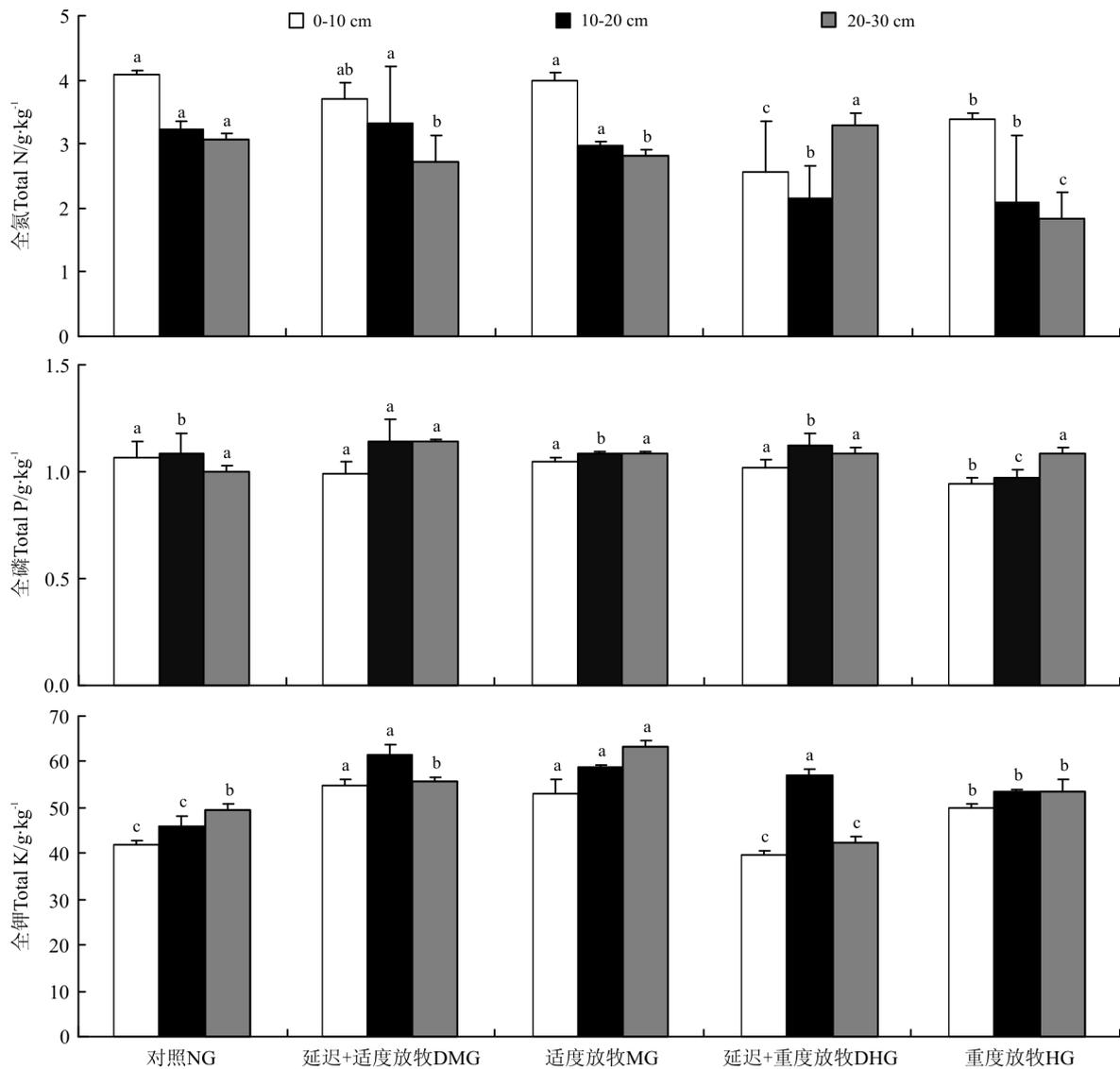


图 1 不同放牧强度对土壤全氮、全磷和全钾含量的影响

Fig.1 Effects of grazing intensity on contents of soil total nitrogen, total phosphorus and total potassium

注:不同小写字母表示同一土层不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different lower case letters for the same soil depth indicate significant differences among different grazing treatments at 0.05 level. The same below.

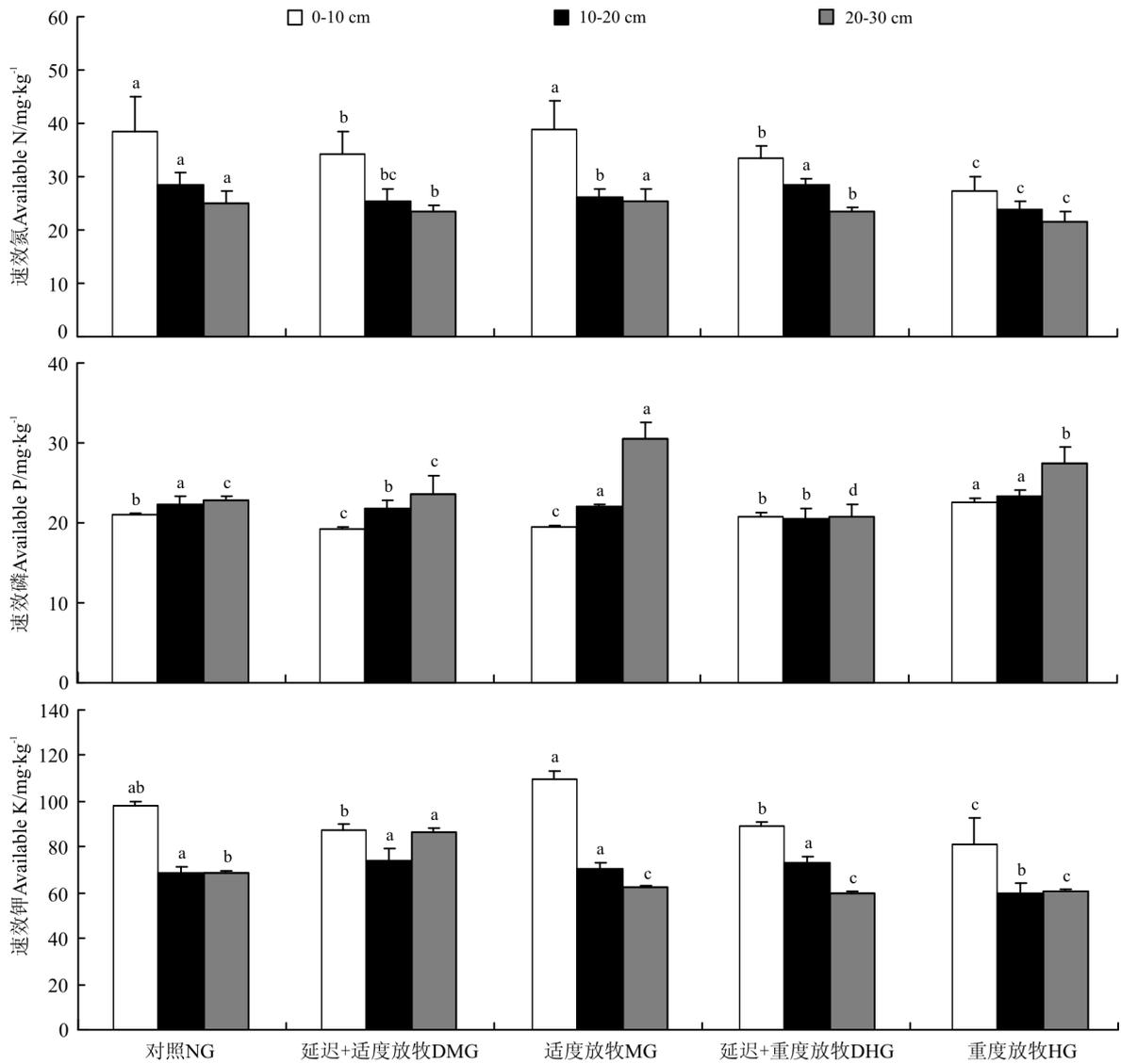


图 2 不同放牧强度对土壤速效氮、速效磷和速效钾含量的影响

Fig.2 Effects of grazing intensity on content of soil available nitrogen, available phosphorus and available potassium

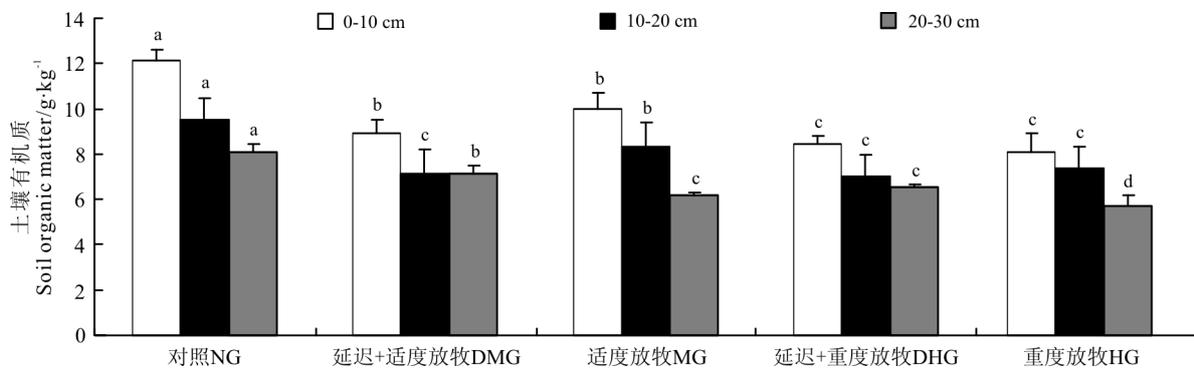


图 3 不同放牧强度对土壤有机质的影响

Fig.3 Effects of grazing intensity on content of soil organic matter

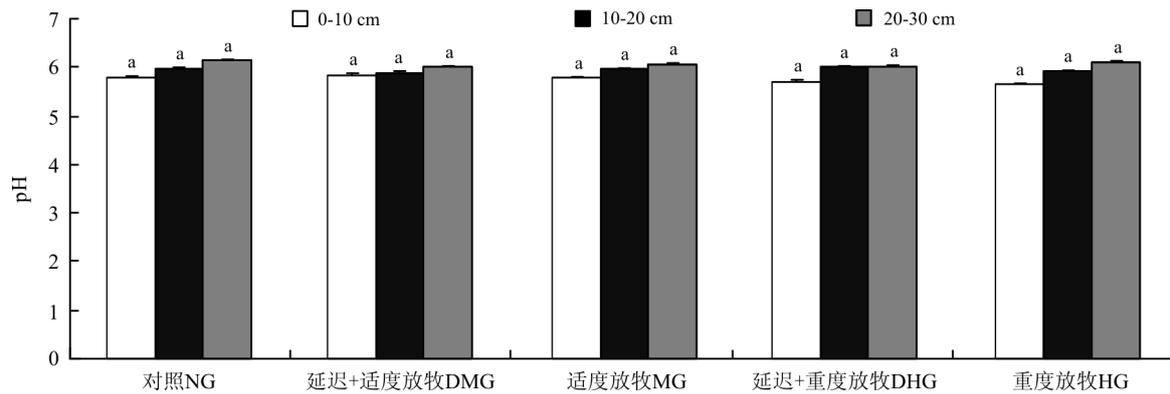


图4 不同放牧强度对土壤PH值的影响

Fig.4 Effects of grazing intensity on soil pH

3 讨论

高寒草甸生态系统有着独特的生物地球化学过程,拥有丰富的碳储量,其中,大约90%的碳储存在土壤中^[7],而土壤中氮素、磷素和有机质等是土壤主要的养分指标。植物为土壤提供大量的有机物质,经过土壤中微生物的活动,有机质逐渐转化为土壤腐殖质,供植物生长需要。土壤有机质不仅可以提高土壤含水量、团聚体和土壤结构,还可以增加土壤养分的供应能力和土壤阳离子交换能力^[8]。青藏高原气候寒冷,昼夜温差大,土壤微生物活动弱,土壤中有机体分解缓慢,家畜放牧活动成为改变土壤碳素最主要的因素之一。本研究表明,土壤有机质含量随着放牧强度的增加而降低,短期放牧直接影响着0—10 cm土壤中的有机质含量,长期放牧可以影响到10—30 cm深层土壤中有机质含量。究其原因可能是,在草地生态循环过程中,重度放牧强度显著影响着土壤有机质的含量,家畜通过采食使植物枯枝落叶量减少,降低草地生态系统中碳的含量^[9],也降低了草地的生产力,导致土壤中碳的输入量下降;另一原因可能是放牧活动践踏等使土壤本身发生变化,植物在进行不断补偿性生长过程中,吸收了大量的土壤养分,从而影响了土壤有机质的含量。

氮、磷元素对土壤有着重要影响,对土壤的物理结构维持和改善尤为重要^[10]。众多学者对青藏高原草甸植被系统的研究表明,在植物生长期,放牧可以提高土壤硝态氮和氨态氮含量,加速土壤的硝化反应^[11]。本研究表明,随着放牧强度增加,土壤中全氮含量减少。可能是随着放牧强度增加,草地

植被减少,牧草吸收无机氮量逐渐减少,土壤中有机质可溶性物质增加,为土壤微生物的生命活动提供了大量富含碳、氮基团的物质,从而促进了氮素矿化^[12],导致土壤中全氮含量的减少。在0—30 cm土壤中,不同放牧强度对土壤全磷含量的影响较小,可能是由于青藏高原高寒草甸土壤中磷含量少,高寒土壤中磷含量主要受气候环境、土壤类型等因素的影响。土壤中钾在土壤、牧草和家畜之间构成循环系统,家畜通过牧草摄入的钾,除20%左右通过粪便返回草地外,大约80%都是通过尿液返回草地^[13]。本研究表明,土壤全钾含量除10—20 cm土层外随着放牧强度的增加先增加后减少,但均高于对照。主要原因是,钾本身很容易从土壤胶体上被代换出来,而钾化合物一般不挥发,在水中溶解度比较高。随着放牧强度的增加,土壤中全钾含量增加,是由于家畜粪便为土壤提供大量钾,在高度放牧中,家畜粪便提供给土壤钾含量超过了土壤提供给植被生长时钾的含量,从而导致土壤中钾的含量增加^[14-16]。

土壤速效养分动态变化反映着土壤实际的供肥能力^[17]。速效养分的质量分数与土壤的温度、湿度、含水量,尤其是与土壤中微生物活动关系紧密^[18]。本研究表明,土壤中速效氮含量除10—20 cm土层外随着放牧强度的增加而降低,这是因为随着放牧强度的增加,家畜对草地采食量明显增加,植物在不断地进行补偿性生长时,对速效氮的需求也随之增大。速效磷的变化没有定律,20—30 cm土层,适度放牧时速效磷的含量高于对照,但表层土壤(0—10 cm)中,速效磷含量却显著低于对照。这主要是因为,在适度放牧强度下,家畜

反复采食刺激了牧草再生,导致表层土壤速效磷含量减少,引起深层土壤全磷各组分向速效磷转移量增加^[19]。本研究表明,随着放牧强度的增加,土壤中特别是表层土壤速效钾的含量除0—10 cm土层外,其他土层先增加后降低,其主要原因是牲畜排泄的粪便中钾的含量大,随着放牧强度的增加,牧地单位面积家畜数量多,粪便排泄量大,草地钾含量也相应增加^[14-15]。

4 结论

随着放牧强度的增加,西藏高寒草甸土壤有机质含量减少;延迟+适度放牧和适度放牧能够提高土壤中全磷、全钾含量,也能缓解其他养分的减少;重度放牧降低土壤全氮、速效氮、速效钾含量。超载放牧是造成高寒土壤养分减少和草地退化的主要原因,延迟+适度放牧和适度放牧可以维持土壤养分,保护草地生态平衡,防止高寒草地进一步退化。

参考文献

- [1] 于格,鲁春霞,谢高地.青藏高原北缘地区高寒草甸土壤保持功能及其价值的实验研究[J].北京林业大学学报,2006,28(4):57-61.
- [2] 许岳飞,益西措姆,付娟娟,陈浩,苗彦军,陈俊,呼天明,谭建国.青藏高原高山嵩草草甸植物多样性和土壤养分对放牧的响应机制[J].草地学报,2012,20(6):1026-1032.
- [3] 杨富裕,张蕴薇,苗彦军,孟令国,魏学红.西藏草业发展战略研究[J].中国草地,2004,26(4):67-71.
- [4] 张金霞,曹广民,周党卫,胡启武,赵新泉.高寒矮嵩草草甸大气—土壤—植被—动物系统碳素储量及碳素循环[J].生态学报,2003,23(4):627-634.
- [5] 张法伟,李英年,汪诗平,赵新泉.青藏高原高寒草甸土壤有机质、全氮和全磷含量对不同土地利用格局的响应[J].中国农业气象,2009,30(3):323-326.
- [6] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第2版.北京:中国农业出版社,2000:180-192.
- [7] 钟华平,樊江文,于贵瑞,韩彬,胡中民,岳燕珍,梁颺.草地生态系统碳循环研究进展[J].草地学报,2005,13(S1):67-73.
- [8] Wang R Z. Responses of *Leymus chinensis* (Poaceae) to long-term grazing disturbance in the Songnen grasslands of north-eastern China[J]. Grass and Forage Science, 2004, 59(2): 191-195.
- [9] Koutika L S, Andreux F, Hassin K J, Chone T, Cerri C C. Characterization of organic matter in the top soils under rain forest and pastures in the eastern Brazilian Amazon basin[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29: 309-313.
- [10] 陈恩凤,周礼恺,武冠云,赵晓燕,王正平.土壤的自动调节性能与抗逆性能[J].土壤学报,1991,28(2):168-176.
- [11] Le Roux X, Bardy M, Loiseau P, Louatlt F. Stimulation of soil nitrification and denitrification by grazing in grasslands: Do changes in plant species composition matter[J]. Oecologia, 2003, 137: 417-425.
- [12] Curtin D C, Campbell A, Jail A. Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1998, 30: 57-64.
- [13] 蒋建生,蒋文兰,任继周.南方人工草地放牧系统元素循环与培肥技术研究[J].四川草原,2002(2):1-10.
- [14] 关世英,文沛钦,康师安,常进宝.不同牧压强度对草地土壤养分含量的影响[A].西北高原生物研究所.草原生态系统研究(第五集)[C].北京:科学出版社,1997:212-214.
- [15] 贾树海,崔学明,李绍良,陈有君,王芳玖.牧压梯度上土壤理化性质的变化[A].西北高原生物研究所.草原生态系统研究(第五集)[C].北京:科学出版社,1997:251-253.
- [16] Hoglund J H. Grazing intensity and soil nitrog accumulation[J]. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 1985, 46: 65-69.
- [17] 张伟,关世英,李跃进.不同牧压强度对草原土壤水分、养分及其地上生物量的影响[J].干旱区资源与环境,2000,14(4):61-64.
- [18] 范燕敏,孙宗玖,武红旗,刘秀梅.封育对山地草地植被及土壤特性的影响[J].草业科学,2009,26(3):79-82.
- [19] 赵吉,廖仰南,张桂枝,邵玉琴.草原生态系统的土壤微生物生态[J].中国草地,1999,21(3):57-67.

(责任编辑 武艳培)