

围封和放牧条件下高寒矮嵩草 草甸土壤性质的比较

乔春连^{1,2,3}, 王基恒^{1,2}, 葛世栋^{1,2}, 陈懂懂^{1,3},
赵 亮¹, 李英年¹, 徐世晓^{1,3}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810008)

摘要:选取自 2002 年围封禁牧和持续冬季适度放牧两种处理下的高寒矮嵩草(*Kobresia humilis*)草地为研究对象,分别对其土壤呼吸速率、根系生物量、土壤含水量、土壤容重、土壤有机碳和全氮含量进行了比较分析。结果表明,持续冬季放牧条件下的土壤呼吸速率、根系生物量和土壤容重均高于围封禁牧的高寒草地,而土壤含水量、有机碳和全氮含量均显著低于围封草地。适度的放牧活动有利于地下生物量的积累,促进生物量向地下的转移,可以加速氮的矿化和土壤有机碳的分解,增加土壤的活性;适当的围封措施则可以保持土壤养分,避免土壤有机质流失。

关键词:围封;放牧;土壤呼吸速率;土壤有机碳;高寒草地

中图分类号:S812.2;S155.4+7

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2012)03-0341-05

土壤是植被赖以生存和整个生态系统存在的物质基础。持续的放牧活动和长期的围封禁牧都可以直接或间接地影响土壤理化性质,使土壤营养状况发生变化。青藏高原东北部土壤按其发生特性的共同点和差异性,及成土条件、形成过程和土壤基本属性,可划分为高寒草甸土和草甸沼泽土^[1]。土壤特点是发育年轻、土层浅薄、有机质含量丰富且分解缓慢^[2]。

放牧活动是高寒草地的主要利用方式之一。草地放牧利用不仅能改变草地生态系统的地上生产力和生物多样性^[3-6],还能够对草地生态系统的土壤物理结构与化学成分产生影响,进而影响到土壤呼吸^[7],长期的放牧活动势必对草地土壤碳库产生影响^[8]。已有研究表明,放牧导致植被和凋落物的变化可以改变土壤温度和湿度,使土壤微生物数量增加^[9-11]。过度放牧是导致近年来土壤有机碳释放量增加的原因之一^[12]。在过度放牧情况下,全球草地地上净生产力仅有 20%~50% 能够以凋落物或牲畜粪便的形式回归到土壤库中^[13]。40 年的过度放牧使表层 0~20 cm 土壤的碳储量降低 12.4%^[14],可见,长期过度放牧能加速土壤有机碳向大气中的

释放。因此,对草地的过度利用可能使草地变成一个巨大的碳源^[15-17],而 Cao 等^[18]的研究表明,放牧使土壤呼吸速率降低。由此可见,关于放牧对草地生态系统,尤其是高寒草甸生态系统的土壤性质和土壤碳库的影响情况还有待于进一步深入研究。本研究对放牧和围封条件下青藏高原高寒草甸土(也称草毡雏形寒冻土)的性质进行比较,旨在对多年放牧和围封条件下高寒草甸生态系统的土壤理化性质的变化进行初步探究。

1 研究方法

1.1 试验地概况 本研究在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行,海北站地处青藏高原东北隅的青海省海北藏族自治州门源县境内,属祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河河谷西段,地理坐标为 37°29'~37°45' N,101°12'~101°23' E。站内地形开阔,海拔为 3 200~3 600 m^[19]。该地区位于亚洲大陆腹地,具有明显的高原大陆性气候,东南季风及西南季风微弱。多年均温 -1.7 °C,仅有冷暖季之别,干湿季分明;空气稀薄,大气透明度高^[20]。年内无绝对无霜期,相对无霜期约为 20 d,

* 收稿时间:2011-05-25 接受日期:2011-07-24

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA05070200);中国科学院知识创新(KSCX2-YW-Z-1020)

作者简介:乔春连(1985-),女,山东青岛人,在读硕士生,主要从事区域碳循环研究。E-mail:qiaochunlian2008@126.com

通信作者:徐世晓 E-mail:xushixiaoqh@126.com

在最热的7月仍可出现霜冻、结冰、降雪等天气现象。降水主要集中于5—9月,约占年总降水量的80%。耐寒中生植物形成的高寒矮蒿草甸的植物群落以矮蒿草(*Kobresia humilis*)、羊茅(*Festuca ovina*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、小蒿草(*K. pygmaea*)等为优势种,植被覆盖度达95%以上。土壤为草毡寒冻维形土,该类型土壤主要性质见吴琴等^[21]的报道。

1.2 试验材料与方法 2010年生长季末(9月中旬)对在2002年开始围栏封育和持续冬季适度放牧(5羊单位· hm^{-2})的两种草地利用方式下的草地土壤性质变化进行研究。

1.2.1 土壤呼吸速率的测定 2010年对围封和冬季放牧的矮蒿草甸土壤呼吸速率变化进行昼夜监测,所用的仪器为Li-8100土壤呼吸自动监测系统,配合Li-8100-104长期测量室使用。对00:00—22:00土壤呼吸速率进行测定,间隔2h测定一次。

1.2.2 根系生物量测定 在放牧和围封样地中,分别在0~10、10~20、20~40 cm深度进行根系生物量取样,3次重复,样品分别装入1 mm网眼的尼龙网袋中,去掉沙石,在河水中将附着的土壤洗净,于烘箱65℃烘至质量不变,称量。

1.2.3 土壤容重的测定 在样地中分别随机选取3个样点,挖土壤纵剖面,用环刀分别在0~10、10~20、20~30 cm深度取样,刮去环刀外多余土壤,装袋,带回实验室冷冻待测。测定时105℃下烘8h,称取土壤干质量,根据公式 $BD = W_s/V$ (式中, BD 为土壤容重, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; W_s 为烘干土质量, g ; V 为环刀容积, cm^3)计算容重。

1.2.4 土壤有机碳、全氮的测定 2010年9月底,分别在0~10、10~20、20~40 cm土层采集土样,3次重复,土样晾干带回实验室。采用重铬酸钾-硫酸容量法测定土壤有机碳含量,用凯氏定氮法测定土壤全氮含量。

2 结果

2.1 围封和放牧条件下土壤呼吸速率的日变化 土壤呼吸是土壤微生物活性和土壤肥力的一个重要指标,对于研究生态系统碳循环过程和土壤有机碳库的变化有着重要意义。在围封和放牧条件下,9月中旬土壤呼吸速率呈现先升高后降低的单峰型变化趋势。就日间总体看,冬季放牧草地的土壤呼吸速率大于围封(图1)。

2.2 围封和放牧条件下根系生物量的比较

冬季适度放牧条件下,0~10、10~20、20~40 cm根系生物量均高于围封8年草地根系生物量,且0~10 cm层达到显著差异水平($P < 0.05$)。这说明放牧活动促进了植物根系的生长,也可能是放牧活动可能促进生长季地上生物量向地下转移,使生长季末的地下根系生物量大于围封草地(图2)。

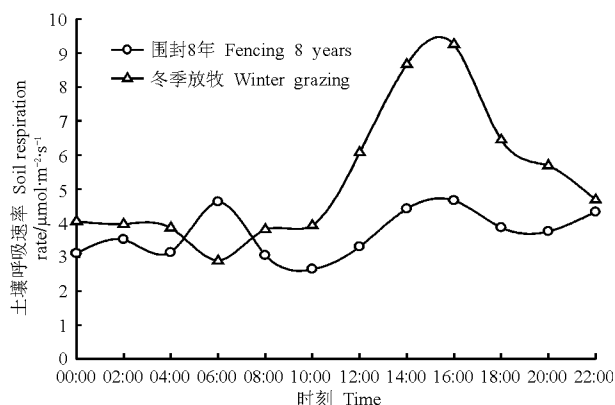


图1 围封和放牧条件下土壤呼吸速率的日变化

Fig. 1 Daily dynamic of soil respiration rate under the fenced and grazing conditions

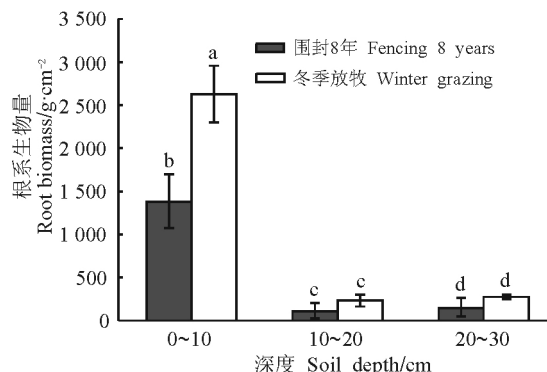


图2 围封和放牧草地根系生物量的比较

Fig. 2 Comparison of roots biomass under the fenced and grazing conditions

注:数据为均值±标准误;不同字母表示同一土层不同处理间差异显著($P < 0.05$)。下图同。

Note: Values are means ± S. E.; Different lower case letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3 围封和放牧草地土壤含水量、容重、有机碳和全氮含量比较 与持续冬季适度放牧相比,8年围封条件下0~10 cm土层含水量显著升高($P < 0.05$),而土壤容重则显著降低;0~10、10~20和20~40 cm深度土壤有机碳和全氮含量均有所升

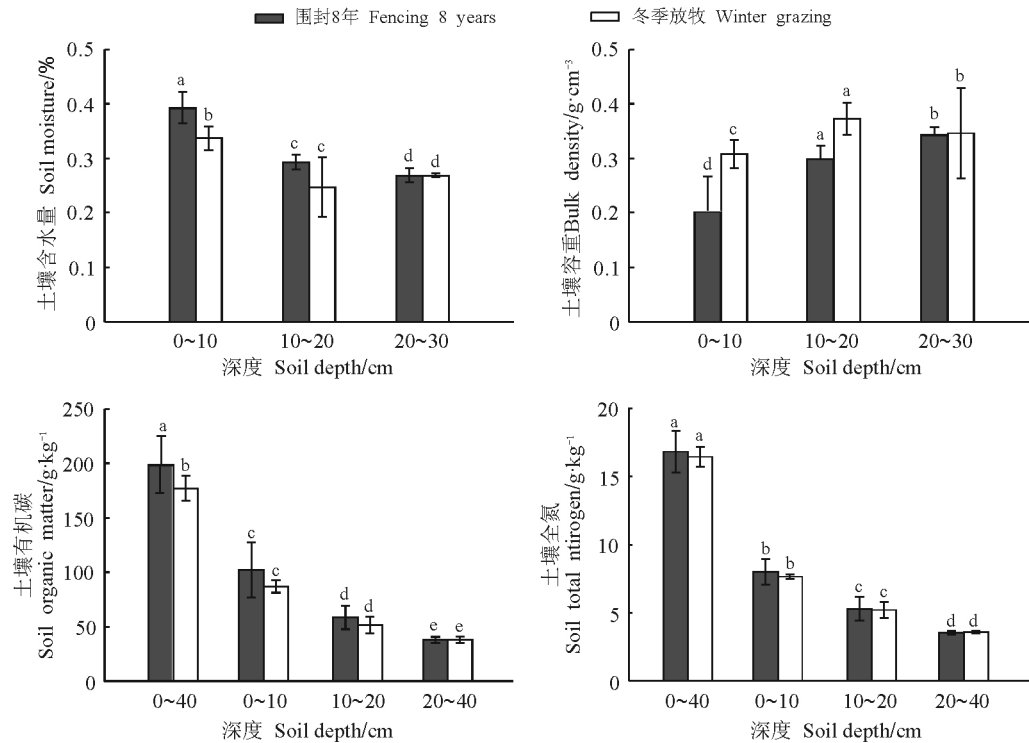


图3 围封和放牧条件下土壤含水量、容重、有机碳、全氮含量比较

Fig. 3 Comparison of soil moisture, bulk density, organic C, and total N content between fenced and grazing conditions

高,但差异不显著($P>0.05$);处理间的0~40 cm土壤深度的有机碳和全氮总量无显著差异(图3)。

围封8年和持续冬季适度放牧条件下,草地土壤含水量和有机碳含量均随着土壤深度的增加呈降低趋势,且0~10 cm土层差异显著(图3)。

3 讨论

土壤呼吸是土壤微生物活性和土壤肥力的重要指标,反映生态系统净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)大小,各种植被类型的平均土壤呼吸高于平均净初级生产力的24%^[22]。土壤呼吸是土壤碳流通的一个重要过程,是陆地生态系统碳循环的关键部分^[23]。放牧对碳收支的影响主要表现为对地上生物量的直接采食和对根系生长的间接影响^[24]。放牧和围封禁牧对草地生态系统的生物量、生物多样性、再生性等都有明显影响^[25]。放牧直接减少地上生物量,通过影响地上碳进入土壤中再循环的速率,作用植被种类的分布和凋落物在土壤中的积累,进而改变碳在整个生态系统中的分布^[10,26-27],最终影响生态系统碳循环^[28]。

本研究中,放牧和围封条件下的土壤呼吸速率日变化呈现单峰型,这与李志刚和侯扶江^[29]的研究

结果基本一致,围封条件下土壤呼吸速率最小值出现在凌晨,最大值出现在14:00-16:00。本研究中放牧处理草地土壤呼吸速率均高于围封,反映了经冬季放牧处理的生态系统有较高的净初级生产力,说明持续的放牧活动,增加了土壤呼吸,这与Cao等^[18]的研究结果一致。放牧活动使根系生物量高于围封草地,且放牧造成地表接受大量太阳辐射,使地表温度升高较快,这些可能都是造成其土壤呼吸速率较高的重要因素^[30]。冬季放牧条件下的土壤含水量较低,可能是由于围封草地的地上群落盖度较大,对土壤的郁闭度大,土壤温度较低,地表蒸散较弱。持续的冬季放牧,牲畜的践踏和踩实作用,使土壤孔隙度减小^[6,31],也使土壤容重显著高于围封。

土壤的碳储量主要是依靠植被输入有机质和非自养的呼吸作用分解有机质来保持平衡,并受植被类型、生产力和气候条件的影响而不同^[32]。长期的放牧活动能使土壤有机碳库减小^[8,33]或者增加^[34-35]。本研究的结果显示,持续的放牧使土壤有机碳和全氮含量降低,这可能是由于长期放牧使地上有机碳输入减少,植被种类发生变化,根系活力提

高,对土壤碳的利用改变,促进土壤有机碳分解释放^[36-37]。另外,根系呼吸对土壤呼吸的贡献约占呼吸量的50%,放牧使根系生物量显著增大,从而导致根系呼吸加强,使放牧条件下土壤呼吸速率较高,加快了土壤有机碳的分解。

适度放牧可以加速氮的矿化和土壤有机碳的分解,增加土壤的活性,本研究中,放牧条件下0~10和0~40 cm土壤有机碳较围封禁牧分别降低了14.96%和10.93%。但由于土壤有机碳的固定比其释放的过程更加缓慢,因此,放牧活动必须控制在适当的强度和周期,以增加地上净初级生产力来缓解土壤有机碳大量地分解释放到大气中。

4 结论

土壤呼吸速率日间呈单峰变化,放牧活动使土壤呼吸速率显著高于围封草地的土壤呼吸速率。围封条件下0~10 cm土层土壤含水量显著高于冬季放牧;适度放牧活动有利于地下生物量的积累。持续的冬季放牧活动,由于牲畜的践踏和踩实作用,使土壤孔隙度减小,土壤容重显著高于围封草地。适度放牧可以加速氮的矿化和土壤有机碳的分解,增加土壤的活性;适当的围封处理可以保持土壤养分,避免其过度流失。

参考文献

- [1] 周兴民. 中国高草草甸[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 17-21.
- [2] 赵新全. 高寒草甸生态系统与全球变化[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 28-30.
- [3] 李香真, 陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤C、N、P含量的影响[J]. 草地学报, 1998, 6(2): 90-98.
- [4] 李向林, 白静仁, 韩雪权, 等. 牧压和肥力对亚热带山地牧草净生产的影响[J]. 草地学报, 2001, 9(2): 79-82.
- [5] Biondini M E, Patton B D, Nyren P E. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA[J]. Ecological Applications, 1998, 8: 469-479.
- [6] 王长庭, 龙瑞军, 王启兰, 等. 放牧扰动下高寒草甸植物多样性、生产力对土壤养分条件变化的响应[J]. 生态学报, 2008, 28(9): 4144-4152.
- [7] 郭明英, 卫智军, 运向军, 等. 放牧对草原土壤呼吸的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(5): 729-736.
- [8] Golluscio R A, Austin A T, Garcí'a Mart'nez G C, et al. Sheep grazing decreases organic carbon and nitrogen pools in the Patagonian steppe: combination of direct and indirect effects[J]. Ecosystems, 2009, 12(4): 686-697.
- [9] Hamilton W E, Frank D A. Can plants stimulate soil

microbes and their own nutrient supply? Evidence from a grazing tolerant grass[J]. Ecology, 2001, 82(9): 2397-2402.

- [10] Naeth M, Bailey A, Chanasysk D, et al. Water holding capacity of litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta[J]. Journal of Range Management, 1991, 44(1): 13-17.
- [11] Lecain D, Morgan J, Schuman G, et al. Carbon exchange rates in grazed and ungrazed pastures of Wyoming[J]. Journal of Range Management, 2000, 53(2): 199-206.
- [12] 王根绪, 程国栋. 青藏高原草地土壤有机碳库及其全球意义[J]. 冰川冻土, 2002, 24(6): 693-700.
- [13] 李凌浩. 土地利用变化对草原生态系统土壤碳储量的影响[J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 300-302.
- [14] Li L, Chen Z, Wang Q, et al. Changes in soil carbon storage due to over-grazing in *Leymus chinensis* Steppe in the Xilin River Basin of Inner Mongolia[J]. Journal of Environmental Sciences, 1997(9): 486-490.
- [15] 钟华平, 樊江文, 于贵瑞, 等. 草地生态系统碳蓄积的研究进展[J]. 草业科学, 2005, 22(1): 4-11.
- [16] 于贵瑞, 孙晓敏. 陆地生态系统通量观测的原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 10-12.
- [17] 王俊峰, 王根绪, 王一博, 等. 青藏高原沼泽与高寒草甸草地退化对生长期CO₂排放的影响[J]. 科学通报, 2007, 52(13): 1554-1560.
- [18] Cao G, Tang Y, Mo W, et al. Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(2): 237-243.
- [19] Zhao X, Zhou X. Ecological basis of Alpine meadow ecosystem management in Tibet: Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station[J]. Ambio, 1999, 28(8): 642-647.
- [20] Xu S, Zhao X, Li Y, et al. Diurnal and monthly variations of carbon dioxide flux in an alpine shrub on the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(6): 539-543.
- [21] 吴琴, 曹广民, 胡启武, 等. 矮嵩草草甸植被土壤系统CO₂的释放特征[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 96-102.
- [22] Raich J W, Schlesinger W H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate[J]. Tellus, 1992, 44(2): 81-99.
- [23] 刘尚华, 吕世海, 冯朝阳, 等. 京西百花山区六种植物群落凋落物及土壤呼吸特性研究[J]. 中国草地学报, 2008, 30(1): 78-86.
- [24] 李凌浩, 李鑫, 白文明, 等. 锡林河流域一个放牧羊草

- 群落中碳素平衡的初步估计[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 312-317.
- [25] 王英舜, 师桂花, 许中旗, 等. 锡林郭勒放牧草地封育后植被恢复过程的研究[J]. 草业科学, 2010, 27(8): 10-14.
- [26] Haferkamp M R, Macneil M D. Grazing effects on carbon dynamics in the northern mixed-grass prairie[J]. Environmental Management, 2004, 33: 462-474.
- [27] Li S G, Asanuma J, Eugster W, *et al.* Net ecosystem carbon dioxide exchange over grazed steppe in central Mongolia[J]. Global Change Biology, 2005, 11(11): 1941-1955.
- [28] Owensby C E, Ham J M, Auen L M. Fluxes of CO₂ from grazed and ungrazed tallgrass prairie[J]. Rangeland Ecology and Management, 2006, 59: 111-127.
- [29] 李志刚, 侯扶江. 黄土高原不同地形封育草地的土壤呼吸日动态与影响因子分析[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 42-49.
- [30] Buchmann N. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2000, 32(11/12): 1625-1635.
- [31] 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.
- [32] Post W, Emanuel W, Zinke P, *et al.* Soil carbon pools and world life zones[J]. Nature, 1982, 298: 156-159.
- [33] Frank A B, Tanaka D L, Hofmann L, *et al.* Soil carbon and nitrogen of northern great-plains grasslands as influenced by long-term grazing[J]. Journal of Range Management, 1995, 48(5): 470-474.
- [34] Liebig M A, Morgan J A, Reeder J D, *et al.* Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada[J]. Soil & Tillage Research, 2005, 83(1): 25-52.
- [35] Schuman G E, Reeder J D, Manley J T, *et al.* Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland[J]. Ecological Applications, 1999, 9(1): 65-71.
- [36] Ingram L J, Stahl P D, Schuman G E, *et al.* Grazing impacts on soil carbon and microbial communities in a mixed-grass ecosystem[J]. Soil Science Society of America Journal, 2008, 72(4): 939-948.
- [37] Klumpp K, Fontaine S, Attard E, *et al.* Grazing triggers soil carbon loss by altering plant roots and their control on soil microbial community[J]. Journal of Ecology, 2009, 97(5): 876-885.

Comparison of soil properties under fencing and grazing in alpine meadow on Qinghai-Tibet Plateau

QIAO Chun-lian^{1,2,3}, WANG Ji-heng^{1,2}, GE Shi-dong^{1,2}, CHEN Dong-dong^{1,3},
ZHAO Liang¹, LI Ying-nian¹, XU Shi-xiao^{1,3}

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, CAS, Xining 810001, China;

2. Graduate School of Chinese Academic of Science, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: Soil properties under two conditions (fenced without grazing since 2002 and continuously grazed in the winter) were compared in the alpine meadow on Qinghai-Tibet Plateau. Under the two conditions, soil respiration rate, root biomass, soil water content, bulk densities, soil organic carbon and total nitrogen contents were compared and analyzed. The results showed that the soil respiration rate, bulk density and root biomass at the winter-grazed meadow were higher than those at the fenced meadow; while the soil water content, organic carbon and total nitrogen contents at the winter-grazed meadow were lower than those at the fenced meadow. Moderate grazing in the alpine meadow could increase the activities of soil microbes and accelerate mineralization and decomposition of soil nitrogen and organic carbon. However, appropriate exclusion of grazing can maintain soil nutrients and avoid loss of soil organic matter.

Key words: fencing; grazing; soil respiration rate; soil organic carbon; alpine meadow

Corresponding author: XU Shi-xiao E-mail: xushixiaoqh@126.com