

不同利用方式天然草原土壤肥力研究

秦丽萍, 罗天旭*, 冯兆林, 白文丽 (武威市草原工作站, 甘肃武威 733000)

摘要 [目的] 探明不同利用方式对天然草原土壤肥力的影响。[方法] 以不同类型天然草原为研究对象, 分析禁牧、冷季放牧和常年放牧天然草原土壤中有机质、铵态氮、速效磷和速效钾含量的变化。[结果] 以长期禁牧为对照, 放牧利用增加了高寒草甸和温性草原土壤有机质、速效钾含量, 但显著降低了土壤铵态氮含量 ($P < 0.05$), 冷季放牧对温性荒漠草原土壤有机质和速效钾含量无显著影响 ($P > 0.05$), 常年放牧高寒草甸速效磷含量显著高于禁牧 ($P < 0.05$), 但常年放牧显著降低了温性草原 0~20 cm 土层速效磷含量 ($P < 0.05$)。[结论] 放牧利用有利于高寒草甸和温性草原土壤有机质和速效钾含量的增加, 但温性荒漠草原其含量受影响不大, 禁牧能显著提升高寒草甸、温性草原和温性荒漠草原铵态氮含量 ($P < 0.05$)。

关键词 天然草原; 土壤肥力; 利用方式

中图分类号 S812.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)10-0046-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.011



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Soil Fertility of Natural Grassland under Different Utilization Modes

QIN Li-ping, LUO Tian-xu, FENG Zhao-lin et al (Grassland Workstation of Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000)

Abstract [Objective] To explore the effects of different utilization modes on soil fertility of natural grassland. [Method] The changes of soil organic matter, ammonium nitrogen, available phosphorus and available potassium in different types of natural grassland were analyzed by grazing prohibition, cold season grazing and perennial grazing. [Result] Compared with grazing prohibition, grazing utilization increased the contents of soil organic matter and available potassium in alpine meadow and temperate steppe, but significantly decreased the content of soil ammonium nitrogen ($P < 0.05$). Cold season grazing had no significant effect on the contents of soil organic matter and available potassium in temperate desert steppe ($P > 0.05$). The content of available phosphorus in alpine meadows of perennial grazing was significantly higher than that of grazing prohibition ($P < 0.05$), but perennial grazing significantly reduced the content of available phosphorus in the 0-20 cm soil layer of temperate grasslands ($P < 0.05$). [Conclusion] Grazing is beneficial to the increase of soil organic matter and available potassium contents in alpine meadow and temperate steppe, but the content of soil organic matter and available potassium contents in temperate desert steppe are not affected, and grazing prohibition can significantly increase the content of ammonium nitrogen in alpine meadow, temperate steppe and temperate desert steppe ($P < 0.05$).

Key words Natural grassland; Soil fertility; Utilization mode

草原是我国面积最大的陆地生态系统, 在国民经济发展和生态环境保护中具有重要的地位和作用。武威市位于河西走廊东端, 天然草原总面积 173.19 万 hm^2 , 占土地总面积的 52.17%, 是面积最大的土地类型。由于草原大部分处干旱、半干旱地区, 气候干旱、风大沙多、植被稀疏, 草地生态系统具有易破坏难恢复的特点, 加之全球变暖、人们片面追求草地的畜牧生产和经济效益等, 草地退化、沙化严重, 水土流失、水涵养功能衰减, 土壤养分的固定和利用效果不佳等问题日益呈现。为了保护 and 修复退化草原, 武威市开始探索实施禁牧、季节性放牧等保护利用措施。其中, 禁牧是指通过围栏封育长期禁止放牧利用的草原保护措施; 季节性放牧是按季节划分放牧草地, 随着季节的更替轮流放牧; 冷季放牧是在冬春季气温较低时进行适度放牧, 而在牧草生长季进行休牧的一种草地利用方式; 常年放牧则是不进行任何放牧干预, 任意放牧的一种草原利用方式。

不同利用方式会引起草地生态系统动植物及微生物组分、土壤结构的改变和养分的失衡。近些年, 针对不同利用方式天然草原土壤肥力的变化, 大量学者开展了研究, 但由于草地生态系统对外界干扰的滞后性、地区间气候环境的差

异等, 土壤养分在不同草地生态系统的转化具有复杂性, 放牧对土壤养分含量影响的研究结果不尽相同。例如, 曾有学者对退化严重的青藏高原高寒草地和埃塞俄比亚北部草地封育效果进行研究, 发现封育后土壤有机碳、氮含量显著增加^[1], 但 Reeder 等^[2]研究发现封育后美国中北部半干旱草地土壤有机碳含量显著低于放牧区, 也有专家指出过长时间禁牧会阻碍草地的更新和固碳潜力的发展^[3]。截至目前, 已有专家开展了武威市退化草地不同恢复模式植被特征变化的相关研究, 但对地下土壤肥力等的研究鲜见报道, 基于此, 该试验通过对不同利用方式天然草原土壤肥力变化进行研究, 比较不同利用方式对天然草原土壤肥力的影响, 以期天然草原合理利用提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 该试验尽量选取植被类型差异较小、海拔差异不大、土壤类型一致的同种类型草原, 禁牧处理天然草原禁牧时间均在 10 年以上, 具体试验地分布情况如表 1 所示。

1.2 土壤样品的采集 7—8 月, 在地势平坦、植被长势较好的不同处理天然草原上, 随机选取 3 个样点, 每个样点用土钻分别取 0~20 和 20~40 cm 土层, 密封带回实验室, 去除植物根系和石块, 风干后过筛供土壤理化特性测定。

1.3 土壤理化特性的测定方法 土壤有机质、铵态氮、速效磷和速效钾含量分别采用重铬酸钾加热法、靛酚蓝比色法、碳酸氢钠浸提比色法和醋酸铵浸提法进行测定^[4]。

基金项目 甘肃省省级林业和草原自列科技项目(2020kj012)。

作者简介 秦丽萍(1989—), 女, 甘肃临泽人, 畜牧师, 硕士, 从事草原建设与保护研究。* 通信作者, 农艺师, 从事草原建设与保护研究。

收稿日期 2022-07-08

1.4 数据处理 利用 Excel 2020 进行基础数据的统计和处理,用 SPSS 24.0 对数据进行单因子方差 (one-way anova) 分

析、Duncan 多重比较和成对样本 T 检验。

表 1 试验地情况

Table 1 Test site situation

利用方式 Utilization mode	高寒草甸 Alpine meadow	温性草原 Temperate steppe	温性荒漠草原 Temperate desert steppe
禁牧 Grazing prohibition	天祝县抓喜秀龙镇南泥沟村,海拔 2 970 m	天祝县松山镇芨芨滩村,海拔 2 800 m	古浪县新堡乡黄蟒塘村,海拔 2 120 m
冷季放牧 Cold season grazing	天祝县抓喜秀龙镇南泥沟村,海拔 2 970 m	天祝县松山镇芨芨滩村,海拔 2 820 m	古浪县新堡乡黄蟒塘村,海拔 2 140 m
常年放牧 Perennial grazing	天祝县抓喜秀龙镇南泥沟村,海拔 2 970 m	天祝县松山镇芨芨滩村,海拔 2 700 m	—

2 结果与分析

2.1 不同利用方式土壤有机质含量变化 从表 2 可以看出,不同类型天然草原土壤有机质含量变化不尽一致。对高寒草甸而言,常年放牧土壤有机质含量最高,显著高于禁牧和冷季放牧 ($P<0.05$),禁牧有机质含量最低;在 20~40 cm 土层,禁牧和冷季放牧有机质含量差异不显著 ($P>0.05$),冷季

放牧 0~20 cm 土层有机质含量显著高于 20~40 cm ($P<0.05$)。对温性草原而言,冷季放牧和常年放牧 (除 0~20 cm) 有机质含量显著高于禁牧 ($P<0.05$);禁牧 0~20 cm 土层有机质含量显著高于 20~40 cm ($P<0.05$),其他利用方式不同土层之间差异不显著。温性荒漠草原土壤有机质含量较低,不同利用方式和土层之间差异均不显著 ($P>0.05$)。

表 2 不同利用方式不同土层土壤有机质含量变化

Table 2 Changes of soil organic matter content in different soil layers under different utilization modes

单位:g/kg

利用方式 Utilization mode	高寒草甸 Alpine meadow		温性草原 Temperate steppe		温性荒漠草原 Temperate desert steppe	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
禁牧 Grazing prohibition	33.94 cA	37.23 bA	14.37 bA	11.92 bB	9.90 aA	6.15 aA
冷季放牧 Cold season grazing	47.71 bA	39.20 bB	20.01 aA	18.41 aA	5.84 aA	5.67 aA
常年放牧 Perennial grazing	56.75 aA	45.92 aA	18.65 abA	18.65 aA	—	—

注:同列不同小写字母表示同一土层不同利用方式间差异显著 ($P<0.05$);同行不同大写字母表示同一利用方式同种天然草原不同土层间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different utilization methods in the same soil layer ($P<0.05$); different capital letters in the same line indicate significant differences between different soil layers of the same natural grassland under the same utilization method ($P<0.05$).

2.2 不同利用方式土壤铵态氮含量变化 从表 3 可以看出,3 种类型天然草原整体呈现出禁牧处理土壤铵态氮含量显著高于放牧利用 ($P<0.05$),高寒草甸和温性草原冷季放牧和常年放牧之间土壤铵态氮含量差异不显著 ($P>0.05$)。禁牧高寒草甸土壤铵态氮含量是放牧利用的 10 倍以上,但是土层

之间差异不显著 ($P>0.05$)。放牧利用温性草原 0~20 cm 土层铵态氮含量约是 20~40 cm 的 5 倍,温性草原 0~20 cm 土层铵态氮含量显著高于 20~40 cm ($P<0.05$)。禁牧和冷季放牧温性荒漠草原 0~20 cm 土层铵态氮含量显著高于 20~40 cm ($P<0.05$)。

表 3 不同利用方式不同土层土壤铵态氮含量变化

Table 3 Changes of soil ammonium nitrogen content in different soil layers under different utilization modes

单位:mg/kg

利用方式 Utilization mode	高寒草甸 Alpine meadow		温性草原 Temperate steppe		温性荒漠草原 Temperate desert steppe	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
禁牧 Grazing prohibition	1 126.33 aA	1 107.67 aA	285.69 aA	253.43 aB	43.06 aA	27.52 aB
冷季放牧 Cold season grazing	94.06 bA	75.45 bA	191.93 bA	36.94 bB	31.98 bA	16.97 bB
常年放牧 Perennial grazing	105.09 bA	86.38 bA	187.09 bA	36.02 bB	—	—

注:同列不同小写字母表示同一土层不同利用方式间差异显著 ($P<0.05$);同行不同大写字母表示同一利用方式同种天然草原不同土层间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different utilization methods in the same soil layer ($P<0.05$); different capital letters in the same line indicate significant differences between different soil layers of the same natural grassland under the same utilization method ($P<0.05$).

2.3 不同利用方式土壤速效磷含量变化 从表 4 可以看出,不同利用方式天然草原土壤速效磷含量变化较为复杂。对高寒草甸而言,禁牧处理土壤速效磷含量显著低于放牧利用

($P<0.05$),在 0~20 cm 土层,冷季放牧和常年放牧之间差异不显著 ($P>0.05$),但在 20~40 cm 土层,冷季放牧土壤速效磷含量最高,显著高于常年放牧和禁牧 ($P<0.05$)。对温性草原

而言,不同土层土壤速效磷含量变化不一致,在0~20 cm 土层,禁牧处理土壤速效磷含量显著高于放牧利用($P<0.05$);在20~40 cm 土层,放牧利用土壤速效磷显著含量高于禁牧($P<0.05$),且放牧利用土层之间差异显著($P<0.05$)。对温

性荒漠草原而言,在0~20 cm 土层,禁牧和冷季放牧土壤速效磷含量无显著差异($P>0.05$);在20~40 cm 土层,冷季放牧土壤速效磷含量显著高于禁牧处理($P<0.05$),且显著高于0~20 cm 土层($P<0.05$)。

表4 不同利用方式不同土层土壤速效磷含量变化

Table 4 Changes of soil available phosphorus content in different soil layers under different utilization modes

单位:mg/kg

利用方式 Utilization mode	高寒草甸 Alpine meadow		温性草原 Temperate steppe		温性荒漠草原 Temperate desert steppe	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
禁牧 Grazing prohibition	108.67 bB	146.33 cA	38.83 aA	42.94 bA	37.11 aA	30.01 bA
冷季放牧 Cold season grazing	429.33 aA	253.37 aB	20.24 bB	83.88 aA	37.36 aB	50.49 aA
常年放牧 Perennial grazing	418.97 aA	197.40 bB	23.55 bB	83.97 aA	—	—

注:同列不同小写字母表示同一土层不同利用方式间差异显著($P<0.05$);同行不同大写字母表示同一利用方式同种天然草原不同土层间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different utilization methods in the same soil layer ($P<0.05$); different capital letters in the same line indicate significant differences between different soil layers of the same natural grassland under the same utilization method ($P<0.05$).

2.4 不同利用方式土壤速效钾含量变化 从表5可以看出,利用方式对高寒草甸、温性草原和温性荒漠草原土壤速效钾含量有影响,高寒草甸和温性草原呈现出基本一致的变化趋势,即常年放牧天然草原土壤速效钾含量显著高于禁牧($P<0.05$),但高寒草甸冷季放牧和禁牧之间差异不显著($P>$

0.05),而温性草原冷季放牧和常年放牧之间差异不显著($P>0.05$)。高寒草甸和温性草原0~20 cm 土层土壤速效钾含量均显著高于20~40 cm($P<0.05$)。禁牧和冷季放牧温性荒漠草原土壤速效钾含量差异不显著($P>0.05$),且土层之间差异也不显著($P>0.05$)。

表5 不同利用方式不同土层土壤速效钾含量变化

Table 5 Changes of soil available potassium content in different soil layers under different utilization modes

单位:mg/kg

利用方式 Utilization mode	高寒草甸 Alpine meadow		温性草原 Temperate steppe		温性荒漠草原 Temperate desert steppe	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
禁牧 Grazing prohibition	242.10 bA	138.50 bB	173.93 bA	119.47 bB	278.03 aA	277.90 aA
冷季放牧 Cold season grazing	249.50 bA	120.57 bB	265.37 aA	152.83 aB	277.70 aA	255.23 aA
常年放牧 Perennial grazing	307.23 aA	186.57 aB	243.40 aA	143.30 aB	—	—

注:同列不同小写字母表示同一土层不同利用方式间差异显著($P<0.05$);同行不同大写字母表示同一利用方式同种天然草原不同土层间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences between different utilization methods in the same soil layer ($P<0.05$); different capital letters in the same line indicate significant differences between different soil layers of the same natural grassland under the same utilization method ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 土壤有机质 土壤有机质是陆地生物圈的主要成分之一,是指示土壤健康的关键指标。在草地生态系统中,土壤有机质的动态转化过程十分复杂,受温度、降水、植被、土壤和管理措施等因素的影响。根据已有文献的报道,不同利用方式天然草原土壤有机质含量变化不一。如孙宗玖等^[5]研究发现土壤有机质与放牧强度间无显著相关性,但魏伯平等^[6]研究发现温性荒漠草原轻牧区土壤有机质含量极显著高于其他放牧区,Hiernaux 等^[7]研究发现在生态环境相对脆弱的半干旱和干旱地区放牧后土壤有机质含量降低。与Reeder 等^[2]的研究结果一致,该研究发现,与禁牧比较,放牧利用提高了高寒草甸和温性草原土壤有机质含量,这可能因为放牧使植物的组成发生变化,降低了牧草产量,但植物根冠比率较大,因而增加了碳向地下的分配量,且家畜的践踏使凋落物破碎并与土壤充分接触^[8],此外,放牧使凋落物积累量减少,有助于凋落物的分解,也引起了碳向土壤的转

移^[9]。与禁牧相比,冷季放牧对温性荒漠草原土壤有机质含量无显著影响,可能因为温性荒漠草原本身植被较为稀疏,植物种类较少,冷季放牧并未造成植物种类的减少和地下根系的分布变化,从而并未对地下土壤有机质造成影响,这与李润富等^[10]研究发现封育对土壤全碳含量无显著影响一致。

3.2 土壤铵态氮 天然草原土壤中可利用氮主要由全氮、铵态氮和硝态氮3部分组成,主要与土壤的矿化、植物的吸收量、家畜的排泄量有关。有学者对青藏高原草甸植被系统研究发现,在植物生长期放牧可以提高土壤铵态氮含量^[11]。Berg 等^[12]和 Menezes 等^[13]认为放牧对土壤氮含量没有显著影响,长期适度放牧有利于提高氮的循环速率及可利用率。该研究发现,放牧利用降低了高寒草甸、温性草原和温性荒漠草原土壤铵态氮含量,可能因为随着放牧强度的增加,家畜对牧草采食量增加,植物在不断地进行补偿性生长时加大了对氮的需求,从而使得土壤铵态氮含量降低,这与苏振声

等^[14]对西藏高寒草甸研究发现加大放牧强度显著降低了土壤速效氮含量一致。可能与不同土层植被根系分布引起微生物的矿化作用不同有关,温性草原和温性荒漠草原土壤 0~20 cm 土层土壤铵态氮含量显著高于 20~40 cm。

3.3 土壤速效磷 土壤速效磷的变化反映土壤的实际供肥能力,其含量受到土壤类型、气候、管理水平、利用程度等影响^[15]。前人研究发现,放牧 40 年的重度放牧草地全磷降低,而速效磷含量却增加^[16],该研究也发现,与禁牧相比,放牧利用显著增加了高寒草甸土壤速效磷含量,这可能因为放牧利用促进家畜粪便的归还及地表凋落物的分解,有利于土壤速效磷的增加。放牧温性草原和温性荒漠草原,由于家畜反复采食刺激了牧草再生,导致深层土壤全磷向速效磷转移增加,20~40 cm 土层土壤速效磷含量显著增加,赵吉等^[17]研究也发现适度放牧会引起深层土壤速效磷含量的增加。

3.4 土壤速效钾 速效钾是土壤中易被作物吸收利用的钾素,一般指水溶性钾和交换性钾,其含量高低是表征土壤钾素供应状况的重要指标之一^[18],占全钾含量的 0.1%~2.0%,受地上植被及土壤中的水分、温度、质地等因素的影响。樊华等^[19]研究发现封育后土壤速效钾含量提高了 143.75%,该研究发现,与有机质含量变化基本一致,常年放牧高寒草甸和温性草原土壤速效钾含量显著高于禁牧,这可能因为有机质对交换态钾有重要的固持能力,有机质含量的增加引起速效钾含量的变化。可能因为家畜排泄物中含有大量钾和受到土壤淋溶作用的影响,温性草原与高寒草甸 0~20 cm 土层土壤速效钾含量显著高于 20~40 cm,这与苏洪焯等^[20]研究发现速效养分含量在 0~10 cm 土层含量最高相一致。

4 结论

不同类型天然草原禁牧、冷季放牧和常年放牧土壤中有有机质、铵态氮、速效磷和速效钾含量变化不一致。整体而言,有机质和速效钾含量变化基本一致,温性草原和高寒草甸有机质和速效钾含量随利用程度加大而增加,温性荒漠草原土壤有机质和速效钾含量基本不受放牧利用的影响,高寒草甸、温性草原和温性荒漠草原铵态氮含量禁牧高于放牧利用,速效磷含量在不同类型天然草原变化较为复杂。综合分析,放牧利用有利于高寒草甸和温性草原土壤有机质和速效钾含量的增加,禁牧能显著提升高寒草甸、温性草原和温性荒漠草原土壤铵态氮含量,放牧利用有利于高寒草甸 0~

20 cm 土层和温性草原、温性荒漠草原 20~40 cm 土层土壤速效磷含量的增加。

参考文献

- [1] MEKURIA W,VELDKAMP E,HAILE M,et al.Effectiveness of exclosures to restore degraded soils as a result of overgrazing in Tigray,Ethiopia[J].Journal of arid environments,2007,69(2):270-284.
- [2] REEDER J D,SCHUMAN G E.Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands[J].Environmental pollution,2002,116(3):457-463.
- [3] WEI X R,LI X Z,JIA X X,et al.Accumulation of soil organic carbon in aggregates after afforestation on abandoned farmland[J].Biology and fertility of soils,2013,49(6):637-646.
- [4] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:28.
- [5] 孙宗玖,安沙舟,段娇娇.围栏封育对新疆高寒荒漠草地植被及土壤养分的影响[J].干旱区研究,2009,26(6):877-882.
- [6] 魏伯平,赵生国,焦婷.放牧对温性荒漠草原植物群落及草地土壤肥力的影响[J].草地学报,2012,20(5):855-862.
- [7] HIERNAUX P,BIELDERS C L,VALENTIN C,et al.Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands[J].Journal of arid environments,1999,41(3):231-245.
- [8] DERNER J D,BRISKE D D,BOUTTON T W.Does grazing mediate soil carbon and nitrogen accumulation beneath C_4 perennial grasses along an environmental gradient? [J].Plant and soil,1997,191(2):147-156.
- [9] NAETH M A,BAILEY A W,PLUTH D J,et al.Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta[J].Journal of range management,1991,44(1):7-12.
- [10] 李润富,牛海山,孔倩,等.围栏封育对高寒草原植被-土壤养分含量的影响[J].草业科学,2021,38(3):399-409.
- [11] LE ROUX X,BARDY M,LOISEAU P,et al.Stimulation of soil nitrification and denitrification by grazing in grasslands: Do changes in plant species composition matter? [J].Oecologia,2003,137(3):417-425.
- [12] BERG W A,BRADFORD J A,SIMS L.Long-term soil nitrogen and vegetation change on sandhill rangeland[J].Journal of range management,1997,50(5):482-486.
- [13] MENEZES R S C,ELLIOTT E T,VALENTINE D W,et al. Carbon and nitrogen dynamics in elk winter ranges[J].Journal of range management,2001,54(4):400-408.
- [14] 苏振声,孙永芳,付娟娟,等.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.
- [15] 全宗永,商丽荣,万里强,等.有机肥还田对温带草甸草原土壤养分的影响[J].家畜生态学报,2021,42(11):66-71.
- [16] JOHNSTON A,DORMAAR J F,SMOLIAK S.Long-term grazing effects on fescue grassland soils[J].Journal of range management,1971,24(3):185-188.
- [17] 赵吉,廖仰南,张桂枝,等.草原生态系统的土壤微生物生态[J].中国草地,1999,21(3):57-67.
- [18] 刘小龙,胡健,周青平,等.若尔盖高原典型草地灌丛化对植被特征和土壤养分的影响[J].草地学报,2022,30(4):901-908.
- [19] 樊华,杨志国,从志军,等.防护林带和封育对沙化草场土壤理化性质的影响[J].中国水土保持科学,2007,5(6):43-46,64.
- [20] 苏洪焯,张中华,余延娣,等.不同管理措施对青海湖流域高寒草地土壤养分的影响[J].草地学报,2022,30(5):1071-1076.