

禁牧对祁连山冰沟流域高山草甸土有机碳及理化性质和酶活性的影响

邱丽华^{1,2}, 秦嘉海¹, 张 勇¹

(1. 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省张掖市肃南县农业技术推广中心, 甘肃 张掖 734400)

摘 要: 在青海省祁连山冰沟流域的高山草甸土上, 选择放牧与禁牧 2 个样品采集区, 研究了禁牧对祁连山冰沟流域高山草甸土有机碳及理化性质和酶活性的影响。结果表明: 高山草甸土遭到放牧牲畜连续 3 年的啃食和践踏后, 植被覆盖度明显降低, 归还到土壤中的生物量和枯落物积累量减少, 0~20 cm 土层有机质含量、有机碳密度、总孔隙度、团聚体、田间持水量、氮磷钾和酶活性降低, 容重、CaCO₃ 和可溶性盐增加, 但 20 cm 以下土层这些性质变化不大。放牧与禁牧比较, 0~20 cm 土层土壤容重、可溶性盐和 CaCO₃ 分别增加 14.15%、6.35% 和 1.27%; 有机碳含量、有机碳密度、总孔隙度、团聚体和田间持水量分别降低 29.76%、22.82%、9.45%、6.49% 和 7.69%; 全氮、全磷、全钾、脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶分别降低 25.97%、15.56%、12.17%、33.77%、26.11%、42.00%、29.31%。放牧对有机碳、容重、孔隙度、田间持水量、可溶性盐、氮磷钾和酶活性影响深度为 20 cm, 对团聚体影响深度为 40 cm。

关键词: 祁连山; 高山草甸土; 有机碳; 酶活性

中图分类号: S714.2 **文献标志码:** A

Effect of banning grazing on alpine meadow soil organic carbon, physio-chemical properties and enzyme activities in Binggou Watershed, Qilian Mountains

QIU Li-hua^{1,2}, QIN Jia-hai¹, ZHANG Yong¹

(1. School of Agriculture and Biotechnology of Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China;

2. Zhangye in Gansu Province Suna County Agricultural Technology Promotion Center, Zhangye, Gansu 734400, China)

Abstract: The experiment was conducted to determine the influence of banning grazing on alpine meadow soil organic carbon, physio-chemical properties and enzyme activities at Ice Valley, Qilian Mountain. The results showed that the vegetation coverage, soil biomass and organic matter content of alpine meadow soil were decreased significantly after grazing for three years. Organic matter content, organic carbon density, total porosity, aggregate, field capacity, NPK content and enzyme activity at 0~20 cm layer was decreased, and soil bulk density, CaCO₃ and soluble salt content was increased. Compared with grazing, the soil bulk density, CaCO₃ and soluble salt content at 0~20 cm layer in area of grazing prohibition were increased by 14.15%, 6.35%, and 1.27%, and organic matter content, organic carbon density, total porosity, aggregate, and field capacity by 29.76%, 22.82%, 9.45%, 6.49%, and 7.69%, respectively; while the urease, sucrase, phosphatase and calatase activities and total NPK was reduced by 33.77%, 26.11%, 42.00%, 29.31%, 25.97%, 15.56% and 12.17%, respectively. In conclusion, the influencing depth of grazing on organic carbon, soil bulk density, total porosity, field capacity decreased, soluble salt content, NPK and enzyme activity was 0~20 cm soil depth, whereas that on aggregate was 0~40 cm soil depth.

Keywords: Qilian Mountain; alpine meadow soil; organic carbon; enzyme activity

收稿日期: 2016-04-22

基金项目: 国家自然科学基金重点支持项目“黑河流域生态水分样带调查”(91025002/D010106)

作者简介: 邱丽华(1969—), 女, 甘肃肃南人, 高级农艺师, 主要从事水土保持学研究。

通信作者: 张 勇(1963—), 男, 甘肃民乐人, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事植物生态学和水土保持学研究。

E-mail: gsqlh2006@163.com。

草地放牧不但对草原的可持续利用形成了很大的威胁,而且对土壤有机碳及理化性质和酶活性也有影响^[1]。草地放牧不仅引起植物群落物种组成和群落结构的变化,导致生产力下降^[2];草地放牧是草地生态系统逆行演替的一种过程,草地放牧表现为环境劣变以及生物多样性和复杂程度降低,生态系统弹性减弱等^[3]。近年来,祁连山冰沟流域草地由于超载放牧,致使冰沟流域草地的牧草种类减少,地上部分生物量降低,有毒有害植物扩展蔓延,草地生产力降低,土壤酶活性降低,导致天然草地退化、沙化、水土流失现象明显^[4]。因此,研究祁连山冰沟流域放牧与禁牧土壤理化性质及有机碳和酶活性变化规律,对改善祁连山冰沟流域土壤生态环境具有重要的意义。有关祁连山土壤有机碳特征及其影响因素研究报道较多^[5-10],而祁连山冰沟流域放牧与禁牧高山草甸土理化性质及有机碳和酶活性变化规律的研究未见文献报道,本文以祁连山冰沟流域放牧与禁牧为研究对象,旨在揭示祁连山冰沟流域放牧与禁牧高山草甸土理化性质及有机碳和酶活性变化规律,为祁连山冰沟流域草地生态系统恢复与治理提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于青海省祁连山冰沟流域东经 100°

12′52.4″~100°13′31″,北纬 38°03′54.9″~38°04′20″,地形为缓山坡,海拔高度 3 600~3 624 m,年降水量 400~450 mm,年均蒸发量 860~1 100 mm,年均气温 -6℃~4℃,日照时间 2 100 h,土壤类型为高山草甸土^[11],成土母质为坡积物,代表性植物为小嵩草(*Kobresia humilis*)、线叶蒿草(*K. Pillofoail*)、矮蒿草(*K. humilis*)、柄状苔草(*Carex pediformis*)、垂花龙胆(*Gentiana nutans*)、疑早熟禾(*Poa incerta Keng*)、圆穗蓼(*Polygo-num sphaerostachyum*)、异针茅(*Stipa aliena Paali*)、紫花针茅(*S. puypurea*)。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集方法 2012 年 6 月 30 日在青海省祁连山冰沟流域海拔、坡向、坡度相近一致的高山草甸土上,选定两处试验样地,一处为放牧区(2013 年 6 月开始放牧,全年放牧,无禁牧期),另一处为禁牧区(2013 年 6 月 30 日开始禁牧,草地完全封育,全年无放牧活动),2015 年 6 月 30 日分别在 2 个样品采集区内设置 50 m×50 m 的样方,每个样方按 S 形选取 3 个样点(重复 3 次),从地表开始向下挖掘 3 个土壤剖面,每个剖面点按照 0~20、20~40、40~60 cm 间距自下而上逐层采集土样各 3 kg,用 4 分法带回 1 kg 混合土样室内化验分析,土壤容重、团聚体用环刀在每个土层采集原状土,样品采集区基本情况和土壤剖面特征见表 1。

表 1 测试样品采集区基本情况

试验处理 Treatment	坡度 Slope /(°)	海拔高度 Altitude /m	经度 Longitude	纬度 Latitude	植被群落 Vegetation communities	地上部分 生物量 Biomass of shoot/(g·m ⁻²)	植被覆盖度 Vegetation coverage /%	草丛高度 Sward height /cm
禁牧区 Enclosed grassland	4	3624	100°12′52.4″	38°03′54.9″	小嵩草 + 矮嵩草 + 疑早熟禾 + 圆穗蓼 + 异针茅 + 紫花针茅 <i>Kobresia pygmaea</i> + <i>kobresia humilis</i> + <i>Poa incerta</i> + <i>polygonum macrophyllum</i> , + <i>stipa aliena</i> + <i>Stipa purpurea</i>	1170~1300	85~90	6~8
放牧区 Grazing grass- land	4	3600	100°13′31″	38°04′20″	矮嵩草 + 柄状苔草 + 垂花龙胆 + 圆穗蓼 <i>Kobresia humilis</i> + <i>Carex pediformis</i> + <i>Gentiana prostrata</i> + <i>polygonum macrophyllum</i>	526~585	50~60	2~4

1.2.2 测定指标及方法 土壤容重采用环刀法测定;孔隙度采用计算法求得;>0.25 mm 团聚体采用团粒结构分析仪测定,具体方法是:按照 0~20、20~40、40~60 cm 间距自下而上逐层采集长 10 cm,宽 10 cm,厚度 20 cm 的土柱,剥离受采样刀具影响的土柱边面,放在饭盒内运回室内,沿土壤的自然结构

将原状土剥成小土块,并剔去粗根和小石块,土样摊平风干 15 d,称取 100 g 风干土,放置在孔径 0.25 mm 的土筛中,将土筛放入团粒分析仪的水桶中,冲洗 30 min,将孔径上面 >0.25 mm 团聚体烘干至恒重,称重得到团聚体质量;田间持水量采用威尔科克斯法测定,具体方法是:用环刀采原状土,放在水中

饱和 24 h,将装有饱和水分的湿土环刀底盖打开,连同滤纸一起放在装风干土的环刀上,经过 8 h 吸水后,从上面环刀中取土 20 g,采用烘干法测定其含水量,取 3 次平均值计算田间持水量;可溶性盐测定采用电导法,具体方法是:在室内将分析纯氯化钠配制为 0.01%、0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%、0.35%、0.40%、0.45%、0.50%、0.55%、0.60%、0.65%、0.70%、0.75%、0.80%、0.85%、0.90%、1.00% 系列浓度,用 DDS-11 型电导仪测定电导率,以盐浓度为纵坐标,电导率为横坐标,绘制标准曲线,将测定的样品电导率,在标准曲线查得盐浓度,再乘样品稀释倍数得到样品可溶性盐含量^[12];全氮采用 CuSO₄—K₂SO₄—H₂SO₄ 消煮蒸法测定;全磷采用碳酸钠熔融法测定;全钾采用 NaOH 熔融火焰光度法测定;土壤有机质和有机碳含量采用 K₂Cr₂O₇ 法测定^[13];脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶采用关松荫土壤酶测定法^[14]。

土壤有机碳密度计算公式为^[15]:

$$SOC = T \times q \times C \times (1 - d\%) / 100$$

式中,*SOC* 为土壤有机碳密度(kg·m⁻²);*T* 为土层厚度(cm);*q* 为土壤容重(g·cm⁻³);*C* 为土壤有机碳平均含量(g·kg⁻¹);*d* 为直径 > 2 mm 石砾含量(%)。

1.2.3 数据处理 采用 Excel 2003 和 SPSS 统计软件进行数据统计分析,不同土层土壤特性的差异显著性采用多重比较,LSR 检验。

2 结果与分析

2.1 放牧对土壤有机碳含量和密度的影响

2.1.1 有机碳含量 放牧直接影响表层土壤有机碳含量,由表 2 可知,放牧与禁牧土壤有机质含量差异显著。禁牧区 0~20 cm 土层有机碳含量为 24.09 g·kg⁻¹,而放牧 3 年后 0~20 cm 土层有机质含量急剧下降,放牧与禁牧比较,0~20 cm 土层有机碳含量降低 29.76%。究其原因,一是放牧后植被受牲畜啃食,降低了植被的覆盖,地上部分生物量和枯落物积累量降低^[16]。放牧和禁牧 20~40 cm 和 40~60 cm 土层有机质含量差别不大,说明放牧对 0~20 cm 土层有机碳含量影响较大,对 20 cm 以下土层有机碳含量影响较小。另外,放牧与禁牧不同层次土壤有机碳含量均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,各土层之间差异极显著(*P* < 0.01),究其原因随着土层深度的增加,植物残体和根系数量减少^[17-18],放牧与禁牧 40~60 cm 土层有机碳含量差

别不大,说明放牧对土壤底层有机碳含量影响较小(表 2)。

表 2 放牧与禁牧有机碳分布
Table 2 Organic carbon distribution in enclosed and grazing grassland

处理 Treatment	采样深度 Sampling depth /cm	有机碳含量 Organic carbon content /(g·kg ⁻¹)	有机碳密度 Organic carbon density /(kg·m ⁻²)
禁牧区 Enclosed sites	0~20	24.09aA	4.25aA
	20~40	16.77bB	2.68bB
	40~60	6.56cC	1.24cC
放牧区 Grazing sites	0~20	16.92aA	3.28aA
	20~40	16.42bB	2.62bB
	40~60	6.25cC	1.18cC

注:同列大写字母为 LSR_{0.01}、小写字母为 LSR_{0.05} 显著差异水平,下同。

Note: uppercase and lowercase letters indicate significance of LSR_{0.01} and LSR_{0.05}, respectively, the same below.

2.1.2 有机碳密度 由表 2 可知,禁牧区 0~20 cm 土层有机碳密度为 4.25 kg·m⁻²,而放牧 3 年后 0~20 cm 土层有机质密度为 3.28 kg·m⁻²,放牧与禁牧比较,0~20 cm 土层有机碳密度降低 22.82%。禁牧区和放牧区不同层次土壤有机碳密度均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,0~20 cm 土层有机碳密度与各土层之间差异极显著(*P* < 0.01),其中,放牧与禁牧 0~20 cm 土层有机碳密度分别是 40~60 cm 土层的 3.43 和 2.78 倍,说明禁牧区和放牧区有机碳密度表现出很强的表聚性。另外,放牧和禁牧 20~40 cm 和 40~60 cm 土层有机碳密度差别不大,说明放牧对土壤底层有机碳密度影响较小(表 2)。

2.2 放牧对土壤物理性质和田间持水量的影响

2.2.1 容重 由表 3 可知,放牧 3 年后 0~20 cm 土层容重为 1.21 g·cm⁻³,与禁牧区比较,容重增大 14.15%,20~40 cm 和 40~60 cm 土层容重分别为 1.18 g·cm⁻³ 和 1.27 g·cm⁻³,与禁牧区比较,容重分别增大 0.85% 和 0.79%,说明放牧对土壤容重影响的深度为 20 cm,对 20 cm 以下土层影响较小,究其原因是放牧区 0~20 cm 土层由于放牧牲畜践踏导致土壤紧实,容重增大。禁牧区 0~60 cm 土层容重均随着剖面垂直深度的加深而递增,各土层之间差异极显著(*P* < 0.01),而放牧区 0~20 cm 土层容重大于 20~40 cm 土层,说明放牧牲畜践踏表土层并导致土壤紧实容重逐步增大的效应非常明显(表 3)。

表 3 土壤剖面物理性质和田间持水量
Table 3 Soil profile physical properties and field capacity

处理 Treatment	采样深度 Sampling depth /cm	容重 Bulk density /(g·cm ⁻³)	> 0.25mm 团聚体 > 0.25 mm aggregate /%	总孔隙度 Total porosity /%	田间持水量 Field capacity /%
禁牧区 Enclosed sites	0 ~ 20	1.06cC	25.26aA	60.00aA	21.07aA
	20 ~ 40	1.17bB	20.41bB	55.85bB	18.26bB
	40 ~ 60	1.26aA	14.76cC	52.45cB	13.65vC
放牧区 Grazing sites	0 ~ 20	1.21 bB	23.62aA	54.33aB	19.45aA
	20 ~ 40	1.18cC	19.33bB	55.47bA	17.93bB
	40 ~ 60	1.27aA	14.25cC	52.08cC	13.40cC

2.2.2 总孔隙度 由表 3 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm 土层总孔隙度为 54.33%,与禁牧区比较,总孔隙度降低 9.45%,20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 土层总孔隙度分别为 55.47%和 52.08%,与禁牧区比较,分别降低 0.71%和 0.68%,说明放牧对土壤总孔隙度的影响深度为 20 cm,究其原因是放牧区地表遭到放牧牲畜践踏后土壤紧实,因而降低了孔隙度。禁牧区 0 ~ 60 cm 土层总孔隙度均随着剖面垂直深度的加深而递减,各土层之间差异显著或极显著,而放牧区 0 ~ 20 cm 土层总孔隙度小于 20 ~ 40 cm 土层,这种变化规律与放牧牲畜践踏有关(表 3)。

2.2.3 团聚体 由表 3 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm 和 20 ~ 40 cm 土层团聚体分别为 23.62%和 19.33%,与禁牧区比较,团聚体分别降低 6.49%和 5.29%,究其原因是放牧区地上部分植被遭到牲畜啃食后,每年归还到土壤中的生物量减少,导致土壤有机质含量减低,因为有机质在土壤中合成了腐殖质,腐殖质中的多元酚和氨基酸是形成团聚体的基本材料。放牧区 40 ~ 60 cm 土层团聚体为14.25%,与禁牧区比较,降低 3.45%,说明放牧对 0 ~ 40 cm 土层团聚体影响较大,对 40 cm 以下团聚体影响较小。放牧与禁牧不同层次土壤团聚体均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,0 ~ 20 cm 土层团聚体分别是 40 ~ 60 cm 土层的 1.66 倍和 1.71 倍,差异极显著($P < 0.01$),说明放牧对土壤表层团聚体影响较大(表 3)。

2.2.4 田间持水量 由表 3 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm 土层田间持水量为 19.45%,与禁牧区比较,田间持水量降低 7.69%,20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 土层田间持水量分别为 17.93%和 13.40%,与禁牧区比较分别降低 1.80%和 1.83%,说明放牧对 0 ~ 20 cm 土层间持水量影响较大,对 20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 土层间持水量影响较小。放牧与禁牧不同层次田间持水量均随着土壤剖面垂直深度的增加而递

减,0 ~ 20 cm 土层田间持水量分别是 40 ~ 60 cm 土层的 1.45 倍和 1.54 倍,差异极显著($P < 0.01$),这种变化规律与孙慧兰、李卫红、杨余辉等研究结果相一致^[19](表 3)。

2.3 放牧对土壤可溶性盐和 CaCO₃ 的影响

由表 4 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm 土层可溶性盐含量为 2.51 mg·kg⁻¹,与禁牧区比较,可溶性盐增加 6.35%,20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 土层可溶性盐含量分别为 1.80 mg·kg⁻¹和 1.29 mg·kg⁻¹,与禁牧区比较,可溶性盐分别增加 1.69%和 0.78%,说明放牧对可溶性盐的作用主要在 0 ~ 20 cm 土层,对 20 cm 以下土层影响较小。究其原因是,放牧区地表植被遭到牲畜啃食,植被覆盖度降低,土壤蒸发量增大,土壤水分沿着毛管上升到表层,水分蒸发,可溶性盐沉积在地表,因而增大了表层含盐量。放牧与禁牧不同层次可溶性盐均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,不同层次可溶性盐差异极显著($P < 0.01$)。由表 4 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm、20 ~ 40 cm 和 40 ~ 60 cm 土层 CaCO₃ 分别为 84.22、69.14 mg·kg⁻¹和 36.42 mg·kg⁻¹,与禁牧区比较,CaCO₃ 分别增加 1.27%、0.83%和 0.47%,说明放牧对 CaCO₃ 影响较小。放牧区和禁牧区不同层次 CaCO₃ 含量均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,差异达到极显著水平($P < 0.01$)(表 4)。

2.4 放牧对土壤氮磷钾和酶活性的影响

2.4.1 氮磷钾 由表 4 可知,放牧 3 年后 0 ~ 20 cm 土层全氮、全磷和全钾分别为 5.36、0.38 g·kg⁻¹和 12.41 g·kg⁻¹,与禁牧区比较,全氮、全磷和全钾分别降低 25.97%、15.56%和 12.17%;20 ~ 40 cm 土层全氮、全磷和全钾含量分别为 4.10、0.20 g·kg⁻¹和 9.84 g·kg⁻¹,与禁牧区比较,全氮、全磷和全钾分别降低 3.53%、4.76%和 0.51%;40 ~ 60 cm 土层全氮、全磷和全钾含量分别为 2.08、0.15 g·kg⁻¹和 2.45 g·kg⁻¹,与禁牧区比较,分别降低2.35%、6.25%和

2.17%。说明放牧对 0~20 cm 土层全氮、全磷和全钾影响较大,对 20~60 cm 土层影响较小,这种变化规律与地表枯落物积累量有关。放牧与禁牧不同层次土壤全氮、全磷和全钾均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,各土层之间差异极显著 ($P < 0.01$) (表 4)。

表 4 土壤剖面化学性质和养分含量特征
Table 4 Soil profile chemical properties and nutrients contents

处理 Treatment	采样深度 Sampling depth /cm	可溶性盐 Soluble salt /(mg·kg ⁻¹)	CaCO ₃ /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	全磷 Total P /(g·kg ⁻¹)	全钾 Total K /(g·kg ⁻¹)
禁牧区 Enclosed sites	0~20	2.36aA	831.6cC	7.24aA	0.45aA	14.13aA
	20~40	1.77bB	685.6bB	4.25bB	0.21bB	9.894bB
	40~60	1.28cC	362.5aA	2.13cC	0.16cC	2.46cC
放牧区 Grazing sites	0~20	2.51aA	842.2cC	5.36aA	0.38aA	12.41aA
	20~40	1.80bB	691.4bB	4.10bB	0.20bB	9.84bB
	40~60	1.29cC	364.2aA	2.08cC	0.15cC	2.45cC

2.4.2 酶活性 由表 5 可知,放牧 3 年后 0~20 cm 土层脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶分别为0.51 mg·kg⁻¹·h⁻¹、5.01 mg·g⁻¹·d⁻¹、2.14 g·kg⁻¹·d⁻¹和 0.41 ml·g⁻¹,与禁牧区比较,分别降低 33.77%、26.11%、42.00%和 29.31%,20~40 cm 土层脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶分别为0.50 mg·kg⁻¹·h⁻¹、4.32 mg·g⁻¹·d⁻¹、2.01 g·kg⁻¹·d⁻¹和 0.31 ml·g⁻¹,与禁牧区比较,分别降低 1.96%、0.46%、1.47%和 3.23%,40~60 cm 土层脲酶、蔗糖酶、磷酸

酶和过氧化氢酶分别为 0.22 mg·kg⁻¹·h⁻¹、1.21 mg·g⁻¹·d⁻¹、0.92 g·kg⁻¹·d⁻¹和 0.12 ml·g⁻¹,与禁牧区比较,分别降低 4.34%、1.62%、2.13%和 7.69%,说明放牧对 0~20 cm 土层酶活性影响较大,对 20~60 cm 土层影响较小。放牧与禁牧区不同层次土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,各土层之间差异极显著 ($P < 0.01$),这种变化规律与杨远平、樊军、郝明德研究结果相吻合^[20-21](表 5)。

表 5 土壤剖面酶活性的变化特征
Table 5 Soil profile change characteristics of the enzyme activity

处理 Treatment	采样深度 Sampling depth /cm	脲酶 Urease /(mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	蔗糖酶 Sucrase /(mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)	磷酸酶 Phosphatase /(g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase /(ml·g ⁻¹)
禁牧区 Enclosed sites	0~20	0.77aA	6.78aA	3.69aA	0.58aA
	20~40	0.51bB	4.34bB	2.04bA	0.32bB
	40~60	0.23cC	1.23cC	0.94cB	0.13cC
放牧区 Grazing sites	0~20	0.51aA	5.01aA	2.14aA	0.41aA
	20~40	0.50bB	4.32bB	2.01bB	0.31bB
	40~60	0.22cC	1.21cB	0.92cB	0.12cB

3 结 论

高山草甸土遭到放牧牲畜连续 3 年的啃食和践踏后,植被覆盖度明显降低,归还到土壤中的生物量和枯落物积累量减少,0~20 cm 土层有机质含量、有机碳密度、总孔隙度、团聚体、田间持水量、氮磷钾和酶活性降低,容重、CaCO₃ 和可溶性盐增加,但 20 cm 以下土层这些性质变化不大。放牧对高山草甸土有机碳、容重、孔隙度、持水量、可溶性盐、氮磷钾和酶活性影响较大,对 CaCO₃ 影响较小。放牧对有

机碳、容重、孔隙度、田间持水量、可溶性盐、氮磷钾和酶活性影响深度为 20 cm,对团聚体影响深度为 40 cm。不论是放牧还是禁牧区,0~60 cm 土层土壤有机碳、孔隙度、团聚体、田间持水量、可溶性盐、CaCO₃、全氮、全磷和全钾、酶活性均随着土壤剖面垂直深度的增加而递减,容重随着剖面垂直深度的加深而递增。放牧区 0~20 cm 土层容重大于 20~40 cm 土层,总孔隙度小于 20~40 cm 土层,说明放牧牲畜践踏表土层并导致土壤紧实容重逐步增大的效应非常明显。

参 考 文 献:

- [1] 曹丽花,刘合满,赵世伟.退化高寒草甸土壤有机碳分布特征及与土壤理化性质的关系[J].草业科学,2011,28(8):1411-1415.
- [2] 李 里,刘 伟.退化草地植物功能群和物种丰富度与群落生产力关系的研究[J].草地学报,2011,19(6):917-921.
- [3] 刘洪来,杨学东,张靖云,等.伊犁绢蒿荒漠不同退化阶段草地特征与载畜力研究[J].草地学报,2013,21(1):50-55.
- [4] 曹广民,龙瑞军.三江源区/黑土滩 0 型退化草地自然恢复的瓶颈及解决途径[J].草地学报,2009,17(1):4-9.
- [5] 张 鹏,陈年来,张 涛.黑河上游山地青海云杉林土壤有机碳特征及其影响因素[J].中国沙漠,2009,29(3):445-450.
- [6] 傅 华,陈亚明,王彦荣,等.阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素[J].生态学报,2004,24(3):469-476.
- [7] 何志斌,赵文智,刘 鸽,等.祁连山青海云杉林斑表层土壤有机碳特征及其影响因素[J].生态学报,2006,26(8):2572-2577.
- [8] 胡启武,欧阳华,刘贤德.祁连山北坡垂直带土壤碳氮变化特征[J].山地学报,2006,24(6):654-661.
- [9] 王建林,欧阳华,王忠红,等.贡嘎南山-拉轨岗日山南坡高寒草地生态系统表层土壤有机碳变化特征及其影响因素[J].土壤通报,2010,41(2):346-349.
- [10] 孙文义,邵全琴,刘纪远,等.三江源典型高寒草地坡面土壤有机碳变化特征及其影响因素[J].自然资源学报,2011,26(12):2072-2083.
- [11] 秦嘉海,吕 彪.河西土壤[M].兰州:兰州大学出版社,2001:29-32.
- [12] 四川省温江农业学校.土壤肥料学实验实习指导[M].北京:农业出版社,1994:27-33.
- [13] 张万儒.森林土壤分析方法[M].北京:中国标准出版社,1999:56-68.
- [14] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [15] 黎艳明,周 毅,陈会智.粤北次生常绿阔叶林土壤有机碳分布特征研究[J].广东林业科技,2011,27(4):6-11.
- [16] 高英志,韩兴国,汪诗平.放牧对草原土壤的影响[J].生态学报,2004,24(4):790-797.
- [17] Lee C S, You Y H, Robinson G R. Secondary succession nd natural habitat restoration in abandoned fields ofcentral Korea[J]. Restoration Ecology,2002,10(2):306-314.
- [18] andersont H. M icrobial eco-physiological indicator to assess soil quality[J]. Agriulture, Ecosystem and Eironment,2003,98(1/3):285-293.
- [19] 孙慧兰,李卫红,杨余辉,等.伊犁山地不同海拔土壤有机碳的分布[J].地理科学,2012,32(5):603-607.
- [20] 杨远平.毕节地区烟地土壤中磷酸酶活性的研究[J].贵州农业科学,2002,30(1):33-34.
- [21] 樊 军,郝明德.黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究.Ⅱ土壤酶活性与土壤肥力[J].植物营养与肥料学报,2003,9(2):146-150.
-
- (上接第 178 页)
- [17] Ianson D C, Allen M F. The effects of soil texture on extraction of vesicular arbuscular mycorrhizal spores from arid soils[J]. Mycologia, 1986,78:164-168.
- [18] 张美庆,王幼珊,邢礼军.我国东、南沿海地区 AM 真菌群落生态分布研究[J].菌物系统,1998,17(3):274-277.
- [19] Scheck N C, Perez Y. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi[M]. (Second edition, INVAM). USA Gainesville: University of Florida, 1998.
- [20] 全国土壤普查办公室.中国土壤[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [21] 王旭东,陈鲜妮,王彩霞,等.农田不同肥力条件下玉米秸秆腐解效果[J].农业工程学报,2009,25(10):252-257.
- [22] Grman E. Plant species differ in their ability to reduce allocation to non-beneficial arbuscular mycorrhizal fungi[J]. Ecology, 2012,9(4):711-718.
- [23] 李志鹏,常庆瑞,赵业婷,等.关中盆地县域农田土壤肥力特征与评价研究[J].土壤通报,2013,44(4):814-819.
- [24] 刘文超,颜长珍,秦元伟,等.近 20a 陕北地区耕地变化及其对农田生产力的影响[J].自然资源学报,2013,28(8):1373-1382.
- [25] Menéndez A B, Scervino J M, Godeas A M. Arbuscular mycorrhizal populations associated with natural and cultivated vegetation on a site of Bueos Aires province, Argentina[J]. Biology and Fertility of Soils, 2001,(5):373-381.
- [26] Bhadalung N N, Suwanart A, Dell B, et al. Effects of long-term NP-fertilization on abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under a maize cropping system[J]. Plant and Soil, 2005,270(1-2):371-382.
- [27] Oehl F, Sieverding E, Mäder P, et al. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi[J]. Ecosystems Ecology, 2004,138(4):574-583.
- [28] Ohtomor R, Saito M. Polyphosphate dynamics in mycorrhizal roots during colonization of an arhuscular mycorrhizal fungus[J]. New Phytologist, 2005,167:571-578.
- [29] Kiers E T, Duhamel M, Beesetty Y, et al. Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis[J]. Science, 2011,333:880-882.
- [30] Bever J D, Schultz P A, Pringle A, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: More diverse than meets the eye, and the ecological tale of why[J]. Bioscience, 2001,51:923-931.
- [31] Zhang G Y, Zhang L P, Wei M F, et al. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, organic fertilizer and soil sterilization on maize growth[J]. Actor Ecologica Sinaica, 2011,31(4):192-196