

围栏与不同放牧强度对东祁连山高寒草甸 植被和土壤的影响

鱼小军¹,景媛媛¹,段春华²,徐长林¹,杨海磊¹,
罗金龙¹,安玉峰³,安晓东³

(1.甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/

中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃兰州730070;2.四川省宣汉县饲草饲料工作站,四川宣汉636150;

3.甘肃省张掖市肃南县皇城绵羊育种场,甘肃肃南734031)

摘要:在东祁连山高寒草地,对围栏7年和不同放牧强度的草地进行了物种数、地上生物量、地下生物量、土壤理化性质等研究。结果表明,围栏7年的高寒草地鲜草产量为 $425.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,显著高于夏季中牧 $159.3\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 和夏季重牧 $91.0\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$,但与冬季轻牧、夏季轻牧差异不显著。围栏条件下的物种数为 $26.3\text{ 种}\cdot 16\text{ m}^{-2}$,显著低于其他放牧条件下的物种数,但显著高于夏季重牧条件下的物种数 $23.0\text{ 种}\cdot 16\text{ m}^{-2}$;轻度或重度放牧都会使物种数减少,夏季中牧下的物种数最高($33.5\text{ 种}\cdot 16\text{ m}^{-2}$)。在0~10 cm的表层土壤中,围栏7年的草地根系生物量显著高于其他放牧强度。随着放牧强度的增加,根系生物量在0~10 cm土壤中呈下降趋势,在30~40 cm土壤中则表现为升高趋势。围栏7年的土壤容重低于其他放牧强度下的土壤容重,但差异不显著;夏季重牧的土壤容重显著高于围栏7年和其他放牧强度的土壤容重。随着放牧强度的增加,0~10 cm土壤碱解氮增加,围栏7年草地最低。围栏封育可有效改善和恢复草地植被,但不能长时间禁牧不进行放牧利用。合理的放牧能够维护高寒草甸草地生态系统功能、促进物种丰富度和土壤营养的均衡。

关键词:放牧强度;围栏;草甸植被;土壤理化性质

中图分类号:S812.8 **文献标志码:**A

Influence of enclosure and grazing intensity on alpine meadow vegetation and soil characteristics in the Eastern Qilian Mountains

YU Xiao-jun¹, JING Yuan-yuan¹, DUAN Chuan-hua², XU Chang-lin¹, YANG Hai-lei¹,
LUO Jin-long¹, AN Yu-feng³, AN Xiao-dong³

(1. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S. Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Lanzhou, Gansu 730070 China; 2. Fodder and Forage Station of Xuanhan County, Xuanhan, Sichuan 636150, China;

3. Huangcheng Sheep Breeding Field, Sunan, Gansu 734031, China)

Abstract: In order to explore the influence of enclosure and different grazing intensities on alpine meadow vegetation and soil characteristics, plant species, aboveground biomass and underground biomass of forage, soil physical and chemical properties were measured in the Eastern Qilian Mountains. The results showed that the yield of alpine meadow grassland fenced for seven years was $425.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, and significantly higher than that of summer moderate grazing ($159.3\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) and summer overgrazing ($91.0\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), but it was not significant compared with the light grazing both in summer and winter. The number of species after seven years fencing ($26.3\cdot 16\text{ m}^{-2}$) was lower than that in other grazing patterns, but it was significantly higher than the grassland overgrazed in summer ($23.0\cdot 16\text{ m}^{-2}$). Light grazing or/and overgrazing reduced the number of species, while the moderate grazing in summer increased the species diversity ($33.5\cdot 16\text{ m}^{-2}$). Dry matter of underground biomass in 0 to 10 cm topsoil fenced for seven years was significantly higher

收稿日期:2014-04-03

基金项目:国家自然科学基金(31360570,31001029);甘肃省省属高校基本科研业务费

作者简介:鱼小军(1977—),男,甘肃陇西人,副教授,研究方向为牧草种质与草地生态。E-mail: yuxj@gsau.edu.cn。

than that of other grazing plot of alpine meadow grassland. Dry matter content of underground biomass in 0 to 10 cm soil depth increased with the increase in grazing intensity, but the reverse trend was observed in 30 to 40 cm soil depth. The soil bulk density fenced for seven years was lower than that of other grazing intensities, whereas that of overgrazing in summer was significantly higher than that fenced for seven years and other grazing intensities. Among the treatments, alkali-hydrolytic nitrogen of 0 to 10 cm soil depth was the lowest for seven years fencing. Reasonable grazing can maintains the function of ecological system of alpine meadow and increases species diversity and balances soil nutrients.

Keywords: grazing intensity; enclosure; meadow vegetation; soil physical and chemical properties

青藏高原高寒草地是我国重要的天然牧场及畜牧业基地。近年来,由于受超载过牧等对草地资源不合理利用以及全球气候的影响,引起高寒草地退化^[1-3],甚至使草地向着不可恢复的方向进行退化演替^[4-5],导致生物多样性急剧萎缩,草原鼠害猖獗,水土流失日趋严重。上述问题的发生,不仅使当地广大农牧民生产、生活受到了严重影响,并已直接威胁到了长江、黄河流域乃至东南亚诸国的生态安全^[3,6-9]。

针对草地退化问题,围栏封育作为简便而有效的恢复措施在我国草原恢复中得到广泛应用^[10-12]。郑翠玲等^[13]对呼伦贝尔沙化草地的围栏试验表明,随着围栏年限的增加,适口性较好的优良牧草所占比例逐渐增加,草地植被盖度、平均高度、草群密度、地上生物量和土壤草根含量大幅度增加。沈景林等^[14]的研究表明围栏封育使可食牧草产量增加 60.5%~158.3%。左万庆等^[15]认为 5 年的草地围栏引起草地生物多样性下降。石福孙等^[16]、郑伟等^[17]的研究结果表明,3~4 年的禁牧提高了高寒草甸的牧草产量,但降低了物种多样性指数。不同放牧强度和围栏条件下,草地的生物多样性、产草量及土壤理化性质都不尽相同^[18-19]。任继周^[20]认为,合理的放牧是管理草地、获得产品的“利器”,当前我国草原所面临的问题是对放牧认识的不足和放牧管理的缺陷。因而,合理的放牧管理和利用方式成为维系和改善天然草地生态功能的迫切需要^[17]。本研究分析了围栏 7 年以及不同放牧强度下的高寒草甸物种数、地上生物量和地下生物量、土壤理化性质等指标,探寻封育和合理放牧下的植被和土壤特性,为青藏高原高寒草甸的合理利用提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

研究地设在甘肃省武威市天祝藏族自治县抓喜秀龙乡甘肃农业大学天祝高山草原试验站(37°40'N,102°32'E),海拔 2 960 m,天然植被为寒温潮湿类高寒草甸,主要植物以矮生嵩草(*Kobresia. humilis*)、

西北针茅(*Stipa kryovii*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、高山紫苑(*Aster alpinus*)、阴山扁蓿豆(*Melissitus rutenica var inshannica*)为优势种,棘豆(*Oxytropis* spp.)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、珠芽蓼(*Polygonum* spp.)等为常见种。该地区水热同期,无绝对无霜期,仅分冷、热两季,年均气温 -0.1℃,最热月 7 月均温 12.7℃,最冷月 1 月均温 -18.3℃,≥0℃的年积温为 1 380℃;年均降水量 416 mm,多集中于 7—9 月;土壤以亚高山草甸土、亚高山黑钙土等为主,土层厚度 40~80 cm,土壤 pH 值为 7.0~8.2^[21]。

1.2 试验设计与方法

围栏草地封育时间为 2005—2012 年,冷季、暖季均不放牧。草地围栏前,草地植被基本一致,其建群种为矮生嵩草(*Kobresia humilis*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、早熟禾(*Poa* spp.)、球花蒿(*Artemisia smithii*),常见的伴生种为赖草(*Leymus secalinus*)、阴山扁蓿豆(*Medicago ruthinica var. inschanica*)、秦艽(*Gentiana macrophylla*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)、针茅(*Stipa* spp.)、蒲公英(*Taraxacum* sp.)等。围栏外为冷暖季自由放牧区,分别为冬季轻度放牧(放牧率为 40%)、夏季轻度放牧(放牧率为 40%)、夏季中度放牧(放牧率为 55%)和夏季重度放牧(放牧率为 75%)。

2012 年 8 月中旬测定草地植被特征。选取 50 cm × 50 cm 的典型样方 4 个,用收获法测定产草量。测定植物群落的种类组成,采用面积为 4 m × 4 m 的样方进行^[22]。地下生物量用土柱法,0~40 cm 土层每 10 cm 取样,共 4 层,用内径 5 cm 土钻在每个观测样方取 10 钻,样品过筛得到土壤样品并称重,清水冲洗后得到根系样品,分别在 60℃ 和 105℃ 烘至恒质量,称干质量。

2012 年 8 月采用环刀法测定 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 深度的土壤容重,重复 8 次。2012 年 6 月采用 5 点取样法用土钻采集测定化学性质的土壤样品,5 钻合为一个土壤样品,重复 4 次。土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法(外加热法),速效氮采用扩散皿法,土壤速效钾用 NH₄OAc 浸提—火焰

光度法^[23]。

1.3 统计分析

所有数值均以“平均值 ± 标准误”表示,用 SPSS 16.0 软件进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 围栏和不同放牧强度对高寒草甸生物量和物种数的影响

表 1 表明:围栏 7 年的草地产草量高于冬季轻度放牧和夏季轻度放牧,但差异不显著 ($P > 0.05$);

围栏 7 年的产草量显著高于夏季中度放牧和重度放牧 ($P < 0.05$)。冬季轻度放牧和夏季轻度放牧草地间的差异不显著,但两者产草量皆显著高于夏季中度和夏季重度放牧的草地 ($P < 0.05$);夏季中度放牧的产草量显著高于夏季重度放牧 ($P < 0.05$);夏季中度放牧的物种数最高,为 34 种,显著高于夏季轻度放牧、冬季轻度放牧、围栏 7 年和夏季重度放牧的草地 ($P < 0.05$);围栏 7 年的草地物种数显著低于夏季中度放牧、夏季轻度放牧和冬季轻度放牧的草地,显著高于夏季重度放牧的草地 ($P < 0.05$)。

表 1 围栏 7 年和不同放牧强度下牧草产量和物种数

Table 1 Fresh forage production and numbers of plant species under enclosure and different grazing intensities					
项目 Item	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter mild grazing	夏季轻牧 Summer mild grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
鲜草产量/(g·m ⁻²) Resh forage production	425.8 ± 63.0a	407.3 ± 48.6a	392.0 ± 71.3a	159.3 ± 45.0b	91.0 ± 14.0c
物种数/(Number·16 m ⁻²) Numbers of plant species	26.3 ± 2.1c	30.0 ± 2.0b	30.8 ± 1.9b	33.5 ± 0.6a	23.0 ± 0.8d

注:不同小写字母表示同行数据达 5% 差异显著水平;下同。
Note: Lower-case within the same row show significant difference at 0.05 level. The same below.

表 2 表明:0 ~ 10 cm 土层中的根系,围栏 7 年草地显著高于其他放牧草地 ($P < 0.05$),夏季轻度放牧、冬季轻度放牧显著高于夏季重度放牧 ($P < 0.05$),夏季中度放牧和夏季轻度放牧、冬季轻度放牧、夏季中度放牧草地差异不显著 ($P > 0.05$);10 ~ 20 cm 土层中的根系,围栏 7 年、冬季轻度放牧和夏

季重度放牧的草地较高,其次为夏季轻度放牧和夏季中度放牧草地;20 ~ 30 cm 土层中的根系,最低的为围栏 7 年的草地,显著低于夏季中度放牧和夏季重度放牧的草地 ($P < 0.05$);30 ~ 40 cm 土层中的根系,最高的为夏季重度放牧的草地,显著高于其他放牧草地和围栏 7 年的草地 ($P < 0.05$)。

表 2 围栏和不同放牧强度下地下生物量/(g·cm⁻³)

Table 2 Dry matter contents of underground biomass of alpine meadows under enclosure and different grazing intensities					
土层深度/cm Depth	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter mild grazing	夏季轻牧 Summer mild grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
0 ~ 10	43.246 ± 14.593a	34.320 ± 10.327b	34.436 ± 8.375b	28.720 ± 11.361bc	25.675 ± 4.509c
10 ~ 20	6.953 ± 0.925ab	7.348 ± 1.570a	5.863 ± 1.757b	6.143 ± 1.199b	6.622 ± 2.027ab
20 ~ 30	3.234 ± 1.243b	3.641 ± 1.236ab	3.998 ± 1.488ab	4.218 ± 1.105a	4.159 ± 0.9724a
30 ~ 40	2.138 ± 0.835bc	1.932 ± 0.849c	2.671 ± 1.031b	2.128 ± 0.511bc	3.642 ± 1.368a

2.2 围栏和不同放牧强度对高寒草甸土壤理化性质的影响

表 3 表明:0 ~ 10 cm 和 30 ~ 40 cm 的土壤容重,夏季重度放牧草地显著高于夏季中度放牧、夏季轻度放牧、冬季轻度放牧和围栏 7 年的草地 ($P < 0.05$),后 4 类间差异不显著 ($P > 0.05$);10 ~ 20 cm 土壤容重,夏季重度放牧草地显著高于冬季轻度放牧和围栏 7 年的草地 ($P < 0.05$),夏季轻度放牧、夏季中度和夏季重度放牧草地间差异不显著 ($P > 0.05$),围栏 7 年和冬季轻度放牧、夏季轻度放牧、夏季中度放牧草地间差异不显著 ($P > 0.05$);20 ~ 30

cm 的土壤容重,夏季重度放牧草地高于显著高于冬季轻度放牧、夏季轻度放牧和围栏 7 年的草地 ($P < 0.05$),围栏 7 年草地显著低于夏季中度放牧草地 ($P < 0.05$)。

表 4 表明:0 ~ 10 cm 的土壤碱解氮含量,夏季重度放牧显著高于夏季中牧、夏季轻牧、冬季轻牧和围栏 7 年 ($P > 0.05$),夏季轻牧和夏季中牧差异不明显 ($P < 0.05$),但显著高于围栏 7 年和冬季轻牧 ($P > 0.05$),围栏和冬季轻牧之间无显著性差异 ($P < 0.05$)。10 ~ 20 cm 土壤碱解氮含量,夏季中牧显著高于夏季重牧、夏季重牧、围栏 7 年和冬季轻牧 (P

> 0.05);在不同放牧强度下,碱解氮含量无规律性变化。20~30 cm 的土壤碱解氮含量,夏季中牧显著高于夏季重牧、夏季重牧、围栏 7 年和冬季轻牧($P > 0.05$),围栏 7 年和冬季轻牧之间无显著性差异($P < 0.05$),但显著高于夏季重牧和轻牧($P > 0.05$),夏季轻牧显著低于夏季重牧($P > 0.05$)。30~40 cm 深的土壤碱解氮含量,夏季中牧显著高于围栏 7 年、冬季轻牧、夏季重牧及夏季轻牧($P > 0.05$);围栏 7 年和冬季轻牧之间无差异($P < 0.05$),但显著高于夏季轻牧和夏季重牧($P > 0.05$);夏季轻牧显著低于夏季重牧($P > 0.05$)。

表 5 表明:0~10 cm 的土壤速效钾含量,冬季轻牧显著高于围栏 7 年和其他放牧强度($P > 0.05$),夏季轻牧下显著低于围栏 7 年、冬季轻牧、夏季中牧

和夏季重牧($P > 0.05$),围栏 7 年、夏季中牧和夏季重牧之间没有显著性差异($P < 0.05$)。10~20 cm 的土壤速效钾含量,冬季轻牧显著高于围栏和其他放牧强度,围栏 7 年、夏季轻牧、夏季中牧和夏季重牧之间没有显著性差异($P < 0.05$)。20~30 cm 的土壤速效钾含量,冬季轻牧显著高于围栏和其他放牧强度($P > 0.05$);夏季重牧显著高于围栏 7 年、夏季轻牧和夏季中牧($P > 0.05$),围栏 7 年、夏季轻牧和夏季中牧之间没有显著性差异($P < 0.05$)。30~40 cm 的土壤速效钾含量,夏季轻牧显著高于围栏 7 年、冬季轻牧、夏季中牧和夏季重牧($P > 0.05$),夏季中牧和冬季轻牧显著低于围栏 7 年和夏季重牧($P > 0.05$);围栏 7 年、冬季轻牧和夏季重牧之间没有显著性差异($P < 0.05$)。

表 3 围栏和不同放牧强度下土壤的容重/(g·cm⁻³)

Table 3 Soil bulk density of different depths of alpine meadows under enclosure and different grazing intensities

土层深度/cm Depth	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter mild grazing	夏季轻牧 Summer mild grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
0~10	0.578±0.072b	0.583±0.062b	0.598±0.086b	0.619±0.059b	0.666±0.065a
10~20	0.748±0.078bc	0.689±0.081c	0.787±0.134ab	0.806±0.070ab	0.824±0.066a
20~30	0.811±0.134c	0.815±0.161c	0.829±0.085bc	0.905±0.056ab	0.940±0.132a
30~40	0.980±0.113b	0.927±0.079b	0.978±0.075b	0.945±0.133b	1.172±0.209a

表 4 围栏和不同放牧强度下土壤的碱解氮含量/(mg·kg⁻¹)

Table 4 Contents of soil alkali-hydrolytic nitrogen of alpine meadows under enclosure and different grazing intensities

土层深度/cm Depth	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter light grazing	夏季轻牧 Summer light grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
0~10	415.76±2.56c	418.12±1.83c	426.79±4.65b	425.76±1.00b	435.64±4.62a
10~20	401.21±4.49b	375.59±1.03d	400.59±3.09b	411.01±3.35a	391.30±1.07c
20~30	367.45±1.73b	365.30±1.77b	339.43±1.75d	380.81±0.97a	353.91±2.60c
30~40	342.95±0.02c	355.71±0.99a	299.18±3.01e	349.91±3.04b	333.64±2.04d

表 5 围栏和不同放牧强度下土壤的速效钾含量/(mg·kg⁻¹)

Table 5 Contents of soil available potassium of alpine meadows under enclosure and different grazing intensities

土层深度/cm Depth	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter light grazing	夏季轻牧 Summer light grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
0~10	324.99±14.53b	416.65±15.29a	291.62±39.67c	359.96±12.03b	327.21±34.00bc
10~20	186.65±62.90b	367.77±32.71a	181.64±24.55b	234.40±31.36b	229.44±21.75b
20~30	201.10±46.94c	326.08±13.98a	133.32±6.01c	172.20±26.48c	167.21±32.03b
30~40	131.66±24.04b	286.65±16.07bc	111.65±6.00a	127.77±21.11c	116.66±14.99b

表 6 表明:0~10 cm 深的土壤有机质含量,夏季重牧显著高于围栏 7 年和其他放牧强度($P > 0.05$),夏季轻牧最低,围栏 7 年和夏季重牧差异不明显($P < 0.05$),但高于冬季轻牧和夏季轻牧。10~20 cm 深的土壤有机质含量,夏季中牧显著性最

高($P > 0.05$),围栏 7 年和其他放牧强度之间没有显著性差异($P < 0.05$)。20~40 cm 深的土壤有机质含量,冬季轻牧显著高于围栏和其他放牧强度($P > 0.05$),围栏 7 年最低,夏季轻牧、夏季中牧和夏季重牧之间没有显著性差异($P < 0.05$)。

表 6 围栏和不同放牧强度下土壤的有机质含量/(g·kg⁻¹)

Table 6 Contents of soil organic matter in different depths of alpine meadows under enclosure and different grazing intensities					
土层深度/cm Depth	围栏 7 年 Fenced for 7 years	冬季轻牧 Winter light grazing	夏季轻牧 Summer light grazing	夏季中牧 Summer moderate grazing	夏季重牧 Summer heavy grazing
0 ~ 10	93.5 ± 0.7b	85.4 ± 0.7c	81.6 ± 0.9d	92.4 ± 0.4b	106.7 ± 2.2a
10 ~ 20	67.6 ± 1.0b	65.0 ± 0.3b	67.4 ± 6.4b	76.4 ± 0.7a	65.6 ± 1.1b
20 ~ 30	58.3 ± 1.3c	67.4 ± 3.9a	64.8 ± 2.4ab	62.7 ± 0.6b	45.3 ± 10.0d
30 ~ 40	47.6 ± 0.7c	62.0 ± 0.4a	53.8 ± 1.6b	55.1 ± 2.1b	53.8 ± 1.6b

3 讨 论

围栏封育作为简便而有效的恢复措施,已在我国草原恢复中得到广泛应用^[10-12]。本研究表明,围栏 7 年的高寒草地鲜草产量最高,但与夏季轻度放牧、冬季轻度放牧处理无显著差异,前三者皆显著高于夏季中度和夏季重度放牧处理,夏季重度放牧的草地鲜草产量最低。随着放牧强度的增加,鲜草产量下降,这与大部分学者的研究^[24-27]一致。在围栏 7 年、夏季轻牧和冬季轻牧的草地地面上植物枯萎凋落较多,Milchunas 等^[28]认为这些凋落物可以通过分解作用再次归还到土壤中,减少土壤能量和养分的外流,同时也可以提高根际及根外微生物的活性并进一步刺激植物及根系产生大量分泌物,保护植株或促进植物生长,这样促进高寒草甸生物量的提高。但在夏季重度放牧的草地,地上植物被家畜过度采食,没有枯草层的形成,逐年循环,草产量下降,草地退化。由于不同放牧强度的影响,在 0 ~ 20 cm 的土层,地下生物量随着放牧强度的增加而减少,即围栏 7 年的草地地下生物量最高,而夏季重度放牧条件下最低,这与王艳芬和汪诗平^[29]、锡林图雅等^[30]的研究相似;但在 20 ~ 40 cm 的土层,根系生物量的变化却刚好相反,即随着放牧强度的增加下层生物量也增加。

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,具有十分重要的价值,是人类生存的物质基础^[31],而高寒草地生态系统结构简单,保护和维持草地物种多样性对草地的健康发展影响重大^[32]。本研究结果表明,围栏 7 年草地的物种数则显著低于冬季轻牧、夏季轻牧和夏季中度放牧处理,这与左万庆等^[15]的研究结果即长时间的草地围栏引起草地生物多样性下降一致。有较多研究^[26,33-35]表明,放牧能够增加草原的物种丰富度和植物多样性,过度放牧条件下由于牛羊的采食和践踏会造成草地生态的破坏和草地植物多样性的下降,只有在中度放牧条件下物种数最高,而轻度放牧条件下的物种数量也不及中度放牧,

与“中度干扰理论”^[36]相符合。在围栏封育和夏季重度放牧条件下,草原生态系统往往只存在少量竞争力高的物种,适度的采食往往导致多种物种的并存。

土壤容重、有机质、碱解氮、速效钾等是反映土壤肥力的重要指标^[23]。本研究结果表明,随着放牧强度的增加,土壤容重的增大,且下层土壤容重大于表层土壤容重,这与戎郁萍等^[37]等的研究结果相符。随着放牧强度增加,速效钾和下层土壤碱解氮、有机质含量无规律性变化;表层土壤碱解氮、有机质和速效钾的含量和变化均高于下层土壤,这说明速效养分含量在空间上具有差异性,与刘忠宽等^[38]的研究结果相近;重度放牧条件的碱解氮和有机质含量较高。引起这些现象的主要原因是由于家畜的踩踏造成的凋落物粉碎,进入到土壤中加速了有机质的循环,以及放牧家畜的排泄物造成土壤表层的有机质含量增加。李希来也认为这可能是因为放牧家畜的粪尿对草地给予一定的氮补充造成的^[39]。

通过本试验分析的结果可以看出,长时间的围栏封育使草地的生物多样性大大降低,对草地的健康维护并非最佳途径,当草地处于重度放牧条件时,围栏可以作为有效改善和恢复草地生态系统的方式之一;而冬季轻度放牧对草地进行了一定的干扰,但是由于土层的冻结和枯草层的形成,对草地的干扰程度和破坏程度较小,因此可以用来缓解和恢复轻度退化的草地,效果可能比围栏封育更好。

当前,由于超载放牧等所引起的高寒草地退化日益严重。为改善草原生态系统,围栏封育可作为一种有效恢复退化草地的方式,一时之间在全国草原盛行推广。本研究表明,7 年围栏封育使得草地生物多样性下降,物种单一,对草地的健康发展并非有益;适宜强度的放牧、对草地进行合理的利用则是促进草地生态系统物质循环的有利因素。放牧是把“双刃剑”,在利用适当时,它是管理草地、获得产品的“利器”;如果利用不当,例如过轻或过度放牧,则损害草地,使生产力日趋低下^[20]。当前,我国草原所面临的问题不在放牧本身,而是对放牧认识的不

足和放牧管理的缺陷,割裂了人居 – 草地 – 畜群之间的联系^[20]。围栏虽然有利于草地产草量的增加,但草地不放牧利用是对自然资源的浪费,不利于草地生物多样性的保持,而且增大了草原火灾的风险。草原火灾是草原地区重要的灾害之一^[40],春秋季节,由于气候干旱、风大,枯枝落叶丰厚的草地,很容易造成草原火灾^[41-42]。围栏封育的草地,枯草茂密,更容易引起火灾,将造成大面积的损失,后果非常严重。因此,建立合理的放牧制度,对围栏草地在一定年限内进行解禁并实行放牧才能更加合理的利用并保护高寒草地生态系统。

4 结 论

围栏 7 年和过度放牧都会使得高寒草地物种多样性大大下降。围栏 7 年的草地鲜草产量和夏季轻牧、冬季轻牧处理无显著差异。随着放牧强度的增加,土壤容重增大,表层土壤碱解氮、有机质含量增加。围栏封育作是有效改善和恢复草地生态系统的方式之一,但草地不能长期封育不进行放牧。轻度退化的草地可通过冬季轻度放牧来缓解。草地合理的放牧才能够维护和恢复高寒草甸草地生态系统功能、促进物种丰富度,提高草地生产力,并对草地生态的健康循环和土壤营养的均衡具有重要作用。

参 考 文 献:

[1] 马玉寿,郎百宁.建立草业系统恢复青藏高原“黑土型”退化草地[J].草业科学,1998,15(1):5-9.

[2] 许志信,赵萌莉,韩国栋.内蒙古的生态环境退化及其防治对策[J].中国草地,2000,5:59-63.

[3] 龙瑞军,董世魁,胡自治.西部草地退化的原因分析与生态恢复措施探讨[J].草原与草坪,2005,6:3-7.

[4] Walker B H. Rangeland Ecology: Understanding and Managing Change[J]. Ambio, 1993,22(2-3):80-87.

[5] 董世魁,江 源,黄晓霞.草地放牧适宜度理论及牧场管理策略[J].资源科学,2002,24(6):35-41.

[6] 摆万奇,张懿铨,谢高地,等.黄河源区玛多县草地退化成因分析[J].应用生态学报,2002,13(7):823-826.

[7] 王根绪,丁永建,王 建,等.近 15 年来长江黄河源头区的土地覆被变化[J].地理学报,2004,59(2):163-173.

[8] 尚占环,龙瑞军,马玉寿.江河源区“黑土滩”退化草地特征、危害及治理思路探讨[J].中国草地学报,2006,28(1):69-74.

[9] 尚占环,马玉寿,龙瑞军,等.“黑土滩”退化草地、高寒湿地及其二者交错区植物群落 β 多样性[J].青海畜牧兽医杂志,2006,36(1):1-3.

[10] 李 慧,蒋平安,程路明,等.围栏对新疆山区草地植被下土壤动物多样性的影响[J].干旱区地理,2006,29(4):538-542.

[11] 李毓堂.巴音布鲁克草原生态破坏调查和治理对策[J].草原

与草坪,2006,(4):12-15.

[12] 董自红,蒋平安,程路明,等.围栏对新疆山区草地土壤碳氮的影响[J].新疆农业大学学报,2006,29(1):31-35.

[13] 郑翠玲,曹子龙,王 贤,等.围栏封育在呼伦贝尔沙化草地植被恢复中的作用[J].中国水土保持科学,2005,3(3):78-81.

[14] 沈景林,谭 刚,乔海龙,等.草地改良对高寒退化草地植被影响的研究[J].中国草地,2000,(5):49-54.

[15] 左万庆,王玉辉,王凤玉,等.围栏封育措施对退化羊草草原植物群落特征影响研究 [J].草业学报,2009,18(3):12-19.

[16] 石福孙,吴 宁,罗 鹏,等.围栏禁牧对川西北亚高山高寒草甸群落结构的影响[J].应用与环境生物学报,2007,13(6):767-770.

[17] 郑 伟,李世雄,董全民,等.放牧方式对环青海湖高寒草原群落特征的影响[J].草地学报[J],2013,21(5):869-874.

[18] Stohlgren T J, Schell L D, Vanden Heuvel B. How grazing and soil quality affect native and exotic plant diversity in Rocky Mountain grasslands[J]. Ecological Applications, 1999,9(1):45-64.

[19] Osem Y, Perevolotsky A, Kigel J. Grazing effect on diversity of annual plant communities in a semi-arid rangeland: interactions with small-scale spatial and temporal variation in primary productivity[J]. Journal of Ecology, 2002,90(6):936-946.

[20] 任继周.放牧,草原生态系统存在的基本方式—兼论放牧的转型[J].自然资源学报,2012,27(8):1259-1275.

[21] 段春华,鱼小军,徐长林,等.藏羊瘤胃内容物浸泡对 11 种高寒草甸植物种子萌发的影响[J].生态学杂志,2013,32(6):1483-1489.

[22] 张 蕊,陈军强,侯尧宸,等.亚高山草甸植物群落植物物种数与取样面积的关系[J].生态学杂志,2013,32(9):2268-2274.

[23] 黄昌勇.土壤学[M].第三版.北京:中国农业出版社,2010.

[24] 汪诗平,王艳芬,李永宏,等.不同放牧率对草原牧草再生性能和地上净初级生产力的影响[J].草地学报,1998,6(4):275-281.

[25] 高永恒,陈 槐,罗 鹏,等.放牧强度对川西北高寒草甸植物生物量及其分配的影响[J].生态与农村环境学报,2008,24(3):26-32.

[26] 王向涛,张世虎,陈懂懂,等.不同放牧强度下高寒草甸植被特征和土壤养分变化研究[J].草地学报,2010,18(4):510-516.

[27] 郑 伟,董全民,李世雄,等.放牧强度对环青海湖高寒草原群落物种多样性和生产力的影响[J].草地学报,2012,20(6):1033-1038.

[28] Milchunas D G, Lauenroth W K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments[J]. Ecological Monographs, 1993,63(4):327-366.

[29] 王艳芬,汪诗平.不同放牧率对内蒙古典型草原地下生物量的影响[J].草地学报,1999,7(3):198-203.

[30] 锡林图雅,徐 柱,郑 阳.不同放牧率对内蒙古克氏针茅草原地下生物量及地上净初级生产量的影响[J].中国草地学报,2009,31(3):26-29

[31] 马克平,钱迎倩.生物多样性保护及其研究进展[J].应用与环境生物学报,1998,4(1):95-99.

[32] 孙鸿烈.青藏高原研究的新进展[J].地球科学进展,1996,11(6):536-542.

Ltd, 1984:249-257.

[13] Brown A H D. Core collections: A practical approach to genetic resources management[J]. Genome, 1989,31:818-824.

[14] Brown A H D. The case for core collections[C]//Brown A H D, Frankel O H, Marshall D R, et al. The Use of Plant Genetic Resources. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989: 136-156.

[15] 李自超,张洪亮,孙传清,等.植物遗传资源核心种质研究现状与展望[J].中国农业大学学报,1999,4(5):51-62.

[16] 王建成,胡晋,张彩芳,等.建立在基因型值和分子标记信息上的水稻核心种质评价参数[J].中国水稻科学,2007,21(1):51-58.

[17] 邱丽娟,李英慧,关荣霞,等.大豆核心种质和微核心种质的构建、验证与研究进展[J].作物学报,2009,35(4):571-579.

[18] 郝晨阳,董玉琛,王兰芬,等.我国普通小麦核心种质的构建及遗传多样性分析[J].科学通报,2008,53(8):908-915.

[19] 林汝法.中国荞麦[M].北京:中国农业出版社,1994.

[20] 李安仁.中国植物志[M].北京:科学出版社,1998.

[21] 高帆,张宗文,吴斌.中国苦荞 SSR 分子标记体系构建及其在遗传多样性分析中的应用[J].中国农业科学,2012,45(6):1042-1053.

[22] 刘勇,孙中海,刘德春,等.利用分子标记技术选择柚类核心种质资源[J].果树学报,2006,23(3):339-345.

[23] 周延清.DNA 分子标记技术在植物研究中的应用[M].北京:化学工业出版社,2005:131-143.

[24] Iwata H, Imon K, Tsumura Y, et al. Genetic diversity among Japanese indigenous common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) cultivars as determined from amplified fragment length polymorphism and simple sequence repeat markers and quantitative agronomic traits[J]. Genome, 2005,48(3):367-377.

[25] Konishi T, Iwata H, Yashiro K, et al. Development and characterization of microsatellite markers for common buckwheat[J]. Breeding Science, 2006,56:277-285.

[26] Kyung Ho Ma, Nam Soo Kim, Gi An Lee, et al. Development of SSR markers for studies of diversity in the genus *Fagopyrum*[J]. Theor Appl Genet, 2009,119(7):1247-1254.

[27] Li YQ, Shi TL, Zhang ZW. Development of microsatellite markers from tartary buckwheat[J]. Biotechnology letters, 2007,29(5):823-827.

[28] 韩瑞霞,张宗文,吴斌.苦荞 SSR 引物开发及其在遗传多样性分析中的应用[J].植物遗传资源学报,2012,13(5):759-764.

[29] 莫日更朝格图,王鹏科,高金锋,等.苦荞地方种质资源的遗传多样性分析[J].西北植物学报,2010,30(2):255-261.

[30] 田晓庆,徐宏亚,汪灿,等.用 SSR 标记分析荞麦栽培种质资源的遗传多样性[J].作物杂志,2013,5:28-32.

[31] 杨学文,丁素荣,胡陶,等.104 份苦荞种质的遗传多样性分析[J].作物杂志,2013,6:13-17.

[32] 王莉花,殷富有,刘继梅,等.利用 RAPD 分析云南野生荞麦资源的多样性和亲缘关系[J].分子植物育种,2004,2(6):807-815.

[33] 侯雅君,张宗文,吴斌,等.苦荞种质资源 AFLP 标记遗传多样性分析[J].中国农业科学,2009,42(12):4166-4174.

[34] 赵丽娟,张宗文,黎裕,等.苦荞种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[J].植物遗传资源学报,2006,7(2):159-164.

[35] 张文英,方正武,王凯华.苦荞地方品种 SRAP 标记遗传多样性分析[J].广东农业科学,2012,39(11):148-150.

[36] Do Ylej J, Do Ylej L. A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues[J]. Phytochemical Bulletin, 1987,19:11-15.

[37] Koji Tsuji, Ohmi Ohnishi. Phylogenetic position of east Tibetan natural populations in Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaert) revealed by RAPD analyses[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2001,48(1):63-67.

(上接第 257 页)

[33] Collins S L, Uno G E. Seed predation, seed dispersal, and disturbance in grasslands: a comment[J]. The American Naturalist, 1985, 125(6):866-872.

[34] 朱绍宏,徐长林,方强恩,等.白牦牛放牧强度对高寒草原植物群落物种多样性的影响[J].甘肃农业大学学报,2006,41(4):71-75.

[35] 汪诗平,李永宏,王艳芬,等.不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J].植物学报,2001,43(1):89-96.

[36] 罗天相,刘莎.中度放牧干扰对草地生物多样性影响的思考[J].安徽农业科学,2007,35(21):6567-6568,6612.

[37] 戎郁萍,韩建国,王培,等.放牧强度对草地土壤理化性质的影响[J].中国草地,2001,23(4):41-47.

[38] 刘忠宽,汪诗平,陈佐忠,等.不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征[J].生态学报,2006,26(6):2048-2056.

[39] 李希来.青藏高原黑土滩形成的自然因素与生物学机制[J].草业科学,2002,19(1):20-22.

[40] 张继权,刘兴朋,佟志军.草原火灾风险评价与分区—以吉林省西部草原为例[J].地理研究,2007,26(4):755-762.

[41] 刘桂香,苏和,李石磊.内蒙古草原火灾概述[J].中国草地,1999,4:76-78.

[42] Noy – Meir I. Interactive effects of fire and grazing on structure and diversity of Mediterranean grasslands[J]. Journal of Vegetation Science, 1995,6(5):701-710.