

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2016.03.007

三江源区土地利用方式对草地植物生物量及土壤特性的影响

李亚娟¹, 曹广民², 龙瑞军³, 姚拓¹

(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 中美草地畜牧业可持续发展研究中心 甘肃省草业工程实验室, 甘肃兰州 730070; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810008; 3. 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃兰州 730020)

摘要:以三江源区高寒草甸草原、退化高寒草甸草原、退化高寒草原和人工草地4种土地利用方式为研究对象,研究了不同土地利用方式的地上、地下生物量,土壤容重和土壤主要养分有机碳、全氮、全磷、有效氮和有效磷含量,结果表明总生物量的排序为高寒草甸草原>退化高寒草原>退化高寒草甸草原>人工草地,退化草地和人工草地的生物量明显降低,尤其是地下生物量,退化高寒草甸草原、退化高寒草原和人工草地的地下生物量分别为高寒草甸草原的31.9%,54.8%和13.9%,总生物量分别仅为高寒草甸草原的32.8%,49.4%和29.5%。人工草地的表层土壤容重显著降低,而退化对土壤容重没有明显影响,3种天然土地利用方式土壤容重在土壤剖面的变异也不明显。4种类型草地土壤碳氮磷养分含量均处于很低的水平,退化主要造成表层土壤碳氮的严重损失,平均分别损失了53.0%和52.4%,4种利用方式土壤有效氮和有效磷含量极低,而退化对土壤的全磷和有效磷影响不大。

关键词:高寒草甸草原;退化高寒草甸草原;退化高寒草原;人工草地;生物量;土壤养分

中图分类号:S153

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2016)03-0524-06

Effects of Land Use Patterns on Grassland Biomass and Soil Properties in Three-river Headwater Area

LI Ya-juan¹, CAO Guang-min², LONG Rui-jun³, YAO Tuo¹

(1. College of Pastoral Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education; Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability; Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Lanzhou, Gansu Province 730070, China; 2. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810008, China; 3. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu Province 730020, China)

Abstract: The four land use patterns, alpine meadow steppe, degraded alpine meadow steppe, degraded alpine steppe and artificial grassland, were selected to study the effects of land use pattern changes on alpine grassland, and the differences in biomass, soil bulk density and soil nutrients, soil organic carbon, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen and available phosphorus content were determined in Qumalai county, Three-river headwater area. The results showed that total biomass presented the order of alpine meadow steppe>degraded alpine steppe>degraded alpine meadow steppe>artificial grassland. Total biomass decreased significantly after degradation and artificial planting, especially the root biomass. The root biomass of degraded alpine meadow steppe, degraded alpine steppe and artificial grassland were only 31.9%, 54.8% and 13.9%, and the total biomass were only 32.8%, 49.4% and 29.5% of alpine meadow steppe, respectively. The above ground biomass of artificial grassland was the highest, but the root biomass was the lowest, which led to the lowest total biomass in the four land use patterns, only 29.5% of alpine meadow steppe pattern. Soil bulk density in 0–10cm soil of the artificial grassland decreased significantly, and degradation had no significant effect on soil bulk density. The variation of soil bulk density in the soil profile of the three natural grassland types was not obvious. Soil carbon, nitrogen and phosphorus content were at a low level in the area. Degradation mainly caused heavy decrease of soil carbon and nitrogen in surface soil, and 53.0% and 52.4% loss of the alpine meadow steppe, respectively. The available nitrogen and phosphorus of the four types were all at a lower level, which could not support plant growth.

收稿日期:2015-05-08;修回日期:2016-02-09

基金项目:国家自然科学基金项目(31360584);甘肃农业大学创新基金(GSAU-STS-1417)资助

作者简介:李亚娟(1981-),女,甘肃庆阳人,博士,讲师,主要从事草地土壤学方面的研究,E-mail: lijy@gsau.edu.cn

The degradation had little effect on soil total phosphorus and available phosphorus.

Key words: Alpine meadow steppe; Degraded alpine meadow steppe; Degraded alpine steppe; Artificial grassland; Biomass; Soil nutrients

三江源区位于青藏高原腹地,是长江、黄河、澜沧江三大河流的发源地,素有“中华水塔”之称,该地区自然条件严酷,生态系统结构简单,是全球生态环境变化最为敏感和脆弱的地区^[1-2]。高寒草地是三江源地区的主体生态系统,对于涵养水源、生物多样性保护和碳素固定等生态功能起着不可替代的生态屏障作用^[3],同时,高寒草地还是支撑该地区高原畜牧业发展、维系农牧民生活水平的重要物质基础^[4-5]。自20世纪80年代以来,三江源区的高寒草地发生了大面积的退化,原生植被退化,草地生产力下降,出现了大面积次生裸地—黑土滩,生态环境急剧恶化^[6-7]。

对于三江源区高寒草地退化的研究,人们普遍比较关注放牧管理以及植被群落演替等方面^[9-11],土壤是绿色植物生产的基础,植被往往是土壤的一面镜子,土壤特性以及营养物质水平是维系植物生长的基础,虽然人们在退化草地土壤有机碳方面开展了很深入的研究^[12-14],但是这些研究主要侧重于环境和生态角度,从植物生长的角度对草地植物生产力和土壤营养物质的综合研究还比较少。近年来,在高寒草甸重度和极度退化草地上改建的人工和半人工草地,虽能快速恢复“黑土滩”退化草地植

被^[15-16],还能提供优质高产的牧草,从而减轻天然草地的压力^[17],但是改建的人工草地由于管理不当和人类活动干预也出现退化的迹象。因此,本研究以三江源区的曲麻莱县高寒草甸草原、退化高寒草甸草原、退化高寒草原及人工草地4种利用方式高寒草地为研究对象,研究不同类型草地的生产力以及相应的土壤营养物质状况,以揭示该区域草地退化和人工恢复对土壤养分含量的影响,为当地草地退化防治、人工草地管理以及生态环境保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于青海省玉树藏族自治州曲麻莱县(E 92°56′~97°35′,N 33°36′~35°40′),处于三江源区,青海省西南部,海拔约4200~4900 m。样地约改滩位于曲麻莱县东部,高原大陆性气候,多风少雨,干燥寒冷,太阳辐射强,年均温约-2.6℃,无绝对无霜期,年降水量385 mm。样地原生草地为高寒草甸草原,土壤类型为高山草原土,土层厚度60 cm,质地为砂壤质。各取样地基本概况如表1所示。

表1 曲麻莱不同土地利用方式草地概况

Table 1 Grassland situation of the different land use patterns in Qumalai county

土地利用方式	地理位置	海拔高度	草地概况
Land use patterns	Geographic coordinates	Altitude/m	Grassland situation
高寒草甸草原	N 34°1269, E 95°8420	4884	多为冬春牧场,放牧强度低,植被以小蒿草(<i>Kobresia pygmaea</i>)、紫花针茅(<i>Stipa purpurea</i>)、双叉细柄茅(<i>Ptilagrostis dichotoma</i>)、火绒草(<i>Leontopodium leontopodioides</i>)为主,总盖度80%。
Alpine meadow steppe	N 34°1295, E 95°8398	4886	
退化高寒草甸草原	N 34°1256, E 95°8398	4888	处于草甸草原向草原转化进程,超载放牧下退化为沙地,草地植物有风毛菊(<i>Saussurea undulata</i>)、早熟禾(<i>Poa pratensis</i>)、棘豆(<i>Oxytropis ochrocephala</i>)、双叉细柄茅、嵩草等,植被盖度20%。
Degraded alpine meadow steppe	N 34°1275, E 95°8396	4270	
退化高寒草原	N 34°1301, E 95°8399	4272	植物以双叉细柄茅为主,呈丛状分布,杂类草有大唇马先蒿(<i>Pedicularis Linn.</i>)、蒲公英(<i>Herba Taraxaci</i>)、细叶亚菊(<i>Ajania tenuifolia</i>)、火绒草等,植被盖度10%,剥蚀90%~95%。
Degraded alpine steppe	N 34°1254, E 95°8400	4270	
人工草地	N 34°8130, E 94°9961	4322	建植人工草地前为重度退化草原,2002年建植垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>)人工草地,已严重退化,土壤表面有凋落物,植被盖度<30%,草高45 cm,地表覆石约65%。
Artificial grassland	N 34°8126, E 94°9955	4326	
	N 34°8134, E 94°9938	4314	
	N 34°1265, E 95°7996	4270	
	N 34°1292, E 95°7991	4276	
	N 34°1310, E 95°7986	4274	

1.2 样品采集与处理

于青海省曲麻莱县约改滩选择具有典型性和代表性的高寒草甸草原、退化高寒草甸草原、退化高寒草原及人工草地4种土地利用方式草地,每个样地选取3个采样点,样点均分布于滩地上(坡度<5°),

50 cm×50 cm样方进行地上生物量测定,根土法进行样品采集并进行地下生物量的测定:用直径为6 cm的土钻分别对0~10 cm,10~20 cm,20~40 cm,40~60 cm深度的土壤取样,分层分别装袋,用孔径2 mm土壤筛分出根系和土壤,将土壤样品风

干,过 1 mm 和 0.25 mm 筛备用。

1.3 测定指标与方法

土壤容重采用环刀法:每一样点土壤样品采集完毕后,用 100 cm³ 环刀于每一土层采集等体积土壤样品,测定环刀内土壤含水量后计算土壤容重。土壤有机碳含量用重铬酸钾硫酸外加加热法;全氮含量用半微量凯氏定氮法;全磷含量用钼锑抗比色法;有效氮用碱解扩散吸收法;有效磷用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定^[18]。

所有试验数据用 Excel 2003 进行整理计算,用 SPSS 17.0 数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土地利用方式对草地植物生物量的影响

不同土地利用方式草地地上和 0~40 cm 土层地下生物量如表 2 所示。由表 2 可知,高寒草甸草原退化后地上和地下生物量均显著降低,总生物量仅为原生草地的 32.7%,地上生物量仅为原生草地的 38.4%,地下生物量仅为原生草地的 31.9%。退化高寒草原地上生物量为 4 种土地利用方式中最小,仅是高寒草甸草原的 13.9%,地下生

物量也明显下降,是高寒草甸草原的 54.8%,但是地下生物量显著高于退化高寒草甸草原,其总生物量也显著高于退化高寒草甸草原,说明高寒草原在退化后比高寒草甸草原能够维持较大的地下生物量。人工草地地上生物量高于原生草地,但地下生物量却很低,生物量仅为 161.6 g·m⁻²,总生物量也仅为原生草地的 29.5%。

2.2 土地利用方式对土壤容重的影响

土壤容重是反映土壤松紧程度、孔隙状况、通透性及植物根系生长阻力状况等的重要物理性质^[19]。4 种土地利用方式草地的土壤容重如图 1 所示。由图 1 可知,高寒草甸草原 0~10 cm 和 10~20 cm 土层的土壤容重较高,为 1.38 和 1.36 g·cm⁻³,人工草地 0~10 cm 土层的土壤容重最小,为 0.90 g·cm⁻³,其他 3 种土地利用方式各土层的土壤容重差异不大,在 1.23~1.32 g·cm⁻³ 之间。高寒草甸草原的土壤容重沿剖面有逐渐降低的趋势,退化高寒草甸草原的土壤容重在各土层间变异不明显,而退化高寒草原沿剖面有逐渐升高的趋势,人工草地的表层土壤容重较小,表明经过人为干扰后土壤变得较为疏松,10 cm 以下土层的容重基本没有变化。

表 2 不同类型草地的生物量

Table 2 Biomass of different land use patterns

土地利用方式 Land use patterns	生物量 Biomass/ g·m ⁻²		
	地上生物量 Above ground	地下生物量 Root	总生物量 Total
高寒草甸草原 Alpine meadow steppe	178.0±20.6 ^b	1168.4±55.9 ^a	1346.4±48.3 ^a
退化高寒草甸草原 Degraded alpine meadow steppe	68.4±8.7 ^c	373.3±18.2 ^c	441.7±21.4 ^c
退化高寒草原 Degraded alpine steppe	24.7±2.5 ^d	640.5±26.3 ^b	665.2±33.5 ^b
人工草地 Artificial grassland	235.6±15.8 ^a	161.6±11.8 ^d	397.2±13.7 ^d

注:表中数据为平均值±标准差,同列不同小写字母表示不同土地利用方式之间差异显著($P<0.05$),下同

Note: The data represent mean±standard deviation. Different small letters in the same column indicate significant difference at the 0.05 level among different land use patterns. The same as below

2.3 土地利用方式对土壤有机碳、全氮和全磷含量的影响

不同土地利用方式土壤的有机碳、全氮和全磷含量明显不同(表 3)。除人工草地外,其他 3 种土地利用方式土壤碳氮磷含量均较低,土壤有机碳和全氮的变异规律基本一致,在 0~10 cm 土层,土壤有机碳和全氮含量的高低顺序为人工草地>原生高寒草甸草原>退化高寒草原>退化高寒草甸草原,

相比高寒草甸草原,退化高寒草甸草原土壤有机碳和全氮分别损失了 53.0%和 52.4%,表明退化造成表层土壤碳氮严重损失,人工草地表层土壤的有机碳和全氮水平较高。而 10~20 cm 和 20~40 cm 土有机碳和全氮含量均表现出退化高寒草甸草原>人工草地>高寒草甸草原>退化高寒草原的顺序,40~60 cm 土层的有机碳和全氮含量在土地利用方式之间差异不显著,说明退化主要使表层土壤的有机

碳和全氮含量降低,退化还导致高寒草甸草原下层土壤的氮素含量高于表层。土壤全磷含量在 4 个土层均表现出人工草地 > 退化高寒草原 > 退化高寒草

甸草原 > 高寒草甸草原,但 3 种天然土地利用方式土壤全磷含量差异不大,人工草地可能由施肥和退化后凋落物的增加,土壤的全磷含量较高。

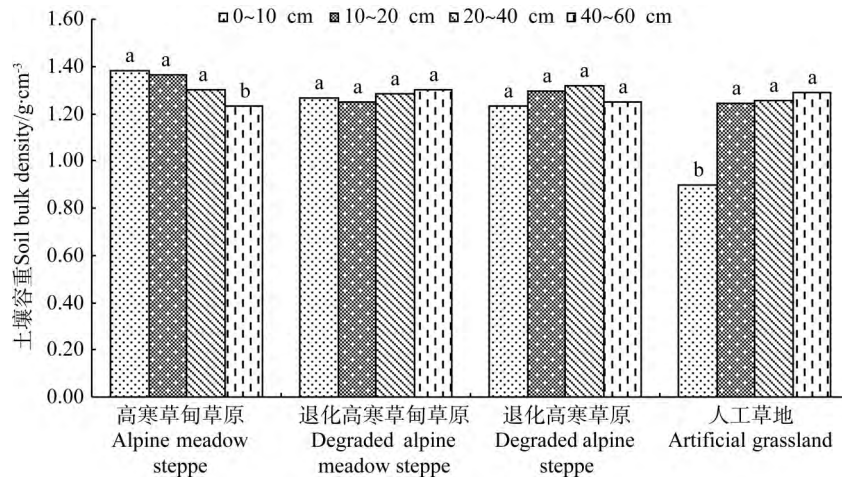


图 1 曲麻菜不同类型草地的土壤容重

Fig. 1 Soil bulk density of different land use patterns

注:图中不同小写字母表示相同土地利用方式不同土层之间差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters indicate significant difference at the 0.05 level among different soil depths

同一利用方式不同土层土壤有机碳和全氮含量也存在明显差异。退化高寒草甸草原表现出 10~20 cm 和 20~40 cm 明显高于 0~10 cm 和 40~60 cm 土层,

其他 3 种土地利用方式均表现出 0~10 cm 和 10~20 cm 土层显著高于 20~40 cm 和 40~60 cm 土层。4 种土地利用方式土壤全磷含量在剖面变异不明显。

表 3 不同土地利用方式土壤有机碳、全氮和全磷含量

Table 3 Soil organic C, total N and total P content of different land use patterns

土地利用方式	土层	土壤有机碳	土壤全氮	土壤全磷
Land use patterns	Soil layer	Soil Organic C/g · kg ⁻¹	Soil Total N/g · kg ⁻¹	Soil Total P/g · kg ⁻¹
高寒草甸草原 Alpine meadow steppe	0~10 cm	9.03 ± 0.42 ^{bb}	0.21 ± 0.01 ^{bb}	2.02 ± 0.17 ^{ca}
	10~20 cm	12.40 ± 0.56 ^{ca}	0.30 ± 0.01 ^{ba}	2.35 ± 0.20 ^{da}
	20~40 cm	7.85 ± 0.54 ^{cc}	0.20 ± 0.02 ^{dc}	2.32 ± 0.18 ^{da}
	40~60 cm	4.51 ± 0.22 ^{ad}	0.12 ± 0.01 ^{ac}	2.04 ± 0.24 ^{ca}
退化高寒草甸草原 Degraded alpine meadow steppe	0~10 cm	4.25 ± 0.25 ^{dc}	0.10 ± 0.01 ^{cc}	1.81 ± 0.12 ^{cc}
	10~20 cm	20.40 ± 0.37 ^{aa}	0.48 ± 0.02 ^{aa}	2.91 ± 0.28 ^{ca}
	20~40 cm	16.10 ± 0.75 ^{ab}	0.45 ± 0.02 ^{ab}	3.02 ± 0.22 ^{ca}
	40~60 cm	4.25 ± 0.31 ^{ac}	0.11 ± 0.01 ^{ac}	2.62 ± 0.32 ^{cab}
退化高寒草原 Degraded alpine steppe	0~10 cm	7.42 ± 0.50 ^{ca}	0.20 ± 0.01 ^{bb}	3.22 ± 0.22 ^{bb}
	10~20 cm	5.66 ± 0.28 ^{db}	0.17 ± 0.01 ^{cc}	3.20 ± 0.31 ^{bb}
	20~40 cm	5.01 ± 0.23 ^{db}	0.23 ± 0.01 ^{ca}	3.85 ± 0.45 ^{ba}
	40~60 cm	4.99 ± 0.19 ^{ab}	0.16 ± 0.01 ^{ac}	3.51 ± 0.27 ^{bb}
人工草地 Artificial grassland	0~10 cm	24.80 ± 1.36 ^{aa}	0.63 ± 0.03 ^{aa}	4.81 ± 0.31 ^{aa}
	10~20 cm	14.10 ± 0.74 ^{bb}	0.45 ± 0.02 ^{ab}	4.72 ± 0.36 ^{aa}
	20~40 cm	10.10 ± 0.46 ^{bc}	0.25 ± 0.01 ^{bc}	4.52 ± 0.30 ^{aa}
	40~60 cm	2.97 ± 0.12 ^{bd}	0.17 ± 0.01 ^{ac}	4.24 ± 0.40 ^{aa}

注:同列不同大写字母表示相同土地利用方式不同土层之间差异显著 ($P < 0.05$),下同

Note: Different capital letters indicate significant difference at the 0.05 level among different soil depth of the same land use patterns. The same as below

2.4 土地利用方式对土壤有效氮和有效磷含量的影响

土壤有效养分是指能够被作物吸收利用的速效

性养分,土壤有效氮和有效磷含量往往是影响植物生长最重要的 2 个养分因子。由表 4 可知,0~10 cm 的表层土壤,4 种土地利用方式土壤有效氮含量

的高低顺序为人工草地>原生高寒草甸草原>退化高寒草原>退化高寒草甸草原,这与土壤有机碳、全氮的规律性情况相似。10~20 cm和20~40 cm土层,土壤全氮含量均表现出,退化高寒草甸草原最高,退化高寒草原最低,高寒草甸草原退化后土壤表层有效氮降低很多,而亚表层及更深层土壤的全氮含量却上升很多,这也说明退化导致土壤氮素在土壤剖面中进行了重新分布。尽管原生草地表层和亚表层的全氮存在差异,但有效氮含量却非常接近,而20~40 cm土层的有效氮含量显著降低($P<0.05$)。退化高寒草甸草原0~10 cm土层有效氮含量极低,

仅为 $14.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而10~20 cm土层却很高,达到了 $121.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;退化高寒草原整个剖面的土壤有效氮含量都很低,难以支持植物的生长,而且10~20 cm土层的有效氮含量高于表层土壤,恢复植被应考虑施用氮肥。人工草地随土壤深度的增加有效氮含量逐渐降低。

除人工草地的表层土壤外,其3种土地利用方式各土层的有效磷含量均在 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,这说明该区域土壤的有效磷含量普遍偏低,土地利用方式的变化对土壤有效磷的影响不大。相同土地利用方式有效磷在0~10 cm和10~20 cm土层之间的变异不明显。

表4 不同土地利用方式土壤有效氮和有效磷含量

Table 4 Soil available N and P content of different land use patterns

土地利用方式 Land use patterns	土层 Soil layer	土壤有效氮 Soil Available N/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	土壤有效磷 Soil Available P/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
高寒草甸草原 Alpine meadow steppe	0~10 cm	62.7 ± 3.9^{bA}	4.6 ± 0.3^{cA}
	10~20 cm	61.7 ± 5.2^{bA}	5.5 ± 0.2^{aA}
	20~40 cm	34.3 ± 3.5^{cB}	3.7 ± 0.2^{bB}
	40~60 cm	28.5 ± 3.0^{bB}	3.0 ± 0.2^{bB}
退化高寒草甸草原 Degraded alpine meadow steppe	0~10 cm	14.9 ± 3.1^{dD}	4.4 ± 0.2^{cB}
	10~20 cm	121.0 ± 10.1^{aA}	5.3 ± 0.3^{aA}
	20~40 cm	84.5 ± 4.0^{aB}	5.7 ± 0.3^{aA}
退化高寒草原 Degraded alpine steppe	40~60 cm	65.2 ± 4.7^{aC}	4.5 ± 0.3^{aB}
	0~10 cm	30.1 ± 2.5^{cB}	5.9 ± 0.4^{bA}
	10~20 cm	43.7 ± 4.6^{cA}	5.1 ± 0.2^{aA}
人工草地 Artificial grassland	20~40 cm	19.6 ± 2.3^{dC}	4.0 ± 0.2^{bB}
	40~60 cm	14.0 ± 1.8^{cC}	3.4 ± 0.2^{bB}
	0~10 cm	94.7 ± 8.0^{aA}	8.6 ± 0.2^{aA}
	10~20 cm	74.0 ± 6.3^{bB}	4.0 ± 0.1^{bB}
	20~40 cm	58.8 ± 2.8^{bC}	4.3 ± 0.1^{bB}
	40~60 cm	29.4 ± 3.1^{bD}	4.3 ± 0.2^{aB}

3 讨论与结论

土地利用方式变化会造成植物生物量的明显变化,研究区域草地退化后地上和地下生物量均显著降低,这与已有的研究结果一致^[9,20-21]退化高寒草原地上生物量非常小,但其总生物量高于退化高寒草甸草原,主要原因是其地下生物量较高,也有研究表明地下生物量随放牧强度的增加而呈增加趋势^[22]。人工草地虽然有最高的地上生物量,但总生物量依然最低,说明人工草地已严重退化,该人工草地已建植十多年,土壤有效氮磷含量极低,可持续性较差。

研究区域高寒草甸草原土体上层的容重较高,退化导致上层土体的容重有降低的趋势,而对下层土体的容重影响不大,这可能与该区域退化后地表严重剥蚀有密切关系。王根绪等^[23]的研究也表明

随地表植被退化,土壤密实度下降,但魏卫东^[24]在三江源区的研究表明土壤容重随高寒草地退化程度的加剧和土壤深度的增加而增大,退化对表层土壤的容重影响较大。本研究中人工草地可能由于耕种和表层凋落物较多,0~10 cm土层的容重明显降低,但10 cm以下土层的容重与其他利用方式差异不大,这与之前的研究结果一致^[25]。说明草地退化和开垦对土壤容重的影响并不完全一致。

土壤碳、氮、磷含量是土壤肥力的重要指标,该区域土壤的有机碳、全氮和有效氮含量普遍较低,有机碳多在 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下,全氮几乎全部在 $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下,全磷几乎全部在 $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右,有效磷在 $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下,这可能是草地生物量较低的主要原因。利用方式变化对土壤碳氮含量影响较大,退化后0~10 cm土层的有机碳、全氮、有效氮含量均急剧下降,尽管有研究表明退化对有效养分的影响与退化程度有关,重度退化条件土壤有效养分

会升高^[26],但是本研究中土壤有效养分尤其是有效氮含量的降低是该区域草地退化的原因之一,即土壤与牧草营养不匹配,这与已有的研究结果一致^[27-28]。而退化对土壤全磷和有效磷含量的影响不大。人工草地0~10 cm土层各养分指标含量虽高于其他土地利用方式,这可能是由于退化后大量死亡根系以及地上部凋落物在短时间内增加了土壤有机物的来源所致,但是整体来看人工草地的土壤养分含量依然处于低水平,这也是人工草地开始退化的原因之一,即土壤的营养物质水平不足以支持植物的生长。顾梦鹤等^[29]在甘南草原的研究也认为施肥可以维护人工草地的生产力和稳定性,因此,对于本研究区域草地退化防治以及人工草地的可持续管理,建议进行土壤养分的补给及可持续的土壤养分管理。

参考文献

- [1] 吕昌河,于伯华. 青藏高原土地退化整治技术与模式[M]. 北京:科学出版社,2011:1-10
- [2] 龙瑞军. 青藏高原草地生态系统之服务功能[J]. 科技导报, 2007,25(9):26-28
- [3] 王堃,洪绶曾,宗锦耀. “三江源”地区草地资源现状及持续利用途径[J]. 草地学报,2005,13(S):28-31
- [4] 尚占环,龙瑞军,马玉寿,等. 青藏高原江河源区生态环境安全问题分析与探讨[J]. 草业科学,2007,24(3):1-7
- [5] 孙海松. 青海高寒草地资源及其永续利用[J]. 草业科学, 1998,15(3):1-3
- [6] 赵志平,吴晓菁,李果,等. 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析[J]. 生态学报,2013,33(20):6577-6586
- [7] 魏卫东,李希来. 三江源区高寒草地生态研究进展[J]. 环境科学与管理,2011,36(8):122-125
- [8] 董全民,李青云,马玉寿,等. 放牧强度对夏季高寒草甸生物量和植被结构的影响[J]. 青海草业,2002,11(2):8-11
- [9] 李媛媛,董世魁,李小艳,等. 围栏封育对黄河源区退化高寒草地植被组成及生物量的影响[J]. 草地学报,2012,20(2):275-286
- [10] Marini L, Scotton M, Klimek S, *et al.* Effects of local factors on plant species richness and composition of alpine meadows [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2007,119: 281-288
- [11] 王长庭,龙瑞军,王启兰,等. 三江源区高寒草甸不同退化演替阶段土壤有机碳和微生物量碳的变化[J]. 应用与环境生物学报,2008,14(2):225-230
- [12] 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):2072-2087
- [13] 董全民,赵新全,马玉寿,等. 放牧强度对高寒人工草地土壤有机质和有机碳的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志,2007,37(1):6-8
- [14] 马玉寿,郎百宁,李青云,等. 江河源区高寒草甸退化草地恢复与重建技术研究[J]. 草业科学,2002,19(9):1-5
- [15] Feng R Z, Long R J, Shang Z H. Establishment of *Elymus nan-tans* improves soil quality of a heavily degraded alpine meadow in Qinghai-Tibetan plateau, China[J]. Plant and Soil,2010, 327(1):403-417
- [16] 施建军,马玉寿,董全民,等. “黑土型”退化草地优良牧草筛选试验[J]. 草地学报,2007,15(6):345-349
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005:1-40
- [18] Maria B V, Nilda M A, Norman P. Soil degradation related to overgrazing in the semi-arid southern Caldenal area of Argentina[J]. Soil Science,2001,166(7):441-452
- [19] 刘伟,周华坤,周立. 不同程度退化草地生物量的分布模式[J]. 中国草地,2005,27(2):9-15
- [20] 张静,张生荣. 不同退化程度下紫花针茅草地群落结构特征与地下生物量的变化[J]. 饲草与饲料,2009(9):60-62
- [21] 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
- [22] 王根绪,程国栋,沈永平,等. 土壤覆盖变化对高山草甸土壤特性的影响[J]. 科学通报,2002,47(23):1771-1777
- [23] 魏卫东,李希来. 三江源区不同退化程度高寒草地土壤特征分析[J]. 湖北农业科学,2012,51(6):1102-1106
- [24] 李亚娟,曹广民,龙瑞军. 青海省海北州不同草地利用方式土壤基本理化性状研究[J]. 草地学报,2012,20(6):1039-1043
- [25] 张生楹,张德罡,柳小妮,等. 东祁连山不同退化程度高寒草甸土壤养分特征研究[J]. 草业科学,2012,29(7):1028-1032
- [26] 王学霞,董世魁,李媛媛,等. 三江源区草地退化与人工恢复对土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(4):113-117
- [27] 高旭升,田种存,郝学宁,等. 三江源区高寒草原草地不同退化程度土壤养分变化[J]. 青海大学学报(自然科学版),2006,24(5):37-40
- [28] 顾梦鹤,王涛,杜国祯. 施肥对高寒地区多年生人工草地生产力及稳定性的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2010,46(6):59-63

(责任编辑 赵 欢)