

放牧对黄土高原丘陵沟壑区林草地土壤特性的影响^{*}

范春梅¹, 廖超英[✉], 孙长忠², 许喜明³, 李培玉⁴

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国林科院华北林业实验中心, 北京 102300;
3. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100. 4. 云南省曲靖市水利电力勘测设计研究院, 云南曲靖 655000)

摘 要: 在黄土高原丘陵沟壑区——山西偏关县通过放牧试验研究了草地和柠条林地在不同放牧强度、不同放牧畜种条件下表层土(0~ 10 cm)的物理和化学性质。结果表明,放牧强度直接影响着草地和柠条林地土壤的物理结构。随放牧强度的增加,牲畜对土壤的践踏加剧,导致土壤紧实度增加,容重上升,含水量下降。草地和柠条林地的水解氮含量都随放牧强度的增加而增加,速效钾含量则都表现为中度放牧> 重度放牧> 轻度放牧;速效磷的含量草地随放牧强度的增加而减少,柠条林地的速效磷含量则随放牧强度的增加而增加。从畜牧羊种选择来看,绵羊相对于山羊来说对放牧地践踏较轻,土壤容重较小,土壤含水量、水解氮、速效磷和速效钾含量则较高。

关键词: 放牧林草地; 土壤理化性状; 黄土高原; 丘陵沟壑区

中图分类号: X32.031 文献标识码: A 文章编号: 1004-1389(2006)01-0024-05

Effects of Grazing on Soil Physical and Chemical Properties of Grassland and Forest Floor in Hilly and Gully Regions on the Loess Plateau

FAN Chun-mei¹, LIAO Chao-ying[✉], SUN Chang-zhong², XU Xi-ming³ and LI Pei-yu⁴

(1. College of Resources and Environment, Northwest A& F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. Experimental Center of Forestry in North China, CAF, Beijing 102300, China; 3. College of Forestry, Northwest A& F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 4. Qujing Design Institute of Water Conservancy and Electric Power, Qujing Yunnan 655000, China)

Abstract The effects of different grazing intensity and different types of livestock on physical and chemical characteristics of surface (0~ 10 cm) soil for grazing grassland and *Caragana korshinkii kom* were studied at hilly-gully regions on the loess plateau of pianguan, Shanxi province. The results showed that grazing intensity directly influenced the physical structure of soil for grazing grassland and *Caragana korshinkii kom*. The soil bulk density increased along with the increase of grazing intensity, while water content was decreased. The contents of hydrolyzable nitrogen in the soil for grazing grassland and grazing *Caragana korshinkii kom* increased with the increase of grazing intensity, while the contents of quick available potassium in the soil for grazing grassland and grazing *Caragana korshinkii kom* were medium grazed paddocks > heavy grazed paddocks > light grazed paddocks. The contents of quick available phosphorus in the soil for grazing grassland decreased with the increase of grazing intensity, while the contents of quick available phosphorus in the soil of grazing *Caragana korshinkii kom* increased with the increase of grazing intensity. Compared with goat selected as grazing livestock, sheep had less light of effect on trampling and had less small soil bulk density, also water content, the contents of hydrolyzable nitrogen, quick available phosphorus and

^{*} 收稿日期: 2005-09-29 修回日期: 2005-10-26
基金项目: 国家自然科学基金资助(40171061).
作者简介: 范春梅(1979-),女,云南嵩明人,硕士研究生,研究方向为水土保持与荒漠化防治 电话: 029-87084520

^{*} 通讯作者,电话: 029-87082579

quick available potassium of the grazing land under sheep is higher than under goat.

Key words Grazing ground; Soil physical and chemical property; Loess plateau; Hilly and Gully regions

草原土壤退化一直是草地生态学家关注的问题^[1]。研究表明,长期放牧会导致草地土壤硬度和紧实度增加,持水量下降,有机质和养分向土壤的输入减少等等^[2],其他性状也有恶化的趋势。对于水土流失极其严重的黄土高原,放牧对林草地土壤生态系统的负面影响更为明显,持续的过牧是该区域水土流失发生发展的主要成因之一^[3]。

本文以黄土高原丘陵沟壑区——山西偏关为例,研究了沙打旺草地和柠条林地在不同放牧强度和不同放牧畜种条件下表土土壤的物理和化学性状特征,旨在探讨不同放牧强度干扰对林草地土壤系统的长期影响,为进一步认识放牧强度和方式对林草地生态系统功能维持和确定适宜的载畜量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 自然概况

试验地设在黄土高原半干旱丘陵沟壑区的山西偏关县,位于东经 $111^{\circ} 21' 2'' \sim 112^{\circ} 0' 48''$,北纬 $39^{\circ} 12' 56'' \sim 39^{\circ} 39' 88''$ 海拔 1 540 m,土壤属黄绵土型,为黄土质,间有灰褐土,土质松散、贫瘠,自然土壤有机质含量 0.29%, pH 值为 7.5,该区干旱多风,植被稀少,土壤质量低下^[4]。试验区的主要造林树种为油松和柠条,还有沙打旺、沙蒿等根须发达、耐干旱瘠薄、抗风沙的人工牧草。

1.2 试验地选择及试验布设

根据黄土高原森林草原区退耕地及现有荒地坡度范围以斜—陡坡为主的实际,选取坡度 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的坡面为试验区;根据偏关县生态环境治理中可作为牧场放牧的植被状况,选取人工放牧植被主体的人工柠条灌木林和人工改良草地(沙打旺)(供试建群种均为 3 a 生植物)为试验对象;根据偏关县放牧畜种以羊占绝对优势的传统以及地形坡度大,牛放牧困难及不喜食柠条的实际,选山羊、绵羊(40 kg 左右的周岁母羊)为试验家畜。按羊单位日食干草 $2 \text{ kg}^{[5]}$, 3 a 生柠条, 3 a 生半人工草地可食产草量均按 1.5 t/hm^2 计,放牧强度轻、中、重分别取利用率 40%、65%、80%^[6,7];轻、中、重强度的小区大小分别为 $40 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, $30 \text{ m} \times 15 \text{ m}$, $40 \text{ m} \times 20 \text{ m}$;相应的供试羊只数为 1 只、1 只

和 2 只。

按供试家畜山羊、绵羊,试验放牧地柠条灌木林、人工改良草地,放牧强度轻、中、重三级进行试验处理完全组合,共计 12 种处理。按暖季(5月~10月)6个月放牧 184 d,实行划区轮牧制,放牧频率 5 次,则每一处理样地需设轮牧小区 8 个,每小区均可作为一个试验重复,共计 96 个放牧试验小区。另外,在柠条林地和草地内各设 3 个对照小区,面积分别为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$,对照小区内禁牧。按试验设计的要求,以铁丝围栏将各放牧试验小区及对照小区分隔开。本试验研究期限从 2002 年 1 月~2005 年 11 月,每年于 5 月、7 月、9 月和 10 月采 0~10 cm 的表层土样 4 次,带回实验室进行室内分析。本文含水量的实验数据由 2004 年所采 4 次土样提供,其余的数据由 10 月份所采土样分析而得,因为每一轮放牧将于 10 月结束,而放牧对土壤理化性状的影响具有累积性^[8],所以对这一次的土样进行分析,较能反映每一轮放牧对土壤理化性状的影响。

1.3 测定项目

土壤容重、含水量、水解氮、速效磷、速效钾。

1.4 测定方法^[9]

1.4.1 土壤容重 环刀法 土壤容重 $d_v(\text{g}/\text{cm}^3) = w/v$,式中: v —环刀内容积(cm^3), w —环刀内干土重(g)。

1.4.2 含水量 烘干法 含水量($\%$) = $(w_2 - w_3) / (w_2 - w_1) \times 100\%$,式中: w_1 —铝盒重(g), w_2 —铝盒重+湿样品重(g), w_3 —铝盒重+烘干样品重(g)。

1.4.3 水解氮 碱解扩散法

1.4.4 速效磷 $0.5 \text{ mol/L NaHCO}_3$ 浸提,钼锑抗比色法

1.4.5 速效钾 $1 \text{ mol/L NH}_4\text{OAc}$ 浸提,火焰光度法

2 结果与分析

2.1 放牧对土壤物理性质的影响

2.1.1 放牧对土壤容重的影响 草地和柠条林地 0~10 cm 土层放牧地的土壤容重都大于对照地(图 1)。草地山羊轻度、中度和重度放牧阶段土

壤容重比对照地分别增加了 41%、44%和 52% , 绵羊相应地增加了 17%、30%和 40%。而柠条林地山羊轻度、中度和重度放牧阶段土壤容重比对照地分别增加了 29%、34%和 41% ,绵羊相应地增加了 26%、29%和 38%。就不同放牧强度间相比较而言,均有随放牧强度增加而上升的趋势。这表明家畜的放牧活动,尤其是高强度放牧会导致土壤坚实度增加。

2.1.2 放牧对土壤含水量的影响 0~ 10 cm 土层含水量对放牧强度的反应较为敏感,草地和柠条林地的含水量都随着放牧强度的变化呈现一定规律(表 1) 在放牧前,对照区含水量最高,重牧

区最低,轻牧和中牧居中。第 1次和第 2次放牧后的测定结果与牧前趋势一致,但第 3次放牧后出现相反趋势,即随着放牧强度的增加,土壤含水量随之增加。这可能是由于放牧导致地上生物量减少,植被盖度降低,水分蒸发和土壤紧实度增加,在雨后(尤其是大雨),水分下渗很慢,滞留在土壤表层,放牧强度越大滞留越多,而该地区干旱风多,地表水分迅速蒸发,在一段时间后,放牧强度大的处理土壤含水量较低^[10]。放牧前,柠条林地放牧处理间差异显著,第 3次放牧后,草地和柠条林地放牧处理间差异都显著。

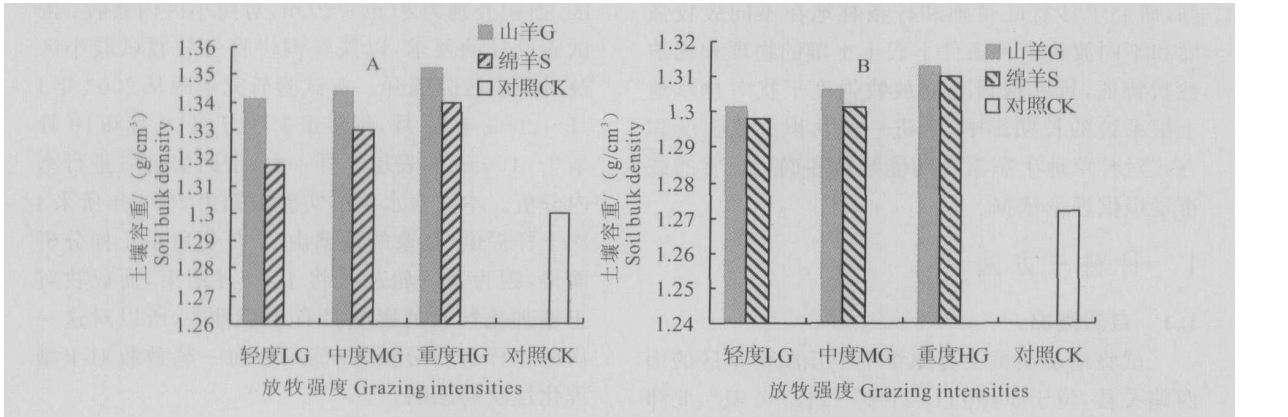


图 1 草地 (A)与柠条林地 (B)山羊、绵羊不同放牧强度土壤容重变化

Fig. 1 Dynamics of soil bulk density for goat and sheep in grassland (A) and *Caragana korshinskii kom* (B) under different grazing intensity

表 1 放牧对土壤含水量的影响 %

Table 1 The influence of the grazing intensives on the soil water content

植被类型 Types of vegetation	畜种 Types of livestock	放牧强度 Grazing intensity	土壤含水量 Soil water content			
			放牧前 Before grazing	第 1次放牧后 After the first grazing	第 2次放牧后 After the 2nd grazing	第 3次放牧后 After the 3rd grazing
草地 Grassland	山羊 Goat	轻牧 LG	8.4a	8.2a	3.7a	7.6a
		中牧 MG	8.3b	8.1a	3.6a	7.7a
		重牧 HG	7.8c	8.0a	3.5a	7.8b
		对照 CK	9.1d	9.8b	4.4a	7.5c
	绵羊 Sheep	轻牧 LG	9.0a	8.5a	3.7a	7.5a
		中牧 MG	9.0a	8.4a	3.6a	7.7b
		重牧 HG	8.1b	7.4b	3.3a	8.1c
		对照 CK	9.1a	9.8c	4.4a	7.5a
柠条 Caragana	山羊 Goat	轻牧 LG	5.3a	7.5a	3.5a	7.1a
		中牧 MG	5.0b	7.5a	3.3a	7.6b
		重牧 HG	4.3c	5.6b	2.5b	7.7c
		对照 CK	5.8d	10.7c	5.5c	7.0a
	绵羊 Sheep	轻牧 LG	5.6a	9.2a	4.8a	7.5a
		中牧 MG	4.9b	9.1a	3.8b	7.7b
		重牧 HG	4.4c	9.1a	3.7b	8.2c
		对照 CK	5.8d	10.7b	5.5c	7.0d

注: 同一植被类型、同一畜种标有不同字母表示在 5%水平上差异显著 ($P < 0.05$)。Note: The comparisons are different grazing intensities at the soil of the same types of vegetation and the same types of livestock, the means with different small letters indicate significant difference ($P < 0.05$). LG-Light grazing intensity; MG-Medium grazing intensity; HG-Heavy grazing intensity.

2.2 放牧对土壤化学性质的影响

2.2.1 土壤水解氮 草地和柠条林地 0~10 cm 土壤中水解氮含量随放牧强度的增加而增加(图 2)。这是因为一方面放牧强度增强,可促使微生物活动加强,加快了全量养分的分解速度,以保障植物生长对养分的需求,故水解氮的含量增加了。另一方面放牧强度增强,家畜粪便增多,且在粪便中

氮的量较大,所以水解氮的含量也增加了。草地山羊中度和重度放牧比轻度放牧分别增加了 0.068 和 0.093 mg/kg;绵羊中度和重度放牧比轻度放牧分别增加了 0.024 和 0.070 mg/kg。柠条林地山羊中度和重度放牧比轻度放牧分别增加了 0.023 和 0.046 mg/kg;绵羊中度和重度放牧比轻度放牧分别增加了 0.023 和 0.029 mg/kg。

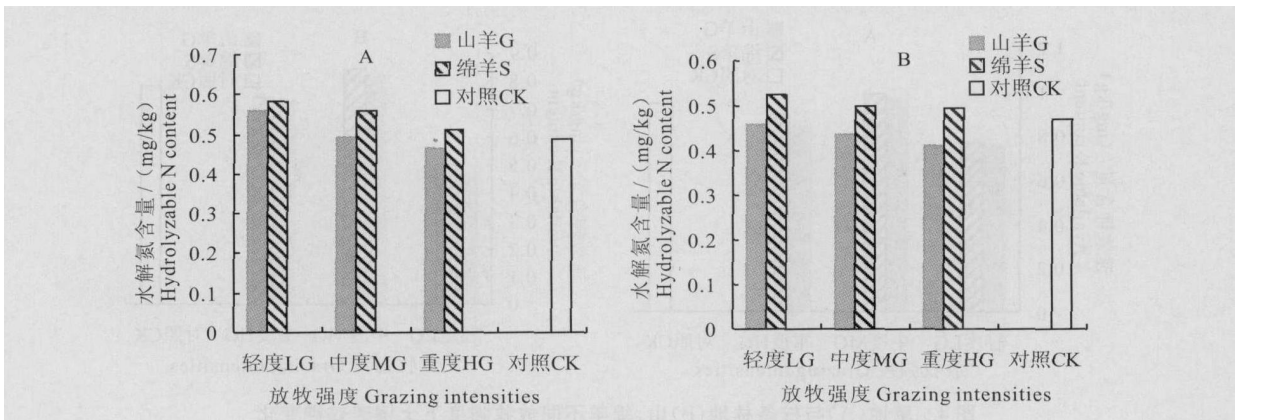


图 2 草地 (A)与柠条林地 (B)山、绵羊不同放牧强度下土壤水解氮变化

Fig. 2 Dynamics of hydrolyzable nitrogen content for goat and sheep in grassland(A) and *Caragana korshinskii kom* (B) under different grazing intensity

2.2.2 速效磷 草地 0~10 cm 土壤中速效磷含量随放牧强度增加而降低,而柠条林地 0~10 cm 土壤中速效磷含量则随放牧强度增加而增加(图 3)。其原因是一方面在高强度放牧条件下,家畜频繁的采食使磷从系统中的输出量增加^[11],另一方面由于高强度放牧处理单位面积林草地上家畜头

数多,每天通过粪便排泄到林地上的磷的量也相应较大引起,因为羊的粪便中磷占 99.5%,粪中的磷需有一分解过程^[12]。当因家畜采食而损失的磷的量大于家畜粪便中磷的分解量时,速效磷就随放牧强度的增加而降低,反之,则随放牧强度的增加而增加。

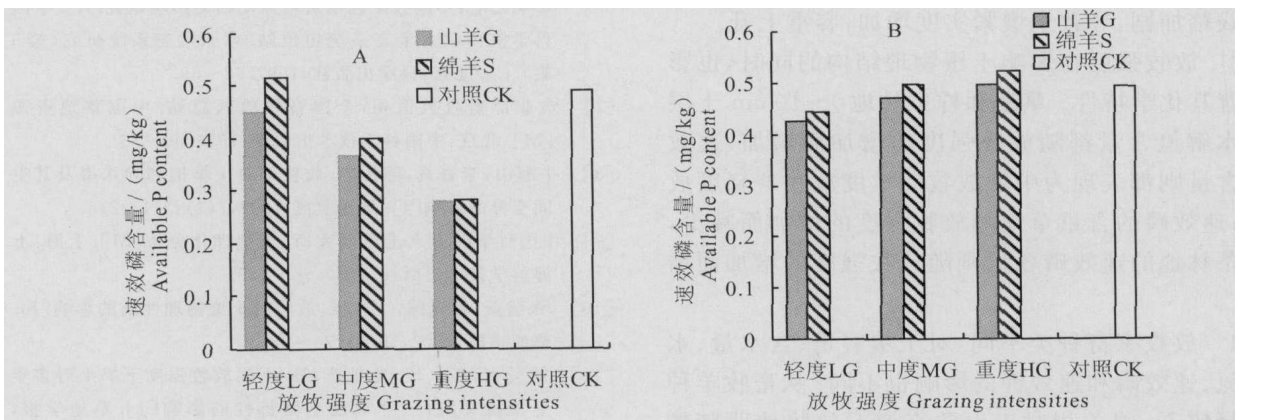


图 3 草地 (A)与柠条林地 (B)山、绵羊不同放牧强度下土壤速效磷变化

Fig. 3 Dynamics of readily available phosphorus content for goat and sheep in grassland (A) and *Caragana korshinskii kom* (B) under different grazing intensity

2.2.3 速效钾 无论是草地还是柠条林地 0~10 cm 土层的速效钾含量都表现为中度放牧>对照地>重度放牧>轻度放牧(图 4)。土壤中速效

养分主要与土壤的矿化作用、植物的吸收量、牲畜排泄物量和速效养分含量有关^[13],故 0~10 cm 土层速效钾含量在中度放牧处理中最高,这可能是

由于在中度放牧下,矿化速率较快,家畜排泄物多,而植物的吸收量又较少所致。

放牧家畜种类不同,对土壤容重、含水量、水解氮、速效磷和速效钾的影响也不同。对于草地和柠条地,在同等放牧强度下,与山羊相比,绵羊放牧地土壤容重、含水量、水解氮、速效磷和速效钾含量均高于山羊放牧地(图4,表1),表明绵羊对

土壤养分的影响较山羊小。这是因山羊采食能力强,性格活泼好动,行动敏捷,喜欢攀登,善于游走^[14],对放牧地践踏重。绵羊性情温顺、懒动,四肢较笨,行走较慢^[15],对放牧地践踏较轻。因此,在高强度放牧条件下,绵羊采食较山羊使养分从系统中输出量少。

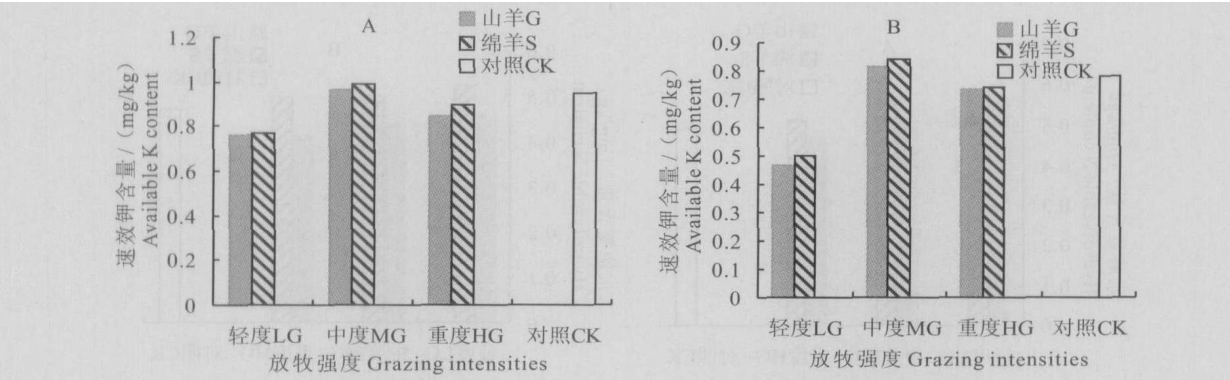


图4 草地(A)与柠条林地(B)山、绵羊不同放牧强度下土壤速效钾变化

Fig. 4 Dynamics of readily available potassium content for goat and sheep in grassland (A) and *Caragana korshinskii kom*(B) under different grazing intensity

3 结论

3.1 土壤含水量受放牧的影响,同时与降水量有直接关系,在降雨后,土壤表层含水量随着放牧强度的增加而增加,在较长期干旱无雨时,随着放牧强度的增加,土壤含水量随之下降。

3.2 随着放牧强度增加,山、绵羊对林草地土壤的践踏加剧,导致土壤紧实度增加,容重上升。

3.3 放牧强度在影响土壤物理结构的同时,也影响着其化学特性。草地和柠条林地0~10cm土层的水解氮含量都随放牧强度的增加而增加,速效钾含量则都表现为中度放牧>重度放牧>轻度放牧;速效磷的含量草地随放牧强度的增加而减少,柠条林地的速效磷含量则随放牧强度的增加而增加。

3.4 放牧家畜种类不同,对土壤容重、含水量、水解氮、速效磷和速效钾的影响也不同。从畜牧羊种选择来看,绵羊相对于山羊来说对放牧地践踏较轻,土壤容重较小,含水量、水解氮、速效磷和速效钾含量则较高。

参考文献:

[1] 任海,彭少麟.恢复生态导论[M].北京:科学出版社,2001.35~40.
[2] 贾树海,崔学明,李绍良,等.牧压梯度上土壤理化性质的变化[A].中国科学院内蒙古生态系统定位站,草原生态系统,研究(第5集)[C].北京:科学出版社,1995.12~16.
[3] 蒋定生,王宁,王煜,等.黄土高原水土流失与治理模式[M].北京:中国水利水电出版社,1997.67~69.
[4] 唐克丽.黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其防止途径[M].北京:中国科学技术出版社,1990.24~27.
[5] 中国科学院黄土高原综合考察队.黄土高原地区农林牧业综合发展与合理布局[M].北京:科学出版社,1991.71.
[6] 刘永江,刘新民,乾德门.放牧对草原生态多样性及环境的影响之七:不同牧压强度对草原动物的影响研究[A].中国科学院内蒙古生态系统定位站,草原生态系统研究(第5集)[C].北京:科学出版社,1997.62~69.
[7] 农业部畜牧兽医司,全国畜牧兽医总站.中国草地资源[M].北京:中国科学技术出版社,1996.30~33.
[8] 牛海山,李香真,陈佐忠.放牧率对土壤饱和导水率及其空间变异的影响[J].草地学报,1999,7(3):211~216.
[9] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1983.96~133.
[10] 张蕴薇,韩建国,李志强.放牧对土壤物理性质的影响[J].草地学报,2002,10(1):74~78.
[11] 姚爱兴,王培,夏景新,等.不同放牧强度下奶牛对多年生黑麦草、白三叶草地土壤特性的影响[J].草地学报,1995,3(3):181~189.
[12] 付华,王彦荣,吴彩霞,等.放牧对阿拉善荒漠草地土壤性状的影响[J].中国沙漠,2002,22(4):339~343.
[13] 李香真,陈佐忠.不同放牧率对草原植物与土壤G、N、P含量的影响[J].草地学报,1998,6(2):90~98.
[14] 陈宗椿,周华茂,徐文华,等.山羊的行为习性及其饲养管理要点[J].当代畜牧,2000(1):16~17.
[15] 张怀礼,张红军.牧羊两不宜[J].畜牧兽医,2000(19):29.