

黄土高原丘陵沟壑区放牧林草地土壤团聚体性质研究

许永霞^{1,2}, 廖超英^{1,2*}, 孙长忠³, 法 蕾³, 唐海滨^{1,2}, 边丹丹⁴

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 农业部黄土高原农业资源和环境修复重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100;
3. 中国林业科学研究院华北林业实验中心, 北京 102300; 4. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过放牧试验的方法, 研究土壤团聚体含量和破坏率, 以探讨不同放牧强度、不同放牧畜种、不同放牧植被类型条件下表土的团聚体 (>0.25 mm) 含量和破坏率。结果表明: 放牧强度对土壤性质有影响, 重度放牧下土壤团聚体含量最小; 从畜牧羊种选择来看, 绵羊相对于山羊来说对土壤结构破坏较小, 土壤中团聚体含量较高; 对于不同植被类型, 放牧草地的土壤结构要比柠条林地的。团聚体破坏率分析结果和团聚体含量分析结果基本一致。放牧强度、畜种和植被类型不同均影响着土壤表土的团聚体性质。

关键词: 团聚体含量; 团聚体破坏率; 干筛大团聚体; 湿筛大团聚体; 放牧林草地

中图分类号: S152.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0186-06

黄土高原丘陵沟壑区地处中国西北部干旱沙漠戈壁与东部华北平原的过渡地带, 特殊的自然地理环境和土壤类型, 及人类不合理的土地开发利用等使其成为我国严重的水蚀荒漠化地区之一。黄土高原水土流失面积 4.03×10^5 km², 每年流失表土 5.00×10^9 t 以上, 是我国水土流失最严重的地区, 也是我国水蚀荒漠化比较严重的地区之一^[1]。

随着畜牧业的发展和人们环保意识的提高, 黄土高原丘陵沟壑区的生态环境状况越来越受人们关注。其中畜牧区的土壤质量问题是相关研究的一个焦点。土壤团聚体是土壤肥力的物质基础, 也是土壤保水、保肥的基础, 其抗蚀性影响着土壤水肥库作用的持续性^[2]; 拥有良好团聚体结构的土壤, 具有高度的孔隙性、持水性和良好的通透性, 这样水分可以沿大孔隙渗入土壤, 减少地表径流、减低土壤受侵蚀的程度; 良好的土壤团聚体能很好地调节植物需要的水、肥、气、热诸因素^[3], 有利于植被的快速恢复和重建。并且抗蚀性最好的土壤具有较高的团聚度、团聚状况、 >0.25 mm 水稳性团粒含量等^[4]。因此, 研究黄土丘陵沟壑区不同放牧条件对土壤团聚体含量和破坏率的影响, 对认识和评价该地区放牧前后土壤质量变化、放牧后土壤抗蚀性, 及正确利用该区土壤与植被资源具有重要的意义。目前针对土壤团聚体性质对土壤质量的影响情况已有部分研究, 例如, 关于土壤团聚体含量和肥力关系的研究^[5,6]指出, 土壤团聚体 (>0.25 mm 和 >5 mm) 含量越高土壤结构性与肥力越好。史晓梅等^[7,8]研究表明,

>0.25 mm 和 >0.5 mm 水稳性团聚体含量越高, 结构体破坏率 (即土壤团聚体破坏率) 越小, 水稳性指数越高, 土壤结构性与抗侵蚀性能越强。范春梅等^[9]对黄土高原丘陵沟壑区放牧林草地的团聚体水稳性做了相关研究。本试验以黄土高原丘陵沟壑区山西偏关为研究区域, 对不同放牧强度、放牧畜种和植被类型土壤团聚体含量和破坏率进行研究, 旨在探讨不同的放牧强度、放牧畜种和放牧植被类型条件下土壤表土的团聚体含量和破坏率的变化规律, 为进一步认识放牧强度、畜种和植被类型对林草地生态系统功能维持和确定适宜的畜牧条件提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区状况

本试验地设在黄土高原半干旱丘陵沟壑区的陕西省偏关县, 本地区位于东经 $111^{\circ}21'2''$ — $112^{\circ}0'48''$, 北纬 $39^{\circ}12'56''$ — $39^{\circ}39'88''$, 属温带大陆性气候, 年平均气温 8.0°C , 年降水量 410 mm 左右, 年蒸发量 2 037.5 mm。该区土壤属黄绵土, 间有灰褐土, 土质松散、贫瘠, 自然土壤有机质含量 0.29 g/kg, pH 值为 7.5, 加之该区干旱多风, 植被稀少, 土壤质量较为低下^[10]。研究区主要造林树种为油松 (*Pinus tabulaeformis*)、樟子松 (*P. sylvestris* var. *mongolica*)、新疆杨 (*Populus alba* var. *pyra - midalis*)、柠条 (*Caragana microphylla*) 等, 主要草本植物有沙打旺 (*Astragalus adsurgens*)、沙蒿 (*Artemisia desertorum*)、油蒿 (*A. or-*

收稿日期: 2011-04-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40171061)

作者简介: 许永霞 (1985—), 女, 河南商丘人, 硕士研究生, 研究方向为环境科学。E-mail: fenjin998@163.com。

通讯作者: 廖超英 (1959—), 男, 陕西西安人, 教授, 博士生导师, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: chaoying95@163.com。

dosica)等。

1.2 试验布设与样品采集

根据黄土高原研究区实际地理环境情况和偏关县可作为牧场放牧的植被状况,选取坡度 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的坡面为试验区,选取人工柠条灌木饲料林和人工改良草地(供试建群种均为3年生植物)为试验对象;根据偏关县放牧畜种以羊占绝对优势的传统,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 $2 \text{ kg}^{[11]}$,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%^[12,13];轻、中、重强度的小区大小分别为 $40 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 、 $30 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 、 $40 \text{ m} \times 20 \text{ m}$,相应的供试羊只数为1只、1只和2只(见表1)。

表1 放牧强度配置表

Table 1 Layout of grazing intensity

项目 Item	轻度 Light	中度 Medium	重度 Heavy	对照地 CK
面积(m^2) Area	40×20	30×20	40×20	20×20
放养个数(只) Grazing heads	1	1	2	0

按供试家畜两种(山羊和绵羊),试验放牧地植被类型两种,放牧强度轻、中、重三级进行完全组合试验处理,共计12种处理。按暖季(5~10月)6个月放牧184 d,实行划区轮牧制。放牧频率为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。在柠条林地和草地内各设3个对照小区,对照小区内禁牧家畜。本试验研究期限为3年,每年于5月、7月、9月和10月各采土样1次。用土铲和镊子按蛇形采样法每小区随机采集三点作为重复,精确度为0.1 cm的钢尺测量土层厚度,装入塑料袋并做好标记保湿取回,及时带回实验室。由于土壤表层(0~10 cm)结构性质对放牧变化反应明显^[14],故试验只采0~10 cm的表层土。

1.3 试验方法

1.3.1 土样前处理 及时将土样自然风干,具体方法为:放在阴凉干燥通风、又无特殊的气体、无灰尘污染的室内,把样品平铺在干净的牛皮纸上,摊成薄薄的一层,并且经常翻动,加速干燥。将风干的样品去杂(去除枯枝落叶、植物根、残茬、虫体以及石子等杂物)。

1.3.2 土壤团聚体结构采用干筛法和湿筛法^[15]

干筛法,根据实验目的选用孔径为5、2、1、0.5、0.25

mm的土壤筛进行干筛,每次筛分30 min,筛完将各级筛子上的样品分别称重(精确到0.01 g),计算各级干筛团聚体的百分含量。

土壤团聚体湿筛法采用Yoder法。选用孔径为5、2、1、0.5、0.25 mm的土壤筛为一个筛组,筛组由上到下为5、2、1、0.5、0.25 mm,用四分法对自然风干的原状土取样,为保证样品的代表性,用前面得出的各级干筛团聚体的百分含量按比例组配成50 g左右供湿筛之用。

2 结果与分析

2.1 团聚体含量分析

土壤团聚体是土壤结构的基本单位,由土壤胶结成粒状或小团块状,类似球形。这种结构在表土中出现,具有良好的物理性能,是肥沃土壤的结构形态,其具有水稳性、力稳性和多孔性,其数量和性质决定了土壤的性质和肥力^[16]。本研究主要讨论干筛的、 $>0.25 \text{ mm}$ 的土壤团聚体的百分含量。

2.1.1 放牧强度对团聚体含量的影响 放牧强度不同不仅影响放牧地的植被状况和土壤的理化性质,而且还影响着土壤中团聚体的含量。从图1可以看出,不论是草地还是柠条林地,随着放牧强度的增强,土壤的团聚体百分含量都是呈现持续减少趋势,表明放牧强度越大,对土壤结构破坏越严重。由于放牧破坏了土壤的表层结构,且放牧强度越大这种破坏性越严重,因此,放牧时要注意放牧的强度问题,在不破坏植被的循环机能的前提下进行。图1还显示出放牧草地土壤团聚体含量一直多于柠条林地,此现象在植被类型对土壤团聚体含量的影响中分析。

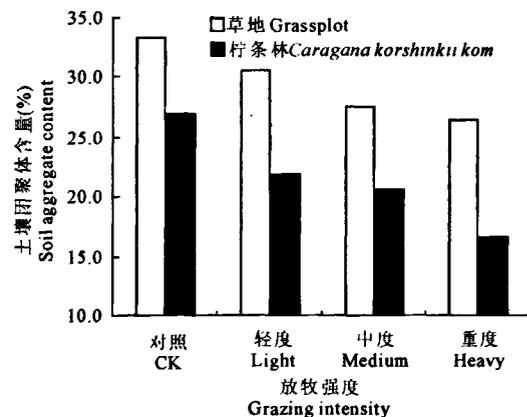


图1 草地、柠条林不同放牧强度下土壤团聚体含量

Fig.1 Soil aggregate content of grazing grassplot and *C. korshinskii* forest under different grazing intensity

2.1.2 放牧畜种对团聚体含量的影响 放牧畜种

种类不同,对土壤团聚体含量的影响也不同。图 2 和图 3 是相同的植被条件、相同的放牧强度下放牧山羊和绵羊时土壤团聚体百分含量的比较。相同的植被条件、相同的放牧强度下放牧绵羊比放牧山羊土壤里团聚体百分含量大,表明绵羊对土壤结构稳定性的破坏较山羊小。究其原因:绵羊性情温顺、懒动,四肢较笨,行走较慢^[17],对放牧地践踏较轻;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^[18],对放牧地践踏厉害。因此与绵羊相比,放牧山羊更容易破坏放牧地土壤团聚体,而绵羊对土壤的结构破坏小,是较好的放牧畜种。

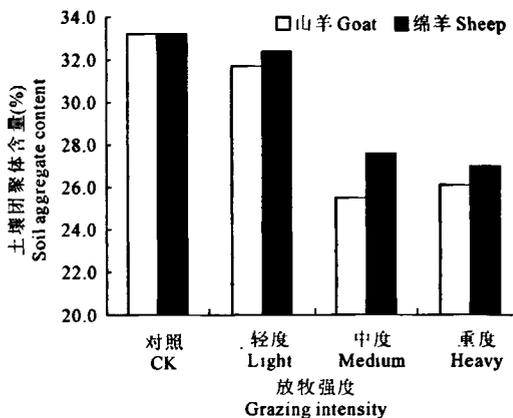


图 2 草地山、绵羊不同放牧强度下土壤团聚体含量
Fig.2 Soil aggregate content for goat and sheep in grazing grassplot under different grazing intensity

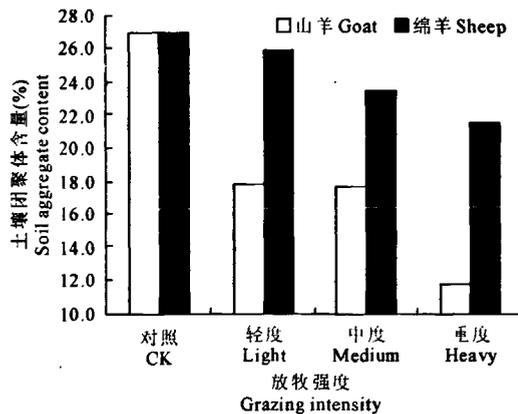


图 3 柠条山、绵羊不同放牧强度下土壤团聚体含量
Fig.3 Soil aggregate content for goat and sheep in C. korshinskii under different grazing intensity

2.1.3 放牧植被类型对团聚体含量的影响 从图 4,5 中可以看出,相同的放牧畜种、相同的放牧强度下,草地的土壤团聚体含量大于柠条林地,即放牧草地团聚体状况好于柠条林地。由于良好的土壤团聚结构是土壤抗蚀性的基础,故放牧草地的抗蚀性优于柠条林地。究其原因:① 目前比较完善的团聚体理

论团聚体分级构建理论强调,团聚体的形成是围绕植物的根系或真菌的菌丝所形成的,且这一理论对大团聚体来说较为肯定^[19],草本植物的根系分布较柠条根浅,根细而密,且有大量的根瘤,这些都无疑提供了形成团聚体丰富的物质基础;② 草本植物生活周期短,短期内便可在土体内积累较多的有机质,养分循环周期短。

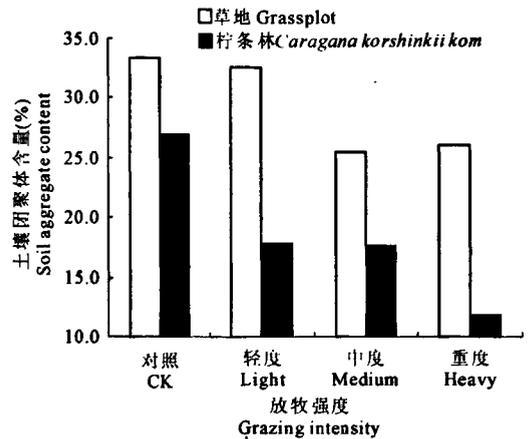


图 4 放牧山羊不同植被各放牧强度土壤团聚体含量
Fig.4 Soil aggregate content for goat in different types of vegetation under some grazing intensity

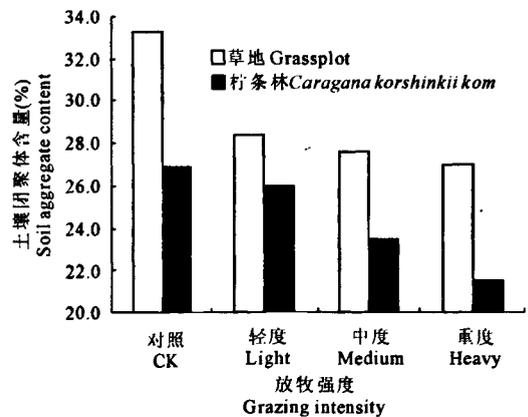


图 5 放牧绵羊不同植被各放牧强度土壤团聚体含量
Fig.5 Soil aggregate content for sheep in different types of vegetation under some grazing intensity

2.2 团聚体破坏率分析

和土壤团聚体含量一样,土壤团聚体的破坏率大小也可以反映土壤的抗蚀性。团聚体的破坏率是运用干、湿筛方法测量,采用干湿筛数值计算出来以反映所测土壤的抗蚀性的。其计算公式如下^[20]:

$$\begin{aligned}
 >0.25\text{mm 团聚体破坏率} \% = \frac{\text{干筛} >0.25\text{mm} - \text{湿筛} >0.25\text{mm}}{\text{干筛} >0.25\text{mm}} \times 100
 \end{aligned}$$

2.2.1 放牧强度对团聚体破坏率的影响 放牧强度不同影响着放牧地的植被状况、土壤的物理性质,

以及土壤中团聚体的性质。从图 6 可以看出,随着放牧强度的增加,草地和柠条林地土壤的团聚体破坏率均先增后减。与对照地相比:柠条林地各放牧强度下的土壤团聚体破坏率都大于对照地;草地轻度放牧和重度放牧强度的土壤团聚体破坏率比对照地小,但中度放牧强度土壤团聚体破坏率远比轻度放牧高,重度放牧强度土壤团聚体破坏率相对于中度放牧强度呈减少趋势。

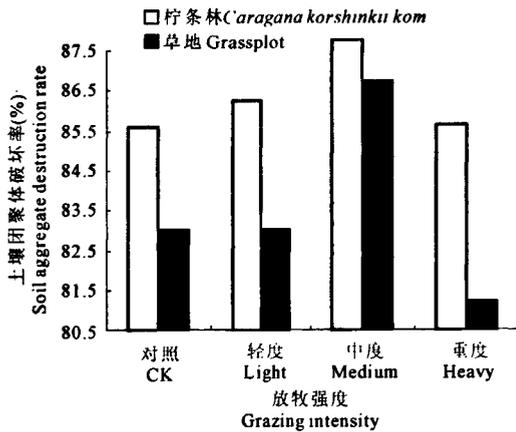


图 6 草地、柠条林不同放牧强度土壤团聚体破坏率
Fig.6 Soil aggregate destruction rate of grazing grassplot and *C. korshinkii* under different grazing intensity

由图 6 可知,随着放牧强度变化,土壤团聚体破坏率先增后减。这并不能表示重度放牧的土壤质量好于中度放牧,有很多指标是说明中度放牧土壤质量好于重度放牧强度的。随着放牧强度的增加,土壤的紧实度增加,容重增加,含水量和孔隙度下降^[21],并且重度放牧下土壤团聚体含量最小,结构稳定性最差^[9]。这可能是由于中度放牧土壤团聚体绝大部分已在干筛时分散,而重度放牧土壤团聚体干筛时分散相对少点,结合团聚体破坏率的计算公式便可解释计算所得团聚体破坏率中度放牧大于重度放牧的结果。

由此,放牧时要合理地利用植被,就要注意放牧的强度问题。放牧强度应保持在轻、中度放牧强度范围内,以保证使放牧在不破坏植被的循环机能的前提下进行。

2.2.2 放牧畜种对团聚体破坏率的影响 图 7 和图 8 反映了相同的植被条件、放牧强度放牧山羊和绵羊时土壤团聚体破坏率的情况。可以看出,相同的植被条件和放牧强度,放牧绵羊比放牧山羊土壤团聚体破坏率小,表明绵羊对土壤结构稳定性破坏较山羊小。其原因还是由山羊和绵羊的性情、行动敏捷情况等决定的。因此相对于山羊,绵羊对土壤

的结构破坏小,是较好的放牧畜种。

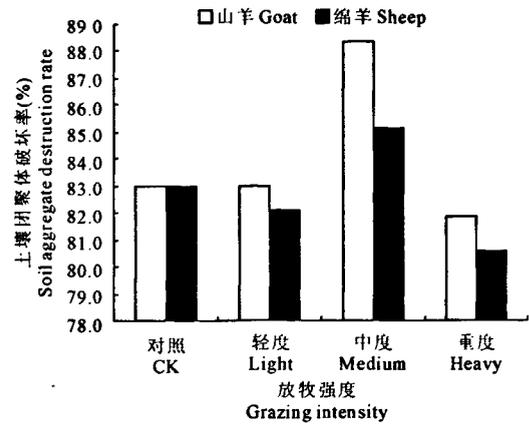


图 7 草地放牧山羊、绵羊时土壤团聚体破坏率
Fig.7 Aggregate destruction rate for goat and sheep in grazing grassplot under different grazing intensity

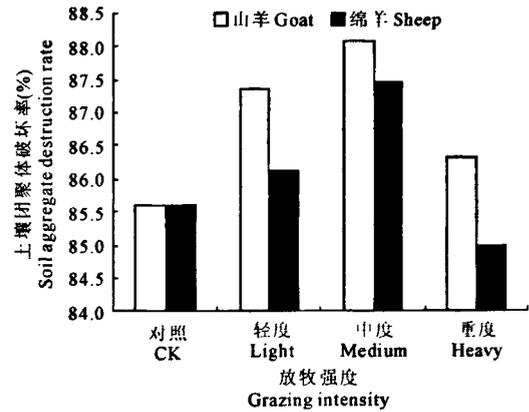


图 8 柠条林放牧山羊、绵羊时土壤团聚体破坏率
Fig.8 Aggregate destruction rate for goat and sheep in *C. korshinkii* under different grazing intensity

2.2.3 放牧植被类型对团聚体破坏率的影响 从图 9、10 中可以看出相同放牧条件下柠条林地土壤的团聚体破坏率大于草地,表示放牧草地土壤的团聚状况好于柠条林地,故放牧草地的抗蚀性优于柠条林地。这是由土壤团聚体形成机理和草本植物、柠条林各自的根系特点影响决定的。

3 结论与讨论

土壤团聚体是土壤结构的基本单位,其数量和性质决定了土壤的性质和肥力。史晓梅等^[7]对紫色土丘陵区的研究表明,水稳性团聚体含量越高,结构体破坏率越小,土壤结构性与抗侵蚀性能就越强。这与吕文星等^[8]的研究结果是一致的。王清奎等^[6]研究发现,土壤团聚体(>0.25 mm 和 >5 mm)含量越高,土壤结构性与肥力越好。这些从不同角度一定程度地支持着本文研究结果:土壤团聚体含量较

高的轻度放牧地、放牧绵羊地和草地,土壤团聚体破坏率较小;土壤团聚体含量较低的中、重度放牧地、放牧山羊地及柠条林地,土壤团聚体破坏率较大。

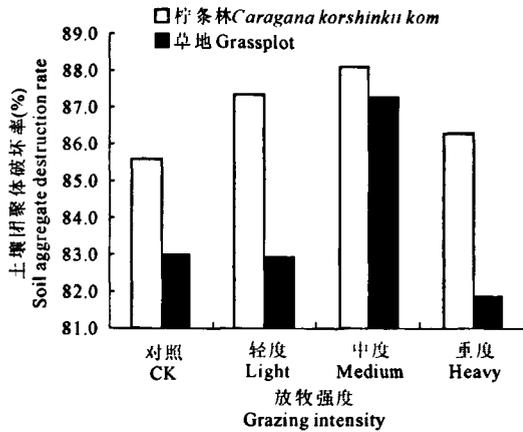


图 9 不同植被放牧山羊土壤团聚体破坏率

Fig.9 Aggregate destruction rate for goat in different types of vegetation under some grazing intensity

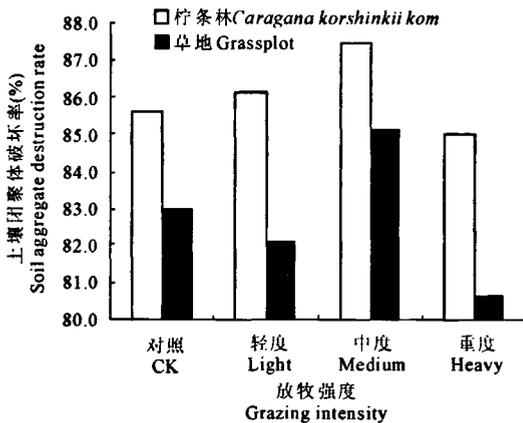


图 10 不同植被放牧绵羊土壤团聚体破坏率

Fig.10 Aggregate destruction rate for sheep in different types of vegetation under some grazing intensity

本研究中土壤团聚体含量随着放牧强度的增强持续减少,放牧强度越大对土壤结构破坏越严重,土壤抗蚀性越弱,此结果与贾树海等^[22]的研究结果是一致的。绵羊对土壤踏践较山羊小,放牧绵羊地土壤团聚体含量比放牧山羊大,团聚体破坏率较放牧山羊小,表明绵羊对土壤结构稳定性破坏较山羊小;相同的条件下,放牧草地的土壤团聚体含量大于柠条林地,团聚体破坏率小于柠条林地,即表示放牧草地团聚状况好于柠条林地,故放牧草地的抗蚀性优于柠条林地。这与范春梅等^[9,23,24]在黄土高原丘陵沟壑区山西偏关放牧试验研究的表层土(0~10 cm)的物理和化学性质的结果吻合。

另外,不论是草地还是柠条林地,随着放牧强度的增强,土壤团聚体破坏率均先增加后减少,这并不

表示重度放牧强度时土壤质量好于中度放牧。这可能是由于中度放牧强度土壤团聚体在干筛时分散量远大于重度放牧土壤团聚体分散量。

综上所述,放牧强度应保持在轻、中度放牧强度范围内,在不破坏植被的循环机能的前提下进行,以使林地生态系统的物质循环与能量流动保持稳定。另外,由于性情、敏捷度和生活习惯的差异,使得放牧山羊较绵羊更容易破坏放牧地土壤中的团聚体,而绵羊对土壤的结构破坏小,是较好的放牧畜种,在经营放牧时应优先考虑。关于放牧植被类型的选用,由于草本植物根系分布较柠条浅,根细而密,且有大量的根瘤,土壤生物活动活跃,生活周期短,养分循环周期短,更利于土壤中团聚体的形成,较柠条林能更快地促进水稳性团聚体的形成。因此,在土壤结构稳定性较差的情况下,如果要放牧利用植被,前期植被建设类型应选用牧草为主,但由于灌木的生态效益要优于草地,所以后期应逐渐恢复以灌木(如柠条饲料林)为主体的灌、草结合的生物防治体系。这样安排不仅有利于协调林牧矛盾,也有利于营造良好的土壤结构。

参考文献:

- [1] 周忠学,孙虎,李智佩.黄土高原水蚀荒漠化发生特点及其防治模式[J].干旱区研究,2005,22(1):29—34.
- [2] 骆东奇,侯春霞,魏朝富,等.紫色土团聚体抗蚀特征研究[J].水土保持学报,2003,17(2):20—27.
- [3] 侯春霞,骆东奇,谢德体,等.不同利用方式对紫色土团聚体形成的影响[J].西南农业大学学报(自然科学版),2003,25(5):467—470.
- [4] 胡建忠,张伟华,李文忠,等.北川河流域退耕地植物群落土壤抗蚀性研究[J].土壤学报,2004,41(6):854—863.
- [5] 吴承祯,洪伟.不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J].土壤学报,1999,36(2):162—167.
- [6] 王清奎,汪思龙.土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J].土壤通报,2005,36(3):415—421.
- [7] 史晓梅,史东梅,文卓立.紫色土丘陵区不同土地利用类型土壤抗蚀性特征研究[J].水土保持学报,2007,21(4):63—66.
- [8] 吕文星,张洪江,王伟,等.重庆四面山不同林地土壤团聚体特征[J].水土保持学报,2010,24(4):192—202.
- [9] 范春梅,廖超英,孙长忠,等.黄土高原丘陵沟壑区放牧林地团聚体水稳性的研究[J].中国农学通报,2005,21(11):399—401,429.
- [10] 王佑民,刘秉正,廖超英,等.刺槐林地土壤抗蚀性研究[J].林业实用技术,1984,(5):9—13.
- [11] 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—75.
- [12] 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[C]//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).北

- 京:科学出版社,1997:62—69.
- [13] 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.
- [14] 张蕴薇,韩建国,李志强.放牧强度对土壤物理性质的影响[J].草地学报,2002,10(1):74—78.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科技出版社,1978:514—518.
- [16] 文倩,关欣.土壤团聚体形成的研究进展[J].干旱区研究,2004,21(4):76—80.
- [17] 张怀礼,张红军.牧羊两不宜[J].农村百事通(畜牧兽医),2000,19:29—30.
- [18] 陈宗椿,徐文华,陈应江,等.山羊的行为习性及其饲养管理要点[J].当代畜牧(饲养管理),2000,(1):16—17.
- [19] 赵京考,刘作新,韩永俊.土壤团聚体的形成与分散及其在农业生产上的应用[J].水土保持学报,2003,17(6):163—166.
- [20] 徐泉斌,傅瓦利,孙璐,等.三峡库区消落带土壤抗蚀性研究[J].水土保持研究,2009,16(5):13—18.
- [21] 范春梅,廖超英,李培玉,等.放牧强度对林草地土壤物理性状的影响——以黄土高原丘陵沟壑区为例[J].中国农业科学,2006,39(7):1501—1506.
- [22] 贾树海,张海涛,李晓安,等.放牧强度对草原砂质栗钙土某些物理性质影响的研究[J].土壤通报,2006,37(4):821—823.
- [23] 范春梅,廖超英,李培玉,等.放牧对黄土高原丘陵沟壑区林草地土壤理化性状的影响[J].西北林学院学报,2006,21(2):1—4.
- [24] 范春梅,廖超英,孙长忠,等.放牧对黄土高原丘陵沟壑区林草地土壤特性的影响[J].西北农业学报,2006,15(1):24—28.

Soil aggregate properties of grassland and forest during grazing in hilly and gully areas on the Loess Plateau

XU Yong-xia^{1,2}, LIAO Chao-ying^{1,2}, SUN Chang-zhong³,
FA Lei³, TANG Hai-bin^{1,2}, BIAN Dan-dan⁴

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Key Laboratory of Agriculture Resources and Ecosystem Remediation of Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Experimental Center of Forestry in North China, Chinese Academy of Forestry, Beijing 102300, China; 4. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With the method of grazing field experiment, we studied the aggregate content and damage rate of the soil, so as to analyze surface soil aggregate (>0.25 mm) content and damage rate of different grazing intensity, different types of livestock and different types of vegetation. The results show that grazing intensity has certain effect on surface soil structure and soil aggregate content is the least at heavy grazing intensity. Compared with goat selected as grazing livestock, sheep has less effect on destroying soil structure and has large quantity of soil aggregate. Compared with *Caragana korshinskii* kom, grazing grassplot has better soil structure. The results of damage rate of aggregate is consistent with that of soil aggregate content. So it is concluded that all categories of grazing intensity, types of livestock and types of vegetation affect the surface soil aggregate nature.

Keywords: soil aggregate content; damage rate of aggregate; large aggregate of dry sieve; wet sieving large aggregates; grazing ground