

放牧干扰对人工林土壤物理性状的影响

严积有¹, 徐凯然², 申新山³

(1. 青海省互助县松多林场, 青海 互助 810500; 2. 水利部牧区水利科学研究所, 内蒙古 呼和浩特市 010010; 3. 北京绿色奇点科技发展有限公司, 北京 100081)

摘要: 为揭示人工林群落在人为干扰下的退化状况, 应用空间对比法研究了放牧干扰对黄土高原人工油松林下土壤物理性状的影响。结果表明, 随放牧干扰强度的增加, 土壤中砂粒含量增加, 黏粒含量下降, 土壤出现砂化趋势。放牧干扰下土壤容重增加了 0.09 ~ 0.39 g/cm³。随放牧干扰强度的增加, 土壤总孔隙、毛管孔隙和非毛管孔隙呈大幅下降的趋势, 土壤持水量、含水量、入渗速率和导水率降低。重度干扰和中度干扰下土壤持水量、含水量与无放牧干扰时相比显著降低。随放牧干扰强度的增加, 初渗率和稳渗速率下降, 饱和导水率也随之下降。

关键词: 人为干扰; 放牧; 人工林; 土壤物理性状

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)06-0138-04

中图分类号: S153

Influences of Grazing Disturbance on Soil Physical Properties in Planted Forest

YAN Ji-you¹, XU Kai-ran², SHEN Xin-shan³

(1. Songduo Forestry Centre of Huzhu County, Huzhu, Qinghai 810500, China;

2. The Institute of Water Resources for Pasturing Area of the Ministry of Water Resources, Hohhot,

Inner Mongolia 010010, China; 3. Beijing Green Singularity Science & Technology Co., Ltd., Beijing 10081, China)

Abstract: In order to reveal the degradation of planted forest communities under human-induced disturbance, the influences of grazing disturbance on soil physical properties under planted *Pinus tabulaeformis* forest on the Loess Plateau were analyzed by spatial contrast method. Results showed that compared with the soil in the undisturbed area, with the increase of grazing disturbance intensity, sand content increased, and clay content decreased. Consequently, soil texture became coarse. Soil bulk density increased 0.09 ~ 0.39 g/cm³. The total porosity, capillary space, and non-capillary space decreased greatly with the increase of grazing disturbance intensity. Soil water content, water-holding capacity, and infiltration rate decreased due to grazing disturbance. Compared with undisturbed soil, soil water content and water-holding capacity on heavily disturbed land and moderately disturbed land decreased significantly. Compared with the undisturbed soil, with the increase of grazing disturbance intensity, the initial infiltration rate and the stable infiltration rate decreased, and the saturated infiltration rate decreased too.

Key words: human-induced disturbance; grazing; planted forest; soil physical property

干扰是生态系统中的一种普遍现象^[1-2], 是导致生态系统空间异质性的主要因子^[3], 国内外相关研究表明, 农业生产经营、放牧和樵采等人为干扰活动会使生态系统中环境因子发生变化^[4-5], 引起系统资源的空间异质性^[3-4]和演替进程等变化^[6]。长期持续、高频度的干扰对植被的退化具有累加作用, 并导致生态系统严重退化^[7-8]。因此, 土壤结构的定量化研究, 成为评价人为干扰与生态环境变化之间关系的重要课题^[9]。放牧作为一种典型的人为干扰, 是小尺度

上影响土壤特性的重要因子之一, 尤其在黄土流失严重的黄土高原地区, 持续的过度放牧是区域水土流失发生发展的主要原因之一。目前关于放牧活动对生态系统影响的研究主要集中于放牧制度和放牧强度对草原生态系统的影响方面^[10-14], 而关于放牧对森林生态系统影响的研究报道较少, 针对黄土高原地区这方面的研究更是寥寥无几。

黄土高原地区的油松(*Pinus tabulaeformis*)林以人工种植为主, 多为退耕还林, 主要分布于低山丘陵区, 处

于半农半牧地带,长期受牧羊和放牛等放牧活动的影响。放牧活动对人工油松林地土壤结构会产生怎样的影响,是否会引起土壤退化?本文通过对黄土高原子午岭林区西南端人工油松林进行不同放牧强度的试验,研究土壤结构对放牧干扰的响应,目的在于揭示人工林群落落在放牧干扰下的退化过程及其机制。

1 研究区域概况

研究区位于黄土高原子午岭林区西南端,行政区划属于甘肃省庆阳市,中心地理坐标为 108°21'23" E, 35°16'45" N。属暖温带气候,多年平均气温 8.7℃,多年平均降水量 654.0 mm,集中于 6—9 月份,占全年降雨的 76%。年蒸发量 1 560.6 mm,无霜期 168 d。地貌类型为黄土丘陵沟壑,海拔 1 225~1 734 m。地带性土壤为灰褐色森林土,土壤偏碱性。植物以人工油松为主,现有人工油松林 4.0 × 10⁴ hm²,占人工林面积的 75%。人工油松林多为纯林,伴生乔木主要有山杨 (*Populus davidiana*)、白桦 (*Betula platyphylla*) 和辽东栎 (*Quercus liaotungensis*),林下灌木主要有刺五加 (*Acanthopanax senticosus*)、土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*)、黄刺玫 (*Rosa xanthina*) 和卫矛 (*Euonymus alatus*) 等。草本植物主要是披针苔草 (*Carex lanceolata*)、唐松草 (*Thalictrum* sp.)、淫羊藿 (*Epimedium brevicorum*) 和胡枝子 (*Lespedeza bicolor.*) 等。

2 研究内容和方法

2.1 研究内容

设置 1 块未受放牧干扰(对照)和 3 块受放牧干扰强度不同的样地,采用空间对比法,研究放牧干扰程度对油松林下土壤物理性质(包括土壤机械组成、土壤容重、孔隙度、土壤持水性能和土壤渗透性)的影响。

放牧对油松林的干扰划分为 4 等级:无放牧干扰、轻度干扰、中度干扰和重度干扰。重度干扰:全年放牧,无禁牧期;中度干扰:禁牧时间为每年的 4—7 月,其余时间放牧;轻度干扰:放牧时间在 11 月至翌年 3 月份,其余时间禁牧;无放牧干扰:林地完全封育,全年无放牧活动。涉及禁牧的样地其禁牧时间均始于 1995 年。

2.2 样地的选择与土壤取样

2.2.1 样地的选择 试验样地选择时充分考虑了坡向、坡度、海拔、土壤母质、油松林龄、林内植被组成等因素,将造成土壤空间异质性的因子最小化,最大限度地减小试验误差。样地选择在相同母质形成的土壤上,土壤形成的生物气候条件和立地条件大致相似。样地面积均为 1 050 m²,样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

放牧干扰程度	海拔/ m	坡度/ (°)	坡向	林龄/ a	林内植物 种数
重度	1 640	34	SW54°38'	30~32	10
中度	1 631	33	SW56°33'	33~34	13
轻度	1 637	34	SW52°30'	31~32	11
无干扰	1 643	36	SW53°48'	30~32	16

2.2.2 土壤取样 调查标准样地内植物生长状况(高度、盖度、郁闭度等),在每个标准样地内按 S 形布设 9 个样点,分层(上层 0—20 cm 和下层 20—40 cm)取土壤样品和环刀样。土壤取样次数为 4 次,时间分别为 2006 年和 2007 年的 5 月和 7 月。数据处理时将每个样点的 4 次数据取平均值。

2.3 各项实验指标测定方法

机械组成的测定采用筛分法结合比重计法^[15];容重、孔隙度、持水量用环刀一次取样连续测定^[16];土壤总孔隙度和毛管孔隙度的测定采用浸水法^[17];土壤渗透速率采用野外双环法测定^[16]。

3 结果与分析

3.1 土壤机械组成对不同放牧强度的响应

样地内土壤机械组成主要由砂粒(1~0.05 mm)和粉粒(0.05~0.01 mm)组成,黏粒含量相对较低。在放牧干扰下,油松林下土壤机械组成发生了显著变化,随着放牧干扰强度的增强,土壤物理性砂粒(>0.01 mm)含量逐渐增加,物理性黏粒(<0.01 mm)含量逐渐降低,土壤呈现砂化趋势(表 2)。

表 2 不同放牧干扰强度下土壤机械组成 %

放牧干扰强度	取样深度/ cm	砂粒 含量	粉粒 含量	黏粒 含量	物理性 黏粒含量
重度	0—20	38.1	54.1	7.8	37.6
	20—40	36.3	55.7	8.0	38.1
中度	0—20	34.7	56.4	8.9	40.2
	20—40	33.3	58.5	8.2	41.2
轻度	0—20	27.9	61.8	10.3	46.6
	20—40	30.4	60.7	8.9	43.3
无干扰	0—20	24.9	63.9	11.2	50.5
	20—40	28.8	62.1	9.1	43.8

在无放牧干扰和轻度干扰时,土壤上层 0—20 cm 砂粒含量低于下层 20—40 cm,粉粒(0.05—0.001 mm)、黏粒(<0.001 mm)和物理性黏粒含量高于下层;在中度和重度干扰下,土壤上层的砂粒含量高于下层,粉粒、黏粒和物理性黏粒含量低于下层。在轻度、中度及重度放牧的干扰下,随放牧干扰强度

的增加,土壤中砂粒(1~0.05 mm)含量比无放牧干扰时分别增加 8.6%,26.6%和 38.5%;粉粒(0.05~0.001 mm)含量比无放牧干扰时分别下降了 2.8%,8.8%和 12.9%;黏粒(<0.001 mm)含量比无放牧干扰时分别下降了 5.4%,15.8%和 22.2%。在粉粒中含量变化比较大的是 0.005~0.001 mm 颗粒。物理性黏粒含量比无干扰时分别下降 4.7%,13.7%和 19.7%。放牧干扰引起地表土壤结构的变化,使土壤向粗骨化方向发展。

3.2 不同放牧干扰程度对土壤容重和孔隙度的影响

容重和孔隙度是土壤最重要的 2 个物理特性。容重和孔隙度的大小除受土壤本身性状的影响外,还经常受到外界因素如植被、人为生产活动的影响,变异性较大^[18]。容重值越大通常表明土壤有退化趋势^[19-20];孔隙度的大小、数量及分配是土壤物理性质的基础,是评价土壤结构特征的重要指标。

随着放牧干扰强度的增加,样地土壤容重逐渐增大,土壤变紧实。在无放牧干扰时,土壤上层 0—20 cm 容重远低于下层 20—40 cm,随干扰强度的增加,上下层之间土壤容重趋于接近(表 3)。在放牧干扰下,土壤容重增加了 0.09~0.39 g/cm³。方差分析结果表明,重度干扰和中度干扰下土壤容重与无放牧干扰下的土壤容重有显著差异,轻度干扰下土壤容重与无放牧干扰下的土壤容重无显著差异($P<0.05$)。

林地土壤总孔隙、毛管孔隙和非毛管孔隙的比例,随放牧干扰强度的增加呈大幅下降的趋势(表 3)。轻度、中度、重度放牧干扰下土壤上层 0—20 cm 总孔隙较无放牧干扰的土壤上层 0—20 cm 分别降低了 6.0%,17.5%和 28.4%,毛管孔隙分别下降了

7.7%,11.4%和 29.0%,非毛管孔隙分别下降了 7.1%,32.9%和 35.1%。方差分析结果表明,重度干扰和中度干扰下土壤总孔隙、毛管孔隙和非毛管孔隙与无放牧干扰均有显著差异($P<0.05$)。

3.3 不同放牧干扰强度对土壤持水性能的影响

土壤持水性能是反映土壤生态功能的重要指标^[21]。4 个样地的土壤持水性变化与土壤孔隙度变化趋势相似,但土壤持水量递减更明显。由表 4 可知,随放牧干扰强度的增加,土壤持水量和含水量明显下降。与无放牧干扰样地相比,随着放牧干扰强度的增加,这 3 个样地的最大持水量分别下降 23.9%,38.8%和 49.2%;毛管持水量分别下降 4.3%,33.8%和 50.2%;田间持水量分别下降了 14.6%,34.5%和 49.2%;自然含水量分别下降 7.2%,37.5%和 47.4%;土壤有效水含量分别下降了 16.8%,30.9%和 51.0%。方差分析结果表明,重度干扰和中度干扰下土壤持水量和含水量与无放牧干扰时均有显著差异($P<0.05$)。

表 3 不同放牧干扰强度下土壤容重和孔隙度状况

放牧干扰强度	取样深度/cm	容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙/%	毛管孔隙/%	非毛管孔隙/%
重度	0—20	1.48	44.8	36.7	8.2
	20—40	1.50	43.3	38.1	4.7
中度	0—20	1.31	51.6	45.8	8.5
	20—40	1.39	47.4	41.9	5.8
轻度	0—20	1.09	58.7	47.7	11.8
	20—40	1.29	51.2	34.8	15.1
无干扰	0—20	1.03	62.5	51.7	12.7
	20—40	1.18	55.3	37.0	18.0

表 4 不同放牧干扰强度下土壤水分状况

放牧干扰强度	取样深度/cm	最大持水量	毛管持水量	田间持水量	自然含水量	凋萎含水量	有效含水量
重度	0—20	41.7	20.4	17.3	14.3	8.1	9.2
	20—40	41.0	17.8	15.0	12.1	6.1	8.9
中度	0—20	55.8	25.9	21.8	16.0	8.7	13.1
	20—40	43.9	24.9	19.7	15.3	7.5	12.2
轻度	0—20	68.1	37.4	29.1	23.7	12.6	16.5
	20—40	55.7	36.0	25.1	22.9	11.0	14.1
无干扰	0—20	87.0	40.0	33.3	26.3	13.8	19.5
	20—40	75.8	36.7	30.1	23.8	13.0	17.1

3.4 不同放牧干扰强度对土壤渗透性影响

放牧压实土壤造成林内土壤一定深度内孔隙度下降,尤其大孔隙的丧失是土壤渗透速率下降的主要原因。不同放牧干扰强度下,土壤上层 0—20 cm 渗透速率较无放牧干扰林地土壤渗透速率变小(表 5)。轻度、

中度和重度放牧干扰下土壤前 3 min 初渗率比无放牧干扰分别下降了 24.0%,53.6%和 69.8%;稳渗速率分别下降了 53.4%,71.9%和 84.9%,相应地受放牧干扰林地前 30 min 累计入渗量也较未受放牧干扰林地土壤分别低 49.5%,66.0%和 73.9%。饱和导水率

较未受放牧干扰林地分别下降了 14.3%、42.9% 和 50.0%。无放牧干扰林地土壤表层由于地表覆盖物的作用,其稳渗速率达到了 14.6 mm/min,而重度干扰地表的稳渗速率仅为 2.2 mm/min。方差分析结果表明,重度干扰和中度干扰下土壤入渗速率和导水率与无放牧干扰时均有显著差异($P < 0.05$)。

表5 不同放牧干扰强度下土壤渗透性能 mm/min

放牧干扰强度	初渗率	稳渗率	饱和导水率	前 30 min 入渗率
重度	10.8	2.2	0.7	4.9
中度	16.6	4.1	0.8	6.4
轻度	27.2	6.8	1.2	9.5
无干扰	35.8	14.6	1.4	18.8

4 结论

通过研究黄土高原中部子午岭油松林在不同放牧干扰强度下土壤物理性状的变化,初步得出如下结论。

(1) 放牧干扰使得油松林下土壤机械组成发生了显著变化,土壤中黏粒含量减小,出现砂粒化。放牧干扰强度越大,砂化趋势越明显,随放牧干扰强度的增强,受干扰的3个样地的物理性黏粒含量比无放牧干扰时下降。

(2) 放牧干扰造成油松林下土壤被压实,导致容重增大,孔隙度减小。随着放牧干扰强度的增加,样地土壤容重逐渐增大、孔隙度逐渐减小。重度干扰和中度干扰下土壤容重明显增大,孔隙度明显降低($P < 0.05$)。

(3) 放牧干扰造成油松林下土壤黏粒含量降低、毛管孔隙减少,导致土壤持水量和含水量下降,重度干扰和中度干扰下土壤持水量和含水量与无放牧干扰时相比均有显著下降($P < 0.05$)。

(4) 放牧压实造成油松林下土壤表层孔隙度下降,致使土壤初渗率、稳渗速率、饱和导水率下降,其中稳渗速率下降最为明显,轻度、中度和重度放牧干扰下土壤稳渗速率比未受放牧干扰时分别下降了 53.4%、71.9% 和 84.9%。

[参 考 文 献]

[1] Pickett S T A, White P S. The ecology of natural disturbance and patch dynamics [C]// Orlando: Academic Press INC, 1985.

[2] Hobbs R J, Atkins L. The effect of disturbance and nutrient addition on native and introduced annuals in the western Australian wheatbelt [J]. Australian Journal of Ecology, 1988, 13: 171—179.

[3] Li H B, Reynolds J F. On definition and quantification of heterogeneity [J]. Oikos, 1995, 73: 280—284.

[4] 谷加存, 王政权, 韩有志, 等. 采伐干扰对帽儿山天然次生林土壤表层水分空间异质性的影响 [J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2001—2009.

[5] 田昆, 常凤来, 陆梅, 等. 人为干扰对云南纳帕海湿地土壤碳氮变化的影响 [J]. 土壤学报, 2004, 41(5): 681—686.

[6] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 人为干扰与喀斯特森林群落退化及评价研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 529—532.

[7] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义 [J]. 生态学报, 2002, 20(4): 581—586.

[8] Sousa W P. The role of disturbance in natural communities [J]. Annual Review Ecology System, 1984, 15: 353—391.

[9] 丁文峰, 丁登山. 黄土高原植被破坏前后土壤团聚体结构分形特征 [J]. 地理研究, 2002, 21(6): 700—706.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 侯扶江, 常生华, 于应文, 等. 放牧家畜的践踏作用研究评述 [J]. 生态学报, 2004, 24(4): 133—139.

[13] 朱志红, 王刚, 赵松龄. 不同放牧强度下高寒草甸矮嵩草无性系分株种群的动态与调节 [J]. 生态学报, 1994, 14(1): 40—45.

[14] 杜岩功, 曹广民, 王启兰, 等. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响 [J]. 山地学报, 2007, 25(3): 338—343.

[15] 黄昌勇. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[16] 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, 1978.

[17] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究法 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 30—36.

[18] 郑纪勇, 邵明安, 张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和饱和导水率空间变异特征 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 53—56.

[19] Hernandez T, Garcia C, Reinhardt I. Short-term effect of wildfire on the chemical, biochemical and microbiological properties of Mediterranean pine forest soil [J]. Biol Forest Soils, 1997, 25: 109—116.

[20] Lowery B, Swan J. Physical properties of selected soils by erosion class [J]. Soil Water Conserve, 1995, 50: 306—311.

[21] 田积莹. 子午岭连家砭地区土壤物理性质与土壤抗蚀指标的初步研究 [J]. 土壤学报, 1964, 12(3): 21—38.