

放牧对滇东北红壤草地土壤肥力变化 及其磷素有效性影响的研究*

文亦蒂¹ 赵俊权^{2†}

(1 云南农业大学动物科学学院, 昆明 650201)

(2 云南农业大学经济贸易学院, 昆明 650201)

EFFECT OF GRAZING ON SOIL FERTILITY AND PHOSPHORUS AVAILABILITY IN THE RED SOIL REGION, NORTHEAST YUNNAN

Wen Yifei¹ Zhao Junquan^{2†}

(1 Faculty of Animal Science of Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2 Faculty of Economics and Trade of Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

关键词 土壤肥力变化; 磷素有效性; 红壤草地

中图分类号 S812.2

文献标识码 A

红壤是我国南方 14 省(区)的重要土壤类型和耕作土壤, 主要分布在湖南、江西、浙江、云南等中国南部地区, 总面积约 218 万 hm^2 , 约占全国总土地面积的 22.7%, 占全国耕地面积的 28%^[1]。红壤区自然条件十分优越, 是我国粮食、经济作物和肉类产品等的主要生产基地, 其生产的粮食占全国粮食总产量 54.8%。由于土壤发育完全, 淋溶强烈, 红壤呈盐基不饱和状态, 土壤呈酸性。仅在云南红壤面积就有 $17.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占全省面积的 32.3%, 其中草地面积达 $1.5 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占土地总面积的 33.9%^[2]。近年来, 全省各地人工草地每年均有不同程度的退化, 退化草地面积占总面积的 20%~30%^[3]。土壤缺磷是造成该地区草地退化的主要因素, 严重影响了当地畜牧业的持续发展。本文着重探讨放牧草地土壤理化性状与土壤微生物的变化规律及其对磷素有效性的影响, 该研究对酸性土壤条件下人工草地改良和退化草地的恢复与重建具有科学意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区位于云南省曲靖朗目山, 地处东经 $103^{\circ}29' \sim 104^{\circ}14'$, 北纬 $25^{\circ}07' \sim 26^{\circ}06'$, 海拔 2 280~2 350 m, 属南中亚热带季风气候。研究区地带性土壤为云南昆明地区古红土母质发育的红壤, 供试土壤分别取自荒草地、利用 3 年的放牧草地、利用 7 年的退化放牧草地和利用 10 年的退化放牧草地。除荒草地外, 各年限草地均为鸭茅 (*Dactylis glomerata* L.)、白三叶 (*Trifolium repens* L.) 和多年生黑麦草 (*Lolium perenne*) 混播人工草地, 历史背景相近, 利用制度相同, 各放牧草地上每年施钙镁磷肥 300 kg hm^{-2} , 尿素 60 kg hm^{-2} 。荒草地为杂草群落, 不进行放牧利用。

1.2 试验方法

2005 年 11 月在每种类型的草地上采集土样, 土

* 云南省自然科学基金项目(2002C00201)资助

† 通讯作者

作者简介: 文亦蒂(1972~), 女, 副教授, 博士, 主要从事草地生态与环境方面的研究。E-mail: yifeiw2005@yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-10-16; 收到修改稿日期: 2006-12-25

壤各理化指标测定采用常规分析方法,其中有效磷采用 Bray-Ⅱ法。

2 结果与分析

2.1 不同草地系统中土壤化学性状的变化

由表 1 可知,与荒草地相比较,各放牧地土壤有机质含量均显著增加 ($p < 0.05$),平均增加了

30.5%,由于牧草的生物量积累增加了土壤有机质的碳素沉积,加之家畜践踏对枯落物的破碎作用,加速了植物残体分解和腐殖质的形成,提高了有机质的积累速率,此结果与大量的研究结果一致^[4~6]。各放牧地有机质含量无显著差异,Holt^[7]对澳大利亚 2 类半干旱草原的研究也表明,重度放牧 2~8 年后对草地有机碳的总储量没有显著影响。

表 1 不同利用年限人工草地中红壤的化学性状

样地	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	速效钾
		(g kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)			
荒草地	5.65 c	20.6 b	1.25 b	1.06 b	3.41 a	89.3 bc	5.12 c	118 c
3 年生草地	5.88 a	23.4 a	1.12 c	0.98 c	2.62 b	86.6 d	15.4 a	117 d
7 年生草地	5.79 b	29.4 a	1.39 ab	1.01 bc	1.79 c	88.8 c	9.76 b	123 b
10 年生草地	5.75 b	27.7 a	1.42 a	1.07 a	2.36 b	93.0 a	8.97 b	129 a

注:表中同列标有相同字母者差异不显著,标有不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)

土壤全氮含量以 3 年生草地为最低,仅为 1.12 g kg⁻¹,这是豆科牧草根瘤菌还未能发挥固氮作用的必然结果。随着豆科牧草固氮作用的增强和连年的施用氮肥,7 年生和 10 年生草地全氮含量呈逐渐积累的状态,依次为 1.39 和 1.42 g kg⁻¹,全氮含量显著提高。荒草地的植被覆盖度大,土壤侵蚀低,有机物归还量高,因此全氮含量较 3 年生放牧草地高,为 1.25 g kg⁻¹。各年限草地碱解氮的变化特征与全氮基本相同。

草地 pH 值依次为 3 年生草地(5.88) > 7 年生草地(5.79) > 10 年生草地(5.75) > 荒草地(5.65)。与荒草地相比,各放牧地 pH 均有显著提高,其中 3 年生草地与 2 类退化草地 pH 差异显著,2 类退化草地间差异不显著。

有效磷的含量变化与 pH 相同,依次为 3 年生草地(15.4 mg kg⁻¹) > 7 年生草地(9.76 mg kg⁻¹) > 10 年生草地(8.97 mg kg⁻¹) > 荒草地(5.12 mg kg⁻¹)。在荒草地系统中,由于长期的风化淋溶作用,土壤酸性增强,磷的有效性降低;在 3 年生放牧草地中,由于草地良好的酸性环境加之系统中磷素的投入,草地磷素有效性较高,草地系统表现为优质牧草产量高,枯落物分解速度快,生草土弹性好;7 年生和 10 年生退化草地由于连年放牧,牧草产量下降,生草土变的紧实,虽有家畜排泄物的归还和连年磷素的投入,但由于红壤固磷作用强烈和酸化趋势,草地系统中磷素入不敷出,有效磷含量逐年下降。刘世全等^[8]对西藏土壤进行的研究也表明,磷素的

有效性与 pH 密切相关。

速效钾含量放牧地较荒草地高,平均高 4.06%,这是耕作施肥和放牧管理所致。随放牧利用年限的增加,系统中家畜排泄物归还量的逐年积累,速效钾含量呈明显提高,依次为 10 年生草地(129 mg kg⁻¹) > 7 年生草地(123 mg kg⁻¹) > 3 年生草地(117 mg kg⁻¹)。全钾含量在放牧地均低于荒草地,各放牧系统间差异不显著,长期放牧的影响还需进一步研究。

2.2 不同草地系统中土壤物理性状的变化

随着利用年限的增加,放牧地土壤容重明显提高(见表 2),依次为 10 年生草地(1.63 g cm⁻³) > 7 年生草地(1.61 g cm⁻³) > 3 年生草地(1.57 g cm⁻³),各处理间差异不显著,各处理与荒草地相比较,差异显著($p < 0.05$)。此结果与戎郁萍等^[9]的研究结果相同,即不放牧与各放牧处理之间土壤容重差异显著,不同放牧处理对土壤的影响差异不显著。

表 2 不同利用年限人工草地中红壤的物理性状

样地	容重 (g cm ⁻³)	总孔隙度 (%)	孔隙比	渗透速率 (mm min ⁻¹)
荒草地	1.71 a	37.4	1.03	7.32 d
3 年生草地	1.57 b	41.9	1.02	9.01 a
7 年生草地	1.61 c	40.4	1.03	8.62 b
10 年生草地	1.63 bc	40.1	1.03	8.43 c

注:表中同列标有相同字母者差异不显著,标有不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)

各放牧地土壤渗透率明显降低,依次为 3 年生草地 (9.01 mm min^{-1}) > 7 年生草地 (8.62 mm min^{-1}) > 10 年生草地 (8.43 mm min^{-1}),各处理间差异显著。Hiernaux 等^[10]的研究表明放牧能增加土壤的渗透率,过牧导致渗透率降低。由于无耕作施肥措施,加之风化淋溶作用,荒草地土壤渗透率最低仅为 7.32 mm min^{-1} 。Leithesd^[11]和 Rauzi^[12]的研究也表明,轻牧的土壤渗透率大于禁牧的土壤渗透率。

2.3 不同草地系统中土壤微生物性状的变化

除 3 年生草地外,各放牧地土壤微生物数量均

高于荒草地(见表 3),分别为荒草地的 7.68 倍和 6.04 倍,其差异达到显著水平($p < 0.05$)。其中,以真菌的比例最高,分别为 68.0×10^4 和 $51.0 \times 10^4\text{ g}^{-1}$ 干土,放线菌和细菌的数量较低,变化幅度显著,表明真菌不仅在退化草地土壤微生物数量上占绝对优势,而且还相对稳定,细菌和放线菌不仅数量少,而且变化幅度较大。此结果与顾希贤^[13]和孙波等^[14]的结果相似。2 类退化草地微生物数量均有增加,但是随利用年限的增加呈递减趋势。土壤细菌与真菌数量的相对比例(B/F 值)随着草地利用年限的增加而增加,表明草地确有一定程度的退化趋势。

表 3 不同利用年限人工草地中红壤的微生物性状

样地	微生物总数 ($\times 10^4\text{ g}^{-1}$)	细菌数量 ($\times 10^4\text{ g}^{-1}$)	真菌数量 ($\times 10^4\text{ g}^{-1}$)	放线菌数量 ($\times 10^4\text{ g}^{-1}$)	B/F 值
荒草地	9.10 c	0.80 c	3.30 c	5.00 a	0.24
3 年生草地	8.00 d	2.00 b	1.50 d	0.30 d	1.33
7 年生草地	69.9 a	0.60 c	68.0 a	1.30 b	0.01
10 年生草地	55.0 b	3.40 a	51.0 b	0.60 c	0.07

注:表中同列标有相同字母者差异不显著,标有不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)

2.4 影响红壤人工草地中磷素有效性土壤环境的
通径分析

由表 4 可知,各土壤特征值对有效磷的影响程度依次为:真菌(2.39) > pH(1.17) > 渗透速率(0.63) > 细菌(0.36) > 速效钾(-0.22) > 放线菌(0.22) > 有效氮(-0.21) > 有机质(0.15) > 土壤容

重(-0.09)。表明在红壤人工草地中,真菌数量、pH 和渗透速率对磷素有效性的影响程度最大,其次为细菌、放线菌、速效氮和速效钾,在红壤草地中,土壤板结、微生物数量和组成的不合理将不利于草地磷素有效性的发挥。

表 4 土壤环境因素对土壤磷素有效性的通径分析¹⁾

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
X_1	-0.09 ²⁾	-0.59	0.19	-0.02	-0.09	0.07	-0.09	-0.68	0.18
X_2	0.08	0.63 ²⁾	-0.59	0.06	0.09	-0.11	0.09	0.99	-0.16
X_3	-0.01	-0.32	1.17 ²⁾	-0.10	-0.06	0.12	0.01	-0.81	0.01
X_4	0.01	0.26	-0.79	0.16 ²⁾	-0.03	-0.16	-0.03	2.16	-0.03
X_5	-0.03	-0.27	0.31	0.02	-0.21 ²⁾	-0.09	0.19	0.69	0.01
X_6	0.03	0.30	-0.64	0.11	-0.08	-0.22 ²⁾	0.12	1.53	-0.13
X_7	0.02	0.16	0.04	-0.01	-0.11	-0.08	0.35 ²⁾	0.21	-0.08
X_8	0.03	0.26	-0.39	0.14	-0.06	-0.14	0.03	2.39 ²⁾	-0.06
X_9	-0.08	-0.47	0.05	-0.02	-0.01	0.13	-0.13	-0.69	0.22 ²⁾

1) X_1 土壤容重, X_2 渗透速率, X_3 pH, X_4 有机质, X_5 速效氮, X_6 速效钾, X_7 细菌, X_8 真菌, X_9 放线菌

2) 为通径系数,其余为通径链系数

3 结 论

总体来看,放牧条件下草地土壤有机质具有较

高的积累速率,pH 均有显著提高。在荒草地系统中,土壤磷素已经退化到极低的水平;退化草地土壤有进一步酸化的趋势。随着豆科牧草固氮作用的增强和家畜归还积累量的增加,放牧地全氮含量呈逐

渐积累的状态。放牧地土壤容重不断增大,总孔隙度减少,渗透速率不断变慢,土壤结构变差,长期放牧利用草地土壤环境趋于恶化。在红壤人工草地中,真菌数量、pH 和渗透速率对磷素有效性的影响程度最大,其次为细菌、放线菌、速效氮和速效钾。

参 考 文 献

- [1] 熊毅,李庆逵,主编. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1990. 502~508
- [2] 徐明岗,张久权,文石林,主编. 红壤丘陵区牧草栽培与利用. 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 1~15
- [3] 文亦蒂, 蒋文兰, 冉繁军, 等. 云贵高原红壤退化人工草地土壤肥力变化与有效施肥技术研究. 草业学报, 2002, 11(1): 84~90
- [4] Reeder J D, Schuman G E. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. Environmental Pollution, 2002, 116: 457~463
- [5] Schuman G E, Reeder J D, Manley J T, et al. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. Ecological Applications, 1999, 9(1): 65~71
- [6] Wienhold B J, Hendrickson J R, Kam J F. Pasture management influences on soil properties in the Northern Great Plains. J. Soil and Water Conserv., 2001, 56(1): 27~31
- [7] Holt J A. Grazing pasture and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia. Appl. Soil Ecol., 1997, 5: 143~149
- [8] 刘世全,高丽丽,蒲玉琳,等. 西藏土壤磷素和钾素养分状况及其影响因素. 水土保持学报, 2005, 19(1): 75~79
- [9] 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. 中国草地, 2001, 23(4): 41~47
- [10] Hiernaux P, Bielders C L, Valentin C, et al. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands. J. Arid Environ., 1999, 41: 231~245
- [11] Leithead H L. Runoff in relation to range conditions in the big Bend-Davis Mountain section of Texas. J. Range Manage., 1959, 12: 83~87
- [12] Rauzi F, Smith F M. Infiltration rates: Three soils with three grazing levels in northeastern Colorado. J. Range Manger., 1973, 26: 126~129
- [13] 顾希贤. 红壤利用方式与微生物学特征. 土壤, 1992, 24(5): 268~269
- [14] 孙波,张桃林,赵其国. 我国中亚热带缓丘区红黏土红壤肥力的变化 II. 化学和生物学肥力的演化. 土壤学报, 1999, 36(2): 203~216

《土壤学报》荣获江苏省双十佳期刊奖

2008 年 3 月,在第六届江苏省优秀期刊表彰会上,《土壤学报》荣获江苏省新闻出版局授予的“江苏省双十佳期刊”称号。

据悉,目前江苏省共有各类期刊 400 余种。此次活动共评选出双十佳期刊 20 种(其中社会科学类、科学技术类各 10 种),优秀期刊 67 种(其中社会科学类 28 种,科学技术类 39 种)。

此次活动是为了配合出版物质量管理年活动的开展,促进江苏省期刊提高质量,进一步推动江苏省期刊事业的繁荣和产业发展,做优、做强、做大江苏期刊业,由江苏省新闻出版局于 2007 年 5 月发出《关于开展第六届江苏省期刊质量评估及优秀期刊评选活动的通知》,对全省期刊进行了质量评估定级,并在此基础上开展了优秀期刊评选活动。根据评估、评选原则和标准,按照严格评估、评选程序,评委会评选出了江苏省优秀期刊,并予以了表彰。