

不同放牧强度对贵州威宁人工草地植被和土壤特性的影响

李 硕¹, 李富祥², 李振松¹, 周晓鑫¹, 仝宗永¹, 商丽荣¹,

苗丽宏¹, 李向林¹, 万里强¹

(1. 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所, 北京 100193; 2. 贵州省威宁高原

草地试验站, 贵州 威宁 553100)

摘要: 贵州威宁地区栽培草地的建植常以鸭茅(*Dactylis glomerate*)和白三叶(*Trifolium repens*)为主, 通过在建植均匀的草地上进行分群分区放牧, 研究了不同羊群的放牧强度对人工栽培草地植被和土壤特征的影响。结果表明: 高强度放牧利用下的群落高度和地上生物量显著降低($P < 0.05$), 而低度和中度放牧处理下的群落高度和生物量均没有显著性变化($P > 0.05$); 放牧利用降低了鸭茅和白三叶的频度和盖度; 放牧利用对表土层土壤容重的影响不显著($P > 0.05$), 但是在高放牧压力处理中, 10~30 cm 土层土壤容重比其他处理平均升高 32%; 放牧对土壤化学性质有显著影响($P < 0.05$), 随着放牧强度的增加, 土壤养分含量呈下降趋势。综合草产量和草地恢复能力分析, 贵州威宁地区的栽培草地最适载畜量应该在 17~23 SU/hm²。

关键词: 放牧强度; 栽培草地; 植被特征; 土壤理化特性

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2019)04-0019-06

草地是地球上最大的陆地生态系统, 面积约为 32 亿 hm², 其中中国草地面积大约为 4 亿 hm², 具有重要的经济和生态价值^[1]。南方草地约占全国草地面积的 20%, 是南方耕地面积的 1.43 倍^[2-3], 是当地草地畜牧业发展的自然资源和重要物质基础。南方草地的水热条件较好, 没有雪灾、旱灾、风灾等自然灾害, 发展草地畜牧业的风险较小, 单位面积生产力高、牧草的生长期长, 一般可进行全年放牧, 因此, 发展南方草地畜牧业具有重大潜力^[4]。目前在南方地区草牧场实际生产经营活动中, 为获取较大的经济效益, 往往存在着多种放牧形式和放牧制度相结合的状况。

放牧活动是人类最早利用草地资源的方式, 也是

最主要的人类干扰方式, 牲畜经过采食, 践踏和排泄等活动对草地的植被和土壤都具有一定程度的影响。研究发现, 随着放牧强度增加, 植被群落的高度, 盖度及生物量都会大幅度降低^[5-8]。牲畜的采食偏好性也对原本的草地结构和多样性造成极大的破坏, 但适度放牧可使草地表现出最大的生产力和物种多样性^[9-10], 并且适度的放牧强度下进行草地管理可达到保证家畜生产和维持草地植被正常恢复的目的^[11-12]。牲畜的踩踏和排泄也会对草地土壤 pH、有机质、氮磷钾等营养成分含量造成不同程度的影响^[13-14]。研究表明, 随放牧强度增加, 土壤容重显著升高, 含水量降低, 速效钾和全氮含量增加^[15-17]。不同放牧方式, 划区轮牧具有超补偿性生长的作用, 其草地的净初级生产力(NPP)和生物多样性高于围封禁牧草地和自由放牧草地^[18-22]。

通过研究放牧强度对栽培草地植被, 土壤特征和性质的影响, 以期科学制定草地保护, 合理开发利用草地生产力, 提高南方栽培草地生态生产功能提供科学依据。

收稿日期: 2019-06-19; **修回日期:** 2019-07-02

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0502104); 国家牧草产业技术体系(CARS-34)资助

作者简介: 李硕(1989-), 男, 甘肃环县人, 在读博士。

E-mail: lishuo858@foxmail.com

万里强为通讯作者。

E-mail: wanliqiang@caas.cn

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于贵州省威宁高原草地试验站灼圃, E 104°04′48″~104°07′25″, N 27°10′33″~27°12′30″, 属高原缓丘地貌, 海拔 2 460 m, 年均降水量1 110 mm, 最高气温 29℃, 最低气温-9℃, 年平均气温 10℃, 无霜期 180 d。最热月平均气温 15. 5℃, 最冷月平均气温 0. 6℃。地处亚热带季风湿润区, 具有低纬度高海拔气候特点, 多雾潮湿, 适宜牧草生长。草地土壤为黄棕壤, pH 4. 1~4. 7, 平均有机质 6. 9%。

1.2 试验设计

中心草地面积 133. 33 hm², 以白三叶和鸭茅为主, 放牧试验区用活动电围栏加以围封, 根据牧工放牧经验以及区内草地不同季节长势, 可在不同草地之间进行轮换放牧, 轮换始末均测定草地植物和土壤的各

项指标。

试验分为 3 个处理。采用 3 群考力代半细毛绵羊开展轮牧小区放牧试验, 参考农业部行业标准以 45 kg 体重家畜为参照换算为标准羊单位 (Sheep unit, SU)^[23], 各个放牧处理分别为 A 处理即生产公羊群 (按 1. 2 个羊单位计算)、B 处理即育成羊群 (按 0. 6 个羊单位计算)、C 处理即母羊群 (按 1 个羊单位计算) (表 1)。

1.3 测定项目及方法

植株盖度, 频度和高度: 1 m×1 m 样方内分别分物种用样方网格法测量植物分盖度和出现的频度, 并记录 10 株的自然高度。每个处理 3 次重复, 每次轮牧前、后各测定 1 次。

群落生物量: 样方调查后, 将样方内全部植物齐地面刈割, 收集后置于烘箱内, 设置温度为 65℃烘干至恒重 (约 48 h), 测干重。

表 1 划区轮牧试验处理

Table 1 Different treatment of rotational grazing

处理	羊群	只数/只	体重/ (kg·只 ⁻¹)	小区面 积/hm ²	小区 数目	总面 积/亩	羊单 位/SU	载畜量 /(SU·hm ⁻²)	放牧 压力
A	公羊	104	55	1. 34	4	80	124. 8	23. 4	高
B	育成羊	150	30	1. 34	4	80	90	16. 9	中
C	母羊	100	46	2. 00	6	180	100	8. 3	低

注: 放牧前测定时间为 2018 年 6 月 19 日, 放牧后测定时间为 2018 年 7 月 18 日, 放牧时长约为 30 d

土壤容重: 样方内, 挖掘土壤剖面, 在 0~10, 10~20 和 20~30 cm 处分别取样品。用土壤环刀垂直向下压入土中, 直至环刀筒中充满样品为止, 把装有样品的环刀两端立即加盖, 以免水分蒸发, 随即称重 (精确到 0. 01g)。从环刀筒中取出样品装入铝盒, 烘干称重 (精确到 0. 01 g), 测定土壤含水量。

计算土壤容重:

$$\rho_b = m / (1 + \theta_m) V$$

式中: ρ_b 为土壤容重 (g/cm³); m 为环刀内湿样质量 (g); V 为环刀容积 (cm³), 100 cm³; θ_m 为样品含水量 (质量含水量) (%)。

土壤理化特性: 土壤有机质 (SOM) 采用重铬酸钾氧化-外加热法测定, 土壤全氮 (TN) 含量采用半微量凯氏定氮法测定, 土壤全磷 (TP) 采用酸溶-钼锑抗比色法测定, 土壤全钾 (TK) 含量采用原子吸收火焰光度

计法测定, 土壤速效氮 (AN) 采用碱解蒸馏法测定, 土壤速效磷 (AP) 采用 NaHCO₃-钼锑抗比色法测定, 土壤速效钾 (AK) 采用 NH₄OAc-火焰光度法测定^[24]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 19. 0 软件对所得数据进行处理和统计分析, 显著性分析采用单因素方差分析 (ANOVA) 中 Duncan 法。

2 结果与分析

2.1 不同放牧强度下草地植物群落的高度比较

对不同放牧强度下轮牧小区的群落整体自然高度进行测定 (图 1)。结果表明, 处理 A 中放牧后草地植物群落的高度显著降低 ($P < 0. 05$), 从 8. 3 cm 降低到 6. 2 cm, 而 B 和 C 在放牧前后植物高度没有显著性降低 ($P > 0. 05$)。

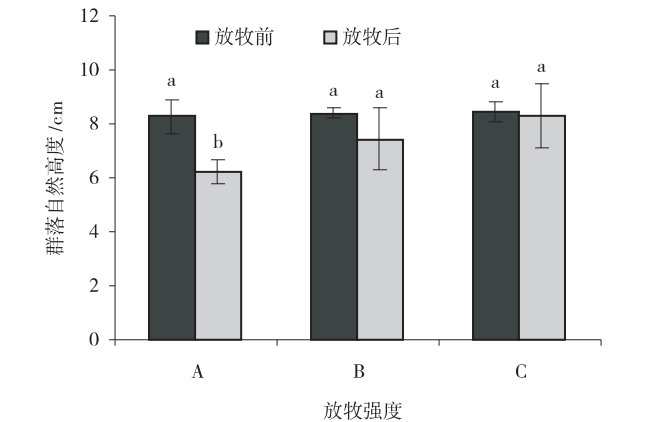


图 1 不同放牧强度下的群落自然高度

Fig.1 Natural height of community under different grazing intensities

注:不同小写字母表示同一放牧强度下不同放牧时间差异显著($P<0.05$),下同

2.2 不同放牧强度下草地植物的频度和盖度比较

放牧前后鸭茅频度与不同放牧强度之间无显著性差异,放牧后处理 A 与 B、C 处理之间白三叶频度差异显著($P<0.05$)。放牧后随着放牧强度的降低,白三叶频度分别为 60.0%,70.0%和 73.3%(表 2)。

植株的盖度在不同处理间具有明显的差别,放牧前后呈逐渐降低的趋势。轻度放牧(C 处理)下,放牧后鸭茅的盖度为 64.3%,最大;处理 B 下鸭茅盖度从放牧前的 83.0%降低到放牧后的 48.3%,且降低了 41.8%。

2.3 不同放牧强度对草地地上生物量的影响

不同放牧强度对草地地上生物量的影响,放牧前 A、B、C 处理的地上生物量分别为 229.5,277.9 和 269.6 g/m²,差异不显著,经过 30 d 放牧后 A、B、C 处

表 2 不同放牧强度下植株的频度和盖度

Table 2 Frequency and coverage of plants under different grazing intensities

处理	鸭茅频度/%		鸭茅盖度/%		白三叶频度/%		白三叶盖度/%	
	放牧前	放牧后	放牧前	放牧后	放牧前	放牧后	放牧前	放牧后
A (高)	93.2±11.5 ^a	76.7±8.8 ^a	78.7±5.9 ^a	53.0±5.0 ^b	80.3±3.3 ^a	60.0±5.8 ^b	73.3±1.2 ^a	35.3±5.4 ^c
B (中)	91.0±5.8 ^a	80.0±11.5 ^a	83.0±1.5 ^a	48.3±8.1 ^c	83.3±6.7 ^a	70.0±5.8 ^a	77.3±8.4 ^a	48.0±9.1 ^b
C (低)	92.0±0.0 ^a	80.0±10.0 ^a	83.3±2.0 ^a	64.3±1.2 ^a	83.3±3.3 ^a	73.3±8.8 ^a	70.7±3.2 ^a	63.7±10.8 ^a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异性显著($P<0.05$)

理的地上生物量分别为 164.9,235.0 和 252.1 g/m²,其中 A 处理的地上生物量显著低于 B 和 C 处理($P<0.05$)。在不同放牧强度下,放牧前后群落地上生物量均呈降低趋势,处理 B、C 的下降没有显著性差异,但是在 A 处理下,群落生物量由 229.5 g/m²下降到 164.9 g/m²,下降幅度达到 28.2%($P<0.05$),差异显著(图 2)。

2.4 不同放牧强度对土壤容重的影响

研究结果发现,处理 B、C 的深层土壤容重比浅层略高,差异不显著,但是在重度处理 A 放牧强度下,10~20、20~30 cm 的土壤容重明显比表层土壤(0~10 cm)容重较高。相应层次的土壤容重比较,处理 A 的表层土壤和处理 B、C 没有显著差异,但是 10~20、20~30 cm 的土壤容重比处理 B、C 显著升高,见图 3,说明重度放牧对深层土壤的容重具有显著影响。

2.5 不同放牧强度对土壤理化特性的影响

研究表明,放牧强度对表层土壤(0~10 cm)的全磷含量无显著影响,对速效氮、磷、钾,全氮、钾和土壤

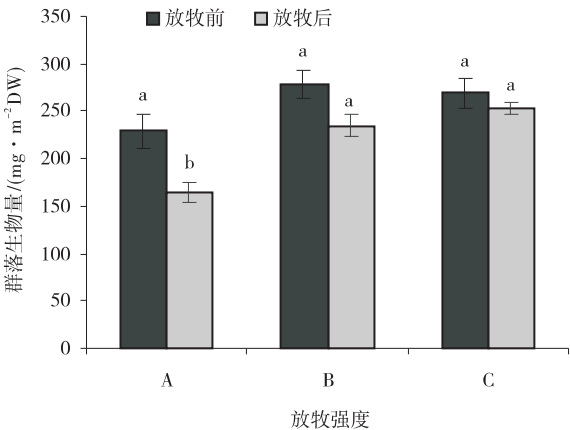


图 2 不同放牧强度下的群落地上生物量

Fig.2 Aboveground biomass of communities under different grazing intensities

有机质有显著影响($P<0.05$),且随着放牧强度的增加,呈逐渐降低的趋势。在一定的放牧强度下,随着土层深度的增加,速效氮、磷、钾,全氮、磷、钾和土壤有机质均呈降低趋势。同时,随着放牧强度的增加,不同土层的养分含量逐渐降低(表 3)。

表 3 不同放牧强度下土壤的理化特性

Table 3 Physical and chemical properties of soil under different grazing intensities

深度 /cm	处理	理化特性						
		AK	AN	AP	OM	TK	TN	TP
0~10	A	224.4±1.0 ^b	352.9±0.4 ^b	52.3±0.9 ^c	74.5±0.3 ^c	16.2±0.3 ^c	4.2±0.0 ^b	0.8±0.0 ^a
	B	235.9±2.8 ^a	358.5±2.3 ^b	58.8±0.9 ^b	80.2±0.3 ^b	19.6±0.1 ^b	4.8±0.0 ^a	1.1±0.0 ^a
	C	243.4±0.2 ^a	382.6±1.7 ^a	70.6±0.1 ^a	84.9±0.4 ^a	22.7±0.1 ^a	4.1±0.1 ^b	1.2±0.2 ^a
10~20	A	205.3±0.5 ^c	189.5±5.7 ^b	46.7±0.5 ^c	46.5±0.6 ^c	15.9±0.2 ^c	3.2±0.0 ^b	0.7±0.0 ^b
	B	213.9±0.5 ^b	267.7±1.6 ^a	49.7±0.1 ^b	59.3±0.5 ^b	18.1±0.3 ^b	3.6±0.1 ^a	0.8±0.0 ^b
	C	236.2±1.1 ^a	281.2±1.8 ^a	56.7±0.5 ^a	68.0±0.4 ^a	21.8±0.3 ^a	2.7±0.0 ^c	1.0±0.0 ^a

注:不同小写字母表示同一土层不同处理间差异显著($P<0.05$)

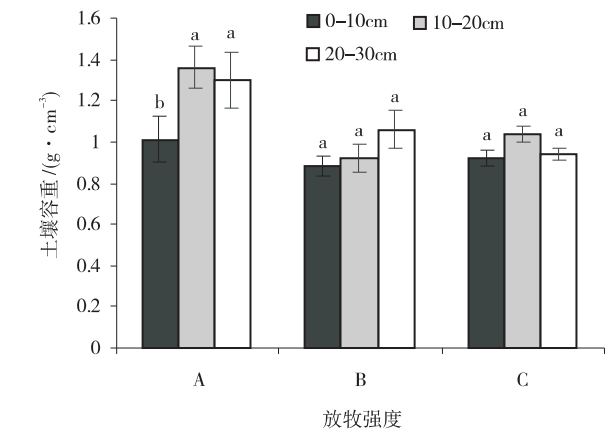


图 3 不同放牧强度下的土壤容重

Fig. 3 Soil bulk density under different grazing intensities

注:不同小写字母表示同一放牧强度下不同土层差异性显著($P<0.05$)

3 讨论

3.1 放牧强度对栽培草地植被特征的影响

频度和盖度是反映植株在群落中的比例和分布特征,高度主要反映植株在群落中的生物量变化。万里强等^[25]研究表明,南方草地重度放牧下植物盖度和群落高度逐渐降低,在试验中,放牧对栽培草地的2种建群种鸭茅和白三叶均有明显影响,重度放牧强度对鸭茅和白三叶的频度和盖度均有显著降低的影响。中度放牧(16.9 SU/hm²)下,对2种牧草的频度没有显著性影响,对盖度具有显著性影响,说明中度放牧条件下,牲畜的采食速率已经大于植株的生长速率,轻度放牧条件下,植物的高度和盖度相对较高,重度放牧条件下较低,表明随着放牧强度的增加,植物的高度和盖度逐渐降低^[26]。

而重度放牧对植株高度也具有显著性影响,同时重度放牧下群落生物量也具有显著下降,说明重度放

牧条件下已经对植株的正常生长和恢复产生了较严重的影响,有可能导致草地退化^[16-17,21]。试验采用划区轮牧的放牧方式,比较了连续放牧有利于人工草地的恢复和多样性的保持^[23]。试验得出,在贵州威宁地区的栽培草地最适载畜量应该在17~23 SU/hm²。

3.2 放牧强度对土壤理化特性的影响

土壤容重指单位容积原状土壤干土的质量,反映土壤结构、透气性、透水性能以及保水能力的高低。随着放牧强度的增加,土壤的紧实度会增大,容重逐渐增加^[15-16]。试验中,在重度放牧强度下,栽培草地的容重较大,表明随着放牧强度的增加,土壤的紧实度也在逐渐增大。较强的放牧压力下,经过牲畜频繁的踩踏使深层土壤紧实度加大,容重升高,重度放牧强度下,随着土层深度的增加,土壤容重有逐渐升高趋势^[26]。放牧对于土壤容重的影响体现在表层,对深层土壤的影响并不显著^[15]。

土壤是植物生长的基质,土壤的理化特性直接影响着放牧草地的群落特征,放牧可以改变土壤中养分的循环过程,有研究表明放牧可以加快土壤养分循环^[27],也有研究表明放牧抑制了土壤养分循环^[28],不同放牧强度对土壤养分的影响不同。试验中,土壤速效氮、磷、钾,全氮、钾和土壤有机质都在轻度放牧(A)处理下含量最高,且随放牧强度的增加呈下降趋势,重度放牧强度下土壤养分含量相对较低^[29-30],主要是因为随着放牧强度的增加,土壤微生物的活性降低、土壤的植物枯落物减少,降低了土壤养分含量^[31];中度放牧强度下,土壤全氮相对较高,轻度放牧条件下,土壤的理化指标(除土壤全氮)含量相对较高,适度的放牧强度对草地的肥力有较大的恢复^[32]。试验中,随着土层深度的增加,土壤养分呈下降趋势,研究报道^[33],放

牧主要影响土壤表层的理化性质,随着土层深度的增加,影响作用越来越小。

4 结论

重度放牧对鸭茅、白三叶的频度和盖度及植物群落的高度均显著降低,而中度和轻度放牧在放牧前后对植株频度和群落高度没有显著性影响。

与轻度和中度放牧相比,重度放牧强度下栽培草地群落生物量呈显著下降的趋势。随着土层深度的增加,土壤养分呈下降趋势,轻度放牧强度下土壤的养分含量最高。

贵州威宁地区的栽培草地最适载畜量试验表明在 $17\sim 23\text{ SU/hm}^2$ 。

参考文献:

- [1] 陈佐忠,汪诗平,王艳芬. 中国典型草原生态系统[M]. 北京:科学出版社,2000:1—5.
- [2] 张卫建,谭淑豪,江海东,等. 南方农区草业在中国农业持续发展中的战略地位[J]. 草业学报,2001,10(2):1—6.
- [3] 杨汝荣. 南方红壤丘陵地区草地资源开发潜力分析[J]. 江西农业大学学报,2000,12(2):192—198.
- [4] 张新时,李博,史培军. 南方草地资源开发利用对策研究[J]. 自然资源学报,1998,13(1):1—7.
- [5] 赵婧,韩国栋,王树森,等. 不同载畜率对荒漠草原植物群落特征的影响[J]. 草原与草业,2015,27(3):36—46.
- [6] 张伟华,关世英,李跃进. 不同牧压强度对草原土壤水分、养分及其地上生物量的影响[J]. 干旱区资源与环境,2000,14(4):62—65.
- [7] 殷桂涛,董婉珍. 不同放牧强度对草地植被群落特征的影响[J]. 草食家畜,2016(1):45—50.
- [8] 万里强,李向林,陈玮玮,等. 不同放牧强度对南方人工草地植被特征的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(1):290—4.
- [9] 仁青吉,武高林,任国华. 放牧强度对青藏高原东部高寒草甸植物群落特征的影响[J]. 草业学报,2009,18(5):256—61.
- [10] 杨婧,褚鹏飞,王明玖,等. 基于牧场生产力的内蒙古典型草原载畜率研究[J]. 干旱区资源与环境,2017,31(1):76—81.
- [11] 罗惦,柴林荣,常生华,等. 我国青藏高原地区牦牛草地放牧系统管理及优化[J]. 草业科学,2017,34(4):881—891.
- [12] 侯扶江,杨中艺. 放牧对草地的作用[J]. 生态学报,2006,26(1):54—64.
- [13] 舒健虹,蔡一鸣,丁磊磊,等. 不同放牧强度对贵州人工草地土壤养分及活性有机碳的影响[J]. 生态科学,2018,37(1):42—48.
- [14] 邬嘉华,王立新,张景慧,等. 温带典型草原土壤理化性质及微生物量对放牧强度的响应[J]. 草地学报,2018,26(4):832—840.
- [15] 祝景彬,贺慧丹,李红琴,等. 牧压梯度下高寒草甸土壤容重及持水能力的变化特征[J]. 水土保持研究,2018,25(5):66—71.
- [16] 牛钰杰,杨思维,王贵珍,等. 放牧强度对高寒草甸土壤理化性状和植物功能群的影响[J]. 生态学报,2018,38(14):5006—5016.
- [17] 王天乐,卫智军,刘文亨,等. 不同放牧强度下荒漠草原土壤养分和植被特征变化研究[J]. 草地学报,2017,25(4):711—716.
- [18] 刘艳,卫智军,杨静,等. 短花针茅草原不同放牧制度的植物补偿性生长[J]. 中国草地,2004,26(3):19—24.
- [19] 敖敦高娃,宝音陶格涛. 不同时期放牧对典型草原群落地上生产力的影响[J]. 中国草地学报,2015,37(2):28—34.
- [20] 李勤奋,韩国栋,敖特根,等. 划区轮牧中不同放牧利用时间对草地植被的影响[J]. 生态学杂志,2004,24(2):7—10.
- [21] 于丰源,秦洁,靳宇曦,等. 放牧强度对草甸草原植物群落特征的影响[J]. 草原与草坪,2018,30(2):31—7.
- [22] 孙红,于应文,马向丽,等. 长期刈牧利用下贵州高原黑麦草+白三叶草地养分和植被构成变化[J]. 草业科学,2013,30(10):1575—1583.
- [23] 中华人民共和国农业部. NY/T 635-2015 天然草地合理载畜量的计算[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [24] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版). 北京:农业出版社,1981.
- [25] 万里强,李向林,陈玮玮,等. 不同放牧强度对南方人工草地植被特征的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(1):290—294.
- [26] 蒯晓妍,邢鹏飞,张晓琳,等. 短期放牧强度对半干旱草地植物群落多样性和生产力的影响[J]. 草地学报,2018,26(6):1283—1289.
- [27] Douglas A, Frank R, David Evans. EFFECTS OF NATIVE GRAZERS ON GRASSLAND N CYCLING IN YELLOWSTONE NATIONAL PARK [J]. Ecology, 1997,78(7):111—118.
- [28] Wilson J B, Agnew A D Q. Positive-feedback Switches in Plant Communities[J]. Advances in Ecological Research,

- 1992,263(6):263—336.
- [29] 史印涛,关宇,张丞宇,等. 放牧强度对小叶章草甸土壤理化性状的影响[J]. 中国草地学报,2013,35(2):83—88.
- [30] Yingzhong Xie, Rüdiger Wittig. The impact of grazing intensity on soil characteristics of *Stipagrandis* and *Stipabungeana* steppe in northern China (autonomous region of Ningxia)[J]. *Acta Oecologica*,2004,25(3):78—86.
- [31] Seastedt T R. Maximization of Primary and Secondary Productivity by Grazers[J]. *The American Naturalist*, 1985,126(4):559—564.
- [32] 晋亚龙. 云南大山包湿地不同放牧强度下泥炭土理化性质研究[D]. 昆明:云南师范大学,2017.
- [33] 干友民,李志丹,王钦,等. 川西北亚高山草甸放牧退化演替研究[J]. 草地学报,2005,(1):48—52.

Effect of different grazing intensity on plant community and soil property in cultivated grassland in Weining, Guizhou Province

LI Shuo¹, LI Fu-xiang², LI Zhen-song¹, ZHOU Xiao-xin¹, TONG Zong-yong¹,
SHANG Li-rong¹, MIAO Li-hong¹, LI Xiang-lin¹, WAN Li-qiang¹

(1. *Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;*
2. *Guizhou Plateau Grassland Experimental Station, Weining 553100, China*)

Abstract: The cultivated grassland is usually constructed with cocksfoot and white clover as the main species in Weining, Guizhou province. The grassland was divided into different zones for grazing, which explored effect of grazing intensity of different sheep groups on plant community and soil properties of cultivated grassland in the experiment. The results showed that the height of plant community and aboveground biomass were significantly decreased under the high grazing intensity ($P < 0.05$), while there were no significant differences on the height of plant community and aboveground biomass in medium and low grazing intensity groups, the frequency and coverage of cocksfoot and white clover were decreased by grazing. There was no significant differences by grazing on soil bulk in the topsoil layer. On the contrast, soil bulk in the 10~30 cm soil layer was 32% higher than other grazing intensity. There were significant differences ($P < 0.05$) on soil chemical properties by grazing intensity, with the increasing of grazing intensity, there was a decreasing trend on soil nutrient content. Regarding the grassland yield and restoring ability, the optimal capacity on livestock of cultivated grassland was 17~23 SU/hm² in Weining, Guizhou province.

Key words: Grazing intensity; cultivated grassland; vegetation properties; soil physical and chemical properties