

滇西北亚高山草地的地下生物量及净初级生产力研究

刘玲玲^{1,3}, 吴兆录^{1,2}, 李青^{1,3}

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南昆明 650223; 2. 云南大学生态学与地植物学研究所, 云南昆明 650091; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:以滇西北香格里拉县达拉藏族村寨为研究对象,研究了自由放牧草地、围栏刈草草地、人工种植草地等3种利用方式草地的地下生物量的变化规律,并估算不同草地的地下净初级生产力。发现3种利用草地地下生物量在1 a内随时间推移呈现“双峰型”变化,即有2个峰值。各层生物量垂直分布呈“T”型递减趋势。地下净初级生产力围栏刈草草地>人工种植草地>自由放牧草地。认为在滇西北亚高山草地,放牧使地下生物量减少且有更加浅层化的趋势,生产力也较低;翻耕使地下生物量明显减少,但是加快了根系转换率,对生产力有所提高;传统围栏刈草的管理方式较好地维持了地下生物量和生产力,有利于草地复苏。

关键词:亚高山草地;藏族;地下生物量;地下净初级生产力

中图分类号:Q 948.123 **文献标识码:**A **文章编号:**0258-7971(2006)S1-0314-05

亚高山草地是中国西部重要的自然生态系统^[1],具有物种维护、产品供给、生态调节、文化服务等多重生态服务功能^[2]。滇西北是青藏高原的组成部分^[3],海拔3 000 m以上地区基本为藏族居住,该地区草地属亚高山草地,山高水冷,农作物生长缓慢,畜牧业和林业是人们最重要的生活依靠^[4]。国家实施禁伐天然森林政策以后,森林得到了管护,草地却受到更为强烈的利用,草地退化成了严峻的现实问题^[5,6]。轮牧作业是当地藏民传统畜牧方式。近年来,该地区牲畜数量不断增加和轮牧活动减弱,越来越多的牲畜放养在村寨附近,使这里的草场退化相当严重^[7,8],大狼毒(*Euphorbia jolkinii*)、西南鸢尾(*Iris bulleyana*)等适口性低甚至有剧毒的杂草疯涨蔓延。轮牧作业衰退是该地区草地退化的人文因素^[9]。因此,如何有效利用和管理草地资源,成了重要的现实问题。本文根据对滇西北藏族村寨的具体研究,探讨不同利用方式对草地地下生物量及生产力的影响。

1 研究地点和方法

1.1 研究地概况 滇西北地处青藏高原向云贵高

原和四川盆地的过渡地带,是横断山脉的主体部分,有丰富的草场面积。以藏族为主的迪庆州有适宜放牧的荒山草地达456 700 hm²,特别是香格里拉县,有大面积连片的高山亚高山草甸,农牧业条件较好。达拉村隶属香格里拉县建塘镇四村办事处,位于县城以东约15 km。在香格里拉县城至碧塔海旅游景区的途中向南越过一个山垭,是面积约5 km²的山间盆地,盆地周围的山地是云杉林、高山松林、硬叶常绿阔叶林,以及被砍伐形成的次生林或矮灌丛。盆地内散落着达拉等6个藏族村寨。达拉村位于该盆地的入口处,地理位置为27°47′27.8″N, 99°46′27.8″E,海拔3 350 m。2002年该村有23户、128人,大牲畜343头,羊46只,猪142头,耕地32.1 hm²。主要种植青稞、马铃薯、蔓菁等,其中青稞11.1 hm²总产量25.88 t。粮食能够自给,村民的经济来源主要是畜牧业和采集非木材产品。

2002年以前,属于达拉村的林间公共草地按照不同利用方式可以划分为2种类型。一种是围栏刈草草地,每年9月中旬左右收割,收割下的草留

* 收稿日期:2006-04-21

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-1-09-06)

作者简介:刘玲玲(1982-),女,硕士生,主要从事植物生态学方面的研究。

通讯作者:吴兆录(1982-),男,教授,主要从事生态学教学与研究, Email: zlwu@xtbg.ac.cn.

待牲畜过冬食用,收割后在围栏里放牧一段时间.另一种是自由放牧草地,是常年公共放牧的草地类型.2002 年,得到当地政府的协助,达拉村在原来自由放牧的草地上圈出约 2 hm² 草地,翻犁平整后种植黑麦草 (*Lolium perenne*),其后任其自然生

长,每年 9 月中旬收割 1 次,也进行一段时间的放牧.因此,就利用管理而言,达拉村公共草地可以分为 3 种类型,即自由放牧草地(简称放牧草地),围栏刈草草地(刈草草地),人工种植草地(种植草地)(表 1).

表 1 3 种不同类型草地的特点
Tab. 1 Characteristics of the studied meadows

草地类型	草地概况	放牧强度	放牧时间	优势群落
放牧草地	常年公共放牧草地	强	常年	禾草、莎草类
刈草草地	传统围栏刈草草地,9 月中旬割草后放牧	中	10,11 月	禾草、莎草类
种植草地	翻耕后种植黑麦草,9 月中旬割草后放牧	中	10,11 月	黑麦草、其他禾草类

1.2 研究方法

1.2.1 野外取样 调查时间为一周年,共 4 次,具体时间分别是 2004 年 8 月 29 日至 9 月 15 日,2005 年 3 月 28 日至 4 月 5 日,5 月 24 日至 6 月 7 日,8 月 24 日至 9 月 10 日.

结合本研究地点的情况,地下生物量的调查只取 0~15 cm,分 0~5 cm,5~10 cm,10~15 cm 3 层.地下生物量计算时不区分死根、活根,一是因为区分比较困难,二是对于比较研究来说,不区分死根和活根对结果的分析影响不大.这种取样方式是根据同行的相关研究确定的.例如,孙力安等^[11]、宇万太等^[12]对国内外草地地下生物量研究的综述文章,认为天然草地的地下根量 80 %分布在表层(0~20,30 cm),刘建军等^[13]研究蒙古克氏针茅(*Stipa krylovii*)-冷蒿(*Artemisia frigida*)草原时指出草原生态系统地下生物量在土壤中垂直分布规律自地表向下呈指数函数减小,主要集中在 0~30 cm 的土层.

在 3 种利用类型草地里,各随机取 3 个 10 m ×10 m 样方作为基础样地,在其中,按对角线法随机选取 5 个 1 m ×1 m 小样方.采用土钻法,取样工具为直径 5 cm 的土钻.在已收割全部地上部分的小样方中,扫除地表杂物,分 0~5,5~10,10~15 cm 取样,其中 2004 年 1 次调查只取 1 个土柱,其他 3 次调查均取 2 个土柱.因此,2004 年的调查每种利用类型草地有 15 个取样点,共取得 45 个土柱;2005 年 3 次调查每种利用类型草地有 30 个取样点,共取得 90 个土柱.

1.2.2 地下生物量的测定 样品分层装入自封袋

带回室内清洗,处理,可得各层根系重量和各层根重比例.根系清洗时,先拣去土壤中较大的石块杂物,然后在 1 mm 和 0.5 mm 孔径的筛子内用清水冲洗,冲洗时 1 mm 孔径筛在上,0.5 mm 孔径筛置于下方,这样较粗的根留在 1 mm 孔径筛中,细毛根则留在 0.5 mm 孔径筛中,如此反复过筛冲洗,使附在根上的细土粒减到最低限度.用镊子将根系从筛子中挑出,不区分死根和活根,分层装入纸袋,置于鼓风干燥箱中,80 ℃ 恒温下经 24 h 烘至恒重称其干重,最后换算成单位面积草地的地下生物量.

1.2.3 地下净初级生产力 通过根系生物量的测定,可以得到不同层次中根量的季节性变化.目前通用的方法有:采用 1 a 内根系生物量最高值和最低值来测定草地的根系年生长量,即将 1 a 之内不同层次根系量的最大差值相累加,即是当年根系的生产量;利用根系的转换率(turnover rate, T)与最大生物量的乘积来估算根的生产量^[17],即

$$NPP = B_{max} \times T$$

根系在 1 a 12 个月的转换率的计算公式是: $T = (B_{max} - B_{min}) / B_{mean}$,其中 B 为生物量, T 为转换率.

本研究采用根系转换率与最大生物量乘积来估算根的生产量,即地下净初级生产力.

2 结果和分析

2.1 地下生物量时序动态 宇万太等在对植物地下生物量研究进展的总结中得出结论,在一个生长季中,植物的地下生物量会有很大的变化,其变化

趋势主要有 2 种类型:单峰型和双峰型^[12]. 研究地点 3 种利用类型草地的地下生物量均呈“双峰型”变化,即 1 a 内有 2 个峰值出现. 分别出现在生长初期和末期,由于利用方式不同,各草地植物的生长周期会有所不同,因此各草地达到峰值的时间亦有所差异. 放牧草地和种植草地在 4 月左右达到第 1 个峰值,刈草草地达到第 1 个峰值在 6 月左右. 本调查没有调查草地植物群落生长最末期的地下生物量,但是根据 2004 和 2005 2 a 间的数据可以预测,3 种利用类型草地的地下生物量在生长末期(10,11 月)均应是有所增加,只是增加的幅度有差异(图 1).

2.2 地下生物量垂直分布规律 3 种利用类型草地地下生物量均呈垂直递减趋势,即表层生物量最高,呈“T”型(图 2). 这与其他研究者对天然草地地下生物量垂直分布的研究结果是一致的^[11,12]. 但是,与前人研究结果^[11~13]比较,滇西北亚高山草地地下生物量更趋于表层化,0~5 cm 的生物量占地

下生物量的比例较大,在 50 %以上. 其中,放牧草地更为明显,2005 年 3 次调查 0~5 cm 地下生物量均占 3 层总量的 70 %左右,远大于种植草地和刈草草地,而 5~10,10~15 cm 的则较低(表 2).

2.3 不同利用方式草地的地下生物量 结果表明,放牧草地 3 层总地下生物量与刈草草地比较有减少的趋势,但不是很明显. 种植草地总地下生物量以及各层生物量大多低于其他 2 种草地(表 3). 认为常年不间断放牧使得地下生物量有减少的趋势,翻耕明显减少了地下生物量的储存.

2.4 不同利用方式草地的地下净初级生产力 利用根系的转换率与最大生物量的乘积来估算根的生产量. 放牧草地、刈草草地、种植草地的地下净初级生产力分别为 1 307.2, 1971.4, 1 610.9 g/(m²·a)(表 4). 可以看出,根系转换率的大小依次是:种植草地>刈草草地>放牧草地,地下净初级生产力的大小依次是:刈草草地>种植草地>放牧草地.

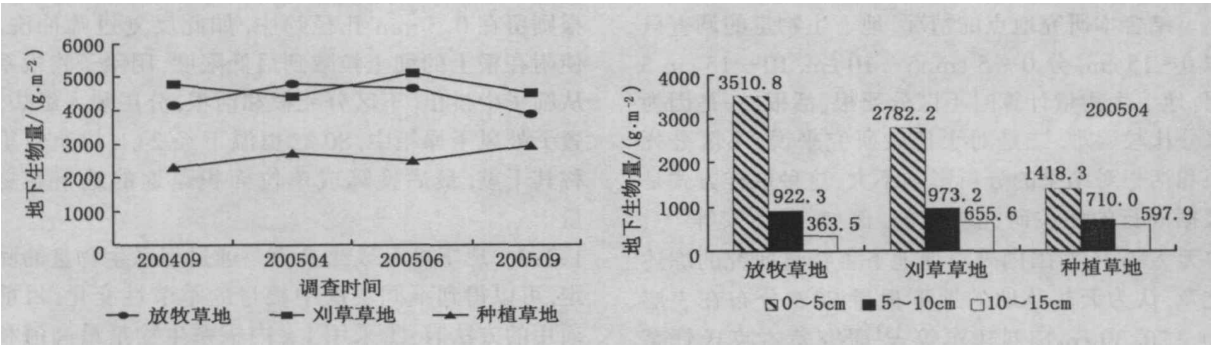


图 1 3 种类型草地地下生物量时序动态

Fig. 1 Temporal variation of below-ground biomass in the studied meadows

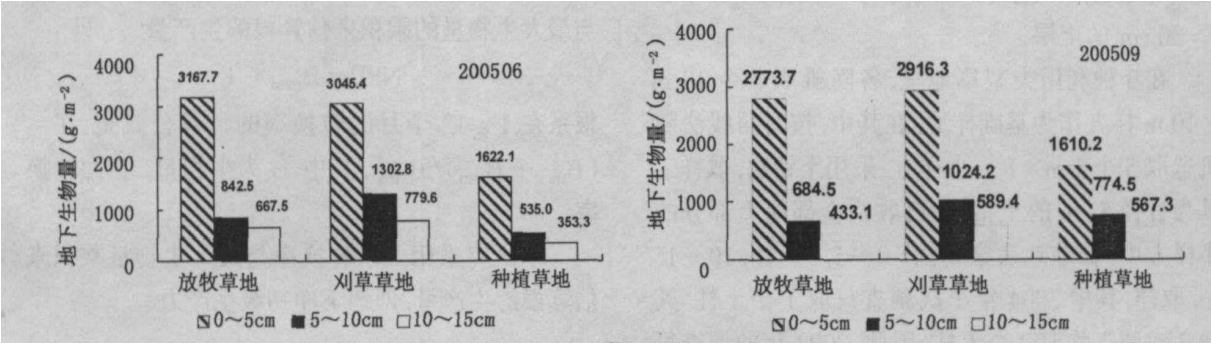


图 2 3 种类型草地地下生物量垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of below-ground biomass in the studied meadows

表 2 3 种管理类型草地地下生物量各层所占比例

Tab.2 Percent of below - ground biomass of the studied meadows									%
草地利用 类型	2005 年 4 月			2005 年 6 月			2005 年 9 月		
	0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm	10 ~ 15 cm	0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm	10 ~ 15 cm	0 ~ 5 cm	5 ~ 10 cm	10 ~ 15 cm
放牧草地	73.19	19.23	7.58	67.72	18.01	14.27	71.28	17.59	11.13
刈草草地	63.07	22.06	14.86	59.39	25.41	15.20	64.38	22.61	13.01
种植草地	52.02	26.04	21.93	64.61	21.31	14.07	54.55	26.24	19.22

表 3 3 种草地类型地下生物量

Tab.3 Below - ground biomass of the studied meadows												g/ m ²
草地利 用类型	2004 年 9 月			2005 年 4 月			2005 年 6 月			2005 年 9 月		
	N	B	SE	N	B	SE	N	B	SE	N	B	SE
放牧草地	15	4150.4	369.4	30	4796.6	228.0	30	4677.7	163.8	30	3894.7	251.1
刈草草地	15	4780.5	428.3	30	4411.0	240.2	30	5127.8	240.2	30	4529.9	190.9
种植草地	15	2303.2	204.7	30	2726.1	157.4	30	2510.4	157.4	30	2952.0	170.0

N : 样本数 ; B : 生物量 ; SE : 标准误

表 4 3 种草地类型地下净初级生产力

Tab.4 Below - ground NPP of the studied meadows		
草地利用类型	转换率/ %	地下净初级生产力/ (g · m ⁻² · a ⁻¹)
放牧草地	27.3	1 307.2
刈草草地	44.7	1 974.1
种植草地	59.1	1 610.9

3 结论和建议

滇西北亚高山草地地下生物量在 1 a 内随时间推移呈现“双峰型”变化,即有 2 个峰值,分别出现在植物生长初期和植物生长末期.在植物生长初期,植物的地上部分和地下部分同时增长,地下部分生物量达到 1 个峰值,随后随着植物的生长,地下部分向地上部分输送营养,地下部分生长减少.在生长末期,地上部分向地下部分转化,使得地下部分生物量达到另一个峰值.

草地地下生物量垂直分布呈“T”型,即各层生物量呈递减趋势,且表层所占比例较大.自由放牧草地地下生物量总量较小,而近地表的生物量比例明显大于其他两种利用类型草地,大多研究表明,连续的过度放牧会减少植物地下部分的数量、大小和分布范围^[13~15].也有研究表明,放牧不会改变草地地下生物量总量,但是会影响各层的比例,Joseph (1964)指出,草地放牧强度的增加使得地下

靠近表土的根系所占比例显著增大,从而使地下部根系浅层化^[16].因此,认为自由放牧草地常年不间断放牧使地下生物量更加浅层化,集中分布在 0 ~ 5 cm.另外,种植草地总地下生物量和各层生物量大多低于其他两种利用类型草地,应该是翻耕使地下生物量明显减少的结果.

不同管理的 3 种草地类型地下净初级生产力的大小依次是刈草草地 > 种植草地 > 放牧草地,根系转换率的大小依次是种植草地 > 刈草草地 > 放牧草地.由此看来,放牧使草地的地下生产力降低,传统围栏刈草的利用方式有利于维持草地地下生产力,翻耕有利于提高草地的根系转化率,对生产力也有所提高.

在滇西北亚高山的寒冷气候条件下,草地地下生物量的积累或生产力的提高,为草地来年复苏提供了物质基础.自由放牧使地下生产力降低,翻耕虽有利于提高草地的根系转化率,对生产力也有所提高,但是当地藏民难以接受这种管理方式,而传统的围栏刈草利用方式生物量积累高、生产力大,利益草地复苏,也容易被当地藏民接受.因此,管理部门应该加以正确的引导,在有利当地藏民的情况下控制牲畜数量,降低放牧强度,同时注意推广简单易行的围栏刈草这种草地利用方式.

致谢 研究过程中,得到本单位徐宁、张传领同学,达拉村汪学等村民和 TNC 香格里拉办事处和强、吴玉成等同仁的支持和帮助,深表谢意.

参考文献:

- [1] 李文华. 青藏高原生态系统及优化利用模式[M]. 广州: 广东科技出版社, 1998, 280-310.
- [2] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华. 草地生态系统服务功能分析及其评价指标体系[J]. 生态学杂志, 2004, 23(6): 155-160.
- [3] 李明森. 藏北高原草地资源合理利用[J]. 自然资源学报, 2000, 15(4): 335-339.
- [4] 严作良, 周华坤, 刘伟. 江河源区草地退化状况的成因[J]. 中国草地, 2003, 25(1): 73-78.
- [5] 吴征镒, 朱彦承. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987, 300-330.
- [6] 齐扎拉. 中国藏区县域经济探索[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1997.
- [7] 包维楷, 吴宁. 滇西北德钦县高山亚高山草甸的人为干扰状况及其后果[J]. 中国草地, 2003, 25(2): 1-8.
- [8] 罗鹏, 许建初, 裴盛基. 滇西北地区草地畜牧业与自然保护矛盾初探[J]. 中国草地, 2001, 23(3): 1-5.
- [9] 吴兆录, 蔡传涛, 许又凯, 等. 轮牧传统衰退: 滇西北藏区亚高山草地退化的人文因素[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(6): 1-4.
- [10] 姜恕. 草地生态研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [11] 孙力安, 梁一民, 刘国斌. 草地地下生物量研究综述[J]. 国外畜牧学: 草原与牧草, 1993, 1: 6-14.
- [12] 宇万太, 于永强. 植物地下生物量研究进展[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 927-932.
- [13] 刘建军, 浦野忠朗, 鞠子茂, 等. 放牧对草原生态系统地下生产力及生物量的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 88-93.
- [14] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原地下生物量的影响[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 198-203.
- [15] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率与小嵩草高寒草甸暖季草地地上、地下生物量相关分析[J]. 草业科学, 2005, 22(5): 65-71.
- [16] 韩国栋, 卫智军. 不同放牧强度植物地下生物量及贮藏养分的研究[J]. 牧草与饲料, 1990, 2: 16-19.

A study on below - ground biomass and net primary production of sub - alpine meadow in Northwest Yunnan Province

LIU Ling-ling^{1,3}, WU Zhao-lu^{1,2}, LI Qing^{1,3}

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 2. Institute of Ecology and Geobotany, Kunming, 650091, China; 3. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China)

Abstract: Below - ground biomass and net primary production were investigated in three used types communal grassland: grazing pasture, forage grassland, cultivated grassland in a tibetan village, Dala, Shangri-la county in Northwest Yunnan Province. The comparative studies were explicated from temporal variation and vertical distribution. Study results suggest that the temporal variation of below - ground biomass of three grasslands all represent two peak value, and the vertical distribution represent T model. The sequence of net primary production is forage grassland, cultivated grassland, grazing pasture. Perennial grazing reduce the below - ground biomass and mostly distribution in surface layer, at the same time, production is also reduced. A thorough cultivation can decrease below - ground biomass obviously, but accelerate the turnover rate of roots and also advance the production. The traditional forage grassland maintains the below - ground biomass and production well, benefiting the resuscitation of meadows.

Key words: sub - alpine meadow; Tibetan; below - ground biomass; below - ground net primary production