



季节放牧对高寒草原植被群落和生物量的影响

张晓玲^{1,2}, 徐田伟¹, 谭攀柱³, 耿远月^{1,2}, 刘宏金^{1,2}, 徐世晓¹

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所, 西宁 810008; 2. 中国科学院大学,
北京 100049; 3. 青海大学 生态环境工程学院, 西宁 810006)

摘要 为研究不同放牧时段对高寒草原植被群落和生物量的影响,对青海省海北高寒草原的连续放牧地、暖季放牧地以及冷季放牧地进行群落调查、样品采集和统计分析。结果表明:与常年连续放牧相比,暖季放牧和冷季放牧显著提高高寒草原的群落高度、群落盖度和代表性牧草高度;季节性放牧较常年放牧显著增加禾本科生物量、莎草科生物量、地上总生物量和优质牧草产量;地下总生物量变化趋势为冷季放牧>暖季放牧>连续放牧,其中冷季放牧显著高于常年放牧;冷季放牧地的草地生产力显著高于常年放牧地,但与暖季放牧地的草地生产力差异不显著。在海北高寒草原地区,采用季节性放牧有助于提高高寒草原群落高度、盖度和草地生产力。可以适当鼓励牧民进行季节性放牧,促进天然草地合理利用。

关键词 放牧时段;群落结构;草地生物量;草地生产力;高寒草原

中图分类号 S812

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)10-1576-07

高寒草原是由耐寒的多年生典型旱生草本植物构成的一种草地类型,在青藏高原广泛分布,它不但是亚洲中部高寒环境中典型的生态系统之一,在世界高寒地区也具有一定代表性^[1-2]。放牧作为高寒草原利用的主要方式之一^[3],推动着牧区经济的发展。但过度放牧使得植物高度、丰富度、地上和地下生物量下降,植被盖度减小,进而导致高寒草原退化,这对青藏高原的生态环境和高寒地区生态畜牧业的发展造成严重威胁,影响牧区人民的生存发展^[4-5]。

放牧致使草地退化是一个渐变过程^[6],主要来自家畜的选择性采食与踩踏活动^[7-8]。在传统放牧模式下,草地资源的不合理利用使得草地退化日益严重,草地生态系统的结构和功能遭到严重破坏^[9]。为解决传统放牧对草地的影响,近年来,有关合理放牧管理的研究发现,放牧时段的优化对草原群落的结构及生产力等具有一定的积极作用^[10]。然而,更多研究集中在放牧强度等对草地的影响,有关放牧时段的研究相对较少。因此,

本试验以海北州海晏县高寒草原为研究对象,通过调查不同放牧时段试验样地中的各项生态指标,探讨不同放牧时段对草原植被群落的影响,揭示高寒草原群落高度、盖度和生物量对不同放牧时段的响应,从而优化放牧时段,减轻草场压力,为合理放牧提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在青海省海北州西海镇海北高原现代生态畜牧业科技示范园进行,地理位置 36°55'N, 100°57'E。该地区属于高原亚干旱气候,平均海拔 3 029 m,年均气温 1.5℃,年降水量约 400 mm,牧草生长期 120 d 左右,牧草 5 月上旬开始返青,9 月上旬开始枯黄^[11]。植被以禾本科牧草为优势,其次是莎草科、菊科、蓼科等^[12]。

1.2 试验设计和研究方法

在海北高原现代生态畜牧业科技示范园的连续放牧地、暖季放牧地(5—9 月)和冷季放牧地

收稿日期:2019-04-10 修回日期:2019-06-18

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA20050104, XDA23060603);国家重点研发计划(2018YFD0502301, 2016YFC0501905, 2016YFC0501805);青海省三江源二期工程科研与推广项目(2018-S-2);青海省科技支撑(2019-SF-149, 2019-SF-153);中国科学院西部青年学者 B 类(2017)。

第一作者: 张晓玲,女,博士研究生,研究方向为放牧家畜生态学。E-mail:18362985573@163.com

通信作者: 徐田伟,男,助理研究员,研究方向为畜牧学。E-mail:xutianwei@nwipb.cas.cn

徐世晓,男,研究员,博士生导师,研究方向为青藏高原生态畜牧业。E-mail:sxxu@nwipb.cas.cn

(10月—翌年4月)放牧藏系绵羊,放牧强度为3.0只羊单位/hm²,其中暖季放牧样地和冷季放牧样地其他季节休牧。不同放牧时段3个样地内的土壤、环境因子和植被相似,以减少其他因素对试验结果的干扰。采样工作于2017年开展,2017年8月中旬分别在3块放牧地进行群落结构调查,获取地上生物量和地下生物量,每个试验样地设置5个样方重复,样方的大小为50 cm×50 cm。

1.2.1 群落调查 在制定的样地内设计5个重复样方,利用直尺测量并记录群落的平均高度(每个样方取5个重复;4角+中心)和单种植株的高度(4~5个重复);采用目测法估测群落的总盖度及单种植物的分盖度;分别记录各样方内物种的种类、高度和盖度等指标。

1.2.2 植被地上生物量 采用刈割法齐地面按照禾本科、莎草科、豆科和阔叶类草剪取地上部分,分装入档案袋,带回实验室烘干,称取干质量并记录,烘干后的植物干质量总和即为地上总生

物量。

1.2.3 植被地下生物量 在上述试验样方内,用直径5 cm的根钻分别对0~10 cm、10~20 cm和20~30 cm的土层钻取土壤样品,收至自封袋中,在实验室将地下土柱过筛,用0.5 mm孔径的尼龙网袋进行河边清洗、分拣沙粒,晾至不滴水后将得到的地下根系装入纸袋,而后置于烘箱内烘干,至恒量后称量,不同土层中根系干质量之和即为地下生物量。

1.3 数据处理与分析

数据使用SPSS 20.0做单因素方差分析,以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 放牧时段对植被群落结构的影响

2.1.1 群落高度、群落盖度和物种丰富度 由表1可知,冷季和暖季放牧样地的群落高度和盖度均显著高于连续放牧样地($P<0.05$),而3个不同时段物种丰富度间无显著差异($P>0.05$)。

表1 不同放牧时段植被的高度、盖度和物种丰富度

Table 1 Height, coverage and species richness in different grazing periods

指标 Index	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing
高度/cm Height	3.61±0.20 b	14.63±0.68 a	13.27±1.20 a
盖度/% Coverage	73.20±2.15 b	85.25±1.36 a	82.61±2.77 a
物种丰富度 Species richness	14.05±0.45 a	14.81±0.73 a	15.62±0.87 a

注:不同的字母表示组间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different letters mean significant difference among treatments($P<0.05$). The same below.

2.1.2 代表性牧草的高度和盖度 在样地中选取10种代表性植物,分别测定高度和盖度(表2)。其中禾本科中的垂穗披碱草、早熟禾、潜草及针茅在冷、暖两季放牧样地中的高度均显著高于连续放牧样地($P<0.05$),莎草科的矮嵩草在冷季放牧样地中的高度显著高于暖季放牧样地($P<0.05$);线叶嵩草在连续放牧样地中的高度显著低于冷季和暖季放牧样地($P<0.05$)。豆科植物棘豆在连续放牧样地中的高度显著低于其他2个时段($P<0.05$)。阔叶类草中的伏毛山莓草、等齿委陵菜和白花枝子花在连续放牧样地中的高度显著低于暖季放牧样地($P<0.05$)。

由表3可知,禾本科中垂穗披碱草、潜草和针茅在冷季放牧样地的盖度显著高于连续放牧样地($P<0.05$),早熟禾的盖度在3个不同放牧时段间无显著差异($P>0.05$)。莎草科中矮嵩草在

连续放牧样地中的盖度显著高于暖季放牧样地($P<0.05$),而与冷季放牧无显著差异;而线叶嵩草在冷季放牧样地中的盖度显著高于连续放牧样地($P<0.05$)。豆科的棘豆在连续放牧样地中的盖度显著低于暖季放牧样地($P<0.05$)。阔叶类中的等齿委陵菜和白花枝子花在常年连续放牧样地中盖度最低,在冷季放牧样地中盖度最高,等齿委陵菜在3个不同放牧时段样地中的盖度均存在显著差异($P<0.05$),白花枝子花无明显差异($P>0.05$),而伏毛山莓草则呈现连续放牧样地盖度显著高于暖季放牧样地($P<0.05$)。

2.2 放牧时段对植被生物量和生产力的影响

2.2.1 地上生物量和功能群生物量 由表4可知,连续放牧样地中植被的地上生物总量显著低于其他2个放牧时段($P<0.05$),禾本科植物的情况与这一结果一致。豆科植物和阔叶类植物的

地上生物量受放牧时段的影响不显著 ($P > 0.05$)。冷季放牧样地中的莎草科植物地上生物量显著高于连续放牧样地 ($P < 0.05$)。

表 2 不同放牧时段特定牧草的高度

Table 2 Special herbage height in different grazing periods				cm
主要物种 Main species	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing	
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> Griseb	2.92±0.15 c	24.13±3.95 a	7.87±0.34 b	
早熟禾 <i>Poa annua</i> L	8.20±0.98 b	17.67±0.76 a	15.33±0.66 a	
落草 <i>Koeleria</i> Pers	10.93±0.91 c	24.33±1.14 a	16.93±1.07 b	
针茅 <i>Stipa capillata</i> Linn	8.57±2.57 c	30.5±2.52 a	15.13±3.73 b	
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	7.43±0.68 ab	9.00±0.57 a	6.32±0.41 b	
线叶嵩草 <i>Kobrosia capillifolia</i>	7.77±0.57 b	11.47±0.62 a	12.23±0.55 a	
棘豆 <i>Oxytropis</i>	0.89±0.31 b	3.96±0.33 a	2.67±0.23 a	
伏毛山莓草 <i>Sibbaldia adpressa</i>	1.81±0.17 b	3.11±0.29 a	2.83±0.24 a	
等齿委陵菜 <i>Potentilla simulatrix</i>	2.75±0.23 b	3.89±0.48 ab	4.62±0.26 a	
白花枝子花 <i>Dracocephalum heterophyllum</i>	1.37±0.12 b	4.31±0.43 a	5.17±0.58 a	

表 3 不同放牧时段特定牧草的盖度

Table 3 Special herbage coverage in different grazing periods				%
主要物种 Main species	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing	
垂穗披碱草 <i>E. nutans</i> Griseb	8.43±0.68 b	12.75±1.11 a	9.62±0.98 ab	
早熟禾 <i>P. annua</i> L	13.25±1.83 a	11.67±1.44 a	12.80±2.58 a	
落草 <i>K. Pers</i>	4.20±0.66 b	11.22±1.62 a	13.41±2.68 a	
针茅 <i>S. capillata</i> Linn	8.57±2.17 b	16.52±3.27 a	10.67±2.62 ab	
矮嵩草 <i>K. humilis</i>	32.21±4.83 a	29.4±3.78 ab	26.82±3.28 b	
线叶嵩草 <i>K. capilli folia</i>	5.60±1.63 b	8.62±2.02 a	7.25±1.70 ab	
棘豆 <i>Oxytropis</i>	3.25±0.75 b	4.60±0.51 ab	6.43±1.96 a	
伏毛山莓草 <i>S. adpressa</i>	9.63±1.55 a	7.25±1.49 ab	6.51±0.45 b	
等齿委陵菜 <i>P. simulatrix</i>	3.13±0.47 c	11.23±1.54 a	6.14±0.81 b	
白花枝子花 <i>D. heterophyllum</i>	3.03±1.23 a	3.61±1.69 a	3.25±0.99 a	

表 4 不同放牧时段植被地上生物量和功能群生物量

Table 4 Aboveground biomass and functional group biomass in different grazing periods				g/m ²
种类 Variety	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing	
禾本科 <i>Gramineae</i>	21.35±4.86 b	58.96±6.36 a	48.77±4.47 a	
豆科 <i>Fabaceae</i>	0.99±0.65 a	0.92±0.16 a	1.19±0.29 a	
莎草科 <i>Cyperaceae</i>	25.42±4.53 b	42.03±4.49 a	31.37±4.15 ab	
阔叶类 <i>Broad-leaved weeds</i>	23.58±9.05 a	24.71±3.91 a	18.74±5.71 a	
总计 <i>Total</i>	71.34±9.15 b	126.62±9.02 a	100.07±8.59 a	

2.2.2 优质牧草产量和比例 由表 5 可知,优质牧草在连续放牧样地中产量显著低于其他 2 个样地 ($P < 0.05$),而其比例在 3 个样地中的变化并不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.3 地下生物量 由表 6 可知,连续放牧样地

中的地下总生物量显著低于冷季放牧样地 ($P < 0.05$),且地下生物量冷季最大,暖季次之,连续放牧样地最小。其中在 0~10 cm 和 20~30 cm 的土层中,连续放牧样地与冷季放牧样地中的地下生物量间存在显著差异 ($P < 0.05$);10~20 cm

土层中,冷季放牧样地中的地下生物量显著高于其他 2 个放牧时段($P<0.05$)。

表 5 不同放牧时段优质牧草的产量和比例

Table 5 High quality forage yield and proportion in different grazing periods

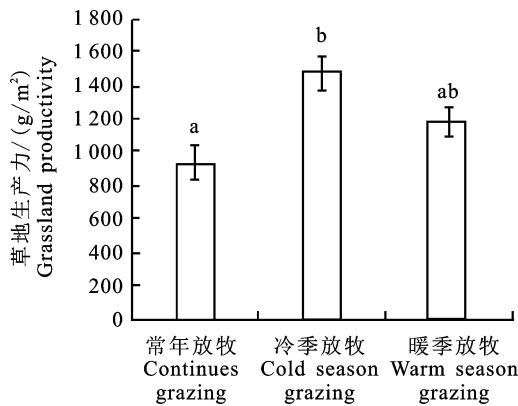
指标 Index	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing
优质牧草产量/(g/m ²) Quality forage yield	47.75±2.67 b	101.91±9.23 a	81.33±7.74 a
优质牧草比例/% Quality forage proportion	70.04±6.69 a	80.29±2.95 a	81.51±4.92 a

表 6 不同放牧时段的地下生物量

Table 6 Belowground biomass in different grazing periods

地下生物量/(g/m ²) Underground biomass	连续放牧 Continues grazing	冷季放牧 Cold season grazing	暖季放牧 Warm season grazing
0~10 cm	708.13±82.63 b	1 030.52±82.99 a	865.40±77.64 ab
10~20 cm	121.62±20.98 b	208.30±17.28 a	141.40±10.38 b
20~30 cm	37.59±11.76 b	108.99±16.14 a	77.01±10.89 ab
总生物量 Total biomass	867.34±103.03 b	1 347.81±102.43 a	1 083.81±85.03 ab

2.2.4 草地生产力 由图 1 可以看出,冷季放牧样地的草地生产力显著高于常年连续放牧样地($P<0.05$),而暖季放牧样地则与连续放牧样地无显著差异($P>0.05$)。



不同字母表示组间差异显著($P<0.05$) Different letters mean significant difference among treatments($P<0.05$)

图 1 不同放牧时段的草地生产力

Fig. 1 Grassland productivity in different grazing periods

3 讨论

3.1 放牧时段对群落结构的影响

放牧可以改变草地的群落结构,随放牧强度增加,高大适口性植物被家畜所啃食,叶面积减小,光合效率降低,生长发育受限,竞争力降低,给低矮的毒杂草创造了有利的生长条件,使其在群落中的比例升高^[13],毒杂草数量和优势度的增加使整个群落高度降低。本研究发现,冷季放牧样地中植被的高度与盖度均显著高于连续放牧样地($P<0.05$),且季节性放牧样地中禾本科和莎草科植物的高度显著高于连续放牧样地($P<$

0.05),除早熟禾与矮嵩草外,禾本科和莎草科植被的盖度也呈现同一结果。这是由于在暖季放牧样地家畜处于夏草场,冬草场免除了放牧家畜的干扰,使适口性牧草恢复到原来的生长水平;而矮嵩草在连续放牧样地的盖度显著高于暖季放牧样地,可能与顶层高大植物被啃食后获得更多光照及其耐牧的特性有关。本研究得出的这一结果与前人的研究结果一致^[6,14]。由此可见,季节性放牧可以使高层优质牧草获得生长恢复的时间,从而有利于提高整个群落的高度和盖度。

3.2 放牧时段对生物量及生产力的影响

放牧对草地的影响具有两面性。一方面放牧家畜对草地的采食和践踏抑制植物正常发育,另一方面放牧活动可以去除衰老部位,刺激植物生长^[15]。研究表明,适度放牧有利于草地空间异质性和生产力的提高^[10,16],但过度放牧超过草地自我恢复能力的阈值,导致退化。本研究中,冷暖两季地上生物量显著高于连续放牧($P<0.05$),是因为连续放牧对草地产生较大的压力,而季节性放牧草场植物在其他季节有休养生息的机会,这一结果与其他研究结果一致^[17]。

买小虎等^[18]在以季节性放牧为处理的试验中指出整个放牧季重度放牧使优势种的生物量下降;在另一项研究中^[19],作者也指出围封显著增加了禾本科植物的生物量比例。在本研究中,季节性放牧样地的禾本科植物地上总生物量显著高于连续放牧样地,莎草科植物在冷季放牧样地的生物量显著高于连续放牧样地($P<0.05$),而阔叶类植物在 3 个处理中无显著差异($P>0.05$)。家畜会对植物进行选择性采食,禾本科和莎草科

这类适口性植物被家畜大量采食,地上生物量不能及时再生,而家畜并不喜食阔叶类植物,加之上层植物被采食使下部草层光照充足,这使它们在优质牧草受损阶段有了大量繁殖的机会。本研究还得出禾本科和莎草科植物地上生物量呈现冷季放牧>暖季放牧>连续放牧,可能是因为暖季正值牧草生长季,此时冷季放牧样地正处于休牧阶段,优良牧草在不被干扰的情况下生长良好,而暖季放牧地中家畜的采食会刺激植物的快速生长,以补偿优良牧草的损失^[20],这使冷暖两季禾本科和莎草科植物的地上生物量并无显著差异。本次试验中也得出季节性放牧样地中的优质牧草产量显著高于连续放牧样地,这与以往研究中得出的放牧时间的改变可使优质牧草优势度增加一致^[21]。

本试验中,0~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 的地下生物量均呈现冷季放牧>暖季放牧>连续放牧,且 0~10 cm 和 20~30 cm 土层地下生物量在冷季放牧样地与连续放牧样地差异显著($P<0.05$)。由于高寒地区夏季短暂而冬季漫长,植被增加地下营养的分配使得地下生物量增加,以便满足越冬的需求^[22],而在连续放牧样地,由于家畜长期踩踏和啃食,导致植被没有充足的再生时间,加之踩踏活动使地下根系所在的微环境发生变化,从而影响根系的生长。这与董全民^[20]的研究结果一致。一般认为,较高的物种多样性可以维持较高的群落生产力^[23]。郑伟等^[23]在放牧强度对高寒草原生产力影响的研究中得出,随放牧压力的增加,群落多样性减小,生产力降低的结论。本试验中,季节性放牧下草地生产力呈现冷季放牧>暖季放牧>连续放牧,其中冷季草地的生产力显著高于连续放牧样地。是因为连续放牧下家畜对植物过度踩踏与啃食,使得物种丰富度降低,从而导致较低的生产力。

综上所述,在高寒草原地区,季节性放牧可以优化群落的高度和盖度、提高整个群落及群落中优质牧草的地上地下生物量和草地生产力。但本试验只研究了不同放牧时段对群落结构和生物量的影响,在季节性放牧下,不同的放牧强度对草地群落结构、生物量有何影响还有待研究。此外,在保护草地资源的同时,为兼顾牧民利益,可以采取以往研究所得的暖季、冷季补饲^[24-25]或舍饲^[26]形式进行家畜饲养管理,保证家畜在季节性放牧制度下生产力的有效发挥。

4 结 论

试验发现季节性放牧可以提高群落的高度、盖度和植被丰富度,提高草地的生物量、生产力及优质牧草产量,使草地呈现出良好的状态。表明季节性放牧有利于减小放牧压力,推进畜牧业的可持续发展。

参考文献 Reference:

- [1] 吴建波,王小丹. 围封年限对藏北退化高寒草原植物群落特征和生物量的影响[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 261-266.
WU J B, WANG X D. Effects of enclosure years on plant community characteristics and biomass of degraded alpine grassland in northern Tibet [J]. *Acta Agrestis Sinica*, 2017, 25(2): 261-266.
- [2] 王建林,欧阳华,王忠红,等. 西藏高寒草原生态系统表层土壤活性有机碳梯度分布及其与气候因子的关系[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1478-1483.
WANG J L, OUYANG H, WANG ZH H, *et al.* Distribution of active organic carbon gradient in surface soil of alpine grassland ecosystem in Tibet and its relationship with climate factors [J]. *Ecology and Environment*, 2009, 18(4): 1478-1483.
- [3] 高英志,韩兴国,汪诗平. 放牧对草原土壤的影响[J]. 生态学报, 2004(4): 790-797.
GAO Y ZH, HAN X G, WANG SH P. Effects of grazing on grassland soil [J]. *Journal of Ecology*, 2004(4): 790-797.
- [4] 贺有龙,周华坤,赵新全,等. 青藏高原高寒草地的退化及其恢复[J]. 草业与畜牧, 2008(11): 1-9.
HE Y L, ZHOU H K, ZHAO X Q, *et al.* Degeneration and restoration of alpine grassland on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Prataculture & Animal Husbandry*, 2008(11): 1-9.
- [5] 武高林,杜国祯. 青藏高原退化高寒草地生态系统恢复和可持续发展探讨[J]. 自然杂志, 2007(3): 159-164.
WU G L, DU G ZH. Discussion on the restoration and sustainable development of degraded alpine grassland ecosystem in the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Chinese Journal of Nature*, 2007(3): 159-164.
- [6] 刘玉,刘振恒,邓蕾,等. 季节性放牧对草地植物多样性与功能群特征的影响[J]. 草业科学, 2016, 33(7): 1403-1409.
LIU Y, LIU ZH H, DENG L, *et al.* Effects of seasonal grazing on plant diversity and functional group characteristics of grassland [J]. *Pratacultural Science*, 2016, 33(7): 1403-1409.
- [7] WU G L, DU G Z, LIU Z H, *et al.* Effect of fencing and grazing on a *Kobresia*-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Plant & Soil*, 2009, 319(1/2): 115-126.
- [8] 崔庆虎,蒋志刚,刘季科,等. 青藏高原草地退化原因述评[J]. 草业科学, 2007(5): 20-26.
CUI Q H, JIANG ZH G, LIU J K, *et al.* Review on the causes of grassland degradation on the Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Pratacultural Science*, 2007(5): 20-26.
- [9] YU G, LU C X, XIE G D, *et al.* Grassland ecosystem services and their economic evaluation in Qinghai-Tibetan Plat-

- eau based on RS and GIS [J]. *Proceedings Paper*, 2005, 4: 2961-2964.
- [10] 赵 康. 季节性放牧对典型草原群落生产力的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古大学, 2014.
- ZHAO K. Effects of seasonal grazing on productivity of typical grassland communities [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2014.
- [11] 党广清. 海晏县农牧区草产业发展现状及前景分析[J]. 草业与畜牧, 2008(7): 29-31.
- DANG G Q. Analysis of the current situation and prospects of grassland industry development in Haiyan county agricultural and pastoral areas [J]. *Prataculture & Animal Husbandry*, 2008(7): 29-31.
- [12] 尚永成. 环青海湖地区草地生态环境现状及治理对策[J]. 草学, 2006(6): 27-28.
- SHANG Y CH. Grassland ecology status and controlling measures in the area near the Qinghai Lake [J]. *Journal of Grassland and Forage Science*, 2006(6): 27-28.
- [13] 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): 256-261.
- REN Q J, WU G L, REN G H. Effects of grazing intensity on plant community characteristics of alpine meadow in eastern Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(5): 256-261.
- [14] 段敏杰, 高清竹, 万运帆, 等. 放牧对藏北紫花针茅高寒草原植物群落特征的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3892-3900.
- DUAN M J, GAO Q ZH, WAN Y F, *et al.* Effects of grazing on plant community characteristics of *Stipa purpurea* alpine grassland in northern Tibet [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(14): 3892-3900.
- [15] 方 楷, 宋乃平, 魏 乐, 等. 不同放牧制度对荒漠草原地上生物量及种间关系的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(5): 12-22.
- FANG K, SONG N P, WEI L, *et al.* Effects of different grazing systems on aboveground biomass and interspecific relationships in desert steppe [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(5): 12-22.
- [16] 王艳芬, 汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原牧草地上现存量及净初级生产力及品质的影响[J]. 草业学报, 1999(1): 15-20.
- WANG Y F, WANG SH P. Effects of different grazing rates on the stock and net primary productivity and quality of grassland in Inner Mongolia typical grassland [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1999(1): 15-20.
- [17] 董全民, 李青云, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸地上、地下生物量的影响初析[J]. 草学, 2004(2): 20-27.
- DONG Q M, LI Q Y, MA Y SH, *et al.* Preliminary analysis of the effect of yak grazing rate on aboveground and underground biomass of *Kobresia parva* alpine meadow [J]. *Journal of Grassland and Forage Science*, 2004(2): 20-27.
- [18] 买小虎, 张玉娟, 张英俊, 等. 季节性放牧调控对草地植被的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(3): 24-30.
- MAI X H, ZHANG Y J, ZHANG Y J, *et al.* Effects of seasonal grazing regulation on grassland vegetation [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2014, 23(3): 24-30.
- [19] 苏淑兰, 李 洋, 王立亚, 等. 围封与放牧对青藏高原草地生物量与功能群结构的影响[J]. 西北植物报, 2014, 34(8): 1652-1657.
- SU SH L, LI Y, WANG L Y, *et al.* Effect of fencing on plant biomass and functional group structure of different types of degraded grassland in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2014, 34(8): 1652-1657.
- [20] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 放牧对小嵩草草甸生物量及不同植物类群生长率和补偿效应的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2640-2650.
- DONG Q M, ZHAO X Q, MA Y SH, *et al.* Influence of grazing on biomass, growth ratio and compensatory effect of different plant groups in *Kobresia parva* meadow [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(9): 2640-2650.
- [21] 赵 康, 宝音陶格涛. 季节性放牧利用对典型草原群落生产力的影响[J]. 中国草地学报, 2014, 36(1): 109-115.
- ZHAO K, BAOYINTAOGETAO. Effects of seasonal grazing on productivity of typical grassland communities [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2014, 36(1): 109-115.
- [22] 孙 磊, 李斌奇, 刘 萍, 等. 不同海拔高寒草甸地下生物量分配格局研究[J]. 高原农业, 2018, 2(6): 589-593, 617.
- SUN L, LI B Q, LIU P, *et al.* Distribution pattern of underground biomass in alpine meadow with different altitudes [J]. *Journal of Plateau Agriculture*, 2018, 2(6): 589-593, 617.
- [23] 郑 伟, 董全民, 李世雄, 等. 放牧强度对环青海湖高寒草原群落物种多样性和生产力的影响[J]. 草地学报, 2012, 20(6): 1033-1038.
- ZHENG W, DONG Q M, LI SH X, *et al.* Impact of grazing intensities on community biodiversity and productivity of alpine grassland in Qinghai Lake region [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012, 20(6): 1033-1038.
- [24] 徐田伟, 吉汉忠, 刘宏金, 等. 牧归后补饲精料对冷季藏系绵羊生长性能的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(8): 1132-1136.
- XU T W, JI H ZH, LIU H J, *et al.* Effect of concentrate supplementing after grazing on growth performance of Tibetan sheep in alpine pastoral area during cold season [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(8): 1132-1136.
- [25] 孙鹏飞, 刘书杰, 崔占鸿. 暖季补饲精料对三江源 1 岁放牧牦牛生长速度的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(2): 166-172.
- SUN P F, LIU SH J, CUI ZH H. Effect of supplementing concentrate on growth speed of one-year-old grazing yak in Three-river Source Region [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2016, 25(2): 166-172.
- [26] DONG Q M, ZHAO X Q, MA Y SH, *et al.* Live-weight gain, apparent digestibility, and economic benefits of yaks fed different diets during winter on the Tibetan plateau [J]. *Livestock Science*, 2006, 101(1): 199-207.

Effect of Seasonal Grazing on Plant Community and Biomass of Alpine Steppe

ZHANG Xiaoling^{1,2}, XU Tianwei¹, TAN Panzhu³,
GENG Yuanyue^{1,2}, LIU Hongjin^{1,2} and XU Shixiao¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810001, China;

2. Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China; 3. College of Ecol-Environmental

Engineering, Qinghai University, Xining 810006, China)

Abstract In order to study the effects of different grazing periods on plant community and biomass in alpine grassland, community investigation, sample collection and statistical analysis were conducted about continuous grazing land, warm season grazing land and cold season grazing land in Haibei alpine grassland of Qinghai province. The results showed that compared with continuous grazing, warm season grazing and cold season grazing significantly increased the community height, coverage and representative forage height in alpine grassland; seasonal grazing significantly increased gramineae biomass, cyperaceae biomass, total aboveground biomass and high quality forage yield compared with continuous grazing; the change of total underground biomass was cold season grazing > warm season grazing > continuous grazing, in which cold season grazing was significantly higher than continuous grazing; grassland productivity in cold season grazing was significantly higher than continuous grazing land, but there was no significant difference in grassland productivity in grazing land of warm season. This study found that seasonal grazing is good for height, coverage and grassland productivity of alpine grassland communities in Haibei, pastoralists can be encouraged to graze seasonally to promote the rational use of natural grassland.

Key words Grazing period; Community structure; Grassland biomass; Grassland productivity; Alpine meadow

Received 2019-04-10

Returned 2019-06-18

Foundation item Strategic Leading Science & Technology Program of the Chinese Academy of Sciences (No. XDA20050104, No. XDA23060603); National Key R&D Program of China (No. 2018YFD0502301, No. 2016YFC0501905, No. 2016YFC0501805); Research and Promotion Project of the Second Phase of Sanjiangyuan Project in Qinghai Province (No. 2018-S-2); Key Technology Support Program of Qinghai province (No. 2019-SF-149, No. 2019-SF-153); the West Light Foundation of CAS (2017).

First author ZHANG Xiaoling, female, doctoral student. Research area: animal husbandry and ecology. E-mail: 18362985573@163.com

Corresponding author XU Tianwei, male, assistant research fellow. Research area: animal husbandry and ecology. E-mail: xutianwei@nwipb.cas.cn

XU Shixiao, male, research fellow, doctoral supervisor. Research area: ecological animal husbandry of the Tibetan plateau. E-mail: sxxu@nwipb.cas.cn

(责任编辑: 顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)