

## 放牧干扰对高寒草场的影响

周华坤<sup>1</sup>, 周立<sup>1</sup>, 赵新全<sup>1</sup>, 严作良<sup>1</sup>, 刘伟<sup>1</sup>, 师燕<sup>2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001;

2. 青海省西宁市土地规划管理局, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 述评了放牧干扰对高寒草场动植物群落、土壤养分、土壤微生物活动及草场退化等的影响, 指出了合理利用高寒草场的优化放牧策略, 只有确定适宜的放牧强度、科学施加放牧干扰, 才能保证高寒草场生态系统的健康发展, 促进草地畜牧业的可持续性。

**关键词:** 放牧干扰强度; 高寒草场; 动植物群落; 土壤; 草场退化演替; 优化放牧策略; 影响

**中图分类号:** S812.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6311(2002)05-0053-09

**Influence of Grazing Disturbance on Alpine Grassland.** ZHOU Hua-kun<sup>1</sup>, Zhou Li<sup>1</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>1</sup>, YAN Zuo-liang<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, SHI Yan<sup>2</sup> (1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001; 2. Bureau of Land Plan and Management, Xining City, Qinghai Province, Xining 810001, China): *Grassland of China*, No. 5, 2002, pp. 53 ~ 61.

**Abstract:** The influence of grazing disturbance on plant and animal community, soil nutrients, soil microbial activities and grassland degradation were reviewed. The optimum grazing strategies of alpine grassland were also put forward. The healthy development of alpine grassland ecosystem and the sustainable development of stock raising were promised only after optimum stocking intensities and strategies were chosen correctly.

**Key words:** Intensity of grazing disturbance; Alpine grassland; Plant and animal community; Soil; Succession of grassland degradation; Optimum grazing strategy; Influence

放牧是一种典型的人为干扰<sup>[1,2]</sup>, 不仅可以改变草地的形态特征, 而且还可以改变草地的生产力和草种结构<sup>[3]</sup>, 进而影响草地景观、物质和养分的循环<sup>[4]</sup>及草场演替方式<sup>[5]</sup>, 同时过度放牧也会使草地成为不健康的生态系统<sup>[1]</sup>。有关放牧对典型草原的影响报道较多, 成果众多<sup>[6~14]</sup>。

高寒草场主要是由高寒草甸、高寒灌丛、高寒沼泽和高寒草原等植被类型组成的草

场, 植物建群种类为嵩草 (*Kobresia* sp.)、禾草、苔草 (*Carex* sp.)、可食杂类草和灌木、半

收稿日期: 2002-01-14; 修订日期: 2002-04-15

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目课题 (2001BA606A-02)、国家重点基础研究专项经费 (G1998040800) 和中科院海北定位站基金资助

作者简介: 周华坤 (1974-), 男, 青海乐都人, 1996年毕业于青海大学农学系, 现为在读博士生, 主要从事草地生态学, 已发表论文 6 篇。

灌木等,为特殊的高原地带性和山地垂直地带性植被,广布于青藏高原,是青藏高原隆升和高寒冷湿气候的产物,在我国乃至全世界有其独特性和唯一性,是当地草地畜牧业赖以生存和发展的基础<sup>[15,16]</sup>。高寒草场以放牧为主要经营方式<sup>[17]</sup>,放牧干扰成为高寒牧区草场的最主要干扰因子。藏系绵羊、牦牛和马是高寒草场的主要放牧家畜,它们的采食和践踏对草场的植物群落、小哺乳动物、昆虫、鸟类和土壤环境等均产生影响,进而对家畜自身的营养、生长和繁衍产生反馈效应。有关放牧对高寒草场的影响已有一些报道<sup>[18,19]</sup>,但较为零散。中科院海北高寒草甸生态系统定位站从 1985 年起在高寒矮嵩草草甸和高寒金露梅灌丛进行了多年的放牧试验,取得了一批重要的研究成果<sup>[20~25]</sup>。本文拟在上述研究成果的基础上,就放牧干扰对高寒草场的影响做一述评。

## 1 放牧干扰对高寒草场植物的影响

### 1.1 对植物生长和生产力的影响

放牧干扰对高寒草场植物生长和生产力的影响是显而易见的,只是干扰强度不一样,影响效果不同而已。重度放牧对禾草和莎草植物的生长具明显的抑制作用,其高度、盖度、生物量增长速度和叶面积指数与放牧强度呈负相关关系<sup>[21]</sup>。据王启基等报道<sup>[26]</sup>,放牧对典型灌木金露梅的生长发育和生物量积累有显著效应和强烈作用,且依放牧强度而有所不同,此外这种影响也与放牧家畜的采食行为有关。不同放牧处理下,地上生物量与放牧强度呈显著的负相关<sup>[24]</sup>。各类群植物的生物量比例如表 1 所示,禾草、莎草和灌木的生物量比例随放牧强度的增加而不断下降,其中禾草最明显,莎草类次之,灌木居末,立枯凋落物也随放牧干扰强度的增高而减少,而杂类草的生物量比例则随放牧强度的增加而显著增高<sup>[27]</sup>,这一切使高寒草场地上生物量以牧压不同而发生规律性的消长。

表 1 不同放牧强度下各类植物的干重比例(%)

放牧强度 (只绵羊/hm <sup>2</sup> )	禾草类	莎草类	灌丛类	杂类草	毒草	立枯凋落物
重度(5.35)	9.85	14.70	16.91	51.58	1.39	5.57
中度(4.30)	16.21	17.59	18.89	37.24	1.64	8.43
轻度(2.55)	28.28	18.80	19.53	21.72	0.57	11.15
对照(0.00)	30.20	18.00	18.53	19.33	1.00	13.14

### 1.2 对植被组成和草群结构的影响

莎草科、禾本科植物和金露梅叶子为家畜所喜食,属优良牧草,而其余的杂类草植物基本上属于中等或劣质牧草<sup>[24]</sup>。放牧强度由轻到重,草场植物种发生替代,其中优良牧草逐渐减少,直至消失殆尽,而劣质牧草如鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、摩苓草(*Morina chinensis*)和白苞筋骨草(*Ajuga*

*lupulina*)等毒杂草逐渐占据优势地位,草场利用价值降低直至消失。

相似性系数和多样性指数是反映群落组成的两个重要参数,相似性系数的大小可以说明群落组成的差异水平,多样性指数则是群落物种的丰富度和均匀度的综合反映,是评价生态系统结构和功能复杂性以及生态异质性的参数。随放牧干扰强度的增加,金露

梅灌丛草场植物种的多样性指数呈上升趋势,且两者之间呈显著的正相关( $r = 0.990$ ,  $p < 0.01$ ),而放牧干扰压力大,则植物的相似程度就小,反之亦然<sup>[24]</sup>。

放牧干扰对高寒草场植物群落的种类组成影响不显著,但对种群的分布格局和特征值影响较大,这与各个种的生物-生态学特性及其耐牧、耐践踏特性不无关系。王启基等<sup>[22]</sup>在冬春草场——矮嵩草草甸上的研究表明,当放牧强度由 5.24 只标准羊/hm<sup>2</sup> 减少为 2.14 只标准羊/hm<sup>2</sup> 时,群落种数仅由 35 种变为 33 种。群落优势种矮嵩草在重牧条件下相对密度和频度最大,在中牧条件下株高和个体生物量最大,而次优势种如垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、紫羊茅 (*Festuca rubra*) 和异针茅 (*Stipa aliena*) 等则与矮嵩草相反。在重牧条件下,适口性好的高禾草、嵩草等在返青期经家畜的反复啃食和践踏,光合面积减少,根系贮存的营养物质大量被消耗,生长发育被严重抑制,呈低补偿性生长,生殖枝比例、种子成熟率均下降。而适口性差的劣质毒杂草如矮火绒草 (*Leontopodium nanum*)、雪白委陵菜 (*Potentilla nivea*)、摩苓草等阳生植物,则利用资源和空间得到充分发育。而在不放牧或轻度放牧条件下,禾本科植物的营养繁殖和种子更新速率加快,逐渐成为群落优势种,形成明显的二层或三层结构,影响下繁杂类草的生长发育<sup>[28]</sup>。

不同放牧强度条件下,由于微生境条件逐渐改变,导致高寒草场种群的生态位和适应特征发生改变,同化器官(枝、叶等)和吸收器官(根系)向不同的空间发展,对群落的结构特征产生明显影响。在重牧条件下,群落层次分化明显,垂直高度下降;在轻牧条件下,群落层次分化不明显,垂直高度增大。经相关分析<sup>[22]</sup>,0~10cm 冠层中的生物量比例随放牧干扰强度的减小而减少,10~20cm 冠

层中的生物量比例随放牧干扰强度的减小而增大。地下生物量与地上生物量呈线性相关,重牧下仅为对照的 75.35%。由于植物种群自身的生物-生态学特性、耐牧性和种间竞争能力以及对放牧干扰的适应性等,不同放牧强度下群落水平结构发生变化,植物种群的分布格局和个体水平配置也有所不同。轻牧下,禾草占优势,群聚度大,杂类草和莎草等被分割为大小不一的斑块状,整个草场呈镶嵌状,重牧下,杂类草占优势,群聚度大,禾草和莎草则呈小斑块点缀于广袤的草场内。

### 1.3 对植物营养繁殖对策的影响

高寒草场植物大多行营养繁殖<sup>[15]</sup>,这是对高寒冷湿气候和极端环境的一种适应。由于放牧家畜对植物有性繁殖器官的采食,营养繁殖显得更为重要。草原植物营养繁殖对放牧的适应性变化是草原动植物协同进化的结果<sup>[29]</sup>,其种群特征随放牧干扰强度的变化直接与草场植物营养繁殖对放牧的适应与对策有关。朱志红等<sup>[30,31]</sup>、李希来等<sup>[32]</sup>对矮嵩草的营养繁殖对策的研究表明,随放牧强度增加,每个无性分株的分蘖数、叶片数和分株个体地上生物量均增加,其多重种群的数量调节是由最外层次(叶片层次)的数量变化引起的,进而影响到较内层次上结构单元的大小及数量。对于丛生禾草,放牧干扰使植丛的丛幅缩小,每丛枝条数下降,植丛密度加大<sup>[16]</sup>,这类似于内蒙古草原<sup>[33]</sup>。以典型匍匐茎繁殖的杂类草受放牧干扰的影响也较为明显,随放牧强度加大鹅绒委陵菜匍匐茎的分枝强度加大,无性分株数目增多,植株由半直立性、直立性变为匍匐性,表现出较强的形态可塑性<sup>[34]</sup>。

## 2 放牧干扰对高寒草场动物的影响

高寒草场动物作为消费者是高寒草场生

态系统的重要组成部分,包括植食性啮齿动物、放牧家畜、食谷鸟类、肉食性动物以及食草类昆虫和腐食性昆虫等,种类组成较少,但数量较多。在此主要讨论放牧干扰对植食性啮齿动物、鸟类、昆虫和家畜的影响。

### 2.1 对植食性啮齿动物的影响

高寒草场植食性啮齿动物主要有高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*)、甘肃鼠兔 (*O. cansus*)、根田鼠 (*Microtus oeconomus*)、高原鼢鼠 (*Myospalax baileyi*) 和喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*) 等,它们构成了高寒草场生态系统消费者的优势种群。如前所述,放牧干扰引起了草场生产力和植物群落结构、功能的巨大改变,这在很大程度上改变了植食性啮齿动物栖息地环境和食物资源,进而对它们的群落结构动态和演替产生影响<sup>[20,24]</sup>,影响程度依放牧干扰强度而定。据刘季科等的研究<sup>[20]</sup>,在金露梅灌丛,放牧处理前为根田鼠 + 甘肃鼠兔 + 高原鼢鼠群落,在轻度(2.55 只藏羊/hm<sup>2</sup>)、次轻度(3.26 只藏羊/hm<sup>2</sup>)、中度(4.30 只藏羊/hm<sup>2</sup>)、次重度(4.50 只藏羊/hm<sup>2</sup>)和重度(5.43 只藏羊/hm<sup>2</sup>)放牧处理下,植食性啮齿动物群落依次为根田鼠 + 甘肃鼠兔群落、甘肃鼠兔 + 根田鼠群落、甘肃鼠兔 + 喜马拉雅旱獭群落、高原鼠兔 + 高原鼢鼠群落。相关分析表明,放牧干扰强度与啮齿动物群落多样性指数存在显著正相关,而与均匀度指数的关系则相反;这符合草地小型哺乳动物群落决定于栖息地结构特征的假设<sup>[35,36]</sup>。放牧干扰强度由小到大,植物群落的盖度、高度和生物量逐渐降低,优良牧草减少,杂类草增多<sup>[21,22]</sup>,植物群落结构特征和植被组成的改变影响了植食性小型啮齿动物栖息地和食物资源,导致喜隐蔽生境的根田鼠和甘肃鼠兔种群密度下降,喜开阔生境的高原鼠兔和营地下生活、喜食植物地下轴根的高原鼢鼠数量增加,改变了啮齿动物群落的种多样性和均匀性。

### 2.2 对高寒草场昆虫和鸟类的影响

高寒草场地区昆虫种类较多,有 14 目 138 科 420 属 600 余种,常见的优势种群为草原毛虫 (*Gynaephera qinghaiensis*)<sup>[37]</sup>。植物群落的空间结构是影响昆虫种类和数量的重要因素,植物群落空间结构越复杂,就能为更多的昆虫提供更多样的生活空间和食物来源<sup>[38]</sup>。放牧干扰使高寒草场植物群落结构简单化,植被稀疏低矮,生产力下降,自然对高寒草场的昆虫群落繁衍、越冬和觅食等产生影响。据吴亚、金翠霞对高寒草场生态系统的调查研究<sup>[39]</sup>,放牧干扰下的高寒草场昆虫种类数、多样性指数均明显低于无放牧干扰的草库仑内的天然草场,昆虫种群消长变化明显。

高寒草场地区食谷鸟类较少,但数量多,密度也较大,其优势种群主要有角百灵 (*Eremophila alpertris*) 和小云雀 (*Alauda gulula*),它们所占鸟类数量的比例为 82.9% 和 10.0%,主要取食牧草种子,并且筑巢于高寒草场植物群落的草丛之中<sup>[40]</sup>。关于放牧干扰对高寒草场鸟类的影响至今尚未见有关报道,但由于放牧对草场的结构和初级生产力影响较大,对鸟类的筑巢、繁衍和生存产生的影响肯定是存在的。

### 2.3 对家畜的影响

高寒草场是青藏高原的重要草场资源,长期以来以放牧家畜为主要经营方式。青藏高原现有大小牲畜约 7000 × 10<sup>4</sup> 头(只),主要放牧家畜有高原特有的藏系绵羊、牦牛和少数马、驴等,构成了全国乃至世界独具特色的高原草地畜牧业<sup>[41]</sup>。放牧家畜通过采食、践踏和排泄(粪、尿)影响草场,继而对放牧家畜自身的个体大小、生产性能和牧草利用效率等产生反馈效应。在轻度、中度放牧利用下,藏系绵羊等放牧家畜主要利用优良禾本科牧草,植被生产力高,草畜矛盾不突出;重度放牧条件下,由于家畜长时间的反复啃食、

践踏,优良牧草出现短缺,藏系绵羊主要利用杂类草和矮蒿草,草场饲用价值下降并普遍退化,草畜矛盾突出<sup>[42,25]</sup>。放牧干扰对牧草和草场的影响在家畜体重上得以反馈体现。藏系绵羊体重随放牧强度的增大而减小,重、中、轻牧条件下,藏系绵羊个体平均增重依次为36.77kg、41.89kg、44.38kg<sup>[26]</sup>。5~9月,绵羊日增重也因放牧强度不一,中度放牧的增重最大(94.88g/只·d),轻度放牧的居中(81.61g/只·d),重度放牧的增重最小(70.50g/只·d)<sup>[26]</sup>。藏系绵羊不同放牧干扰压力下,对牧草的消化利用率也有所不同。赵新全的研究<sup>[42]</sup>表明,重牧条件下藏系绵羊对牧草有机物质的消化率在返青期、草盛期和枯黄期没有明显差异;而在中牧和轻牧条件下草盛期显著高于返青期和枯草期( $p < 0.05$ )。以上说明,由于放牧干扰强度的不同,引起了草场植物群落结构组成变化,进而影响了藏系绵羊等放牧家畜对牧草干物质、有机物质的消化利用率和畜产品生产。

### 3 放牧干扰对高寒草场土壤环境的影响

高寒草场的土壤类型主要有高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土,有机质含量高,氮、磷、钾三要素贮量丰富,潜在肥力高,速效氮、磷含量少,养分有效率较低<sup>[43]</sup>。家畜放牧活动通过践踏、采食和排泄粪便等影响草场,自然对草场土壤产生直接影响。放牧干扰强度过大易造成土壤结构的破坏和养分的损耗<sup>[15]</sup>,对土壤微生物的活动和土壤呼吸等均产生影响。

#### 3.1 对土壤库碳、氮、磷的影响

放牧干扰不仅影响了高寒草场植物的分布格局,同时也影响土壤养分的分布格局<sup>[44]</sup>。草毡表层的草土比一般为1~2,当放牧干扰强度增大时,草土比将下降至0.5以内<sup>[16]</sup>。土壤呼吸是土壤中进行的生物化

学和生物学过程的综合指标,土壤释放出的CO<sub>2</sub>主要是微生物活动及植物根系、土壤动物、土壤昆虫等呼吸作用的产物。放牧干扰改变了地表覆盖状况,影响了土壤温湿度和理化性质,也就对土壤呼吸产生了影响。据研究<sup>[45,46]</sup>,放牧高寒草场的土壤CO<sub>2</sub>释放量低于未放牧草场,重牧高寒草场土壤CO<sub>2</sub>释放量低于轻牧草场,这有可能改变整个高寒草场的碳循环,进一步对高寒草场生态系统碳的源汇效应产生影响。

高寒草场生态系统中氮素主要贮存在土壤库中<sup>[16]</sup>,放牧干扰对高寒草场土壤氮素的影响依放牧强度而定,放牧强度越大,流入家畜体内的氮量增加,归还量减少,加速了整个草场氮素的失调过程,易引起草场生产力下降。

高寒草场土壤中磷素含量非常丰富,全剖面(0~64cm)磷素总贮量为5.47t/hm<sup>2</sup>,经过一个生长季节,高寒草场生态系统净损耗磷素可达1.58kg/hm<sup>2</sup>,其中通过放牧作用以畜产品永久消耗的磷量占36.07%<sup>[47]</sup>。随放牧强度增加,不仅放牧作用本身增加了磷素营养输出,使地上部分归还量降低,同时放牧强度增大使草场优势植物种群发生消长演替,植物地下根系固定磷量增大,这一切加速了土壤磷素养分失调过程,使土壤磷素养分状况恶化,无法满足牧草生长需要,导致草场退化。

#### 3.2 对土壤微生物的影响

在青藏高原严寒气候环境条件的影 响下,土壤微生物的种类及数量较少,主要包括细菌、真菌和放线菌<sup>[48]</sup>。放牧干扰影响了地表覆盖物——植被层的结构和生物量,使下垫面状况和局地微气候有所改变<sup>[45]</sup>,这无疑将对土壤微生物的活动和数量产生影响。未放牧高寒草场,不论哪种土壤深度,各种微生物(包括细菌、放线菌、酵母、微嗜氮菌、纤维素分解菌)的数量均比放牧地区的微生物数

量要高<sup>[48,49]</sup>,这与美国 Pantex 定位观测站数据一致<sup>[50]</sup>。未放牧草场无家畜的啃食破坏,牧草生长较放牧地区旺盛,微生物的数量和纤维素的分解活性均高于放牧草场。纤维素分解率测定结果表明,滤纸埋放 127d,未放牧地区纤维素分解率为 50.90%,放牧地区的纤维素分解率只有 37.87%<sup>[45]</sup>。

#### 4 放牧干扰与高寒草场退化

草场退化的本质,即是草场植物群落各种因素的干扰和破坏下发生的逆行演替<sup>[51,52]</sup>。近几十年来,青藏高原高寒草场退化形势日趋严重,“黑土型”退化草场面积也以前所未有的速度增加<sup>[53]</sup>。据不完全统计,20 世纪 90 年代“黑土型”退化草场面积就达 703.19 万  $\text{hm}^2$ ,占退化草地面积的 15.92%<sup>[54]</sup>。“黑土型”退化草场在全球气候变化<sup>[55]</sup>的推波助澜下,极易造成沙化、盐碱化和水土流失,导致环境的不可逆变化,产生生态冲击 (Ecological backlashes) 或生态报复 (Ecological boomerang) 现象,出现无法预料的恶果。众多研究发现<sup>[22,23,51,53]</sup>,过度放牧即对草场实施了过强的放牧干扰,是导致青藏高原高寒草场地区典型退化草地“黑土滩”形成的根本原因,而鼠害、气候等则起了加速草场退化的作用<sup>[56]</sup>。高寒草场的退化是一种典型的跃变过程<sup>[57]</sup>,在一般放牧条件下仅出现草群变矮现象,并不发生群落的分化。在受到持续超载放牧干扰作用下,高寒草甸、高寒灌丛草场最初并未表现出十分明显的退化或并未退化,只是表现出轻度或中度退化,其中草结皮层逐渐被破坏,土壤坚实度、含水量逐渐下降,草场的初步退化为有害啮齿动物的蔓延滋生创造了条件,导致鼠害在草场退化中起了重要的促进作用<sup>[58,56]</sup>。随着超载放牧的持续,破坏性进一步累积,到一定程度后草场发生重度或极度退化。

高寒草场在过度放牧干扰下,植物群落

层次结构减少,优良牧草衰退,毒杂草增加,植物多样性下降,群落稳定性较差<sup>[59]</sup>,进而影响动物群落,尤其是有害动物种群数量增加,导致草场向退化演替方向发展。如前所述,放牧干扰对植物群落的影响改变了动物群落,尤其是小型啮齿类动物的栖息环境和食物资源,使鼠类种群不断演替变化。在高寒草场的退化演替过程中,过度放牧起了极为重要而又不可替代的作用,所以减轻放牧干扰、制定合适的放牧压力,是草场恢复重建、保持生态系统健康的前提。

#### 5 高寒草场优化放牧策略

Bluckbutn<sup>[60]</sup>认为,过牧对牧草和草场水文变化的危害是无可辩驳的事实。Reategui<sup>[5]</sup>指出,不管在任何放牧制度下,载畜量过大都将使丛生禾草向矮生禾草演替,导致草场退化。Quinn<sup>[61]</sup>和 Archer<sup>[62]</sup>的研究指出,控制放牧强度可增加植物群落水平的多样性,降低群落优势种在竞争中压抑其他种的能力,并可创造物理空间有利于光、水分和营养的更好利用。高寒草场生态系统是一个受控放牧系统,系统的输入主要依靠初级生产者——绿色植物制造有机物质贮存的能量,供次级消费者——家畜和草食动物利用。输出则以畜产品如肉、乳、毛、皮等为主,其特点是人们可以通过调节、控制生态系统内部的某些参量,达到生态系统结构、功能的最优化状态和持续发展。最优化放牧包括:放牧强度、放牧制度、畜群结构、出栏方案、经营管理等方面,其中放牧强度是一个重要因素,通过调节放牧强度这一参数即可实现放牧生态系统的优化控制。

放牧干扰强度对高寒草场植物生长发育和干物质积累影响很大,其中重牧的影响尤为明显,不仅使植物的生殖生长受到抑制,而且使生物量增长速率的高峰期推迟,生产效率下降。在轻牧和无牧条件下,因上年立枯

草的影响,返青初期牧草生产效率低下,且牧草资源利用不足,浪费较大。因此,选择最适放牧强度和放牧制度等最优放牧策略,将提高草场初级生产力,维护草场生态平衡,有效防止草场退化。在这方面,周立教授通过高寒草场藏系绵羊最优放牧强度的多年研究<sup>[23]</sup>,构造了若干数学模型,认为(1)藏系绵羊生产力达到最大的高寒草甸牧场两季轮牧草场放牧强度最佳配置夏秋草场为 4.11 只/hm<sup>2</sup>,冬春草场为 3.80 只/hm<sup>2</sup>,年度平均为 1.97 只/hm<sup>2</sup>; (2)以牧草利用率来衡量高寒草场的放牧强度配置,两季草场均为 45%左右的牧草利用率最佳; (3)高寒草场年度最大利润放牧强度最佳配置为夏秋草场 3.53 只/hm<sup>2</sup>,冬春草场 3.26 只/hm<sup>2</sup>,年度平均为 1.69 只/hm<sup>2</sup>,牧场最大利润放牧强度永远不超过最大生产力放牧干扰强度; (4)高寒两季草场轮牧制度下,夏秋草场的不退化最大放牧强度为 4.30 只/hm<sup>2</sup>,冬春草场为 4.75 只/hm<sup>2</sup>。皮南林等<sup>[63]</sup>、赵新全<sup>[64]</sup>通过高寒草场优化放牧方案和最优生产结构的研究,认为高寒草场地区藏系绵羊和牦牛的比例以 3:1、藏系绵羊的适龄母畜比例为 50%~60%、牦牛的适龄母畜比例为 30%~40%较为合理。这些研究成果从理论上说明了广大畜牧工作者实践经验的科学性,并予以精确化,为季节畜牧业经营方式提供了有力的理论依据和具体的实施方案。

放牧干扰是影响家畜生产力、草场恢复力和稳定性的重要因素,是放牧管理中的中心环节。适度的放牧可使草场初级生产量和物种多样性发生稳定和更新的交换<sup>[1]</sup>,也是控制鼠害、提高草场生产力的重要措施,是放牧生态系统优化管理的生态对策<sup>[20]</sup>。所以,应按草原可持续发展三大原则<sup>[65]</sup>(不退化原则;最大生物学效率原则;风险-利润原则),调整畜种和畜群结构,提高母畜比例及出栏率和商品率,采用最优存栏结构和出栏方案,

划区轮牧,按时转场,以草定畜,因地制宜地确定适宜的放牧强度,科学施加放牧干扰,充分发挥牧草的补偿性和超补偿性生长,防止在高寒草场内“黑土型”退化草地的形成,达到保护生态环境、合理开发利用草场资源、提高经济效益的目的,最终实现高寒草场畜牧业可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 康乐. 生态系统的恢复与重建[A]. 马世骏. 现代生态学透视[M]. 北京:科学出版社,1990. 300~308.
- [2] 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,2000,20(4):581~586.
- [3] Hobbs R J. Disturbance as a precursor for weed invasion of native vegetation[J]. Plant Ecology 2000, 111: 115~126.





www.cnki.net