

# 高寒草甸畜牧业可持续发展:理论与实践

赵新全 张耀生 周兴民

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

**摘 要:**“生态系统管理”是畜牧业可持续发展的重要理论基础。放牧家畜饲养周期长,出栏率低,是制约高寒草甸畜牧业生产的最大瓶颈。因此,采取一系列生态系统管理措施,如建立人工草地、修建牲畜暖棚并进行牛羊舍饲养肥、退化草地恢复与重建、优化畜群结构和优化放牧强度等,实现畜牧业的集约化经营,是高寒草甸畜牧业可持续发展的必由之路。

**关 键 词:**高寒草甸;畜牧业;可持续发展

中图分类号:S811.1(44)(75) 文献标识码:A 文章编号:1007-7588(2000)04-0050-12

## THEORY AND PRACTICE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ANIMAL HUSBANDRY ON THE ALPINE MEADOW PASTURE

ZHAO Xin-quan ZHANG Yao-sheng ZHOU Xing-min

(Northwest Plateau Institute of Biology, CAS, Xining 810001, China)

**Abstract:** “Ecosystem management” serves as an essential theoretical basis for sustainable development of animal husbandry. The longer raise period and lower slaughter rate constitute the important limiting factors for livestock production on high frigid meadows. The only road to sustainable development is to adopt a series of ecosystem management measures including the establishment of artificial grassland, construction of solar shed for animals, sheep fattening and yak fattening, restoration of degenerated grassland, optimizing structure of the animal population and grazing intensity, and realization of intensified management of livestock farming.

**Key words:** Alpine meadow; Animal husbandry; Sustainable development

草地是发展放牧畜牧业的重要物质基础,开展草地畜牧业可持续发展的研究具有十分重要的意义。广布于我国青藏高原东部及其周围高山和新疆的天山、阿尔泰山等地的嵩草草甸天然草地辽阔,牧草品质优良,营养丰富,具有高蛋白、高脂肪、高无氮浸出物以及热值含量高和纤维素含量低等“四高一低”的特点,是我国重要的畜牧业基地。嵩草草甸主要分布区在藏族等少数民族聚居之地,畜牧业生产历史悠久,以盛产青藏高原特有畜种——藏系绵羊和牦牛而闻名于世。而在长期落后的传统生产经营模式下,畜牧业生产发展缓慢,经济效益低而不稳。随着人口的增长和国家经济发展对畜产品需要的增加,高寒草甸牧区普遍发生超载过牧的现象,使本来脆弱的生态系统整体功能受到严重破坏,这不仅阻碍了草地畜

收稿日期:2000-03-10

基金项目:中国科学院重大项目(KZ951-A1-204-05)、特别支持项目(KZ95T-06;KZ95T-04-03)和国家重点基础研究发展规划项目(G1998040800)。

作者简介:赵新全(1959~),男,研究员。主要从事草地生态研究及管理工作。

牧业生产的持续、稳定、协调发展,而且导致草地严重退化,引起水土流失和环境恶化,对人类的生存条件造成严重威胁。如何在提高当前草地畜牧业经济效益的同时,又能兼顾草地资源的长期利用而不危及子孙后代的利益,保证牧区经济和社会的繁荣与持续发展,维持区域生态平衡,已成为一项重要的战略任务。

## 1 草地畜牧业可持续发展的定义

从“大农业”的观点看,草地畜牧业的持续发展实际上属于持续农业的范畴。它的内涵已由“农业与环境”国际会议上通过的“登博斯宣言”和国际农业研究磋商小组技术咨询委员会对可持续农业所作的如下定义所界定,即“成功地管理各种农业资源以满足不断变化的人类需求,而同时保护或提高环境质量和保护自然”。最近几年,生态系统管理作为一种新的科学观念已逐步引起各方面的重视,成为可持续发展的重要基础理论。生态系统管理包括 8 个方面: 可持续性; 目标明确可行性; 生态模型可释放性; 复杂性和关联性; 系统动态性; 时空广度性; 生态系统的人类组分性; 适应性与可说明性。生态系统管理与过去的草地经营管理有一定的区别。首先是目标不同,生态系统管理变过去的“资源产出型”经营为“资源维持型”经营,设计时优先考虑资源的可持续发展,兼顾资源利用的保护,明确未来达到的目标,并可对其进行监测与检验。其次是生态系统管理更强调对生态系统结构与功能,以及生态系统各种生态关系与过程的充分认识和理解。最后是生态系统管理强调人类是生态系统的组成部分,承认人类对生态系统的持续发展具有重要影响和有能够实现生态系统的可持续发展。

## 2 嵩草草甸的主要生态过程及可持续发展的理论基础

### 2.1 草地生产力形成的基本规律

嵩草草甸草地资源丰富,牧草柔软、营养丰富,具有高蛋白、高脂肪、高无氮浸出物、纤维素含量低和热值含量较高的特点。但是,牧草生长期短暂(90d~150d),初级生产力水平较低。矮嵩草草甸草场每公顷产干草为2 960kg,光能利用率为0.096%,金露梅灌丛草场为2 667kg,光能利用率为0.080%;封育的垂穗披碱草草甸草场为3 658.7kg,光能利用率为0.204%。植物对高原特殊生境条件的长期适应,使其形成一系列形态、生理生态学特征,如植株低矮,呈莲座状、垫状形态,多数植物种子不能成熟而行营养繁殖,牧草现存量 and 营养成分含量的季节差异显著。牧草现存量和粗蛋白含量都表现出明显季节性变化(图1)。牧草现存量随放牧强度的增大而减小,重度放牧(6.07只/hm<sup>2</sup>)条件下,牧草现存量于8月初达到最大值(271.3g/m<sup>2</sup>·干重),中度放牧(3.12只/hm<sup>2</sup>)和轻度放牧(2.14只/hm<sup>2</sup>)在8月底达到最大值(295.1和340.0g/m<sup>2</sup>);到翌年4月底牧草现存量降低到最小,重、中、轻度放牧分别为71.0、123.7、139.5g/m<sup>2</sup>·干重,依次为年最高现存量的26.38%、41.91%、40.02%。牧草净生产量与生长季节的月平均气温和降水量密切相关。牧草净生产量与月平均气温、降水量呈极显著的正相关,而与放牧强度呈极显著的负相关。在重度放牧条件下,由于家畜长时间的反复啃食、践踏,草场普遍退化,优良牧草减少。

从植物生产的角度来看,牧草生长有两个关键时期。一是秋季结籽和根部贮存养料时期;二是春季消耗根部贮存的养料进行萌发时期。牧草在这两个时期最不耐牧,所以又称为忌牧时期。冷季草场的利用时间恰好与牧草的两个关键时期重叠,因此草场受到的损害更为严重。在牧草生长季,可采食牧草的贮存量充足,在轻度和适度的放牧条件下,8月底牧

草贮存量分别为需求量的 221.71% 及 160.00%。此后虽有下降,但牧草营养价值较高,家畜体重仍不断增加,直至夏秋放牧场(6月1日~10月31日)结束时,可采食牧草仍很丰富。2月~4月,草畜矛盾更为突出,供家畜可采食的牧草不足,即使在轻度放牧条件下,牧草贮存量亦仅占家畜需求量的 85.03%,亏缺 14.97%,所提供的营养物质远远小于家畜的营养需要。在重度放牧条件下,全年可采食牧草的贮存量始终小于家畜的需求量,放牧家畜长期处在饥饿或半饥饿状态,供家畜可采食牧草,仅占需求量的 33.71%,亏缺 66.29%,在饥寒交迫的袭击下死亡率高达 40%~50%。

家畜体重随牧草贮存量及营养成分含量的季节变化而改变,其季节变化呈“S”型曲线。藏系绵羊体重随放牧强度的增大而减小。每年冷季掉膘严重,尤其在 2月~4月更为严重。这是高寒草地畜牧业生产过程的最大弱点,也是经济效益不明显,能量和物质转换效率低的主要原因。

在草返青期和草盛期,由于牧草生长旺盛,绵羊可得到充足的牧草供应,绵羊的产热主要来源于碳水化合物分解,该期绵羊蛋白质代谢为正平衡,因此,呼吸商较高,为 0.90,其糖和脂肪参加氧化的比例为 70%和 30%。在枯黄期和枯草期,由于牧草停止生长而枯黄,其质量明显降低,不能满足绵羊的营养需要,绵羊必须分解体内脂肪和蛋白质产热来维持生命。在枯草期的前期,绵羊经过暖季放牧沉积了大量的脂肪和蛋白质,此时,若营养不足绵羊则主要依靠分解体内脂肪来维持生命过程,以呼吸商 0.75 计,其脂肪和糖类产热所占的比例分别为 81%和 19%。在枯草期的 4 月份,绵羊经过漫长的冬季,营养极度贫乏,体内脂肪基本耗尽,其产热有一部分靠分解体内蛋白质来实现,据测定,这个时期绵羊每日糖类、脂肪和蛋白质产热所占的比例分别为 66.95%、28.70%和 4.35%。以上分析结果表明,由于高寒草甸草场可食牧草供给在 1a 之内分配与绵羊的营养需要不平衡,从而导致绵羊物质代谢有明显的季节变化规律。各时期绵羊的蛋白质摄入量具有极显著的差异,牧草返青期极显著地高于枯草期和枯黄期,显著地高于草盛期;枯草期和枯黄期的蛋白质日食量差异不显著。从表 1 可知,枯草期和枯黄期绵羊蛋白质代谢为负平衡,平均每日消耗体蛋白质分别为 26.57g 和 13.06g。

表 1 繁殖藏系绵羊蛋白质利用效率

物侯期	返青期	草盛期	枯黄期	枯草期
日食蛋白质(g)	232	148	52	46
日粪蛋白质损失(g)	57	49	38	37
蛋白质消化率(%)	75.45	66.84	24.66	19.14
日尿蛋白质损失(g)	86	45	28	39
表现生物学效价(%)	50.46	54.34	-	-
日蛋白质量沉积(g)	88	53	-13	-27
总效率(%)	38.08	36.14	-	-

含量增高,牧草品质差,导致其消化率降低。可消化蛋白质的利用率以草盛期最高,返青期

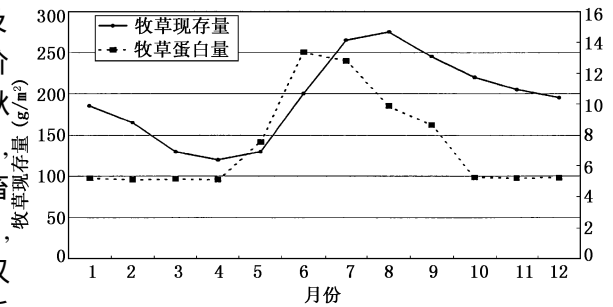


图 1 牧草现存量和粗蛋白含量季节变化

Fig.1 Seasonal dynamics of standing crop biomass and crude protein content

牧草蛋白质的消化率主要取决于牧草的质量,而可消化蛋白质利用率主要取决于家畜的生理状态和品种特性。从表 1 可知,牧草蛋白质消化率以草返青期最高,草盛期次之,这两个时期牧草正值生长季节,牧草嫩绿,营养价值较高,故其消化率较高,而枯草期和枯黄期,牧草停止生长,可溶性糖降低,纤维素

次之,其它两期均为负值,故未列出。草盛期和返青期蛋白质的净利用率平均为 37.11%,年加权平均值为 19.72%。

繁殖母羊蛋白质需要随繁殖的后移逐渐增加(表 2)。与此相反,绵羊蛋白质的实际采食量则随繁殖期的后移而减少,二者以指数回归方程的拟合度较高。蛋白质采食与需要的平衡点(8月20日),平衡点以后的大部分时间里,蛋白质供应不足,导致绵羊生产性能低、经济效益不佳。

藏系绵羊是青藏高原特有的家畜品种,长期以来,在高寒气候的影响下,形成了适应高寒气候的代谢机制,表现出很强的适应性。由表 2 可知,绵羊的每日蛋白质需要与实际采食量相差很大,特别是在妊娠后期和泌乳期,其实际采食量只占需要量的 32.62%和 29.84%。母羊在妊娠后期蛋白质供应不足,直接地影响羔羊的生长和发育,甚至发生严重的消化紊乱、营养性贫血、流产及母体死亡。但藏系绵羊能在极其恶劣的气候环境下繁衍后代,其可能的途径有:妊娠期绵羊能改变体内蛋白质的分配维持妊娠需要,而在分娩后,其体重一般下降 7.96kg,尤其在哺乳期,体重下降更甚,与同龄羯羊相比,母羊在哺乳期要多减重 5.23kg;其次,藏系绵羊有很强的代谢补偿能力,5月~6月,牧草生长旺盛,营养价值高,其每日蛋白质摄入量 and 沉积量达到最高,增重部分几乎由蛋白质组成,表现出极高的代谢补偿能力,以便为渡过枯草季的繁殖过程作储备;另外,在寒冷季节藏系绵羊以极低的代谢率来节省能量消耗,减少体组织的分解。在冷季营养缺乏时,绵羊可将其代谢降至比基础代谢稍高的水平,以维持生命和繁殖的需要<sup>[1]</sup>。藏系绵羊对牧草蛋白质的利用效率较其它绵羊品种高。在返青期和草盛期,繁殖藏系绵羊对牧草蛋白质的消化率、可消化蛋白质的利用率和净利用率的平均值分别为 71.15%、40%和 37.1%,而内蒙古细毛羊仅为 60.25%、29.76%和 17.92%<sup>[2]</sup>;藏系绵羊的蛋白质消化率与“新×藏”高代杂种羊的接近(71.37%),但“新×藏”高代杂种羊的可消化蛋白质的利用率和净利用率均比藏系绵羊低,二者分别为 13.67%和 9.75%<sup>[3]</sup>。由此可见,藏系绵羊对牧草蛋白质有较高的利用率,也是藏系绵羊对恶劣气候环境适应的对策之一。

表 2 繁殖母羊蛋白质需要与实际采食

Table 2 The protein requirement and intake of Tibetan ewe

繁殖期	妊娠前期	妊娠中期	妊娠后期	哺乳期
蛋白质需要(g/d)	112	135	159	164
实际采食(g/d)	148	100	52	49
实际采食/蛋白质需要(%)	132	74	33	30

## 2.2 植被与动物的相互作用

在草地资源中,有许多牧草适度利用下再生性强,再生周期短,是最经济的资源,放牧利用是一种最经济的利用方式。与其它饲料比较,放牧青草是营养价值较高的饲料,高于同样青草所调制的带叶干

草。在放牧过程中一方面家畜通过采食牧草,摄取营养物质,不断地放牧运动,可以促进新陈代谢,强健体质,提高对疾病的抵抗力,从而提高家畜的生命力和生产力。

**2.2.1 放牧对草地的影响** 放牧家畜通过采食、踩踏和排泄(粪和尿)影响草地。每项因素均影响牧草生产量、牧草质量和植物学成分;反过来,每项因素又受到这些牧草属性的影响。放牧家畜采食牧草枝叶,获取营养物质。在过度放牧的情况下,叶面积不断减少,降低光合效率,使植物减少养分供给的来源,依靠贮藏的营养物质进行生长,使生长发育受到抑制,严重时导致植物死亡。植物贮藏营养物质的减少,降低了植物的生命力和对其它牧草的竞争

力,若植物在秋季贮藏营养物质不足,其越冬性就差,第二年春季牧草的生长发育也受到影响。研究表明,强度放牧可以使植物群落中毒杂草的比例增加,禾本科和莎草科的牧草减少(图 2),同时,草场生物量降低。

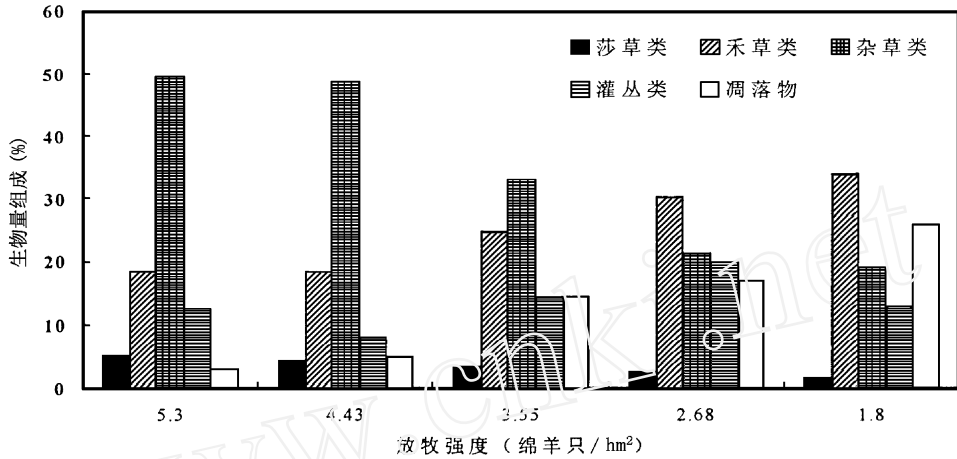


图 2 放牧强度对草场植物群落组成的影响

Fig. 2 Impact of grazing intensity on biomass composition of plant communities

2.2.2 放牧对啮齿动物群落结构的影响 啮齿动物生存的条件之一是对空间和栖息地有严格的选择,由于重度放牧可以导致植被盖度及地上部分现存量降低,使根田鼠的密度和生物量有所限制,但在次轻度和轻度放牧条件下,特别是在轻度放牧处理,植被覆盖度明显增大,随之根田鼠的密度和生物量增高,且迅速形成以该种为优势的群落。鼠兔属(*Ochotona*)在地表下栖居的小型种类——甘肃鼠兔对植被覆盖降低亦有类似反应。与根田鼠和甘肃鼠兔相反,体型较大、喜栖开阔环境的高原鼠兔和喜马拉雅旱獭,以及营地下生活的高原鼢鼠,它们在重度、次重度和中度放牧处理下较为丰富,而在次轻度和轻度放牧处理则较贫乏或消失。啮齿动物群落的多样性,不仅与植被覆盖水平和植株高度具有显著的负相关,还与实验放牧强度有显著的正相关。众所周知,高原鼠兔和高原鼢鼠是高寒草甸地区危害草场的主要鼠种。在重度和次重度放牧处理条件下,这两种害鼠具有最大的生物量密度(表 3),而在

表 3 不同放牧处理啮齿动物生物量密度

Table 3 Rodent biomass densities in different grazing treatments

种类	放牧强度 (绵羊/ hm <sup>2</sup> )				
	5.30	4.43	3.55	2.68	1.80
高原鼠兔	4 744.76	3 521.76	2 739.44	1 152.56	
甘肃鼠兔	1 767.00	3 095.19	8 655.88	6 068.92	3 499.00
喜马拉雅旱獭	1 206.00	3 618.00	7 202.00		
根田鼠	451.62	533.83	1 761.00	2 829.60	3 732.84
高原鼢鼠	3 044.00	1 894.00	2 100.00	420.00	210.00

次轻度和轻度放牧处理中,它们的生物量密度则显著降低,因此,在重度和次重度放牧条件下,鼠类对草场的危害较其它放牧处理严重;相反,在中度、次轻度和轻度放牧处理中,根田鼠和甘肃鼠兔则有最大的生物量密度,然而,这两种鼠对草场尚不造成危害,即在中度、次轻度及轻度放牧条件下,鼠

类对草场的危害甚轻或不存在益害问题<sup>[4]</sup>。

### 2.3 草地退化的生态过程

草地退化是指草地生态系统中能量流动与物质循环失调,生态系统结构破坏,功能下降,稳定性减弱。广义的草地退化包括草场植被的退化、土地沙漠化、土地次生盐渍化、水土流失及环境条件的恶化。导致草场退化的原因是多种多样的,自然因素中如长期干旱、风蚀、水蚀、沙尘暴、鼠虫害等;人为因素中如过牧、重刈、滥垦、樵采、开矿等。这些因素常常是交互作用,互为因果。

生物群落为某一空间各种生物的集合体,是生物长期进化过程与环境相互作用的结果。但随着人类活动的干扰和对环境施加的压力,生态环境发生变化,改变了各种生物栖息地的条件,生物群落即发生变化。长期以来,由于各种生物群落的结构与功能极其复杂,一般仅限于单学科研究,仅少数学者<sup>[4~6]</sup>,对生物群落进行了研究。中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站地区的综合研究结果表明,动植物种群的分布与数量之间有着极为密切的关系,其相互适应取决于食物条件和栖息环境,因而可以证明,动植物之间除遗传、化学信息等其他因素外,食物资源谱和栖息环境是决定啮齿类动物群落种类组成和种群数量分布的重要因素。在嵩草草甸地区,过牧是导致草地退化最直接、起主导作用的因素<sup>[7]</sup>。嵩草草甸在人为活动(主要指放牧活动)的干扰下,植物群落发生了变化,即群落中杂类草及有毒有害植物增加,进而影响了动物群落,尤其是有害动物种群数量的增加,导致草场退化。随着植物群落的演替,鼠类种群不断变化,多样性指数和均匀度指数亦逐渐增加,说明鼠类的多样性与植物的多样性变化趋势一致。嵩草草甸动植物群落演替的过程与机制见图 3,可知在草地的退化演替进程中,过度放牧起重要的作用。

## 3 草地资源的科学管理和利用

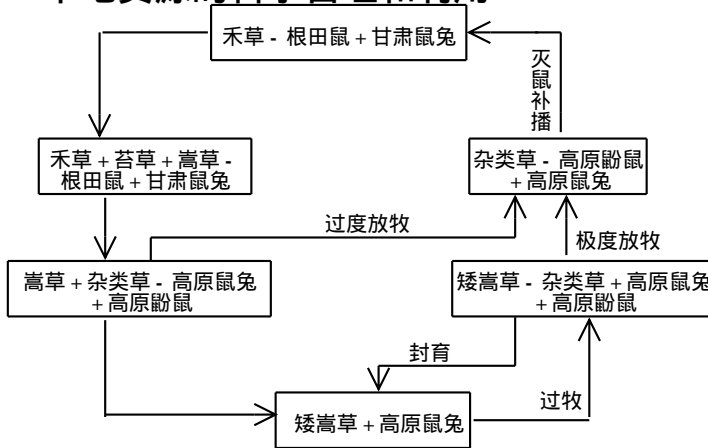


图 3 动植物群落演替的过程与机制(周兴民等,1996)

Fig. 3 The process and mechanism of community succession of animals and plants

为了改善牧场的生产性能和提高经营效益,有必要优化牧场的整体生产结构。高寒牧场的优化生产结构,首先应该能维持高寒草地的生态平衡,阻止草地继续退化,使优化生产结构能够持续最大经营效益,这就要求家畜适度地利用可再生牧草资源,保持其生命活力。其次,优化生产结构应提高牧场的经营效益,因此以

最大牧场经营效益作为目标函数。第三,优化生产结构应真实地反映高寒轮牧牧场的特点,结合畜牧业生产实际,力求有实用价值。

### 3.1 高寒草甸优化放牧强度

评价优化放牧方案的依据应考虑植被反应和家畜生产两部分,其重要程度是前者大于

后者,二者的权重为 0.55 和 0.45。植被反应又包括生物量、类群变化和牧草营养成分三部分,其中生物量反映了草地的初级生产力;植物类群变化在一定程度上反映了草场的演替趋势,如果草场中禾草和莎草的比例增高,说明草场向进化演替;相反,如果草场中杂类草的比例升高,生物量下降,表明草场退化。牧草营养成分反映了牧草质量,如果牧草中粗蛋白质的含量增加,牧草质量较高;相反,牧草中粗纤维含量增高,牧草质量变劣。我们认为在高寒草甸草场牧草现存量最为重要;其次为植物类群组成和牧草营养成分,三者的权重分别为 0.40,0.35,0.25。根据藏系绵羊的生产性能,家畜生产部分主要指增重(产肉)、产毛和死亡率。由于藏系绵羊的主要生产用途是产肉,其权重较高,上述 3 个因素的权重分别为 0.50,0.25,0.25,增重和产毛又分为个体产量和单位面积产量两部分,如果单独追求个体产量,就会使放牧强度过轻,相反单纯追求单位面积产量就可能使放牧强度过重,在生产实践中,以单位面积产量较为重要<sup>[4]</sup>,二者的权重为 0.40,0.60。

应用模糊数学模型对草甸草场 5 种放牧方案的综合评价列于表 4,由表 4 可知,综合评判值以放牧方案 D 最高,在该放牧方案下,不论是植被反应还是家畜生产,各因素的语言值都较高,即在放牧强度为每公顷 2.67 只绵羊的情况下,家畜生产也维持在相对高的水平,同时,草场的初级生产力较高,且植被向好的方向演替,从而实现高寒草场持续利用。

### 3.2 季节草场的优化配置

表 4 5 种放牧方案的综合评价

Table 4 The integrated evaluating values of 5 grazing treatment schemes

放牧方案	A	B	C	D	E
放牧强度 (绵羊只/hm <sup>2</sup> )	5.30	4.43	3.55	2.67	1.80
综合评价	3.34	3.20	4.87	5.06	4.47

在草地供给方面,两季草场单位面积可供采食的牧草量并不相同,只有在牧场总面积的约束下通过合理调整两季草场的面积分配,才能使各季牧场的牧草总供给与总需求达到平衡,解决季节性牲畜矛盾。利用线性规划模型的最优解,给出了在最优存栏和出栏结构下两季草场(以 500hm<sup>2</sup> 为单位)的

最佳面积分配,两者分别为夏秋草场 231.53hm<sup>2</sup> 和冬春草场 268.47hm<sup>2</sup>,分别占草场总面积的 46.31% 和 53.69%,夏秋与冬春草场面积为 1:1.16<sup>[9]</sup>。夏秋和冬春草场提供的实际可采食牧草总量分别为 308.77t 和 326.67t。由于在估算单位面积草地可采食牧草同时,已考虑了不引起草场退化的适度利用率,例如夏秋草场的牧草利用率为 40%~50%,因为,即使上述两季草场可采食牧草总量全部被利用完,也不会导致草场的过度利用。反之,若某季草场的可采食牧草有剩余,则说明该季草场牧草利用不足,将降低畜群的经济效益。

### 3.3 优良牧草选育及人工草场建立

受高寒严酷的自然条件的限制,青藏牧区传统放牧畜牧业依靠天然草地有限的牧草自然生产力牧养家畜,因而畜产品的产出是有限的。因此,大力发展人工草地,提高草地生产力,使牧草产量提高 5 倍~10 倍,增加对草地畜牧业的物质和科技投入,实行集约化经营,是解决草地过度放牧利用,冬季严重缺草的有效途径。

**3.3.1 一年生割草草地** 燕麦(*Avena Sativa*)作为一年生割草草地的主栽品种,可在青藏高原东部环青海湖地区的冬春草地广泛栽培。据海北站试验结果,在 5 月中旬平均气温 4 左右时播种,9 月中旬盛花期至籽粒灌浆期收割,可收获鲜草 2.3kg/m<sup>2</sup> - 5.5kg/m<sup>2</sup>。若采用箭舌豌豆与燕麦混播(混播比例为燕麦:箭舌豌豆 = 3:1,保苗 800 株/m<sup>2</sup>),鲜草产量可达

6.5kg/m<sup>2</sup>,株高可达1.6m。这种混播草地成为近年来该地区的主要推广栽培模式<sup>[10]</sup>。不论是燕麦、豆草的株高,还是豆禾比、茎叶比以及两类牧草的单位面积产量和混播总产量,均以混播较高。豆科牧草种的择优之所以对混播组合总产量的效应最大(10.9kg),是因为其对混播成员的株高、单位面积产量及牧草总产量的影响最大。所以,以豆科牧草择优作为搭配组合的首选考虑因素是理所当然的。如对各组份种的单株效应指数来讲,其最大值出现在最小密度时,其单株效应分别是27g燕麦和7.48g箭舌豌豆。以800株/m<sup>2</sup>密度时的正效应为最大,达455g/m<sup>2</sup>。该组合亦为本试验最佳组合,牧草单位面积产量可达1.415kg/m<sup>2</sup>。

**3.3.2 多年生放牧人工草地** 适宜建立多年生人工草地的禾本科牧草种比较多。生产上大量应用的高禾草主要是经过人工驯化的多叶老芒麦,矮禾草主要有星星草、羊茅和冷地早熟禾等。高禾草在环青海湖和青南高原海拔3000m~3800m,年降水量300mm~800mm,年平均气温-3~4地区均可很好生长,低禾草种植范围较高禾草更广一些,可在海拔3600m~4600m,年平均气温-1.9,降水量260mm~760mm地区种植。据海北站试验结果,老芒麦在生长末期地上生物量烘干重可达0.76kg/m<sup>2</sup>,中华羊茅达0.714kg/m<sup>2</sup>,冷地早熟禾达0.382kg/m<sup>2</sup>,株高依次可达68.7cm,45.2cm,37.0cm<sup>[11]</sup>。

长期研究表明,灭杂草侵入和土壤有效养分供应不足是导致多年生禾本科人工草地建植3a~5a后急速退化的主要原因。2,4-D丁酯对多种双子叶杂草均有较好的灭杀效果,但须采用适宜的施药量和施药方法。在中华羊茅人工草地进行的试验结果表明,杂草灭除效果与施药量密切相关,以0.32ml/m<sup>2</sup>效果较好。在生产上应用时应根据不同人工草地的杂草密度和施药时期在0.2ml/m<sup>2</sup>~0.4ml/m<sup>2</sup>范围内因地制宜地选用合理的施药量。

人工草地退化演替的一个明显特征是植物群落组种数量逐年增加。从三龄草地的29种增加到六龄草地的46种,种数增加59%,组种数量增加说明群落结构在演替过程中趋于复杂化。种的增加以阔叶杂类草为主,其次为禾本科牧草,而莎草科则很少,这一变化趋势与草地建植前本底植物群落结构有关,本底植物群落结构即以阔叶杂草为主。

### 3.4 退化草地的恢复与重建

生产者生态系统的核心。所谓退化生态系统其本质就是植物群落在各种因素的干扰和破坏之下所发生的退化演替。主要对策有:

**3.4.1 封育** 对退化程度较轻的草场,一般封育即可,使牧草得以休养生息和恢复土壤肥力。实践证明,当草地封育2a~3a,可促进禾本科牧草中的异针茅、羊茅、紫羊茅以及嵩草等植物的生长发育,完成其生活史。在解除家畜啃食和践踏压力之后,一方面种子可以成熟和传播,使自然种群不断扩大,另一方面可增加其分蘖能力,丛径增大,提高它们在群落中的密度、盖度和生物量,改变其群落结构,使原来的单层结构变为多层结构,进而改善群落环境,提高了光能利用率和生物量<sup>[8]</sup>。

**3.4.2 优良牧草的选育** 植物种是组成群落的最基本成分,选择能适当地气候的优良品种,以更新退化草地的劣质草种。经多年的引种驯化,选育出适应高寒气候,生产性能较好的垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、老芒麦(*E. sibiricus*)、羊茅(*Festuca spp.*)、早熟禾(*Poa spp.*)等10余个品种,为退化草地的恢复和重建奠定了基础。

**3.4.3 群落优化结构的配置** 依据恢复生态学和实验群落学的理论,配置优化结构的人工或半人工群落,是退化草地恢复与重建的捷径和最有效的方法。我们采用高禾草垂穗披碱



草、老芒麦以及下繁低禾草羊茅、紫羊茅和早熟禾等,增加了群落的垂直结构和叶面积指数。经过多年的实验,生产力可提高 3 倍~5 倍。同时由于群落的郁闭度增加,改善了群落环境和草地生态条件。

**3.4.4 松耙、补播和施肥** 以措施对禾本科、莎草科植物均有明显的增产效应,补播对禾本科植物的效果更佳。由于禾本科植物的充分发育,形成群落的优势种,抑制了杂类草的生长发育,不仅改变了草地植物群落的组成成分,提高了牧草品质和使用价值,而且达到了生物防治毒杂草的目的。

**3.4.5 退化草地综合治理措施** 以退化天然草地为对象,通过松耙、群落配置、封育和施肥等调控策略,可使退化草地尽快得到恢复,并成为优化结构的半人工草场。选用疏丛禾草(上繁草)垂穗披碱草、老芒麦和密丛禾草(下繁草)冷地早熟禾等品种,按不同播种量比例设置松耙、补播、施肥(Scarification, Replant and Fertilize, SRF),松耙、补播(Scarification and Replant, SR)等措施,对退化天然草地经过人为调控作用,其植物群落种的丰富度和多样性指数均有增加。退化天然草地在松耙、补播、封育和施肥等调控作用下,植物群落的种类组成及其特征值随时空格局的变化具明显差异,经过人为调控作用,植物群落地上净生产量均有提高<sup>[13]</sup>。

表 5 藏系绵羊种群优化存栏结构

Table 5 The optimal population structure stocked for Tibetan sheep (%)

年龄组	0	1	2	3	4	5	6	7	合计	
夏 秋 草 场	母羊	17.33	14.23	13.61	13.00	12.50	12.00	1.24	0	93.91
	羯羊	16.09	0	0	0	0	0	0	0	16.09
	合计	33.42	14.23	13.61	13.00	12.50	12.00	1.24	0	100.00
出栏后										
冬 春 草 场	母羊	0	24.06	19.76	18.90	18.04	17.35	1.89	0	100.00
	羯羊	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冬春草场结束										
草 场	母羊	17.39	14.30	13.56	12.95	12.45	11.96	1.23	0	83.58
	羯羊	16.15	0	0	0	0	0	0	0	16.15
	合计	33.54	14.30	13.56	12.95	12.45	11.96	1.23	0	100.00

注:母羊年龄组数量中均包含其自身数量 1.5%的种公羊在内。

在 SRF、SR 条件下,植物种多样性指数随时间的延续均有增加的趋势。形成上述分布格局和年间动态变化,说明退化天然草地通过调控作用,不仅增加了种的丰富度,而且使群落结构的

复杂程度有所提高,从而使群落多样性指数增加,而 CK 条件下多样性指数的变化多受环境条件的影响较大。丰富度与多样性指数呈显著的正相关,多样性指数与均匀度指数呈极显著的正相关。虽然种的丰富度较大,但是种间差异明显,从而使多样性指数和均匀度指数下降,这种变化规律充分显示了退化草地在实施调控策略以前,植物群落结构简单,种类组成较少,呈现了多样性指数较低的趋势;经松耙、补播、封育和施肥等调控策略,使土壤有效养分增加,植物种间竞争以及外来种的不断侵入,资源和空间生态位的再分配,使群落内部的容纳量增大,群落结构逐步复杂化,从而导致多样性指数增大。同时也显示了退化草地次生植被的恢复演替过程。此外,在 SRF 条件下,种多样性指数比 SR 和 CK 低,说明补播牧草施肥后得到充分发育,使种间竞争和种内竞争加剧,造成群落稳定性降低。表明今后在恢复和重建人工或半人工草地,不仅要考虑水平结构的多样性,而且也要考虑空间结构的多样性,只有这样才能保证群落的稳定性和持续发展。

**3.4.6 鼠害的综合防治** 青藏高原各类草地目前均处在超载过牧、鼠虫危害及资源极度

开发利用的压力之下,处于不同的退化演替阶段。针对这些问题进行了多年鼠类综合防治研究,取得了良好的效果。青藏高原的高原鼠兔、达乌尔鼠兔和高原酚鼠是高寒草地的优势种群,种群数量大,对草地危害严重,应采取综合治理的措施。根据多年研究,提出了化学和生物灭鼠、生态防治等综合治理对策,可加速退化草地的恢复和提高草场生物生产力,促进草地畜牧业的发展。

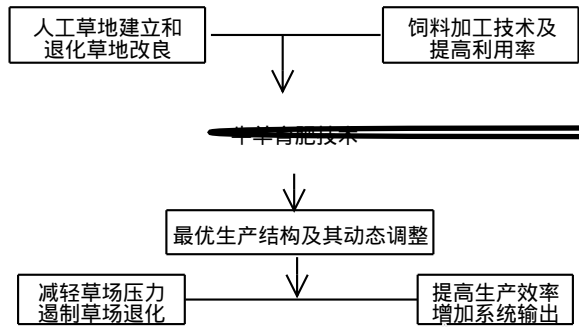


图 4 草地畜牧业集约化生产的主要环节

Fig. 4 Main links in intensifying production of animal husbandry

### 4 畜群的集约经营

草原畜牧业最基本的特点也是最大的优势,即家畜的营养物质大部分来自于天然草原和放牧方式。因此,

表 6 藏系绵羊羯羊最佳屠宰年龄

Table 6 Optimal slaughter ages of Tibetan wether

年龄	0	1	2	3	4	5	6	7	8
羊毛收入	0.0	2.13	6.62	11.26	15.89	20.53	25.46	30.55	35.70
死亡皮张收入	0.10	1.39	1.68	2.00	2.35	2.72	3.08	3.43	3.76
出栏收入	24.01	23.59	29.97	38.22	45.65	47.40	47.52	42.41	39.41
总收入	24.11	27.11	38.27	51.48	63.89	70.65	76.06	76.39	78.87
总成本	9.83	21.93	32.13	42.28	52.16	61.61	70.75	79.49	87.85
净收入	14.28	5.18	6.14	9.20	11.73	9.04	5.31	-3.10	-8.98

表 7 藏系绵羊母羊最佳屠宰年龄

Table 7 Optimal slaughter ages of Tibetan ewe

年龄	0	1	2	3	4	5	6	7	8
羊毛收入	0.0	2.13	6.62	11.26	15.89	20.53	25.46	30.55	35.70
死亡皮张收入	24.01	23.59	29.97	38.22	45.65	47.40	47.52	42.41	39.41
出栏收入	24.11	27.11	38.27	51.48	63.89	70.75	76.06	76.39	78.87
繁殖收入	-	-	-	7.91	15.50	22.79	29.90	36.51	42.96
总收入	24.11	27.11	38.27	59.39	79.39	93.44	105.8	112.8	121.8
总成本	9.83	21.93	32.13	42.28	52.16	61.61	70.75	79.49	87.85
净收入	14.28	5.18	6.14	17.11	27.23	31.83	35.10	33.41	33.98

主要环节进行集约经营,以克服影响草原畜牧业发展的制约因素,从而强化人类利用自然、改造自然的能力,使草原畜牧业逐步走上稳定、高产、优质、高效和草资源永续利用的发展道路。通过海北高寒草甸生态系统研究站的实践表明,人工草地的建立、畜群的优化生产结构、牛羊舍饲育肥等进行集约化经营是实现草地畜牧业优化结构的关键措施(图 4)。

#### 4.1 夏秋草场绵羊种群最优存栏结构

夏秋时间段(6月1日~10月31日)在夏秋草场,藏羊种群的最优存栏结构列于表 6。在最优存栏结构中,母羊占 83.91%,羯羊占 16.09%;繁殖母羊占种群的 52.35%,其中包括占种群 1.83%的种公羊,实际繁殖母羊占种群的 50.52%。其自身年龄分布为:2岁者占 26.00%、3岁占 24.82%、4岁占 23.88%、5岁占 22.93%和 6岁占 2.37%。存栏羯羊全部是羯羔羊(占种群的 16.09%)。种群中约 1/3 是羔羊(周立等,1991)。

#### 4.2 冬春草场绵羊种群最优存栏结构

为了便于比较,将出栏后繁殖的种群结构与冬春草场结束时刻的种群结构一并列于表 5。在 11 月当年羔羊出栏后,繁殖前的种群全部由繁殖母羊和后备母羊组成。在 5 月份以前,冬春草场结束时刻的种群与之相比,增加了近一半的新产羔羊。冬春草场结束时刻与夏秋草场结束时刻的最优存栏结构基本上是一样的;粗略地说,羔羊约占 1/3,繁殖母羊占 1/2 强(周立等,1991)。

#### 4.3 最佳出栏结构和种群周转期

最佳出栏结构中,羯羔羊占出栏总数 57.52%,老年繁殖母羊占 42.48%;其中 4 岁母羊占 19.56%,6 岁母羊占 23.11%。相对于出栏前相应存栏数,种群的总出栏率为 27.97%,母羊出栏率为 14.16%,羯羊出栏率为 100%(全部系羯羔羊);出栏的母羊全部是老年繁殖母羊,繁殖母羊出栏率为 22.70%(5 岁母羊出栏率为 88.66%,6 岁母羊出栏率 100%)。为了保持种公羊的固定比例,各年龄组母羊出栏时应按其自身 3.5%的比例出栏种公羊。

表 8 羔羊育肥日粮组成及化学成分

Table 8 Structure and chemical composition of feed for lamb fattening

日粮配方	1	2
日粮组成 (g/kg)		
青稞	360	310
菜籽饼	260	310
油菜秸秆	175	175
燕麦草	175	175
NaCl	15	15
CaCO <sub>3</sub>	15	15
维生素矿物质混合物	1	1
营养成分 (g/kg)		
可消化蛋白质 (N <sup>+</sup> 6.25)	12.94	15.44
代谢能 (×10 <sup>4</sup> kJ/kg 干物质)	1.023	1.181

表 9 日粮营养水平对藏系绵羊生长及饲料利用率的影响

Table 9 Effects of feed nutritional level for growth and feed utilization ratio of Tibetan sheep

日粮	1		2	
	A	B	A	B
组别				
开始体重	22.16	19.08	26.15	23.04
日采食量	1.080	0.980	1.100	1.012
结束体重	25.70	22.45	29.01	26.49
日增重	190	157	189	192
饲料增重 (g/g)	5.68	6.24	5.82	5.27

以上建议的优化生产结构,立足于生物学上保持天然草场的持续稳定生产力,维持草地的营养平衡和自我更新,使两季草场均达到草畜平衡,妥善解决了季节性草畜矛盾。优化藏羊种群结构和出栏结构,提高种群的生产性能,其产毛量 1.20kg/hm<sup>2</sup> 和产肉量 7.95kg/hm<sup>2</sup>,高出全国平均水平 0.45kg/hm<sup>2</sup> 和 3.60kg/hm<sup>2</sup> 2 倍以上。按青海省的平均产肉量计算,提高幅度可达 3 倍左右。

#### 4.4 藏系绵羊的最佳屠宰年龄

在资源和种群平衡的约束下,藏系绵羊最大畜产品产量的出栏方案,首先出栏 6 岁母羊然后出栏部分 4 岁母羊,羯羊羔全部出栏;以最大净货币为目标的种群最优出栏方案,首先出栏 6 岁母羊,然后出栏部分 5 岁母羊,也是当年羯羔羊全部出栏。采用个体最大净货币收益目标和相同的参数(表 6,7),通过不同途径获得的上述个体最佳出栏年龄结果表明,局部个体最佳出栏年龄与种群整体最佳出栏年龄大致是相同的,只不过后者在资源的约束下,从整体

利益出发,除了最佳出栏的母羊外,还出栏了部分非最佳的母羊(周立等,1991)。

#### 4.5 高寒牧区的绵羊育肥技术

由于牧草生产与家畜营养需要的季节不平衡,降低了物质和能量的转化效率,浪费了大量的牧草资源。实行羔羊育肥是解决草畜矛盾及季节不平衡、提高草地资源的利用效率及

草地畜牧业的经济效益和草地畜牧可持续发展的主要措施。

绵羊的育肥方法,归纳起来的有 3 种: 放牧育肥:为最经济的育肥方法,利用牧草丰盛的时候,放牧 80d~90d,绵羊体重可增加 20%~30%,秋末冬初屠宰。 混合育肥:在秋末,对没有抓好膘的绵羊,补饲一些精料,使其在 30d~40d 屠宰; 舍饲强度育肥:羔羊舍饲育肥不受季节限制,其优点是在草场质量较差的时候向市场提供羊肉,从而获得较好的经济效益。

近年来,颗粒饲料发展很快,其具有以下优点:保持了配合饲料的各种成分,防止因物理形状不同而在运输、储藏过程中造成的不均匀,防止动物挑食,减少运输中的体积,减少饲喂中的浪费,增加采食量。没有条件的地方可对精料(主要指谷物籽实)压碎即可。同时,对粗饲料粉碎也有必要。根据营养学和生态学原理,利用青稞、油菜等秸秆及菜籽饼等农副产品,进行配料加工,集中强度育肥,对当年羔羊在减重以前开始育肥,使其在 2 个月之内达到出栏标准,以减轻冬季草场的放牧压力,提高草地畜牧业生产效率。表 8 列举了两种营养配方的饲料组成及其营养成分。

利用以上两种配方在海北站进行了当年羔羊舍饲强度育肥实验,其结果见表 9。其中,由于配方 2 含有较高的粗蛋白质含量,对体重较小的羊羔的增重效果更好,饲料报酬也较高。

总之,饲养周期长及牲畜出栏率低是制约高寒草地畜牧业生产的最大瓶颈,对当年羔羊实行全舍饲强度育肥或放牧加补饲育肥是解决这一问题的主要途径,广大牧区已建成了许多简易的和永久性的暖棚,为全舍饲及放牧加补饲奠定了物质基础。以上介绍的适合于高寒牧区及农牧交错地区饲料配方及优化育肥制度及科学的喂养方法,可以实现以较少的饲草饲料换取更多的畜产品的目的,从而改变传统粗放的经营管理模式,使高寒草地畜牧业生产高效、稳定、持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 赵新全,皮南林,韩建武. 反刍动物能量代谢研究, V. 不同放牧强度下冷季绵羊每日产热测定[J]. 青海畜牧兽医学院学报, 1986, 2: 33~38.
- [2] 潘军,王文元,赵志恭,等. 内蒙古细毛羊妊娠后期(90-150天)母羊能量和蛋白质需要研究[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1989, 10(2): 17~30.
- [3] 王辉珠. 高山禾本科——嵩草型草地土、草、畜的氮转化[J]. 中国草原与牧草, 1984, 1(2): 18~25.
- [4] 刘季科,王溪,刘伟,等. 藏系绵羊试验放牧水平对啮齿动物群落作用的研究 I. 啮齿动物群落结构和功能的分析[A]. 高寒草甸生态系统, 第 3 集[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 9~22.
- [5] 夏武平. 谈谈草原啮齿动物的一些生态学问题[J]. 动物学杂志, 1964, 6(6): 330.
- [6] 夏武平,周兴民,刘季科,等. 高寒草甸地区的生物群落[A]. 高寒草甸生态系统, 第 3 集[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 1~8.
- [7] 周兴民. 青藏高原草地资源的合理利用与草地畜牧业发展战略[A]. 中国草地科学与草业发展[C]. 北京: 科学出版社, 1989. 178~181.
- [8] 周兴民,樊乃昌,景增春. 植被演替与鼠类种群消长的相互关系[A]. 青藏高原形成、演化、环境变迁与生态系统研究[C]. 北京: 科学出版社, 1996. 318~324.
- [9] 周立,赵新全,王启基. 高寒牧场最优生产结构的研究[A]. 高寒草甸生态系统, 第 3 集[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 285~358.
- [10] 张耀生,周兴民,王启基,等. 高寒牧区燕麦与箭舌豌豆,毛苕子混播优化组合模式的初步研究[A]. 高原生物学集刊, 第 14 集[C]. 北京: 科学出版社, 1999. 184~190.
- [11] 张耀生,周兴民,王启基. 高寒牧区燕麦生产性能的初步分析[J]. 草地学报, 1998, (2): 115~123.
- [12] 张耀生,周兴民,王启基,等. 应用 2,4-D 酯灭除中华羊茅人工草地杂草的试验[J]. 中国草地, 1993, (1): 47~51.
- [13] 王启基,周兴民,沈振西,等. 不同调控策略下退化草地植物群落结构及其多样性分析[A]. 北京: 科学出版社, 高寒草甸生态系统, 第 4 集[C]. 1996. 269~280.
- [14] Holmes, W. . Grass, its production and utilization[M]. Blachwelt Scientific Publications. Oxford: 1980. 158~164.