

文章编号:1000-694X(2004)04-0456-05

# 黑河上游生态建设的模式与效益

张耀生<sup>1</sup>, 赵新全<sup>1</sup>, 李春喜<sup>1</sup>, 薛白<sup>1</sup>, 代建聪<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 甘肃省肃南县草原站, 甘肃 肃南 734400)

**摘要:**在黑河上游实施的以牛羊育肥、退化草原的植被恢复、人工草地建设为主要内容的生态建设,通过技术集成和试验示范,效果显著。混播一年生草地平均产干草 9.6 t/hm<sup>2</sup>,每公顷约可为 400 只羊提供冬春季节补饲用草,补饲措施可降低牲畜越冬死亡率 50% 以上,提高仔畜成活率 10%;围栏封育增加草地水源涵养功能,可使土壤含水量提高 20% 左右。绵羊育肥可使示范区农牧民人均增加收入 300 元。农业结构已经呈现明显的“山地-河谷-绿洲”一体化发展的系统耦合新结构,系统耦合的效应对植被的保护起到了很好的作用。

**关键词:**黑河;生态建设;系统耦合

**中图分类号:** X171.4 **文献标识码:** A

黑河发源于青海省祁连县,流经甘肃省河西地区后注入内蒙古自治区额济纳旗的尾间湖居延海,全长 810 km,流域面积 13 万 km<sup>2</sup>,是中国第二大内陆河<sup>[1]</sup>。黑河流域的主要生态问题是:由于中游农业开发规模逐渐加大,农田灌溉用水大量引用黑河径流水,导致下游断流,额济纳旗大片绿洲植被因缺水而死亡。针对黑河流域水资源短缺问题,许多学者从上游径流形成<sup>[2]</sup>、中游绿洲经济发展<sup>[3]</sup>、流域生态需水估算<sup>[4]</sup>、绿洲环境演变<sup>[5]</sup>等方面做了不少研究与探讨,但是,针对全流域水资源利用问题,对各种研究结果和生态建设的适用技术进行集成,从生态环境保护、提高农牧业生产经济效益、社会可持续发展的高度进行综合研究与技术示范,尤其是上游山区的生态建设试验示范,还鲜见报道。在这样的背景下,中国科学院“西部行动计划”从 2000 年起实施的“黑河流域水-生态-经济系统综合管理试验示范”项目,分别针对黑河上、中、下游现存的生态问题进行生态建设。其中上游地区急需解决的关键科学技术问题是:如何快速逆转草地退化趋势,恢复和加强草地涵养水源功能;生态环境综合治理工程如何兼顾环境保护与畜牧业经济持续发展。本文对黑河上游生态建设取得的成就做一简单的介绍。

## 1 山区放牧生态系统建设

黑河上游的主要生态问题是:虽然地处径流集

水区,但许多地方降水有限,河川径流大部分只为过境水而难以利用,干旱缺水草场约占 1/4;气候暖、干化,人口增长的压力,农牧业传统经营模式效益低下等原因导致放牧家畜超载严重,草场大面积退化(毒杂草化、盐碱化、沙化),植被覆盖度下降,人居环境破坏严重,生态系统的稳定性和服务功能减弱。从经济发展的要求看,山区放牧生态系统家畜的饲草需求和草地的饲草供应之间的季节性不平衡,长达 6~7 个月的冷季饲草严重不足成为放牧畜牧业生产发展的最大“瓶颈”。在考虑上游生态建设途径时,应从山地生态系统的草地初级生产亚系统和家畜次级生产亚系统以及产前产后各方面综合考虑,提高生产过程效率,提高系统输出能力。在实现“人、畜、草”关系平衡的基础上,提高生态系统的服务功能。从水资源利用的角度,就是提高上游植被的水源涵养功能。建设内容主要有:人工草地建设、草地围栏封育和补播、羔羊育肥出栏等。

### 1.1 一年生人工草地

在黑河上游示范区,由于大部分草地受水热条件的制约,单位面积牧草产量不高,载畜能力有限,天然草地无法提供足够的饲草。为了满足冬春季家畜补饲用草,山区牧民每年需要从邻近农业区购进大量补饲用草。建设一年生人工草地生产青干草,是近年该地区生态建设的主要内容之一。项目示范工作是在

收稿日期:2004-01-20; 改回日期:2004-04-05

基金项目:中国科学院知识创新工程重大项目“黑河流域水-生态-经济系统综合管理试验示范”(KZCX1-09-01); 中国科学院西北高原生物研究所知识创新重点研究领域项目(CJ020144)资助

作者简介:张耀生(1953—),男(汉族),陕西人,副研究员,硕士生导师,主要从事草地生态研究。E-mail: zys@mail.nwipb.ac.cn  
肃南裕固族自治县农业区划办公室; 甘肃省肃南裕固族自治县农业区划报告汇编, 1986: 220.

一年生人工草地大力推广燕麦与毛苕子、箭舌豌豆混播技术。在混播模式下,由于燕麦与两种豆科牧草的有利的种间互作作用<sup>[6]</sup>,可显著提高干草产量,同时提高青贮干草的营养成分和适口性。根据调查,在该地区种草生产青干草,成本 0.10 元  $\cdot \text{kg}^{-1}$ ,而从邻近地区买草的费用是 0.35~0.50 元  $\cdot \text{kg}^{-1}$ (表 1)。青贮干草对

表 1 一年生人工草地的效益分析

Tab. 1 Benefit analysis of annual sowing grassland

模式	单位面积产量 (干重 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	生产投入 (元 $\cdot \text{kg}^{-1}$ )	从农区购草费 (元 $\cdot \text{kg}^{-1}$ )
燕麦单播草地	8 632	0.103	0.35~0.40
燕麦与箭舌豌豆混播草地	9 628	0.101	0.40~0.45

## 1.2 天然草地围栏封育

围栏封育改良草地的效果是很明显的(表 2)。封育可使牧草在生长季节充分利用有限的水热条件进行干物质积累,使更多的植物个体完成生活周期,增强家畜喜食植物的种群竞争能力。据测定,封育 3 a 的冬春季草场的载畜能力可提高 0.8~1.2 倍。从

表 2 围栏封育对天然草场的改良效果

Tab. 2 Improvement effects of fencing grassland

草场类型	牧草高度 (cm)	盖度/ %	地上生物量 (干重 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	可食牧草比例/ %	土壤水分/ %
围栏草场	20.7(11.3)	87(23.2)	218(87.6)	73(32.1)	34(5.7)
未围栏草场	13.6(8.7)	74(18.6)	174(63.4)	56(24.5)	28(4.3)

## 1.3 草地补播

在退化天然草地补播禾本科多年生牧草,可有效地提高植物群落结构中的优良牧草成份,提高草地可食牧草的产量,从而提高草地载畜能力,有效地抑制草地退化趋势,逆转草地退化过程;禾本科牧草成份增加可以有效地抑制毒杂草的滋生蔓延,提高植物群落的生长高度和盖度,提高草地生物产量与牧草品质,有利于草地植被恢复和形成合理的植物群落结构,增强草地的可持续利用能力,同时增强草地的水源涵养功能,防止水土流失。黑河上游地区各种草地类型中,山地草原类草地受干旱、过牧的影响,退化现象比较普遍,退化程度比较严重,是试验示范实施补播的主要区域,补播使用的牧草种主要有披碱草、冰草与无芒雀麦等,实践证明几种牧草混播的效果优于单播。根据调查,经补播改良的草地相对于对照草地,植被覆盖度提高 34.5%,牧草平均高度提高 52.6%,可食牧草比例提高 74.8%,地上生物量提高 93.2%。

于抵抗大雪灾害、稳定和提高高山草原牧区各族人民群众的生活水平,发展放牧畜牧业生产都有着重要的意义。混播草地平均产干草 9.6 t  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ,约可为 400 只羊提供冬春季节补饲用草,补饲措施可降低牲畜越冬死亡率 50%以上,提高仔畜成活率 10%,减少牲畜掉膘损失,从而提高畜牧业经济效益。

增强草地的水源涵养功能的角度来看,草地覆盖状况的改善,可以增强草皮接纳雨水的性能,减少地表径流,增加土壤水分含量 20%左右,改变水循环各分支系统的分配,增加表层土壤水分潜流量和近地层大气湿度,从而改善草地小气候条件,抑制大风起尘和草地沙化,保护草原的人居环境与生产环境。经过几年试验示范,围栏封育面积已扩展到超过 4 000  $\text{hm}^2$ 。

## 2 农牧业结构调整

农牧业结构调整是提高经济效益、生态效益和社会效益的重要举措。在项目建设推动下,肃南县形成了优化农牧业内部结构的明确思路:畜牧业方面按照扩大规模、提升质量、面向市场、产销对路、提高效率、富裕牧民的基本思路,围绕毛、肉、绒三大主导畜产品,大力发展规模养殖大户,建设牛羊育肥专业村,通过调整畜种、畜群结构提高适龄母畜比例,加大出栏、加快周转,发展优质高效畜牧业生产。种植业方面贯彻“压粮扩经、压劣扩优”的方针,稳步压缩粮食作物种植面积,扩大经济作物与牧草的种植面积,将粮、经、草比例由 2001 年的 56:22:22 调整到 2003 年的 45:22:33。农区、牧区人工草地建设的进展已使肃南县传统放牧畜牧业发生根本性变化,已初步形成了天然草场改良与人工草地建设同步进行、放牧与舍饲相结合的新型高效养殖模式。由于内部结构得到进一步优化,2002 年全县母畜比例比 2001 年提高了 1.78%,牲畜出栏率提高了 6.99%。

### 3 羔羊育肥

高寒牧区的草地生产力季节变化规律表明,在现行的传统放牧制度下,越冬前当年生产的羔羊难以达到出栏标准,需要隔年饲养才能出栏,这样就严重加大了越冬牲畜数量,形成冬春草场的巨大载畜压力,延长了饲养周期,导致越冬牲畜由于营养摄入不足和抵抗寒冷气候造成的掉膘损失,同时容易受到大雪灾害的袭击造成严重损失<sup>[7]</sup>。通过对不够出栏标准的羔羊的补饲育肥,使之达到出栏体重(表3),入冬前批量出售,从而加速畜群周转,减少越冬家畜数量,进而减轻冬春草场放牧压力,使人-畜-草关系趋于平衡,可以最大限度地提高系统生产效率和系统服务功能。项目研究工作通过比较冷季放牧生产系统与舍饲生产系统的能量利用率差异,阐明舍饲生产系统的优越性,为羔羊育肥提供理论依据,并通过其示范作用,使牧民群众乐于接受舍饲生产模式,并以此带动畜群结构和畜种结构的调整、草地初级生产力的恢复、畜牧业的集约化经营等一系列实用技术的集成与推广应用。从系统管理的角度来看,羔羊育肥还是联系种植业与放牧畜牧业的重要桥梁,是农牧业耦合、发展商品化生产的主要枢纽。由于羔羊育肥出栏缩短了家畜饲养周期,减少冬季掉膘损失,所以也是提高单位体积水产值、提高山地草原的水源涵养功能的主要措施之一。在黑河项目

羔羊育肥试验示范的推动下,肃南县以空前的推广力度实施绵羊育肥计划。首先,通过招商引资,由国内著名畜产品公司投资修建了一座清真肉食品加工厂,以公司加农户的模式进行羔羊育肥产业化运作。其次,一方面筹集项目资金在育肥重点地区——沿隆畅河两岸有着一定饲草料种植面积、有着育肥贩销传统的河谷农业区,大力扶持育肥专业户、重点户,形成规模绵羊育肥的骨干;另一方面通过县政府协调,让食品厂与牧民联户(200只育肥羊为一个联户,一个联户包含3~4户牧户)签订育肥羊收购合同,保证以略高于市场的价格收购活羊。这些措施极大地推进了黑河项目的羔羊育肥、加快畜群周转的示范计划。目前,羔羊育肥已经扩展到上游地区各个乡村,建立育肥羔羊200只以上的专业户700多户。2002年全县完成育肥羊只10万余只,2003年育肥约15万只。羔羊育肥具有较高的经济效益。经过估算,羔羊育肥2002年可使全县2.38万农牧民人均增收210.1元,2003年人均增收300多元,典型育肥户仅育肥年收入达到1.5~2万元,其经济效益是十分可观的。羔羊育肥除了显著提高农牧民收入水平外,由其带动的畜群结构调整产生的生态效益也是十分重要的。羔羊育肥可以大幅度提高出栏率,加快畜群周转,提高畜群中适龄母畜比例,形成合理的畜群结构,从而提高出栏率,减少越冬牲畜数量,大幅度减轻草场压力,缓解草畜供需矛盾,促进放牧生态系统的良性循环。

表3 绵羊育肥的效果

Tab.3 Effects of sheep fattening

品种	效果	育肥天数/d						
		16	23	30	37	44	51	58
藏羊羔羊	增重/kg	1.408	2.626	3.739	4.838	6.000	6.924	7.204
	料肉比	11.930	9.634	8.826	8.412	8.067	8.102	8.856
细毛羊羔羊	增重/kg	2.240	3.717	5.103	6.475	7.210	7.917	10.532
	料肉比	8.571	7.425	7.055	6.857	7.323	7.730	6.608
淘汰藏羊母羊	增重/kg	3.968	5.592	7.139	8.966	9.904	9.960	10.250
	料肉比	8.064	8.226	8.404	8.253	8.885	10.240	11.320

### 4 绿洲饲料生产

上游山区的农牧业生产除了受山地自然条件的约束,也受临近的中游绿洲地区生产结构的强烈影响。在肃南县,由于明花绿洲农业开发区的大规模饲草种植,以及近邻临泽县、高台县、甘州区的灌溉农业生产的作物秸秆和二茬复种饲草作物所生产的饲草饲料,这些地方的饲草料生产成为舍饲养畜的

强大基础。尤其是近年来张掖市发展迅速的首蓿产业,以其集中连片大面积种植闻名全国,生产了大量的优质饲草料,成为河西走廊、祁连山北坡地区舍饲畜牧业的发展和传统放牧畜牧业的结构调整的强大驱动力。据统计,肃南县2003年多年生人工草地面积已经达到3600hm<sup>2</sup>,其中首蓿种植面积2530hm<sup>2</sup>,年产青干草6万t。首蓿种植以明花区绿洲为主,2003年首蓿种植面积1530hm<sup>2</sup>,占全县总面积的

61%, 生产青干草近 3.7 万 t(表 4)。绿洲农业开发区生产的苜蓿饲草以及作物秸秆已经成为肃南县饲草生产的主体结构组分, 绿洲饲草生产体系在全县农牧业结构调整过程中扮演了极其重要的角色。

表 4 绿洲饲草生产的效果

Tab. 4 Effects of fodder production on oasis

地区	苜蓿栽培面积 / hm <sup>2</sup>	饲草产量 / t	饲草商品率 / %
明花区绿洲	1 530	36 800	81.4
全县	2 530	60 640	56.7
绿洲占全县比例/ %	61	60.7	86.5

## 5 系统耦合的格局与效应

著名草地科学家任继周院士提出的农牧业系统耦合的发展理念日益深入人心<sup>[8]</sup>。这一科学的发展观在黑河上游生态建设过程中得到了体现。通过项目建设, 上游地区农牧业的系统耦合格局基本成形, 农业结构已经呈现明显的“山地-河谷-绿洲”一体化发展的新格局, 系统耦合的“时空互补效应”、“资源互作效应”、“信息与资金的激活效应”、“规模效应和品牌效应”已经有力地促进了山区经济的发展。山区放牧畜牧业实施畜群优化管理, 推行“季节畜牧业”模式, 在入冬前出售大批牲畜以转移冬春草场放牧压力, 充分利用农业区的饲草料资源进行育肥, 实现饲草资源与家畜资源在时间和空间上的互补。绿洲种草则为发展舍饲畜牧业、转移荒漠草场的放牧压力提供了强大的物质基础。河谷农业区充分利用牧区当年繁殖的家畜, 种草养畜进行牛羊肥育, 一部分饲草料进入牧区, 对越冬家畜实施补饲, 农区、牧区的动、植物资源产生互作效应, 使其资源利用效益超出简单的相加价值, 整体经营效益得以提高。牛

表 5 农牧业系统耦合的三种模式

Tab. 5 Three models of system coupling of agriculture and stockbreeding

模式	类型	主要内容
山地-河谷-绿洲耦合模式	发展框架模式	山地放牧畜牧业、河谷种植业-舍饲畜牧业、绿洲草产业化三个系统的耦合。以牛羊的繁殖, 牛羊异地育肥为纽带, 发展舍饲畜牧业
农户+公司模式	运作模式	定单农业, 畜产品加工企业与农户签订合同, 按照一定的规则负责收购农牧民经过育肥的牛羊, 共同占领市场
联户经营模式	运作模式	农牧户的合作经营, 提供牛羊育肥过程中饲草料和育肥畜的准备、饲喂、出售等环节的协作, 克服资金、人力不足的困难, 分担风险

山地放牧畜牧业、河谷种植业与绿洲农业开发, 是上游示范区农牧业生产的三大子系统。山区放牧畜牧业是肃南县土地利用的主要形式, 河谷小块种

羊育肥、贩销近年来已经成为农民增收、农业增效的有力手段。大型企业的介入, 则以其雄厚的资金、及时的商品流通与增值信息、先进的畜产品加工技术有力地推动了畜牧业产业化进程。资金投入和信息的科学利用对新的生产模式产生一种“激活效应”, 使原来由于缺乏资金而无法实施的经营模式的构想变成现实。大公司的统一经营又为发挥规模效应和品牌效应提供了良好的基础。“山地-河谷-绿洲”一体化发展新体系的形成, 对山区草原和荒漠的保护也起到了很好的作用。

## 6 生态-经济系统的综合管理

项目组通过参加制定肃南县畜牧业发展规划, 为干部职工和农牧民举办学术讲座等方式传授草地畜牧业高效发展的理论与方法, 提高对生态-经济复合系统管理的认识。在项目实施内容的推动下, 肃南县关于“复合系统综合管理”的发展理念逐步成为指导当前农牧业生产的主导思想。地方政府对上游山区放牧畜牧业、河谷小块农业以及绿洲农业规模开发进行统筹考虑, 围绕牛羊育肥、贩销这一主题, 进行系统优化, 从政策、技术、资金等方面进行调控, 注意发挥系统耦合的效应。羔羊育肥使用的联户经营模式、公司加农户模式, 以及由此而来的农牧工商一体化发展模式(表 5), 必将演进成为高寒草原地区水-生态-经济系统综合管理的一种优化模式。这种模式由于导入了大量资金集中投入以及高效益运作的机制, 较好地发挥了各系统之间的耦合效应, 加快了农牧产品商品化生产的步伐, 为应对农产品市场的激烈竞争, 为协调处理生产结构调整带来的各方面的矛盾, 提供了一条可持续发展的理想道路, 对类似地区的发展提供了可资借鉴的宝贵经验。

植业则在河谷阶地中镶嵌分布, 依靠河流引水灌溉, 有限的种植业可为牧区提供蚕豆、麦草等传统的饲草料; 许多河谷是牧民的冬场和定居点, 建设了一定

面积的人工草地种植燕麦、毛苕子等青干草,是牧民进行牛羊育肥的场所。绿洲农业开发区集中连片种植粮食作物和饲草饲料作物,依靠地下水电力提水灌溉,目前不仅生产大量的饲草料供应牧区,还可承载牧区禁牧后迁移来的人口压力。生态移民可以通过“虚拟水”<sup>[9]</sup>的调剂缓解草地上的水资源短缺压力。

三个子系统之间存在固有的有机联系。羔羊育肥作为系统输出的高层次环节,为通过系统管理发挥系统耦合的效应找到了最佳切入点。通过项目实施,我们总结出与现阶段生产发展水平相适应的、有上游特色的发展框架模式和运作模式。从理论上提升了这些模式的应用原理,可更好地发展系统综合管理理论,在人-草-畜关系平衡的基础上,提高系统输出能力,增加系统的稳定性,实现草地畜牧业的可持续发展。

## 7 结论

(1) 充分认识生态系统的复杂性是实施系统综合管理、提出高效发展模式的基础。在项目建设的促进下,肃南县关于“复合系统综合管理”的发展理念逐步成形,成为指导当前农牧业生产的主导思想。农业结构已经呈现明显的“山地-河谷-绿洲”一体化发展的新模式。

(2) 上游生态建设的主要策略,就是通过试验

示范,将退化草地植被恢复等各种实用技术组装配套进行技术集成,从而提高单位水资源的使用价值;通过调配水资源的时空分布,处理好人-畜-草平衡关系,充分发挥水源涵养、气候调节等山地生态系统的服务功能。上游生态建设项目的实施对山区草原和荒漠植被的保护起到了很好的示范作用。

## 参考文献(References):

- [1] 王根绪,程国栋. 黑河流域土地荒漠化及其变化趋势[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 368 - 374.
- [2] 龚家栋,李吉均. 黑河上游水系发育特征分析[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 389 - 392.
- [3] 方创琳. 河西地区新世纪人地系统优化与经济可持续发展的产业重点[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 75 - 81.
- [4] 程国栋,王根绪. 干旱内陆流域生态需水量及其估算——以黑河流域为例[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 129 - 134.
- [5] 肖生春,肖洪浪. 黑河流域绿洲环境演变因素研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(4): 385 - 390.
- [6] 张耀生,赵新全,周新民. 高寒牧区三种豆科牧草与燕麦混播的试验研究[J]. 草业学报, 2001, 10(1): 13 - 19.
- [7] 赵新全,张耀生,周兴民. 高寒草地畜牧业可持续发展的理论与实践[J]. 资源科学, 2000, 22(4): 50 - 61.
- [8] 任继周,万长贵. 系统耦合与荒漠-绿洲草地农业系统[J]. 草业学报, 1994, 3(3): 1 - 8.
- [9] 程国栋. 虚拟水——中国水资源安全战略的新思路[J]. 中国科学院院刊, 2003, 18(4): 260 - 265.

## Pattern and Benefit of Ecological Construction in Upriver Area of Heihe

ZHANG Yao-sheng<sup>1</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>1</sup>, LI Chun-xi<sup>1</sup>, XUE Bai<sup>1</sup>, DAI Jian-cun<sup>2</sup>

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China; 2. Grassland Station of Sunan County, Sunan 734400, Gansu Province, China)

**Abstract:** Lamb fattening, reseeding grassland and fencing pasture, and fodder cultivation were some main measures of ecological construction in upriver area of Heihe. By technical integration and demonstration, these measures have got observably effect. Average fodder yield of annual sowing grassland is  $9.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  at condition of mixed seeding. The fodder produced from one hectare can supply feed for 400 sheep in winter-spring season. By the fodder supplying measure, the death rate of domestic livestock in winter season can be reduced by 50% or more; the survival rate of lambs and calf can be raised by 10%. On the other hand, soil water content can be raised by about 20% due to the increasing water conservation function of grassland resulted from fencing grassland and stop grazing in growing season. The farmers lived in demonstrate area can increase their income 300 Yuan RMB per capita through sheep fattening. A new farming system, mountain-valley-oasis unitary development, has appeared obviously. The effect of system coupling has lead to a better result of vegetation protection in the area.

**Key words:** Heihe river; ecological construction; system coupling