

内蒙古典型草原优化放牧管理模拟研究 ——以内蒙古太仆寺旗为例

郑 阳^{1,2}, 徐 柱^{2,*}, Taro Takahashi^{3,4}, Randall Jones⁵, 田青松²

(1. 甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心 兰州 730070

2. 中国农业科学院草原研究所/农业部草地资源生态重点开放实验室, 呼和浩特 010010;

3. 澳大利亚查尔斯特大学, 澳大利亚 新南威尔士州 2800; 4. 东京大学, 日本 东京 11386575;

5. 澳大利亚新南威尔士州初级产业部奥伦基农业研究所, 澳大利亚 新南威尔士州 2800)

摘要: 针对太仆寺旗公共草地全年连续放牧的传统放牧方式, 通过控制性试验, 并结合太仆寺旗多年的草地、家畜、经济和气象等数据, 建立中国西部草地生态经济模型, 对太仆寺旗典型草原公共放牧系统进行模拟分析。以草原生态恢复和牧民收入增加为目的, 对典型草原的最适载畜率、家畜在冬春季节的合理补饲等问题进行探讨, 提出了典型草原放牧管理优化模式。研究结果表明, 从当年 10 月到翌年 5 月份, 家畜能量需求与放牧、补饲能量供给严重不平衡, 家畜体重下降; 随着载畜率的增加, 牧民年均净收入先增加后降低, 在载畜率为 2.275 羊单位/hm² 时, 收入达到最高; 太仆寺旗最适载畜率为每公顷 1.55—2.275 羊单位。降低载畜率、加强补饲、提高草地质量都有利于提高牧民收入。

关键词: 公共放牧; 生态经济模型; 载畜率; 牧民收入

Research on grazing management optimal model of typical steppe: a case study in Taipusi Banner, Inner Mongolia

ZHENG Yang^{1,2}, XU Zhu^{2,*}, Taro Takahashi^{3,4}, Randall Jones⁵, TIAN Qingsong²

1 Pratacultural College, Gansu Agriculture University/ Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education/Sino-U. S. Center for Grassland and Animal Husbandry Sustainable Development. Lanzhou, 730070, China

2 Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agriculture Science, Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology Ministry of Agriculture Hohhot, 010010, China

3 Charles Sturt University, Orange, NSW 2800, Australia

4 The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 1138657, Japan

5 NSW Department of Primary Industries, Orange, NSW 2800, Australia

Abstract: The degradation of grassland in China is serious, the area of degradation accounting for 90% available grassland in China. Serious grassland degradation has brought great impact on local ecological environment, biodiversity conservation and animal husbandry development. In Taipusi Banner, Inner Mongolia, severe over-grazing resulted in the area of degradation accounting for 90% of the 150 000 hm² of typical steppe. To evaluate the public grazing management of typical steppe in this region, the condition of grassland, animal, farm income, climate and some control experiment data were used in this bioeconomic model of China to analyse public grazing system in Taipusi Banner. These analyses were used two farm models. One was feeding balance model which was used to analyse the livestock production system and the second was farm systems model that which was used to analyse the optimal solution for net financial returns within specified constraints. The farm surveys results showed the current practice of high stocking rates in Taipusi directly leads to grassland degradation, low animal productivity and net incomes. Simulations of the feed balance model indicated that there were big energy demand

基金项目: 国家“973”课题资助项目(2007CB106806); 中-澳“西部草地可持续发展”项目(ACIAR/AS2/2001/094); 中-澳“通过改进家畜生产和完善草地经营系统以改善内蒙古养羊牧民的生活状况”项目(CSU / OPA 3291)

收稿日期: 2009-05-31; **修订日期:** 2009-12-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yxuzhu@yahoo.com

deficit from October to May at animal growth time, net income of farm was inclined to decreased when stocking rate was more than 2.275sheep/hm². The farm systems model showed that net financial returns could be improved through reducing stocking rates closer to 2.275sheep/hm² for the current predominately mutton sheep system. And further gains could result from changing to fine wool sheep at the same lower stocking rate. At the same time, reduce goat number could enhance the grassland productivity, especially when combine with an early summer grazing ban that enables the grassland to re-establish after winter. Estimates of grass condition demonstrated that a different ratio of desirable and undesirable grassland species has no significant effect on net income and feeding cost when stocking rate is less than 1.55sheep/hm². A higher composition of desirable species resulted in lower feeding costs and greater net income when the stocking rate was more than 1.55sheep/hm². Net income can be maintained at the highest stocking rate when desirable species exceeded 75% of the grassland composition. Consequently, the optimal stocking rate of Taipusi Banner is between 1.55—2.275sheep/hm².

Sustainable grassland and livestock production requires a systems analysis of current farm practices and options. The analysis of a typical Taipusi farm model showed that individual farmer can adopt grazing management changes were realistic and potentially. Importantly, the potential management options are compatible with current farming systems. The directions of change are useful for achieving benefits for grassland productivity improvement, though further research will be needed to proved whether rate of change is sustainable or not. Our study tested that improvement productivity of farm and net farm financial returns could be achieved at the same time by reducing stocking rates, improving supplement condition, improving desirable grass ration and changing enterprise types. Our study was expected to provide meaningful data for preventing grassland from degradation, restoring grassland, grassland optimal utilization, improving grazing management and livestock production as well.

Key Words: public grazing; bioeconomic model; stocking rate; net income

太仆寺旗位于内蒙古锡林郭勒盟最南端,地处北纬41°35′—42°10′,东经114°51′—115°49′之间,属欧亚大陆干旱与半干旱典型草原区。草原是太仆寺旗重要的畜牧业生产基地,具有维持生态平衡等多种功能,发挥着生态屏障的重要作用。然而,由于近年来人口与家畜数量的剧增、超载过牧、盲目开荒、加之重利用、轻管理的经营方式,目前太仆寺旗草原普遍处于不同程度的退化阶段,以饲养家畜为主要收入来源的牧民还处于温饱阶段。因此,寻找草地退化与经济发展之间矛盾的原因是迫切需要重点研究的科学问题。

针对目前草地退化的现状,国内外研究学者已经在模型研究上开展了很多关于草畜平衡、载畜率确定、草地生态恢复、草地畜牧业可持续发展等多方面的科学研究。李博等通过模型研究探讨了我国温带草地放牧系统草畜平衡动态检测的原理和方法^[1];周咏梅等建立了青海省青草产量与遥感植被指数的线性估产模型,计算了载畜量^[2];杨正礼等利用 Miami 模型计算了高寒草地气候生产潜力、草地生产潜力和草地载畜量等^[3];雷桂林等模拟了肃南山地放牧系统的牧草供给与家畜需求的季节动态,用模式图反映了放牧系统牧草供需平衡机理^[4];钱拴等建立了青藏高原天然草地产草量反演模型及不同区域尺度天然草地年最大产草量、载畜量估算模型^[5];李刚等利用 GRAZEFEEED 模型评估了内蒙古锡林浩特市的草地载畜量和草畜平衡^[6];龙瑞军通过分析西部草地退化的原因,提出了退化草地的生态恢复方略^[7];David Kemp 针对澳大利亚草畜关系,提出了草地与家畜可持续发展管理对策^[8];David Michalk 建立了澳大利亚新南威尔士州的主要高原地带的草地可持续发展系统模式^[9]。

政府部门也出台和实施了草原保护的一系列政策措施,例如季节性休牧、草地承包到户、以草定畜、从数量畜牧业到质量畜牧业的转型等。但目前对草地退化的研究大多拘泥于草地本身,利用模型对草畜平衡、载畜率的研究也大多集中在草畜数量关系上,与家畜和牧民经济联系起来的研究报道较少。本研究针对中国西部草地,建立生态经济模型,通过模型模拟与控制性试验相结合对太仆寺旗典型草原公共放牧系统进行模拟分析,对典型草原的最适载畜率、家畜在冬春季的补饲、建立典型草原放牧管理优化模式等问题进行探讨,

目的是帮助牧民以最佳的方式进行放牧、补饲,以达到家畜的能量需求平衡,在使牧民获得最大经济效益的同时使草地得到合理的利用与恢复,以期为促进草原畜牧业的可持续发展提供科学的理论依据。

1 研究区域概况

试验研究区域位于太仆寺旗贡宝拉嘎苏木(乡),海拔 1400m,属温带半干旱大陆性气候,冬季寒冷干燥,夏季温暖湿润。年平均气温 1.6℃,年平均降水量 400mm,年均蒸发量 1900 mm,春、夏、秋季常发生干旱。平均风速 4m/s,无霜期为 115d。土壤主要为淡栗钙土。草地以克氏针茅(*Stipa krylovii*)、羊草(*Leymus chinensis*)为优势种,位于草群上层,冷蒿(*Artemisia frigida*)、星毛委陵菜(*Potentilla acaulis*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)形成低矮的下层。主要伴生种有麻花头(*Serratula centauroides*)、米氏冰草(*Agropyron michnoi*)、寸草苔(*Carex duriuscula*)、扁蓿豆(*Melissitus rutenica*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、细叶葱(*Allium tenuissimum*)、矮韭(*Allium anisopodium*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、猪毛菜(*Salsola collina*)等。试验前草地已出现了不同程度的退化,严重过牧地段演替为冷蒿+星毛委陵菜草原^[10]。

2 研究方法

2.1 基况调查

2006—2008 年走访了太仆寺旗贡宝拉嘎苏木(乡)的崩崩山嘎查(村)、格日图嘎查(村)、吉林乌苏嘎查(村)共 30 户牧户,调查和搜集了包括草地、家畜、经济等多方面数据资料。同期,从当地气象局、畜牧局、草原站搜集到太仆寺旗 30 多年的气象、家畜及草地数据。

2.2 控制性试验

根据牧户调查结果的比较评估,最终选取格日图嘎查和吉林乌苏嘎查的 6 户牧户作为控制试验的研究对象,于 2007—2009 年每月对各试验牧户的家畜及经济情况进行 9 项指标测定。测定指标包括:家畜种类(绵羊、山羊)、家畜数量(大羊、羊羔)、家畜体重(Smart Scale 200 型体重称量仪)、家畜体况(“5”级体况测定标准)、家畜牙齿(数量、好坏)、产羔数量、哺乳情况、家畜出售价格(大羊/羊羔,羊毛/羊绒)、补饲情况(饲料种类/数量/价格)。对测定数据进行综合分析并用于模型分析。

2.3 生态经济模型的建立

模型由气候、草地、家畜、饲养信息、经济、人力资源等部分组成,适合任何类型的草地,也适合任何品种的羊和牛的饲养。在此项研究中我们运用了“草畜能量平衡模型”和“牧场系统优化模型”。“草畜能量平衡模型”,可以根据草地生产性能和家畜的饲养情况分析出家畜的能量需求与草地、补饲的能量供给;“牧场系统优化模型”,可以模拟不同放牧率下,草地、家畜及牧民收益等情况。

模型的一些参数来源于 CSIRO 的研究,并根据研究区域的实际情况进行了调整,通过调查数据与控制试验的测定数据,输入研究区域气候条件、草地基况、家畜情况、补饲情况等数据进行模型运算分析,同时利用 Lingo System What's Best 8.0 进行辅助计算。模型主要运算公式如下^[11-14]:

$$ME = ME_{base} + ME_{graze} + ME_{cold} + ME_{preg} + ME_{lact} \quad (1)$$

$$MEI = DMI(-1.7 + 0.17DMD) \quad (2)$$

$$ME_{base} = \frac{0.26LW^{0.75}e^{-0.12}}{0.02(-1.7 + 0.17DMD) + 0.5} + 0.09MEI \quad (3)$$

$$ME_{graze} = \left(0.02DMI_{graze} \left(0.9 - \frac{DMD_{graze}}{100} \right) + 0.0026D \right) \frac{LW}{0.02(-1.7 + 0.17DMD) + 0.5} \quad (4)$$

$$ME_{cold} = 0.09LW^{0.66} \frac{39 - 1.3 \left(\frac{ME_{base} + ME_{cold} + 0.38W_{preg}}{0.09LW^{0.66}} \right) - I_e \left(\frac{ME_{base} + ME_{cold} + 0.38W_{preg}}{0.09LW^{0.66}} - 1.3 \right) - T}{1.3 + I_e} \quad (5)$$

$$ME_{preg} = \frac{0.0491e^{(-0.00643\frac{t_{preg}}{30})} \frac{W_{birth}}{4} e^{(7.64 - 11.46e^{-0.00643\frac{t_{preg}}{30}})}}{0.133} \quad (6)$$

$$ME_{\text{lact1}} = \frac{0.389SRW^{0.75}BC_{\text{birth}}^{\frac{t_{\text{lact}}}{30} + 2}e^{\frac{t_{\text{lact}} + 2}{22}}}{0.94(0.4 + 0.02(-1.7 + 0.17DMD))} \quad (7)$$

$$ME_{\text{lact2}} = \frac{4.7BW_{\text{young}}^{0.75}(0.3 + 0.41e^{-0.071\frac{t_{\text{lact}}}{30}})}{0.94(0.4 + 0.02(-1.7 + 0.17DMD))} \quad (8)$$

式中, ME 是放牧家畜代谢能总需求量 (MJ/d); ME_{base} 是放牧家畜基础代谢能需求量; ME_{graze} 是相对于舍饲, 放牧家畜在放牧、游走等活动中的额外代谢能需求量; ME_{cold} 为放牧家畜抵抗寒冷应激的代谢能需求量; ME_{preg} 和 ME_{lact} 是繁殖母畜的妊娠代谢能需求量和泌乳代谢能需求量; MEI 为家畜代谢能摄入量; DMI 为干物质采食量; DMD 为干物质消化率 (%); I_e 为绝热数; LW 为家畜活重; W_{preg} 为孕体重量; D 是放牧行走和爬坡的距离 (km); T 是平均温度 (°C); W_{birth} 是羊羔出生重 (kg); t_{preg} 是妊娠周期; SRW 是相对标准体重; BC_{birth} 是母羊体重; t_{lact} 是哺乳时间; BW_{young} 是羊羔在哺乳阶段活重; ME_{lact1} 由母畜最大泌乳能力决定; ME_{lact2} 由幼畜最大利用能力决定

$$Y_L = L_{\text{PRICE}}L_{\text{SOLD}}L_{\text{WEIGHT}} + E_{\text{PRICE}}E_{\text{SOLD}} + W_{\text{PRICE}}W_{\text{SOLD}} \quad (9)$$

$$C_L = E_{\text{VC}}TEWES + L_{\text{VC}}TLAMBS + S_{\text{COST}}TSUPP \quad (10)$$

$$\pi = Y_L - C_L \quad (11)$$

式中, Y_L 是家畜收入 (¥); C_L 是家畜花费; π 是牧民净收入; L_{PRICE} 是羊羔价格 (¥/kg); L_{SOLD} 出售羊羔的数量; L_{WEIGHT} 羊羔出售时的活重 (kg/头); E_{PRICE} 是母羊的价格 (¥/头); E_{SOLD} 是出售母羊的数量; W_{PRICE} 是羊毛的价格 (¥/kg); W_{SOLD} 是羊毛重量 (kg); E_{VC} 是饲养母羊的花费 (¥/头); $TEWES$ 是母羊的总数; L_{VC} 是饲养羊羔的花费; $TLAMBS$ 是羊羔的总数; S_{COST} 是饲料总花费 (¥/kg); $TSUPP$ 是每年的饲料总数 (kg)

3 结果与分析

3.1 调查结果与分析

根据资料搜集^[15-16]和实际调查, 太仆寺旗草原总面积 16.38 万 hm^2 , 占全旗总面积的 48%。目前, 太仆寺旗退化草原总面积达 15.3 万 hm^2 , 占草原总面积的 93%, 其中轻度退化草原面积 6.78 万 hm^2 , 中度退化草原面积 8.28 万 hm^2 , 重度退化草原面积 0.24 万 hm^2 , 分别占全旗退化草原总面积的 44%、54%、2%。由于大面积草原处于不同程度的退化, 太仆寺旗天然草地生产力水平较低 (表 1), 植被长势和产草量 (图 1) 对当地的气候条件 (图 2) 依赖也较大。

表 1 太仆寺旗草地基况

Table 1 Grassland Condition of Taipusi Banner

月份 Month	草地干物质产量 Grassland Dry Matter/(kg/hm ²)		牧草消化率 Grass Digestibility/%	
	喜食牧草 Desirable Species	不喜食牧草 Undesirable Species	喜食牧草 Desirable Species	不喜食牧草 Undesirable Species
1	0	0	50	40
2	0	0	45	35
3	0	0	45	35
4	68.18	0	45	35
5	145.61	0	80	70
6	490.91	55.81	77	65
7	873.64	262.89	71	60
8	1310.46	332.99	66	58
9	545.46	164.14	63	50
10	146.61	3.51	55	45
11	0	0	50	45
12	0	0	50	40

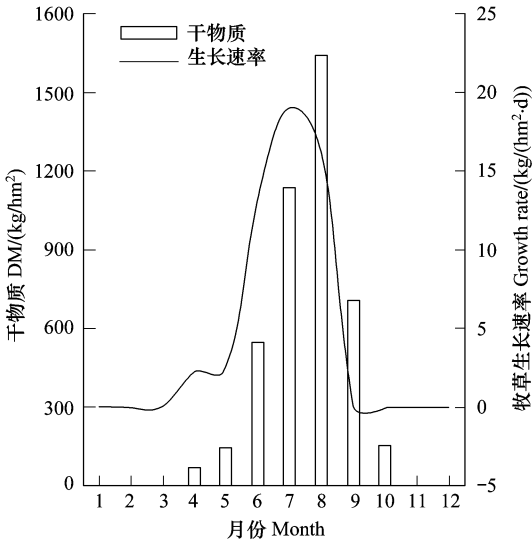


图1 太仆寺旗草地基况

Fig.1 Grassland condition of Taipusi Banner

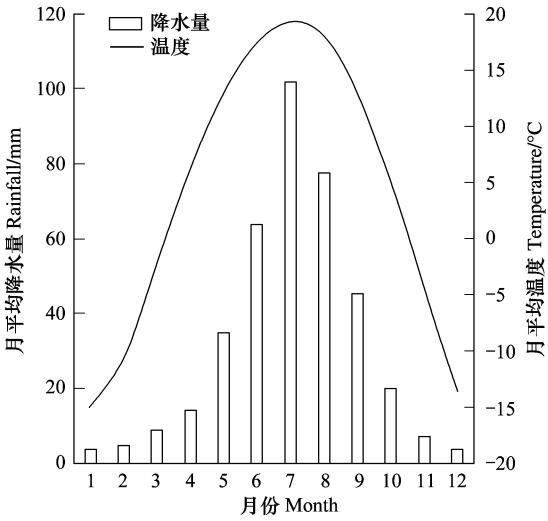


图2 太仆寺旗月平均温度和降水量(1971—2008)

Fig.2 Mean monthly temperature and rainfall for Taipusi Banner (1971—2008)

太仆寺旗畜牧业生产历史较长,饲养家畜成为牧民收入的主要来源。家畜结构主要包括大畜(牛、马、驴、骡)和小畜(绵羊、山羊)。牧民主要以饲养绵羊为主,比率可达70%以上,绵羊品种多为乌珠穆沁羊,有少数美利奴细毛羊;牛的品种主要包括黑白花、夏乳来和西门塔尔。家畜饲养仍然坚持公共草地全年放牧,冬季适当补饲(表2)的放牧管理方式。据统计,太仆寺旗牲畜总数已由1950年的17.41万头增加到2007年的51.4万头,载畜量由1950年的0.91增至2007年的2.68羊单位/hm²(图3)。过高的载畜率仍然是降低草地生产力和家畜生产性能,阻碍牧民增收的主要原因。

表2 太仆寺旗家畜补饲情况(以绵羊大羊为例)

Table 2 Supplement Condition of Ewe in Taipusi Banner

种类 Species	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April	5月 May	11月 November	12月 December
干草 Meadow Hay/(kg/羊)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
玉米青贮 Maize Silage/(kg/羊)	1.0	1.0	1.0	0	0	0	0
玉米粒 Maize Grain/(kg/羊)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
玉米秸秆 Maize Straw/(kg/羊)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

3.2 控制性试验与模型模拟结果分析

3.2.1 通过每月对控制性试验6户牧户共计772只成年绵羊、山羊进行称重试验,结果表明,成年绵羊和山羊的体重在6—9月份均处于上升阶段,从10月份体重开始下降,到3月份降到最低,4、5月份体重处于维持状态。

以绵羊大羊为例,结合草畜平衡模型分析家畜能量平衡的结果表明(图4),从当年10月份到翌年5月份的这段时间内,家畜能量需求与草地、饲料供给不平衡,家畜体重呈现下降趋势。家畜体重在10—12月份下降,原因是随着温度的降低,家畜维持本身正常活动的

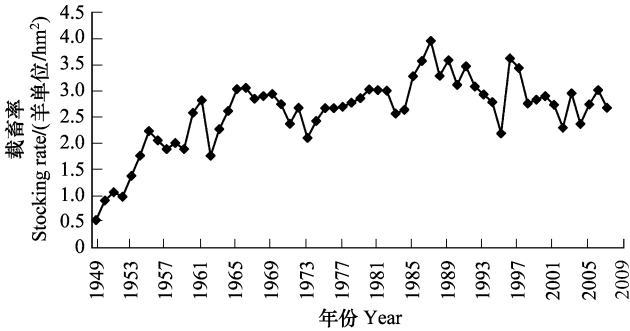


图3 太仆寺旗载畜率(1949—2007年)

Fig.3 Stocking rate of Taipusi Banner (1949—2007)

能量增加,放牧草地提供的饲草数量和质量下降,加上放牧游走消耗的能量和补饲供给的能量高于摄取的能量,最终导致能量需求不平衡。在1—3月份,能量供给的不平衡性远远高于10—12月份,家畜体重下降明显,因为这段时间是家畜的产羔期和哺乳期,家畜本身所需能量有所增加,而饲料供给能量仍然不能满足家畜的需求。4、5月份,天气暖和,牧草返青,家畜本身所需维持能量降低,加上放牧摄取青草可提供较高的采食能量,家畜能量需求达到平衡,体重维持。6月到9月下旬,草地能量供给大于需求,家畜体重逐渐上升,证明夏季放牧阶段饲草供给可以满足家畜的能量需要。

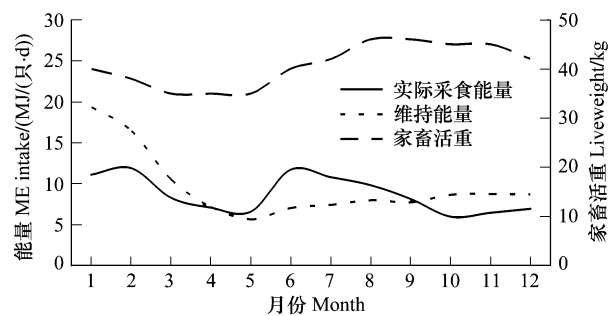


图4 家畜活重与能量平衡

Fig.4 Sheep Liveweight and ME Balance

3.2.2 牧场系统优化模型模拟不同载畜率(0.1、0.825、1.55、2.275、3羊单位/hm²),不同种家畜(本地绵羊、细毛羊、山羊)的饲养情况。结果表明(图5):牧民饲养本地绵羊、细毛羊和山羊所得的年均净收入随着载畜率的增高都呈现出先增加后降低的趋势,并且都在载畜率为2.275羊单位/hm²时收入达到最高。从同一载畜率水平来看,当载畜率低于3羊单位/hm²,牧民的收入情况均为细毛羊>本地绵羊>山羊,因为细毛羊和本地绵羊主要是以肉为主,山羊主要是以羊绒为主,绵羊的价格通常高于山羊,虽然山羊绒价格很高但是数量不多,而细毛羊的活重往往高于本地绵羊和山羊,所以出现了效益的差异;当载畜率高于3羊单位/hm²,牧民收入表现为细毛羊<山羊<本地绵羊;在饲料成本上:当载畜率高于2.275羊单位/hm²后,细毛羊>本地绵羊>山羊,且一直呈上升趋势,饲养细毛羊的成本增长速率也明显高于本地绵羊和山羊。说明载畜率的增大对细毛羊的负效应比对本本地绵羊和山羊大,这也可能是当前载畜率水平下牧民多数选择饲养本地绵羊的原因之一。

3.2.3 牧场系统优化模型模拟不同草地质量(家畜喜食牧草和不喜食牧草比例分别为 a. 30%/70%, b. 50%/50%, c. 75%/25%)、不同载畜率(0.1、0.825、1.55、2.275、3羊单位/hm²)水平下,牧户饲养同一种家畜(以本地绵羊为例)的情况。结果表明(图6):在同一载畜率水平下,当载畜率低于1.55羊单位/hm²时,草地质量对牧户收入水平没有影响,因为此时家畜数量很少,草地足以提供家畜的能量需求,没有饲料花费;当载畜率等于或高于1.55羊单位/hm²时,随着草地质量的提高,家畜喜食牧草比例增加,牧民收入也增加,饲料成本花费明显减少。在不同载畜率水平下:当草地中家畜喜食牧草比例达到75%时,牧民收入在3羊单位/hm²的载畜率下仍在增加,说明草地质量对家畜生产性能直接效益间接体现在牧民收入上。

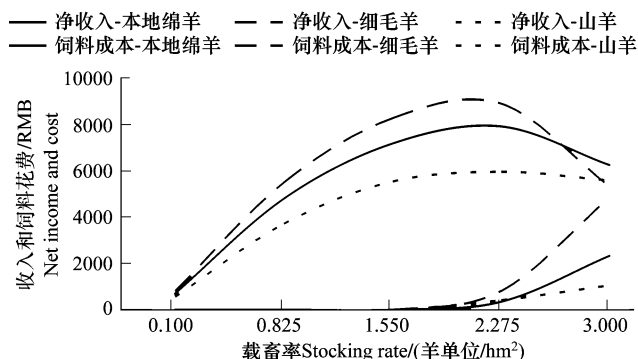


图5 不同种类家畜的牧民收入与饲料花费

Fig.5 Net income and cost of different animal type

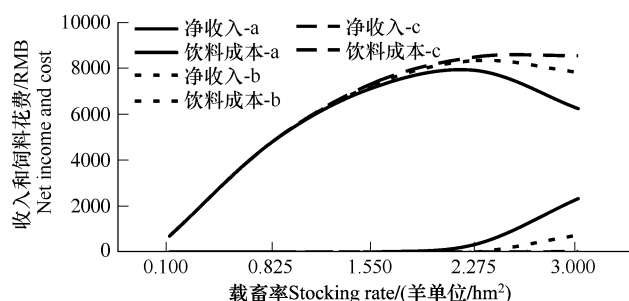


图6 不同草地质量下的牧民收入与饲料花费

Fig.6 Net income and cose of different grassland condition

4 讨论

近年来,在经济发展的驱动下,牧民为实现自身利益最大化,盲目增加家畜头数,加之重利用、轻管理的经

营方式,自然干旱等因素导致草地承载力下降,草地大面积退化,牧草饲料严重不足,使草地畜牧业发展本地资源基数逐渐缩小,发展空间收到限制,家畜生产力水平下降,畜产品产量和质量降低,牧民收入增长缓慢。虽然目前有研究学者在“超载”是草地退化的主要原因上存在异议,通过本研究利用生态经济模型模拟分析,结果表明超载过牧仍然是导致草地退化和家畜生产性能降低的主要原因。

模型分析结果表明,家畜能量供需平衡,受限于草地生产水平与饲料供给水平,直接影响家畜体重,间接影响牧民经济收入。笔者认为,在研究如何有效利用牧草生长季节的草地资源之外,更重要的是研究如何提高家畜在能量供需赤字最大的冬春季的补饲效率问题,减少家畜放牧游走以及抵抗严寒所消耗的能量,从而提高家畜生产性能,增加牧民收入。建议在降低载畜率的基础上,建立温室暖棚提高棚圈温度,实施冬春舍饲养殖。

放牧管理中一个重要的问题就是怎样获得高效持续的放牧利用而不至于使草地植被发生不期望的变化^[17]。草地退化会降低草地植物群落多样性,影响家畜的采食,从而降低草地饲养家畜的能力。我国目前对不同放牧率下家畜采食量、食性选择变化的研究报道较多^[18-21]。研究表明,当草地植物群落中家畜喜食的种类较多且相对均匀时,放牧家畜的食物多样性指数较高,且与草地植物多样性指数的相关性较大^[19]。但是对如何提高家畜喜食牧草比例、草场质量与牧民收入关系的研究报道较少,因此,如何在恢复草地的同时提高草地中家畜喜食牧草比例,是需要进一步研究的科学问题。

针对目前内蒙古典型草原的草地退化现状,研究分析认为,在降低载畜率的基础上,调整牧民传统的放牧管理方式,在使草地、家畜和牧民达到“三赢”发展的空间尺度上具备相当的潜力。

5 结论

(1) 草畜平衡模型的模拟研究结果表明:夏季,家畜放牧采食获得的能量供给大于家畜自身维持能量的需求,家畜体重上升;冬春季(当年10月到翌年5月份),家畜放牧、补饲获得的能量供给小于家畜自身维持能量的需求,家畜体重下降。

(2) 牧场系统优化模型模拟饲养不同家畜种类的研究结果表明:不同载畜率水平,牧民饲养本地绵羊、细毛羊和山羊所得的年均净收入均随着载畜率的增高先增加后降低,在载畜率为2.275羊单位/hm²时,收入达到最高;相同载畜率水平,细毛羊的生产效益在载畜率低于3羊单位/hm²时,高于本地绵羊和山羊的生产效益,但在高于3羊单位/hm²的载畜率下则刚好相反。因此,在降低草地载畜率的基础上,应鼓励牧民饲养优质的细毛羊,减少山羊的饲养。

(3) 牧场系统优化模型模拟模拟不同草地质量的研究结果表明:载畜率等于或高于1.55羊单位/hm²时,牧民饲养同种家畜的年均收入随着草地喜食牧草比例的增加而增加;当喜食牧草比例达到75%时,牧民收入在载畜率达到3羊单位/hm²时,仍呈现上升趋势。当然,喜食牧草比例对草地恢复的作用以及在此基础上所能承载的最大载畜率还需要进一步的研究。

(4) 综上所述,目前3羊单位/hm²的草地载畜率,降低了内蒙古太仆寺旗典型草原的草地生产能力、家畜生产性能、阻碍了牧民收入的提高。当载畜率维持在1.55—2.275羊单位/hm²,有利于太仆寺旗典型草原的生态恢复和牧民增收。

References:

- [1] Li B, Shi P J, Lin X Q. A Research on the Dynamic Monitoring System for Forage-Livestock Balance in the Temperate Grassland of China. *Acta Agrestia Sinica*, 1995, 3(2): 95-102
- [2] Zhou Y M. Grassland resources model of Qinghai City. *Chinese Journal of Agro Meteorology*, 1997, 18(1): 38-40.
- [3] Yang Z L, Yang G H. Potential Productivity and Livestock Carting Capacity of High-frigid Grassland in China. *Resources Science*, 2000, 22(4): 72-77.
- [4] Lei G L, Hou F J. Seasonal dynamic model of herbage supply and livestock requirement in the alpine grazing ecosystem of Sunan County. *Acta Prataculturae Sinica*, 2006, 15(1): 102-106.

- [5] Qian S, Mao L X, Hou Y Y, Fu Y, Zhang H Z, Du J. Livestock carrying capacity and balance between carrying capacity of grassland with added forage and actual livestock in the Qinghai-Tibet plateau. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(3): 389-397.
- [6] Li G, Wang D L, Xin X P, Yang G X. Analyses on grassland carrying capacity and livestock-feeds balance in Xilinhot. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 26(1): 87-93.
- [7] Long R J, Dong S K, Hu Z Z. Grassland degradation and ecological restoration in Western China. *Grassland and Turf*, 2005, 6: 3-7.
- [8] Kemp D R, Michalk D L. Towards sustainable grassland and livestock management. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 2007, 145: 543-564.
- [9] Michalk D L, Dowling P M, Kemp D R, King W McG, Packer I J, Holst P J, Jones R E, Priest S M, Millar G D, Brisbane S, Stanley D F. Sustainable grazing systems for the Central Tablelands of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2003, 43: 861-874.
- [10] Shan G L, Xu Z, Ning F, Ma Y B, Li L H. Influence of enclosure on community structure and diversity on a typical steppe. *Acta Prataculturae Sinica*, 2008, 17(6): 1-8.
- [11] CSIRO. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Collingwood: CSIRO Publishing, 2007: 10-22.
- [12] Pandey S, Hardaker J B. The role of modeling in the quest for sustainable farming systems. *Agricultural Economics*, 1995, 47: 439-450.
- [13] Clarke C W. Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources. New York: John Wiley & Sons, 1990: 212-225
- [14] Jones R J, Sandland R L. The relation between animal gain and stocking rate: derivation of the relation from the results of grazing trials. *Journal of Agricultural Science*, 1974, 83: 335-342.
- [15] Wang H L. Taipusi Chronicles. Huhhort: Inner Mongolia Culture Press, 2000: 163-164.
- [16] Grassland Survey and Design Institute (Inner Mongolia). Remote sensing and Monitored Statistics of Inner Mongolian Grassland Resources, Hohhot, China. 2005, 15-20.
- [17] Heady H F. Palatability of herbage and animal preference. *Range Manage*, 1964, 17: 76-82.
- [18] Li Y H, Wang S P. Grazing Intake of Inner Mongolian Fine-wool Sheep and Their Preference for Grassland Forage Species. *Acta Prataculturae Sinica*, 1998, 7(1): 50-53
- [19] Wang S P. The dietary composition of fine wool sheep and plant diversity in Inner Mongolia steppe. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(6): 952-957.
- [20] Wang X, Wang D L, Liu Y, Cheng Z R, Teng X, Du J. The study on the intake and dietary composition of sheep under different stocking rates. *Journal of Northeast Normal University*, 2002, 34(1): 36-40.
- [21] Bai H S. The intake and dietary composition of Kerqin cattle. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2007, 39(6): 32-33.

参考文献:

- [1] 李博, 史培军, 林小泉. 我国温带草地草畜平衡动态监测系统的研究. *草地学报*, 1995, 3(2): 95-102.
- [2] 周咏梅. 青海省草地资源评价模型. *中国农业气象*, 1997, 18(1): 38-40.
- [3] 杨正礼, 杨改河. 中国高寒草地生产能力与载畜量研究. *资源科学*, 2000, 22(4): 72-77.
- [4] 雷桂林, 侯扶江. 肃南山地放牧系统四季供需动态模型. *草业学报*, 2006, 15(1): 102-106.
- [5] 钱拴, 毛留喜, 侯英雨, 伏洋, 张海珍, 杜军. 青藏高原载畜能力及草畜平衡状况研究. *自然资源学报*, 2007, 22(3): 389-397.
- [6] 李刚, 王道龙, 辛晓平, 杨桂霞. 锡林浩特市草地载畜量及草畜平衡分析. *草业学报*, 2009, 26(1): 87-93.
- [7] 龙瑞军, 董世魁, 胡自治. 西部草地退化的原因分析与生态恢复措施探讨. *草原与草坪*, 2005, 6: 3-7.
- [10] 单贵莲, 徐柱, 宁发, 马玉宝, 李临杭. 围封年限对典型草原群落结构和物种多样性的影响. *草业学报*, 2008, 17(6): 1-8.
- [15] 王海亮. 太仆寺旗志. 呼和浩特: 内蒙古文化出版社, 2000: 163-164.
- [16] 内蒙古草原勘察设计院. 内蒙古草原资源遥感调查与监测统计册, 2005: 15-20.
- [18] 李永宏, 汪诗平. 内蒙古细毛羊日食量及对典型草原牧草的选食性测定. *草业学报*, 1998, 7(1): 50-53.
- [19] 汪诗平. 不同放牧季节绵羊的食性及食物多样性与草地植物多样性间的关系. *生态学报*, 2000, 20(6): 952-957.
- [20] 王旭, 王德利, 刘颖, 程志茹, 滕星, 杜鹃. 不同放牧率下绵羊的采食量与食性选择研究. *东北师大学报*, 2002, 34(1): 36-40.
- [21] 白哈斯. 科尔沁牛的采食量与食性选择. *畜牧与兽医*, 2007, 39(6): 32-33.