

内蒙古四子王旗草地资源承载力目标规划模型

王学全¹,张贵祥²

(1. 中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091;

2. 内蒙古武川县林业局,呼和浩特 011700)

摘 要:解决“水草畜”平衡问题是促进干旱牧区经济和生态环境协调发展的关键。通过目标规划模型应用,计算了内蒙古四子王旗牧区草地资源承载力水平,明确了在人工种植冷季补饲型阶段和暖季放牧冷季舍饲型阶段的水资源开发利用率、可持续载畜量及所需灌溉饲草料基地发展规模。从研究区水量平衡、畜牧业产业结构及技术经济指标方面分析论证了水利化畜牧业在退化草地修复方面的可行性及其综合效益。

关键词:草地;承载力;四子王旗;目标规划

中图分类号:S812

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)04-0117-04

The Goal Program Model of Grassland Resources Carrying Capacity in Siziwang Banner, Inner Mongolia

WANG Xue-quan¹,ZHANG Gui-xiang²

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/ Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Forestry Bureau of Wuchuan County, Inner Mongolia, Huhehot 011700, China)

Abstract : It is essential to hold the equilibrium of regional water-grass-livestock for the harmonious development between economic and environment in arid pastoral area. The goal programming method was applied to calculate the grassland resources carrying capacity in Siziwang Banner, Inner Mongolia. The proposed model was applied to quantitatively study the water development, carrying capacity of grass resources and fodder land in two critical stages. These two stages are: the stage of artificial-planting-supplement-breeding in winter and the stage of grazing to pasture in warm season and stable breeding in cold season. Based on the analysis of water balance, pasturage structure and related technical and economic indexes, the paper proposed the feasibility and comprehensive benefit for the irrigation pasturage in degradation pasture restoration.

Key words : pastoral area; carrying capacity; Siziwang Banner; goal programming

荒漠化地区水草资源的合理利用和优化配置问题是生态系统管理的主要内容,其核心是通过对整个系统多个目标的管理,在草地生态系统阈值内充分发挥其生产潜力,保持生态系统的持续发展。草地畜牧业经济生态系统在不同自然条件和经济条件发展过程中,类型及结构功能在不断发展和变化。原始的草地畜牧业经营方式主要由天然草地、牲畜

和牧民组成;现代草地畜牧业以人工饲草料基地建设为基础,其经济生态系统的结构和功能发生了根本改变,形成了人工种植冷季补饲型和暖季放牧冷季舍饲型家庭畜牧业经营方式。其经营发展方向是:在草地生态环境可持续发展前提下,追求单位面积草地生产最多的畜产品为目标。

牧区草地资源承载力研究是涉及水资源、草地

* 收稿日期:2006-04-26

基金项目:国家“十五”攻关课题(2005BA517A02);“十一五”科技支撑课题(2006BAD26B10)资助

作者简介:王学全(1965-),男,博士,副研究员,从事荒漠化防治和水资源研究工作。

资源、牲畜、灌溉工程、人工草地、林业及生态系统管理等多学科交叉的综合性生产实践问题,需要进行多学科综合研究,建立水草资源持续利用和生态畜牧业发展模式、优化结构和控制演变,使其向有序的良性循环方向发展^[1~3]。本文以内蒙古四子王旗典型荒漠化草原区为研究对象,在定性分析的基础上,采用多目标规划模拟模型构建草原生态建设中“水-草-畜”系统平衡理论及调控系统,定量化研究分析以水利建设为基础的草地生态经济系统承载力水平,为牧区水草资源的合理利用和实施草地生态系统管理提供科学依据。

1 模型的建立

牧区草地资源承载力和水草资源持续利用的实质是资源的合理优化配置与利用,属于多目标决策问题。采用目标规划法建立区域性“水-草-畜”系统平衡优化决策数学模型,其优点在于采取指标分析与多方案比较相结合的方法,通过偏差变量和优先级划分实现对整个系统状态的调控,追求多个目标,获得较优可行解。

1.1 决策变量的选用

X_1 - 暖季草场放牧面积, X_2 - 冷季草场放牧面积, X_3 - 牲畜羊单位数, X_4 - 青贮玉米面积, X_5 - 苜蓿种植面积, X_6 - 饲料玉米种植面积, X_7 - 畜牧业产值, X_8 - 水资源利用量。

1.2 目标确定

1.2.1 水资源目标约束

四子王旗草原水资源相对贫乏,地下水资源是牧区生产、生活的基本水源。从优化利用地下水资源考虑,地下水资源实际开采量既要满足需求量又不能超采。水资源实际开采量不得超过可利用量。

用数学表达式可表示为:

$$X_8 = \sum_i C_{1i} x_i \leq W \quad i=3,4,5,6 \quad (1)$$

式中: W ——四子王旗草原水资源可利用量(亿 m^3), C_{13} ——牲畜羊单位饮水量(万 m^3/a); C_{14} , C_{15} , C_{16} 为人工草场灌溉定额(万 m^3/hm^2)。

1.2.2 草场资源目标约束

开发利用草场资源过程中各类草场面积总和不能超过可利用草场面积。

$$\sum_i x_i \leq S \quad i=1,2,4,5,6 \quad (2)$$

式中: S ——四子王旗草场可利用面积(万 hm^2)。

1.2.3 饲草料平衡目标约束

四子王旗草原由于放牧草场超载已引起草场退化、沙化等现象。为了有效控制草场退化,天然草场应实行划区轮牧,以草定畜,加速发展人工草场、半人工草场,以便冬春两季补饲。包括暖季草畜平衡

目标约束,冷季草畜平衡目标约束,青贮玉米平衡目标约束,干草苜蓿平衡目标约束,饲料玉米平衡目标约束等 5 类约束条件。

$$C_{j1} x_i - C_{j2} x_3 = 0 \quad i=1,2,4,5,6, \quad j=3,4,5,6,7 \quad (3)$$

式中: C_{31} , C_{41} ——暖季、冷季草场公顷产草量; C_{32} , C_{42} ——暖季、冷季牲畜羊单位采食量; C_{51} , C_{61} , C_{71} ——人工草场青贮玉米、干草苜蓿、饲料玉米公顷产量; C_{52} , C_{62} , C_{72} ——羊单位青贮玉米、干草苜蓿、饲料玉米补饲量。

1.2.4 经济效益计算

$$x_7 = C_{71} x_3 - C_{72} = \sum_i C_{1i} x_i \quad i=3,4,5,6 \quad (4)$$

式中: x_7 ——畜牧业净效益; C_{71} ——牲畜羊单位年净效益; C_{72} ——灌溉系统年费用,以水费表示。

1.3 达成函数建立

1.3.1 各目标优先级确定

根据四子王旗草原牧区的实际情况,水资源是各子系统存在的基础,只有充分利用有限水资源量,才能加速畜牧业生产的发展,以达到生态效益、社会效益、经济效益最佳,故各目标的优先等级顺序为:水资源目标,草场资源目标,饲草料平衡目标。

1.3.2 达成函数

$$k = g_k(d_i^-, d_i^+) = \{d_i^-, (d_i^- + d_i^+ + d_i^+), (d_i^- + d_i^+ + d_i^+)\} = \{d_i^- + d_i^+\} \quad (5)$$

因此多目标规划模型为求 $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$ 使目标规划

$$\text{Let } \min = \{d_i^- + d_i^+\} \quad (6)$$

$$C_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (7)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (8)$$

2 模型参数确定

研究区四子王旗位于阴山北麓,总面积 24 152 km^2 。年平均降水量 110 ~ 370 mm,降水年际变化大,季节分布不均;光热资源丰富,无霜期 99 ~ 120 d,多年平均蒸发量为 2 343 mm,年均风速 2.8 ~ 3.8 m/s,土壤为沙质土,有机质含量低,N、P 养分含量甚低,自然条件恶劣,沙化严重,灌溉饲草料地灌溉面积 0.45 万 hm^2 。由于该地可供水河流较少,且在干旱期河流基本干枯。因此地下水是主要水源。地下水资源主要分布在塔布河地区、都新一带古河道地区。其它地区含水层多呈断续分布,无大规模灌溉供水条件,适合局部小型灌溉^[4]。四子王旗水资源可开采量为 1.334 2 亿 m^3/a 。

2.1 草场资源

根据内蒙古草原勘测设计院完成的《内蒙古草场资源统计资料》以及乌盟草原资源调查队《内蒙古

乌兰察布盟四子王旗草场资源普查成果》,结合实际调查确定四子王旗草场资源。全旗牧区草场总面积为 199.9 万 hm^2 ,其中可利用面积为 185.8 万 hm^2 。四子王旗天然草场以中低级草场为主。6,7,8 级草场面积分别占草场总面积的 14.5%,56.3%和 21.6%。

四子王旗草场类型主要由低山干草原草场、丘

陵干草原草场、丘陵荒漠草原草场、层状高平原荒漠草场、剥蚀残丘草原化荒漠草场、高平原盐化草原化荒漠草场和河川低湿地草甸草场等几种类型的草场组成。全旗草场以荒漠草原草场为主,占草场总面积和可利用面积的 69.9%和 71.8%。丰年与欠年草场理论载畜量相差近 3 倍,反映了天然草场的抗灾能力低,草场自然生产力波动大的特点(表 1)。

表 1 全旗各类草场面积、产草量和理论载畜量

草场类型	草场面积 / hm^2	可利用面积 / hm^2	年均产草量 / $(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$	理论载畜量/万只		
				丰年	平年	欠年
低山干草原草场	4.37	3.92	67.00	2.13	1.49	0.74
丘陵干草原草场	49.88	42.33	46.77	33.53	23.46	11.73
丘陵荒漠草原草场	17.19	15.47	48.00	12.82	6.41	3.21
层状高平原荒漠草原草场	94.47	89.75	59.14	63.40	31.70	15.85
剥蚀残丘草原化荒漠草场	3.76	3.37	40.21	2.02	1.31	1.01
高平原盐化草原化荒漠草场	34.35	32.63	42.19	30.38	19.75	15.19
河川低湿地草甸草场	10.25	9.32	69.44	13.28	9.96	66.34
合计	214.27	196.78	28.00	157.53	94.07	54.37

2.2 补饲时间与补饲标准

补饲标准是模型中的重要参数,它对模型求解结果影响较大^[5~7]。提高补饲标准就相应地提高了规划系统的建设水平,如种植面积的扩大、灌溉设施投入的增加等,不同地区的补饲标准差异较大,本文采用典型调查法分析确定。四子王旗放牧畜牧业草地划分二季营地,即冬春营地和夏秋营地。根据草原畜牧部门有关冷、暖季划分标准,冬春补饲期 150 d,暖季 215 d,具体补饲标准见表 2。天然草场日采食干草:1.9 kg/只,其中冬春季日采食干草:0.8 kg/只;羊单位折算:成年绵羊为 1,山羊为 0.9,驴为 3,牛、骡为 5,马为 6,幼畜以 3 1 折为成年畜。

表 2 羊单位采食、补饲及舍饲定额 kg

类 型	天然草场		苜蓿 干草	青贮 玉米	精料
	暖季	冷季			
补 饲	400	120	32.5	100	7.5
冬春舍饲	400	0	155.0	155	7.5

3 计算结果分析

采用 Matlab 语言编写的目标规划模型程序,在计算机上计算与调试,得到了四子王旗牧区水资源可持续利用优化决策计算结果(表 3)。经对正负偏差变量分析和模型稳定性检验及敏感性分析^[8],计算结果稳定可靠。

表 3 多目标规划模型计算结果

变量	天然放牧	补饲	舍饲(草地利用极限)	舍饲(水资源极限)
$X_1/\text{万 hm}^2$	69.94	114.97	177.95	73.71
$X_2/\text{万 hm}^2$	115.86	68.64	0	0
$X_3/\text{万只}$	102.63	168.74	261.18	108.19
$X_4/\text{万 hm}^2$	0	1.35	3.13	1.3
$X_5/\text{万 hm}^2$	0	0.61	4.35	1.8
$X_6/\text{万 hm}^2$	0	0.23	0.36	0.15
$X_7/\text{百万元}$	78.01	119.4	166.39	68.92
$X_8/\text{亿 m}^3$	0.04	0.88	3.21	1.33

3.1 牧区水草资源承载力与变化趋势分析

牧区可持续载畜量随着资源条件和其它因素及时间而变化。根据四子王旗畜牧业现状调查确定草地畜牧业生产的 4 个阶段,经过模型演算得出不同发展阶段可持续载畜量(表 4)。其中天然放牧阶段的可持续载畜量为 102.63 万只羊单位,年经济效益为 0.78 亿元。随着人口的增长及社会经济发

展需求,天然草场的实际载畜量远大于可持续发展的载畜量。因此,过度采食放牧导致了天然草场的退化沙化,以致恶性循环,严重制约了当地草地畜牧业生产的正常发展。

四子王旗 2004 牧业年度实际载畜量为 164 万只羊单位,相对于天然放牧阶段可持续载畜量超载 54 万只羊单位;与四子王旗草地畜牧业生产处于人

工种植冷季补饲型发展阶段可持续载畜量 168.74 万只持平,相对于暖季放牧冷季舍饲型阶段可持续

载畜量仍有潜力,需要加强人工草地等畜牧业基础设施建设。

表 4 四子王旗牧区可持续载畜量和相关因素优化决策成果

发展阶段	可持续载畜量/万只	灌溉面积/万 hm^2	水资源利用率/%	年净效益/百万元
天然放牧阶段	102.63	0	3	78.01
人工种植冷季补饲型阶段	168.74	2.19	66	119.4
暖季放牧冷季舍饲型阶段	261.18	7.84	241	166.4
水资源利用达到极限阶段	108.19	3.25	100	68.92

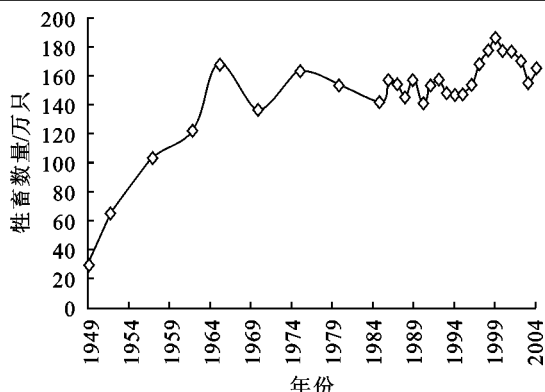


图 1 四子王旗 1949 ~ 2004 牧业年度牲畜数量

四子王旗草地畜牧业生产在暖季放牧冷季舍饲型阶段,可持续载畜量 261 万只羊单位,年经济效益 1.66 亿元,但水资源超载 141%,因此四子王旗牧区自给自足的冷季舍饲受到水资源条件的制约。

建立草地生态置换模式的总体目标是恢复和建立一个稳定良性循环的草地生态系统。在水资源利用达到极限阶段,虽然可持续载畜量与天然放牧阶段持平,但置换补偿后的草地生态系统中,有 120 万 hm^2 草牧场可以作为禁牧恢复、划区轮牧,草地生态系统处于最佳状况。

根据以上模型分析,现阶段四子王旗草地畜牧业生产模式应为人工种植冷季补饲型,新的生态系统运行,兼顾了畜牧业生产、牧民生活和草地生态环境三方利益,既避免了生态承载能力超负荷造成生态破坏,又克服了不顾生产和牧民生活单纯压缩牲畜数目、盲目封育禁牧的弊端。

4 结 语

我国荒漠化地区以畜牧业为主体,牧区“水 - 草 - 畜”的矛盾随着当地经济发展而日益突出。在草地资源承载力范围内,合理开发利用当地水草资源,解决“水草畜”平衡问题,促进地区经济和生态环境的协调发展,是十分紧迫的任务。本文提出的牧区草地资源承载力多目标优化决策模型,结合内蒙古牧区生产建设发展水平,具有可靠的生产实践基础。在以资源为基础的草地畜牧业生产优化决策中,分析了四子王旗畜牧业经济的 4 种发展模式,对我国牧区区域性综合开发及水草资源可持续利用具有指

导意义和应用价值。

以农牧区水 - 草资源互补,实现畜牧业可持续发展。暖季放牧冷季舍饲型较人工种植冷季补饲型畜牧业发展模式的建设水准较高,但人工种植饲草料地受到水资源条件的限制,四子王旗农区可以通过作物秸秆来置换牧区部分水资源,从而实现畜牧业发展的跨越。由于四子王旗乌兰花镇以北绝大部分地方为牧区,占全旗总面积的 81.3%,十年九旱,冬季风雪不断,大小畜过冬成了最大的问题;乌兰花镇以南以西以东为农区,占全旗总面积的 18.7%,虽然由于干旱等原因使农作物减产,但农作物秸秆并未受到太大的损失。春季每个农户都种植了一定数量的覆膜玉米,其秸秆和籽粒都是上等的饲草料。秋季大部分农户又收割了大量的野生杂草。农户的农作物秸秆、青贮玉米秸秆、绿草等除自用外都有剩余,把剩余的饲草料调入牧区不仅解决牧民的急需,也增加农民的收入。另外冬季正是农闲季节,农户有较好的棚圈设施。牧区每年冬春是接羔保育的关键期,不仅需要大量的饲草料而且需要大量的劳动力和较好的棚圈设施。如果农户和牧户形成某种联营,比如把牲畜运往农区分户喂养,是畜牧业经营理念创新,“南草北调、北畜南养”是四子王旗畜牧业可持续发展的切实可行的方案。

参考文献:

- [1] 韩建钦,赵福根,朝鲁,等. 四子王旗人工草地建植模式的探讨[J]. 内蒙古草业,2003,15(4):13-18.
- [2] 宝力高,包翔. 四子王旗草场生产潜力与载畜量调控研究[J]. 干旱区资源与环境,1998,12(2):117-120.
- [3] 张玉明. 草地农业系统结构的主要特点及其优化的问题[J]. 内蒙古草业,1995,(1-2):14-17.
- [4] 李俊英. 牧区水利是生态畜牧业发展的基础[J]. 内蒙古水利,2002,(4):112-113.
- [5] 耿雷华,刘恒. 牧区水资源可持续利用研究[J]. 水利水电科技进展,2003,23(4):25-28.
- [6] 内蒙古草原勘测设计院. 内蒙古草地资源统计资料[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1988.
- [7] 李和平. 区域性水草畜系统平衡是生态畜牧业的核心[J]. 中国农村水利水电,2004,(8):86-88.
- [8] 裴鑫德. 线性规划、目标规划及其农业应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1990.383-417.