

# 干旱、半干旱草原沙化、退化综合整治技术优化模式

何京丽<sup>1</sup>, 邢恩德<sup>1</sup>, 霍再林<sup>2</sup>

(1. 水利部牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010010; 2. 中国农业大学, 北京 100083)

**摘 要:** 针对我国典型草原生态现状及水土流失特点, 依据草地畜牧业水-草-畜平衡发展原理, 充分利用有限水资源, 发展灌溉饲草料地, 通过线性规划数学方法求解, 提出了以草地生态恢复到良性循环状态, 治理区域经济效益达到最大为目标, 各单项技术的最佳实施面积的草原沙化、退化综合整治实用模式, 该模式依靠自然恢复(封禁、休牧)措施实施面积占94%, 符合坚持以人为本, 树立全面、协调、可持续发展的科学发展观, 实现人与自然和谐共处的必然要求, 该项研究将为我国干旱、半干旱草原沙化、退化草地生态恢复与重建提供科学依据。

**关键词:** 草原沙化; 退化; 整治; 模式

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2005)06-0203-03

## Optimized Model on Comprehensive Renovation Technology for Desertification and Degeneration of Grassland in Arid and Semi-arid Area

HE Jing-li<sup>1</sup>, XING En-de<sup>1</sup>, HUO Zai-lin<sup>2</sup>

(1. Institute of Water Resources Science of Pasturing Area of the Ministry of Water Resources, Hohhot 010010, China;

2. Chinese Agriculture University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Aiming at ecological situation of Chinese typical grassland and soil erosion characteristics, according to the principle of water-grass-livestock balance of grassland stockbreeding, making full use of the limited water resources, developing forage irrigation, by linear programming mathematics method, it is put forward from grassland ecosystem restoration to benign cycle state. Final goal is put out to attain biggest economic benefit in district and the model of optimized area which apply to each single technique on comprehensive renovation for desertification and degeneration of grassland, the model depends on natural restoration measure (close, rest-grazing) making up 94%, this matches the need for people, setting up harmonious, sustainable developmental view completely, which realize unnecessary request that person and the nature get along harmoniously, the research will provide with scientific basis for restoration and reconstruction of arid and semi-arid area desertification and degeneration grassland in China.

**Key words:** desertification of grassland; degeneration; renovation; model

### 1 研究区概况

本研究以内蒙古锡林郭勒盟正镶白旗明安图镇合硕庙乡为研究区域, 研究区域涉及32个牧户, 牧民人口140人, 草场面积2 560 hm<sup>2</sup>, 有牲畜2 560个羊单位。属中温带半干旱、干旱大陆型季风气候, 气候的基本特点是冬季漫长寒冷, 夏季温热少雨, 春、秋季节风大沙多。年平均气温0~3℃, 冷季长达200 d左右; 年均风速4~5 m/s, 年平均降雨量360 mm, 蒸发量1 900~2 000 mm。因此, 寒冷、风大、少雨、干旱是该区气候的显著特点。该区草原属温带典型草原, 境内地表水源缺乏, 浅层地下水资源未得到充分利用。地下水资源可开采模数为1.58万m<sup>3</sup>/(a·km<sup>2</sup>), 单井出水量10 m<sup>3</sup>/h, 水位埋深3 m左右, 矿化度小于1 g/L, 具有开采浅层地下水进行草原灌溉的有利条件。每个牧户平均草场面积为80 hm<sup>2</sup>, 扣除基本生态需水和当地牧民饮水, 研究区域可用于灌溉的浅层地下水量21 000 m<sup>3</sup>/a。

长期以来, 由于受自然因素影响, 加之长期超载过牧(超

载指数达2.48), 草地沙化退化面积占草地总面积的比例由1995年的43.12%增长到了目前的69.8%, 严重地区达90%以上。草地生产能力降低(可食干草产量450 kg/hm<sup>2</sup>左右), 草质差, 植物群落结构单一, 草场植被盖度仅为35%左右。草场载畜能力为31.5羊单位/km<sup>2</sup>, 人均收入仅为2 210元。草场沙化、退化、生态环境恶化不仅制约着当地草地畜牧业的发展, 而且已威胁到人民的生产、生活及生存。

### 2 综合整治优化模式

#### 2.1 模式确立

针对研究区域的草地生态现状及生产方式, 在恢复草地生态前提下, 应考虑到草地畜牧业生产特点, 充分开发利用有限水资源发展灌溉饲草料地, 提供因草地改良过程中牲畜所需的饲草料。因此, 研究区域草场沙化、退化综合整治模式应以草地生态恢复到良性循环状态, 经济效益最大为目标, 依据水-草-畜平衡发展原理, 利用线性规划方法, 提出为实现上述目标各种整治措施(天然草地封禁、补播改良、灌

\* 收稿日期: 2005-06-28

基金项目: 本研究为国家科技部社会公益研究专项资金项目——草场沙化、退化综合整治技术试验示范研究内容

作者简介: 何京丽(1960-), 女, 本科, 教授级高级工程师, 主要从事草地生态恢复水土保持科研工作。

溉多年生人工牧草,灌溉青贮玉米)最佳实施面积的整治模式。本研究综合整治优化模式如下:

$$\begin{cases} abjF=y \cdot k \cdot E-(x_1) \cdot a-x_2 \cdot b-x_3 \cdot c \\ x_1+x_2+x_3=S \\ x_3=S_0 \\ x_2 \cdot M_2+x_3 \cdot M_3+y \cdot M_y=Q \\ x_1 \cdot C_1=Y \cdot LC \\ x_2 \cdot D_2+x_3 \cdot D_3+y \cdot LD \\ x_1, x_2, x_3, y=0 \end{cases}$$

式中:  $k$ ——牲畜出栏率(%);  $y$ ——工程实施后所承载羊单位数量;  $E$ ——羊单位毛效益(元/只);  $x_1, x_2, x_3$ ——分别为天然改良草场、灌溉人工草场、灌溉青贮玉米的面积( $\text{hm}^2$ );  $a, b, c$ ——分别为单位面积天然草场、人工灌溉草场、青贮玉米地多年平均费用(包括固定投资);  $M_2, M_3$ ——分别为人工灌溉草场、青贮玉米地灌溉定额( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ );  $Q$ ——可供水量;  $C_1$ ——天然草场改良后干草产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ );  $D_2, D_3$ ——人工灌溉草场、青贮玉米单位面积产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ );  $LC, LD$ ——羊单位暖季食草量、羊单位冷季食草量;  $S, S_0$ ——总草场面积、一年生牧草灌溉最大面积。

2.2 参数选取

根据草场沙、退化单项整治措施试验得到不同整治措施参数,见表1。

表1 模式参数

治理措施	天然草场改良	人工草场灌溉	青贮玉米
产量/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	1200(3年后)	9000(2年后)	75000
灌溉定额/( $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	/	2625	3150
年费用/(元· $\text{hm}^{-2}$ )	15	1800	4500

注:青贮玉米产量为鲜重,其余均为干草重。

天然草场可食产量是实际产草量的60%,固定资产投资及运行费用参照《全国牧区草原生态保护水资源保障规划》选取。根据当地气象条件及放牧特点,放牧季节分暖季和冷季,暖季取5个月,每个羊单位每日需干草20kg,暖季共需干草300kg;冷季7个月,每个羊单位每日需干草22kg,冷季共需干草462kg。

2.3 方案对比

本研究草场沙、退化综合整治优化模式属于线性规划系统模式,采用MATLAB6.5编写线性规划程序求解此模式,对4种方案求解,结果见表2、图1。

表2 不同整治方案实施三年后对比

方案	现状	方案1	方案2	方案3
沙化、退化草场/ $\text{hm}^2$	2560			
天然草场改良/ $\text{hm}^2$		2560	2409	2412.5
人工灌溉草场/ $\text{hm}^2$			151	132.7
灌溉青贮玉米/ $\text{hm}^2$				14.7
载畜量(羊单位)	1511	2418	4058	4329
年均净效益/万元	22.67	36.27	60.87	64.93

表2中:方案1-全部采取草场封禁改良;方案2-建设部分灌溉人工草地,其余采取草场封禁改良;方案3-建设部分灌溉人工草地,部分灌溉青贮玉米,其余采取草场封禁改良。

2.4 方案结果分析

对4种方案相应模式的求解分析,得到如下结论:

(1)由于草场沙、退化,草场产草能力极度降低,研究区域天然草场目前理论载畜量仅为1511个羊单位,而实际载畜量为2560个羊单位,超载率高达69%,过度的草场超载加速草地的沙化、退化。通过草场的改良使其进行3年的封育休牧后,可使草场植被得到大大改善,其载畜能力也可提高到2418个羊单位,相应经济效益可提高到36.27万元。

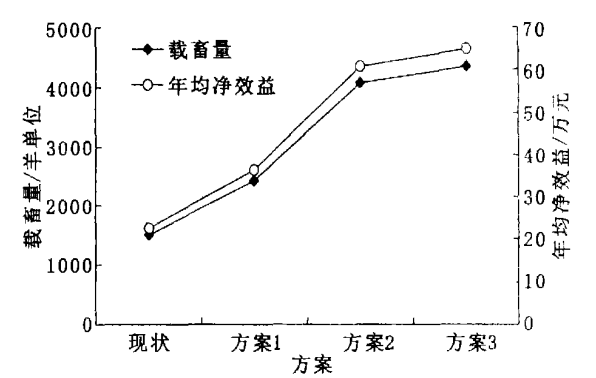


图1 不同方案经济效益对比图

(2)方案2、方案3模式均在水-草-畜平衡的基础上建立的,通过“以水定草、以草定畜”,运用系统工程理论求解了相应水-草-畜系统的复杂关系。结果表明,2种在水-草-畜平衡基础上的草场沙、退化治理方案均具有较高的生态效益。方案2草场年经济效益可达到60.87万元。

(3)方案3增加了灌溉青贮玉米措施,可大大提高补饲量,在保证生态效益(草地植被盖度达75%以上,产量达1200 $\text{kg}/\text{hm}^2$ )的同时,其载畜能力提高到了4329个羊单位,相应经济效益上升到了64.93万元,真正实现了生态效益、经济效益的双赢。方案3相应各项整治措施的最佳实施面积:天然草场改良为2412.5 $\text{hm}^2$ 、灌溉人工草地为132.7 $\text{hm}^2$ 、灌溉青贮玉米为14.7 $\text{hm}^2$ 。

2.5 草场沙化、退化综合整治优化模式动态分析

以上研究得到的研究区域草场沙化退化综合整治优化方案的建设是一个动态的过程,在沙、退化草场的围封恢复期3年内,草场的牲畜由人工灌溉草场和青贮玉米以及围封秋季打草来补饲。人工灌溉草场在第一年的产草量仅为正常产草量的一半左右,研究中取4500 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,第二年其即可达到正常值。

表3 优化模式动态变化过程

年序	第1年	第2年	第3年	第4年
天然草场改良/ $\text{hm}^2$	2412.5(450)	2412.5(900)	2412.5(1050)	2412.5(1200)
灌溉人工牧草/ $\text{hm}^2$	132.7(4500)	132.7(9000)	132.7(9000)	132.7(9000)
灌溉青贮玉米/ $\text{hm}^2$	14.7(75000)	14.7(75000)	14.7(75000)	14.7(75000)
载畜量(羊单位)	2692	3760	4045	4329
年均净效益/万元	40.38	56.40	60.67	64.93

注:表中括号内数字为当年产量,单位为 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,天然草场、人工牧草以干草计,青贮玉米以鲜重计算。

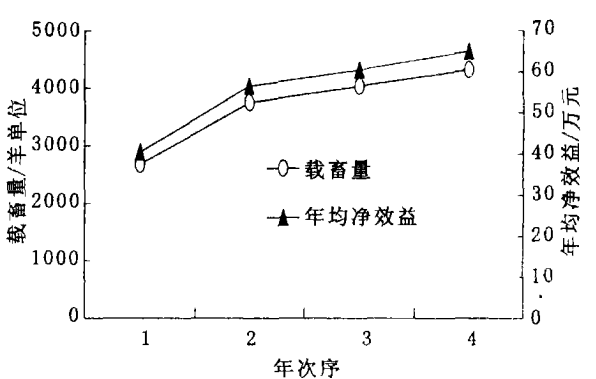


图2 优化方案建设期动态变化过程

表3、图2为草场沙化退化综合整治优化方案建设期内载畜量及效益动态变化过程。在建设期第一年,由于天然草

场的围封和人工灌溉草场产草暂时较低,经济效益虽然能维持现状,但草地生态还未恢复。在建设期的第2~3年,灌溉人工草地的全额产草,使得载畜量上升到4 050个羊单位,相应的净效益也会上达到60 67万元,草地生态还未达到最大恢复潜力,在项目实施3年后,载畜量可上升到4 329个羊单位,净效益会上升到64 93万元,草地生态达到了最大恢复潜力(草地植被盖度75%,干草产量达1 200 kg/hm<sup>2</sup>),研究区域人均纯收入将由现在的2 210元上升到4 637元,真正实

现生态效益与经济效益的双赢。

### 3 小 结

本研究是在对沙、退化草地生态恢复与重建的各单项技术(草地封育、补播改良,灌溉人工牧草,灌溉青贮玉米等)进行了综合效益试验研究的基础上,应用目标规划优化方法求解得到,在确定措施和参数方面有待调整完善,模式尚需进行实地验证,提高其实用性。

(上接第195页)

从表2可以看出,对同一场洪水模拟来说,两种DEM 情况下模拟结果相似,也就说明了在皎口水库流域 SRTM DEM 作为基础地形数据用于TOPMODEL 模型时可获得较好的模拟结果。对单一流域的SRTM DEM 在TOPMODEL 模型中的可用性评价不能得出一般性的规律,应对若干典型流域进行分析并得出相应的结论。但Raaflaub(2002)<sup>6</sup>研究发现DEM 中的误差对TOPMODEL 影响甚微,Franchini等<sup>[7]</sup>(1996)发现TOPMODEL 模型的模拟结果对地形指数-面积曲线的形状并不敏感,以及距流域出口距离-累积面积数据的不同可用模型中参数来调节或弥补,因此可以得出SRTM DEM (水平分辨率约90 m)数据可用于TOPMODEL

模型模拟,并能取得较好的模拟效果。

### 3 结论与讨论

从以上可以得出,SRTM DEM 水平分辨率约90 m 的数据能够用于数字高程模型难以获取的大中型流域的TOPMODEL 模型的水文模拟,并能取得较好的模拟效果。SRTM DEM 的出现将会拓宽TOPMODEL 的应用范围和区域,由于受其水平分辨率的限制,其不适用于小型流域。由于不同的水文模型DEM 的作用不同,SRTM DEM 对其它基于DEM 的水文模型来说可用性如何需进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 熊立华,郭生练 分布式流域水文模型[M] 北京:中国水利水电出版社,2004
- [2] Band L E,Moore ID. Scale: landscape attributes and geographical information system s[J] Hydrological process, 1995, 9: 401- 422
- [3] 郭方,刘新仁,任立良 以地形为基础的流域水文模型- TOPMODEL 及其拓宽应用[J] 水科学进展,2000,11(3): 296 - 301.
- [4] 陈仁升,康尔泗,杨建平,等. TOPMODEL 模型在黑河干流出山径流模拟中的应用[J] 中国沙漠,2003,23(4): 428- 434
- [5] Quinn P, Beven K J, Lamb R. The  $\ln(\alpha/\tan\beta)$  index: how to calculate it and how to use it in the TOPMODEL framework[J] Hydrologic Process, 1994, 9: 161- 185
- [6] L D Raaflaub The effect of error in gridded digital elevation models on topographic analysis and on the distributed hydrological model Topmodel[D] Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, 2002
- [7] Franchini M, Wendling J, Obled C, et al Physical interpretation and sensitivity analysis of the TOPMODEL [J] Journal of Hydrology, 1996, 175: 293- 338

(上接第198页)

采用了滑动平均的思想,预测未来某时段的滑动平均降水量,预测范围扩大,预测精度提高。

采用了聚类的方法对滑动平均降水量进行等级划分,更加充分地考虑了序列中数据结构的合理性,更加有效地显示了降水量序列的内在分布规律,使得区间的划分更加合理。

#### 参考文献:

- [1] 邓聚贤,许刘俊 随机过程[M] 北京:高等教育出版社,1992
- [2] Sidney, Yakowitz Markov flow models and the flood warning problem [J] Water Resources Research, 1985, 21(1): 81 - 83
- [3] 张曙红,曹建会,陈绵云 灰色马尔可夫SCGM (1,1)预测模型[J] 佛山科学技术学院学报(自然科学版),2004,3(1): 16 - 19
- [4] 沈永欢,梁在中 实用数学手册[M] 北京:科学出版社,2003
- [5] 孙才志,林学钰 降水预测的模糊马尔可夫模型及应用[J] 系统工程学报,2003,8(4): 295- 298
- [6] 王本德 水文中长期预报模糊数学方法[M] 大连:大连理工大学出版社,1993
- [7] 陈守煜 水文水资源系统模糊识别理论[M] 大连:大连理工大学出版社,1992
- [8] 陈守煜 中长期水文预报综合分析理论模式与方法[J] 水利学报,1997,(4): 15- 21.

计算序列的各阶自相关系数,归一化后作为马尔可夫模型的权重,充分、合理地利用已有信息,使得预测结果更为精确。

(2)根据滑动平均-马尔可夫模型,预测2003年的3年滑动平均降水量为567.2 mm。