

# 克州地区天然草地生产力评价

储少林, 贡 静, 阿斯娅·曼力克, 赛里克·都曼, 郑逢令

(新疆畜牧科学院草业研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**本研究以克孜勒苏柯尔克孜自治州的天然草地为研究对象, 利用 2005 年 7—8 月的 MODIS 遥感数据提取植被指数 (NDVI), 通过典型区野外实地采样, 得到与 MODIS 影像资料时相一致的草地地上生物量数据, 分析遥感植被指数与植被生物量的相关关系, 建立了生物量估测模型, 并进一步对克州天然草地生产力进行了评价。根据关键场理论计算了克州地区理论载畜量以及关键场载畜量。结果表明, 克州地区的实际载畜量为 263.19 万羊单位, 理论载畜量为 177.61 万羊单位, 超载率为 48.18%, 关键场载畜量为 113.71 万羊单位, 克州实际超载率为 131.45%, 远远高于理论超载率。

**关键词:**草地生产力; 监测模型; 载畜量; 关键场

**中图分类号:** S812

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2011)01-0053-06

草地生产力不仅体现草地生态系统的稳定性及生物种群的多样性, 而且是制定畜牧业生产规划的基础。能否及时准确地掌握大面积草地产量资料, 对科学计算草地载畜量和合理安排草畜生产, 提高草地畜牧业生产力, 维护草地生态系统的持续稳定, 都具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。近几年来, EOS/MODIS 资料已广泛应用于植被生态、土地利用和土地覆盖、自然灾害等方面的监测和研究。利用 MODIS 资料开展天然草地资源的遥感动态监测, 已成为国际草地科学研究中的前沿课题, 对确定合理载畜量和加强草地科学管理等均具有重要的意义。

MODIS-NDVI 是已有 20 年积累的 NOAA-NDVI 系列的延续, EVI 利用 MODIS 辐射仪的优点, 订正地表反射率以提高对高生物量区的敏感性, 并通过叶冠背景信号耦合和减少大气影响来提高植被监测精度。这 2 个植被指数可以在研究全球植被、提高植被变化的检测和提取叶冠生物物理参数方面相互补充<sup>[2]</sup>。使用 MODIS 资料已进行的相关研究有植被分类<sup>[3]</sup>、植被指数与气象因子的相关分析、植物长势和植被指数变化和自然灾害监测<sup>[4]</sup>等。

本研究利用高时间分辨率的 MODIS-NDVI 数据, 研究了 2005 年新疆克州地区天然草地地上生物量同植被指数之间的关系, 根据相关性原则回归出适合该地区的草地遥感估产模型, 并以草地遥感估产模型为基础对克州地区的天然草地生产力进行了评价, 再根据关键场理论计算得到了 2005 年克州各市(县)的理论载畜量与关键场载畜量, 以期草地

资源监测和草畜动态平衡提供科学依据。

## 1 研究区概况

克孜勒苏柯尔克孜自治州(以下简称克州)地处我国边陲, 北倚天山南脉, 西南处帕米尔高原的东北隅上, 东南接塔里木平原。位于  $73^{\circ}26' \sim 78^{\circ}59' E$ ,  $37^{\circ}30' \sim 41^{\circ}30' N$ <sup>[5]</sup>, 研究区地理位置如图 1 所示。克州草地面积占克州国土总面积的 46.3%, 耕地与林地分别占 0.58% 与 0.62%, 天然草地是该州陆地生态系统中最重要的重要组成部分, 对涵养水源、防止水土流失具有重要作用。克州地表水径流量 79.62 亿  $m^3$ , 山区很少有森林生长, 主要靠山地草原涵养水源。但由于长期无序利用, 超载过牧, 致使牧草种类减少, 覆盖度下降, 产草量降低, 草地严重退化, 极大削弱了天然草地水源涵养能力, 造成水土流失严重, 特别是遇到融雪、降水, 地面水流急剧汇集下泄, 洪水灾害频繁发生, 给克州及下游地区带来灾害, 严重危害生态安全。同时, 克州是新疆主要牧区之一, 也是自治区的贫困地州, 生产条件极差, 经济发展严重滞后, 2003 年全州农牧民人均收入 1 320 元, 牧民收入更低, 一般为 1 000 元左右, 半数以上牧民处在贫困线以下。阿克陶县塔尔塔吉克自治乡牧民人均收入仅 580 元, 为全疆牧民低收入之最<sup>[6]</sup>。

收稿日期: 2010-02-04 接受日期: 2010-06-08  
基金项目: 国家科技支撑计划子课题“塔里木盆地西南缘山区退化草场修复技术集成示范”(2009BAC54B03); 新疆畜牧科学院青年基金(2008QJ06)  
作者简介: 储少林(1980-), 男, 安徽安庆人, 助理研究员, 主要从事草地遥感研究工作。  
E-mail: shaolin-chu@163.com

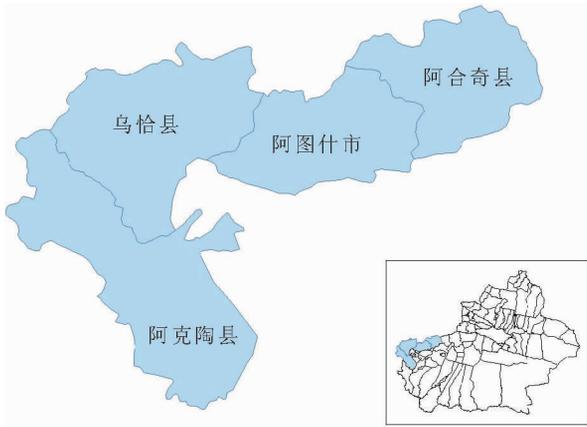


图 1 研究区地理位置

## 2 数据来源与处理

**2.1 草地遥感估产技术路线** 理论产草量、理论载畜量、关键场载畜量的计算涉及遥感、地理信息系统、全球定位系统等技术的综合,使用到多种不同来源的数据,具体的技术路线如图 2。

**2.2 草地样方实测数据** 外业调查主要集中在 2005 年草地生长季期间,调查内容包括样点草地类型,使用 GPS 测定的样点空间位置信息:经度、纬度、海拔,并全面测定和收集植被的生长情况:植物盖度、草群平均高度、植物种数等。具体确定方法为:样方设置既要考虑代表性,又要有随机性。样方

之间的间隔不少于 250 m,同一样方不同重复之间的间隔不超过 250 m。如遇河流、建筑物、围栏等障碍物,可选择周围邻近地段草原类型相同、利用方式和环境状况基本一致,具有与原定点相同代表性的地点进行采样。为获得最接近真实的生物量,在被调查的样地内,尽量选择未利用的区域作测产样方。图 3 为 2005 年克州草地野外实测样点分布情况。

**2.3 遥感数据** 利用 ArcGIS 9.1 软件,建立了克州地区行政分区、草地资源类型、地面调查样点空间分布等数据库。MODIS 数据来自 NASA MODIS 陆地产品组按照统一算法开发的 MODIS 植被指数产品。本研究使用的植被指数为 16 d 合成数据,空间分辨率为 250 m 的 MOD13Q1 数据集。为了便于显示和计算,利用公式如下:

$$NDVI_{0\sim 255} = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 255 \quad (1)$$

式中,NDVI<sub>0~255</sub>表示归一为 0~255 的植被指数值;NDVI<sub>min</sub>和 NDVI<sub>max</sub>分别表示最小、最大归一化植被指数值。把 NDVI 的值归一到 0~255。

使用 MRT (MODIS reprojection tools) 软件,将下载的数据进行格式和地图投影转换,把 HDF 格式转化为 tiff 格式;把 SIN 地图投影转换为 WGS84/Geographic 系统,同时完成图像的空间拼

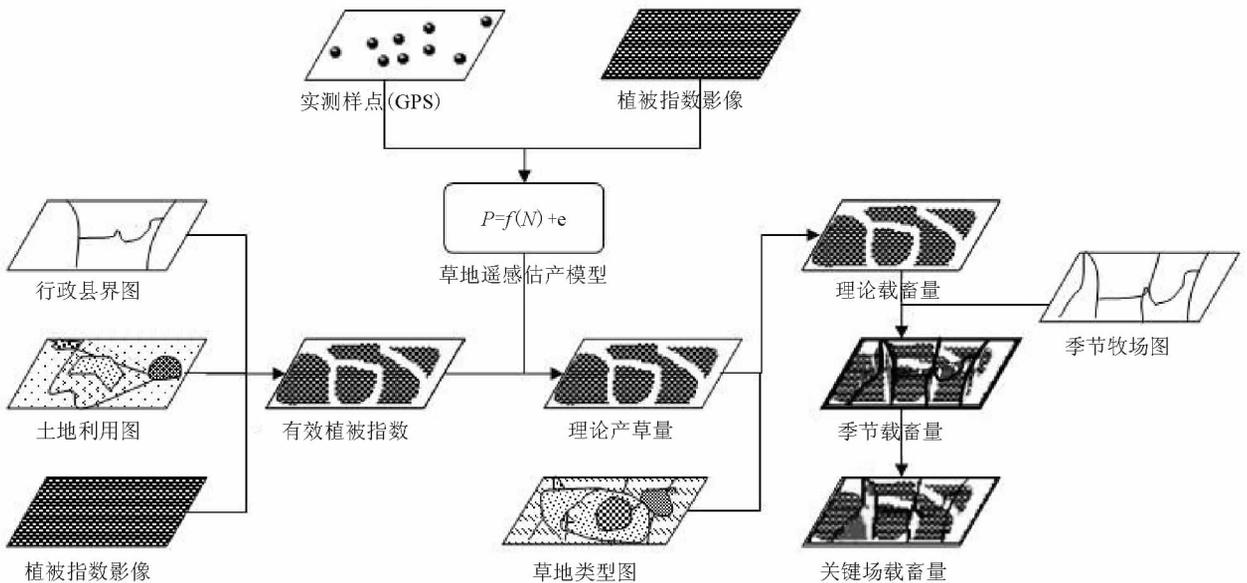


图 2 草地遥感估产技术路线图

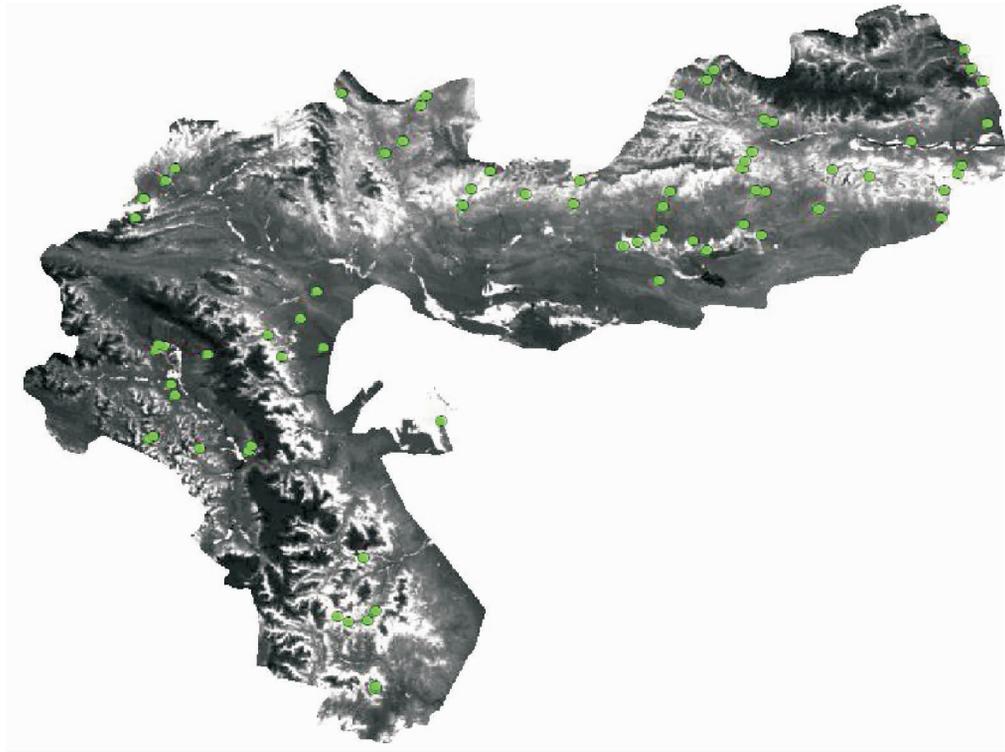


图3 野外实测样点分布

接;分别把图像资料和地面样方点文件转成 grid 格式,在 ARC/INFO 的 grid 模块下提取各样方点的 NDVI 值,并对 NDVI 值作归一化处理。利用统计回归分析方法,建立 MODIS/NDVI 与草地地上生物量遥感监测模型。

**2.4 天然草地理论载畜量估算** 基于季节畜牧业和草地农业生态系统的思想,陈全功<sup>[7]</sup>提出了关键场的新概念,基于 3S 技术的应用和草业发展的需要,提出了关键场载畜量计算的新方法,为草地退化的防治和草地畜牧业的可持续发展,提供一个新的视角和可操作的评价指标;本研究以关键场思想为理论基础,进行关键场载畜量计算。

依据基于草地类的理论载畜量计算原理,一定的草地采食牧草总量基于一定的草地类型,本研究要从某一类型草地的产草量得到放牧家畜的采食牧草量,需引入可利用草地系数  $K_{1m}$ 、可食牧草系数  $K_{2m}$  和草地利用系数  $K_{3m}$ ,  $m=1,2,3,\dots,m$ ,  $m$  表示不同的草地类型。

含有  $m$  个草地类型的某地区或某片草地的理论载畜量可按下式计算:

$$\text{理论载畜量(TCC)} = \text{采食牧草总量(TFIP)} / (p \cdot d)$$

$$= (M_1 \cdot Y_1 \cdot K_{11} \cdot K_{21} \cdot K_{31} + M_2 \cdot Y_2 \cdot K_{12} \cdot K_{22} \cdot K_{32} + M_m^{-1} \cdot Y_m^{-1} \cdot K_{1m}^{-1} \cdot K_{2m}^{-1} \cdot K_{3m}^{-1} + M_m \cdot Y_m \cdot K_{1m} \cdot K_{2m} \cdot K_{3m}) / (p \cdot d) \quad (2)$$

式中,  $M_m$  为某类草地的面积( $\text{hm}^2$ );  $Y_m$  为某类草地单位面积的产草量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ );  $p$  为 1 标准羊单位的日采食量,  $d$  为放牧天数。

显然,理论载畜量反映的是在全年放牧的条件下,某区(片)草地上的平均生产能力或平均承载能力。以理论载畜量作为评价草地生产力的指标,其缺点一是载畜量的评价过程与草地畜牧业生产的实践相脱离;二是平均生产能力不易反映草地畜牧业系统中能流、物流的瓶颈<sup>[7]</sup>。所以这里引入关键场载畜量概念:在一个草地畜牧业放牧系统中(大到一个区,小到一个乡),将载畜量最小的季节放牧场定义为关键场(key pasture, KP)。根据系统学的木桶原理,这个载畜量最小的季节放牧场——关键场,将决定整个放牧系统的最大承载能力<sup>[8]</sup>。

### 3 研究结果

地上生物量是草地资源动态监测的重要指标。利用一元线型回归和曲线回归方法,统计分析各样点的实测鲜草产量同 NDVI 值之间的相关关系表

明,指数函数可以较好地模拟 MODIS/NDVI 与草地鲜质量之间的相关关系(图 4)。草地植被地上生物量的拟合模型为:

$$y=140.64e^{0.0205x} \quad R^2=0.5062 \quad (3)$$

式中, $y$  为鲜草产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), $x$  为 MODIS 归一化

差值植被指数 NDVI 的值。因此,每个网格单元 ( $250\text{ m}\times 250\text{ m}$ ) 的生物量( $\text{kg}$ )可写为:

$$y=\frac{250\times 250}{10\ 000}\times 140.64e^{0.0205x}$$

通过 ARCGIS 9.1 软件,运用公式(3)进行计算,

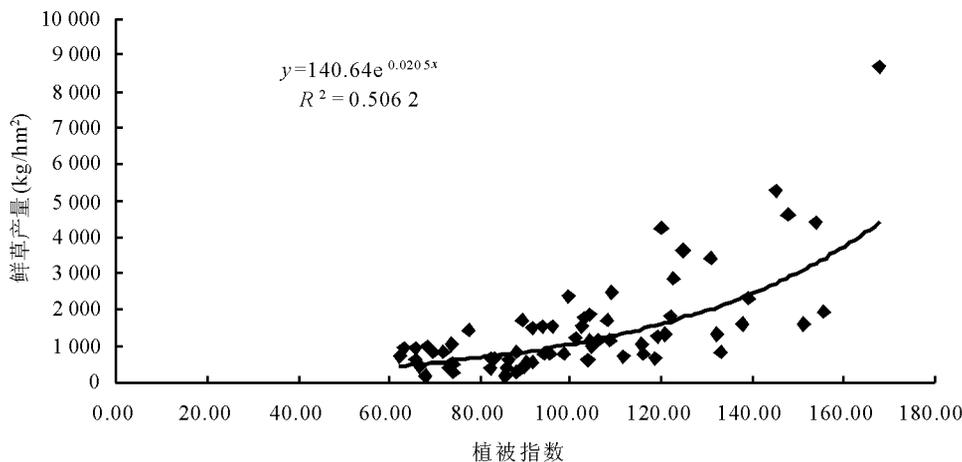


图 4 克州地区草地地上生物量统计模型

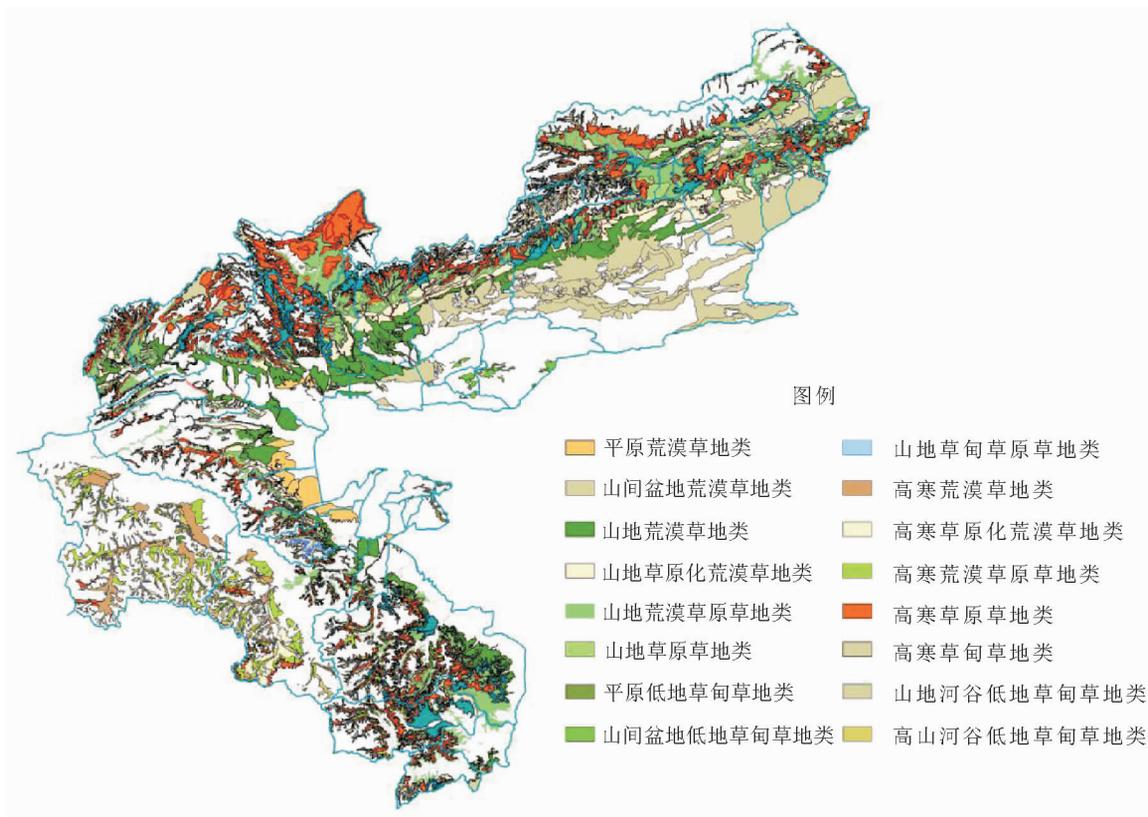


图 5 克州草地类型图

然后与处理好的土地利用类型图叠加,得到克州草地地上生物量,并以此为基础结合克州地区草地类型图(图5),估测克州地区各类型草地可食鲜草产量及其载畜能力(表1)。克州天然草地共有12个类,净面积305.7万 $\text{hm}^2$ 。按加权平均法,青草产量为1663.27 $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,牧草利用率为51%,可利用青草产量848.27 $\text{kg}$ 。草地总产草量可利用量为2593142.02t,放牧天数以全年计算,日食量以4

$\text{kg}$ 计算,草地载畜量为177.61万羊单位。以面积论,山地荒漠、高寒草原、山地荒漠草原面积较大,分别占草地净面积的26.94%、21.27%和20.93%;从理论载畜量上讲,高寒草原、山地荒漠草原和山地荒漠载畜量较大,分别占总载畜量的23.99%、22.03%和19.95%。若以载畜能力来论,以山地草甸、高寒草甸和低地草甸的载畜能力较强,分别为0.63、0.91和1.03 $\text{hm}^2$ 可养1只羊。

表1 克州地区草地生产力评价

草地类型	草地面积( $\text{hm}^2$ )		青草产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )		总产草量(t)		放牧天 数(d)	日食量 (kg)	载畜量 (羊单位)
	草地面积	净面积	鲜草产量	可利用量	产量	可利用量			
山地草甸草原	4583	4583	4098.09	2294.93	18741.60	10517.66	365	4	7204
高寒草原	666315	650106	1739.56	956.76	1121830.80	621995.42	365	4	426024
山地草原	25409	25166	2975.80	1606.93	74434.80	40440.05	365	4	27699
高寒荒漠草原	123952	118877	583.24	314.95	68835.60	37440.55	365	4	25644
山地荒漠草原	650523	639956	1716.46	892.56	1103617.20	571199.13	365	4	391232
高寒草原化荒漠	19923	19195	361.02	191.34	6876.00	3672.77	365	4	2516
山地草原化荒漠	328400	315216	1286.63	604.72	401598.00	190616.16	365	4	130559
高寒荒漠	46174	39280	383.82	199.58	15112.80	7839.66	365	4	5370
山地荒漠	1029779	823586	1495.29	628.02	1231376.40	517228.48	365	4	354266
平原荒漠	66061	51845	874.05	349.62	44892.00	18126.05	365	4	12415
高寒草甸	289411	283883	2574.66	1596.29	735140.40	453159.03	365	4	310383
低地草甸	89216	85283	2726.38	1417.72	230712.00	120907.07	365	4	82813
合计	3339746	3056976	1663.27	848.27	5053167.60	2593142.02	365	4	1776125

克州地区施行季节放牧,按各县的不同可分为冬春场、夏秋场、夏场、秋场和冬春秋场,以市(县)为单位各个季节牧场的载畜量如表2所示,其中载畜量最小的季节牧场即为关键场,其载畜量为关键场载畜量,再结合克州地区的实际载畜量263.19万羊单位,可知超载率为48.18%,按照关键场理论,关键场载畜量为113.71万羊单位,克州实际超载率为

131.45%,远远高于理论超载率。

#### 4 讨论与结论

草地地上生物量的监测是草地资源动态监测的重要内容,也是草畜平衡综合分析的基础,指数函数可以较好地模拟北疆地区草地地上生物量鲜质量与MODIS/NDVI之间的相关关系,拟合模型为 $y=140.64e^{0.0205x}$ 。

表2 2005年克州地区各市(县)季节牧场理论载畜量和关键场载畜量

市(县) 名称	理论 载畜量	夏场 载畜量	夏秋场 载畜量	秋场 载畜量	冬春场 载畜量	冬春秋场 载畜量	关键场 载畜量
乌恰	43.67	48.75				32.54	32.54
阿合奇	52.42	56.50		16.51	42.35		16.51
阿克陶	43.20		51.23		35.73		35.73
阿图什	38.33	28.93		37.37	41.71		28.93
合计	177.61	134.18	51.23	53.89	119.79	32.54	113.71

克州天然草地以面积论,山地荒漠、高寒草原、山地荒漠草原面积较大,分别占草地净面积的26.94%、21.27%和20.93%;从理论载畜量上讲,高寒草原、山地荒漠草原和山地荒漠载畜量较大,分别占总载畜量的23.99%、22.03%和19.95%。若以载畜能力来论以山地草甸、高寒草甸和低地草甸的载畜能力较强,分别为0.63、0.91和1.03 hm<sup>2</sup>可养1只羊。

根据草地遥感估产模型计算了2005年克州州各市县的理论产草量、理论载畜量。克州的实际载畜量为263.19万羊单位,克州理论载畜量为177.614万羊单位,超载率为48.18%,克州地区施行季节放牧,牧场按各县的不同可分为冬春场、夏秋场、夏场、秋场和冬春秋场,按照关键场理论,关键场载畜量为113.71万羊单位,克州实际超载率为131.45%,远远高于理论超载率。

本研究建立了克州地区天然草地地上生物量反演模型,并对克州地区天然草地生产力进行了评价,较为客观的反映了克州地区的草畜平衡状况,对今后深入研究该地区县级的草地生产力和草畜平衡状

况有一定的实际指导意义。

### 参考文献

- [1] 李建龙,蒋平.我国草地遥感科学发展的轨迹、内涵及展望[J].中国草地,1998(3):53-56.
- [2] 陈全功,卫亚星,梁天刚.NOAA资料在草地资源监测中的应用[J].草业科学,1994,11(1):56-60.
- [3] 陈全功,卫亚星,梁天刚.青海省达日县退化草地研究[J].草业学报,1998,7(2):58-63.
- [4] 黄敬峰,王秀珍,王人潮,等.天然草地牧草产量与气象卫星植被指数的相关分析[J].农业现代化研究,2000,21(1):33-36.
- [5] 崔恒心.克孜勒苏草地资源及其开发利用[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1998:1-4.
- [6] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆2006年统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2006.
- [7] 陈全功.关键场与季节放牧及草地畜牧业的可持续发展[J].草业学报,2005,14(4):29-34.
- [8] 陈全功.中国草原监测的现状与发展[J].草业科学,2008,25(2):29-38.

## Evaluation of grassland productivity in Kizilsu Kirgiz autonomous prefecture of Xinjiang

CHU Shao-lin, YUN-Jing, Asiya · Manlike, Sailike · Douman, ZHENG Feng-lin  
(Xingjiang Academy of Animal Science, Grassland Research Institute, Xinjiang Urumqi 830000, China)

**Abstract:** The grassland vegetation index (NDVI) were selected to establish the model of estimation biomass in the Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture by combing the MODIS data in July and August 2005 and the field biomass at the same time. This study established the estimating model of grassland yield through and the precision of the estimating model was good. The theoretical and Key Pasture carrying capacity were calculated by Key Pasture Theory. The result of this study showed that the theoretical and Key Pasture carrying capacity of Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture were 1 776 100 and 1 137 100 sheep units, the overgrazing rates were 48.18% and 131.45% respectively when compared with the actual carrying capacity of 2 631 900 sheep units.

**Key words:** grassland productivity; estimation model; carrying capacity; key pasture