



# 呼伦贝尔草甸草原牧草产量及载畜力估算

闫瑞瑞, 杨桂霞, 张宏斌, 张保辉, 辛晓平

(农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室 呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站  
中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:**采用改进后的 CASA 模型估算 2009 年呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原生长季的牧草产量和载畜量状况, 利用 2009 年牧草生长季的地面实测样方数据对 CASA 模型进行验证。结果表明, 呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原的 NPP 值(以 C 计算)全年呈单峰变化, 7 月份达到最大, 为 71.92 g/m<sup>2</sup>。NPP 值的年内变化与草原植被的返青期—生长期—衰退期相对应。估算的牧草产量值与地面实测值无显著性差异, 且季节变化与地面样方实测值的变化趋势基本相一致, 牧草产量的模拟精度达到 94.05%。群落生长各阶段的总盖度、牧草高度与牧草产量之间均存在显著正相关关系。根据 2009 年谢尔塔拉牧场草甸草原的产量估测结果, 适宜载畜量应为 7 562.40 牛单位, 但实际载畜量大于适宜载畜量, 超载率达 13.37%。

**关键词:**呼伦贝尔; 谢尔塔拉草甸草原; CASA 模型; 牧草产量; 载畜力

**中图分类号:** S812.8      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-0629(2010)12-0140-08

\*<sup>1</sup> 呼伦贝尔草原是欧亚大陆草原的重要组成部分, 是发展畜牧业的物质基础, 蕴藏着丰富的饲料资源, 但由于放牧压力日益增加, 大面积草地退化, 生产力下降, 草畜矛盾加剧。进行草地资源现状评估及牧草产量和载畜力的区域估算, 对当地政府有关部门引导牧民合理放牧及草地资源的可持续利用具有重要意义<sup>[1]</sup>。

草原牧草产量是维护草原生态系统的物质基础, 准确及时获取牧草产量能够及时、合理、高效地评价利用和保护草地资源。近年来, 国内外学者在利用卫星遥感进行牧草产量估测方面进行了大量的研究<sup>[2-11]</sup>。如 Thornley 和 Cannell<sup>[3]</sup> 利用模拟模型估算牧草产量。李刚等<sup>[9]</sup> 将改进的 CASA 模型在内蒙古草地生产力估算中进行了应用, 并利用地面实测样方数据对改进后的模型进行验证, 结果表明利用改进后的 CASA 模型模拟的 NPP 值与地面实测值基本一致。

通过 NPP 反映草地在自然环境条件下的生产能力, 是评价草地生态系统健康的重要因子, 也是确定草地载畜量的重要参数。最近几年关于在牧草产量遥感反演的基础上进行载畜量估测的研究也逐渐增多<sup>[12-19]</sup>, 如陈世荣等<sup>[12]</sup> 利用基于 NPP

的遥感评估法计算了 2001 年中国草地生产力各指标, 包括干草总产量、理论载畜量。青海省等地在牧草产量遥感反演、载畜量估测等方面也做了大量工作<sup>[13-15, 18-20]</sup>。本研究以呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原为研究区域, 分析草地资源现状, 利用修改后的 CASA 模型估算 NPP, 并与地面实测值进行比较分析, 在此基础上进一步测算该地区适宜载畜量, 为合理保护草原、维持草地生态系统的平衡, 促进生态畜牧业可持续发展提供理论依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区自然概况

研究区域位于中国农业科学院呼伦贝尔草原生态系统国家野外科学观测研究站附近内蒙古自治区呼伦贝尔市谢尔塔拉牧场(49°19' N, 120°03' E, 海拔 628 m)(图 1)。属于温带半干旱大陆性气候, 年均气温 -5 ~ -2 °C, 年平均降水量 350 ~ 400 mm, 主要集中在 7 ~

收稿日期: 2010-08-04

基金项目: 呼伦贝尔草原牧草产量的遥感估算与载畜能力研究(RDA0911); 现代农业产业技术体系建设专项资金; 公益性行业科研专项(200903060)

作者简介: 闫瑞瑞(1979-), 女, 内蒙古丰镇人, 博士, 从事草地放牧管理、草地生态、草畜平衡方面的研究。E-mail: yanrui19790108@163.com

通信作者: 辛晓平 E-mail: xinxp@sina.com

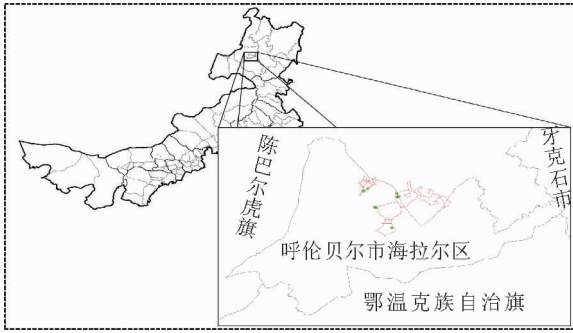


图1 研究区样点分布图

9月,最高和最低气温分别为36.17和-48.5℃;≥10℃年积温1580~1800℃·d,无霜期110d左右。2009年年均气温-1℃,年均降水量368mm(图2),平均风速16m/d,1和7月最高、最低气温分别为25.1、14.2和-21.2、-29.4℃。地形为波状起伏的高平原,植被以中旱生植物为主体,代表性植被类型为温带草甸草原。该类草地包括3个亚类,即平原、丘陵温性草甸草原,山地温性草甸草原和沙地温性草甸草原。草群高度一般20~60cm,盖度50%~80%,种的饱和度约为20种/m<sup>2</sup>,优势植物主要有贝加尔针茅(*Stipa bicalensis*)、羊草(*Leymus chinensis*)、日荫菅(*Carex pediformis*)、线叶菊(*Filifolium sibiricum*)等。土壤为黑钙土和暗栗钙土。

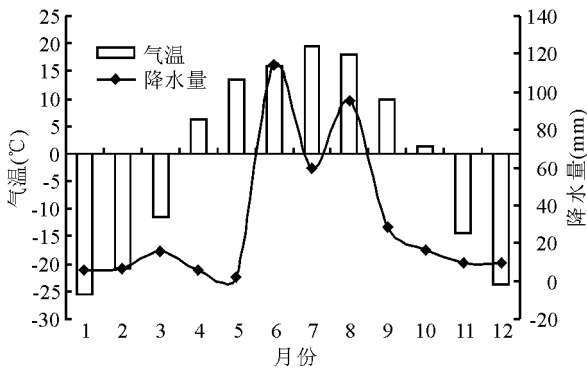


图2 2009年呼伦贝尔谢尔塔拉牧场月平均温度和降水量

## 1.2 研究方法

**1.2.1 NPP估算模型** 本研究采用国际上广泛应用的光能利用率模型——CASA模型的PAR和FPAR参数的计算进行改进后的CASA模型,

对内蒙古呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原生长季的生产力进行模拟。利用牧草生长季节地面数据进行估算验证。

CASA模型的改进<sup>[8]</sup>:

(1)CASA模型

CASA模型计算NPP的方法如下:

$$NPP(x,t) = PAR(x,t) \times FPAR(x,t) \times \epsilon(x,t) \quad (1)$$

式中, $NPP(x,t)$ 为 $x$ 处 $t$ 月植被的净初级生产力; $PAR(x,t)$ 为 $x$ 处 $t$ 月照射到地表的光合有效辐射; $FPAR(x,t)$ 为 $x$ 处 $t$ 月植被截取光合有效辐射的比率; $\epsilon(x,t)$ 为 $x$ 处 $t$ 月植被的光能利用效率,即植被将光能转化为有机质的能力。

(2)CASA模型算法改进:

PAR算法的改进

$$I_{pp} = \begin{cases} I_{ap} \times [1 - (R^* - 0.05) / 0.90] & R^* < 0.5 \\ I_{pp} \times (1 - R^*) & R^* \geq 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

式中, $I_{ap}$ 为实际照射到地表的光合有效辐射,也是CASA模型中需输入的PAR; $I_{pp}$ 为晴朗天气下照射到地表的光合有效辐射,即潜在光合有效辐射; $R^*$ 为TOMS在370nm处的紫外反射。

FPAR算法的改进:

$$FPAR = \begin{cases} 0 & NDVI \leq 0.075 \\ \min\{1.1613 \times NDVI - 0.0439, 0.9\} & NDVI > 0.075 \end{cases} \quad (3)$$

改进后CASA模型应用:

本研究利用改进后的CASA模型计算2009年内蒙古呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原牧草生长季的NPP,并利用2009年的地面数据对模拟的结果进行验证。

**1.2.2 地面调查** 选择谢尔塔拉牧场的3个主要草甸草原类型,即羊草+杂类草草甸草原、贝加尔针茅草甸草原、羊草+中生性杂类草草甸草原,土壤质地均为暗栗钙土。在每一草甸草原类型内选择2种不同利用方式的草地,分别在样地内随机设置样方,样方面积为1m×1m,5次重复,记录样地基本情况、主要植被种类,用GPS测定样方地理位置、海拔高度,测量植被高度、盖度、生物量,并取1kg土壤带回室内进行分析(表1)。实地测量数据均在青草期测定的,即在6月中旬—9月中旬对选定样地进行实地测量获得。

表 1 典型样地基本情况

草地类型	样地 编号	群落 盖度	地理位置	海拔 (m)	主要植物
羊草+杂 类草甸 草原亚类	1	35%	120°01.629' E 49°22.327' N	624	羊草、贝加尔针茅、日荫菅、蓬子菜( <i>Galium veru</i> )、狭叶柴胡( <i>Bupleurum scorzoneri folium</i> )、线叶菊、寸草苔( <i>C. duriuscula</i> )
	2	71%	120°01.731' E 49°22.442' N	619	羊草、贝加尔针茅、日荫菅、蓬子菜、狭叶柴胡
贝加尔针 茅草甸 原亚类	1	48%	120°07.105' E 49°20.884' N	666	贝加尔针茅、羊草、日荫菅、糙隐子草( <i>Cleistogenes squarrosa</i> )、 菘草( <i>Koeleria cristata</i> )、扁蓄豆( <i>Melissitus ruthenicus</i> )、线叶菊
	2	75%	120°07.261' E 49°21.152' N	662	贝加尔针茅、羊草、日荫菅、糙隐子草、多裂叶荆芥( <i>Schizonepe- ta multifida</i> )、扁蓄豆、细叶白头翁( <i>Pulsatilla turczaninovii</i> )
羊草+中 生性杂类 草甸 原亚类	1	55%	120°02.901' E 49°19.825' N	627	羊草、贝加尔针茅、日荫菅、蓬子菜、展枝唐松草( <i>Thalictrum squarrosus</i> )、寸草苔
	2	64%	120°03.278' E 49°19.645' N	630	羊草、贝加尔针茅、日荫菅、蓬子菜、展枝唐松草、细叶白头翁、 细裂叶蒿( <i>Artemisia tanacetifolia</i> )

**1.2.3 载畜率估算** 本研究采用 1 头 500 kg 非泌乳奶牛为 1 个标准家畜单位。根据天然草地合理载畜量的计算标准<sup>[21]</sup>,当年幼畜 3:1 折为成年畜,2 龄大牲畜以 3:2 折为成年畜。当地 1 标准家畜肉牛单位饲草消耗量干物质约为 8 kg/d。草地载畜量的衡量指标是载畜率,本研究估算载畜率用最简便的方法,即草地单位面积产草量和家畜日食量比值法<sup>[5]</sup>,其估算公式为:

$$\text{草地单位理论载畜率} = \frac{\text{草地单位面积牧草产量}(\text{kg}/\text{hm}^2) \times \text{牧草利用率}(\%)}{1 \text{ 标准家畜的日食量}(\text{kg}/\text{d}) \times 365 \text{ d}}$$

**1.2.4 数据处理** 应用 Excel 2003 和 SAS 9.0 统计软件,对所得模拟实测的牧草产量数据进行比较分析,当  $P < 0.05$  时差异显著。

## 2 结果与分析

**2.1 NPP 季节动态变化** 运用 CASA 模型计算得到 2009 年呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原的 NPP(以 C 计)分为 6 个等级,从小到大依次赋予由浅入深的绿色(图 3),分析各月计算结果可以了解到草原 NPP 的时空变化。时间上,2009 年 4 月到 10 月的 NPP,自 4、5 月开始,牧草生长缓慢,NPP 分别为 36.54 和 34.41 g/m<sup>2</sup>;6 月大部分草类由返青期进入生长期,返青期开始迅速生长,随

着温度的升高,降水量的增加,NPP 显著增加,达到 42.01 g/m<sup>2</sup>;7 月份,雨热同期,草地生长旺盛,NPP 达到最大,为 71.92 g/m<sup>2</sup>;8 月份,随着积温增加,草地蒸散量增大,土壤水分减少,对植被生长形成限制,NPP 又逐渐降低为 63.53 g/m<sup>2</sup>;8 月下旬—9 月,温度开始降低,草类成熟,部分枯黄,NPP 继续下降为 52.15 g/m<sup>2</sup>;9 月下旬—10 月牧草几乎彻底枯黄,由图 3 可以看出,NPP 在 10 月下降为 30.31 g/m<sup>2</sup>。草原 NPP 年内变化与草原植被的返青期—生长期—衰退期紧密相对应。

## 2.2 模拟牧草产量与实测牧草产量关系

利用 CASA 模型模拟出呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原 NPP,通过 GIS 软件获得地面样方(GPS 点)对应的牧草产量模拟值。碳量到干生物量的换算根据周寿荣<sup>[22]</sup>“草地生物体中 45%~50%的干物质由碳素组成”的经验进行,本研究以 45%求得各种草甸草原类型的模拟与实测平均值。从图 4 可以看出,不同草地类型模拟计算得到的牧草产量与样方实测牧草产量的变化趋势基本相一致,均呈现单峰曲线。羊草+杂类草甸草原 6—9 月模拟值分别为 83.90、165.29、175.17 和 106.33 g/m<sup>2</sup>,实测值分别为 75.76、134.51、170.76 和 111.65

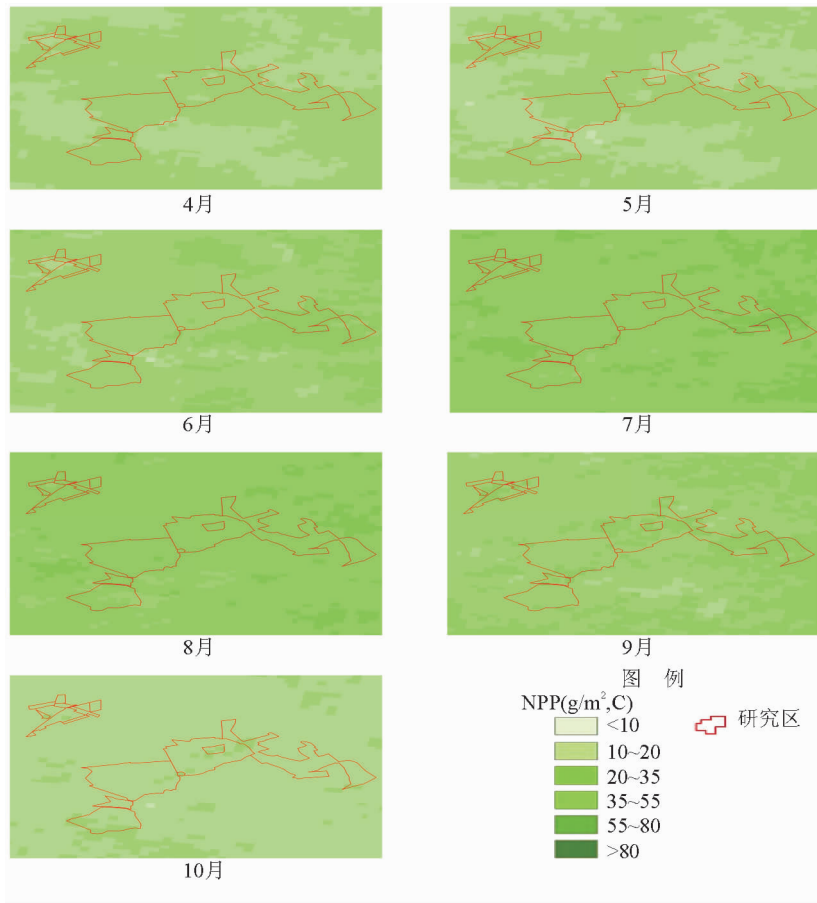


图3 2009年4—10月谢尔塔拉草甸草原NPP的动态监测

$\text{g}/\text{m}^2$ , 相对误差介于 2.58%~22.88%, 平均误差为 10.24%, 模拟值与实测值的峰值均出现在 8 月份, 分别为 175.17 与 170.76  $\text{g}/\text{m}^2$ 。贝加尔针茅草甸草原 6—9 月模拟值分别为 99.98、161.69、127.98 和 123.67  $\text{g}/\text{m}^2$ , 实测值分别为 91.33、159.28、131.47 和 129.12  $\text{g}/\text{m}^2$ , 相对误差介于 1.52%~9.47%, 平均误差为 4.47%; 羊草+中生性杂类草甸草原 6—9 月模拟值分别为 100.41、157.29、141.06 和 124.89  $\text{g}/\text{m}^2$ , 实测值分别为 103.00、148.76、138.33 和 119.88  $\text{g}/\text{m}^2$ , 相对误差介于 1.97%~15.92%, 平均误差为 6.54%; 贝加尔针茅草甸草原与羊草+中生性杂类草甸草原模拟和实测高峰期均出现在 7 月。谢尔塔拉草甸草原牧草产量估测值平均变化范围为 94.76~161.42  $\text{g}/\text{m}^2$ , 实测值平均变化范围为 90.03~147.52  $\text{g}/\text{m}^2$ , 相对误差介于 0.83%~9.43%, 平

均误差为 5.95%, 模拟值与实测值高峰也出现在 7 月, 且分别为 161.42、147.52  $\text{g}/\text{m}^2$ 。经方差分析, 不同草地类型在不同月份牧草产量估算值与实测值之间均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。利用 CASA 模型模拟的 NPP 值在羊草+杂类草甸草原、贝加尔针茅草甸草原和羊草+中生性杂类草甸草原模拟精度分别达 89.96%、95.53% 和 93.46%, 谢尔塔拉草甸草原的平均模拟精度达到 94.05%。

**2.3 不同草甸草原类型几个生物特性参数的对比** 为了进一步验证上述结果, 采用实地观测资料, 对比分析谢尔塔拉不同草甸草原植被总盖度、平均高度以及地上鲜草产量的季节变化状况(图 5)。在选定的区域内, 羊草+杂类草甸草原、贝加尔针茅草甸草原、羊草+中生性杂类草甸草原鲜草产量季节变化趋势相同, 呈现单

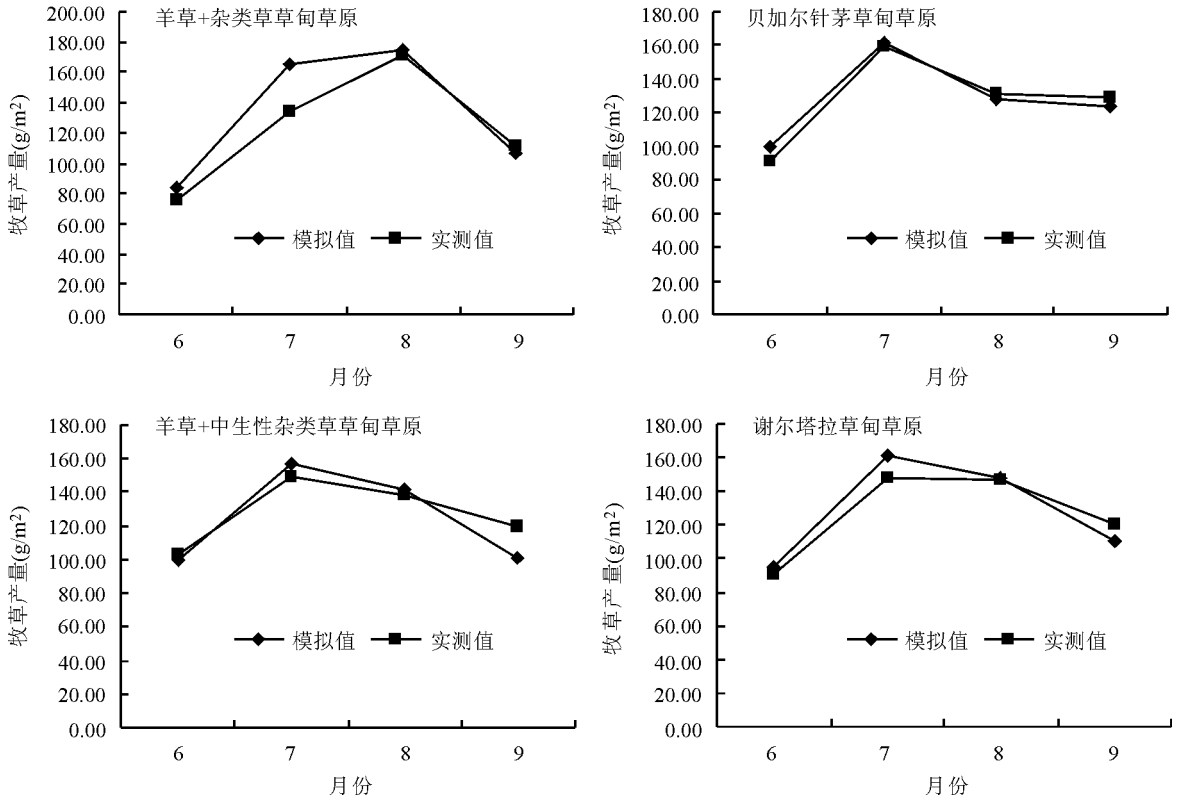


图4 牧草产量估算值与实测值比较

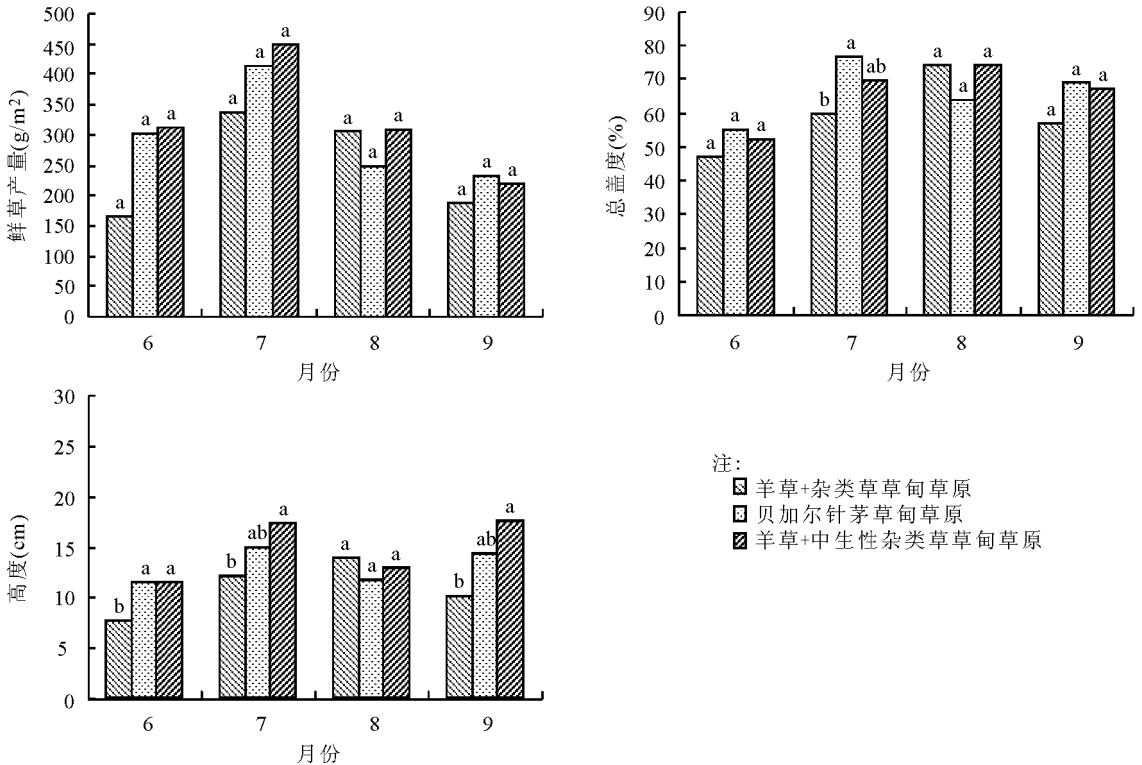


图5 谢尔塔拉草甸草原不同植被类型鲜草产量、总盖度和植株平均高度的对比

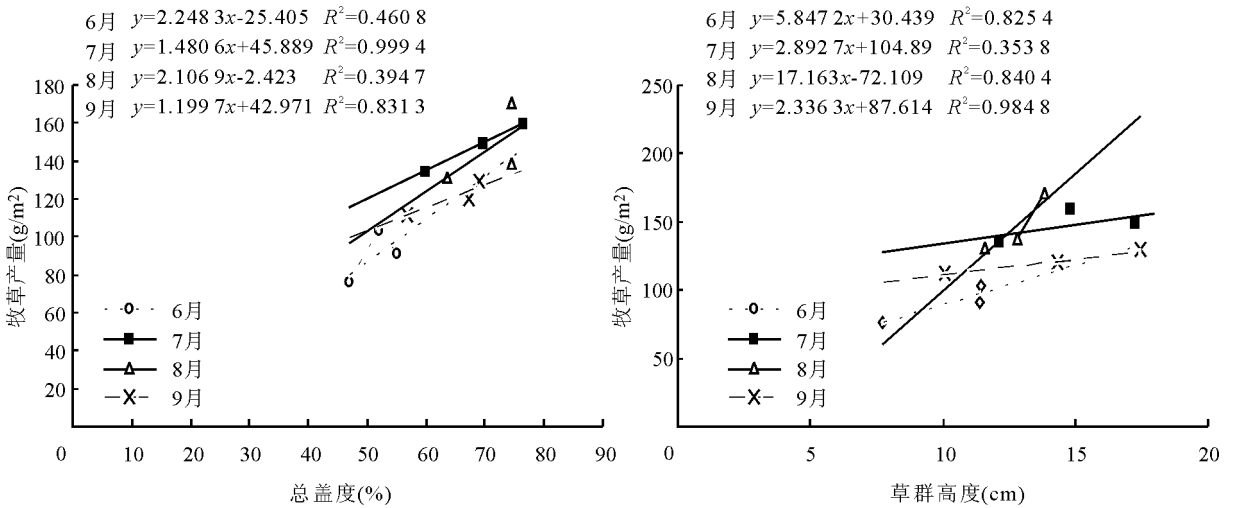


图6 不同生长阶段谢尔塔拉草甸草原牧草产量与总盖度、牧草高度的相关性

峰曲线,7月份牧草鲜草产量达到最高,分别为338.25、415.05和450.06 g/m<sup>2</sup>。6、7、9月份贝加尔针茅草甸草原和羊草+中生性杂类草草甸草原牧草产量高于羊草+杂类草草甸草原,8月份羊草+杂类草草甸草原和羊草+中生性杂类草草甸草原牧草产量高于贝加尔针茅草甸草原,但经方差分析,不同草地类型的牧草鲜草产量不同月份均无显著性差异( $P>0.05$ )。牧草盖度是衡量群落功能的重要指标,高度是影响牧草产量的主要因素之一,将牧草鲜草产量与牧草总盖度、平均高度分别进行对比,发现不同牧草鲜草产量差别与总盖度的分布有很大的一致性,7月份贝加尔针茅草甸草原、羊草+中生性杂类草草甸草原总盖度显著高于羊草+杂类草草甸草原( $P<0.05$ ),其他月份不同草地类型均无显著性差异( $P>0.05$ );牧草平均高度6、7、9月份羊草+中生性杂类草草甸草原显著高于羊草+杂类草草甸草原( $P<0.05$ )。

总盖度、牧草高度与牧草产量在各地段变化趋势类似,群落生长各阶段总盖度、牧草高度与牧草产量之间均存在显著正相关关系(图6)。7月牧草盖度与其产量相关度均达到极显著水平( $R^2=0.9994, P<0.01$ )。9月牧草高度与牧草产量间具有极显著的相关性( $R^2=0.9848, P<$

0.01)。并且牧草高度、盖度和鲜草产量7、8月份达到了全生长期的最高值。因此,可以在月度牧草产量估算的基础上,求取牧草季节最大产量,即为年度最大产量,进而通过该区域年最高牧草产量以及标准牛单位需草量等估算草地年最高载畜力。

**2.4 草地载畜力估测** 天然草地是传统畜牧业赖以生存和发展的载体。随着社会发展,超载导致的草场退化问题尤为突出。因此,对天然草地载畜力进行估算可为畜牧业可持续发展提供理论依据。草地的合理载畜量,是指在一定的草地面积和一定的利用时间内,在适度放牧(或割草)利用并维护草地可持续生产的条件下,满足承养家畜正常生长、繁殖、生产畜产品的需要所能承养的家畜头数和时间。合理载畜量又称理论载畜量。

在进行理论载畜量估算时,考虑到草地可持续利用的需要,温带草甸放牧地的利用率为50%~60%,割草地的利用率为75%,本研究取温带草甸草原草地可利用率平均为70%;当地1标准家畜单位饲草消耗量约为8 kg/d。经计算,2009年谢尔塔拉草甸草原平均理论载畜率为0.3066牛单位/hm<sup>2</sup>。本区域划分季节放牧地和割草地,草地面积约24666.67 hm<sup>2</sup>,可以估算

2009年谢尔塔拉草甸草原适宜载畜量为7 562.40牛单位。经调查,2009年6月实际载畜量达8 573.33牛单位,超载率达13.37%。

### 3 讨论与结论

天然牧草产量的测定分以样地的实地测定和利用模型进行估测2个方面,实地测定已在不同草原类型做了大量工作,本研究利用改进后的CASA模型估算2009年牧草生长季呼伦贝尔谢尔塔拉草甸草原的NPP值。自5月开始,随月份增加,NPP依次增加,到7月份达到最大,然后又渐渐降低,草原NPP年内变化与草原植被的返青期一生长期一衰退期相对应,这与石瑞香等<sup>[23]</sup>的研究结果相一致。

CASA模型是针对北美地区植被而建立的净第一性生产力NPP模型,朴世龙等<sup>[4]</sup>研究了CASA模型不足之处,认为CASA模型虽然充分考虑了环境条件和植被本身特征,但在一些参数的确定和求算过程的细节上仍有一些不足。李刚等<sup>[9]</sup>针对模型修改了模型参数(PAR,FPAR),使之成为适合草地估算的模型。本研究将CASA模型模拟结果与实际调查结果对比,2009年牧草生长季谢尔塔拉草甸草原牧草产量模拟值与实测值变化趋势基本相一致,且相对误差介于0.83%~9.43%,平均误差为5.95%,牧草产量的模拟精度达到94.05%,这与李刚等<sup>[9]</sup>研究未退化的草甸草原和典型草原的模拟精度为90%以上的结果相吻合;这一结果表明,改进后的CASA模型在模拟不同尺度草甸草原草地生产力精度均有了较大提高。

谢尔塔拉不同草甸草原植被类型的植被总盖度、平均高度以及地上生物量鲜草产量的季节变化呈现单峰曲线,牧草高度、盖度和鲜草产量7、8月份达到了全生长期的最高值,群落生长各阶段总盖度、牧草高度与牧草产量之间均存在显著正相关关系,这与周丽艳等<sup>[24]</sup>研究不同时期贝加尔针茅草原草群高度与地上生物量、群落总盖度存在极显著的相关性相一致。

不同区域草地年最高载畜力估算,受着多种

因素的影响,如放牧时间、草地面积、牧草长势、可利用程度等。本研究根据区域年最高产草总量以及标准牛单位需草量等估测载畜量<sup>[17]</sup>。经计算测得2009年谢尔塔拉草甸草原平均理论载畜率为0.3066牛单位/hm<sup>2</sup>,适宜载畜量为7 562.40牛单位,超载率达13.37%。研究结果为合理利用草地资源,科学调度以实现草畜平衡,促进畜牧业健康发展和生态环境保护提供了依据和参考。

### 参考文献

- [1] 葛少芸. 落实“草畜平衡制度”发挥草原生态服务功能——以甘肃甘南黄河重要水源补给生态功能区为例[J]. 草业科学, 2010, 27(6): 71-76.
- [2] Matsushita B, Tamura M. Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81: 58-66.
- [3] Thornley J H M, Cannell M G R. Temperate grassland responses to climate change: an analysis using the Hurley pasture model[J]. Annals of Botany, 1997, 80: 205-221.
- [4] 朴世龙, 方精云, 郭庆华. 利用CASA模型估算我国植被净第一性生产力[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 603-608.
- [5] 金丽芳, 刘大平. 内蒙古达里诺尔地区草场产草量的遥感估算与监测[J]. 草业科学, 1989, 6(2): 13-17.
- [6] 李贵才. 基于MODIS数据和光能利用率模型的中国陆地净初级生产力估算研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2004.
- [7] 徐丹. 基于CASA修正模型的中国植被净初级生产力研究[D]. 北京: 北京师范大学, 2004.
- [8] 姜立鹏, 覃志豪, 谢雯, 等. 基于MODIS数据的草地净初级生产力模型探讨[J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 72-76.
- [9] 李刚, 辛晓平, 王道龙, 等. 改进CASA模型在内蒙古草地生产力估算中的应用[J]. 生态学杂志, 2007, 26(12): 2100-2106.
- [10] 杜自强, 王建, 沈宇丹. 山丹县草地地上生物量遥感估算模型[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(4): 338-343.
- [11] 刘爱军, 韩建国. 天然草原生育期遥感估测方法研

- 究——以锡林郭勒盟草原为例[J]. 草业科学, 2007, 24(7): 1-5.
- [12] 陈世荣, 王世新, 周艺. 基于遥感的中国草地生产力初步计算[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 208-212.
- [13] 杨文义, 王英舜, 贺俊杰. 利用遥感信息建立草原冷季载畜量计算模型的研究[J]. 中国农业气象, 2001, 22(1): 39-42.
- [14] 刘爱军, 韩建国, 邢旗, 等. 基于 MODIS-NDVI 的草地遥感估产模型研究——以锡林郭勒草原为例[J]. 草业科学, 2004, 22(增刊): 123-129.
- [15] 杨正礼, 杨改河. 中国高寒草地生产能力与载畜量研究[J]. 资源科学, 2000, 22(4): 72-77.
- [16] 周咏梅, 王江山. 青海省草地资源卫星遥感监测方法[J]. 应用气象学报, 1996, 7(4): 507-510.
- [17] 周咏梅. 青海省草地资源评价模型[J]. 中国农业气象, 1997, 18(1): 38-40.
- [18] 毛留喜, 侯英雨, 钱拴, 等. 牧草产量的遥感估算与载畜能力研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 147-151.
- [19] 李文娟, 马轩龙, 陈全功. 青海省海东、海北地区草地资源产量与草畜平衡现状研究[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 270-275.
- [20] 李刚, 王道龙, 辛晓平, 等. 锡林浩特市草地载畜量及草畜平衡分析[J]. 草业科学, 2009, 26(1): 87-93.
- [21] 苏大学, 孟有达, 武保国. NY/T635—2002 天然草地合理载畜量的计算[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [22] 周寿荣. 草地生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 31-84.
- [23] 石瑞香, 唐华俊, 辛晓平. 利用 CASA 模型估算我国温带草原净第一性生产力[A]. 见: 唐华俊, 周清波. 资源遥感与数字农业——3S 技术与农业应用[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2005.
- [24] 周丽艳, 王明玖, 韩国栋. 不同强度放牧对贝加尔针茅草原群落和土壤理化性质的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(7): 182-187.

### Estimation of meadow steppe yield and carrying capacity of meadow grassland in Hulunber region

YAN Rui-rui, YANG Gui-xia, ZHANG Hong-bin, ZHANG Bao-hui, XIN Xiao-ping

(Key Laboratory of Resources Remote Sensing and Digital Agriculture;

Hulunbeir Grassland Ecosystem Research Station; Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The improved CASA model was used to estimate the net primary productivity (NPP) and the carrying capacity of Xieertala meadow steppe during growing season of 2009 in Hulunber region, and then output from the improved CASA model was validated by the field survey data during growing season of 2009. The results of this study indicated that the estimated NPP of Xieertala meadow steppe in Hulunber region showed a unimodal curve throughout the year, peaking in July with 71.92 g/m<sup>2</sup> yield. NPP changes corresponded to circle of meadow steppe vegetation growth stage. The estimated NPP and actual NPP was not significantly different and they shared the similar trend in seasonal change, and the accuracy of the improved CASA model was 94.05%. The total community cover and the heights were significantly positive correlation with meadow steppe yield. The estimated yield of Xieertala meadow steppe in 2009 showed that the optimal carrying capacity was 7 562.40 cattle units and was lower than the actual carrying capacity, implying that overloading rate was about 13.37%.

**Key words:** Hulunber; Xieertala meadow grassland; CASA Model; pasture yield; livestock carrying capacity