

中国草原产草量遥感监测

徐 斌^{1,2}, 杨秀春¹, 陶伟国¹, 覃志豪¹, 刘海启², 缪建明³

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081 2. 农业部遥感应用中心, 北京 100026 3. 农业部草原监理中心, 北京 100026)

摘要 根据 MODIS 遥感数据和同期地面调查数据, 对我国 2005 年草原产草量进行了系统估算。用 MODIS 数据计算全国草原的归一化植被指数 NDVI, 针对 6 个不同类型草原区建立了 NDVI 和地面样方的产草量之间的关系模型, 用这些模型推算全国草原产草量分布。结论如下: (1) 2005 年我国草原有 3 个牧草高产中心, 分别位于东北呼伦贝尔草原、锡林浩特草原和大兴安岭西麓; 青海东部、四川西北部和甘肃中南部以及新疆西北部; (2) 2005 年全国草原干草总产量达到 29421.39 万 t, 平均单产达到 829.67 kg/hm² 干草; (3) 2005 年干草产量位列前 7 位的省区依次是内蒙古、青海、新疆、四川、西藏、黑龙江和甘肃, 例如, 内蒙古因草原面积大而成为我国第一大草原牧草生产省, 2005 年有 6037.08 万 t 干草; (4) 总产草量位于前 5 位的草地类型依次为高寒草甸类、温性草原类、低地草甸类、温性草甸草原类与山地草甸类; (5) 2005 年 8 月份全国草原产草量与 2004 年同期相比总体持平, 各草原大省的变化情况分别为: 青海、甘肃 2 省区的草产量略有增加, 青海增加了 9.02%、甘肃增加了 3.63%, 内蒙古减少约 3%, 西藏、新疆和四川 3 省区基本与 2004 年同期持平。研究结果对我国草原监理、草原畜牧业发展和草地生态系统研究具有较大的参考价值。

关键词 遥感 监测 草原 产草量 MODIS 数据

文章编号 1000-0933 (2007)02-0405-09 **中图分类号** P941.75, Q145, Q948, S812 **文献标识码** A

Remote sensing monitoring upon the grass production in China

XU Bin^{1,2}, YANG Xiu-Chun¹, TAO Wei-Guo¹, QIN Zhi-Hao¹, LIU Hai-Qi², MIAO Jian-Ming³

1 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

2 The Center of Remote Sensing Application, MOA, China, Beijing 100026, China

3 The Center of Supervision Management of Grassland, MOA, China, Beijing 100026, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (2): 405 ~ 413.

Abstract : Using MODIS remote sensing data and ground truth data, we conducted a thorough investigation to the productivity of grasslands in China for the year 2005. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was first computed from the MODIS data. Then the data from the NDVI images were used to correlate to the grass yield data from the ground sampling campaigns. Six regional models were accordingly established from the correlation for estimation of grass production in the six main types of steppes in China. The main results from the estimation could be summarized as follows :

(1) High grass productivity in 2005 was obtained in the following 3 regions : the grassland covering Hulunbuir, Xilinhaote, and the western Daxing'anling, the region including the eastern Qinghai, the northwestern Sichuan and the mid-southern Gansu, and the northwestern Xinjiang region. (2) Total hay output of the grasslands in China amounted to 294213.9

基金项目 国家科技部 863 资助项目 (2006AA10Z242) **国家农业部草原遥感监测资助项目**

收稿日期 2006-02-12 ; **修订日期** 2006-09-15

作者简介 徐斌 (1957 ~), 男, 陕西三原人, 博士, 研究员, 主要从事草原遥感研究. E-mail : xubin@mail.caas.net.cn

致谢 本文得到了农业部遥感应用中心、农业部草原监理中心以及 17 个省份相关草原部门的指导与大力帮助, 郭守平、袁平和黄治平协助整理文中数据, 在此一并致谢!

Foundation item This work was financially supported by Ministry of Science and Technology 863 Project, China (No. 2006AA10Z242) and Ministry of Agriculture Remote Sensing Monitoring of Grassland Project, China

Received date 2006-02-12 ; **Accepted date** 2006-09-15

Biography XU Bin, Ph. D., Professor, mainly engaged in remote sensing of grassland. E-mail : xubin@mail.caas.net.cn

thousand tons in 2005, with an average yield of 829.67 kg/hm². ⑤) The following seven provinces were the largest grass producers in China: Inner Mongolia, Qinghai, Xinjiang, Sichuan, Tibet, Heilongjiang and Gansu. For example, Inner Mongolia produced 60370.82 thousand tons of hay in 2005, hence became the no. 1 grass producer of China. ④) Among the steppes types, the following five had the largest grass production: Alpine meadow, Temperate steppe, Low-land meadow, Temperate meadow steppe and Montane meadow, with total production accounting for 62.2% of China. ⑥) Grass production of the entire China in August 2005 remained at the same level as that in August 2004. However, the situations of major grassland provinces were different: grass production in both Qinghai and Gansu in 2005 increased 9.02% and 3.63% respectively when compared with that in 2004. The grass production in Inner Mongolia decreased 3%, while the production in Tibet, Xinjiang and Sichuan remains unchanged when compared to that in 2004. These results were very important for grassland administration, pasture grazing and grassland ecosystem studies in China.

Key Words: Remote Sensing; monitoring; grassland; grass production; MODIS Data

草原初级生产力是维持草原生态系统的物质基础,是草原上各种动物赖以生存的基本条件。草原初级生产力积累形式主要表现为产草量^[1],草原产草量的高低是发展草原畜牧业的基础,也是诊断草原健康状况的重要指标。草原产草量的监测是草原资源合理利用和载畜平衡监测的重要依据^[2,3]。产草量的测定方法主要有直接收获法、产量模拟模型和遥感模型等方法^[4,5]。直接收获法是在草群生长发育最旺盛、产量最高的时候进行测产^[6],草本产量是齐地面剪割所获得的产草量,该方法的优点在于小区域上测产准确,缺点在于测点控制面窄,测产周期长,耗时费力。产量模拟模型法充分兼顾了气候、土壤和技术等条件因素,需要连续和详细的数据,优点在于估产精度较高,缺点在于大尺度区域上的数据难以获取,由此导致在宏观尺度上的应用受到很大限制^[7]。遥感测产模型法是随着现代遥感技术的发展、遥感数据时空分辨率的逐渐增加而发展起来的。利用遥感数据进行草原测产的方法和模型发展较快,渐趋成熟。利用遥感手段监测草原产草量的缺点虽然在于从遥感数据获取到草原产草量的计算过程中,存在多种不确定性因素^[8],由此导致测产精度受到一定限制,但是利用遥感手段监测草原产草量的最大优点则主要表现在宏观、快速、省力、省时,可为草原管理与决策提供快速、及时的草原信息。同时,在进行草原产草量监测过程中,如能将遥感数据与大量草地地面调查数据相结合,则可以大大提高遥感监测的精度^[9~12]。本文在使用 MODIS 数据的基础上,进一步结合我国农业部草原监理中心 2005 年组织的大规模野外调查所获得的大量地面调查产草量数据,对我国草原产草量进行了遥感监测研究。

1 研究方法

1.1 监测方法与技术流程

MODIS 数据由于其近实时更新、免费的显著特点,目前在各类遥感监测中得到了广泛应用。本文选用 2005 年 7 月~8 月的 1KM 分辨率的 MODIS 数据。第一步,分日计算归一化植被指数 NDVI,进行旬、月的最大值合成,经几何校正、拼接后得到全国的 NDVI 分布图。第二步,根据地面样点的采样时间和经纬度信息,在对应时间段的 NDVI 分布图中利用 GIS 技术提取每个采样点 1km 范围内的 NDVI 均值,一般为 3~4 个像元的平均值。第三步,在建立 NDVI 与对应草原样方鲜草重量数据库的基础上,分区域建立 NDVI 与地面产草量之间的回归方程,即监测模型。

2005 年 7 月初~9 月初,农业部草原监理中心组织河北、山西、陕西、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、甘肃、宁夏、新疆、青海、西藏、四川、重庆、云南、贵州和广西 17 个主要草原省区的草原管理部门共采集草原样地和样方 8000 余个。考虑到样方在空间分布和草原类型上的代表性,在剔除经纬度缺失和产草量缺失数据点的基础上,对剩余样方数据进行了标准化处理,经过整理后可使用的样方数据 2790 个。大量的地面产草量调查数据,可为我国草原产草量遥感监测模型的建立和监测精度的提高提供重要和直接的保障。

1.2 建立分区域模型

我国地域广阔,草原类型多样,如果全国采用同一模型,很难反映草原类型的内在差异。因此,在气候、草原类型等客观差异的基础上,将全国共划分六大区域分别建立草原产草量遥感监测模型(表1)。

表1中的六大区域,每个区域随机抽取部分地面样方产草量数据作为模型精度检验样方,其它样方产草量数据与采集的对应NDVI数据应用于回归模型的建立。本文分别建立了3种模型以进行对比优选:一元线性模型、幂函数模型和指数函数模型。表2中所有模型均可通过 F 显著性检验,表明产草量鲜重和NDVI之间具有显著相关关系。

表1 草原产草量建模区域的划分*

Table 1 Division of the grassland for model establishment		
六大区域* Six regions	包括的省区 Provinces	
I区:东北温带半湿润草甸草原区 Northeast temperate semi-humid meadow Steppe Region	黑龙江、辽宁、吉林和内蒙古东部 Heilongjiang, Liaoning, Jilin and east part of Inner Mongolia	
II区:蒙甘宁温带半干旱草原和荒漠草原区 Inner Mongolia-Gansu-Ningxia temperate semi-arid steppe and desert steppe region	内蒙古大部、甘肃和宁夏 Main part of Inner-Mongolia, Gansu and Ningxia	
III区:华北暖温带半湿润、半干旱暖性灌丛区 North China Warm Temperate Semi-humid, Semi-arid warm temperate shrub herbosa region	河北、山西和陕西 Hebei, Shanxi and Shaanxi	
IV区:西南亚热带湿润热性灌草丛区 South west wubtropical humid tropical shrub herbosa region	四川大部、重庆、云南、贵州和广西 Most part of Sichuan, Chongqing, Yunnan, Guizhou and Guangxi	
V区:新疆温带、暖温带干旱荒漠和山地草原区 Xinjiang Temperate, Warm temperate arid desert and montane steppe region	新疆 Xinjiang	
VI区:青藏高原高寒草原区 Qinghai-Tibet Plateau alpine steppe region	青海、西藏和四川阿坝州 Qinghai, Tibet and Abazhou (Sichuan)	

* 下同 the same below

表2 六大区域样方鲜草产量和NDVI关系表

Table 2 Statistical model between fresh grass yield and NDVI for the 6 regions					
六大区域 Six regions	模型类型 Modeling types	相关系数 Relation coefficient	F 值 F significant value	样本数 Numbers	
I区	一元线性 Unitary linear	$Y = 11611.31 \text{ NDVI} - 2563.8$	0.621	186.54	299
	幂函数 Power	$Y = 9335.68 \text{ NDVI}^{1.744}$	0.640	206.69	
	指数函数 Exponential	$Y = 385.362 e^{3.813\text{NDVI}}$	0.651	218.37	
II区	一元线性 Unitary linear	$Y = 6381.86\text{NDVI} - 521.52$	0.748	434.33	342
	幂函数 Power	$Y = 4714.38 \text{ NDVI}^{1.2779}$	0.670	278.21	
	指数函数 Exponential	$Y = 193.585 e^{4.9841\text{NDVI}}$	0.669	322.51	
III区	一元线性 Unitary linear	$Y = 19013 \text{ NDVI} - 4161.6$	0.699	203.00	214
	幂函数 Power	$Y = 18377 \text{ NDVI}^{2.0233}$	0.784	338.37	
	指数函数 Exponential	$Y = 408.4 e^{4.6788\text{NDVI}}$	0.778	326.15	
IV区	一元线性 Unitary linear	$Y = 22913 \text{ NDVI} - 8031.5$	0.499	107.96	327
	幂函数 Power	$Y = 21399 \text{ NDVI}^{3.0498}$	0.616	198.51	
	指数函数 Exponential	$Y = 159.8 e^{5.4984\text{NDVI}}$	0.612	193.96	
V区	一元线性 Unitary linear	$Y = 9566.8 \text{ NDVI} - 764.87$	0.672	161.42	198
	幂函数 Power	$Y = 5913.6 \text{ NDVI}^{1.0761}$	0.702	190.56	
	指数函数 Exponential	$Y = 409.91 e^{3.9099\text{NDVI}}$	0.718	208.33	
VI区	一元线性 Unitary linear	$Y = 14259 \text{ NDVI} - 4383.3$	0.653	199.51	272
	幂函数 Power	$Y = 10698 \text{ NDVI}^{2.192}$	0.741	327.31	
	指数函数 Exponential	$Y = 225.42 e^{4.4368\text{NDVI}}$	0.753	352.80	

1.3 模型精度的检验

文中主要采用平均相对误差和平均绝对误差这两个指标来评价模型精度。计算公式如下：

$$RMSS = \sqrt{\frac{\sum (\text{Y}_i - \text{Y}'_i)^2}{N}}$$
 (1)

$$REE = \sqrt{\frac{\sum [(\text{Y}_i - \text{Y}'_i)/\text{Y}'_i]^2}{N}}$$
 (2)

式中, $RMSE$ 为平均绝对误差值, REE 为平均相对误差, Y_i 为样点实际鲜草产量, Y'_i 为模型测算所得的产草量, N 为样点数。

为了进一步验证所建立和优选出的模型的精度, 用不同区域内预留随机样方产草量作为 Y_i 样点实际鲜草产量, 空间所对应的 MODIS 数据计算出的产草量作为 Y'_i 模型测算所得的产草量, 然后用公式 (1) 和 (2) 计算误差, 评估各区域优选模型的精度 (表 3)。

六大区域的相对误差均约 20% 左右, 产草量测算精度在 80% 左右。最大测产精度为东北温带半湿润草甸草原区和西南亚热带湿润热性灌草丛区, 均达到 81%; 其次是华北暖温带半湿润、半干旱暖性灌丛区和青藏高原高寒草原区, 分别达到 80%。新疆温带、暖温带干旱荒漠和山地草原区以及蒙甘宁温带半干旱草原和荒漠草原区测产精度相对较小, 分别为 79% 和 77%。各区域模型精度可以满足宏观测产的要求 [8,9]。

表 3 六大区域优选模型的精度检验表

Table 3 Estimation accuracy of the 6 region models

六大区域 Six regions	优选模型 Model	估产精度 (%) Estimated precision	检验样方数 Inspection number
I 区	$Y = 385.362 e^{3.813NDVI}$	81	78
II 区	$Y = 193.585 e^{4.9841NDVI}$	77	65
III 区	$Y = 18377 NDVI^{2.0233}$	80	57
IV 区	$Y = 21399 NDVI^{3.0498}$	81	75
V 区	$Y = 409.91 e^{3.9099NDVI}$	79	40
VI 区	$Y = 225.42 e^{4.4368NDVI}$	80	67

1.4 产草量干重的折算

用遥感模型通过 2005 年 8 月份 MODIS 数据计算出的六大区域产草量是鲜重, 需折算为风干重产草量。折算系数根据不同草地类型的风干重系数进行, 参考《中国草地资源》中有关规定确定 [3]。

1.5 统计结果分析

遥感测产结果为全国草原生物量层面图, 运用 GIS 技术叠加全国省级行政区划矢量图和 1:100 万草地类型分布矢量图, 形成全国产草量区域空间分布图, 并进行分级显示, 然后分别提取各省区、各草地类型和省区内不同草地类型的产草量和面积数据, 在此基础上对 2005 年 8 月份产草量进行统计分析, 并进而与 2004 年同期遥感数据计算出的草原产草量结果进行对比以分析草原产草量的年际变化情况。

2 结果与分析

2.1 2005 年全国草原产草量总体状况分析

2.1.1 2005 年全国草原产草量的空间分布特征

2005 年我国草原产草量的 3 个高产中心分别位于东北呼伦贝尔草原、锡林浩特草原和大兴安岭西麓; 青海东部、四川西北部和甘肃中南部以及新疆西北部 (图 1)。

2.1.2 我国各省区草原产草量

2005 年 8 月份, 产草量居全国前 7 位的省区分别是内蒙古、青海、新疆、四川、西藏、黑龙江和甘肃 (表 4), 内蒙古等 7 省区产草量之和占全国总产草量的 72.8%。

2.1.3 我国各草地类型产草量情况

我国草原鲜草总产量遥感监测结果为 93784.25 万 t, 按照不同草地类型不同干鲜比折合干草总产量为 29421.39 万 t, 干草平均单产为 829.67kg/hm²。我国各草地类型中, 单产干草超过 1500kg/hm² 的草地类型分别为暖性草丛类、暖性灌草丛类、热性草丛类和热性灌草丛类; 干草产量低于 300kg/hm² 的有高寒荒漠草原类、高寒荒漠类、温性草原化荒漠类。大部分的草地类型产草量位于 300 ~ 1500kg/hm² 之间。

总产草量居于前 5 位的草地类型依次是高寒草甸类、温性草原类、低地草甸类、温性草甸草原类、山地草甸类,这 5 类草地草产量之和占全国草地总产量的 62.2% ;总产草量居于第 6 ~ 8 位的草地类型依次是热性灌草丛类、热性草丛类和暖性草丛类,三者草地草产量之和占全国草地总产量的 17.9%。高寒草甸类、温性草原类、低地草甸类、温性草甸草原类、山地草甸类、热性灌草丛类、热性草丛类和暖性草丛类等前 8 类草地草产量之和占全国草地总产量的 80.1% ,其余 10 类草地产草量之和仅占总产量的 19.9%。

表 4 2005 年全国各省区草原产草量
Table 4 Difference of grass yield among the provinces in 2005

省区 Province	草地面积 (km ²) Grassland area	鲜草产草量 (t) Fresh grass yield	干草产草量 (t) Dry grass yield	干草单产 (kg/hm ²) Dry grass single yield
北京 Beijing	3555.00	3356958.79	1050593.02	2955.25
天津 Tianjin	662.00	501395.90	151708.39	2291.67
河北 Hebei	42628.00	34830783.34	10978679.35	2575.46
山西 Shanxi	38250.00	25733995.82	8053010.27	2105.36
内蒙古 Inner Mongolia	796106.00	190764312.37	60370822.11	758.33
辽宁 Liaoning	12314.00	7224761.70	2192307.23	1780.34
吉林 Jilin	33165.00	16906543.20	5043332.78	1520.68
黑龙江 Heilongjiang	78222.00	50832906.00	14708578.48	1880.36
江苏 Jiangsu	1141.00	562550.81	172415.22	1511.09
浙江 Zhejiang	4437.00	2674629.79	836405.41	1885.07
安徽 Anhui	7280.00	3706130.81	1157997.16	1590.66
福建 Fujian	4493.00	2687799.37	840599.32	1870.91
江西 Jiangxi	13929.00	7260206.59	2264222.38	1625.55
山东 Shandong	10204.00	6976807.88	2137048.54	2094.32
河南 Henan	15578.00	10319761.99	3213469.72	2062.83
湖北 Hubei	25853.00	17016370.00	5275000.69	2040.38
湖南 Hunan	22329.00	12575942.90	2783889.89	1246.76
广东 Guangdong	7065.00	3233960.00	1009015.91	1428.19
广西 Guangxi	32258.00	15860914.20	4956467.87	1536.51
海南 Hainan	4393.00	2901920.51	910708.41	2073.09
重庆 Chongqing	12129.00	8105303.90	2513548.82	2072.35
四川 Sichuan	186267.00	88439264.80	26866583.96	1442.37
贵州 Guizhou	19871.00	12017599.60	3746128.52	1885.22
云南 Yunnan	104274.00	37177595.80	11548667.39	1107.53
西藏 Xizang	811328.00	82113299.57	26480217.49	326.38
陕西 Shannxi	38250.00	25733995.82	8053010.27	2105.36
甘肃 Gansu	188794.00	43541034.55	13787363.00	730.29
青海 Qinghai	417099.00	114732293.80	36270488.64	869.59
宁夏 Ningxia	30109.00	3706378.00	1265578.64	420.33
新疆 Xinjiang	584174.00	106347084.10	35576000.82	609.00
全国总计 Total of China	3546157.00	937842501.91	294213859.69	829.67

2.2 2005 年与 2004 年同期我国草原产草量年际变化特征对比分析

2.2.1 我国草原产草量 2005 年与 2004 年同期相比的年际空间变化特征

对不同年份间我国草原产草量时空间变化特征的对比用年变化率 V 进行分析。 V 的计算公式规定为： $V = (\text{Yield}_{2005} - \text{Yield}_{2004}) / \text{Yield}_{2004} \times 100$ 。根据 V 的大小划分为 5 个等级,严重减产： $V < -50\%$,表示 2005 年与 2004 年相比产草量严重减产;减产： $-50\% \leq V < -5\%$,表示 2005 年与 2004 年相比产草量减产;持平： $-5\% \leq V \leq 5\%$,表示 2005 年与 2004 年相比产草量持平;增产： $5\% < V \leq 50\%$,表示 2005 年与 2004 年相比增产;明显增产： $50\% < V$,表示 2005 年与 2004 年相比明显增产。

2005 年与 2004 年同期相比,内蒙古东北部的呼伦贝尔草原、锡林浩特草原、大兴安岭西麓、四川的西北部为明显增产的区域 增产和持平的区域在全国各省都有分布 减产区域主要分布在东北、华北、华中和华南 ; 明显减产的区域主要分布在内蒙古的中部、云南西北部和四川南部 图 2)。

2.2.2 我国各省区草原产草量的年际变化特征

2005 年 8 月份全国草原生产力与 2004 年同期相比 表 5),总体上接近。草原大省中青海、甘肃的草产量略有增加,其中青海增加 9.02%,甘肃增加 3.63% ;内蒙古减少约 3% ;西藏、新疆、四川基本与 2004 年产量持平。

表 5 2005 年与 2004 年各省区草原产草量对比				
Table 5 Annual change of grass yield in all provinces between 2005 and 2004				
省份 Province	2004 年干草产草量 () The yield of hay in 2004	2005 年干草产草量 () The yield of hay in 2005	干草绝对变化 () Absolute change of hay	相对变化 (%) Relative change rate
北京 Beijing	1085533.00	1050593.02	-34939.98	-3.22
天津 Tianjin	139488.18	151708.39	12220.21	8.76
河北 Hebei	11533516.97	10978679.35	-554837.63	-4.81
山西 Shanxi	8198077.32	8053010.27	-145067.05	-1.77
内蒙古 Inner Mongolia	62212766.32	60370822.11	-1841944.21	-2.96
辽宁 Liaoning	2190162.22	2192307.23	2145.01	0.10
吉林 Jilin	4844587.11	5043332.78	198745.67	4.10
黑龙江 Heilongjiang	14818732.96	14708578.48	-110154.48	-0.74
江苏 Jiangsu	147426.90	172415.22	24988.31	16.95
浙江 Zhejiang	1010102.04	836405.41	-173696.63	-17.20
安徽 Anhui	1446186.19	1157997.16	-288189.03	-19.93
福建 Fujian	952379.63	840599.32	-111780.30	-11.74
江西 Jiangxi	2446442.51	2264222.38	-182220.13	-7.45
山东 Shandong	2280067.78	2137048.54	-143019.24	-6.27
河南 Henan	3708031.56	3213469.72	-494561.84	-13.34
湖北 Hubei	6102334.77	5275000.69	-827334.08	-13.56
湖南 Hunan	4695240.89	2783889.89	-1911351.00	-40.71
广东 Guangdong	1235324.91	1009015.91	-226308.99	-18.32
广西 Guangxi	5948927.19	4956467.87	-992459.32	-16.68
海南 Hainan	714975.16	910708.41	195733.25	27.38
重庆 Chongqing	2806582.06	2513548.82	-293033.24	-10.44
四川 Sichuan	26910663.54	26866583.96	-44079.58	-0.16
贵州 Guizhou	4110915.91	3746128.52	-364787.39	-8.87
云南 Yunnan	15203313.57	11548667.39	-3654646.18	-24.04
西藏 Xizang	26691081.24	26480217.49	-210863.75	-0.79
陕西 Shannxi	8198077.32	8053010.27	-145067.05	-1.77
甘肃 Gansu	13304267.01	13787363.00	483095.99	3.63
青海 Qinghai	33268281.43	36270488.64	3002207.21	9.02
宁夏 Ningxia	1458573.95	1265578.64	-192995.31	-13.23
新疆 Xinjiang	35522950.52	35576000.82	53050.30	0.15
全国总计 Total of China	303185010.15	294213859.69	-8971150.46	-2.96

接彩图 (,2)

2005 年与 2004 年同期相比,全国严重减产的草原面积为 128645km²,占草地总面积的 3.52%,在 5 种级别中所占比例最小;减产占草地总面积的 35.55%;持平占 24.17%,增产的占 29.63%,明显增产的只占 7.14%。

主要草原大省中,内蒙古严重减产和减产的草地面积占该区总草地面积的 47.55%,主要分布在内蒙古中部;持平的面积占 25.33%,西部分布较多;增产和明显增产占 27.12%,主要分布于呼伦贝尔和锡林郭勒等草原。新疆、青海、甘肃、西藏各省区增产的面积比率均大于减产的面积比率,其中青海最明显,青海省增产和明显增产的比率超过 52%,持平的占 21.32%,减产和严重减产的占 26%。

南方的四川增产和明显增产的草地占该省总草地面积的 45.28%;减产和明显减产的占 40.29%;持平的占 14.44%。

2.2.3 我国不同草地类型草原产草量的年际变化情况比较

2005 年 8 月份草地产草量与 2004 年同期相比,有 7 类草地的产草量略有增加,其中有 4 类主要分布于青藏高原,这 7 类的面积之和占总草地面积的 58.4%,占总产草量的 44%。其余 12 类都低于 2004 年,比较明显的有干热稀疏草丛类、热性草丛类、热性灌草丛类和温性荒漠草原类。下降幅度较大的是干热稀树灌草丛类,这类草地约 91% 集中在云南省,2005 年前期云南偏旱,致使产草量明显降低。

3 结论

(1)2005 年我国草原产草量的 3 个高产中心分别位于东北呼伦贝尔草原、锡林浩特草原和大兴安岭西麓;青海东部、四川西北部和甘肃中南部以及新疆西北部。

①)2005 年全国草原干草总产量达到 29421.39 万 t,平均单产量达到 829.67kg/hm²。

②)2005 年干草产量位列前 7 位的省区依次是内蒙古、青海、新疆、四川、西藏、黑龙江和甘肃;内蒙古草原产草量为 6037.08 万 t,天津产草量最低,为 15.17 万 t。

③)总产草量位于前 5 位的草地类型依次为高寒草甸类、温性草原类、低地草甸类、温性草甸草原类与山地草甸类。这 5 类产量之和占全国草地总产量的 62.2%。

④)2005 年 8 月份全国草原生产力与 2004 年同期相比总体持平。各草原大省的变化情况为:青海、甘肃 2 省区的草产量略有增加,青海增加了 9.02%、甘肃增加了 3.63%;内蒙古减少约 3%;西藏、新疆、四川 3 省区基本与 2004 年同期持平。全国严重减产的面积为 128645km²,占草地总面积的 3.52%,在 5 种级别中所占比例最小;减产占草地总面积的 35.55%;持平占 24.17%,增产的占 29.63%,明显增产的占 7.14%。

References :

- [1] Chen Z Z, Wang S P, *et al.* The typical pasture ecological system in China. Beijing : Science Press, 2000. 49 — 66.
- [2] Xu B, Qin Z H, Liu J, *et al.* Remote Sensing Monitoring of Grassland in North China's Key Provinces. IEEE 2005 International Geosciences and Remote Sensing Symposium. 2005, 3266 — 3269.
- [3] Xu B, Xin X P, Qin Z H, *et al.* Development of spatial GIS databases for monitoring on dynamic state of grassland productivity and animal loading balance in northern China. Geoinformatics 2004, Proceeding of the 12th international conference. Sweeden University of Gavle Press, 2004. ①) : 585 — 592.
- [4] An M Z, Gao W, Chao L. Grassland productivity measuring and calculated method introduction of the fourth grassland survey in Inner Mongolia. Inner Mongolia Prataculture, 2002, 14 ④) : 20 — 21.
- [5] Li J L, Jiang P. The study on the remote sensing technology in estimating and forecasting grassland yield applications. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1998, 23 ①) : 153 — 157.
- [6] Ren J Z ed. The Scientific Research Method of Grass Industry. Beijing : China Agricultural Press, 1998. 201 — 213.

[7] Cheng J C, Guo H D, Shi W Z, *et al.* The Undetermined Questions of Remote Sensing Data. Beijing :Science Press, 2004. 13 — 38.

[8] Seaquist J W, Olsson L, Ard J. A remote sensing-based primary production model for grassland biomes. *Ecological Modelling*, 2003, 169 :131 — 155.

[9] Niu Z C, Ni S X. Study on models of grassland biomass around Qinghai Lake assisted by remote sensing. *Acta Geographic Sinica*, 2003, 58 (5) : 695 — 702.

[10] Huang J F, Wang X Z, Wang R C, *et al.* A study on monitoring and predicting models of grass yield in natural grassland using remote sensing data and meteorological data. *Journal of Remote Sensing*, 2001, 5 (1) :71 — 76.

[11] Liu Z Y, Huang J F, Wu X H, *et al.* Hyperspectral remote sensing estimation models for the grassland biomass. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22 (1) :111 — 115.

[12] Sun J G, Li B G, Lu Q. Modeling Grassland Productivity Basin of Qinghai Based on DEM in Province. *Resources Science*, 2005,27 (4) :44 — 49.

[13] China Grassland Resources, edited by the Animal Husbandry Vet Bureau of Department of Agriculture P. R. C. and Animal Husbandry Vet Central Station of the China. Beijing :China Science and Technology Press, 1996. 353 — 358.

参考文献：

[1] 陈佐忠,汪诗平,等. 中国典型草原生态系统. 北京 科学出版社,2000. 49 ~ 66.

[4] 安卯柱,高娃,朝鲁. 内蒙古第四次草地资源调查草地生产力测定及计算方法简介. *内蒙古草业*,2002,14 (4) 20 ~ 21.

[5] 李建龙,蒋平. 遥感技术在大量天然草地估产和预报中的应用探讨. *武汉测绘科技大学学报*,1998,23 (1) 153 ~ 157.

[6] 任继周主编. 草业科学研究方法. 北京 中国农业出版社,1998. 201 ~ 213.

[7] 承继成,郭华东,史文正,等. 遥感数据的不确定问题. 北京 科学出版社,2004. 13 ~ 38.

[9] 牛志春,倪绍祥. 青海湖环湖地区草地植被生物量遥感监测模型. *地理学报*,2003,58 (5) 695 ~ 702.

[10] 黄敬峰,王秀珍,王人潮,等. 天然草地牧草产量遥感综合监测预测模型研究. *遥感学报*,2001,5 (1) 71 ~ 76.

[11] 刘占宇,黄敬峰,吴新宏,等. 草地生物量的高光谱遥感估算模型. *农业工程学报*,2006,22 (1) 111 ~ 115.

[12] 孙建光,李保国,卢琦. 青海共和盆地草地生产力模拟及其影响因素分析. *资源科学*,2005,27 (4) 44 ~ 49.

[13] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司和全国畜牧兽医总站主编. 中国草地资源. 北京：中国科学技术出版社, 1996. 353 ~ 358.