

# 利用气象卫星资料估算全球作物总产研究

侯英雨 王建林

(国家气象中心,北京 100081)

## 提 要

以美国为例,利用 1996~2000 年每旬的全球植被指数卫星遥感资料,计算出每年耕地上作物生长季内的总 NPP(Net Primary Production)。农作物总产是耕地上总 NPP 的一部分,根据 NPP 与作物总产的关系,确定作物的产量转换系数,然后利用当年耕地的总 NPP 值来估算当年作物的总产。通过研究表明,该方法的预测精度较高,可操作性强,能够投入业务应用。

**关键词:** 全球植被指数 NPP 产量转换系数 全球作物总产

## 引 言

近几年中国国内粮食产量的下降,粮食安全所潜藏的隐患已经引起中国政府高度重视。在新的时代背景之下,考虑我国粮食安全和国际贸易,已经不能只局限于国内的粮食生产和供求情况,而必须同世界粮食生产和供求情况联系起来。因此应用卫星遥感技术监测全球作物长势状况并准确预测当年全球主要作物产量,使国家能及时、准确地掌握世界各国粮食生长状况,对于粮食宏观调控和贸易,具有十分重要的意义。

利用遥感技术开展中国主要农作物产量估算,在我国经历了近 20 年的研究,取得了很大进展,有的研究成果已经投入业务应用,获得了巨大的社会效益和经济效益<sup>[1,2]</sup>。但大部分估产模型都是估算作物单位面积产量,然后根据国家有关部门公布的播种面积来预测当年作物的总产。然而,由于涉及到各国粮食安全和贸易问题,要在作物收获之前准确获取全球各种作物的播种面积有较大难度。因此如何利用全球卫星气象资料来建立全球主要农作物粮食产量估算方法,并投

入业务应用,是摆在我们面前的一个难题。以前由于资料问题,国内开展这方面的研究工作并不多见。我国 FY-1C 的成功发射及其稳定运行,使我们能够实时得到每天全球卫星遥感资料,这为我们开展全球作物长势监测与粮食产量遥感估算业务提供了资料保证。本文以美国为例,试图利用全球气象卫星资料,建立美国大宗作物玉米和大豆总产及美国粮食总产(主要作物总产之和)的遥感估算方法,为进一步开展全球作物粮食产量预报业务奠定基础。

## 1 资料来源

本次研究所用的卫星遥感资料为 NOAA/AVHRR 全球 10 天合成的陆地表面 NDVI 多年数据集,来自美国 Goddard Distributed Active Archive Center (DAAC) 数据中心的 Pathfinder AVHRR Land(PAL) 数据集,空间分辨率为 8km,时间范围为 1996~2000 年。该数据已经经过大气校正、云检测等处理。查阅相关文献,该数据的 NDVI 定义如下:

$$NDVI = \frac{CH2 - CH1}{CH2 + CH1} \quad (1)$$

其中 CH1 和 CH2 分别为 AVHRR 第一通道和第二通道反射率,生成的 NDVI 值在 -1.0~1.0 之间,但 PAL 数据产品经过下式处理:

$$Y = \frac{NDVI}{0.008} + 128 \quad (2)$$

Y 为处理后的 NDVI 值,范围为 3~253 之间整数,NDVI 由式(1)生成。美国作物产量资料是从美国农业部的官方网站下载的,包括小麦、玉米、大豆、水稻、棉花等作物 1996~2000 年的总产。最新的土地利用与土地覆盖数据来自美国 USGS Global Land Cover Characteristics Data Base。

## 2 方法

### 2.1 遥感数据的处理

Pathfinder AVHRR Land(PAL) 数据集的空间分辨率为 8km,投影方式为 Goode Interrupted Homolosine 投影,直接使用该数据集有一定困难。为了方便后续的处理和应用,将该数据集转换成空间分辨率为  $0.08^\circ \times 0.08^\circ$  的 Geographic Lat/Lon 投影方式,并将 NDVI 值还原到 -1.0~1.0 之间。

本次研究的区域是美国,而 NDVI 数据集是全球区域的。为了得到美国行政区域的 NDVI 数据,在地理信息系统的支持下,利用美国的行政边界矢量数据与 NDVI 栅格数据集进行切割,得到美国境内的 NDVI 数据集。同时由于本次研究的对象为农作物,非农作物的 NDVI 信息必须剔除,因此利用相近时相的同分辨率的美国土地利用数据与 NDVI 数据进行与运算,将非耕地的象元值设置为空值,只保留耕地的 NDVI 值。

### 2.2 模型的构建

有研究表明<sup>[3,4]</sup>,由 AVHRR 的可见光通道(CH1)和近红外通道(CH2)计算得到的 NDVI,不但是监测植被长势好坏的参量,而且也是计算植被净第一性生产力的重要参量。农作物产量是一定面积上的农作物在生长季内的净第一性生产力 NPP 的一部分,他们之间存在一个有效产量转换关系。因此本研究中作物产量遥感估算模型是基于作物在生长季内的 NPP 与作物总产的相关关系建立起来的。

### 2.3 NPP 的遥感估算原理

NOAA/AVHRR 传感器的红光通道(即 CH1 通道)和近红外通道(即 CH2 通道)对植被特别敏感。植被的叶绿素对红光(630~690nm)有强烈的吸收作用,通过 CH1 通道数据可以反映叶绿素的浓度。植被的叶片对近红外(760~790nm)有强烈的反射作用,通过 CH2 通道数据可以反映叶面积指数和植被密度。因此组合这两个通道的数据,可以

较好地反映植被的生长状况。

关于利用植被指数估算  $NPP$  的研究,国内许多学者已经做过许多工作。但大多数模型是基于光能利用率模型或植被生长过程模型,充分考虑了植物的光合作用、呼吸作用和环境因素的影响<sup>[4]</sup>。由于这些模型所需参数较多,有的参数很难实时获取,因此在业务中应用有一定困难。

有研究表明植被指数  $NDVI$ 、叶面积指数  $LAI$ 、干物质重量  $DW$  三者存在如下关系<sup>[3]</sup>:

$$NDVI = 1 - \exp(-k \times LAI) \quad (3)$$

$$LAI = \frac{a \times DW}{1 + b \times DW} \quad (4)$$

$$DW = \frac{-\ln(1 - NDVI)}{a \times k + b \times \ln(1 - NDVI)} \quad (5)$$

其中  $DW$  为干物质重量,  $k$ 、 $a$ 、 $b$  是植被类型及植被指数有关的常数。基于上述三者的关系,肖乾广<sup>[3]</sup>(1996年)等直接利用植被指数的累积值估算中国区域植被的净第一性生产力,其结果与筑后模型计算的中国  $NPP$  的结果基本一致。

#### 2.4 累积植被指数的计算

计算累积植被指数要求每旬都要有可用的植被指数,尽管我们得到的资料是每旬最大植被指数的合成值,在多数情况下能消除云的影响。但在夏季多雨季节,有时在10天内难以获得晴空资料,云的存在会降低  $NDVI$  的值。为了得到比较真实的旬最大值  $NDVI$ ,每一次取连续三旬的旬最大值  $NDVI$ ,如果中间旬的  $NDVI$  值同时小于前一句和后一句的  $NDVI$  值,则该旬的  $NDVI$  值受云干扰,用前一句  $NDVI$  和后一句  $NDVI$  的平均值替换。然后由完全可用的旬最大值  $NDVI$  数据计算整个作物生长季内的累积植被指数,计算公式如下:

$$LNDVI = \int_{t_1}^{t_2} TNDVI(t) dt \quad (6)$$

其中  $LNDVI$  为作物生长季内的累积植被指数,  $t_1$  和  $t_2$  分别表示作物播种和收获的时间,  $TNDVI$  表示旬最大值植被指数。

#### 2.5 $NPP$ 计算方法

从上面式(5)可以看出,干物质重量与  $NDVI$  存在着对数关系,参考肖乾广<sup>[3]</sup>(1996)的计算方法,在本研究中  $NPP$  的估算我们采用下列公式:

$$NPP = a \times [-\ln(c - b \times LNDVI)] \quad (7)$$

其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为拟合常数,  $LNDVI$  为作物生长季内的累积植被指数。

#### 2.6 农作物产量的估算方法

各个地区农作物产量与该地区作物生长季内净第一性生产力  $NPP$  关系密切。基于  $NPP$  的作物产量估算方法一般有两种。一种是根据作物产量与  $NPP$  的相关关系,建立回归方程,进行产量估算。另一种是根据作物产量与  $NPP$  的产量转换系数,直接估算总产。通过试验比较分析,本研究中采用第二种方法,计算公式如下:

$$Y_n = K_n \times NPP_n \quad (8)$$

其中:  $Y_n$ : 为当年预测产量,  $NPP_n$ : 为当年的净第一性生产力,  $K_n$ : 为产量转换系数。

### 3 结果分析与讨论

根据式(2)、(6)、(7),我们对1996~2000年3~10月每旬全球植被指数遥感数据进行了处理,得到每一个象元在每一年的作物生长季内  $NPP$  值,利用美国行政边界和土地利用等地理信息统计整个美国耕地上的  $NPP$  总量。然后利用式(8),对美国大豆、玉米1997~2000年的作物总产及粮食总产(大豆、玉米、小麦、水稻、棉花等作物的总产之和)进行了预测,结果见表1。从表1中可以看出,玉米总产的预测效果最好,平均预测误差为3.41%,仅1998年的预测误差较大,达-6.65%。大豆总产1998~2000年的预测效果不错,误差都在3%以内,但1997

表1 美国大豆和玉米及粮食总产的实际产量和预测产量 (产量单位:万吨)

	1997			1998			1999			2000		
	玉米	大豆	粮食总产	玉米	大豆	粮食总产	玉米	大豆	粮食总产	玉米	大豆	粮食总产
实际产量	25042.58	7317.70	39602.13	26543.62	7459.94	41318.82	25651.26	7222.47	39590.13	26968.94	7505.66	41007.66
预测产量	24180.16	6237.63	36854.08	24778.35	7240.49	39184.27	26326.19	7398.84	40980.36	27245.18	7671.26	42050.18
预测误差	-3.34%	-14.76%	-6.94%	-6.65%	-2.94%	-5.17%	2.63%	2.44%	3.51%	1.02%	2.21%	2.54%

年大豆总产预测的误差较大,达-14.76%。粮食总产预测精度从1998~2000年逐年提高,平均误差为4.54%。作物的预测产量变化曲线和实际产量变化曲线也是比较吻合的(见图1)。

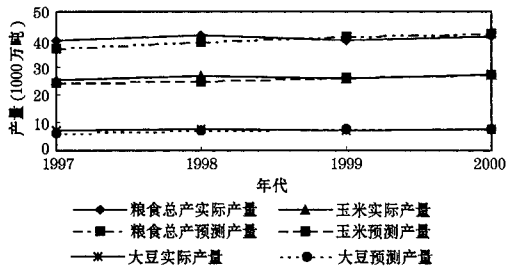


图1 作物的实际产量与预测产量的变化曲线

基于上述分析,可以得出以下几点结论:  
(1)利用总耕地的NPP来估算作物总产的方法是可行的,预测精度能够满足产量预报

业务要求。(2)该方法与传统的产量预报方法不同,避开了作物播种面积,直接预测作物总产,为我们进行作物产量预测,尤其全球作物产量预测,提供了一条新的途径。(3)该方法可操作性强,参数获取容易,具有一定的通用性。

参考文献

- 1 孙九林主编. 中国农作物遥感动态监测与估产总论. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 106~115.
- 2 侯英雨, 王石立. 基于作物植被指数和温度的产量估算模型研究. 地理学与国土研究. 2002, 18(3): 105~107.
- 3 肖乾广, 陈维英, 盛永伟等. 用NOAA气象卫星的AVHRR遥感资料估算中国的净第一性生产力. 植物学报, 1996, 38(1): 35~39.
- 4 张佳华, 王长耀, 符淙斌. 遥感信息结合光学特性研究作物光合产量估测模型. 自然资源学报, 2000, 15(2): 170~174.

## Estimation of Global Agricultural Production with Meteorological Satellite Data

Hou Yingyu Wang Jianlin

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The total NPP on the agricultural land has been estimated in the period of crop growth from 1996 to 2000 with the global 10-day composite NDVI data. The agricultural production is a part of NPP(Net Primary Production) on the agricultural land. By considering the relation between agricultural NPP and agricultural production, the conversion efficiency of agricultural production from agricultural NPP is made. The agricultural production is estimated based on agricultural NPP and the conversion efficiency. It shows that the accuracy of the model is very satisfactory. The model can be used in the operational crop production forecast.

**Key Words:** global NDVI NPP conversion efficiency global crop production