

# 粮食作物产量估算方法研究<sup>1)</sup>

王建林 太华杰

(中国气象科学研究院,北京 100081)

## 提 要

文章分析了我国自然植被净第一生产力<sup>2)</sup>(net primary productivity of natural vegetation)的分布状况和粮食作物生物量的时空变化,以及自然植被净第一生产力与粮食作物生物量的关系,并在此基础上,提出一种我国粮食作物产量的估算方法。

**关键词:** 自然植被 净第一生产力 粮食作物 生物量 产量估算

## 引 言

统计资料表明,尽管我国粮食单产已由50年代初期的1.2t/ha增加到90年代初期的3.9t/ha,粮食总产量也达到44000多万吨,比50年代初增加了约30000万吨,但我国人口的增长速度也非常快,按12亿计算,人均粮食占有量只有0.36吨左右,与世界上一些发达国家相比相差甚远,甚至还不如某些发展中国家。所以,提高我国粮食生产能力意义十分重大。准确估算我国每年的粮食产量,在粮食的储备、调运、加工、分配等方面为国家有关部门提供依据是十分必要的。我国农村联产承包责任制的实施,很大程度上促进了农村经济的发展,同时,也给粮食产量的估算带来了一定的难度。为此,作者从气候角度出发,研究了自然植被净第一生产力和粮食作物生物量的关系,并在此基础上,提出一种估算我国粮食作物产量的方法。

## 1 我国自然植被净第一生产力(Npp)的分布

选取我国除西藏、台湾外28省(市、区,海南省包括在广东省内)253个代表站的1951—1980年月平均气温、月平均水汽压、

年降水量、海拔高度、地表反射率及日照百分率等资料(除3个直辖市分别取1个站外,其它省、区均取10个站的平均值),利用筑後模型<sup>[1]</sup>

$$Npp = 0.29e^{K_r} \cdot R_n \quad (1)$$

计算我国自然植被净第一生产力Npp(t/ha)的分布。式中: $K_r$ 为辐射干燥度函数, $R_n$ 为地表净辐射,分别由式(2)、式(3)求得。

$$K_r = -0.216(RDI)^2 \quad (2)$$

$$R_n = R_a(1 - v') - I \quad (3)$$

式中: $RDI$ 为辐射干燥度,由式(4)求得; $R_a$ 为年太阳总辐射(J/cm<sup>2</sup>), $v'$ 为地表反射率, $I$ 为长波有效辐射, $R_a$ 和 $I$ 分别由式(5)、式(6)求得。

$$RDI = R_n / (L \cdot R) \quad (4)$$

$$R_a = [(R_n)_0 / 4.18] \times [1 - 0.098(\log h - 2)] \times (0.202 + 0.643n/N) \quad (5)$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i$$

$$I_i = (S \cdot \sigma / 4.18) T_a^4 \times (0.39 - 0.058 \sqrt{e_a}) \times (0.10 + 0.90n/N) \quad (6)$$

1) 国家自然科学基金资助

2) 即植物群落在自然环境状态下的生产能力

式中： $L$  为水的蒸发潜热(2508J/g)， $R$  为年降水量(cm)； $(R_n)_0$  为年天文辐射(J/cm<sup>2</sup>)<sup>[2]</sup>， $h$  为海拔高度(m)， $n/N$  为日照百分率； $S$  为灰体辐射系数， $\sigma$  为斯蒂芬-波尔兹曼常数， $T$  为月平均气温(K)， $e$  为月平均水汽

压(mm)。

计算结果表明，我国不同地区的  $Npp$  值相差很大。最小值在新疆维吾尔自治区，仅 0.25t/ha；最大值在广东省，达 20.24t/ha。总体上由南向北逐渐减少，详见图 1。

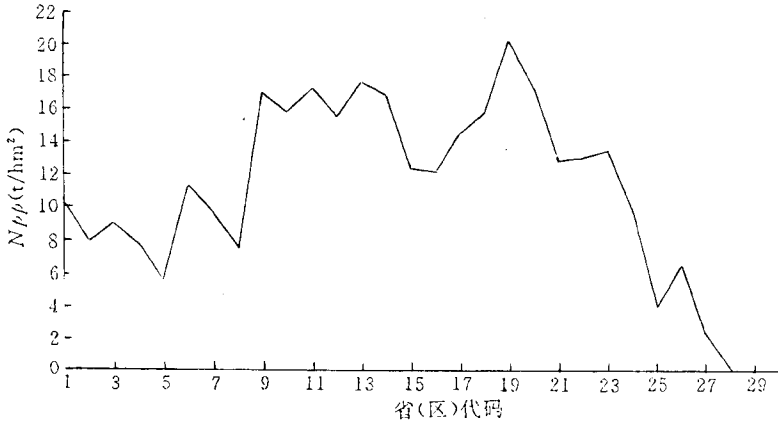


图 1 模式计算的我国各省区  $Npp$  值

横坐标为省区代码：1：北京、2：天津、3：河北、4：山西、5：内蒙、6：辽宁、7：吉林、8：黑龙江、9：上海、10：江苏、11：浙江、12：安徽、13：福建、14：江西、15：山东、16：河南、17：湖北、18：湖南、19：广东、20：广西、21：四川、22：贵州、23：云南、24：陕西、25：甘肃、26：青海、27：宁夏、28：新疆

高素华等<sup>[3]</sup>在研究近 40 年植物气候生产力的变化及气候变化对其影响时指出：尽管我国植物气候生产力年际间的变化较大，但 50 年代、60 年代、70 年代和 80 年代的平均值与 40 年的平均值相比，大部分地区变化甚微(或不变)，变化稍大的极个别地区也不超过 20%。 $Npp$  是自然植被净第一生产力，对农作物来说，可以用它表示作物的气候生产力。为此，作者将我国某一地区 1951—1980 年  $Npp$  的平均值作为该地区粮食作物的气候生产力。

## 2 我国粮食作物生物量(Gcb)的时空变化

利用公式

$$Gcb = Y \times R_n / C \quad (7)$$

计算 28 个省(市、区)粮食作物的生物量。式中： $Gcb$  为每公顷全年粮食作物生物量(t/ha)， $Y$  为粮食作物平均单产(t/ha)， $R_n$  为复种指数( $Y$ 、 $R_n$  取国家统计局公布的实际值)， $C$  为粮食作物平均经济系数，本文取 0.35。

计算结果见表 1。

表 1 我国粮食作物的生物量(t/ha · y)

省区	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
北京	4.43	7.93	12.82	18.20	24.42
天津		8.68	8.13	11.80	16.87
河北	3.54	4.44	7.25	10.73	12.77
山西	2.91	3.61	5.65	7.55	8.26
内蒙古	2.42	2.21	2.83	4.88	7.54
辽宁	4.18	4.61	8.04	11.82	15.67
吉林	3.55	3.81	5.78	11.97	15.65
黑龙江	3.59	3.71	4.95	6.39	8.85
上海	14.00	22.21	27.59	29.95	32.31
江苏	6.40	10.08	17.04	25.59	26.48
浙江	13.29	19.32	26.68	34.69	36.67
安徽	5.26	6.36	12.23	18.97	20.19
福建	8.74	10.58	17.61	23.52	27.93
江西	8.98	12.22	17.91	26.84	31.94
山东	4.60	5.32	9.39	16.11	21.65
河南	4.45	4.81	8.65	14.26	17.89
湖北	7.82	9.93	16.56	24.76	28.50
湖南	10.36	12.42	21.63	31.30	34.61
广东	9.26	13.66	18.50	24.19	30.98
广西	7.17	8.88	13.74	17.31	22.79
四川	8.74	9.12	13.27	21.62	24.52
贵州	7.16	7.20	10.09	13.73	18.19
云南	6.29	6.75	9.05	11.55	13.75
陕西	3.55	3.91	6.51	8.92	10.65
甘肃	2.91	2.94	4.43	5.58	7.18
青海	3.69	3.63	5.60	7.19	8.45
宁夏	2.70	2.71	3.77	6.49	8.64
新疆	3.99	3.16	4.14	8.01	11.29

注：90 年代生物量由 1990—1993 年资料求得

从表1可以看出:从50年代到90年代初,我国各省(区)粮食作物的生物量都是呈增长的趋势。90年代与50年代相比,华北、东北、华东、华南、西南、西北地区分别增长3.3、2.3、2.4、2.3、1.5、1.7倍。西北和东北地区主要靠单位面积生物量的增长,其它省(区)还包括复种指数的增加。它不仅反映了我国农业生产水平的提高,也反映了土地资源和气候资源利用率的提高。

同一年代,不同省(区), $Gcb$ 的差值变化较大,一般有南方高于北方,东部高于西部的特点。比如:50年代和90年代,华南地区分别为9.0t/ha和29.5t/ha,华北地区则为3.6t/ha和15.5t/ha;华东地区分别为8.5t/ha和28.6t/ha,而西南地区则为7.4t/ha和18.8t/ha;东北地区分别为3.5t/ha和11.2t/ha,西北为3.4t/ha和9.2t/ha。这主

要是由于不同地区的农业生产水平和作物的复种指数不同所致。

### 3 $Npp$ 与 $Gcb$ 的关系

$Npp$ 是自然植被在自然条件下的年生长量或农作物的气候生产力,而 $Gcb$ 是粮食作物在有人类活动影响情况下(比如品种改良、施肥等)的年生长量。所以,一般说来,同一地区的 $Gcb$ 应大于 $Npp$ ,但由于农业生产水平和作物复种(即气候资源的利用)等因素的差异,实际情况并非完全如此。在50年代和60年代,我国农业生产水平和作物的复种指数都比较低,这段时间的 $Gcb$ 比 $Npp$ 要小;70年代以后,随着我国农业生产水平和对气候资源利用率的提高, $Gcb$ 值已逐渐大于 $Npp$ 值。图2给出了60年代、80年代和90年代初我国不同地区的 $Npp$ 与 $Gcb$ 变化情况。

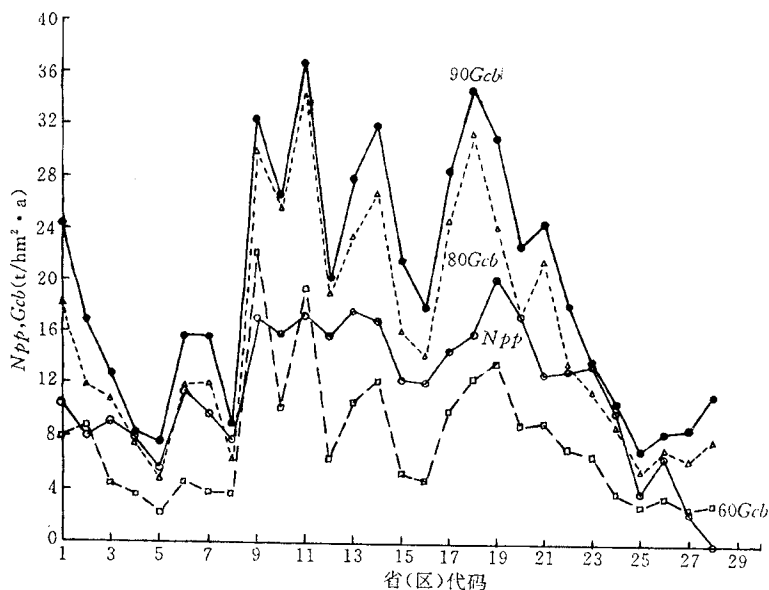


图2 我国各省(区) $Npp$ 与 $Gcb$ 的对比

○: $Npp$ ,□:60年代 $Gcb$ ,△:80年代 $Gcb$ ,·:90年代初 $Gcb$ ,横坐标说明同图1。

从图2可以看出:①除个别地区外,大部分地区 $Gcb$ 和 $Npp$ 的变化趋势有相当的一致性,说明我国农业生产受气候条件波动的影响较大,仍然处于气候型农业阶段;②60年代、80年代和90年代, $Gcb$ 逐渐增大,表明我国农业生产水平和对自然资源的利用率不断

提高;③60年代,除极个别地区的 $Gcb$ 大于 $Npp$ 外,其它地区的 $Gcb$ 均小于 $Npp$ ,80和90年代,除极个别地区的 $Gcb$ 小于或等于 $Npp$ 外,其它地区的 $Gcb$ 均大于 $Npp$ ;④在 $Gcb$ 小于 $Npp$ 的地区,当地的农业生产水平比较低或对气候资源的利用率比较低;⑤在

$Gcb$  大于  $Npp$  的地区,当地的农业生产水平比较高或对气候资源的利用率比较高。 $Gcb$  和  $Npp$  曲线间的纵向距离反映了计算时段内各省(区)全年平均农业生产水平的高低。

#### 4 粮食作物产量的估算

目前我国获取粮食产量单产和总产的方法是收获前的预测和收获后的统计,前者由于未考虑作物的全生育期条件,往往有一定的误差,而后者则由于种种社会因素的影响,有时会出现错报或假报的现象。本文提出一种利用  $Npp$ 、 $Gcb$ 、 $R_s$  和  $C$  估算粮食作物产量的方法,即

$$P_a = P_g - Npp \quad (8)$$

$$Y_g = P_a + Npp' \quad (9)$$

$$Y = Y_g * C/R_s \quad (10)$$

式中: $P_a$ 、 $P_g$ 、 $Npp$  分别为估算年全年的农业生产水平、估算年的前几年(一般为5年) $Gcb$  的平均值和当地的气候生产力; $Y_g$  和  $Npp'$  分别为估算年全年粮食作物生物量和当年的气候生产力(用它代替气象产量); $Y$  为粮食作物平均单产。

以北京、上海为例,用  $Npp$ 、 $Gcb$ 、 $R_s$  和  $C$  估算 1990—1993 年粮食作物平均单产,结果见表 2。

表 2 1990—1993 年北京、上海粮食作物平均单产估算值与实际值对比(单位:t/ha)

		1990	1991	1992	1993
北京	估算	5.52	5.72	5.84	5.73
	实际	5.46	5.79	5.91	6.23
	误差(%)	1.09	-1.21	-1.18	-8.03
上海	估算	5.56	5.55	5.56	5.50
	实际	5.74	5.81	5.79	5.78
	误差(%)	-3.14	-4.48	-3.97	-4.84

从表 2 可以看出:利用  $Npp$ 、 $Gcb$ 、 $R_s$  和  $C$  估算的粮食作物平均单产与实际产量相差一般不超过 5%。

#### 5 讨论

5.1 利用筑後模型研究  $Npp$  的分布时,由于主要考虑净辐射和年降雨量,除主要利用雪水灌溉的新疆地区适用性较低外,在我国其它地区基本适用;

5.2 在研究  $Gcb$  变化时,考虑的是粮食作物的平均经济系数,与实际情况也存在一定的误差;

5.3 利用  $Npp$ 、 $Gcb$ 、 $R_s$  和  $C$  估算的粮食作物平均单产误差一般在 5% 以下,表明该方法具有一定的应用前景,但用前几年的平均农业生产水平代替估算年的农业生产水平可能存在一定的误差,估算值大部分比实际值偏低的原因,需进一步研究;

5.4 在估算粮食作物平均单产时,仅考虑  $Gcb$  大于  $Npp$  的情况,尚未考虑  $Gcb$  小于  $Npp$  的情况。

本文所用的资料有限,得出的结果是初步的,有待于今后进一步研究。

#### 参考文献

- 1 张宪洲. 我国自然植被净第一性生产力的估算与分布. 自然资源, 1993, 6(1): 15—21.
- 2 H. A. 叶菲莫娃(苏). 植被产量的辐射因子. 王炳忠. 北京: 气象出版社, 1983, 10.
- 3 高素华. 中国农业气候资源及主要农作物产量变化图集. 北京: 气象出版社, 1995, 14—19.

## The Method for Estimating Grain Crop Output

Wang Jianlin Tai Huajie

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

#### Abstract

By studying the distribution of net primary productivity ( $Npp$ ) of natural vegetation and spatial and temporal variation of grain crop biomass ( $Gcb$ ) in China and their relationships, a crop output estimating method was established.

**Key Words:** natural vegetation net primary productivity grain crop biomass output estimate