

# 巴西大豆产量预报方法研究

郑昌玲,王建林,宋迎波,庄立伟

(国家气象中心 农业气象中心,北京 100081)

**摘 要:**利用 1961 ~ 2007 年巴西大豆平均单产资料、西太平洋月平均海温、北半球 500 hPa 平均高度场环流资料以及巴西大豆种植区域代表气象站的逐日气温资料,建立了基于海温、环流资料和基于地面气象要素的巴西大豆产量预报模型。利用 3 种模型分别对 1996 ~ 2005 年巴西大豆平均单产进行预报检验;综合 3 种模型的模拟效果,利用加权方法建立了巴西大豆产量预报集合模型。1996 ~ 2005 年预报检验和 2006 ~ 2007 年预报试验的准确率基本都在 90% 以上,能够满足业务服务的需要。

**关键词:**巴西;大豆;产量预报

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2010)03-0420-04

## Prediction Model of Soybean Yield for Brazil

ZHENG Chang-ling ,WANG Jian-lin, SONG Ying-bo, ZHUANG Li-wei

(National Meteorological Centre, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

**Abstract:**Based on the data of per unit soybean yield from 1961 to 2007, the main factors of monthly average temperature of the West Pacific Ocean surface and the 500 hpa height circulation data of the Northern Hemisphere and the daily average temperature of the representative weather stations in the soybean – planted area of Brazil, three predicting models that predict soybean yield per unit before harvest for Brazil are built. Then the integrative predicting model is built based on the result of each model by a weighted method. The results of historical predicting examination from 1996 to 2005 and test from 2006 to 2007 indicate that the accuracy of the integrative model is over 90% and could meet the needs of operational service.

**Key words:**Brazil;Soybean;Yield Prediction

大豆是巴西主要农作物之一和农业收入的重要来源,种植面积和产量均相当于全国农作物总种植面积和产量的一半,其产值相当于全部农产品产值的 1/3;巴西是世界大豆第二大生产和出口国,并且已经成为中国进口大豆的主要供应国家之一<sup>[1]</sup>,近年来,巴西大豆产量呈持续上升趋势。及时、准确地了解其他国家或地区的粮食生产状况,对于中国粮食贸易和粮食宏观调控,具有十分重要的意义。因此,国家气象中心开展了巴西大豆产量业务预报方法研究,以及时准确的掌握巴西大豆产量,为国家政府部门提供巴西大豆生产和产量动态信息,保障我国粮食安全。研究中,根据西太平洋月平均海温、北半球 500 hPa 平均高度场环流与巴西大豆产量的关系,分别建立基于海温和环流资料的巴西大豆产量预报模型;同时,利用巴西大豆种植区域代表气象站的逐日平均气温资料,根据气象诊断指标,研究预报

年与历史上任意一年温度的关系,得到巴西大豆产量历史丰歉气象影响指数,进而建立基于地面气象要素的巴西大豆产量预报模型。在此基础上,根据各预报模型的模拟结果,利用加权方法建立巴西大豆产量业务预报集合模型,以增强模型的稳定性。

### 1 资料来源

研究中所用巴西大豆产量资料为 1960 ~ 2007 年巴西大豆平均单产,来自世界粮农组织(FAO)网站和中国国家统计局;海温、环流资料为 1961 ~ 2007 年西太海温月平均格点资料和北半球 500 hPa 平均高度场环流指数月平均格点资料,来自国家气候中心;由于缺少历史资料,气象资料为巴西大豆种植区 11 个代表气象资料站 1961 ~ 2007 年大豆生长季逐日平均气温,来自中国气象局国家气象信息中心和中央气象台。

! # . Z À Á ' • Â Ã ∈ À W¾ • 4 " R Ä

! 48# ! " Ñ p M â

Z @ < & ' B © ù Ð ' —! ™ É § ½ ù Ð j μ

μ ù Ð <sup>(1)</sup> \$

NON P N<sub>M</sub> " & #

# # ¬ " & # 5 ! N ^ @ < & ' B © K ù ! N ^ ™ É §

½ ù Ð ! N<sub>M</sub> ^ μ μ ù Ð &

WÀ & " & b ! % % \$ @ < & ' é ∈ K ù N 2 x

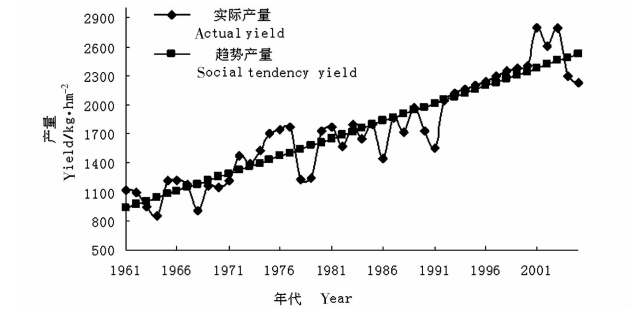
y = k í ! ! B / @ < & ' § ½ ù Ð " Ñ & # ! Ø P ¬

\ ¾ ^ ¬ " ! # ! £ / % 4 % & t " • † Û ç é &

N O O ' < % ! > P \$ 9 < = \$ " Q P % < % 8 9 = Q " ! #

# # ¬ " ! # 5 ! N ^ @ < & ' § ½ ù Ð ! Q ^ \$ A •

, &



L & # ¼ ½ ! " < Ä Ñ p + Æ æ Ñ p " v L

A ( 5 ? & # ! B % 4 5 \* " / % ' , % 9 ( \* : - % 4 - . " ; ( % ' \* 4 - \* 4 ; 9

9 ( \* : - " / D 8 % 4 ( : . " 9 7 \* % 4

! 4 ! # « ¬ Ñ p ¾ g 4 " R Ä

@ < & ' μ μ ù Ð Ç v ¬ " \$ # L ì

N<sub>M</sub> O N R N " \$ #

# # < ; / - μ μ ù Ð N<sub>M</sub> Ö { & t Î ' n ! j q “

! † j • Þ à ! f \$

N<sub>M</sub> S O " N R N # D N T & % 8 4 J " > #

# # WÀ ü ÿ = k • ! ' L „ ¥ N<sub>M</sub> S ! O , š A

" & % ( b 9 % v . ' & % v , b O % v < # % é € ° z ' 9 = ' , š A

" & % v . b O v . ' & % v , b % v < # 9 % % B ^ @ é ∈ G w Â

% é € “ • { æ j ä í æ & & í æ ∈ Ç v < x w ^

% 4 % & t L » C &

° z j - í æ ^ \$

# N<sub>M</sub> S f ! % 0 < \$ = ] % < % \$ 6 6 H & ] % < = ! ! 6 6 H ]

% < % \$ " 6 6 H \$ ] % < " O 6 6 H Þ ] % < ' ' 6 6 H 9 e % < O = 6 6 H

" 9 #

¬ " 9 # 5 ! 6 6 H \_ ^ j ä \$ \$ % & % v < ! . > 9 v š A

° ' z w é ∈ Õ % 6 6 H \_ ^ j ä \$ ! % & 9 v < ! 9 % v .

š A ° ' z w é ∈ Õ % 6 6 H \_ ^ j ä \$ & % & 9 v < !

9 % v . š A ° ' z w é ∈ Õ % ( Y \_ ^ Ä \$ & % & 9 v

< ! 9 % v . š A ° ' z w % é ∈ Õ % 6 6 H \_ ^ Ä \$ O %

& O % v < ! \$ 9 v . š A ° ' z w % é ∈ Õ % 6 6 H \_ ^ j ä

\$ ' % a & 9 v < ! 9 % v . š A ° ' z w % é ∈ Õ & í

æ Ç v < % 4 % & " • n ç é t L » C &

“ • j - í æ ^ \$

N<sub>M</sub> S ] & \$ < & ] & \$ = E J \_ ] % < ' E J \_ e % 9 % E J \_ ]

& < \$ \$ E J \_ e > < ' & & E J \_ e \$ < O E J \_ ] % < = > E J \_ ] > < % E J \_ O

" ' #

¬ " ' # 5 ! E J \_ ^ Ä “ \$ = % & % v , ! ' 9 v . š A

9 % % B H @ ' • { æ é ∈ Õ % E J \_ ^ j ä \$ > % = 9 v < !

9 % v . š A 9 % % B H @ ' • { æ é ∈ Õ % E J \_ ^ j ä \$ !

% & O v , ! \$ % v . š A 9 % % B ^ @ ' • { æ é ∈ Õ % E J \_

^ Ä \$ " % " 9 v < ! > % v . š A 9 % % B H @ ' • { æ é ∈

Õ % E J \_ ^ Ä \$ & % % O v < ! ! ! % v . š A 9 % % B ^ @ '

• { æ é ∈ Õ % E J \_ ^ Ä \$ & % ! 9 v , ! \$ % v . š A

9 % % B ^ @ ' • { æ é ∈ Õ % E J \_ ^ Ä \$ & % & 9 % v , !

\$ 9 v . š A 9 % % B ^ @ ' • { æ é ∈ Õ % E J \_ ^ Ä \$ & %

% ! % v , ! ! 9 v . š A 9 % % B ^ @ ' • { æ é ∈ Õ & í æ

Ç v < % 4 % & " • n ç é t L » C &

\$ # . Z d h « ¬ G s 0 ¾ • 4 " R Ä

\$ 48# À W j ú

\$ 48 48# ÷ “ ø μ ù ú # Ó • ç © . / @ < & ' é

∈ K ù t j ä \ • & † Û . / ç □ ! † x ! @ 7 8 K

ù t Ž • ç © ¥ - † x ! @ μ μ # \$ t æ • □ Ð

t <sup>(5)</sup> ! ^ È ! j @ < & ' é ∈ K ù i 0 % Þ à \$

( N \_ O " N \_ R N \_ R # D N \_ R T & % 8 4 J " = #

# # ¬ " = # 5 ( A ç ! ( \$ ! ( ) & ^ ! ( \$ t Ä “ \$ &

( N ^ ! ( \$ ; ! ( ) & \$ @ < & ' é ∈ K ù t h t

Õ ! N j N j & ' L ^ ! ( \$ j ! ( ) & \$ @ < & ' t

é ∈ K ù &

! 48 4 ! # ù ü ø μ ù ú # • š é ∈ μ z L ì \$

<sup>R</sup> O & T ) \_ ( " " O #

# # ¬ " O # 5 " ^ @ < & ' g „ £ " ! @ < & ' é

∈ g „ £ \$ Ä “ \$ & % & ( î ý \$ > % % ( <sup>( > )</sup> # <

¶ • ü ( é ∈ μ z ! ) ^ A ç F , æ ! " ^ & A ç F

t ü ( é ∈ μ z &

q z • ' L ì \$ q z ¥ . / • š ü ( μ z é ∈

Õ & - % æ Õ t x q Õ & b @ < & ' - < î ~ %

t 9 ( ' & % ( ' 2 2 ' \$ % ( " ; \$ & ( ' ; ! O ( ' ; ! " )

( # ! ~ C 9 L " % J ^ ' L ; > L # x L & Ô &

† j q z L ì \$

( H \_ O H \_ R H \_ R # " " #

# # ¬ " " # 5 ( H ^ † x ! @ & Õ È t q z æ Õ ! H

j H j & ' L ^ ! ( \$ j ! ( ) & \$ t q z &

3.2 预报模型建立

相关研究表明,相邻 2 a 巴西大豆平均单产变化可表示为:

$$\Delta Y = F(\Delta m) \tag{10}$$

式中,  $\Delta Y$  为相邻 2 a 巴西大豆平均单产的变化,即巴西大豆产量丰歉气象影响指数,  $\Delta m$  为相邻 2 a 气象条件的变化。参考以往研究成果<sup>[5]</sup>,先通过气象因子综合聚类方法筛选气象相似年,再根据相似年产量变化特点计算分析年巴西大豆产量气象影响指数,建立巴西大豆产量预报模型。采用气象因子综合聚类方法计算  $\Delta Y$ 。

计算气象因子综合聚类指标

欧氏距离 
$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^N (X_{ij} - X_{kj})^2} \tag{11}$$

相关系数 
$$r_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^N (\Delta X_{ij} - \Delta X_i)}{\sqrt{(\Delta X_{ij} - \Delta X_k)^2}} \tag{12}$$

综合聚类指标 
$$C_{ik} = \frac{r_{ik}}{d_{ik}} \times 100\% \tag{13}$$

式中,  $k$  为预报年,  $i$  为历史上的任意一年,  $N$  为样本长度,  $j$  为播种到截止日期每 5 日(月末为 4 或 6 日)进行计算的积温个数,  $\Delta X_{kj}$  为预报年巴西大豆

播种后至发布预报时的第  $j$  个气象要素差异,为历史上任意一年同一时段积温;  $C_{ik}$  为预报年( $k$  年)与历史上任一年( $i$  年)的综合聚类指标,  $C_{ik}$  越大,则预报年( $k$  年)巴西大豆产量变化与历史某一年大豆产量的相似程度越高。因此,选取积温最大 3 个  $C_{ik}$  值所对应的 3 个相似年型,得到 3 个对应的  $\Delta Y$ ,综合分析 1996 ~ 2005 年逐年巴西大豆产量 3 个预报的  $\Delta Y$  与对应的实际  $\Delta Y$  的关系,根据准确率的高低,最终确定  $\Delta Y$  的计算方法为:3 个历史相似年中最大  $C_{ik}$  值对应的  $\Delta Y$  即为预报年的  $\Delta Y$  值。然后,利用式(14)预报巴西大豆实际单产。

$$Y_i = Y_{i-1} \times (1 + \Delta Y_i/100) \tag{14}$$

4 结果与分析

4.1 预报检验

分别利用海温、环流预测模型式对 1996 ~ 2005 年巴西大豆平均单产进行了回代检验,利用气象指数预报方法对 1996 ~ 2005 年 4 月 30 日巴西大豆平均单产进行了预报检验。结果见表 1。

表 1 1996 ~ 2005 年巴西大豆平均单产预报检验结果

Table 1 Results and accuracy of prediction examination for Brazil soybean yield based on different models from 1996 to 2005/kg · hm<sup>-2</sup>

年份 Year	实际值 Actual yield /kg · hm <sup>-2</sup>	海温模型 Ocean surface temperature model		环流模型 Atmosphere circulation model		地面模型 Surface meteorological data model		集合模型 Integrative model	
		拟合值		拟合值		预报值		拟合值	
		Simulated yield	准确率 Accuracy/%	Simulated yield	准确率 Accuracy/%	Predicted yield	准确率 Accuracy/%	Simulated yield	准确率 Accuracy/%
		/ kg · km <sup>-2</sup>		/ kg · km <sup>-2</sup>		/kg · km <sup>-2</sup>		/ kg · km <sup>-2</sup>	
1996	2249.9	2025.5	90.0	2229.9	99.1	1994.5	88.6	2074.4	92.2
1997	2297.59	2132.4	92.8	2309.1	99.5	2345.9	97.9	2270.8	98.8
1998	2353.3	2270.2	96.5	2175.7	92.5	2106.1	89.5	2176.2	92.5
1999	2372.4	2489.8	95.1	2527.5	93.5	2754.1	83.9	2606.8	90.1
2000	2399.9	2599.0	91.7	2551.2	93.7	2721.9	86.6	2633.8	90.3
2001	2795	2686.8	96.1	2705.6	96.8	2605.5	93.2	2659.9	95.2
2002	2613.4	2666.5	98.0	2608.5	99.8	2719.5	95.9	2670.3	97.8
2003	2802.69	2513.3	89.7	2713.9	96.8	2665.7	95.1	2634.4	94.0
2004	2300.4	2437.4	94.0	2308.6	99.6	3190.4	61.3	2700.0	82.6
2005	2230.19	2158.1	96.8	2419.4	91.5	2163.9	97.0	2238.8	99.6
平均准确率 Mean accuracy/%		94.1		96.3		88.9		93.3	

从表1可以看出,基于环流模型预报模拟效果最好,平均准确率为96.3%,最低准确率为91.5%,10 a中有6 a准确率在95%以上、有10 a准确率在90%;其次是海温模型,平均准确率为94.1%,10 a中有5 a准确率在95%以上、有9 a准确率在90%。地面气象要素模型则偏差一些,平均准确率为88.9%,最低值为61.3%;这可能与仅用了温度因子而没有降水、日照等其它地面气象要素有关,模型不能完全反映气象条件的影响;例如2004年巴西大豆南部地区出现干旱,而北部部分地区降雨过多导致亚洲大豆锈病严重发生,造成单产减产,但模型无法体现降水的不利影响。

地面气象要素模型由于气象因子太少,不能完全反映出气象条件变化对大豆生长和产量的影响,但海温模型和大气环流模型作为传统的统计模型,筛选预报因子比较困难,并且随着预报年代的延长,准确率将下降。因为,为了增强模型的稳定性,根据各预报模型的模拟结果,建立集合预报模型,即:

$$Y_{集合} = a \times Y_{海温} + b \times Y_{环流} + c \times Y_{地面} \quad (15)$$

式(15)中 $Y_{集合}$ 为巴西大豆平均单产集合预报结果, $Y_{环流}$ 、 $Y_{海温}$ 和 $Y_{地面}$ 分别为地面模型、海温模型、环流模型和地面气象要素模型的预报结果。 $a$ 、 $b$ 和 $c$ 分别为3种预报方法的权重系数,根据集合模拟的效果,取 $a = 0.3$ , $b = 0.4$ , $c = 0.3$ ;最终集合模型对1996~2005年模拟结果见表1。

4.2 预报试验

利用2006和2007年海温、环流资料和巴西气象站实际气温资料,利用各模型对巴西大豆平均单产进行了预报,结果见表2。

表2 2006~2007年巴西大豆单产预报准确率

Table 2 Accuracy of prediction test for Brazil soybean yield based on different models in 2006 and 2007/%

	海温模型	环流模型	地面模型	集合模型
年代	Ocean surface	Atmosphere	Surface	Integrative
Year	temperature	circulation	meteorological	
	model	model	data model	model
2006	82.5	86.9	96.9	92.0
2007	99.1	79.9	94.1	96.1

从表2可以看出,2006年和2007年的预报试验结果中,地面模型的预报准确率比较高,而2006年环流模型和2007年海温模型的预报准确率偏低;而2006年、2007年的集合模型产量预报的准确率在

92%以上,可以满足业务需要。

5 结论与讨论

利用海温资料、大气环流资料建立了巴西大豆产量预报模型,模型回代模拟准确率较高,但筛选预报因子困难,随着未来预报年代的延长,预报准确率将有所下降。

地面气象资料模型简单、实用,可以反映实时气象条件的变化对大豆生长和产量的影响,但由于目前我国没有巴西历史降水、日照等地面气象资料,影响模型的准确性;若未来可以获取相关资料,则可以进一步完善模型,提高模型的准确率。另外,基于地面气象要素模型可在巴西大豆播种一段时间后开展动态预报,而该文仅选择了最后1次的预报结果进行了分析,在模型比较完善的基础上,可以实现巴西大豆动态预报。

为了提高模型的稳定性,对3种模型进行了集合;集合模型对2006年、2007年的预报效果好于海温和大气环流模型,准确率在92%以上,能够满足业务服务的需要。

参考文献

[1] 徐铮,毛维军. 巴西大豆贸易状况和中国面临的机遇[J]. 中国检验检疫,2006(1):46-47. ( Xu Z, Mao W J. The trade of Brazil soybean and chance of China[J]. Inspection Quaratine, 2006(1):46-47. )

[2] 王馥棠,李郁竹,王石立. 农业产量气象模拟与模型引论[M]. 北京:科学出版社,1990:40-41. ( Wang F T, Li Y Z, Wang S L. Introduce to meteorological simulation and model of agricultural yield[M]. Beijing: Science Press, 1990:40-41. )

[3] 王建林,赵四强. 全国棉花产量预报模式[J]. 气象,1990,16(5):26-29. ( Wang J L, Zhao S Q. A Cotton yield prediction model of China[J]. Meteorological Monthly, 1990,16(5):26-29. )

[4] 崔读昌. 世界农业气候与作物气候[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1994:154-155. ( Cui D C. World agroclimate and crop climate[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House,1994: 154-155. )

[5] 王建林,宋迎波,杨霏云,等. 世界主要产粮区粮食产量业务预报方法研究[M]. 北京:气象出版社,2007:50-53. ( Wang J L, Song Y B, Yang F Y et. Research on crops yield operational predicting for main food supplying regions in the world[M]. Beijing: China Meteorological Press,2007:50-53. )