

越南和泰国水稻产量预报研究

刘锦奎¹, 何 健¹, 沙奕卓², 王惠英¹

(1 广东省气候与农业气象中心, 广东 广州 510080; 2 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 应用全球海温月平均温度和 500 hPa 月平均高度格点资料, 分析越南和泰国水稻产量与海温变化和环流变化的关系. 采用 11 种不同的统计方法对趋势产量进行处理, 经相关普查, 运用逐步回归方法建立了不同气象产量序列与海温、环流回归模型. 经统计检验, 越南、泰国通过生长曲线方法处理的趋势产量和气象产量, 回归效果较好. 在分析回归模型物理意义的基础上, 对 2002 年的产量进行了试报检验, 误差仅 2%~5%, 说明可以在实践中应用.

关键词: 水稻; 产量; 预报; 越南; 泰国

中图分类号: S162.53

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)03-0001-04

Research on the rice yield forecast in Vietnam and Thailand

LIU Jin-luan¹, HE Jian¹, SHA Yi-zhuo², WANG Hui-ying¹

(1 Guangdong Climate and Agrometeorology Center, Guangzhou 510080, China;

2 China Meteorological Science Academy, Beijing 100081, China)

Abstract: This paper analyzed the relationship between the rice yields of Vietnam and Thailand, and global monthly average temperature of the sea surface and the height of 500 hPa. To separate the trends yield and meteorological yield, eleven different statistical methods were adopted. According to relevant widespread investigations, the regression models of different meteorological yield and the sea surface temperature and the circulation were built up by using step regression method based on the coefficient. The result of the tendency yield and meteorological yield estimated through growth curve method of Vietnam and Thailand are preferable by statistical testing. Based on the physical significance of the regression model, the yield in 2002 was predicted and the error was only 2%–5%. The results may be applied in practice.

Key words: rice; yield; forecast; Vietnam; Thailand

粮食生产严重欠收的年份主要是受到大范围的自然灾害和战争等因素的影响, 为了在世界粮食贸易中占据有利的地位, 世界各国都纷纷开展全球作物产量预报系统的研究, 其中以美国农业部最为突出, 美国在 20 多年前就开始开展全球的农作物产量预报, 为国内的粮食生产和出口提供依据. 我国是大米生产的大国, 也是大米消费大国, 为把握我国在大米贸易中的主动权, 开展主要大米贸易国的粮食产量预报, 对我国大米进出口的政策和价格制定具有

重要意义^[1~3]. 水稻生产与气象条件关系密切, 在农业生产水平和品种变更较少的情况下, 其产量的高低主要受到其生长发育期间的气象条件影响, 国内有关水稻生产与气象条件关系研究表明, 影响早稻产量的主要气象因子是早稻产量形成关键期的降水, 而影响晚稻产量的主要是产量形成关键期的温度^[4]. 因此, 从天气和气象灾害的角度来预测水稻产量是可行的, 我国气象部门应用天气统计模式已开展近 20 年的水稻产量预报, 主要应用地面气象条件

以及环流等因子进行气象产量预报,实践证明是可行的^[5-10]。本文从天气与全球环流和海温的关系入手,研究了泰国和越南水稻生产与环流和海温的关系,分析了环流和海温变化对泰国和越南的天气的影响,应用统计学方法建立泰国和越南的水稻产量与环流和海温的预报模式。

1 材料与方法

1.1 资料来源

越南、泰国的水稻产量资料来自 FAO 农业统计数据库。主要包括越南、泰国 1961~2002 年水稻种植面积、总产和单产。海温和环流资料来自 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 1950~2002 年逐月的全球海温月平均格点资料,格点密度 5° ,环流资料采用 500 hPa 的平均高度场的格点资料,格点间距也是 5° 。

1.2 趋势产量处理

一般认为作物产量是由趋势产量、气象产量和随机产量构成。趋势产量是作物在正常气候条件下,代表天气条件之外所有自然和非自然因素对产量的影响;气象产量则是代表气象因子的波动而影响的那部分产量;随机产量则是不可预见的因素造成的。即: $Y = Y_t + Y_w + Y_e$, 式中, Y 为作物产量, Y_t 为趋势产量, Y_w 为气象产量, Y_e 为随机产量。

由于随机产量属于不可控制因素,因此,一般在作物产量预报中予以忽略,这样作物产量就主要由气象产量和趋势产量构成。

趋势产量的处理多采用统计方法,为了获得较好的回归效果,本文分别应用 11 种方法进行了处理,其主要数学模型为:线性回归 $Y = b_0 + b_1X$;二次曲线 $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$;复合函数 $Y = b_0(b_1)^X$;生长函数 $Y = e^{(b_0 + b_1X)}$;对数函数 $Y = b_0 + b_1 \ln X$;三次函数 $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$;S 曲线 $Y = e^{(b_0 + b_1/X)}$;指数函数: $Y = b_0e^{b_1X}$;逆函数 $Y = b_0 + b_1/x$;幂函数 $Y = b_0X^{b_1}$;逻辑函数: $Y = (1/u + b_0b_1X)^{-1}$ 。式中, Y 为实际产量, X 为时间(年份), b_0 为常数, b_1, b_2, b_3 为回归系数。

2 结果与分析

2.1 海温、环流因子选取和相关普查分析

应用上述趋势产量处理结果,得到不同方法的气象产量,用气象产量与海温和环流格点数据分别

普查相关关系。为使建立的模式有一定的时效性,结合越南和泰国水稻生长发育期,泰国水稻的发育期主要在每年的 4~9 月,而越南南部和北部差异较大,北部水稻生长期主要在 2~10 月,南部则季节性不是很明显,但大多数生长期在 1~9 月,考虑到海温和环流因素对直接的天气影响有一定的滞后性,海温和环流因子采用当年 1~6 月数据与当年的气象产量直接普查相关关系,7~12 月则用上一年的海温、环流资料与当年的气象产量进行相关普查。然后在普查相关分析的基础上,选取相关系数能够通过 0.05 显著性检验的区域的格点平均值,作为一个因子。海温和环流因子虽然对天气影响的滞后性不一定相同,但考虑到海温本身对大气环流的影响以及它们之间的相互作用,我们在因子选取时采用了一致的时期,即下半年的因子都采用上一年的因子,为了减少统计上的偶然性,我们也不考虑上一年度上半年的因子。图 1 为泰国气象产量与上一年 9 月份环流格点数据的相关分布图。

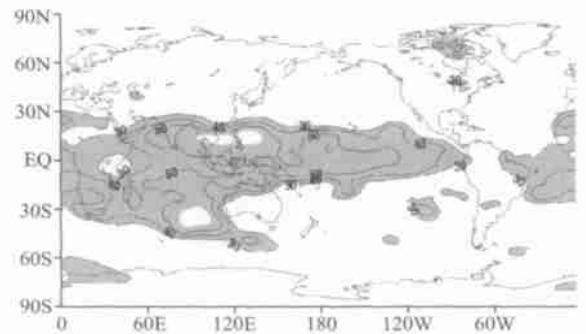


图 1 9 月份泰国气象产量与环流相关分布图

Fig. 1 Distribution chart of Thailand meteorological yield and the height of 500 hPa in Sept.

以线性回归为例,经过筛选,越南水稻气象产量与海温选取了 44 个因子,环流选取了 31 个因子。泰国海温选取了 18 个因子,环流选取了 34 个因子。

2.2 气象产量回归方程的建立

根据上述求取的气象产量序列和挑选的海温和环流因子,应用逐步回归的方法分别建立回归方程(表 1)。比较以上 11 种方法中求取的气象产量,根据海温和环流因子的拟合及回归显著性检验结果,选取气象产量海温和环流模式以及趋势产量都拟合较好的方法,作为最终选定的趋势产量处理方法。由此方法处理趋势产量所得到的气象产量序列建立的海温和环流模型也是最终用来进行实际预测的模型。

表 1 不同趋势产量处理方法拟合复相关系数

Tab. 1 Coefficients of different trend yield treated by different methods to match

处理方法 method	越南趋势产量	越南气象产量海	越南气象产量环流	泰国趋势产量	泰国气象产量海温	泰国气象产量环流
	拟合 trend	温拟合 meteo. yield	拟合 meteo. yield	拟合 trend	拟合 meteo. yield	拟合 meteo. yield
	yield and time	and sea temperature	and 500 hPa height	yield and time	and sea temperature	and 500 hPa height
	of Vietnam	time of Vietnam	of Vietnam	of Thailand	time of Thailand	of Thailand
线性回归 linear	0.873	0.804	0.680	0.874	0.634	0.355
二次曲线 quadratic	0.970	0.773	0.804	0.970	0.320	0.633
复合函数 compound	0.927	0.730	0.701	0.871	0.349	0.615
生长函数 growth	0.928	0.930	0.914	0.871	0.886	0.858
对数函数 logarithmic	0.914	0.836	0.809	0.914	0.834	0.647
三次函数 cubic	0.927	0.618	0.803	0.875	0.343	0.632
S 曲线 S-curve	0.927	0.726	0.698	0.870	0.363	0.616
指数函数 exponential	0.994	0.698	0.724	0.999	0.614	0.358
逆函数 inverse	0.9279	0.703	0.697	0.871	0.632	0.623
幂函数 power	0.955	0.795	0.836	0.932	0.783	0.667
逻辑函数 Logistic	0.891	0.794	0.629	0.871	0.781	0.786

泰国和越南趋势产量的处理方法中都是以生长曲线处理的气象产量序列与海温、环流建立的模式的回归综合效果最好。

2.2.1 泰国的模式 趋势产量模式: $Y_t = e^{-0.0005X+11.59}$

气象产量海温的模式: $Y_w = -33605.2 + 1406.073S_{wa3} + 1306.673S_{wb1}$ (S_{wa3} : 东经 $100^\circ \sim 175^\circ$, 南纬 $80^\circ \sim 90^\circ$; S_{wb1} : 东经 $120^\circ \sim 180^\circ$, 南纬 $75^\circ \sim 90^\circ$), 复相关系数 $(R)=0.886$ 。

气象产量的环流模式: $Y_w = -410458 + 50.572H_{ea7} - 10.069H_{ec5} + 13.943H_{wa4} + 13.759H_{eb10}$ (H_{ea7} : 东经 $85^\circ \sim 110^\circ$, 北纬 $35^\circ \sim 45^\circ$; H_{ec5} : 东经 $125^\circ \sim 165^\circ$, 南纬: $65^\circ \sim 70^\circ$; H_{wa4} : 东经 $120^\circ \sim 135^\circ$, 北纬 $75^\circ \sim 80^\circ$; H_{eb10} : 东经 $40^\circ \sim 65^\circ$, 南纬 $40^\circ \sim 45^\circ$), 复相关系数 $(R)=0.858$ 。

气象产量海温和环流综合模式: $Y_w = -331491 + 957.045S_{wa3} + 36.356H_{ea7} + 732.628S_{wb1} + 10.826H_{eb10} + 6.589H_{wa4}$, 复相关系数 $(R)=0.939$ 。

2.2.2 越南的模式 趋势产量模式: $Y_t = e^{-0.0007X+11.06}$

气象产量海温的模式: $Y_w = 47270.95 + 4439.183S_{wa1} - 1358.504S_{wa12} + 12283.28S_{ea2}$ (S_{wa1} : 东经 $120^\circ \sim 180^\circ$, 南纬: $75^\circ \sim 90^\circ$; S_{wa12} : 东经 $5^\circ \sim 40^\circ$, 南纬 $85^\circ \sim 90^\circ$; S_{ea2} : 东经 $150^\circ \sim 180^\circ$, 南纬 $75^\circ \sim 80^\circ$), 复相关系数 $(R)=0.930$ 。

气象产量的环流模式: $Y_w = -754684 + 416.333H_{eb8} - 36.247H_{eb5} + 36.588H_{wb2} - 35.142H_{wa1}$

$-259.695H_{wa9}$ (H_{eb8} : 东经 $35^\circ \sim 105^\circ$, 北纬 $20^\circ \sim 30^\circ$; H_{eb5} : 东经 $120^\circ \sim 155^\circ$, 南纬 $60^\circ \sim 70^\circ$; H_{wb2} : 东经 $15^\circ \sim 30^\circ$, 北纬 $35^\circ \sim 40^\circ$; H_{wa1} : 东经 $95^\circ \sim 125^\circ$, 南纬 $70^\circ \sim 80^\circ$; H_{wa9} : 东经 $130^\circ \sim 170^\circ$, 南纬 $0 \sim 5^\circ$), 复相关系数 $(R)=0.914$ 。

气象产量海温和环流综合模式: $Y_w = -459202 + 9413.574S_{wa1} + 109.534H_{eb7} + 7554.615S_{ea5} - 24.659H_{wa2}$, 复相关系数 $(R)=0.958$ 。

以上泰国和越南的模式中, e、w 表示东、西半球, a、b、c 表示选的因子, 数字表示月份, S 表示海温, H 表示环流。如 S_{ec12} 表示 12 月的东半球的第 3 个海温因子。

经 F 值检验以上建立的回归方程均达 0.01 的极显著水平。

2.3 模式的物理意义分析

从泰国和越南气象产量海温和环流综合模式选中的因子对比, 可以看出 7 月环流和 1 月海温对两国的气象产量都有影响, 它们的高相关分布如图 2 所示。泰国和越南的地理位置接近, 从图 2 分布的高相关区域可以看出, 500 hPa 环流场和海温场与 2 个国家水稻产量影响的高相关区域基本相同。从环流海温综合回归模型入选的环流因子主要有上一年 7 月、10 月和当年 4 月的因子, 而越南入选的因子主要是上一年 7 月以及当年 2 月的因子。入选的海温因子则是当年 1~3 月的因子。这说明泰国和越南两国当年的气候受到上一年下半年环流以及当年 1~3 月海温的影响比较明显, 而影响的主要天气系统有

印缅槽和副热带高压,这与高相关区域是一致的.泰国和越南两国都是季风气候国家,当年季风爆发的早晚,直接影响了当年雨季的早晚,季风的强弱则直接影响了降水的多少,而季风爆发的早晚和强弱受到前期的大气环流形势和海温状况的影响,从而海温和环流形势间接影响了水稻生产.越南和泰国水稻产量与气象因子的关系是一致的.2~4月降水对泰国和越南的水稻产量都有一定的影响,这主要是由于2~4月正是水稻生长前期,同时又正值这2个国家的旱季,降水少则直接影响水稻的插秧和前期的生长,尤其是泰国大部分水稻种植缺乏灌溉条件,主要依靠自然降水,受降水的影响就更加明显.而2~4月温度的影响主要体现在两国的北部地区,这与我国华南地区早稻受气象条件的影响有相似之处,即早稻播种育秧和生长前期若温度较低,则反而有利于水稻高产,这主要是由于温度偏低,可能导致季节推迟,反而有利于早稻利用生长后期的高温强光天气而提高产量.从环流场上分析,中南半岛西部的印缅槽,当其减弱时,暖湿气流为泰国和越南两国带来充沛的降雨量;而当中南半岛东部受西太平洋副热带高压控制时,出现晴朗天气,保证了水稻生长充足的日照.从这2个国家水稻生产的主要区域的气候条件分析可知,象越南南部和泰国中部这种接近赤道的低纬地区,其年季间气候波动较小,而越南北部和泰国东北部和北部地区则气候波动较大,气候条件对水稻产量的影响也更加明显.

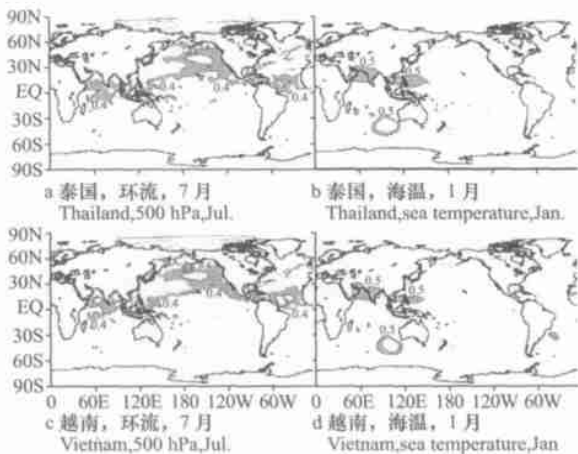


图2 泰国和越南环流、海温高相关区域图

Fig. 2 Chart of high relationship area of Thailand and Vietnam of the height of 500 hPa and sea temperature in Jul. and Jan

3 讨论

根据2002年的海温和环流资料预测,泰国2002年水稻单产为 $2\ 367.5\ \text{kg}/\text{hm}^2$,越南为 $43\ 011.2\ \text{kg}/\text{hm}^2$,与实际产量相比泰国和越南误差分别为2%和5%,说明模式有较好的预报能力,可以在实践中进一步检验应用.

统计预报的基本原则是假设未来预报年预报对象和预报因子的相互关系仍与两者在过去历史演变中所形成的相互关系相同,就具体产量预报来说,即作物产量与环境气象条件在历史演变中形成的相互关系将不随时间而变.但实际情况并非如此.预报对象与预报因子之间的相互关系在时间序列上是不稳定的,所以应用原有模式进行未来年产量的外推预报,必将使预报效果受到影响,这往往是产量预报成败的关键.从上述的分析过程和最后结果来看,模式用于未来1~2年的预报,其预报误差不会很大.

为了使现有产量预报模式获得进一步的改进与提高,应使用一些更为稳定的因子与过程,如土壤水分贮存量、植株的光合潜力等.

海温和环流对泰国、越南水稻产量的影响,虽然统计上是显著的,但是实际相互关系和作用机理复杂,有待进一步深入研究.

参考文献:

- [1] 陈惠哲,朱德峰.全球水稻生产与稻作生态系统概括[J].杂交水稻,2003,18(5):1-4.
- [2] 魏道智,宁书菊.泰国的稻米出口和稻米生产[J].天津农林科技,1994,(4):40-41.
- [3] 陈庆平.杂交水稻在越南的概况[J].杂交水稻,1993,(5):38-39.
- [4] 邱新法,曾燕,黄翠银.影响我国水稻产量的主要因子研究[J].南京气象学院学报,2002,23(3):356-360.
- [5] FAO. World rice statistics 2002[R]. Rome: FAO, 2002.
- [6] 顾节经.提高粮食产量预报模式稳定性及准确性的探讨[J].山东气象,1995,(3):8-11.
- [7] 韩永翔,伊东.作物产量预报新方法研究[J].干旱地区农业研究,2002,20(3):124-127.
- [8] 史永臣,刘振忠.农作物产量预报模型研究与实践[J].生物数学学报,2001,16(2):229-233.
- [9] 钱拴,王建林.农业气象作物产量预报的特点与思考[J].气象科技,2003,31(5):257-260.
- [10] 姚正兰.北半球500 hPa高度场资料在产量预报中的应用[J].贵州气象,1992,(3):21-23.

【责任编辑 周志红】