

苏联粮食产量预报方法的初步研究

蓝 鸿 第

(国家气象局气象科学研究所)

潘 华 盛

(黑龙江省气象局气象科学研究所)

提 要

苏联粮食产量有准2年和4年振荡周期,它与准2年赤道平流层位相风有较好的对应关系,吹西风往往歉收;吹东风则经常丰收.并与南方涛动有4年左右同相振荡关系,涛动由高指数变化为低指数时,粮食大多为歉收;反之多为丰收.4—6月份500hPa环流形势,西欧有阻塞建立且稳定,并在欧洲盛行“N”型环流形势时,则有利于粮食丰收;反之则歉收.

一、前 言

由于经济计划工作和农业生产的需要,近几年我国产量预报工作有了较快的发展,并且开始探索其它国家及全球的农作物产量预报^[1-3].苏联是我国邻邦,其粮食的丰歉不但影响着世界谷物市场的价格,而且对我国的农产品进出口规划也有一定的关系.因此研究苏联粮食产量预报不但有学术价值而且有明确的经济意义.

气象因子的变化是引起粮食产量波动的主要自然因素,而气象因子的变化是受大气环流变化制约的.影响大气环流变化的一个重要原因就是热源的加热效应.众所周知,对全球大气环流形势变化有影响的埃尔尼诺-南方涛动现象是被海洋和气象学家所证实了的,苏联也同样受到它的影响.本文分析南方涛动指数和赤道地区平流层位相风的振荡周期与苏联粮食产量周期振荡的关系,并在此基础上进一步分析在各个季节里环流形势变化对粮食产量的影响,得出影响苏联粮食产量的关键季节所具有不同类型的环流形势特点,以此建立预报粮食产量的天气学模型.

二、资 料

苏联1949—1980年粮食产量资料取自《世界农业》;500hPa高度资料取自气象出版社出版的1951—1980年高度场和距平场;平流层位相风和南方涛动(简称SOI)资料取自美国出版的每月气候月报.

1985年7月29日收到,12月27日收到再改稿.

将粮食产量序列转换成相对产量 y ,

$$y = \frac{y'}{\bar{y}'} \times 100$$

式中 y' 是实际产量, $\bar{y}'$ 是粮食产量平均值. 再将 y 分解成气象产量 y_w 和趋势产量 y_t , 即:

$$y = y_w + y_t$$

y_t 用回归方程拟合,

$$y_t = 57.93 + 2.62t$$

相关系数 $r = 0.89$, 再对回归效果的显著性作 F 检验, $F = 114.3 > F_{\alpha=0.01}$, 说明回归效果显著. t 为年序号, y_w 为在农业技术措施正常情况下由于气象因子变化而引起的产量波动.

三、苏联粮食产量与赤道上空大气环流年际振荡的关系

我们计算了 y_w 的功率谱, 发现有 2 年、4 年和 16 年周期的变化, 它们的谱值分别为 0.2089、0.1806、0.1860, 均通过 0.05 信度, 大于 0.1660 的红噪声谱值, 因而可以认为其周期是显著的. 据分析表明: 苏联粮食产量 2 年周期与赤道平流层(30hPa) 东西风位相准 2 年振荡有关. 大约在 20 年前人们就注意这样一个事实: 赤道平流层的风有明显的年际变化, 即当年为强东风, 紧接着下一年就是强西风, 这种周期性变动被称为“准二年振荡”, 其周期变化在 20—30 个月^[4]. 苏联科学家 1970 年在赤道大西洋上空进行科学考察时也证实了这一事实. 利用坎顿岛 (2°46'S, 171°43'W) 1954—1975 年和纳塔尔 (5°55'S, 35°15'W) 1976—1980 年 30hPa 东西风位相资料与 y_w 制作年际变化见图 1. 由图可见, 除 1963 年外, 凡是粮食歉收年, 1957、1965、1967、1972、1975、1979 和 1980 年, 赤道太平洋上空平流层吹西风; 而粮食丰收年除 1978 年以外, 1958、1966、1968、1970、1973 和 1976 年赤道太平洋上空平流层则吹东风.

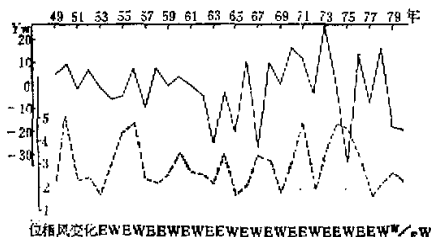


图 1 苏联粮食产量(实线)与赤道太平洋上空 30hPa 位相风及 SOI 指数(虚线)年际变化的关系

另据一些研究成果表明, 赤道太平洋上空经向环流强度变化同纬向环流强度变化之间, 存在着一类反相的低频耦合振荡, 振荡周期约为 48 个月^[2]. 一般采用 SOI 指数(塔西堤岛减达尔文站的海平面气压)表示经纬向环流强度变化, 如 SOI 指数上升, 表示经向环流减弱, 将转向纬向环流, 信风活动加强; SOI 指数下降, 表示纬向环流减弱, 将转向经向

环流,信风活动减弱(见图 1)。图中虚线给出了 1949—1980 年 SOI 指数年变化曲线,与 y_{ss} 逐年变化作对应分析,可见到,粮食歉收的年代,除 1967 年外绝大部分对应 SOI 指数下降趋势或对应谷值,这表明赤道太平洋地区由纬向将转向经向环流。从计算年 SOI 和 y_{ss} 的交叉谱中发现,它们之间有 4 年和 16 年周期同相振荡,它们的凝聚值分别是 0.8682 和 0.6433,均大于信度 0.05 的凝聚临界值 0.6295。据此可判断 SOI 低值年份,也就是埃尔尼诺现象出现年份对苏联粮食产量也是有影响的。下面将埃尔尼诺年与 y_{ss} 、SOI、平流层位相风之间的关系列于表 1。

表 1 y_{ss} 、SOI、位相风

	歉年(埃尔尼诺年)							丰 年						
年	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972	1950	1958	1966	1968	1970	1973	1976
y_{ss}	-1.8	-2.0	-8.5	-25.2	-19.5	0.0	-3.8	8.8	7.9	9.9	8.7	16.4	24.6	13.7
SOI (6—8 月)	0.2	0.2	1.0	1.0	-0.2	0.7	-0.2	3.9	1.7	1.5	2.3	2.3	3.0	0.7
30hPa 位相风			W	E	W	W	W		E	E	E	E	E	E

从表 1 中可看出,埃尔尼诺年 SOI 值在 1.0 或以下,平流层位相风大多吹西风,粮食产量不高。而 SOI 值在 1.5 或以上,位相风吹东风则产量较高。据蓝鸿第研究,全球粮食、稻谷、棉花产量和日本稻谷产量也均受埃尔尼诺现象的影响^{1,2)}。

Wallace 的大气遥相关理论曾指出:低纬热源异常强迫所产生的准定常行星波,准水平地传播到高纬度对流层上层,改变那里高度场距平分布,可以引起北半球大气环流的 PNA 流型(太平洋北美型)的异常^[6]。章名立等将这种 PNA 流型考虑欧亚太平洋部分称之为 PEA 流型,即中纬度地区 500hPa 高度场欧洲为正距平,亚洲为负距平,太平洋副热带地区亦为正距平。在埃尔尼诺年里夏季至冬季基本是这种流型结构。因此我们认为在 SOI 低值的埃尔尼诺年里,欧洲夏季高空基本是反气旋控制,导致干旱少雨,这可能是粮食歉收的原因之一。我们统计了 7、8 月欧洲 10—60°E, 40—70°N 500hPa 距平场正负面积指数,10°×5°经纬、网格共 42 个网格点参加统计,结果见表 2。

表 2 埃尔尼诺年正面积指数(总点数 42)

年 月	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972
7	0.62	0.64	0.88	0.74	0.36	0.52	0.86
8	1.00	0.90	0.60	0.62	0.26	0.81	0.83

1) 蓝鸿第, 1984, El Niño 对日本水稻产量的影响。

2) 蓝鸿第, 1985, 用 El Niño 对全球粮食、稻谷、棉花产量的估测。

从表 2 可以见到, 埃尔尼诺年欧洲大部地区 7、8 月份除 1965 年外都为反气旋控制。

四、西欧阻塞高压建立及“N”型天气形势 与苏联粮食产量的关系

γ 。消长的关键在于适合作物生长的气象因子是否具备, 而这些因子又被综合地反映在一定的环流形势上。因此可以认为粮食产量的不同也反映出其前期环流形势的不尽相同。为反映粮食产量与各时期环流形势的关系, 我们计算了粮食产量与 3—9 月北半球 500hPa 高度场 $10^{\circ}-85^{\circ}\text{N}$, $10^{\circ}\times 5^{\circ}$ 经纬网格逐月逐点 1954—1980 年的相关系数。计算结果相关系数取等于或大于 ± 0.35 , 至少连续两个月在同区或附近地区稳定出现, 绘于图 2 中。由图 2 看出主要相关区集中在欧洲、北非和阿拉伯区域, 次之在阿拉斯加以南洋面上有一块负相关区。而在亚洲大部和北美没有很好的相关区。在时间上, 表明欧洲和北非地区在 4—6 月内天气形势变化将对苏联粮食产量发生重要影响。

下面着重分析丰歉年 4—6 月大西洋、欧洲、北非天气形势变化。取丰歉的 1966、1970、1973 和 1978 年, 取年年的 1963、1965、1967 和 1975 年, 分别作它们的逐月距平成平均图, 并进行对比分析。4 月份 500hPa 形势是, 丰年: 冰岛地区被高压控制, 它的东北-西南为一斜槽; 歉年: 形式正好相反, 冰岛低压发展, 在它东部和南部有高压脊伸展 (图略)。

5 月份, 丰年: 冰岛附近高压向东移动并开始形成西欧阻塞高压, 控制整个斯堪的那维亚半岛, 而原来在冰岛以东的斜槽已大大向东收缩, 控制着东欧, 南部高压带则依然维持。歉年: 5 月份冰岛低压向西摆动, 整个欧洲为北脊南槽形势。上

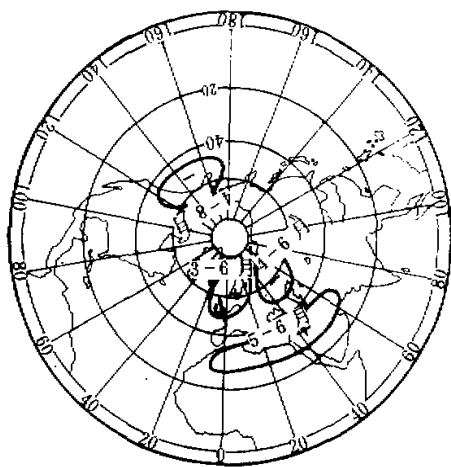


图 2 粮食产量与北半球 500hPa 高度
相关场分布 (3—9 月)

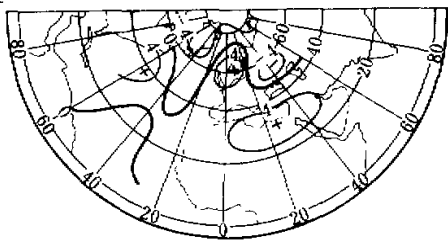


图 3 5 月丰年合成减歉年合成 500hPa 距平差值形势

述丰歉形势从它们的差值图就很清楚地反映出来。差值图基本反映丰年形势，图中符号颠倒过来则反映歉年形势。为此我们制作包括联系 4、5 月黑海以北低槽系统与 5 月包括西欧阻高和北非高压带系统在内并与产量相联系的点聚图 4。由图 4 看出，正常年基本沿

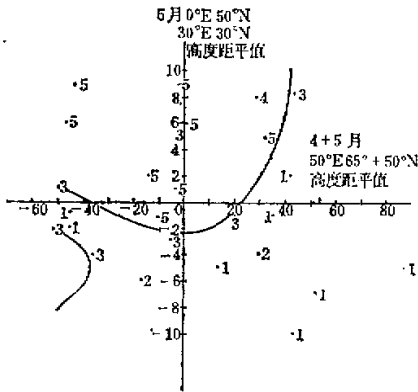


图 4 5 月西欧阻高、北非高压与 4+5 月东欧低槽和粮食产量关系

1: 歉年, 2: 偏歉年, 3: 平年,
4: 偏丰年, 5: 丰年

黑实线附近波动，而在实线以上为偏丰和丰年；以下为歉年和偏歉年。6 月丰年的天气形势，西欧阻塞高压向东北方向发展，高压中心由英格兰移至斯堪的那维亚半岛，形成一个由北美东海岸至新地岛的东北-西南向高压脊。低压槽位置基本少动，控制黑海以东和以北地区。北非高压仍在 5 月位置上。歉年 6 月形势变化较大，整个大西洋和欧洲地区呈现北槽南平直型，槽中心在斯堪的那维亚半岛。丰歉主要形势见差值图 5，不再赘述。将 4—6 月丰歉年形势综合起来考虑制成图 6。图 6 中所见整个西欧和北欧为高压控制，与亚速尔、北非、阿拉伯高压带联成一体。在黑海及以北乌拉尔地区为低槽控制。这种欧洲

环流形势像 N 字形，因此称为“N”型环流。这种形势的建立和稳定，使极地冷空气受阻不能直接进入欧洲，再加上乌拉尔山屏障作用，使冷空气势力大减。此时由于大西洋，特别是地中海暖湿空气随西南气流进入苏联欧洲部分，将对苏联偏南一些地区影响更大一些，在这种有利天气形势控制下，粮食将获得丰收。如果 4—6 月欧洲盛行反“N”型

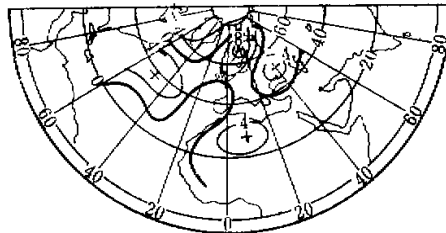


图 5 6 月丰年合成减歉年合成 500hPa 差值形势

环流，则将歉收。我们选取欧洲 5 月份 0°E 、 30°N ， 30°E 、 30°N 两点 500hPa 高度距平和表示两部系统；用 50°E 、 50°N 一点距平表示东部系统。如果西高东低则为“N”型，相反西低东高则为反“N”型，再将丰歉年 5 月出现环流型对应列于表 3。从表 3 中看出歉年在 5 月欧洲盛行反“N”型环流或大部为气旋控制。丰年除 1965 年外盛行“N”型环流，其中二年为反气旋控制。另外我们也发现在埃尔尼诺年里 5 月欧洲基本盛行反“N”型环流或气旋环流（也包括 1951、1953 和 1969 年）。我们知道在埃尔尼诺年 5 月份赤道

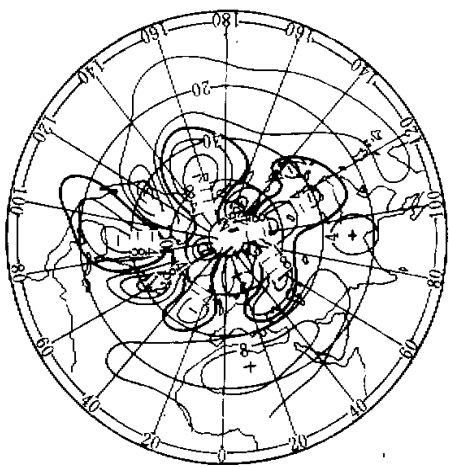


图 6 北半球 500hPa 4—6 月丰年歉年合成差值形势

表 3 丰歉年环流型

	歉 年										丰 年							
年 份	1954	1957	1963	1965	1967	1972	1975	1977	1979	1980	1956	1958	1966	1968	1970	1973	1976	1978
环 流 型	N	N	-	-	N	N	N	N	N	N	N	N	+	N	N	+	N	N

注：“-”表示低压控制；“+”表示高压控制

东太平洋海温开始上升，7、8 月已升到+1℃以上，海温开始发生异常增暖，这样在赤道上空积聚大量的热量和角动量，将随着准定常行星波准水平地传播到高纬度的对流层上层，引起北半球欧亚太平洋区域 PEA 流型，因此在埃尔尼诺年 5 月盛行反“N”型环流，到了 7、8 月间欧洲大部将被高压控制。

通过以上天气事实统计分析，初步得出一个结论：SOI 指数下降至 1.0hPa，埃尔尼诺年，平流层高空一般盛行西风，春季欧洲 500hPa 上空盛行反“N”型或气旋性环流，在 7—8 月则盛行反气旋性环流，苏联粮食可能为歉收年。反之，则可能为丰收年。

五、建立预报方程

根据以上分析，选取有预报意义的因子建立回归方程。选定 x_1 为图 4 中横坐标 4+5 月，50°N + 65°N、50°E 两点高度距平值的和； x_2 为图 4 中纵坐标 5 月 0°E、50°N，30°E、30°N 两点高度距平值之和； x_3 是选定 6—8 月 SOI 指数，考虑可以提前提供预报信息。这样组成以下线性预报方程：

$$\hat{y}_w = -1.2281 + 1.2276x_1 - 0.1319x_2 - 0.0830x_3$$

$$Q = 2956.99,$$

$$r = 0.66 > r_{0.05} = 0.59.$$

小结: 通过上述分析表明, 苏联粮食产量波动是与年、季、月时间尺度的大型天气过程变化相联系的, 所以利用前期天气形势发展的特点和各种指标, 可以估测其产量。

参 考 文 献

- [1] 蓝鸿第等, 1982, 东北地区粮豆产量预报, 科学通报, 6, 383.
- [2] 蓝鸿第, 1984, 我国产量预报工作近况, 农业气象, 4.
- [3] 蓝鸿第等, 1987, 农作物产量预报方法, 气象出版社.
- [4] Veryard, R. G et al., 1961, Fluctuations in tropical Stratospheric wind, *Meteorological Magazine*, 90, NO. 1036, 125—143.
- [5] 符宗斌, 1979, 平均经圈环流型的转变与长期天气过程, 气象学报, Vol. 37, No. 1, 74—84.
- [6] John. M., 1981, Teleconnection in the geopotential height Field, *Mon. Wea. Rev.*, 109, 784—812.

A PRELIMINARY STUDY ON THE FORECAST OF GRAIN YIELD IN THE SOVIET UNION

Lan Hongdi

(Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration)

Pan Huasheng

(Bureau of Meteorology of Heilongjiang)

Abstract

The grain yield in the Soviet Union has oscillatory period of quasi-biennial and quasi-quadrennial years. They have good relations with the change of the equatorial stratosphere phase wind and of the south oscillation indices respectively. The yield increased under the east wind and decreased under the west wind frequently. And the yield descended when the south oscillation indices dropped down or ascended when the indices arose up. In Europe during April to June a stable blocking high is maintained and if the circulation pattern takes the shape of "N", there will be an abundant harvest.