

吉林省气候变化对粮食产量的影响

丁士晟

吉林省气象科学研究所

摘 要

吉林省粮食产量的丰欠与气象条件关系密切,高温、少雨、多日照的年份将是丰年,低温、多雨、少日照的年份将是欠年。

长春5~9月气温有明显的阶段性,1953年以来吉林省处于低温时期,冷害频繁发生,可以认为1975年已转入暖期,未来30年冷害频率和强度都会降低。吉林省降雨有明显的十一年左右少雨交替出现的现象。1965年以来已连续十四年处于少雨时期,预计1979年至迟1981年将转入多雨时期,这个多雨期将持续9~12年。未来将转入多雨期,对农业生产是很不利的,我们应该引起足够的重视,来避免粮食产量出现新的徘徊。

从1972年世界气候异常以来,气候变化引起人们广泛的重视。我们要在本世纪末实现四个现代化,未来吉林省气候怎样,气候变化对我省粮食产量影响有多大,这是大家所关心的,本文对这二个問題将我们最近的研究成果作一概要介绍。

一、气候变化对粮食产量的影响

作者在1961年〔1〕研究吉林省主要农作物丰欠与气象条件的关系时认为:整个生长期“少雨、高温、多日照”的年份我省是丰收年;“多雨、低温、少日照”的年份往往是欠收年。我省粮豆产量和主要粮食作物(指玉米、高粱、谷子)与5~9月降水关系密切,我省除了大豆外,其余五种作物,气温偏高的年份往往偏丰,气温偏低的年份往往偏欠。水稻是喜温作物,与气温关系密切。

这是十八年以前,只用1949到1960年资料得到的结论,现在还合适吗?最近十余年我省处于少雨、低温时期,特别是1969、1972、1976年三年低温减产,使人们对气温与农业丰欠的关系都有清楚的认识。

首先对产量进行一些分析,表1给出1949~1958年、1959~1968年、1969~1977年,三个十年(最后以九年),各种作物平均单产及平均每年增产。

表 1

| | 粮豆 | 水稻 | 玉米 | 高粱 | 大豆 | 谷子 | 小麦 | |
|----------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| I 1949—1958年 | 153.4 | 367.3 | 175.5 | 163.9 | 145.7 | 130.2 | 81.3 | |
| II 1959—1968年 | 165.6 | 431.1 | 187.3 | 198.6 | 138.5 | 125.2 | 107.6 | |
| III 1969—1977年 | 236.7 | 482.7 | 296.7 | 244.6 | 134.7 | 160.2 | 138.4 | |
| 平均增长 | I → II | 1.2 | 6.4 | 1.2 | 3.5 | -0.7 | -0.5 | 2.6 |
| | II → III | 7.1 | 5.2 | 10.9 | 4.6 | -0.4 | 3.9 | 2.3 |
| | I → III | 4.2 | 5.8 | 5.6 | 4.1 | -0.6 | 1.6 | 2.5 |

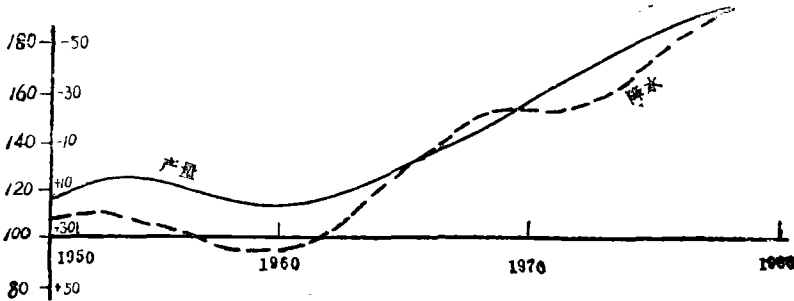
从表 1 可以看到我省粮豆增长速度是很低的，平均每年每亩增长仅 4.2 斤，低于全国平均增长速度（1965～1975 年全国平均每亩增长 7.7 斤），

与世界上农业发展快的国家相比差距就更大了。我省解放以来大豆单产是逐年稳步下降的，谷子、小麦平均每年每亩仅增长 1.6 斤和 2.5 斤，增长最快的是水稻、玉米，也只有每年每亩增长 5.8 斤和 5.6 斤。

又进一步对各种作物单产用最优化分割法及统计检验进行分析，大多数作物是稳步缓慢增长，只有玉米在 1973 年有一次突破，1973～1977 年玉米平均亩产 347.6 斤，是 1949～1958 年十年的 1.98 倍，这可能是推广杂交种及气候条件较好所致。

人们在研究农业产量与气象条件关系时，往往用滑动平均，或配一组趋势方程，认为这种稳定的趋势变化是品种改良、耕作技术、以及人们主观努力所造成的，而扣除这种趋势变化则是气象原因所造成的。将粮食产量滑动平均值和气象要素滑动平均值作了比较，发现粮食增长曲线和 5～9 月雨量的减少有惊人的一致性，图一给出这两条曲线。

产量 降雨
亿斤 毫米



我们计算了这两者的相关，得到相关系数为 -0.96，相关系数竟如此之高，说明了二者关系十分密切。

可以用这样的方程来描述粮食产量趋势变化。

$$Y = 138.9 - 0.86R$$

Y 是吉林省粮豆总产的趋势值，单位亿斤。R 是吉林省与 5～9 月平均雨量距平的趋势值，单位毫米。

这个公式表示降雨量五年平均减少 10 毫米，粮豆趋势产量增加 8.6 亿斤，用这个公式可以使产量的均方差由 27.2 亿斤降到 7.4 亿斤。同时也计算了粮豆趋势产量与 5～9 月气温、日照趋势值，其相关系数仅 0.083 和 0.020，说明了粮豆趋势变化主要决定降水、而气温、日照影响较小。

人们会问这个计算有没有道理？作者在 1961 年 [1] 就指出吉林省粮豆产量与降雨量

其相关系数达-0.88。当时只有13年资料，如果用1951~1978年28年资料计算吉林省5~9月逐年雨量和逐年粮豆产量的相关系数达-0.44，其信度达0.02，就是有98%的把握说明每年5~9月雨量多少和粮豆丰欠存在一定关系，也就是多雨年减产，少雨年丰收。这和中东部群众反映的我省怕涝不怕旱是一致的。多雨涝年有1954、1956、1957、1960、1964年，这几年平均比上一年减产10%。典型的少雨年有1958、1967、1970、1978年，平均增产22%。我省中东部地区雨量充沛，比较湿润，雨多往往造成涝灾而减产。从上述这些分析看来，粮豆产量增长趋势变化和降雨趋势变化有密切关系不是偶然的。由于1965年以来我省一直处于少雨时期，涝灾减产已逐渐被人们忘记，降雨多少对产量的影响也被人们所忽视。应该再一次重申，再一次强调降雨多少仍然是影响吉林省粮豆产量的主要因素，如果对此有所轻视，是要吃大亏的。

粮豆增长趋势和降雨减少趋势，有如此高的相关是一个十分严重的问题。吉林省解放三十年来粮豆产量增长速度很慢，平均每年仅增长2.5亿斤，单产每年每亩增长仅1.2斤，就是这么一点增长，其中还有相当一部分是天气原因所造成的。1949~1964年这15年，我省基本处于多雨时期粮豆产量徘徊不前，气象条件好的年份可以增产十几到二十几亿斤，一遇自然灾害，粮豆就减产十几亿斤甚至二十几亿斤，粮食总产量在98亿斤到136亿斤徘徊，最高和次高产量出现在1952年和1953年，而不在后期，产量趋势曲率呈一正弦波，其峰值在1953年。1965年以来不论总产还是单产都有明显增长，从1966~1976年十年单产平均每年每亩增长9.3斤，总产平均每年增长5.4亿斤，1965~1978年我省一直处于少雨时期，没有因涝而大减产，降雨趋势是愈来愈少。

通过产量分析，应该指出1965年后扩大玉米面积，推广杂交种，以及种子改良，改进耕作技术也起了相当作用。并且可能是起了主要作用。但是我们不要被最近十几年产量直线增长所迷惑，要认识到气候条件好转也是一个不可忽视的原因。

气候条件当然不仅影响产量的趋势变化，也会影响每年的丰欠，为了研究逐年丰欠，一般用扣除趋势产量的产量，即脉动产量，统计分析气候条件与脉动产量的关系。王书裕〔2〕分析了1954~1959年，1964~1972年14年资料，得到脉动产量与5~9月气温关系密切，高温年丰收，低温年欠收，并且可用下式描述5~9月气温和脉动产量的关系。

$$\Delta y = 3.29 \sum_{5}^{9} \Delta T$$

其中 Δy 为全省粮豆产量与趋势产量的差，也就是脉动产量，单位亿斤。 $\sum_{5}^{9} \Delta T$ 表示5~9月平均气温的距平和，单位度。

我们用1951~1978年28年资料计算了脉动产量与5~9月气温和日照的关系，脉动产量与5~9月气温的相关系数达0.58，信度达0.001，表明5~9月气温与粮豆丰欠有密切关系，脉动产量与5~9月日照也有一定关系，二者相关系数达0.31。

类似可以得到二个方程：

$$\Delta y'_1 = 3.4 \sum_{5}^{9} \Delta T, \quad \Delta y'_2 = 0.057 \sum_{5}^{9} \Delta s,$$

其中 $\sum_{5}^{9} \Delta s$ 表示5~9月日照时数距平，单位小时。

就是5~9月气温增加1°C, 可使粮豆增产3.4亿斤左右。5~9月日照增加100小时, 可使粮豆增产5.7亿斤左右。气温高, 日照多, 光合作用强, 所以增产, 这是很容易被人们所接受的。

进一步分析解放以来三十年产量年际变化, 可以看到最近十年产量变幅特别大, 变幅大就是不稳产, 对计划经济影响很大。表2列出产量变幅和气象要素变幅。

表2

| | 产量 亿斤 | 气温 度 | 降水 毫米 | 日照 小时 | 相对变率 | | | |
|-----------|----------|---------|----------|----------|------|------|------|------|
| | | | | | 产量 | 气温 | 降水 | 平均 |
| 1949—1958 | 16.2 | 3.9 | 1.5 | 1.3 | 0.94 | 1.09 | 1.30 | 1.26 |
| 1959—1968 | 9.3 | 2.3 | 65 | 83 | 0.54 | 0.64 | 0.78 | 0.82 |
| 1969—1978 | 26.4 | 4.5 | 70 | 65 | 1.53 | 1.26 | 0.84 | 0.95 |

由表2可以看到这三个十年以1959~1968年产量变幅、产量相对变率以及气象因子相对变率均最小, 1969~1978年产量变幅和产量相对变率均最大, 产量变幅达26.4亿斤, 是1949~1958年16.2亿斤的1.63倍。而气象因子1969~1978

年平均相对变率为0.95, 是1949~1958年1.26的76%。由此可见, 最近十年产量有如此大的变幅不是气象因子平均变幅所造成的, 很可能是为了高产而大量推广晚熟品种所致。就水稻而言, 晚熟品种暖年和冷年产量相差41%, 而中早熟品种仅差13%。要稳产高产, 应该注意培育和推广高产的中早熟品种。

二、我省5~9月气温变化及其展望

1972年世界气候异常以来, 气候变化引起人们的重视, 有变冷说, 甚至有小冰河期将要到来的说法。也有变暖说, 其说不一。我国著名科学家竺可桢, 1973年〔3〕用物候记录研究了近五千年我国气候变迁的历史。这五千年可以分为四个温暖时期: 即公元前3000年到公元前1000年; 公元前770年到公元初; 公元600年到1000年; 公元1200年到1300年。温暖期比现在高2度, 温暖时期愈来愈短, 温暖程度愈来愈低。四个寒冷时期为: 公元前1000年到公元前850年; 公元初到公元600年; 公元1000年到1200年; 公元1400年到现在。在最近500多年的寒冷期又有四次变冷, 三次回暖。变冷期为1470~1520年, 1620~1720年, 1840~1870年, 1945年以来。回暖期为1550~1600年, 1720~1830年, 1916~1945年。

分析我省气温与我国气温和世界气温大体相似。表3列出1911~1970年, 全球、全国和吉林省5~9月平均气温比较表。

表3

| | 全 球 | | 全 国 | | 吉 林 省 | |
|-----------|------|------|---------|-------|-------|--|
| | 低/高 | 冷暖等级 | 冷暖 | 5—9月T | 冷暖 | |
| 1911—1920 | 1.86 | 最冷 | 2.99 冷 | 18.60 | 最冷 | |
| 1921—1930 | 0.44 | 最暖 | 2.90 暖 | 19.26 | 最暖 | |
| 1931—1940 | 0.71 | 暖 | 2.93 暖 | 19.22 | 暖 | |
| 1941—1950 | 1.22 | 暖 | 2.70 最暖 | 19.22 | 暖 | |
| 1951—1960 | 1.42 | 冷 | 3.26 冷 | 18.75 | 冷 | |
| 1961—1970 | 1.51 | 冷 | 3.31 最冷 | 19.00 | 冷 | |

由表3可见, 吉林省气温的趋势与全国和全球冷暖趋势是一致的。分析1909年以来吉林省5~9月气温, 可以看到有明显的阶段性, 1909~1918年为冷期, 1919~1952年为暖期, 1953~1974年为冷期, 这样划分阶段可以在统计上证明是显著的。表4列出各阶段冷暖年出现次数。

表 4

| | | 特冷 | 冷 | 暖 | 特暖 |
|-----------|----|----|----|---|----|
| 1909—1918 | 冷期 | 3 | 5 | 1 | 0 |
| 1919—1952 | 暖期 | 0 | 7 | 9 | 7 |
| 1953—1973 | 冷期 | 4 | 5 | 4 | 0 |
| 冷 期 | | 7 | 10 | 5 | 0 |
| 暖 期 | | 0 | 7 | 9 | 7 |

以有五个冷期，五个暖期。

(1738年)到1760年为冷期，1761年到1794年为暖期；

1775年到1809年为冷期，1810年到1841年为暖期；

1842年到1861年为冷期，1862年到1894年为暖期；

1895年到1918年为冷期，1919年到1952年为暖期；

1953年到1974年为冷期，1975年到——为暖期。

1953年以来我省处于冷期，冷害频繁发生，这个冷期有没有结束呢？我们在1975年〔5〕明确指出：“暖期持续约34年左右，冷期持续约22年左右。1975年气温明显偏高，可以定为1975年已进入暖期，这个暖期将持续到2109年前后。”

这个预报和判断又经过四年，是否可靠呢？我们分析这四年气温，1975年5~9月月平均气温和为99.2度。是解放以来最高的一年，属于特暖年，这一年我省农业获得大丰收。1976年5~9月月平均气温和为91.1度，属于低温年，我省农业大减产。1977、1978年5~9月气温和为97.3、96.6度，均属于暖年。这四年中有一个特暖年，二个暖年，一个冷年，并且滑动平均气温也已经由负转正。所以可以认为1975年的判断是正确的，可以再次肯定：1975年已经转入一个暖期，这个暖期将持续到2109年前后。在这个暖期中，特冷年发生频次将明显减少，估计为0到2次，冷年发生频次也会减少，而暖年、特暖年发生频次将明显增多。如果这个推断是正确的，从气温这个角度来看，到本世纪末对农业生产、实现农业现代化是比较有利的。

三、我省降雨变化及其展望

1973年以来我国许多单位研究了旱涝长期变化规律，王绍武在《大气环流与气候异常及其展望》〔5〕一文中指出：二十世纪以来我国有十年多雨、十年少雨交替出现的规律。在《我国华北及东北地区近五百年旱涝展望的研究》〔6〕一文利用史料整理了近五百年旱涝史料，得到有明显的10年和20年左右周期。

作者在六十年代初曾研究吉林省雨量的长期变化，并作出较正确的超长期预报〔7〕。1975年〔8〕又对这些超长期预报作了较严格的检查，同时又作了本世纪末逐年降雨预报。作者1961年〔7〕的工作主要指出：“吉林省有十一年左右多雨，十一年左右少雨交替出现的现象”。并指出这和太阳活动大气环流长周期变化有关。

表5列出1909~1978年多雨时期和少雨时期的特征。经统计检验证明这种差异是明显的。也就是吉林省1909年以来确实存在十一年左右多雨，十一年左右少雨交替出现的现象。

从表4可见七个特冷年均出现在冷期，七个特暖年均出现在暖期，约有60%的冷期，约有60%的暖年出现在暖期，经统计检验证明这种差异是明显的。

为了讨论这种冷暖周期是否是本世纪所特有的，我们在1975年〔4〕利用树木年轮资料将吉林省5~9月气温延伸到1821年，以后又延伸到1751年。这样自1751年以来可

表 5

| | 时期 | 平均雨量 | 特多 | 多 | 少 | 特少 |
|-----------|----|------|----|---|----|----|
| 1909—1918 | 多雨 | +49 | 4 | 2 | | 1 |
| 1919—1929 | 少雨 | -34 | 1 | 1 | 4 | 2 |
| 1930—1939 | 多雨 | +37 | 1 | 5 | 1 | |
| 1940—1952 | 少雨 | -58 | | 2 | 2 | 5 |
| 1953—1964 | 多雨 | +23 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 1965—1978 | 少雨 | -56 | | | 5 | 4 |
| 多雨期 | | +35 | 9 | 8 | 2 | 2 |
| 少雨期 | | -50 | 1 | 3 | 11 | 11 |

表 6

| | 时期 | 持续 | 涝年 | 旱年 |
|-----------|----|------|-----|-----|
| 1826 1834 | 多雨 | 9年 | 3 | 1 |
| 1835 1843 | 少雨 | 9年 | 1 | 0 |
| 1844 1856 | 多雨 | 13年 | 4 | 0 |
| 1857 1865 | 少雨 | 9年 | 1 | 2 |
| 1866 1874 | 多雨 | 9年 | 4 | 0 |
| 1875 1883 | 少雨 | 9年 | 2 | 4 |
| 1884 1897 | 多雨 | 14年 | 10 | 1 |
| 1898 1908 | 少雨 | 11年 | 2 | 4 |
| 1909 1918 | 多雨 | 10年 | 7 | 0 |
| 1919 1929 | 少雨 | 11年 | 4 | 5 |
| 1930 1939 | 多雨 | 10年 | 6 | 1 |
| 1940 1952 | 少雨 | 13年 | 3 | 9 |
| 1953 1964 | 多雨 | 12年 | 8 | 3 |
| 1965 1978 | 少雨 | 14年 | 3 | 7 |
| 多雨期 | | 11.0 | 6.0 | 1.1 |
| 少雨期 | | 10.9 | 2.3 | 4.7 |

这种十一年左右多雨，十一年左右少雨交替出现是不是本世纪近七十年来所特有的呢？我们又利用史料得到150年旱涝资料进行分析，也得到有十一年左右多雨，十一年左右少雨交替出现的规律，由表6列出。

从1826年以来，旱涝也存在十一年左右多雨、十一年左右少雨交替出现的现象。多雨时期平均长11.0年，少雨时期平均长10.9年。每个时期最短9年，最长14年。多雨时期的涝年是旱年的5.5倍，有72%的涝年集中在多雨时期。少雨时期的旱年是涝年的2倍，有81%的旱年集中在少雨时期。经统计检验证明这种十一年左右多雨，十一年左右少雨，旱涝分布不均，并非偶然。

经过周期分析证明我省北部和中部地区有明显的二十三年和三年周期。南部地区有明显的二十三年和四年周期。并且利用这个规律预报了1962年到1974年各地区降雨量，经检验〔8〕有67%的趋势预报正确，预报和实况的相关系数为0.56，经统计检验这个预报不是偶然碰对的。1975年〔8〕我们又预报了1975~2000年的雨量，从1975年到现在又过了四年，16次预报中11次预报正确，正确率为69%，经统计检验说明这个预报不是偶然碰对的。根据这个预报，1979年将转入多雨时期，这个多雨时期将持续到1987年，可能持续9年左右，1988~1998年十一年为少雨时期。具体预报可见《吉林省60年代降水超长期预报的检验》一文。

小

结

(1) 吉林省粮豆产量的丰欠与气象条件有密切关系。处于少雨时期平均产量偏高，处于多雨时期平均产量偏低。遇到高温、少雨、多日照的年份将是丰年，遇到低温、多雨、少日照的年份将是欠年。

(2) 吉林省1949~1964年基本处于低温、多雨时期，粮食产量徘徊不前，最高年产量是1952年。1965~1978年我省处于少雨时期，雨量有减少趋势，产量直线增长。这一时期粮食

产量明显增长,除了靠扩大玉米面积、推广杂交种等农业措施外,天气条件好也是一个重要原因。如果未来十年我省农业没有更高产的新品种和大幅度增产的农业新措施,粮豆产量有可能在最近几年的水平上出现新的徘徊,这个问题应引起我们足够的重视。

(3)人们过去往往把产量滑动平均或配一趋势方程的方法来表示气象以外的社会因子,这是很不够的,因为气象要素也有趋势项,它也会对农业生产有很大的影响,如吉林省降雨多少的趋势曲率和产量曲率有很大的相似。

(4)我省5~9月气温有明显的50~60年周期,1953年以来我省长期处于低温时期,冷害频繁发生,据我们分析1975年已转入暖期,在未来30年左右冷害频率和强度都会减低,我们应该充分利用这个暖期,使我省农业有一个大幅度的增长。

(5)我省降雨量有十一年左右多雨,十一年左右少雨交替出现的现象,1965年以来我省已连续十四年处于少雨时期,估计1979年至迟1981年将转入多雨时期,这个时期可能持续9~11年再转入少雨时期。我省处于多雨时期涝灾频繁发生,不仅严重影响农业生产,还会对人民生命财产带来严重威胁。1954、1956、1957、1960、1964年是典型多雨涝年,平均比前一年减产13亿斤或10%。由于近十年来粮食变幅加大,再遇涝年可能减产20亿斤以上,这应引起我们足够重视。

(6)我省水利资源丰富,特别中、东部地区雨水多,较湿润,我省每年有大量水外流,丰满等大型水库在农田灌溉、发展水田方面潜力很大。如果认为近十几年我们靠扩大玉米面积和推广杂交种使农业产量有所提高,那么,今后二十年我们在中东部地区扩大水田,西部地区扩大水浇麦田,产量会有大幅度提高,粮食组成会有一个较大改变。

参 考 文 献

[1] 丁士晟 王承瑞 曲桂芝 王秀颖 我省主要农作物丰欠与气象条件关系的初步探讨 吉林省气象台《预报改革经验汇编第二集》

[2] 王书裕 吉林省冷害研究——粮豆产量与气温的关系 《气象科技资料》
1975年8期

[3] 竺可桢 中国近五千年气候变迁的初步研究 《中国科学》 1973年2月

[4] 吉林省年轮与气象协作组 用树木年轮资料作吉林省超长期预报 科学出版社
《气候变迁和超长期预报文集》

[5] 王绍武 大气环流与气候异常及其展望 《气象科技资料》 1973年3期

[6] 中央气象局研究所等 我国华北及东北地区近五百年旱涝演变的研究 科学出版社
《气候变迁和超长期预报文集》

[7] 丁士晟 太阳活动对吉林省影响的初步探讨 吉林省气象台《预报改革经验汇编第二集》

[8] 丁士晟 吉林省60年代降水超长期预报的检验 科学出版社《气候变迁和超长期预报文集》