

山东省气候变化及其对冬小麦生产潜力的影响

李长军 刘焕彬

(山东省气象中心, 济南 250031)

提 要

利用全省 27 个台站 1961~1998 年的温度、降水、日照等基本气象要素资料, 对山东省气候变化特点进行了分析, 并对冬小麦生产潜力进行了计算、分析。结果表明, 山东省年、季平均气温呈波动性增暖趋势, 降水量呈减少趋势。气候变暖有利于生产潜力的提高, 冬小麦气候生产潜力总的变化趋势是波动性的上升, 但较光温生产潜力倾向率小, 反映了小麦生育期内光、温、水的综合影响。

关键词: 冬小麦 气温 降水量 气候变化 生产潜力

引 言

农作物的生长、发育和产量、品质的形成, 在很大程度上受气候、土壤等生态环境因子的影响。近年来, 山东省的气候发生了一些变化, 其变化特点如何? 这种气候变化对主要农作物生产潜力影响如何是我们关注的问题。为此, 我们选择全省 27 个台站 1961~1998 年的温度、降水、日照等资料, 对山东省气候变化特点进行了分析; 计算相应各站的光、热、水等资源, 对冬小麦生产潜力进行了计算并对其变化特点进行了研究分析。

1 资料及计算方法

1.1 资料选取

气温、降水等气象要素的变化是表征气候变化的主要参数, 又是影响农作物产量的重要因子。因此, 本文选用了全省分布较为均匀、资料年代较长、均一性较好的济南、青岛、德州等 27 个站点的 1961~1998 年气象资料, 进行气候变化、农作物产量的计算、分析。累年平均值均取 1961~1990 年标准气候值, 距平及距平百分率值均为同该值比较而言。

1.2 计算方法

设某站某个气象要素时间序列为:

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$$

它总可以用一个多项式来表示:

$$y(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_p t^p$$

($p < n$)

t 为时间, 单位为年, 取值为 1, 2, $\dots$, 38。一般说来, 温度和降水的气候趋势用一次直线方程或二次曲线方程就能满足, 本文用一次直线方程来描述, 即:

$$y(t) = a_0 + a_1 t$$

其趋势变化率方程为: $dy(t)/dt = a_1$

把 $a_1 \times 10$ 年称作气候倾向率, 单位为: $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 或 $\text{mm}/10\text{a}$, 方程中系数 a_0 、 a_1 用最小二乘法确定。

农作物气候产量的计算方法见本文第 3 部分相关内容。

2 气候变化特点

2.1 平均气温

图 1 给出了全省平均 (27 个站, 下同) 年平均气温年际变化曲线, 同时给出了相应的拟合直线 $y = a_0 + a_1 t$, 以反映温度的变化趋势, 年及四季 a_0 、 a_1 值及气候倾向率见表 1。就全省平均而言, 1961~1998 年气温总的趋势是波动性的变暖, 主要是由春、秋、冬三季的增温造成的, 以冬季变暖最为显著, 夏

季变暖相对较小,春、夏、秋、冬四季及年的气候倾向率分别为 $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.05^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.54^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。同累年值相比,年平均气温 20 世纪 60 年代、70 年代稍偏低 0.1°C ,80 年代稍偏高 0.1°C ,90 年代明显偏高,据统计近 8 年(1991~1998 年)与前 30 年(1961~1990 年)相比,年平均气温和冬季平均气温分别上升了 0.6°C 、 1.3°C (见表 2)。从图 1 年平均气温的 7 年滑动平均曲线可以看出,1964~1970 年、1980~1983 年为下降趋势,1970~1980 年、1983~1995 年为上升趋势。

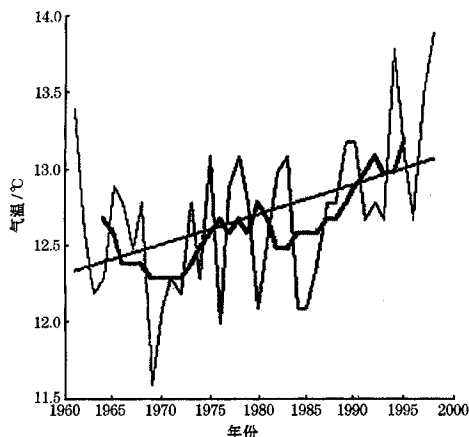


图 1 年平均气温变化曲线(细实线)

图中直线为线性拟合线,粗实线为 7 年滑动平均曲线

表 1 气温拟合直线系数及气候倾向率

项目	a_1	a_0	R (相关系数)	气候倾向率 ($^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)
年	0.020	12.331	0.44	0.20
春	0.015	12.415	0.22	0.15
夏	0.001	25.102	0.01	0.01
秋	0.016	13.595	0.25	0.16
冬	0.054	-1.903	0.55	0.54

表 2 各年代全省平均各季、年平均气温距平/ $^{\circ}\text{C}$

年代	年	春	夏	秋	冬
1961~1970	-0.1	-0.2	0.2	0.0	-0.5
1971~1980	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.3
1981~1990	0.1	0.3	0.0	0.1	0.2
1991~1998	0.6	0.3	0.3	0.3	1.3

上述分析为对全省平均情况而言,部分站点气温变化趋势有所不同,为下降趋势,主要出现在春、夏季的鲁西平原、鲁中山区部分站点,在 $-0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ~ $-0.01^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,以朝城负值最大,春季、夏季分别为

$-0.14^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $-0.20^{\circ}\text{C}/10\text{a}$;秋季除朝城为下降趋势外(倾向率为 $-0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)其余各站均为上升趋势;年及冬季各站均为变暖趋势。各站年平均气温均呈上升趋势,但增温幅度各异,气候倾向率最大出现在鲁西北的德州 $0.37^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,最小在鲁西的朝城 $0.0^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,其它地区在 $0.05\sim 0.30^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 之间,总的特征为东北部地区大于西南部地区,东南部沿海地区大于相邻内陆。

2.2 降水

图 2 给出了全省平均年降水量的年际变化曲线及 7 年滑动平均曲线,同时给出了年降水量变化的一次线性方程拟合线。由图 2 可见,近 40 年来全省平均年降水量有 $-39.76\text{mm}/10\text{a}$ 减少趋势。全省平均年降水量 60 年代为 721.7mm ,90 年代为 636.1mm ,减少了 85.6mm 。对四季而言,夏季、秋季降水量全省平均有减少的趋势,倾向率分别为 $-25.25\text{mm}/10\text{a}$ 、 $-15.72\text{mm}/10\text{a}$;春季、冬季降水量全省平均有增加趋势,但不明显,倾向率只有 $0.11\text{mm}/10\text{a}$ 、 $0.63\text{mm}/10\text{a}$ 。由图 2 中 7 年滑动平均曲线可以看出,全省平均年降水量变化大致可划分为 4 个阶段,1968~1973、1986~1995 年降水量基本上处于上升阶段,而 1964~1968、1974~1986 年降水量基本上处于下降阶段。

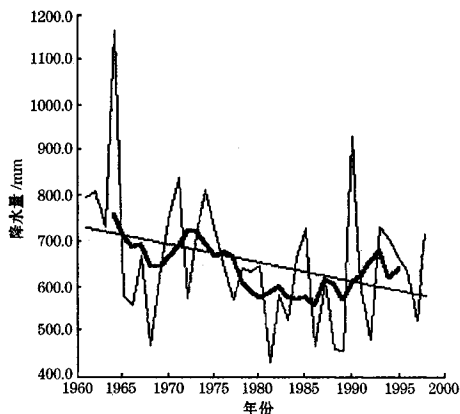


图 2 全省平均年降水量变化曲线(细实线)

直线为线性拟合线,粗实线为 7 年滑动平均曲线

对所选各单站而言,年降水量均呈减少趋势,减少较大的地区位于东南沿海,如日照倾向率为 $-97.74\text{mm}/10\text{a}$,其次为胶东半岛

东部、莱洲湾西部沿岸及鲁西、鲁西南部分地区,每10年减少40.0mm以上,减少较小的地区位于鲁北平原的滨州为 $-11.89 \text{ mm}/10\text{a}$,减少趋势西部小于东部,南部小于北部,山区小于平原,内陆小于沿海。冬、春季节小于夏、秋季节。

年降水量在年际之间有很大变化,多与少之间可相差2~4倍。按年代统计60年代至70年代全省各地降水量基本上较常年偏多,80年代起至今全省降水量基本上较常年偏少,尤其80年代偏少较多,90年代部分站点如济南、沂源、临沂、莱州年降水量偏多。

3 冬小麦气候生产潜力的变化

3.1 光合生产潜力的变化

光合生产潜力是指其他条件得到满足或处于最适状态下,由当地太阳辐射所决定的产量。其计算公式为^[1]:

$$Y = 157.35 \sum LQ_i \quad (1)$$

式中 Y_1 为光合生产潜力,单位为 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; L 为经济系数; Q_i 为生育期内各月单位面积上的总辐射能,单位为 $10^3 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{月})$ 。

图3为全省平均光合生产潜力变化曲线及线性拟合线,同时给出5年滑动平均曲线。可见,全省37年平均的光合生产潜力为 $20805 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 1962~1998年光合生产潜力总的变化趋势是波动性的变低,为 $-183 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。60及70年代后期、80年代初期为光合生产潜力的高值期,70年代前期及80年代中期为光合生产潜力的低值期。

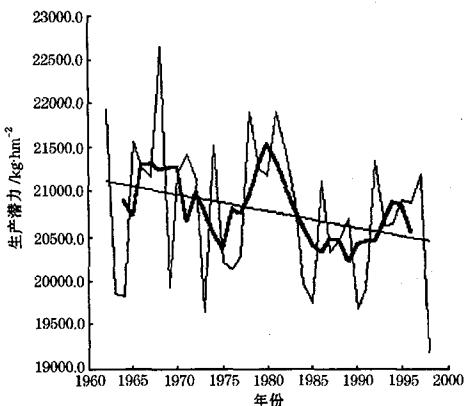


图3 全省平均光合生产潜力变化曲线

图中直线为线性拟合线,粗实线为5年滑动平均曲线

80年代初期光合生产潜力开始下降,至80年代后期、90年代初达最低,而后趋于上升,但仍低于前期高值。

全省以鲁西偏西部、鲁北北部、鲁中沂源、广饶、潍坊等地光合生产潜力下降较明显,每10年下降 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上。鲁南及胶东半岛中部有增加趋势,每10年上升一般在 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以下,沂水较大,为 $337.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 。

3.2 光温生产潜力的变化

光温生产潜力是指在 CO_2 、水分、养分、群体结构等得到满足或最适状态条件下,由当地太阳辐射和温度所确定的产量^[1]:

$$Y_2 = 157.35 \sum LQ_i f(T) \quad (2)$$

式中, Y_2 为光温生产潜力,单位为 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; $f(T)$ 为温度订正函数,采用下式计算:

$$f(T) = e^a \left(\frac{T - T_0}{10} \right)^2 \quad (3)$$

其中 T_0 为最适温度, T 为实际温度, a 为参数,当 $T \leq T_0$ 时, $a = -1$,而当 $T > T_0$ 时, $a = -2$ 。

图4为全省平均光温生产潜力变化曲线及线性拟合线,同时给出5年滑动平均曲线。可见,全省37年平均的光温生产潜力为 $10065 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。虽然光合生产潜力总的变化趋势是波动性的变低,但受太阳辐射和温度变化的综合影响,1962~1998年光温生产潜力总的变化趋势却是波动性的上升,倾向

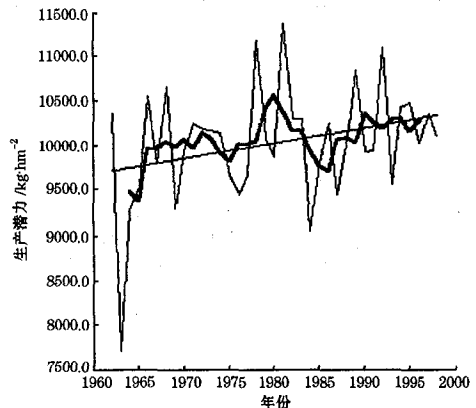


图4 全省平均光温生产潜力变化曲线

直线为线性拟合线,粗实线为5年滑动平均曲线

率为 $181.5\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot 10\text{a}^{-1}$, 这说明气候变暖有利于冬小麦光温生产潜力的提高。从5年滑动平均曲线可以看出, 1966~1973年、1978~1982年为光温生产潜力的相对高值期, 1964~1965年、1984~1987年为光温生产潜力的相对低值期。1980年光温生产潜力开始下降至1985年达最低, 而后趋于上升。

全省除乐陵、潍坊等少部分地区光温生产潜力为弱的下降趋势外, 大部地区为上升趋势, 以鲁南地区及德州、济南等地上升最为

$$f(W) = \begin{cases} (1-C)R/E_{Tm} & 0 < (1-C)R < E_{Tm} \\ 1 & (1-C)R \geq E_{Tm} \end{cases}$$

其中 C 为径流量对降水量的比例, E_{Tm} 为农田作物最大蒸发量。

图5为全省平均气候生产潜力变化曲线及线性拟合线, 同时给出5年滑动平均曲线。可见, 全省37年平均的气候生产潜力为 $4155\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。受太阳辐射、温度和降水量变化的综合影响, 1961~1998年气候生产潜力总的变化趋势为波动性的上升, 倾向率为 $174\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。虽然全省平均年降水量为减少趋势, 但由于这种减少主要出现在夏季、秋季, 而冬季、春季趋势变化不明显且为弱上升趋势, 因此总的来说降水量变化并不改变气候生产潜力的波动性上升趋势。但从气候生产潜力5年滑动平均变化曲线可以看出, 降水量变化对气候生产潜力影响仍很大, 同光温生产潜力变化不同, 气候生产潜力60年代为低值期, 70年代末、80年代初也为相对低值期, 而这两个时期恰为降水量的相

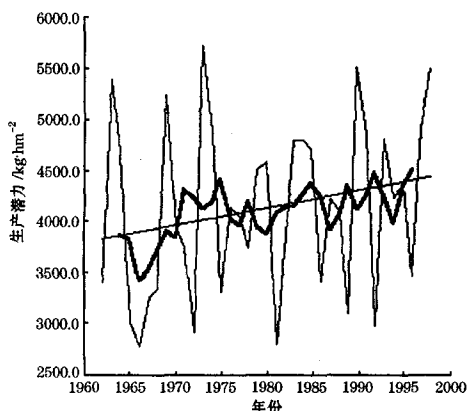


图5 全省平均气候生产潜力变化曲线
直线为线性拟合线, 粗实线为5年滑动平均曲线

明显, 倾向率均在 $300\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 以上, 如沂水为 $433.5\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。

3.3 气候生产潜力的变化

气候生产潜力是指在 CO_2 、养分、群体结构等得到满足或最适状态条件下, 由当地太阳辐射、温度和水分所确定的产量^[1]:

$$Y_3 = 10.49 \sum LQ_i f(T) f(W) \quad (4)$$

式中, Y_3 为气候生产潜力, 单位为 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$; $f(T)$ 为温度订正函数; $f(W)$ 为水分订正函数, 采用下式计算:

$$\begin{cases} 0 < (1-C)R < E_{Tm} \\ (1-C)R \geq E_{Tm} \end{cases} \quad (5)$$

对低值期。受降水量影响, 气候生产潜力变化较光温生产潜力波动性大, 高值期在70年代前期、80年代中期及1989、1992、1996年前后。

全省以鲁西南地区及鲁西冠县、聊城等地气候生产潜力上升最为明显, 在 $300\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 以上, 胶东半岛中部为弱下降趋似。这与降水量变化分布也有吻合之处。

4 小结

受气候变化影响, 近38年来, 山东省光合生产潜力总的变化趋势是波动性的变低, 反映了小麦生育期内太阳辐射的变化特征; 光温生产潜力总的变化趋势是波动性的上升, 反映了小麦生育期内太阳辐射和温度的综合变化影响, 与温度变化规律并不能一一对应; 气候生产潜力总的变化趋势是波动性的上升, 但较光温生产潜力倾向率小, 反映了小麦生育期内光、温、水的综合影响。气候变暖有利于生产潜力提高, 但这只是气候变暖对农业生产有利的可能性, 如果农田水分供应适宜, 这种有利的可能性才能转化为现实的可能性。山东省大部分地区自然降水仅能满足小麦全生育期需水量的40%~60%, 水分条件是影响小麦高产的限制因子, 这从气候生产潜力仅约为光合潜力的20%、光温潜力的40%也可看出。因此, 兴修水利, 合理灌溉, 对于实现高效率的稳产、高产具有重要作用。

参考文献

- 1 章基嘉. 气候变化的证据、原因及其对生态系统的影响. 北京: 气象出版社, 1995: 305.

Climate Change in Shandong Province and Its Influence on Potentiality of Wheat Production

Li Changjun Liu Huanbin

(Shandong Meteorological Center, Jinan 250031)

Abstract

Based on the data of temperature, precipitation, sunshine from 1961 to 1998 at 27 meteorological stations, the climatic variation characteristics of Shandong Province are analyzed and the productive potentialities of the winter wheat is calculated and analyzed. The result shows that the annual and quarterly average temperature of Shandong Province has a tendency to increase the production of winter wheat, the precipitation has a tendency to reduce. The warmer climate is stable to the improvement of the productive potentialities. The total variation tendency of the climate productive potentialities of the winter wheat is to rise, but smaller than that of sunshine.

Key Words: winter wheat temperature precipitation climate variation productive potentiality