

扎兰屯地区近30年气象条件变化 及与作物产量的关系

周立宏¹ 宋丽瑛² 王洪丽² 白玉双²

常煜² 刘喜元² 戴立新²

(1. 辽宁沈阳农业大学农学院, 110161; 2. 内蒙古呼伦贝尔市气象局)

提 要: 利用扎兰屯地区1971—2000年的温度和降水资料, 分析大于等于0℃、10℃、15℃、20℃活动积温的变化及各界限温度持续期间降水的变化, 发现它们都呈上升趋势。用10年直线滑动平均法对扎兰屯地区作物产量资料进行处理, 分离出趋势产量和气象产量, 计算各气象因子与气象产量的相关系数, 分析气象因子对产量的影响。玉米和大豆产量与积温关系较大, 积温增加使产量增加; 马铃薯和小麦产量则与降水量关系较大, 降水增多会使产量降低。

关键词: 积温 降水 作物产量 相关分析

Relationship between Crops Output and Changes of Meteorological Conditions in Zhalantun Area for Recent 30 Years

Zhou Lihong¹ Song Liying² Wang Hongli² Bai Yushuang²
Chang Yu² Liu Xiyuan² Dai Lixin²

(1. College of agriculture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;

2. Hulunbeier Meteorological Observatory, Inner Mongolia)

Abstract: Using the data of temperature and rainfall in Zhalantun area from 1971 to 2000, the change of active accumulated temperatures more than or equal to 0℃, 10℃, 15℃, 20℃ and the precipitation in every critical temperature continuous period are analyzed. It is found that they appear the rising tendency. Based on the method of 10-year moving average, the

data of crops output in zhalantun area is disposed to separate the tendency output and the meteorological output, and calculate the correlation between various meteorological factors and the meteorological output in order to analyze the influence of the meteorological factors on output. The corn and the soybean output have well relationship to the accumulated temperature, the increasing of the accumulated temperature make the output increase. On the other hand, the correlation between potato and wheat output and the rainfall is obvious, the precipitation increasing can cause the less output.

Key Words: accumulated temperature precipitation crops output correlation analysis

引言

农业是我国国民经济的基础, 农业的可持续发展是国家可持续发展的根本保证。气候在诸多农业自然条件中是最活跃的因子, 直接或间接影响农业生产的稳定和发展。尽管人工控制环境和工厂化栽培在不断扩大, 但农业生产在很大程度上仍受天气气候的制约, 并且在相当长的农业发展时期里这一状况是不会改变的。

随着农业技术的进步, 农业生产的“趋势产量”在增长, 气候引起产量波动的绝对量也在增长, 农业生产水平越高, 气候同一程度的异常引起的农业产量的波动也越大。由此可见, 农业生产愈发展, 气候条件与农业生产的关系将愈密切。因此, 研究气候的变化及其对农业生产的影响是非常重要的。

扎兰屯市位于内蒙古自治区东部, $47^{\circ}5'40''\sim 48^{\circ}36'34''N$ 、 $120^{\circ}28'51''\sim 123^{\circ}17'30''E$, 地处大兴安岭与松嫩平原的过渡地带, 为中温带大陆性半湿润气候区, 冬季严寒少雪, 夏季湿润凉爽。全市现有耕地面积 $1.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 主产玉米、大豆、小麦、马铃薯、葵花、白瓜籽、甜菜等粮食作物和经济作物, 是全国重要的商品粮基地和糖料基地。

1 资料选取

在农业生产上, 热量条件常用积温来表示, 本文选用的气象资料是扎兰屯地区 1971—2000 年的日照、大于等于各界限温度的活动积温、各积温持续时期内的降水等, 分析气象条件的变化情况, 并采用马铃薯、玉米、小麦、大豆等主要作物产量资料, 分析气象条件对产量的影响。

2 气象因子变化分析

2.1 积温的变化

根据扎兰屯地区 1971—2000 年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的活动积温资料, 计算出大于等于各界限温度活动积温的 10 年直线滑动平均值以及回归方程, 并绘出曲线, 见图 1。由于 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温的曲线非常近似, 故将其省略。

从图 1 中各积温的曲线可以看出, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的年际变化要小于 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的积温, 若平均变幅按公式

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (T_{i+1} - T_i)^2}{n-1}} \quad (\text{式中 } \Delta T \text{ 为某时段的积温变幅, } T_i \text{ 为某时段第 } i \text{ 年积温, } n \text{ 为某时段年数})$$

计算, 各积温的平均变幅是

随界限温度递增的， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温的变幅最小，为 153.0°C ， $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的变幅最大，为 272.0°C ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 的变幅分别为 240.2°C 和 268.7°C 。各积温的值是随界限温度的增加而递减的，所以随着界限温度的增加，积温的相对变化就更大， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温的相对变幅只有 5.2% ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温的相对变幅分别为 9.7% 和 13.9% ，而 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的相对变幅则达到了 44.7% 。

若 X 为年份的序数，大于等于各界限温度活动积温的回归方程分别为：

$$\geq 0^{\circ}\text{C}: Y = 10.30X + 2777.4$$

$$\geq 10^{\circ}\text{C}: Y = 10.72X + 2311.9$$

$$\geq 15^{\circ}\text{C}: Y = 15.54X + 1686.2$$

$$\geq 20^{\circ}\text{C}: Y = 7.84X + 487.2$$

从回归方程和图 1 中的直线可以看出，大于等于各界限温度积温的变化均呈上升趋势，其中 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温的直线回归方程斜率最大，上升趋势最明显， $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的斜率最小，上升趋势最不明显， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的居中，且二者斜率非常相近，两条直线几乎平行。

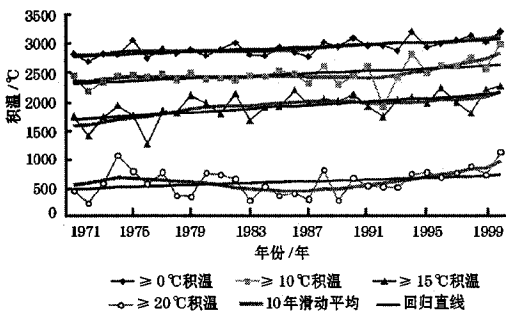


图 1 1971—2000 年积温变化

从 10 年滑动平均曲线来看， $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温总体是上升的，波动极小，几乎与回归直线重合。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在 1993 年之前比较平缓，只在 1974 年之前略有上升，之后几乎是与横轴平行的一条直线，1993 年以后明显上

升。 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温在 20 世纪 80 年代中期之前曲线是上升的，之后基本与坐标轴平行，直到 90 年代末才又开始上升。相对来说 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温波动较大，70 年代初期曲线是上升的，70 年代中期至 80 年代中期下降，之后又上升。

2.2 降水的变化

$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温持续期间降水曲线与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温持续期间降水（以下简称 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 降水）曲线非常近似，将其省略，只讨论 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 降水的变化。

由图 2 中 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 降水的变化曲线可以看出，20 世纪 90 年代降水量的波动明显大于 70 和 80 年代。1971—1989 年的降水平均相对变率只有 15.2% ，而 1990 年之后达到了 35.5% 。 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水变化与其它几个时段相比有较大的差别，降水量波动没有明显的阶段性，而且降水平均相对变率很大，达到 64% 。但几个时段降水量的回归直线都是上升的，并且斜率相差不多。图 2 中画出的是 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水的回归直线，两条直线接近平行，说明各阶段降水量变化的总趋势是一致的，都有增加的趋势。

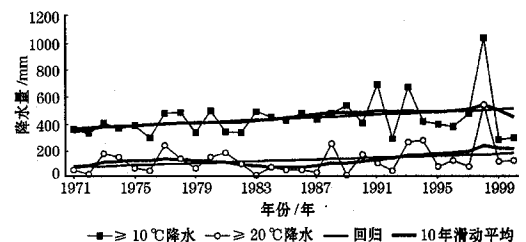


图 2 各界限温度持续日期期间的降水变化

$\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水的 10 年滑动平均曲线也不同于其它几个阶段，波动较明显，与 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温的 10 年滑动平均曲线非常近似。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 降水的 10 年滑动平均曲线与回归直线很接近，只在 90 年代末有所下降。

3 气象因子与作物产量的关系

3.1 产量资料的处理

作物的产量是社会条件、农业技术措施与天气、气候条件综合作用的结果, 随着社会的进步, 作物新品种的培育、农业技术措施的改进, 产量总体趋势是上升的, 称为趋势产量; 但由于天气、气候的影响, 又会使实际产量在趋势产量的基础上产生波动, 称为气象产量。所以, 实际产量=趋势产量+气象产量。气象因子影响的是作物的气象产量, 因此, 分析气象因子对作物产量的影响时应将气象产量分离出来。本文采用 10 年滑动平均法计算出作物趋势产量。

3.2 气象因子与各作物产量的关系

气象因子选用大于等于各界限温度的活动积温、大于等于各界限温度持续期间的降水量、日照时数和稳定通过各界限温度初终日间的日数, 它们与各作物气象产量的相关分析结果见表 1。

从表 1 中可以看出, 玉米气象产量与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 活动积温的正相关达到了极显著水平 ($\alpha=0.01$), 另外与 10°C 以上的初终日数的正相关也达到了显著水平 ($\alpha=0.05$), 而其它因子与产量的相关则不显著。玉米是喜温作物, 整个生育过程中要求较高的温度。玉米生育期间的生物学下限温度为 10°C , 产量与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温呈极显著正相关, 这说明在扎兰屯地区, 热量条件满足不了其需要, 是主要限制因子。

另一个产量与积温相关的作物是大豆。大豆气象产量与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的积温和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 初终日数的正相关都显著, 说明热量条件对大豆产量有一定影响。大豆产量与其它因子的相关系数都很

小。

表 1 各作物气象产量与积温、降水的相关系数

气象因子	玉米	小麦	大豆	马铃薯	
0°C	积温	0.290	-0.270	0.244	0.081
	降水	-0.114	-0.298	0.016	-0.413*
	日照	-0.016	0.193	-0.100	0.064
	初终日数	-0.171	-0.110	-0.144	-0.109
5°C	积温	0.315	-0.274	0.243	0.035
	降水	-0.095	-0.321	0.021	-0.431*
	日照	0.003	0.186	-0.106	-0.043
	初终日数	0.003	-0.202	-0.055	-0.244
10°C	积温	0.525**	-0.299	0.379*	0.103
	降水	-0.109	0.295	-0.018	-0.406*
	日照	0.267	0.103	0.117	0.075
	初终日数	0.410*	-0.271	0.263	-0.021
15°C	积温	0.491**	-0.040	0.430*	0.298
	降水	-0.113	-0.272	-0.006	-0.378*
	日照	0.320	0.301	0.220	0.302
	初终日数	0.423*	0.054	0.363*	0.235
20°C	积温	0.348	-0.238	0.403*	-0.023
	降水	0.205	-0.466**	0.347	-0.255
	日照	0.196	-0.008	0.153	0.047
	初终日数	0.361*	-0.245	0.425*	-0.045

** $\alpha=0.01$; * $\alpha=0.05$

马铃薯和小麦的气象产量与降水都有负相关。马铃薯产量除了与 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水相关不显著外, 与其它几个阶段的相关都显著, 可见降水多会对马铃薯产量产生不利影响。小麦产量只与 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水呈极显著的负相关, 说明这一阶段的降水量对小麦产量有很大影响, 降水过多会导致减产。

3.3 气象因子对各作物产量的影响

从图 3 中可以看出, 各作物的气象产量在 20 世纪 80 年代以前变化范围比较小, 80 年代以后波动明显加大。因为作物产量趋势是增加的, 在早期产量比较低, 气象产量的绝对值也较小, 随着产量的增加, 气象因素对产量的影响也在加大。另外, 90 年代以后降水量的波动很大, 也对小麦和马铃薯的气象产量波动有一定的影响。

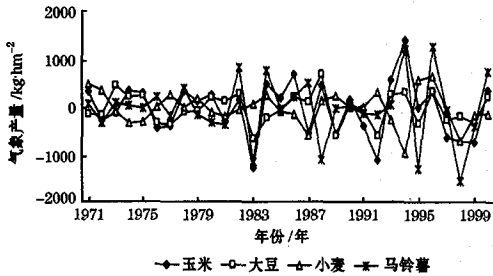


图 3 各作物的气象产量

选择与各作物气象产量相关性最大的气象因子作为自变量 X , 与各作物气象产量 Y 作直线回归分析, 对回归系数的方差分析结果表明, 回归系数均显著 ($\alpha=0.05$)。

玉米气象产量与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的回归方程为:

$$Y = 0.077X - 191.92$$

大豆气象产量与 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温的回归方程为:

$$Y = 0.039X - 75.05$$

小麦气象产量与 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水的回归方程为:

$$Y = -0.103X + 12.44$$

马铃薯气象产量与 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 降水的回归方程为:

$$Y = -0.121X + 57.64$$

根据回归方程可知, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温每增加

100°C , 玉米的气象产量大约增加 $0.51\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温每增加 100°C , 大豆的气象产量大约增加 $0.26\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 降水每增加 100mm , 小麦的气象产量减少 $0.69\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 降水每增加 100mm , 马铃薯的气象产量减少 $0.80\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

4 结 论

(1) 近 30 年扎兰屯地区大于等于各农业界限温度的活动积温、降水均呈上升趋势, $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温和降水的波动大于其它几种界限温度。

(2) 玉米和大豆的产量受 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 以上积温影响较大, 积温增加有利于产量增加。

(3) 马铃薯和小麦的产量与降水在一定程度上呈负相关, 降水过多对产量不利。

(4) 日照时数与各作物的产量相关都不显著。扎兰屯属中高纬地区, 日照充足, 所以日照不是产量限制因子。

参考文献

- 1 毛恒青, 万晖. 华北、东北地区积温的变化 [J]. 中国农业气象, 2000, 21 (8): 1-5.
- 2 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化 [J]. 气象, 1994, 20 (12): 19-26.
- 3 高素华, 潘亚茹, 郭建平. 我国近 40 年温度的变化及其对农业生产的影响 [J]. 气象, 1994, 20 (5): 36-41.