

近 50 年辽宁省作物生长季气候条件 变化及对农业生产的影响^{*}

赵春雨¹, 王 颖¹, 张玉书², 严晓瑜¹

(1. 沈阳区域气候中心, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 利用辽宁省 35 个气象观测站点 1956–2005 年的逐月地面观测资料, 对辽宁省近 50 年的农业气候条件的长期变化情况和空间分布特征进行了详细的分析, 并初步分析了农业气候条件的变化对农业生产的影响。结果表明: 近 50 年辽宁省生长季(4–9 月)日照时数明显减少, 每 10 年减少 29.4 h; 生长季日照百分率减少也很明显, 平均每 10 年减少 1.2%; 生长季降水量呈微弱的减少趋势, 蒸发量明显减少, 平均每 10 年减少 17.3 mm。潜在蒸发量也呈明显的减少趋势。生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度的积温值在近 50 年明显增加, 且全省 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度开始的日期明显提前, 大部分地区近 50 年提前 6 d 左右。辽宁省生长季 3 350 $^{\circ}\text{C}$ 积温等值线在最近的 10 年里有明显的北移和东移。

关键词: 作物生长季; 气候变化; 农业生产; 辽宁

中图分类号: S42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–811X(2009)04–0102–05

0 引言

全球气候变暖已是不争的事实, 根据 IPCC 第 4 次评估报告 (AR4), 过去 100 年 (1906–2005 年) 全球地表平均温度上升了 0.74°C , 过去 50 年变暖趋势是每 10 年升高 0.13°C , 几乎是过去 100 年来的两倍^[1]。全球气候变暖将对自然、经济、社会和政治带来严重影响, 已成为国际社会、各国政府和科学界所关注的重大环境问题。辽宁地处欧亚大陆东岸, 属大陆季风气候, 也是我国气候变暖最明显的地区之一, 许多气象工作者对东北和辽宁的气候变化做过不少研究^[2–7]。孙凤华等^[8]的研究认为近 44 年来, 东北地区平均气温存在明显的变暖倾向, 气候变暖趋势存在着季节性和地域性差异。冬季增温最强, 秋季增温最弱; 赵春雨等^[3]的研究表明, 近 45 年来辽宁气温升高、降水减少, 气候向暖干化方向发展, 汪宏宇^[10]对东北地区生长的降水做了研究, 认为东北地区生长季降水存在减少趋势, 旱灾略多于涝灾, 主要存在 3~7 年、12 年和 30 年左右的周期变化。气候与农业息息相关, 气候变暖对农业和粮食保障的影响更是令人瞩目, 辽宁是我国重要的商品粮

基地之一, 但针对辽宁农业气候条件的长期变化的研究还很少, 本文主要研究在全球变暖的气候背景下, 辽宁省农业气候条件在长期时间尺度上发生了怎样的变化? 这些变化对辽宁省的农业生产会有怎样的影响? 目的是引起人们对当地气候变化的关注, 以便充分合理地利用气候资源安排农业生产, 可为辽宁未来农业发展提供决策依据。

1 资料和方法

1.1 资料

选用辽宁省气象档案馆提供的全省 35 个气象站点的 1956–2005 年的地面观测资料, 这些站点分布均匀且资料时间序列较长, 包括逐月降水量、日照时数、日照百分率、蒸发皿蒸发量以及逐日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温等资料。辽宁省主要农事活动集中在 4 月上旬至 9 月末, 所以生长季的时间段就定义为 4–9 月。

1.2 方法

采用趋势系数^[11]方法, 分析气象要素的长期变化趋势, 趋势系数为正(或负), 表示呈增加(或减少)趋势。但气象要素的变化可能是它们自然变动, 只有当计算的趋势系数达到或超过统计

* 收稿日期: 2009–06–26

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2007BAC03A01; 2007BAC29B02)

作者简介: 赵春雨(1968–), 女, 辽宁抚顺人, 高级工程师, 从事区域气候变化研究. E-mail: springraincn@yahoo.com.cn

的显著性标准时, 这种长期变化才可能认为是超过自然变率的一种气候异常变化, 所以采用 T 检验方法对计算的趋势系数进行统计检验, 同时采用 Mann-Kendall 法^[12]检验要素的突变。

利用 FAO Penman-Monteith 方法计算潜在蒸散量^[13]。这里, 定义潜在蒸散量为一种假想参照作物冠层的蒸散速率。假设作物植株高度为 0.12 m, 固定的作物表面阻力为 70 m/s, 反射率为 0.23, 非常类似于表面开阔、高度一致、生长旺盛、完全遮盖地面而水分充分适宜的绿色草地的蒸散量。FAO Penman-Monteith 修正公式表达如下:

$$PE = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{mean} + 273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)},$$

(1)

式中: PE 为可能蒸散量($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$); R_n 为地表净辐射($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); G 为土壤热通量($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); T_{mean} 为日平均气温($^{\circ}\text{C}$); u_2 为 2 m 高处风速(m/s); e_s 为饱和水汽压(kPa); e_a 为实际水汽压(kPa); Δ 为饱和水汽压曲线斜率($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$); γ 为干湿表常数($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)。

据《中国土壤系统分类(修订方案)》规定, 在缺乏直接的土壤水分观测资料情况下, 以 Penman

经验公式计算得到的干燥度指数(D)作为划分土壤水分状况的干湿定量指标^[14]。干燥度的算式为:

$$D = E_0/P,$$

(2)

式中: E_0 为年潜在蒸散量; P 为年降水量。某一地区的干燥度值越大, 则表明该区气候越干燥; 反之干燥度值越小, 则气候越湿润。

2 作物生长季的气候变化特征

2.1 光照条件

辽宁省生长季的日照时数(图 1a)在 1 200 ~ 1 600 h 之间。1956 ~ 2005 年生长季日照时数是明显减少的, 每 10 年减少 29.4 h, 通过了 0.01 显著性检验。从年代际变化来看, 与 1971 ~ 2000 年的气候标准值相比, 20 世纪 50 年代中期至 20 世纪 70 年代为日照时数偏多时段, 20 世纪 80 年代至 90 年代为日照时数偏少时段, 1999 年以来有所回升, 但幅度较小。日照总量的减少是全省范围的(图 1b), 大部分地区日照时数的减少非常显著, 通过了 0.01 显著性检验, 每 10 年减少超过 30 h, 仅渤海沿岸的东岸地区、辽宁东部的大部分地区、辽宁中部偏北的部分地区以及建平和阜新, 日照时数增减不明显。

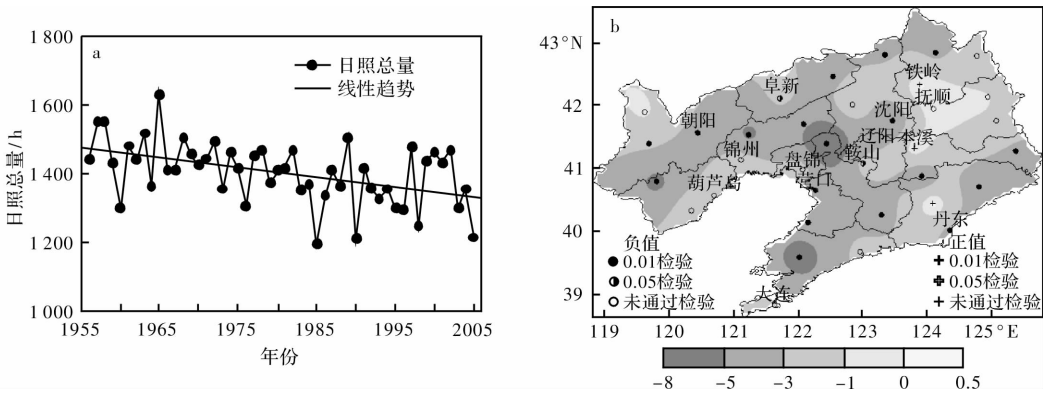


图1 1956–2005 年生长季日照时数的时间变化序列(a)及趋势系数空间分布图(b)

辽宁省生长季的日照百分率(图 2a)在 44% ~ 63% 之间。1956 ~ 2005 年生长季日照百分率减少较明显, 平均每 10 年减少 1.2%。日照百分率趋势变化的空间分布为: 大部分地区日照百分率在近 50 年的减少趋势都是很明显的, 通过了 0.01 显著性检验, 每 10 年的减少量均超过 1%, 部分地区在 2% 以上。建平、沿渤海东岸地区以及辽宁省东北部日照百分率变化趋势不明显(图 2b)。日照百分率与日照时数的趋势变化和年代际有较好的一致性。

2.2 水分条件

辽宁省生长季降水量在 400 ~ 900 mm 之间。近 50 年降水量呈微弱的减少趋势, 每 10 年减少 1.6 mm。年际波动较大, 1999 年以来降水量相对较少, 特别是 2000 年达到近 50 年最低值, 但 2004 年和 2005 年有所增加(图 3)。

生长季的蒸发皿蒸发量在 800 ~ 1 500 mm 之间。蒸发量在近 50 年明显减少, 平均每 10 年减少 17.3 mm(图 4), 通过了 0.01 显著性检验。

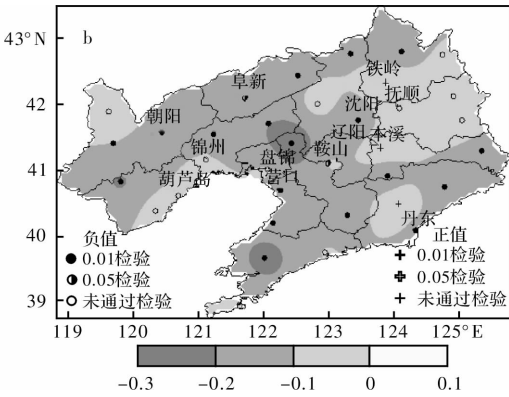
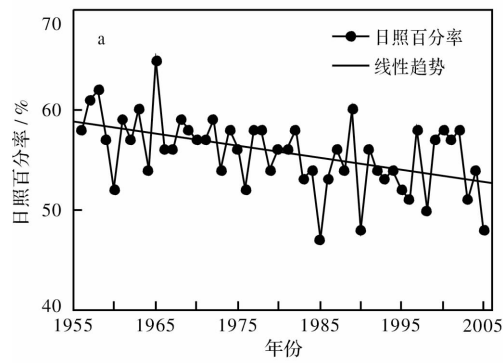


图2 1956 – 2005 年生长季日照百分率的时间变化序列(a)及趋势系数空间分布图(b)

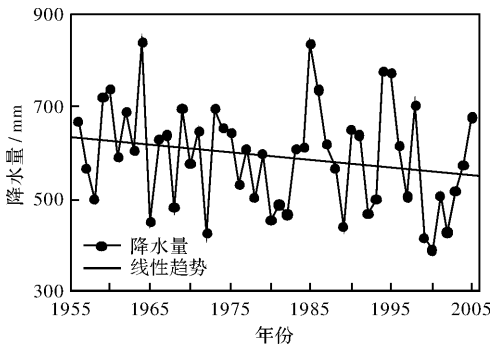


图3 1956 – 2005 年生长季降水量的时间变化序列

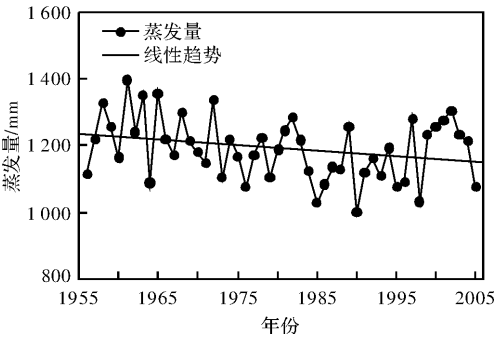


图4 1956 – 2005 年生长季蒸发量的时间变化序列

辽宁省生长季潜在蒸发量(图5)在500 ~ 800 mm之间,约为蒸发皿蒸发量的2/3。潜在蒸发量与蒸发皿蒸发量具有较强的一致性,相关系数达到0.96。近50年潜在蒸发量明显减少,每10年减少速率7.4 mm。

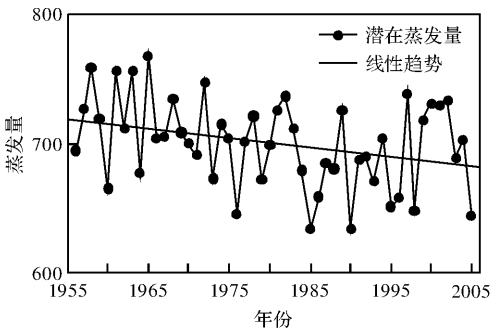


图5 1956 – 2005 年生长季潜在蒸发量的时间变化序列

近50年辽宁省生长季干燥度是呈微弱的增加趋势(图6a),变化不是很明显。从空间上来看(图6b),辽东山区一带干燥度小于1.0,即生长季蒸发力小于降水量,这一地区不易发生干旱;康平、黑山、锦州、建平县一线以北地区干燥度大于1.6,即生长季蒸发力远大于降水量,该地区是干旱易发区。

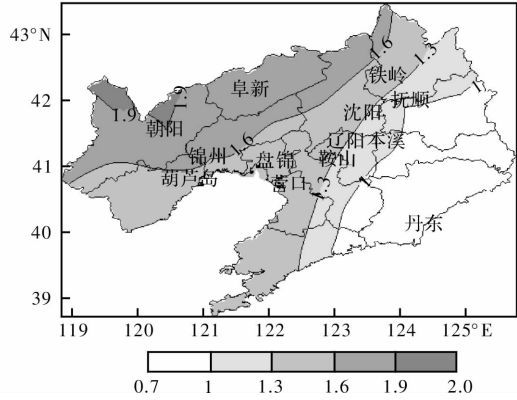
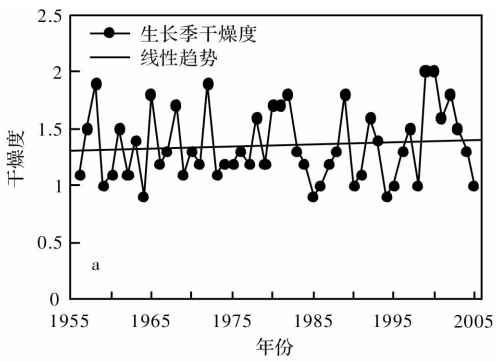


图6 1956 – 2005 年生长季干燥度的时间变化序列(a)及多年平均干燥度的空间分布(b)

2.3 热量条件

日平均气温稳定通过10℃这一界限温度,是水稻、高粱、玉米等喜温作物生长发育的起始温度,也是喜凉作物快速生长的温度。

辽宁省生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度的积温值在近 50 年明显增加, 增加最明显的是以沈阳、鞍山等重工业基地为主的辽宁中部地区, 增加趋势为 $61.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 其次是辽宁南部地区, 增加趋势为 $47.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 辽宁东部和西部山区以及辽宁的北部的积温也是明显增加的, 但积温增加的幅度相对较缓, 分别为: $36.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, $45.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $41.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。并且 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度的积温值在 20 世纪 90 年代初期存在突变, 90 年代以后 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度明显增加。

全省 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度开始日期最早出现在 3 月下旬左右, 最晚出现在 4 月下旬, 相差近一个月。近 50a $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度开始的日期辽宁省大部分地区明显提前, 大约提前 6d 左右。

辽宁省生长季 3 350 $^{\circ}\text{C}$ 积温值 ($\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度) 在 1955–1995 年每 10 年的空间分布变化不是很明显 (图 7), 但在最近的 10 年里该积温线有明显的向外扩张, 尤其北移和东移比较显著, 这种结果导致了辽宁省一些农作物的种植北界不断北移。

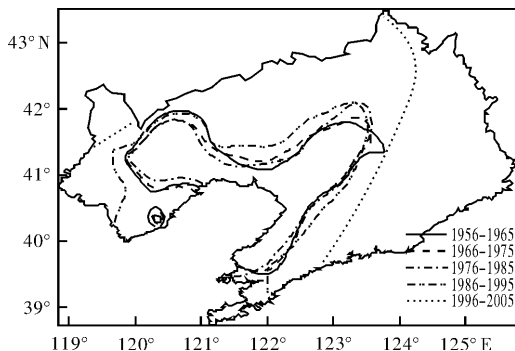


图 7 3 350 $^{\circ}\text{C}$ 积温值随时间的变化情况

3 农业气候条件的变化对农业生产的影响

农业是对气候变化反应最为敏感的行业之一。目前, 气候变化对辽宁农业的影响是利弊并存。

3.1 对作物和品种布局的影响

辽宁省生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温在近 50 年明显增加, 作物生长发育所需的热量条件能得到更充分的满足, 作物品种由中早熟型向中晚熟型发展。这在玉米主栽品种的种植上找到了证据。现在, 除辽东山区和辽西西北部以外的广大地区, 都可以播种叶片数在 22 片以上的玉米主栽品种。从年代际变化来看, 玉米主栽品种种植范围逐年在扩大, 特别是原来热量条件欠丰富的辽宁东部山区种植

范围显著向东、向北扩展, 中晚熟品种替换早熟品种及种植面积的增加, 粮食产量有大幅度提高。

全省 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度开始的日期明显提前, 以及 3 350 $^{\circ}\text{C}$ 积温等值线在最近的 10 年里有明显的向外扩张, 尤其北移和东移比较显著, 这对农作物的种植制度会产生较大的影响, 辽宁红富士苹果的种植北界已经向北移。

3.2 对作物产量的影响

从水分条件来看, 近 50 年辽宁省降水变化趋势并不是很明显, 但年际变化比较显著。蒸发量显著减少, 辽西地区始终是易遭受干旱的地区。降水在时间和空间分布的不均匀性导致旱涝灾害频繁出现, 增加了农业生产的不稳定性, 导致产量波动较大。

4 结语

(1) 近 50 年辽宁省生长季的日照时数、日照百分率呈明显的减少趋势, 且日照百分率与日照时数的趋势变化和年代际变化有较好的一致性。

(2) 辽宁省生长季的降水量呈微弱的减少趋势, 且年际波动较大。蒸发皿蒸发量和潜在蒸发量都呈明显减少趋势。生长季干燥度是呈微弱的增加趋势。

(3) 辽宁省生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度的积温值在近 50 年明显增加, 积温值在 20 世纪 90 年代初期存在突变, 90 年代以后 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度明显增加。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 界限温度开始的日期明显提前, 大部分地区近 50 年提前 6 d 左右。辽宁省生长季 3 350 $^{\circ}\text{C}$ 积温等值线在最近的 10 年里有明显的北移和东移。

(4) 农业气候条件的变化对辽宁省作物品种布局及产量已经产生了一定的影响。生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的增加, 使原来热量条件欠丰富的辽宁东部山区种植范围显著向东、向北扩展, 中晚熟品种替换早熟品种及种植面积的增加, 粮食产量有大幅度提高。但降水在时间和空间分布的不均匀性导致旱涝灾害频繁出现。这就增加了农业生产的不稳定性, 产量波动大。

参考文献:

- [1] IPCC Summary for Policymakers of the Synthesis Report of the IPCC Fourth Assessment Report [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007 (in Press).
- [2] 廉毅, 高枫亭, 任红玲, 等. 20 世纪 90 年代中国东北地区

荒漠化的发展与区域气候变化[J]. 气象学报, 2001, 59 (6): 730-736.

[3] 孙凤华, 杨素英, 陈鹏狮. 东北地区近 44 年的气候暖干化趋势分析及可能影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(7): 751-755.

[4] 杨素英, 孙凤华, 陈岩. 近 45a 东北地区春季降水异常的气候特征[J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 197-204.

[5] 孙凤华, 任国玉, 赵春雨, 等. 中国东北地区及不同典型下垫面的气温异常变化分析[J]. 地理科学, 2005, 25(2): 167-171.

[6] 孙凤华, 袁健, 路爽. 东北地区近百年气候变化及突变检测[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(1): 101-108.

[7] 赵春雨, 刘勤明, 李晶. 辽宁省近 48 年来气候变化研究[J]. 气象, 2005, 26(5): 32-35.

[8] 孙凤华, 杨修群、路爽, 等. 东北地区平均、最高、最低气温时空变化特征及对比分析[J]. 气象科学, 2006, 26(2): 157-163.

[9] 赵春雨、曲晓波、王颖, 等. 辽宁省气候变化及若干气象灾害的事实分析[J]. 灾害学, 2007, 22(4): 77-80.

[10] 汪宏宇, 龚强. 东北地区作物生长季降水异常特征分析[J]. 气象科技, 2005, 33(4): 343-354.

[11] 施能. 北半球冬季大气环流遥相关的长期变化及其与我国气候变化的关系[J]. 气象学报, 1996, 54(6): 675-683.

[12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 69-72.

[13] 高国栋, 陆渝蓉, 李怀瑾. 我国最大可能蒸发量的计算和分布[J]. 地理学报, 1978, 33(2): 102-107.

[14] 陈建伟, 张煜星. 湿润指数与干燥度关系的探讨[J]. 中围沙漠, 1996, 16(1): 79-82.

Climate Conditions of Crop Growth Season and Its Effect on Agricultural Production in the Recent 50 Years in Liaoning Province

Zhao Chunyu^{1,2}, Wang Ying², Zhang Yushu³ and Yan Xiaoyu²
(1. *Climate Center of Shenyang Area, Shenyang 110016, China;*
2. *Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016, China*)

Abstract: Based on monthly ground observation data of 35 meteorological observation stations in 1956 – 2005, long-term changes and spatial distribution characteristics of agro-climatic conditions in the past 50 years in Liaoning Province are analyzed in detail, and the effect of agro-climatic conditions on agricultural production is preliminarily discussed. The result shows that: In the past 50 years, sunshine hours of growing season (April to September) has greatly decreased, with the amount of 29.4 hr/10a; percentage of sunshine of growth season has also reduced significantly, with an average reduction of 1.2% per 10a; precipitation of growing season decreased weakly, while evaporation of growing season decreased by 17.33 mm for every 10 years. Potential evaporation is also significantly reduced. Accumulated temperature of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ threshold temperature of growth season has greatly increased in recent 50 years, and the starting date of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ threshold temperature has significantly brought forward, about 6 days in most areas. Growing season $3\ 350^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature contour has marked northward and eastward shifts in these 10 years in Liaoning province.

Key words: crop growth season; climate change; agricultural production; Liaoning province