

气候对河南省棉花产量的影响及其变化研究

千怀遂, 石艳蕊, 魏东岚

(河南大学环境与规划学院, 开封 475001)

摘要: 河南省位于亚热带与温带的气候过渡带, 地跨黄河流域和长江流域两大棉区, 棉花产量对气候变化非常敏感。用正交多项式的方法分离棉花产量; 用积分回归的方法分析气候对棉花产量的影响。在此基础上, 首先确定了影响河南省棉花产量的关键气候因子和关键期; 其次, 根据降水量、温度和日照时数对棉花产量影响的区域分布, 分别把河南省分为 3 个降水量影响区、3 个温度影响区、6 个日照影响区; 最后, 采用滑动积分回归的方法, 分别分析了亚热带和温带 3 个影响因子对棉花产量影响的变化, 讨论了未来气候变化的可能影响。

关键词: 气候; 棉花产量; 河南省

Climatic effects on cotton yield in He'nan Province and their change trend

QIAN Huai-Sui, SHI Yan-Rui, WEI Dong-Lan (College of Environment and Planning, He'nan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: The climatic impacts on crop yields and their transitivity are studied in He'nan Province. The regional climate is crossed by the transition zone from the subtropical to temperate zone. According to the regional distribution of the total affecting coefficients and their ranges of precipitation, temperature and sunshine duration, We divide He'nan Province into 3 affecting regions of precipitation, 3 affecting regions of temperature and 6 affecting regions of sunshine duration respectively. Using the method of running integral regression, we analyse the changes of the climatic impacts on the cotton yields in the subtropical and temperate zone respectively. We also discuss the possible impacts of the future climate changes on the cotton yield and adaptability.

Key words: climate; cotton yield; He'nan Province

文章编号: 1000-0933(2000)06-1061-08 中图分类号: S162.5; S512.1+1 文献标识码: A

1 问题的提出

农作物产量与天气和气候的关系是一个古老的问题。在 80 年代以前, 该领域的研究侧重于农作物生长发育、产量形成及产量结构等生物过程或要素与各个气象要素关系的分析; 近年来, 在实际需要和世界气候研究计划的引导下, 研究重点正在向气候变化对农作物产量的影响以及农作物生长动态模拟和产量估算或预测等方面转移^[1~4]。棉花是一种喜光喜温的短日照作物, 在生长期中的相当长时间内, 营养生长和生殖生长同时进行, 生长期和收获期均很长, 不同生育期的天气气候条件有非常明显的差异, 棉花产量与各个生育期的光、温、水分条件均有十分显著的关系。因此, 气候影响评价、棉花产量估算和预测都需要通过分析棉花产量对各旬(月)日照、气温和降水量变化的敏感度, 确定关键影响因子和关键期, 了解各因子影响强度的区域差异和时间变化, 为棉花产量模拟、预测和展望性气候影响评价奠定基础。

河南省是我国重要的产棉大省, 解放以来, 各年代棉花总产量一直居全国各省区的前四位, 从 60 年代

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目(“河南省主要农作物估产模型系统研究”)

收稿日期: 1998-09-05; 修订日期: 1999-01-27

作者简介: 千怀遂, 男, 河南武陟人, 教授。主要从事应用气候学, 气候变化和遥感技术应用等研究。

开始,棉花产量占全国总产量的比重有逐年升高的趋势,90年代初达15.9%,属全国第二位^[1],而且产量变化中的波动非常明显,表明它对气候变化较敏感。该省绝大部分地区位于暖温带半湿润气候区,属于黄河流域棉区;亚热带北界横跨本省南部,淮河-秦岭以南为亚热带湿润气候区,属于长江流域棉区。由于位于气候带界线附近,而且受地形的影响,气候过渡性和灾害多发性均十分明显。气候变化不仅可以引起棉花产量的显著波动,甚至还会造成棉花适宜区、种植制度、品种类型和栽培技术的变动。因此,该省是研究气候变化对棉花产量影响的典型地区。

2 资料与方法

本着试验点均匀分布的原则,在全省选择了40个县(市),并选用了它们1961~1990年的逐年棉花单产及旬降水量、旬均温和旬日照时数资料,其中洛阳市、开封市和信阳市的资料包括1951~1960年的数据。这些资料分别来源于河南省农业经济统计资料和气象台站。

根据棉花产量影响因子的变化特点,可把棉花产量分解为趋势产量和波动产量,前者的变化主要是由社会经济因子造成的,后者则主要取决于气候因子。产量分离的方法很多,本文用正交多项式的方法拟合趋势产量,并由此计算每个县(市)逐年波动产量。经检验,各县(市)波动产量均服从正态分布。

棉花产量是在棉花全生长期中干物质积累和转化的结果,它与每个生育阶段的光、温、水条件都有关系。本文采用积分回归方法,分析棉花生长期中各旬降水量、温度和日照时数对产量的影响,用影响系数(第*i*旬降水量、温度和日照时数的影响系数分别用 A_{ri} 、 A_{ti} 和 A_{si} 表示)表示影响方向和强度。在全生长期中,分别对旬降水量、温度和日照时数的影响系数求和,这些旬影响系数总和为总影响系数,分别用 A_r 、 A_t 和 A_s 表示,并用最大旬影响系数与最小旬影响系数之差计算影响系数极差。总影响系数和极差是表征各气候要素对棉花产量影响的重要参数。

为了探讨气候变化对棉花产量影响的长期变化,选用了信阳市、开封市和洛阳市1951~1990年的气象资料及信阳县、开封县和孟津县(位于洛阳市附近)的棉花产量资料,采用20a滑动积分回归的方法,计算每20年降水量、气温和日照时数对棉花产量的影响系数,计算结果构成了降水量、气温和日照时数影响系数的时间序列(样本容量 $n=21$),用它们不仅可以分析气候变化对棉花产量的影响方向和强度,还能确定关键因子和关键期的变动。

3 结果与分析

3.1 影响棉花产量的关键气候因子

降水量是影响河南省棉花产量的主要关键气候因子。河南省位于亚热带与暖温带过渡带附近,光热资源基本上能满足棉花生长发育的需要。由于豫北和豫西丘陵存在有大范围的半干旱地区,棉花生长期降水量不能满足棉花生长发育的需要;全年降水量高度集中于夏季,各季降水量变率都很大,旱涝灾害频繁。因此,降水量是限制棉花产量的主要因子。由图1可见,降水量的影响系数很大,特别是豫北地区,除现蕾期和花铃期外,其它各生育期的影响系数均为较大的正值(图1a),即干旱是这些地区棉花生产的主要农业气候问题。降水量的正效应由北而南越来越不明显,豫南亚热带地区为以负效应为主的地区(图1b和c),即多雨或涝灾对棉花生产的影响越来越明显,降水量影响的关键期有明显的区域差异性,在东部和中部地区,播种-现蕾期和吐絮期的少雨干旱以及花铃期的多雨涝灾对棉花产量的影响较明显(图1a和b);西部地区与我国的秋雨区相近,而且受地形的影响,丘陵区干旱较重,播种-花铃期的降水量影响系数均为正值,从花铃期末到吐絮期的阴雨天气对棉花产量的影响非常突出(图1d)。

降水量不仅通过旱涝灾害直接影响产量,而且还通过影响光热资源量及其利用率而降低产量。在河南省的绝大部分地区,棉花苗期~现蕾期和吐絮期以晴天为主,降水量很少,干旱严重地限制了棉花对光热资源的利用率,温度和日照的影响系数均为负值;在花铃期,阴雨天气频繁,光热资源明显不足,温度和日照的影响表现为明显的正效应。

播种期和苗期的连阴低温天气对棉花产量也有明显的限制作用。春季连阴雨低温天气是河南省主要灾害天气之一,它对棉籽发芽出苗和幼苗生长有明显影响,棉花产量往往因此而降低。由图1可见,播种期和幼苗期温度与日照时数的影响系数均为正值,而且它们的影响独立于降水量的影响。这表明播种期和幼

苗期的干旱、低温和寡照通过对棉花齐苗的影响而对产量都有显著的限制作用,虽然连阴雨天气也能产生一定降水,但降水量很少,难以解除旱情。

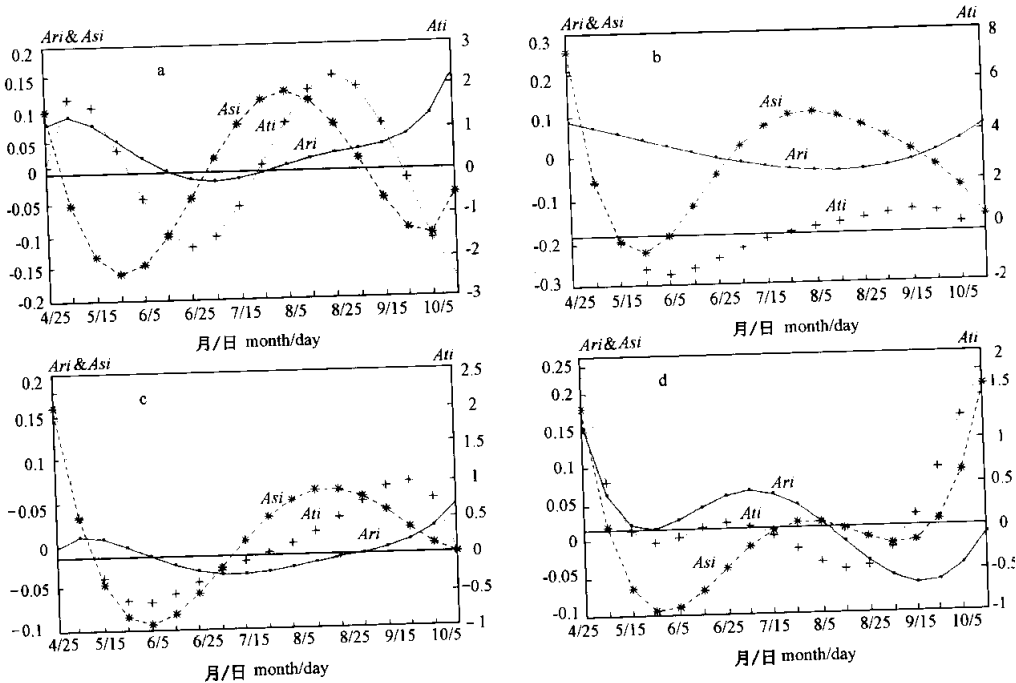


图 1 内黄县(a)、西平县(b)、信阳市(c)和灵宝市(d)降水量(Ari)、温度(Ati)和日照时数(Asi)的旬影响系数变化曲线

Fig. 1 The seasonal variations of affecting coefficients of precipitation(Ayi),temperature(Ati) and sunshine duration(Asi) at the Neihuang County(a),Xiping County(b),Xinyang City(c)and Lingbao City(d)

3. 2 棉花产量的气候影响分区

3. 2. 1 降水量影响分区 河南省降水量对棉花产量的影响有非常明显的南北向差异性,这是气候过渡性的表现。本文根据降水量总影响系数和影响系数极差的分布规律,把全省分为 3 个影响区(图 2)。

(A)淮南弱负效应区 淮河以南为湿润区,降水量丰富,相对棉花需水量而言,为水分盈余区。因此,该区的降水量总影响系数基本上都为负值,特别是在低平地区,仅在排水条件非常好的山丘区为很不明显的正效应。本区的总影响系数绝对值和极差都很小,由图 1c 可见,信阳市各旬降水量影响系数变化于一 0. 035~0. 045kg/hm²·mm,这说明降水量变化对棉花产量的影响不太明显。

(B)豫中正负效应相近区 豫中为半湿润区,降水量基本上能满足棉花生长发育的需要,因此该区降水量的总影响系数可正可负,其绝对值都很小。由于降水量的季节变化明显,其影响系数的极差都较大,一般变化于 0. 10~0. 40kg/hm²·mm,春、秋季的正效应期长度和正影响系数总值分别与夏季的负效应期长度和负影响系数绝对值总和相近(图 1b)。由此可见,本区降水量对棉花产量的影响较明显,这种影响主要表现为明显的降水量时间变化所造成的季节性旱涝灾害对棉花产量的限制。

(C)豫北强正效应区 该区的大部分地区为半干旱区,降水量较少,对于棉花需水量来说,为水分亏缺区,因此其降水量的总影响系数为较大的正值,一般都在 0. 30kg/hm²·mm 以上,即全生长期平均每旬增加 1mm 降水量,棉花单产可望增加 0. 3kg/hm² 以上。影响系数的极差也较大,棉花播种期、苗期、现蕾期和吐絮期一般都为降水量正效应期,仅花铃期降水量较多,有较短的负效应期(图 1a)。由此可见,降水量对棉花产量的影响非常明显,有效的灌溉设施是提高棉花产量的必要条件。

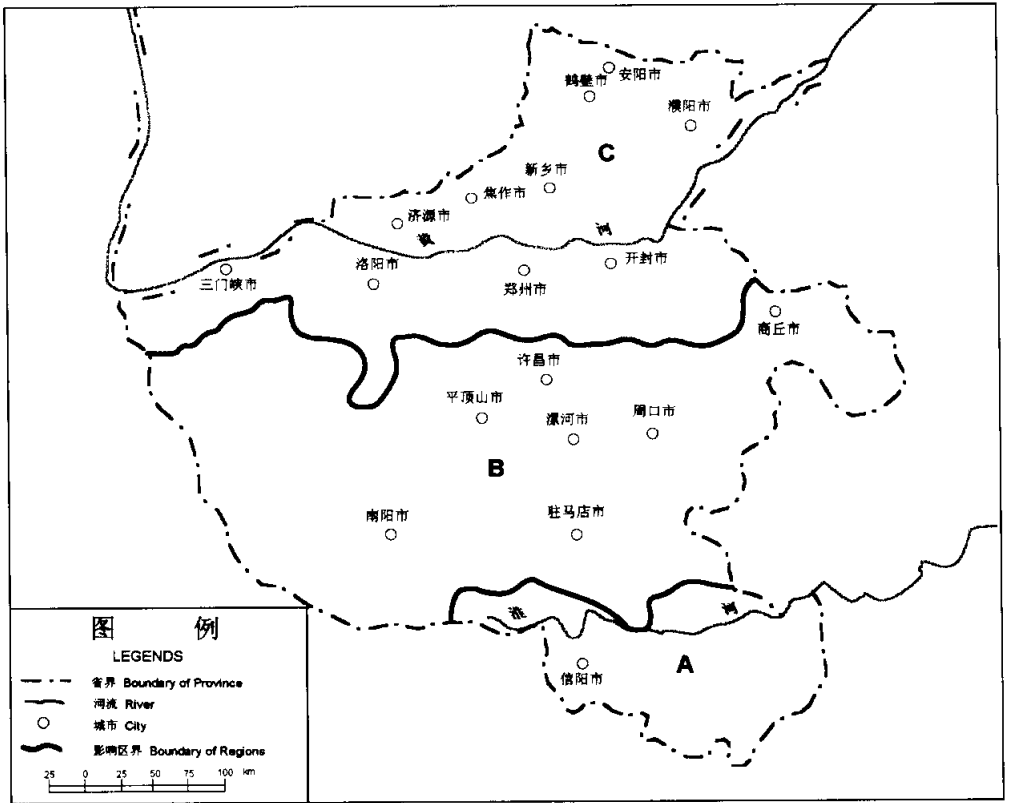


图 2 河南省降水量对棉花产量的影响分区图

Fig. 2 The regionalization of precipitation impacts on cotton yields in He'nan Province

3. 2. 2 温度影响分区 河南省位于热量气候过渡带附近, 温度对棉花产量影响的南北向过渡性也很明显。本文根据温度总影响系数和影响系数极差的分布规律, 把全省分为 3 个影响区(图 3)。

(A) 淮南弱正效应区 淮河以南属亚热带气候区, 热量资源丰富, 温度对棉花产量的影响较弱, 但春季和 8~9 月份的连阴雨低温天气对棉花产量有一定的限制作用(图 1c), 因此, 该区为正效应区, 总影响系数和影响系数极差一般都小于 $3.0\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。

(B) 豫中强正效应区 该区的绝大部分地区属于暖温带, 热量资源较丰富, 但由于连阴雨低温天气的频率较大, 西部山地也有一定的作用, 温度对产量的影响较显著, 全区总影响系数和影响系数极差均较大, 其中前者一般为 $3.0\sim 11.0\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 即全生长期日均温升高 1°C , 棉花单产可望提高 $3\sim 11\text{kg}/\text{hm}^2$ 。本区的温度影响关键期有明显的东西向差异性, 东部的正效应期位于播种-出苗期和花铃期-吐絮初期, 西部则位于播种期和吐絮期(图 1b 和 d)。

(C) 豫北正负效应相近区 该区也属于暖温带, 热量资源也较丰富, 连阴雨低温天气的频率较小, 温度的正效应主要是播种-苗期的倒春寒天气和花铃期的多雨天气所造成的, 但在少雨的初夏和秋季, 温度的影响表现为明显的负效应(图 1a)。因此, 本区温度的正负效应相近, 总影响系数接近于零, 一般为 $-1.00\sim 2.00\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 但影响系数的极差较大, 变化于 $2.00\sim 5.00\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 即温度影响的季节变化较明显。

3. 2. 3 日照时数影响分区 受南北向气候过渡性和东西向地形过渡性的双重影响, 本省日照时数对棉花产量影响的区域分布较复杂。本文根据日照时数总影响系数和影响系数极差的分布规律, 把全省分为 6 个

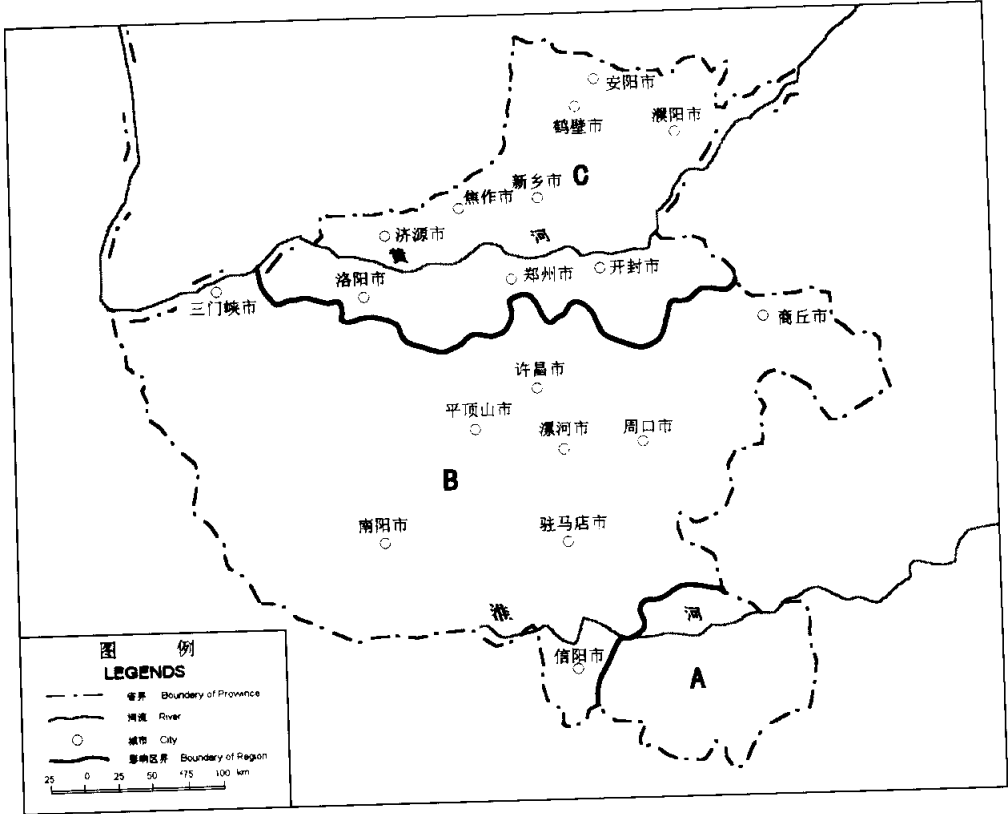


图 3 河南省温度对棉花产量的影响分区图

Fig. 3 The regionalization of temperature impacts on cotton yields in Henan Province

影响区(图 4)。

(A)淮南弱正效应区 该区位于亚热带,阴雨天气较多,日照不足对棉花产量有一定的限制作用,其总影响系数一般都为正值。由于副热带伏旱天气的影响,而且相对于夏季偏南气流,本区位于大别山的背风坡,阴雨天气的影响较弱,因此本区的总影响系数和影响系数极差都很小,它们分别小于 $0.15\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$ 和 $0.25\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$ 。

(B)豫西南强正效应区 该区南部为亚热带,北部为暖温带,降水量少于淮南区,但由于山地的影响,云量较多,日照不足对棉花产量的限制非常明显,其总影响系数和影响系数极差均变化于 $0.20 \sim 0.50\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$ 。

(C)豫东南正负效应相近区 该区位于暖温带半湿润区南部,阴雨天气少于淮南区,云量小于西部山地,光照资源能满足棉花生长发育的需要,日照时数的总影响系数一般都接近于零。由于阴雨天气的季节变化明显,日照时数的影响系数极差较大,一般为 $0.20 \sim 0.55\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$,即不同季节日照时数的正负效应均很明显,且二者相近。

(D)豫西丘陵弱负效应区 该区为豫西黄土丘陵多旱区,阴雨天气的频率较小,日照时数的影响为负效应,但由于周围山地成云作用的影响,这种负效应很弱,总影响系数基本上都接近于零,影响系数极差也很小,一般都小于 $0.12\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$ 。

(E)豫北中强负效应区 该区位于豫北和豫中平原区,为暖温带半湿润半干旱气候区,降水量不足,日照资源丰富,日照时数的影响表现为明显的负效应,其总影响系数一般为 $-0.25 \sim -0.72\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{h}$,影响系数

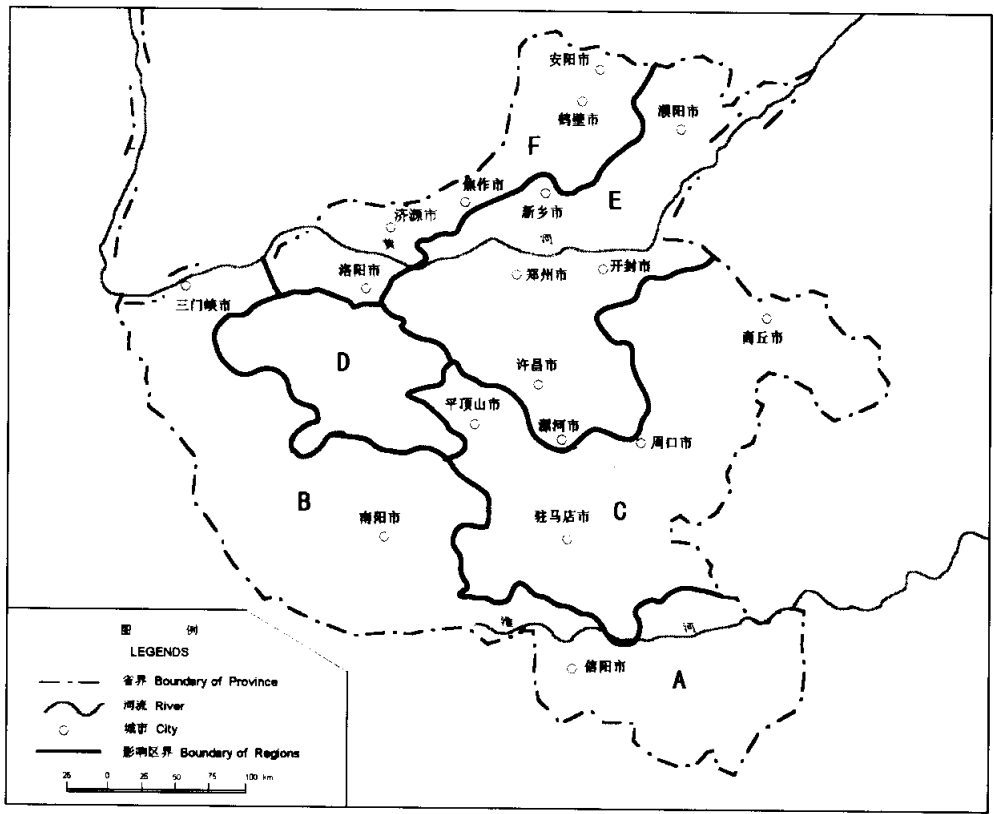


图 4 河南省日照时数对棉花产量的影响分区图

Fig. 4 The regionalization of sunshine duration impacts on cotton yields in He'nan Province

极差也变化于 $0.20 \sim 0.75 \text{kg/hm}^2 \cdot \text{h}$ 。由此可见,该区的少雨干旱对光照资源的作用有明显的限制作用。

(F)豫西北正负效应相近区 该区位于豫西北山区,降水量稍多于东部平原,但少雨仍是限制棉花产量的主要因子。由于山地成云作用的影响,日照时数总影响系数的绝对值变得非常小,基本上接近于零,但影响系数极差较大,一般为 $0.20 \sim 0.70 \text{kg/hm}^2 \cdot \text{h}$,这说明不同季节的日照时数对棉花产量有不同的影响,且正负效应相近。

3.3 气候影响的变化

降水量的正效应有逐渐增强的趋势。由图 5 可见,亚热带地区不同时期的降水量总影响系数基本上都为负值,而暖温带北部一般都是正值,它们都有一个相同的变化特点,即总影响系数逐渐增加。这一变化趋势在东部地区较明显,西部山区则有先增后减的特点,最大值位于 70 年代。由此可见,对于棉花生产来说,本省气候有逐渐干旱化的趋势,南部降水量的适宜性增强,北部缺水的限制性增强,人为增加水分是提高棉花单产的主要措施之一。

温度对棉花产量的影响与降水量和日照息息相关,从 60 年代末开始,其负效应有逐渐加强的趋势。由图 5 可见,温度总影响系数的变化往往与降水量总影响系数反向,该特点在亚热带地区和北部暖温带地区的 60 年代末以来表现得尤其突出,这说明这些地区和时期的热量资源较丰富,温度的正效应主要是连阴雨天气造成的。自 70 年代末以来,温度的总影响系数逐渐减小,南部温度趋向于适宜,北部则迅速由强正效应变为强负效应,而西部山区经过一个明显的波动后,最近时段的温度影响系数也接近于零,这与气候

的变暖趋势相一致。

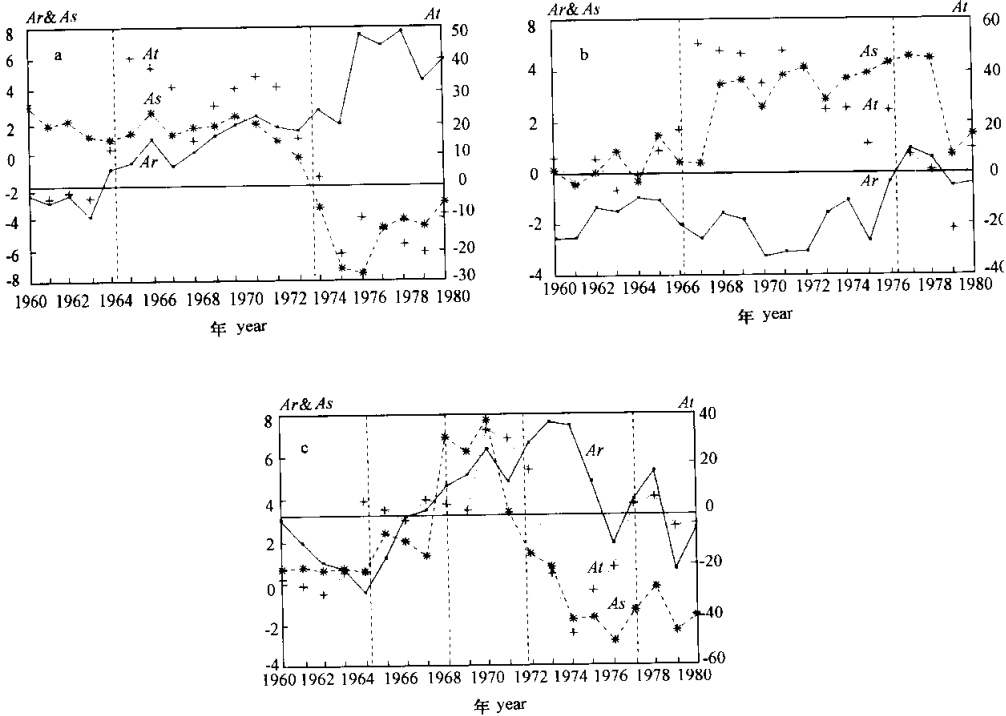


图 5 开封市(a)、信阳市(b)和洛阳市(c)降水量(*Ar*)、温度(*At*)和日照时数(*As*)总影响系数的年际变化
Fig. 5 The interannual changes of the total affecting coefficients of precipitation(*Ar*), temperature(*At*) and sunshine duration(*As*) at the City of Kaifeng(a), Xinyang(b) and Luoyang(c)

根据降水量、温度和日照时数影响系数的年际变化特点,可把河南省东部地区棉花产量的气候影响时间序列分为 3 个阶段(图 5a 和 b)。(1)60 年代中期以前,降水量的影响为负效应,北部日照有较明显的正效应,温度的影响不明显;(2)60 年代中期至 70 年代中期,北部降水量的影响不明显,棉花产量的限制因子是温度,其正效应非常显著,而南部 3 个因子的影响均很显著,其中降水量的影响为强负效应,温度和日照为强正效应;(3)70 年代中期以后,南部 3 个因子的影响逐渐减弱,北部则逐渐增强,其中降水量的影响为强正效应,温度和日照为强负效应。西部山区气候影响的年际变化大致可分为 5 个阶段(图 5c),其中 60 年代末到 70 年代中期的气候影响最显著,其前半期 3 个因子的影响均为强正效应,后半期少雨干旱是最主要的限制因子,自 70 年代中期以来,3 个因子的影响均逐渐减弱。

4 结论与讨论

降水量和春季低温是影响河南省棉花产量的主要因子,其中前者既可以通过旱涝灾害限制棉花的生长发育,还能通过限制光热资源量及其利用率而降低产量。春季-初夏和秋季少雨与盛夏多雨是绝大部分地区棉花生产的主要农业气候问题,因此水分调控是提高棉花产量的主要措施。

河南省位于亚热带与暖温带之间的气候过渡带附近,气候变化对棉花产量的影响有明显的南北向差异性。降水量的影响自淮南到豫北迅速由弱负效应区过渡到强正效应区,据此把全省分为 3 个降水量影响区;河南省热量资源丰富,在热量过渡带和连阴雨低温天气区域分布的共同影响下,形成了淮南弱正效应区、豫中强正效应区和豫北正负效应相近区;在地形过渡带和气候过渡带的共同影响下,日照时数的影

响有较复杂的区域分布,但其南北向过渡性仍相当显著,由淮南和豫西南的正效应区迅速过渡到豫北中强负效应区,据此把全省分为 5 个日照时数影响区。

降水量、温度和日照对棉花产量的影响相互联系,其中温度和日照时数的总影响系数往往与降水量呈反向变化,特别是 60 年代末以来的时期内,降水量的正效应逐渐增强,自 60 年代末以来,温度的负效应也逐渐增强,因此不同时期有不同的气候适宜性。

关于气候的未来变化,目前尚无定论,持变暖观点者较多,但有人认为变湿,也有人认为变干^[5,6]。如果气候变暖,则温度适宜性增强,特别是豫中温度强正效应区;如果气候变暖变湿,则豫北的气候适宜性增强,而豫中和豫南的棉花气候条件则有可能向现在的长江中下游棉区变化;如果气候变暖变干,则豫南的适宜性增强,豫北则可能变为灌溉气候适宜区。

参考文献

[1] 太华杰,等. 中国棉花产量变化及其气象预测. 北京:气象出版社,1996.

[2] 程纯枢,等. 中国的气候与农业. 北京:气象出版,1991.

[3] 气候变化与作物产量编写组. 气候变化与作物产量. 北京:中国农业科技出版社,1992.

[4] 气候变化对农业影响及其对策课题组. 气候变化对农业影响及其对策. 北京:北京大学出版社,1993.

[5] 张 翼,等. CO₂ 倍增全球变暖条件下中国降水的可能变化. 气候变化及其影响. 北京:气象出版社,1993. 257~265.

[6] 郑斯中,等. 气候影响评价. 北京:气象出版社,1989. 104~114.