

Analysis on the Characteristics of the Change Trend of Growing Season in Henan Province

Sen Zhang

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: zhangsencuit@outlook.com

Received: Nov. 1st, 2019; accepted: Nov. 19th, 2019; published: Nov. 26th, 2019

Abstract

In the global warming environment, the change of growth season length is related to the growth and development of crops, which in turn affects the yield of crops. Therefore, it is important to study the variation characteristics of growth season in Henan Province. Based on the meteorological data of 111 meteorological stations in Henan Province in the past 52 years (1961~2012), this paper analyzes the variation characteristics of the start time, end time and length of the growing season in the six regions of Northern Henan, Eastern Henan, Southern Henan, Western Henan, Southwest Henan and Central Henan, under the temperature thresholds of 0°C, 5°C and 10°C using linear regression and Mann-Kendall trend test. The results showed that the start time of the growth season in the six regions of Henan Province showed an early trend from 1961 to 2012, and the end of the growing season showed a trend of extension. The length of the growing season showed an increasing trend. In each region of each temperature, the total advance amount of the start time is generally greater than the total delay amount of the end time. In terms of temperature, the start of the growing season at 0°C is the most advanced (up to about 22 days in advance), and the length of the growing season is the most increased (up to about 26 days). In terms of regional integration, the growth seasons of the northern and western Henan regions are the most obvious. The M-K test chart shows that the mutation point of the growth season length under various temperature conditions is generally in the seventies, after which the increase trend is not very significant. Correlation analysis shows that the growth season length has the strongest correlation with latitude, which is negatively correlated, and has the weak correlation with longitude and altitude.

Keywords

Henan Province, Growing Season, Start Time, End Time, Length

河南省生长季变化趋势特征分析

张 森

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都
Email: zhangsencuit@outlook.com

收稿日期: 2019年11月1日; 录用日期: 2019年11月19日; 发布日期: 2019年11月26日

摘要

在全球变暖的大环境下, 生长季长度的变化关系着农作物的生长发育, 进而影响农作物的产量, 因此研究河南省生长季变化特征具有重要作用。本论文基于河南省111个气象站点52年(1961~2012)的气象数据, 用线性回归法和Mann-Kendall趋势性检验法分析了0℃、5℃和10℃三个温度阈值条件下河南省豫北、豫东、豫南、豫西、豫西南和豫中六个地区生长季的开始时间、结束时间和生长季长度的变化特征。结果表明, 1961~2012年河南省六个区域生长季开始时间都呈提前趋势, 生长季结束时间都呈延后趋势, 生长季长度都呈增加趋势, 而且各温度各区域中一般是开始时间总提前量大于结束时间总延后量。从温度上综合来讲, 0℃条件下的生长季开始时间提前最多(最高约提前22天), 生长季长度增加最多(最高约增加26天)。从区域上综合来讲, 豫北和豫西两地区生长季变化最明显。M-K检验图显示, 各温度条件下生长季长度增加的突变点一般在七十年代上下, 这之后其增加趋势多不是很显著。通过相关性分析可知, 生长季长度与纬度的相关性最强, 呈负相关, 与经度、海拔高度的相关性很弱。

关键词

河南省, 生长季, 开始时间, 结束时间, 长度

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自工业革命以来, 人类改造自然的能力不断增强, 尤其是对石油、煤炭等化石燃料的持续的利用, 极大地促进了社会的进步, 但同时也带来了许许多多的环境方面的问题, 尤其是加快了全球变暖的步伐。有资料显示近一百年来中国平均地表气温上升了大约 0.5℃~0.8℃ [1], 近 50 年来增温更加明显, 全国年平均地表气温增加了 1.1℃ [2]。气候变暖正改变着生态系统固有的自然过程, 也在潜移默化地改变着植被群落的生长季趋势。

Yanling Song 等人对中国热生长季趋势的研究[3]表明, 伴随着全球气温的升高, 20 世纪北半球多数地区生长季的长度得到延长, 这个证据来自卫星数据、物候和气象观测, 通过对卫星数据的分析得出, 1981 年之后陆地植被的光合活性增加也与生长季延长有关, 而且 20 世纪后半半个五十年时候, 生长季向早期移动, 这与北大西洋振荡、春季变暖和最低气温升高、无霜期延长等有关。在物候学研究中, 对生长季开始的关注是由于春季发现的最大变化、生长季结束时间的相对较大不确定性。张戈丽等人对内蒙古生长季变化的分析[4]表明, 与河南省同处于北方的内蒙古地区近 50 年来气温增加已导致大部分地区植物春季物候提前, 秋季推迟, 生长季延长。李娜等人对山东省冬小麦 2001~2010 年生长季变化分析[5]表明, 10 年内山东省冬小麦的生长季开始时间较以前推迟, 结束时间有提前趋势, 但提前不显著, 生长季有所缩短, 这对研究同为华北平原的河南省的生长季变化有一定借鉴意义。陈怀亮等人通过分析数据研

究了 1982~2000 年来黄淮海地区植被生长季变化[6], 得出黄淮海地区 20 年来随着年代的前进, 植被生长季有延长的趋势, 而生长季的提前是黄淮海地区植被活动对气候变化响应的主要方式。

部分学者对热生长季趋势的研究发现, 伴随着全球气温的升高, 20 世纪北半球多数地区生长季的长度得到延长, 而且 20 世纪后半半个五十年时候, 生长季向早期移动, 这与北大西洋振荡、春季变暖和最低气温升高、无霜期延长等有关[7]。许多学者进一步对中国植被生长季趋势进行了研究, 结果表明与河南省同处于北方的内蒙古地区近 50 年来气温增加已导致大部分地区植物春季物候提前, 秋季推迟, 生长季延长[8]; 并且 10 年内山东省冬小麦的生长季开始时间较以前推迟, 结束时间有提前趋势, 但提前不显著, 生长季有所缩短, 这对研究同为华北平原的河南省的生长季变化有一定借鉴意义[9] [10]; 另外 20 年来黄淮海地区植被生长季有延长的趋势, 而生长季的提前是植被活动对气候变化响应的主要方式[11] [12] [13]。

河南省大部分地区处于暖温带, 省内又以平原为主, 这就成就了一个良好的粮食种植基地, 且其植被数量庞大, 种类繁多。通过分析近 52 年来河南省生长季变化趋势, 探讨其变化规律, 对于准确把握气候变化对河南省农作物产生的影响和农牧业生产部门制订应对气候变化的政策有重要意义[14] [15]。

2. 资料和方法

2.1. 资料

本文的数据是河南省 111 个气象站点的 1961 年至 2012 年 52 年间的初日、终日和日长数据, 其中每一个站点对应一个编号。数据已经进行了有效的整理, 剔除了一些很明显的错误数据, 所以空额的不参与计算, 其他的一切照常。

2.2. 方法

研究生长季变化特征时选取 0℃ 以上持续的天数, 5℃ 以上持续的天数, 10℃ 以上持续的天数分别作为草本植物生长期, 冷季作物生长期, 喜温作物生长期。

采用最小二乘法得出 52 年来的整体变化趋势。最小二乘法是通过最小化误差的平方和来寻找数据的最佳函数匹配的方法。

研究生长季日长变化特征时需要另外用 Mann-Kendall (M-K)法进行生长季长度变化趋势显著性分析, 并采用相关分析研究经度、纬度、海拔对生长季长度的影响。相关分析是研究两个或两个以上处于同等地位的随机变量间的相关关系的统计分析方法, 相关系数计算公式如下所示

$$r_{kl} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ki} - x_k}{s_k} \right) \left(\frac{x_{li} - x_l}{s_l} \right) \quad (1)$$

其中 s_k 和 s_l 分别表示第 k , 第 l 个变量的标准差, r_{kl} 的绝对数值越大, 表示两者的关系越密切。

3. 结果和分析

3.1. 生长季开始时间变化特征

图 1、图 2、图 3 分别给出了 1961~2012 年 0℃、5℃、10℃ 条件下生长季开始时间年际变化曲线, 由图中可见, 河南省六个区域的生长季开始时间总体上呈提前趋势。进一步统计了生长季开始时间总提前量, 由图 4, 图 5, 图 6 可见, 0℃, 5℃, 10℃ 下都有豫北和豫西总提前时间最多, 且 0℃, 5℃, 10℃ 下豫北, 豫西提前时间分别为 21 多天, 19 多天, 6 天多, 6 天多, 10 多天, 11 多天。豫北和豫西相对较偏北, 纬度较高, 可以推测区域的高纬度对生长季开始时间提前的影响更大。

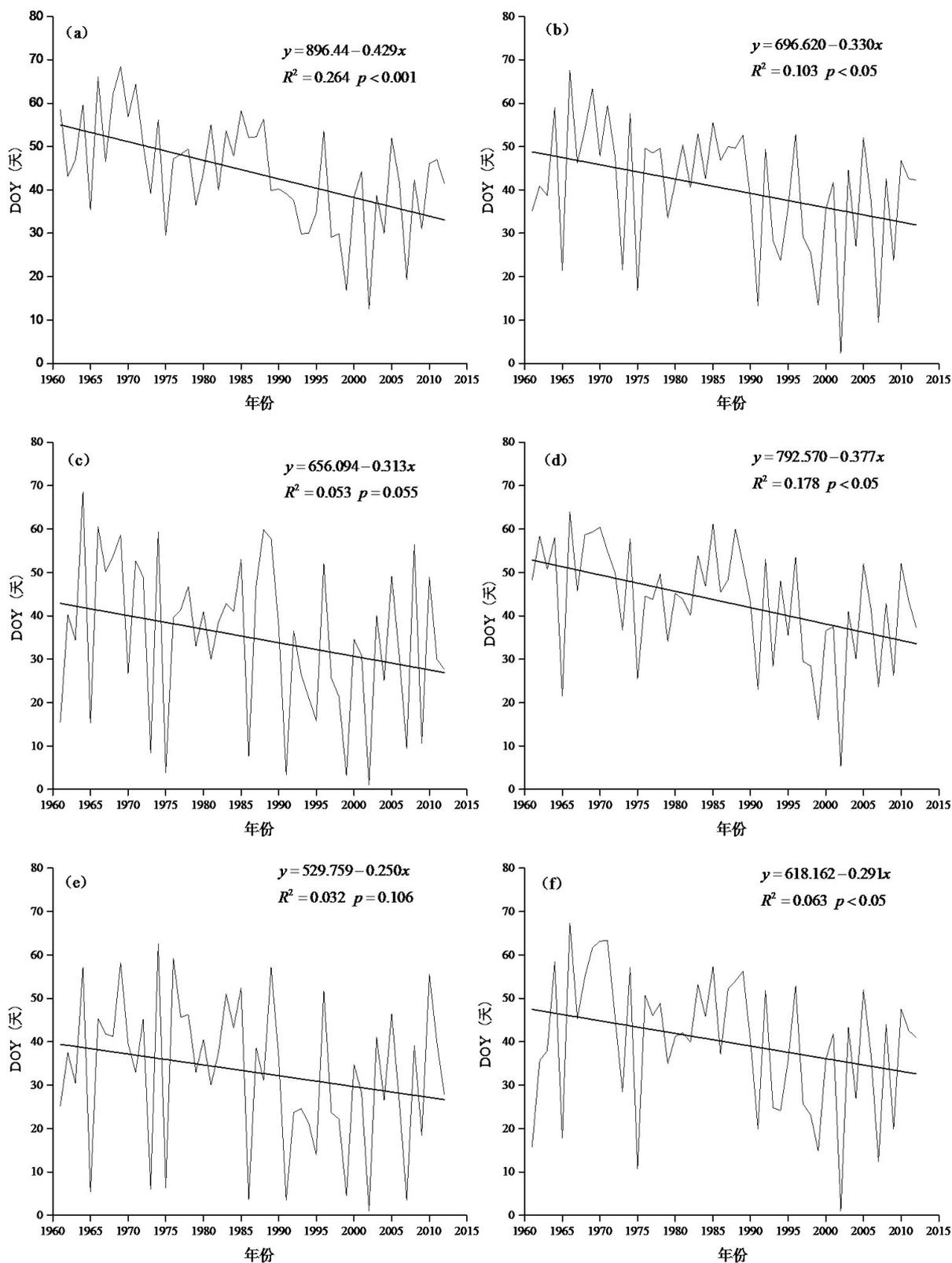


Figure 1. Change trend of growth season start time under 0°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 1. 0°C条件下生长季开始时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

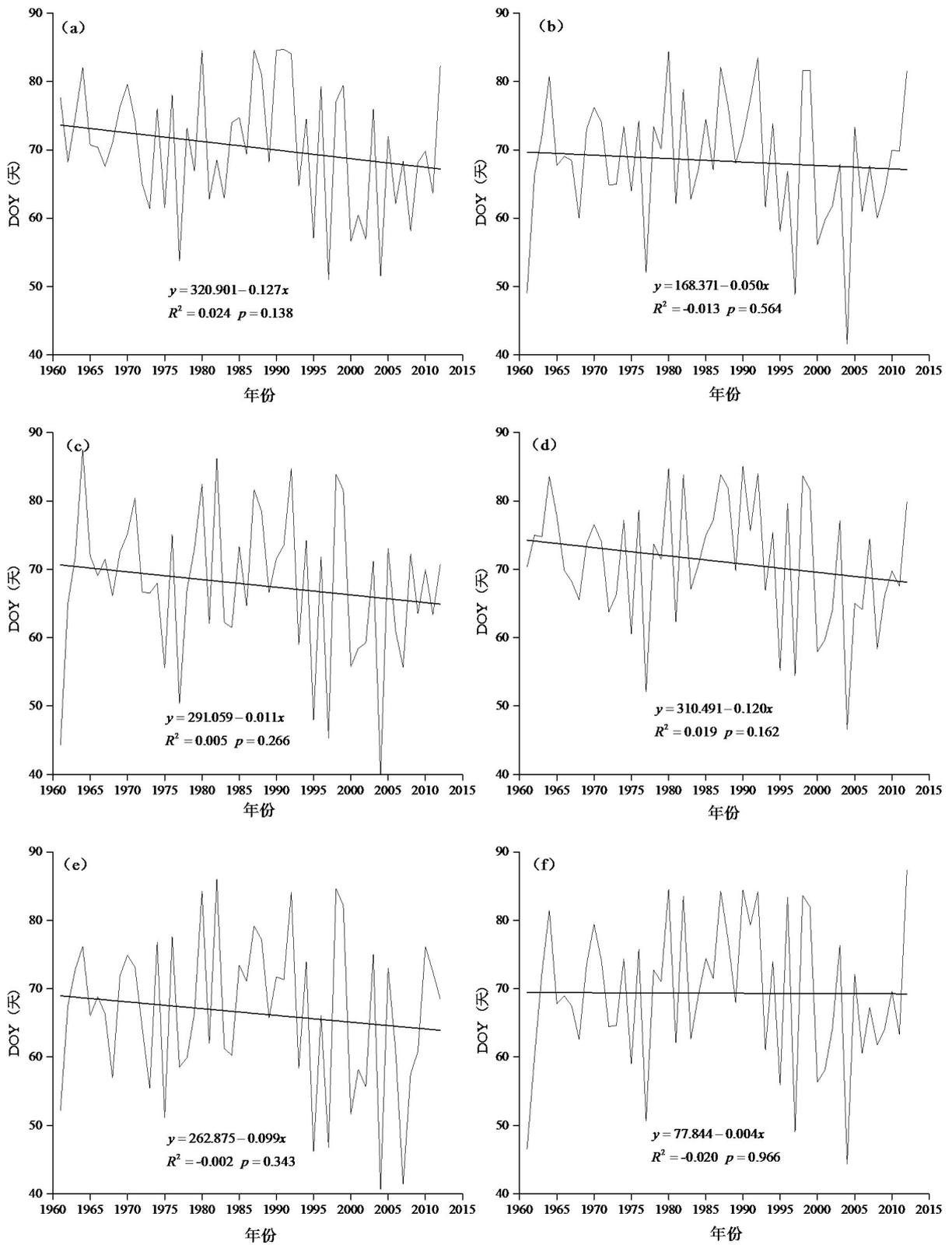


Figure 2. Change trend of growth season start time under 5°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 2. 5°C条件下生长季开始时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

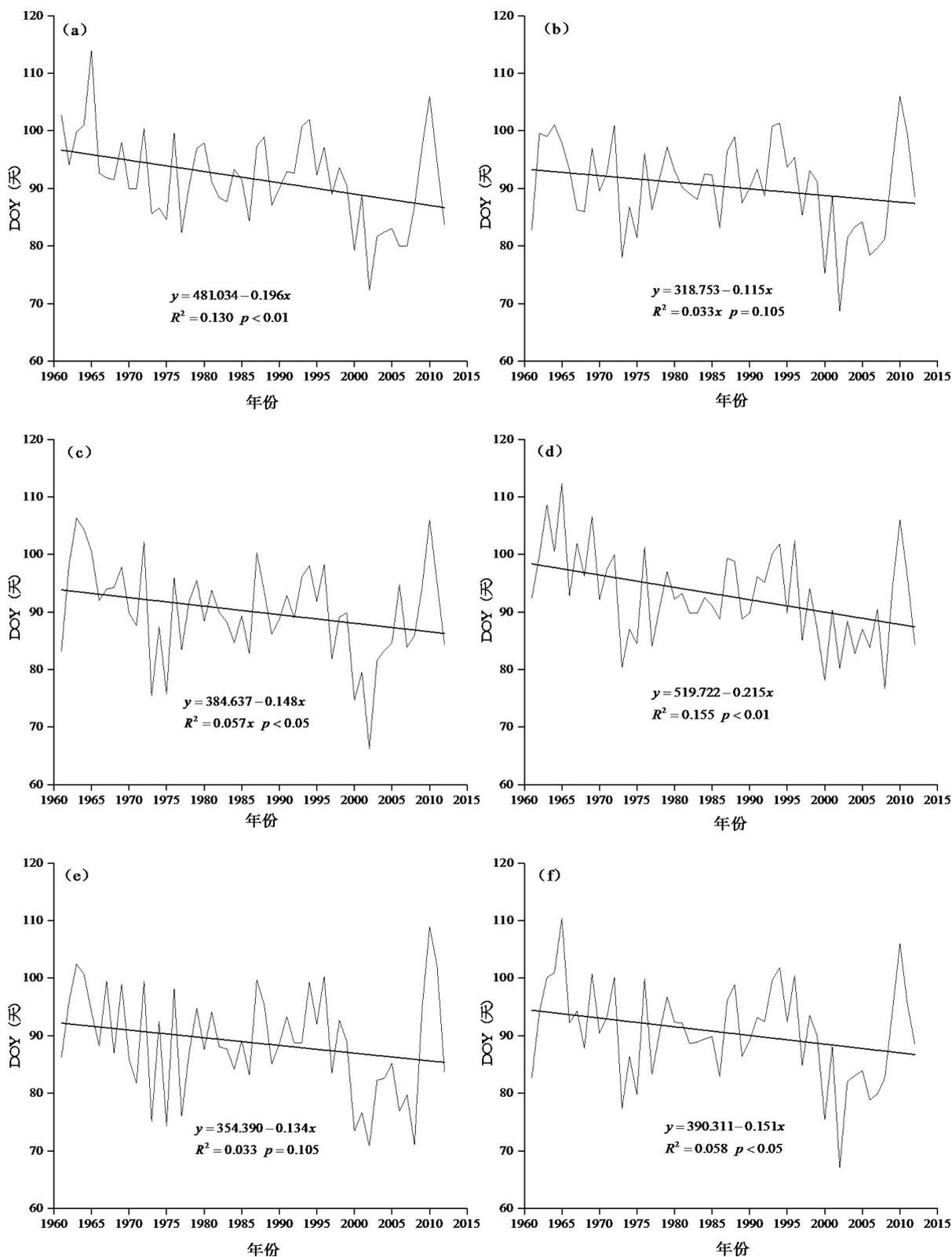


Figure 3. Change trend of growth season start time under 10°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 3. 10°C条件下生长季开始时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

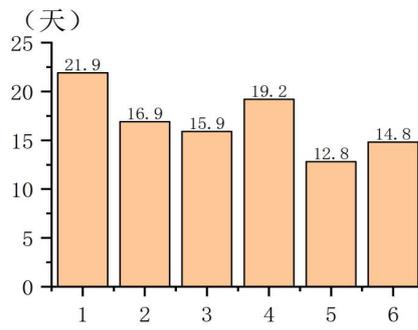


Figure 4. Total advance time of growth season at 0°C conditions (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 4. 0°C条件下生长季开始时间总提前量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

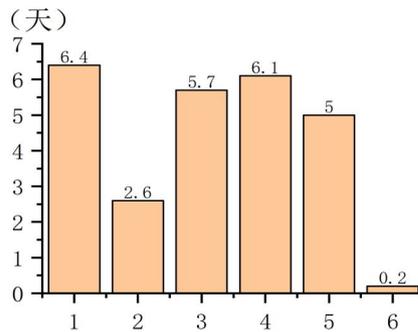


Figure 5. Total advance time of growth season at 5°C conditions (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 5. 5°C条件下生长季开始时间总提前量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

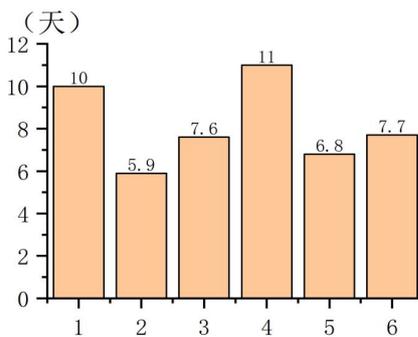


Figure 6. Total advance time of growth season at 10°C conditions (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 6. 10°C条件下生长季开始时间总提前量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

3.2. 生长季结束时间变化特征

图7、图8、图9给出了1961~2012年0℃, 5℃, 10℃条件下生长季结束时间年际变化曲线, 由图中可见, 河南省52年来总体上生长季结束时间呈现延后的趋势。进一步统计了生长季结束时间总提前量, 如图10、图11、图12所示, 0℃下豫西地区延后最多, 延后时间为6天多。5℃下豫北地区延后时间最多, 延后时间为5天多, 10℃下豫北豫西地区延后时间最多, 都为5天多。又一次证明了生长季与纬度的较大关联性。

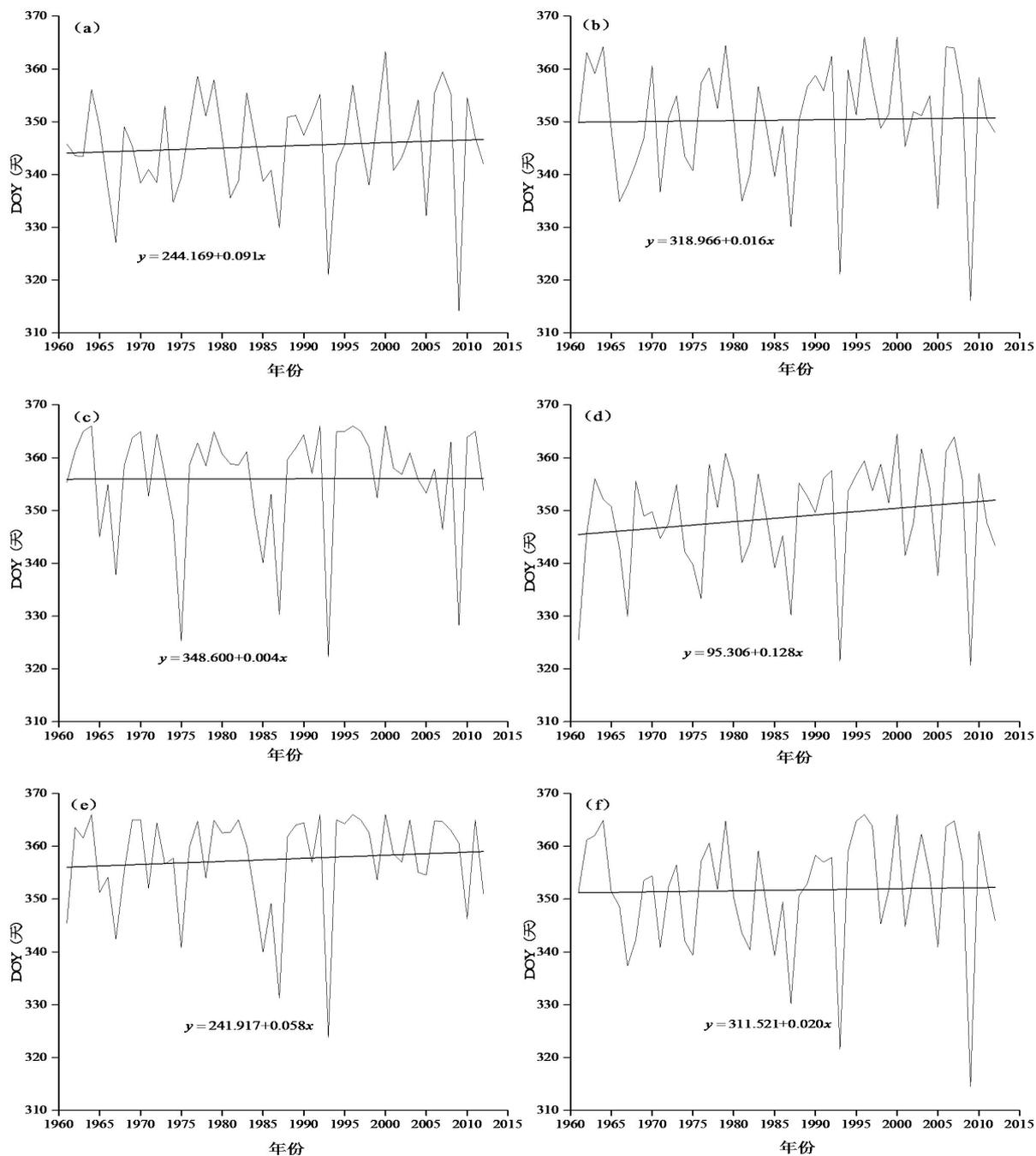


Figure 7. Change trend of growth season end time under 0°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图7. 0℃条件下生长季结束时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

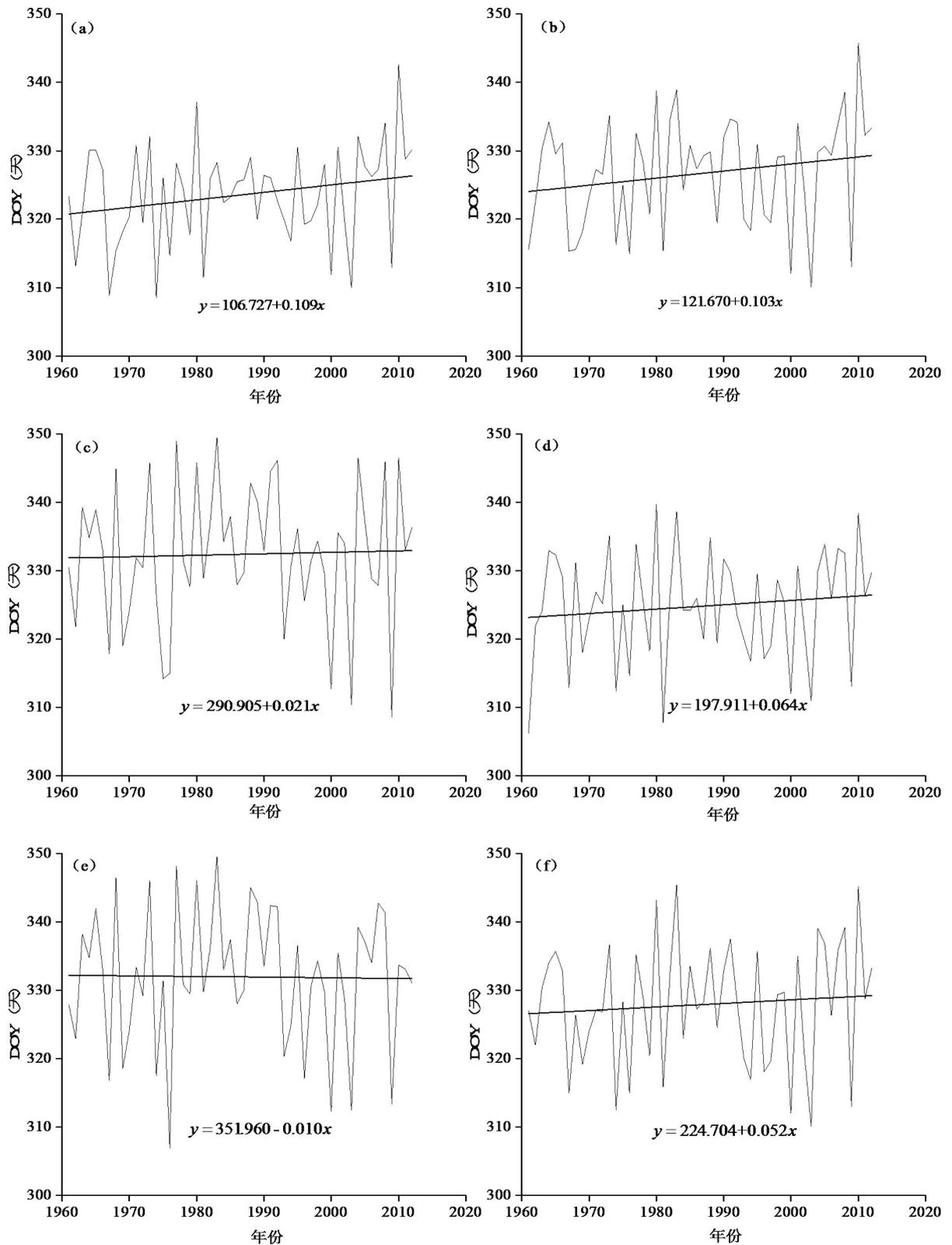


Figure 8. Change trend of growth season end time under 5°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 8. 5°C条件下生长季结束时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

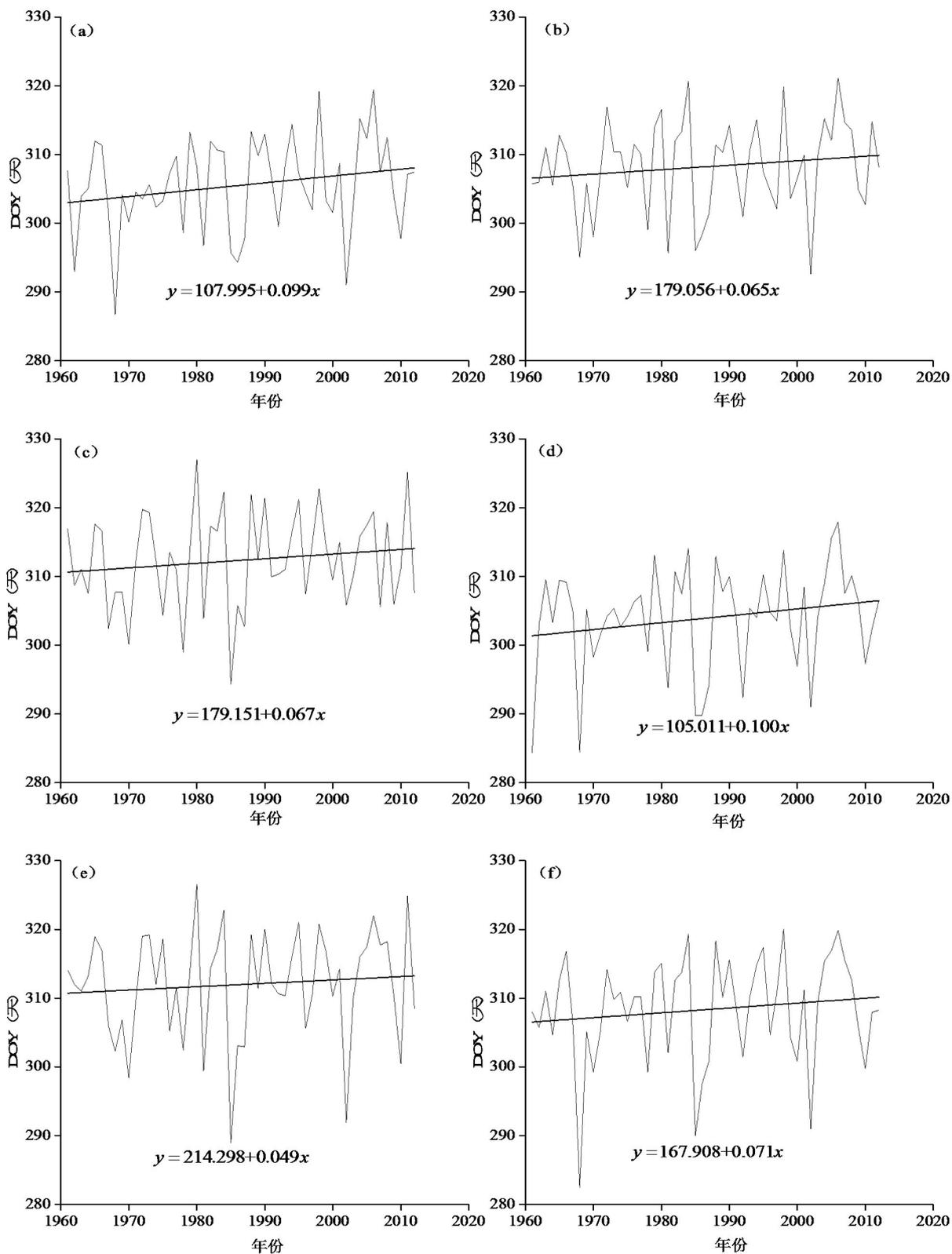


Figure 9. Change trend of growth season end time under 10°C conditions ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 9. 10°C条件下生长季结束时间变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

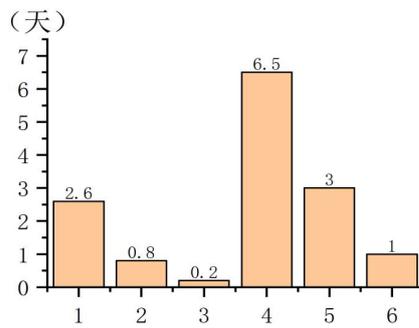


Figure 10. Total delay after the end of the growing season at 0°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 10. 0°C条件下生长季结束时间总延后量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

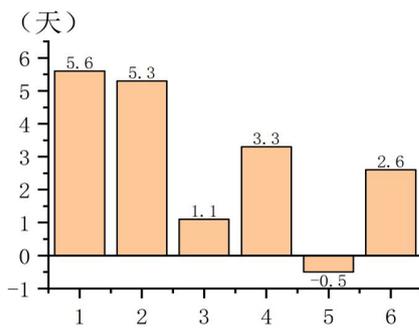


Figure 11. Total delay after the end of the growing season at 5°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 11. 5°C条件下生长季结束时间总延后量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

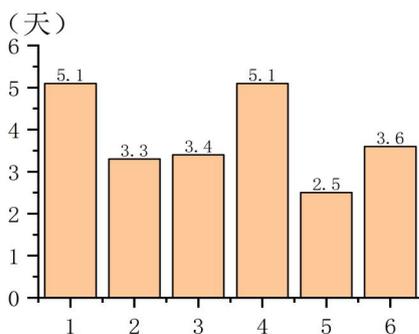
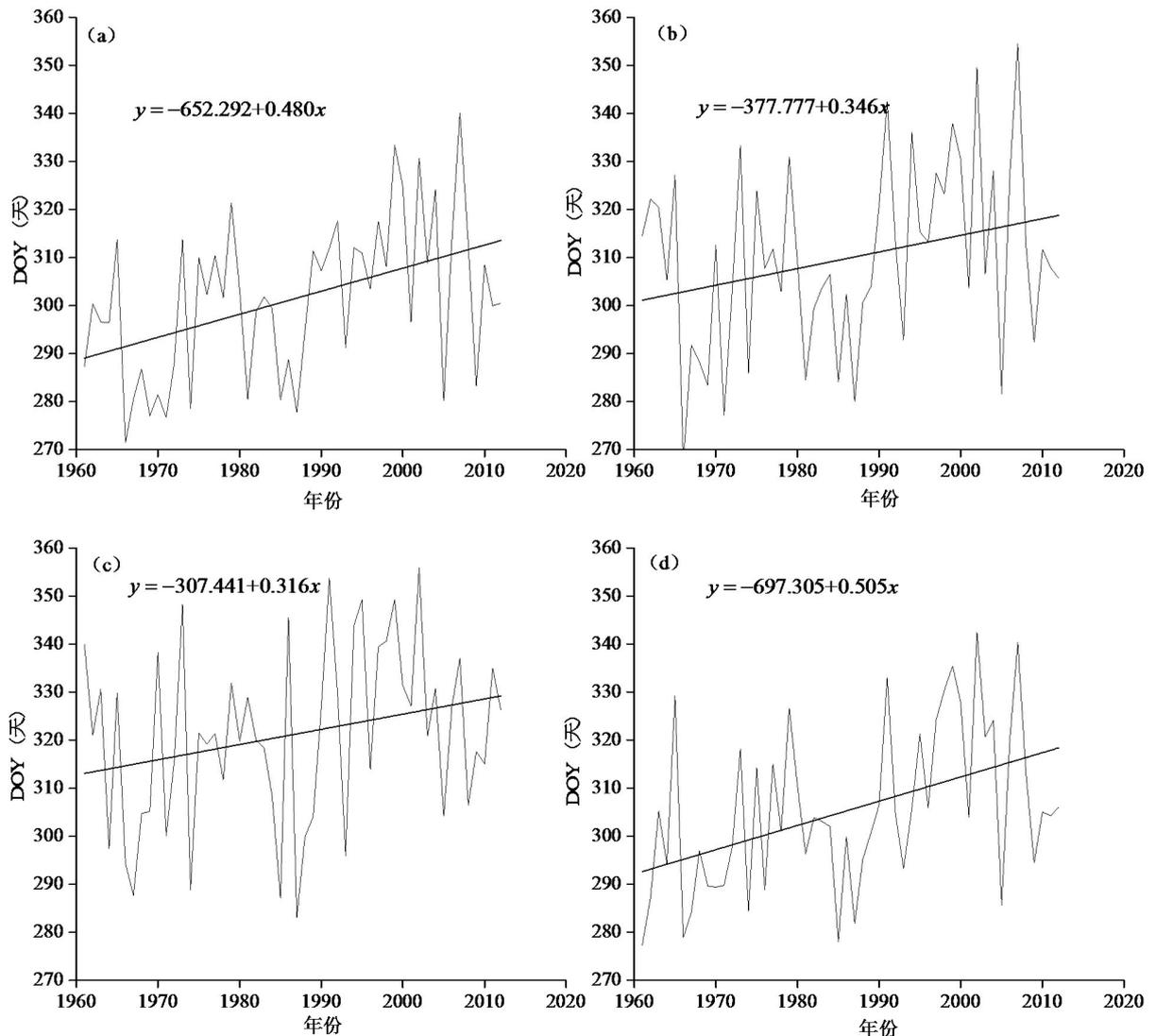


Figure 12. Total delay after the end of the growing season at 10°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 12. 10°C条件下生长季结束时间总延后量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

3.3. 生长季长度变化特征

通过前面对生长季开始时间和结束时间的定义我们知道, 生长季开始时间的提前量加上生长季结束时间的延迟量就是生长季长度的增加量, 图 13、图 14、图 15 (生长季长度变化趋势)表明生长季长度总体上呈增加趋势, 结合图 16、图 17、图 18 (生长季长度总增加量), 0℃下豫西生长季长度总增加量最多, 为 25 天多。5℃下豫南生长季长度总增加量最多, 为 18 天多。10℃下豫西生长季长度总增加量最多, 为 16 天多。由于长季长度明显地增加了半个月甚至接近一个月, 我们可以推测出全球变暖对生长季有显著性影响。进一步对六个区生长季长度数据进行 M-K 检验, 由图 19 可知, 0℃下七十年代之后豫北和豫西地区生长季长度呈增长趋势, 尤其从 1995 年开始 UF 值超过临界值上限, 说明增长趋势变得显著。其他四个区域生长季长度主要是从七八十年代往后呈增长趋势, 但不是很显著。由图 20(a)、图 20(d)和图 20(f)可知, 5℃下豫北、豫西和豫中的生长季长度总体上都呈不是很显著的上升趋势。图 20(b)和图 20(c)表明 5℃下豫东和豫南在七十年代后也呈增长趋势, 只在个别时间段很显著, 图 20(e)中表明 5℃下豫西南的增长不是很稳定。从图 21 可知, 10℃条件下, 从七十年代往后, 各区域生长季长度皆呈上升趋势, 2000 年以后上升趋势都很显著, 另外图 21(a)和图 21(d)中表明 1975~1985 年间豫北和豫西在这 10 年期间上升趋势也十分显著。



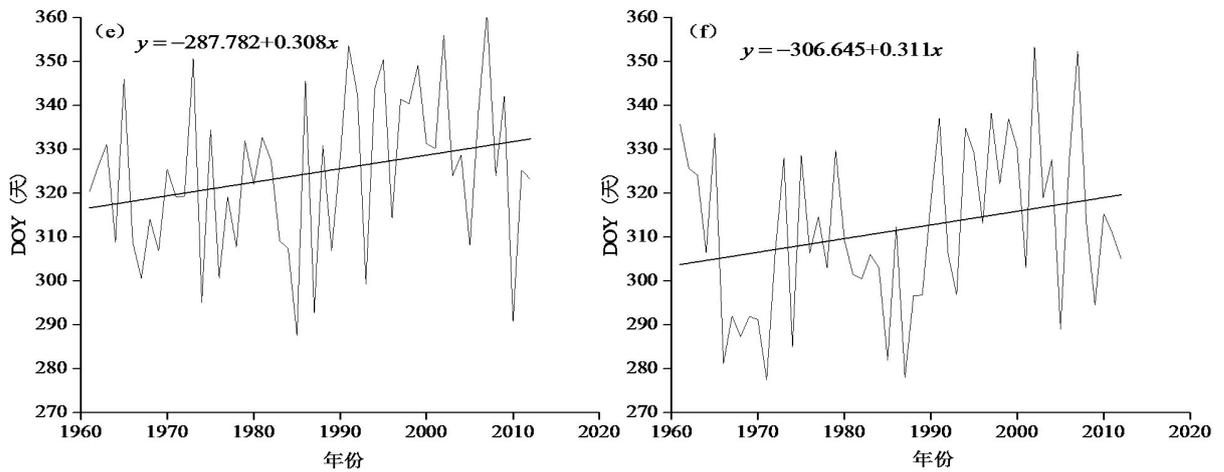
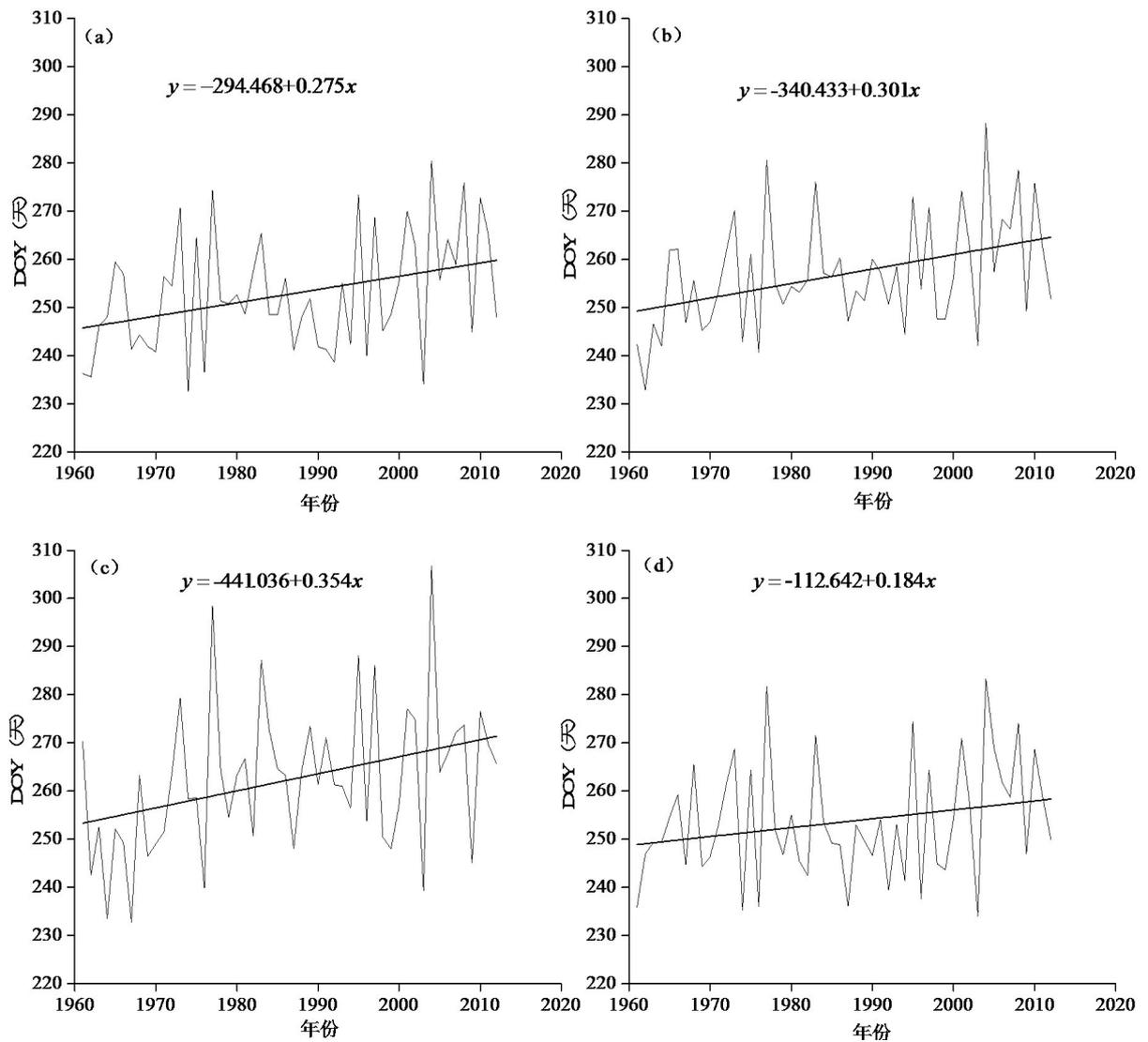


Figure 13. Trend of growth season length at 0°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 13. 0°C条件下生长季长度变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)



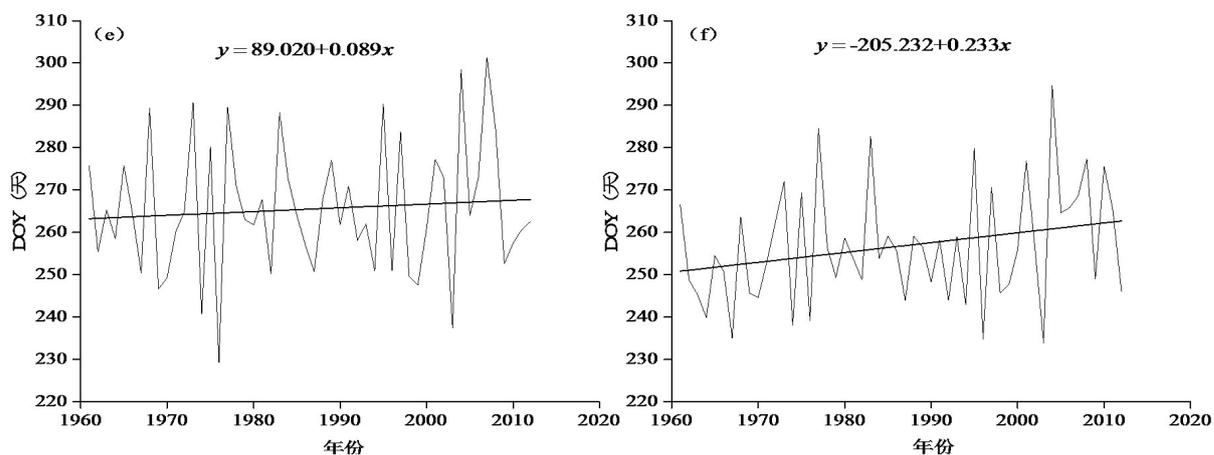
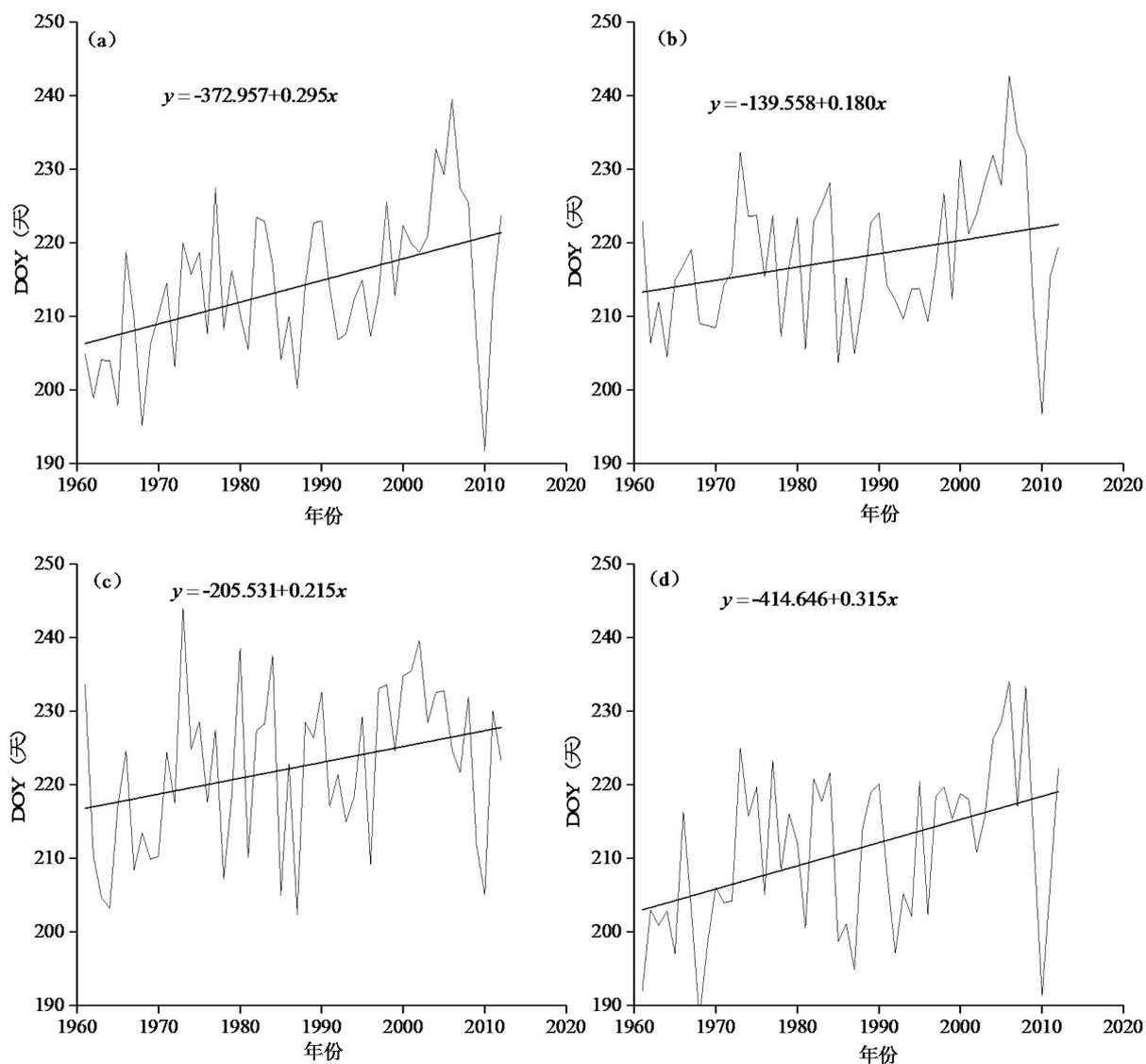


Figure 14. Trend of growth season length at 5°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 14. 5°C条件下生长季长度变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)



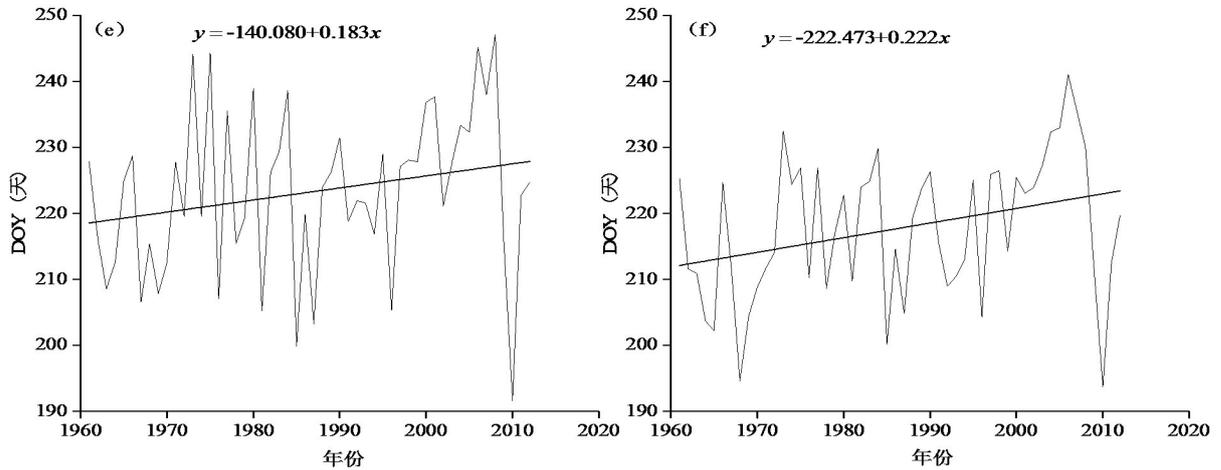


Figure 15. Trend of growth season length at 10°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 15. 10°C条件下生长季长度变化趋势((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

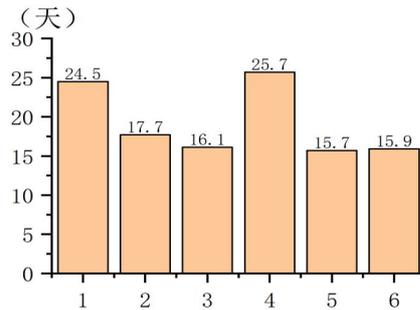


Figure 16. Total increase in growth season length at 0°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 16. 0°C条件下生长季长度总增加量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

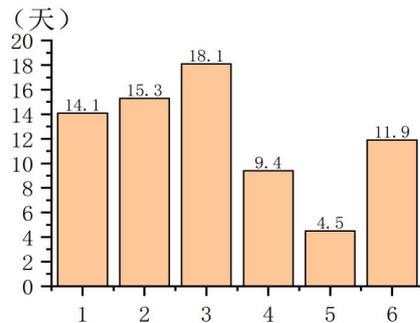


Figure 17. Total increase in growth season length at 5°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 17. 5°C条件下生长季长度总增加量(1. 豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)

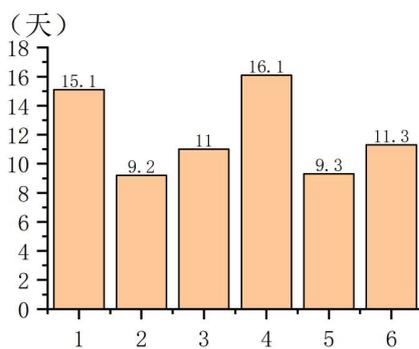
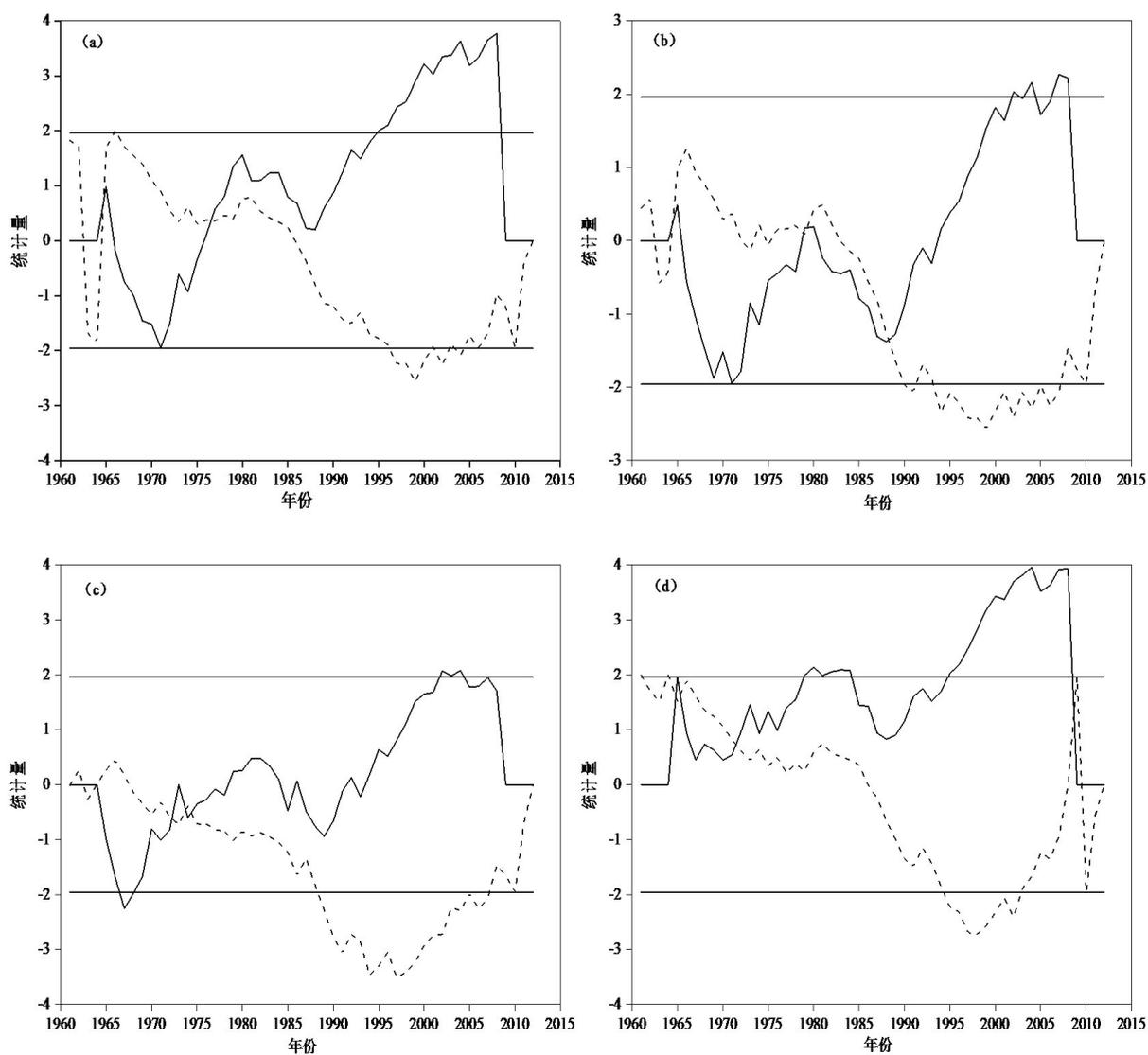


Figure 18. Total increase in growth season length at 10°C (1. North Henan; 2. East Henan; 3. South Henan; 4. West Henan; 5. Southwest Henan; 6. Central Henan)

图 18. 10°C条件下生长季长度总增加量(1.豫北; 2. 豫东; 3. 豫南; 4. 豫西; 5. 豫西南; 6. 豫中)



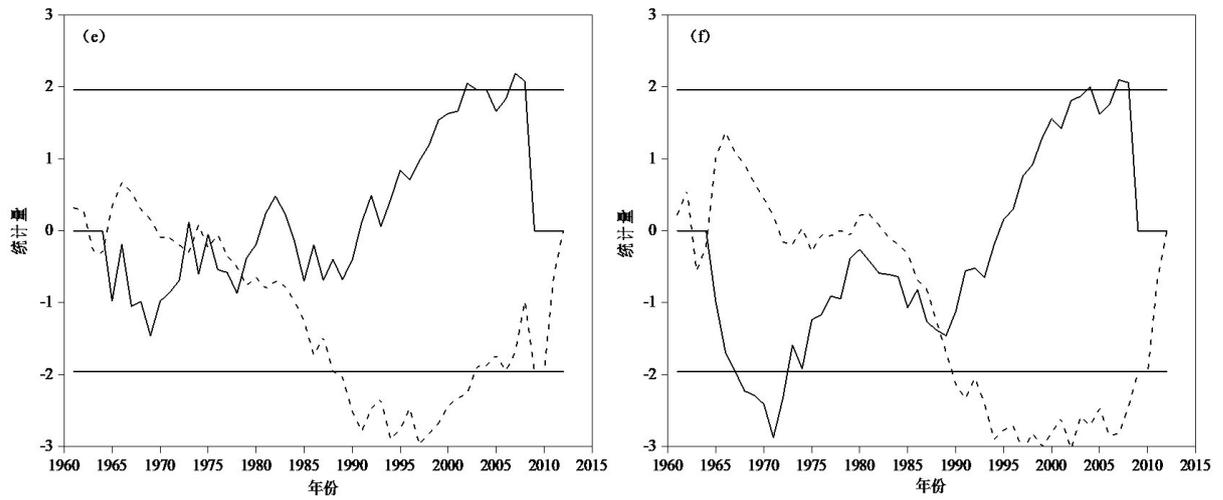
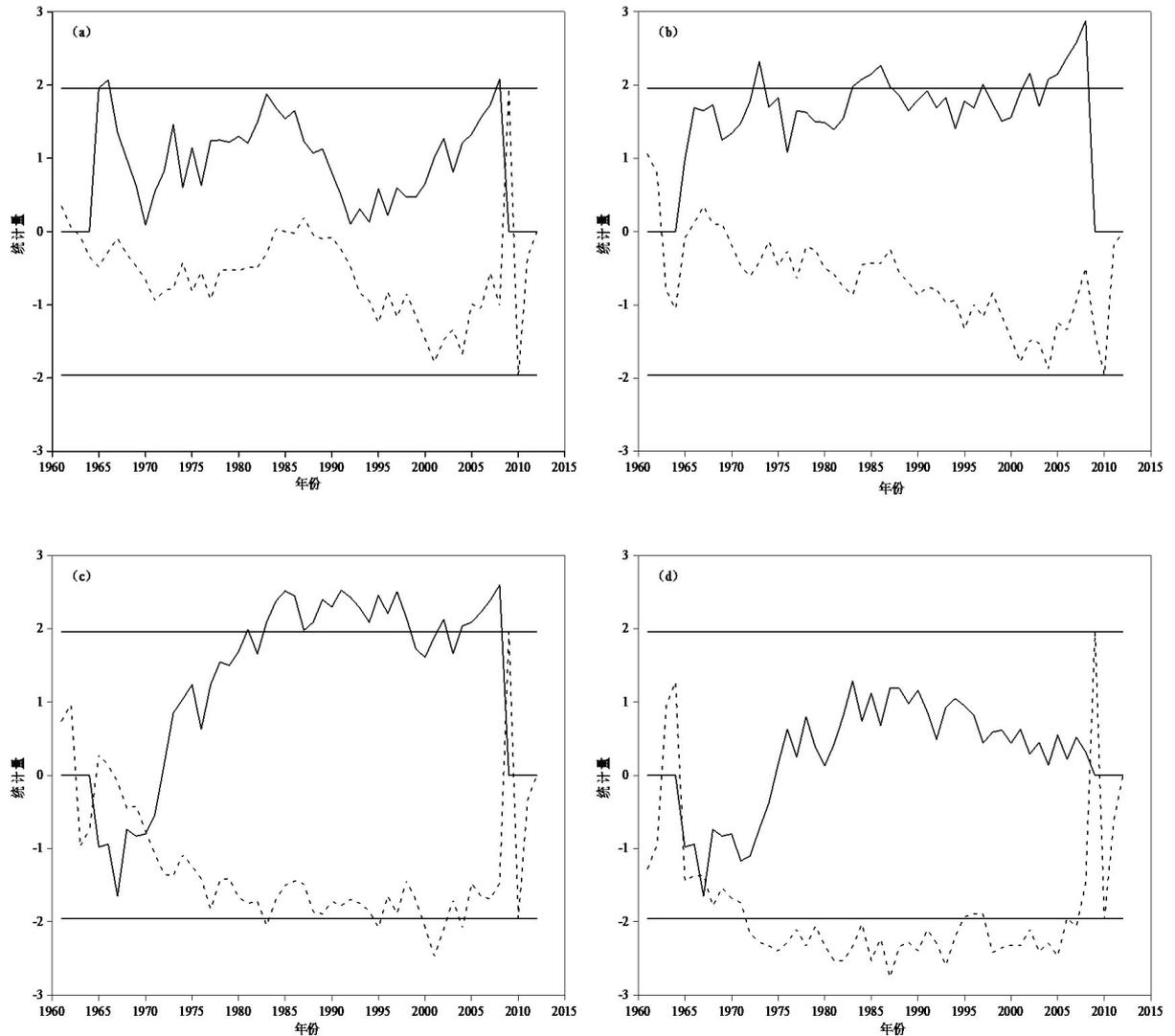


Figure 19. Growth season length data M-K test chart at 0°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 19. 0°C条件下生长季长度数据 M-K 检验图((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)



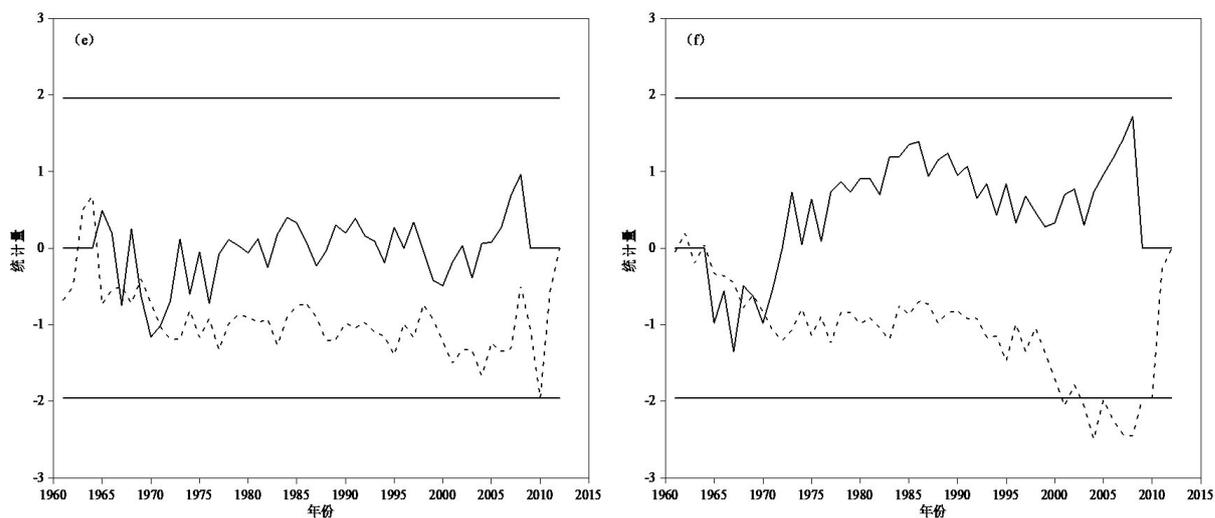
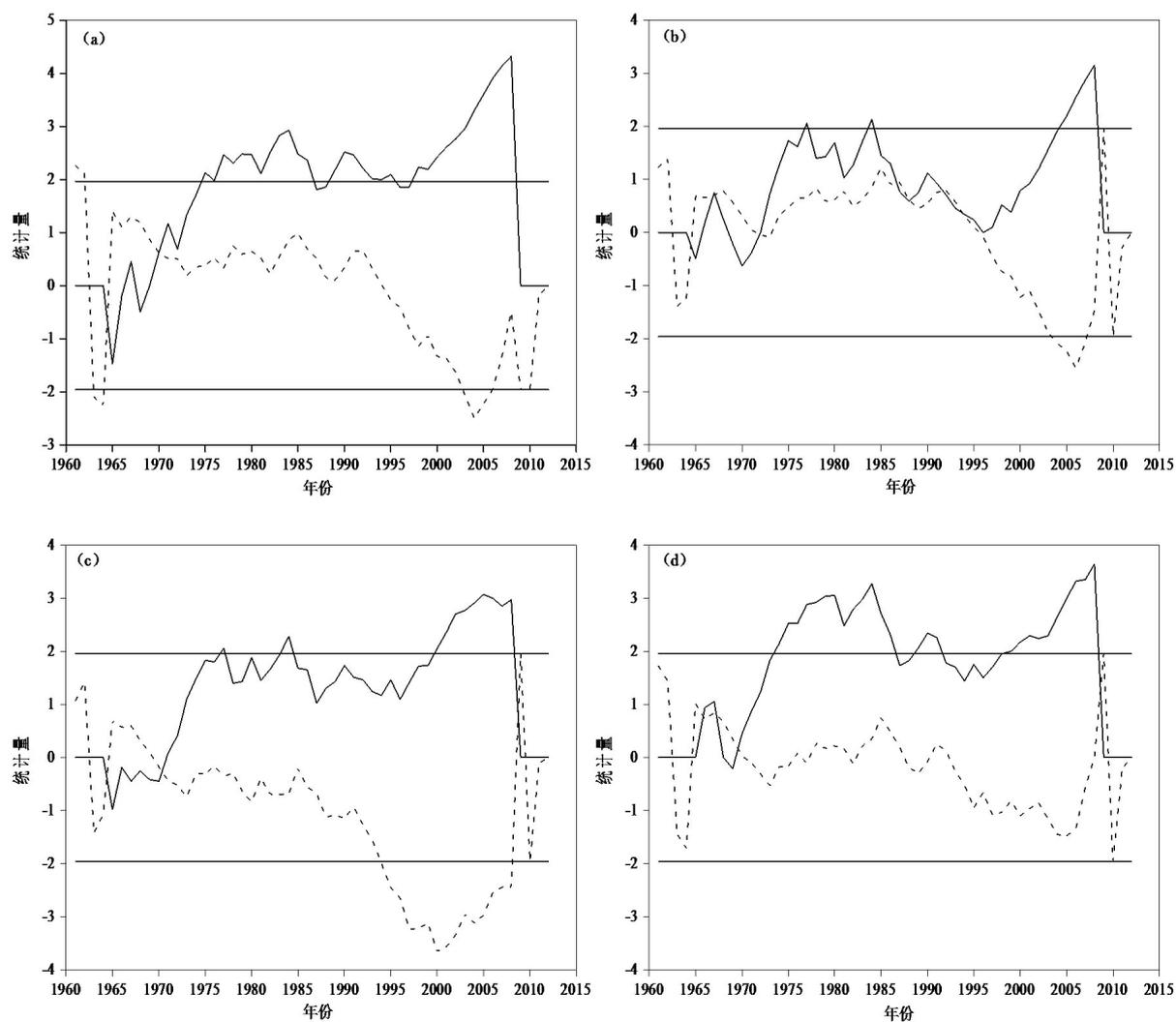


Figure 20. Growth season length data M-K test chart at 5°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 20. 5°C条件下生长季长度数据 M-K 检验图((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)



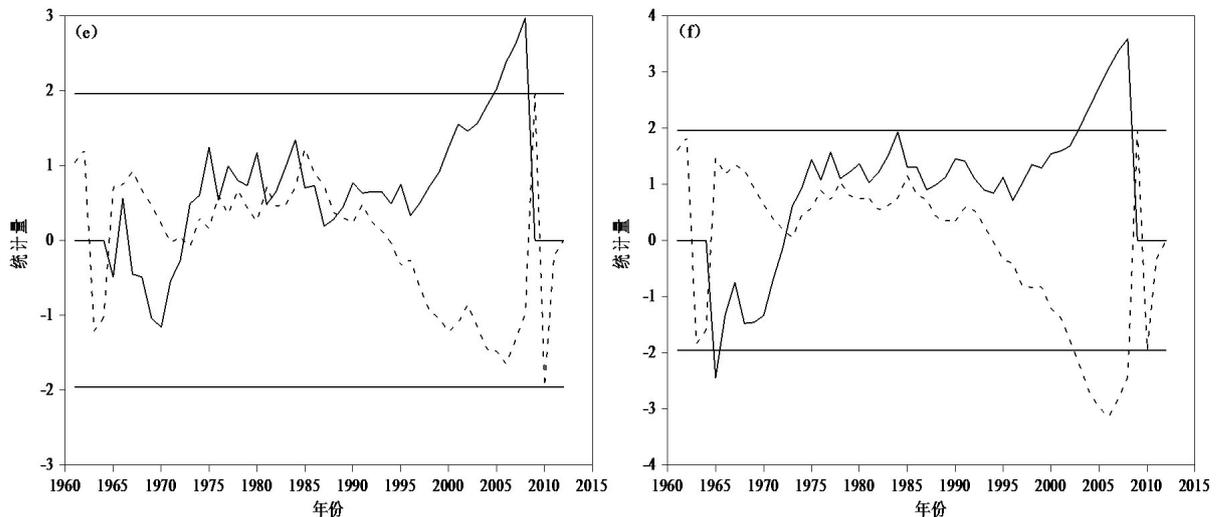


Figure 21. Growth season length data M-K test chart at 10°C ((a) North Henan; (b) East Henan; (c) South Henan; (d) West Henan; (e) Southwest Henan; (f) Central Henan)

图 21. 10°C条件下生长季长度数据 M-K 检验图((a) 豫北; (b) 豫东; (c) 豫南; (d) 豫西; (e) 豫西南; (f) 豫中)

3.4. 地理位置对生长季长度的影响

通过分析表 1 (三种温度下河南省生长季长度与经度、纬度和海拔高度的相关系数值数据)可知, 每种温度情况下生长季长度都和纬度有很大的相关性, 由于与纬度的相关系数值都为负, 所以生长季长度随纬度的增高而变短, 即呈现负相关的特点; 也可见温度越高, 生长季长度和纬度的相关性越小。生长季长度和经度、海拔高度的相关性都很小。

Table 1. Correlation coefficient

表 1. 相关系数

	经度	纬度	海拔高度
0°C 生长季长度	-0.098	-0.764**	0.004
5°C 生长季长度	-0.021	-0.632**	-0.064
10°C 生长季长度	0.034	-0.592**	-0.106

**在置信度为 0.01 时, 相关性是显著的。

4. 结论

本文利用 1961~2012 年河南省气温资料对河南省生长季变化趋势特征进行了分析。主要得出了以下结论:

几十年来, 各个界限温度所诠释的生长季长度都呈增加趋势, 而且这个增加的趋势短时间内预计将继续保持。生长季开始时间都提前了, 生长季结束时间都延后了, 但是提前的量比延后的量要大。从温度上讲, 生长季开始时间总提前量以 0°C 条件下最多, 平均每年提前了 0.3 天左右, 0°C 条件下生长季长度总增加量也是最多, 平均每年增加 0.4 天左右。从日期上来说, 0°C 生长季开始时间大约从 2 月底提前到 2 月初, 5°C 和 10°C 的开始时间变化范围基本上都是春初, 0°C 生长季结束时间大约在 12 月中旬里变化, 5°C 和 10°C 的结束时间基本上都在 11 月份里面变化。从各个温度阈值下生长季长度的 M-K 检验图来看, 各个区域生长季长度增加的突变点一般在七十年代上下, 这之后的增长趋势大多不是很显著。

纬度的高低对生长季长度变化有较大影响。通过数据分析可以间接地看出,处于较高纬度的豫北和豫西地区的生长季长度增加量比河南省其他四个区域更多,以 0°C 和 10°C 最明显。在生长季开始时间上, 0°C 、 5°C 和 10°C 三个温度情况下的豫北和豫西的提前量都是六个区中的前两名,在结束时间上豫北和豫西的延迟量也都“名列前茅”,所以在生长季长度上豫北和豫西的变化最大。从相关性分析更直观地看出生长季长度与纬度的显著负相关性,而其与经度、海拔高度的相关性很弱。

基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019056, BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

参考文献

- [1] 康淑媛. 石羊河流域气候变化及其对雨养农业区农业生产的影响[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2010.
- [2] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 初子莹, 张莉, 邹旭凯, 李庆祥, 刘小宁. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [3] Song, Y.L., Linderholm, H.W., Chen, D.L. and Walther, A. (2010) Trends of the Thermal Growing Season in China, 1951-2007. *International Journal of Climatology*, **30**, 33-43.
- [4] 张戈丽, 陶健, 董金玮, 徐兴良. 1960 年-2010 年内蒙古东部地区生长季变化分析[J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2323-2332.
- [5] 李娜. 山东省冬小麦 2001-2010 年生长季变化分析[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(5): 143-145+147.
- [6] 陈怀亮, 刘玉洁, 杜子璇, 刘忠阳, 邹春辉. 黄淮海地区植被生长季变化及其气候变化响应[J]. 应用气象学报, 2011, 22(4): 437-444.
- [7] 郭灵辉, 吴绍洪, 赵东升, 冷国勇, 张清雨. 近 50 年内蒙古地区生长季变化趋势[J]. 地理科学, 2013, 33(4): 505-512.
- [8] 申怀飞, 申燕飞, 田庆久, 杨双喜. 河南省土地利用变化及其地形梯度特征分析[J]. 河南科技, 2014(14): 166-168.
- [9] 郭媛媛, 江源, 董满宇, 文岩, 王明昌, 焦亮. 1961-2013 年华北晋冀山地和黄土高原区树木生长季变化趋势[J]. 资源科学, 2016, 38(4): 758-767.
- [10] 郭灵辉, 吴绍洪, 赵东升, 冷国勇, 张清雨. 近 50a 内蒙古不同植被类型区生长季变化[J]. 干旱区地理, 2014, 37(3): 532-538.
- [11] 王晓霞, 姜红, 郭佰汇, 于跃, 王优. 朝阳市 2017 年农作物生长季气候特征及对农业的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(4): 616-619.
- [12] 颜飞. 气候变暖对河南省农业生产的影响及应对措施[J]. 乡村科技, 2017(3): 79-80.
- [13] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 虞俊. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-236.
- [14] 竹磊磊, 常军, 张善强. 河南夏季干旱气候特征分析[J]. 气象与环境科学, 2012, 35(1): 49-55.
- [15] 陈英慧. 气候变化对河南南部冬小麦播种期的影响[J]. 气象, 2005, 31(10): 83-85.