

# 信宜市气候变化及其对荔枝单产的影响

潘柱, 李书桂, 于文杰, 梁冰, 黄建林

(1. 广东省信宜市气象局, 广东信宜 525300; 2. 广东省连州市气象局, 广东连州 513400)

**摘要** 采用信宜市1954~2006年的平均逐月气温、降水、日照资料, 利用带通滤波、线性倾向估计、突变MK检验和小波分析等方法对信宜市气候变化与荔枝单产进行对比分析。结果表明, 荔枝生长季平均气温越高, 荔枝气象单产越高; 而荔枝生长季降水偏多反而不利于荔枝气象单产增加; 荔枝生长季日照充分有利于荔枝增产。未来几年荔枝生长季平均气温仍会偏高, 但降水偏多、日照减少。总体来看, 适当采取防水措施, 充分利用日照资源, 荔枝气象单产有望进一步提高。

**关键词** 气候变化; 带通滤波; 突变MK检验; 小波分析; 荔枝单产

中图分类号 S667.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)03-01071-04

## Climate Changes and Its Effect on Litchi Yields of Xinyi City

PAN Zhu et al (Xinyi Meteorological Bureau, Xinyi, Guangdong 525300)

**Abstract** The data of monthly mean temperature, precipitation and sunlight of Xinyi City during 1954 - 2006 were analyzed by using bandpass filter, linear trend analysis, Mann-Kendall method and wavelet analysis, so the climate changes of Xinyi City were studied. Through comparative analysis between climate change and meteorological yield of litchi, the results showed that the meteorological yield of litchi would get over high if the mean temperature had an obvious warm tendency; excessive precipitation would make against increase of meteorological yield of litchi; when sunlight during litchi growth was sufficient, meteorological yield of litchi would increase. In recent years, the mean temperature had a warm tendency, precipitation has become more and sunlight has a rising tendency, so it was expected that meteorological yield of litchi will become more higher.

**Key words** Climate changes; Bandpass filter; Mann-Kendall method; Wavelet analysis; Meteorological yield of litchi

由于气候变暖, 异常气候事件频发, 气候变化倍受关注, 众多气候学者对我国气候变化规律进行了研究<sup>[1-8]</sup>, 指出20世纪50年代以来气候渐趋干旱, 近百年来全球气候变化的主要特征是变暖。在气候变暖的背景下, 各地气温、降水和日照等发生了变化, 影响当地的农业生产。近年来关于气候变化对农业生产影响的研究也取得了许多进展<sup>[9-13]</sup>。信宜市地处北回归线以南的低纬度南亚热带, 既有明显季风气候, 又有山区气候特色, 日照充足、热量丰富、雨量充沛、水热同季。近年来, 信宜市在积极开展多种经营方针的指导下, 农业结构、布局、生产方式等都产生了一系列变化, 发展成外向型水果基地。荔枝是信宜市种植的主要水果之一, 研究气候对荔枝生长的影响, 对充分利用优越的气候资源, 克服和防御不利的气象因素, 保证信宜市农业生产的持续稳定发展具有重要意义。

## 1 研究方法

该研究中信宜市荔枝生长季序列所指月份为1~6月。利用带通滤波、滑动平均、线性倾向估计、突变MK检验和小波分析等方法对信宜市荔枝生长季气候变化进行初步分析。应用去倾处理、标准化方法, 对信宜市1954~2006年历年逐月平均气温、降水和日照资料以及1954~2003年信宜市荔枝单产资料(由信宜市统计局提供), 进行对比分析探讨信宜市荔枝气象单产与气象要素脉动的关系。

## 2 荔枝生长季气候变化特征

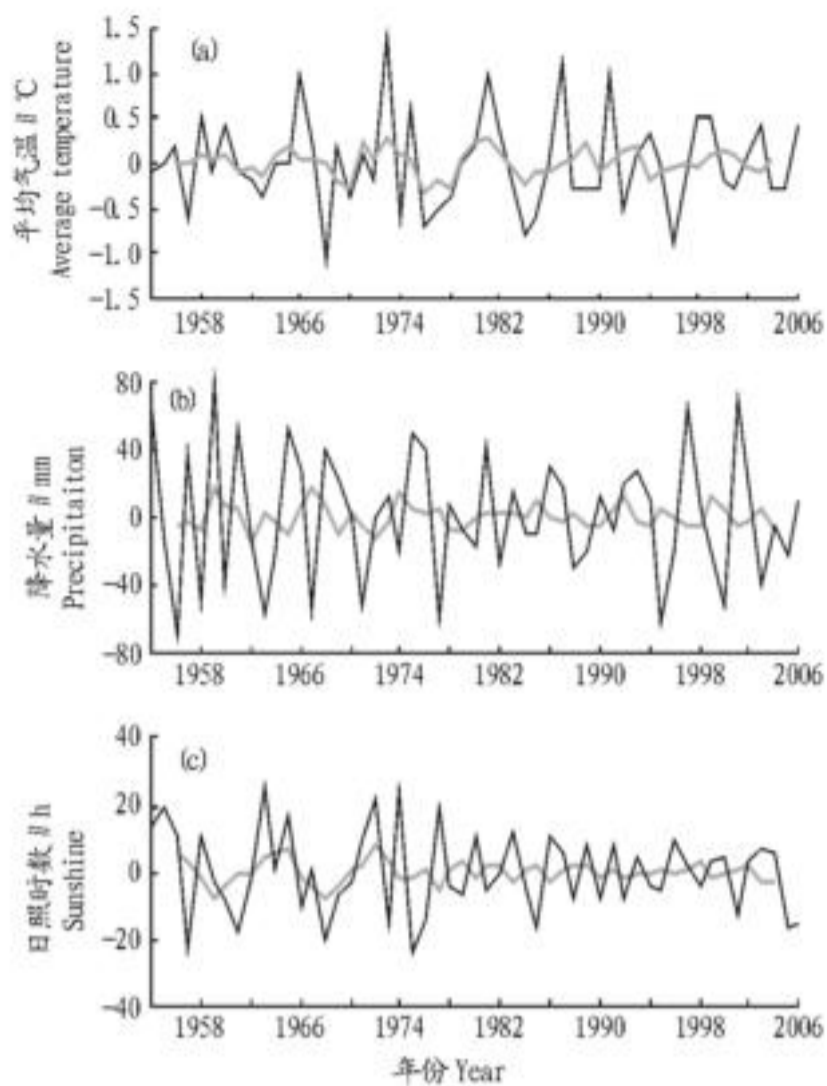
**2.1 年际变化** 为了研究信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照的年际变化特征, 将荔枝生长季平均气温、降水和日照分别做年际时间尺度的带通滤波(保留13个月至8年的变化分量), 从而得各量的年际分量。图1为荔枝生长季平均气温、降水和日照的年际变化及其3年滑动平均曲线。

由图1(a)可见, 信宜市荔枝生长季平均气温的年际变率表现为20世纪60年代后期到90年代初期振荡振幅较大, 其他时段振幅偏小; 由图1(b)可见, 信宜市荔枝生长季降水的年际变率表现为较不规则的振荡, 除60年代和90年代后期振荡振幅较大, 其他时段振幅较均匀; 由图1(c)可见, 信宜市荔枝生长季日照的年际变率表现为80年代之前振幅偏大, 而80年代后振荡振幅逐渐减小。

综上所述, 信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照存在明显的年际时间尺度变化, 呈现不规则振荡, 气温的年际变率表现为60年代后期到90年代初期振荡振幅较大, 其他时段振幅偏小; 降水除60年代和90年代后期振荡振幅较大, 其他时段振幅较均匀; 日照表现为80年代之前振幅偏大, 而80年代后振荡振幅逐渐减小。

**2.2 年代际变化** 为了分析信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照的年代际变率特征, 将荔枝生长季平均气温、降水和日照分别做年代际时间尺度的带通滤波(保留8年以及8年以上的变化分量), 得到各量的年代际分量。因为气候时间序列总是存在一定的变化趋势, 所以用线性倾向估计方法求出各年代际分量的变化趋势, 线性倾向估计就是建立变量 $x_i$ 与时间 $t_i$ 之间的一元线性回归 $x_i = a + bt_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), 回归系数 $b$ 的符号表示气候变量的趋势倾向, 当 $b > 0$ 时, 说明随时间 $t$ 的增加, 变量呈上升趋势; 当 $b < 0$ 时, 说明随时间 $t$ 的增加, 变量呈下降趋势。 $b$ 值的大小反映上升或下降的速率<sup>[14]</sup>。图2(a,b,c)分别给出荔枝生长季平均气温、降水和日照的年代际变化分量及其线性变化趋势。

由图2(a)可见, 在年代际时间尺度上, 荔枝生长季平均气温在1997年前后有一个非常明显的跃变, 在1997年以前平均气温处于相对冷期, 1997年后气温进入暖期, 值得注意的是, 从其线性趋势可以看出, 荔枝生长季平均气温在50多年里有很强的上升趋势, 说明荔枝生长季平均气温随着时间变化而逐渐升高。与荔枝生长季平均气温变化不同, 荔枝生长季降水年代际变化(图2(b))振荡比较均匀, 其中1966~



注:黑实曲线为年际变化;灰线为3年滑动平均。

Note: Black and real curve shows annual variation; grey line means 3 year moving average.

图1 1954~2006年信宜市荔枝生长季平均气温(a)、降水(b)和日照(c)的年际变化

Fig.1 Annual variation of average temperature (a), precipitation (b) and sunshine (c) at lichi growth season in Xinyi City from 1954 to 2006

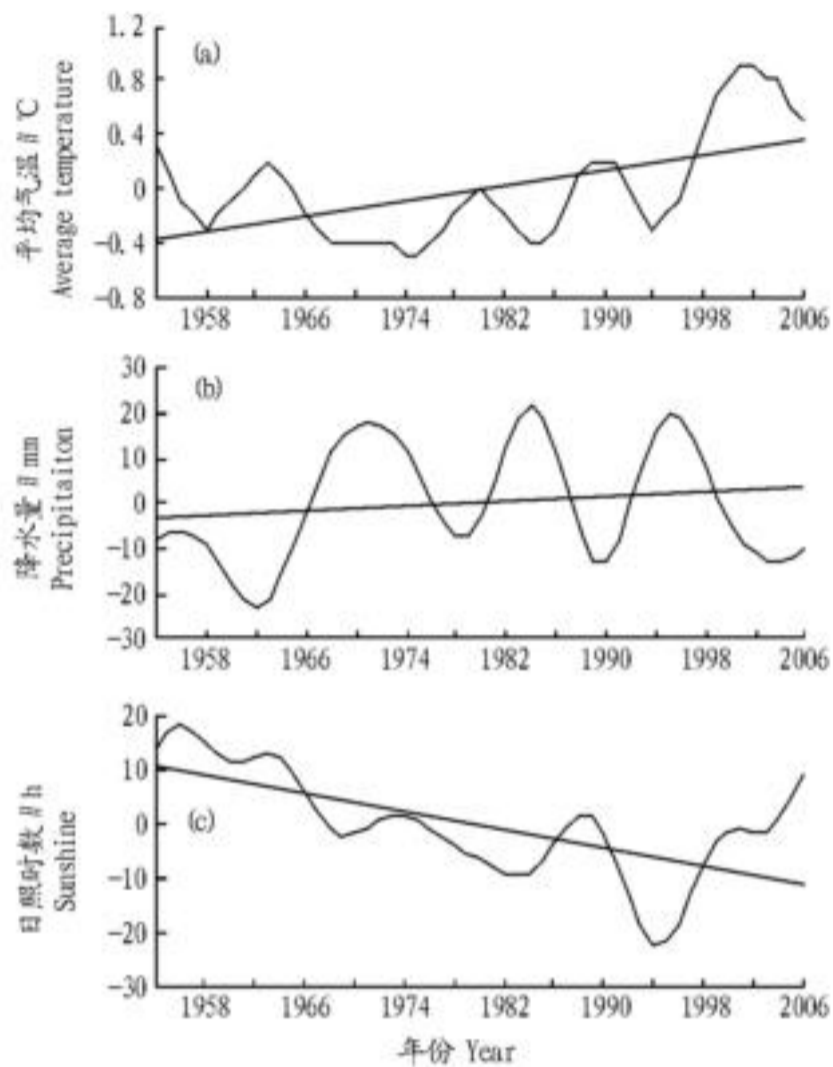
1976、1980~1987和1992~1999年3个时段为丰水期,其他时段为枯水期,降水的线性趋势呈现略有上升的趋势。图2(c)与荔枝生长季平均气温、降水的趋势不同,荔枝生长季日照呈现明显的下降趋势,年代际振荡曲线表现为在趋势线附近上下振荡。

**2.3 气候突变** 气候突变的检测方法有多种,Mann-Kendall法具有检验范围宽、定量化程度高和人为性小等特点,是目前突变性检验方法中应用较多且理论意义最明显的一种<sup>[15]</sup>。笔者采用Mann-Kendall法对信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照进行了检验(图3)。

由图3(a)可见,20世纪50~90年代信宜市荔枝生长季平均气温变化不明显,在 $\pm 1.96$ 临界线之间 $C_1$ 和 $C_2$ 相交于2000年,2000年后 $C_1 > 0$ ,在2000年后信宜市荔枝生长季平均气温处于上升趋势,但曲线 $C_1$ 没有超过信度线,说明在信度0.05的显著性水平下,信宜市荔枝生长季平均气温没有发生突变。

图3(b)为信宜市荔枝生长季降水Mann-Kendall检验曲线,20世纪50年代基本上 $C_1 < 0$ ,20世纪50年代信宜市荔枝生长季降水处于减少趋势,在 $\pm 1.96$ 临界线之间 $C_1$ 和 $C_2$ 相交于1960年,1960年后基本上 $C_1 > 0$ ,在1960年后信宜市荔枝生长季降水处于缓慢上升趋势,但曲线 $C_1$ 没有超过信度线,说明在信度0.05的显著性水平下,信宜市荔枝生长季降水没有发生突变。

图3(c)为信宜市荔枝生长季日照Mann-Kendall检验曲线,20世纪50年代前期基本上 $C_1 > 0$ ,20世纪50年代前期信宜市荔枝生长季日照处于上升趋势,在 $\pm 1.96$ 临界线之间 $C_1$ 和 $C_2$ 相交于1967年,1967年后 $C_1 < 0$ ,在1967年后信宜市荔枝生长季日照处于下降趋势,且曲线 $C_1$ 超过信度线,说明在信度0.05的显著性水平下,信宜市荔枝生长季日照发生了突变。



注:曲线为年际变化;斜线为线性趋势。

Note: Curve is annual variation; oblique line shows the linear trend.

图2 1954~2006年信宜市荔枝生长季平均气温(a)、降水(b)和日照(c)的年代际变化

Fig.2 Annual variation of average temperature (a), precipitation (b) and sunshine (c) at lichi growth season in Xinyi City from 1954 to 2006

**2.4 周期性特征** 研究表明,小波系数的变化趋势与气候信号的起伏是基本一致的,等值线正中心为正小波表示气候要素的正值中心,等值线负中心为负小波表示气候要素的负值中心,中心值的大小可以反映出波动的振动强度<sup>[16]</sup>。笔者采用标准Mallet小波变换,分析了信宜市近53年荔枝平均气温、降水和日照的多时间尺度特征(图4)。

图4(a)为信宜市荔枝生长季平均气温的小波变换实部。由图4(a)可见,半个世纪以来信宜市荔枝生长季平均气温存在着15年左右的年代际变化周期以及6年、5年和4年的年际变化周期。从20世纪50年代开始15年的长期变化信号一直存在,但强度有所减弱,其中,50年代后期、60年代后期到70年代前期、80年代前期以及90年代后期主要处于15年的平均气温的冷周期中;而60年代前期到70年代中期、80年代后期以及20世纪初期处于15年的平均气温的暖周期中;目前以及未来几年信宜市荔枝生长季平均气温处于15年的平均气温的暖周期中。1954年前6年左右的周期信号逐渐增强,1976年前后6年左右的周期信号达到最强,1976

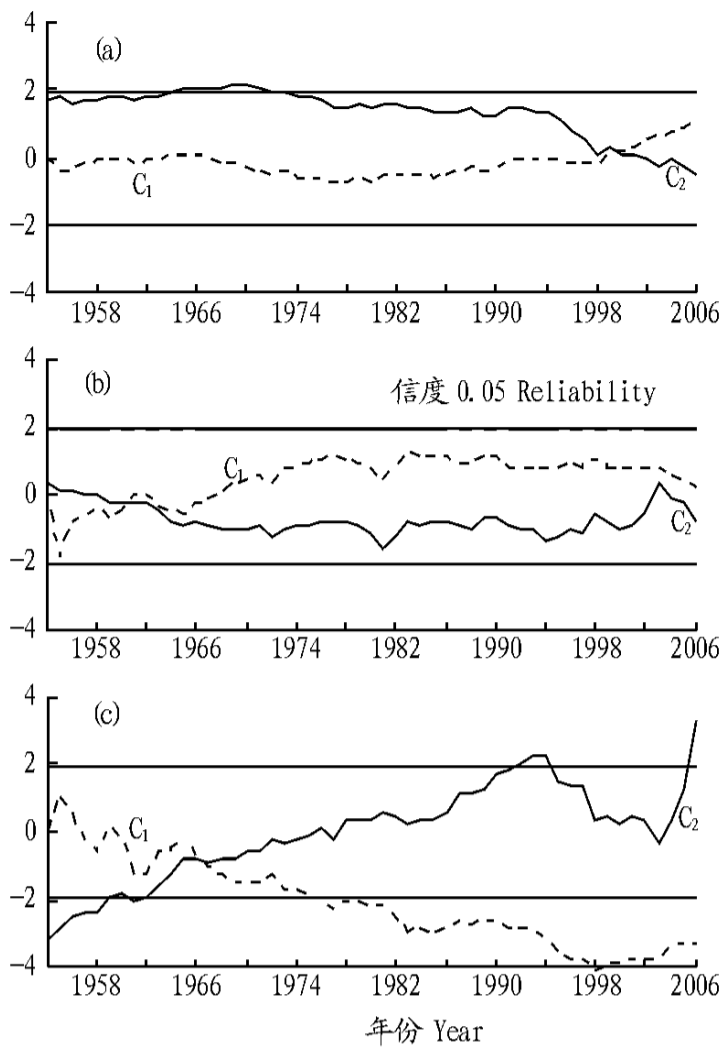


图3 1954~2006年信宜市荔枝生长季平均气温(a)、降水(b)和日照(c)的突变Mann-Kendall检验曲线

Fig.3 Average temperature(a), precipitation(b) and sunshine(c) abrupt change Mann-Kendall test curve at growth season of lichi in Xinyi City from 1954 to 2006

年后6年左右的周期信号开始减弱。5年左右的周期信号从20世纪80年代开始出现,一直维持到目前,并有逐渐增强的趋势;4年左右的周期信号在60年代后期到90年代前期存在。信宜市荔枝生长季平均气温同时处于15.6和5年左右的暖周期中,未来几年信宜市荔枝生长季平均气温仍有偏高的可能。

图4(b)为信宜市荔枝生长季降水的小波变换实部。由图4(b)可见,半个世纪以来信宜市荔枝生长季降水存在着20、13~14年左右的年代际变化周期以及5和3年的年际变化周期。从20世纪50年代开始20、13~14年左右的长期变化信号一直存在,但强度有所减弱。从80年代开始5年左右的周期信号逐渐增强,维持至今;3年左右的周期信号在60年代之前和90年代之后存在。信宜市荔枝生长季降水同时处于各个周期变化的丰水周期中,未来几年信宜市荔枝生长季降水可能偏多。

图4(c)为信宜市荔枝生长季日照的小波变换实部。由图4(c)可见,半个世纪以来信宜市荔枝生长季日照存在着20~21、10~11年左右的年代际变化周期以及7~8、3年的年际变化周期。从20世纪50年代开始20~21、10~11年左右的长期变化信号一直存在,但强度有所减弱。从70年代开始7~8年左右的周期信号逐渐增强,维持至今;3年左右的周期信号在60年代之前和90年代之后存在。信宜市荔枝生长季日照同时处于各个周期变化的寡照周期中,未来几年信宜市荔枝生长季日照可能偏少。

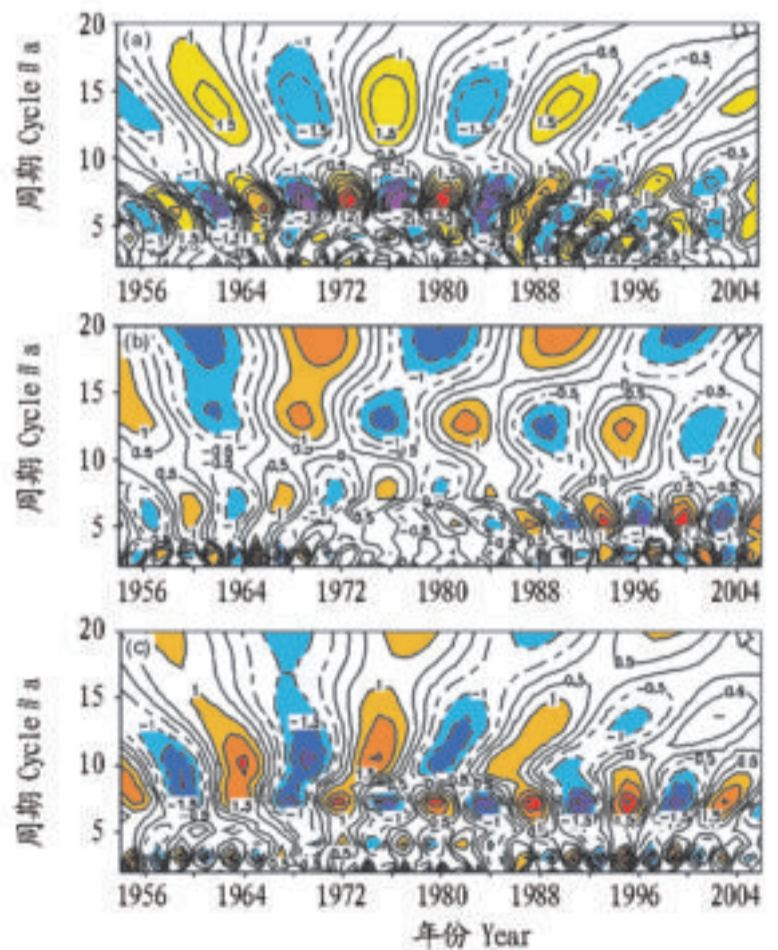
### 3 气候变化对荔枝单产的影响

为了研究气候变化对荔枝单产的影响程度,将荔枝单产

及气象资料进行以下处理:将荔枝单产分离为趋势产量和荔枝单产脉动,其中趋势单产定义为荔枝单产进行线性拟合产生的拟合产量序列,荔枝单产脉动为荔枝单产去除趋势产量后得到的脉动序列,又称为荔枝气象单产。信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照资料进行去倾处理,得到信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照脉动时间序列,主要讨论脉动时间序列对荔枝气象单产的影响。为了方便比较信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照脉动对荔枝气象单产的影响,将荔枝单产及信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照脉动时间序列进行标准化处理。

**3.1 气候变化与荔枝气象单产的相关分析** 将荔枝气象单产分别与信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照脉动求相关,得出荔枝气象单产与气温脉动、降水脉动和日照脉动的相关系数分别为0.724、-0.682和0.480,相关系数通过信度0.001的检验。

由以上可知,荔枝气象单产与平均气温的相关性最大,系数为0.724,说明荔枝生长季平均气温越高,荔枝气象单产越高;而荔枝气象单产与降水脉动呈明显的负相关,系数为-0.682,说明信宜市降水比较充足,完全可以满足荔枝生长的需要,荔枝生长季降水偏多反而不利于荔枝气象单产增加;荔枝气象单产与日照脉动也呈正相关,但相关性不如与平均气温和降水脉动的大,可见荔枝生长季日照充分有利于荔枝增产。



注:填色部分为系数绝对值大于1的区域。

Note: Color filling part means the region with > 1 coefficient absolute value.

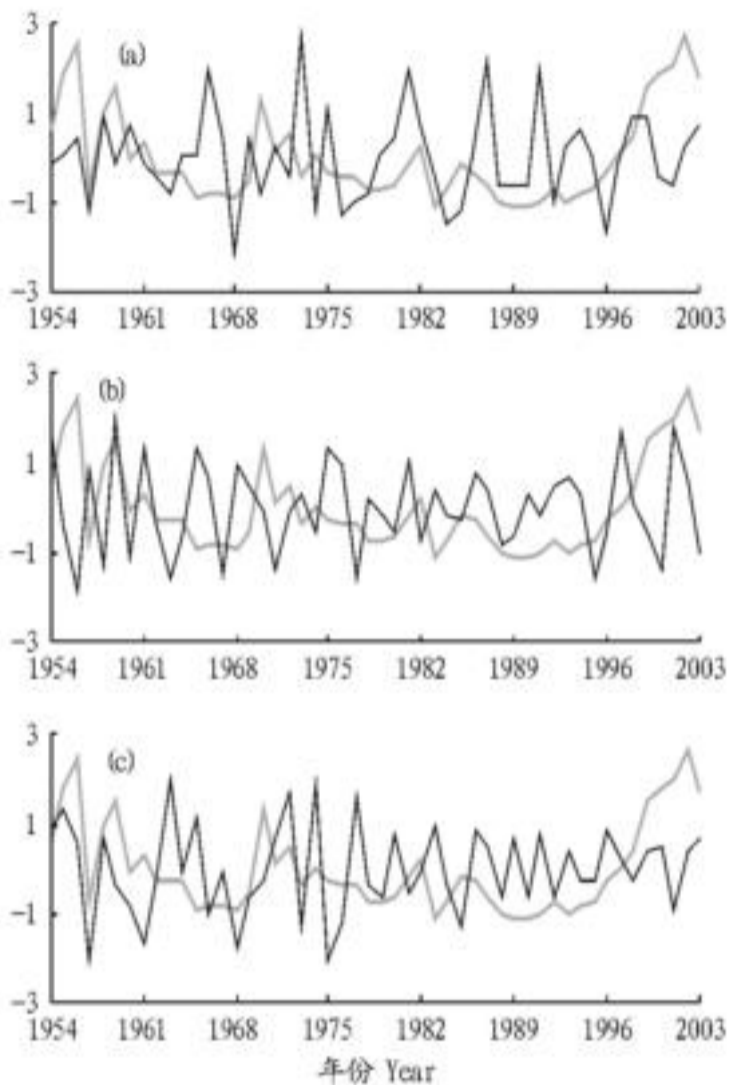
图4 1954~2006年信宜市荔枝生长季平均气温(a)、降水(b)和日照(c)小波变换系数实部

Fig.4 Real part of the wavelet transform coefficients of average temperature(a), precipitation(b) and sunshine(c) at lichi growth season in Xinyi City from 1954 to 2006

**3.2 荔枝气象单产与气象要素脉动的对比分析** 将信宜市荔枝气象单产分别与荔枝生长季平均气温、降水和日照脉动

标准化量对比, 绘制图5。

由图5可知, 荔枝气象单产与平均气温和日照脉动曲线比较接近, 而荔枝气象单产与降水脉动曲线呈反位相分布, 即荔枝生长季降水多的年份荔枝气象单产反而偏少, 表现最明显的年份有1956、1965、1983和1993年, 这与相关分析的结果一致。由前面分析可知, 未来几年荔枝生长季平均气温仍会升高, 但降水呈偏多和日照呈减少趋势, 总体来看, 适当采取防水措施, 充分利用日照资源, 荔枝气象单产有望提高。



注: 黑实曲线为气象要素; 灰线为荔枝气象单产。

Note: The black and real curve means meteorological factors; grey lines mean meteorological unit yield.

图5 1954~2006年信宜市荔枝生长季平均气温(a)、降水(b)和日照脉动(c)与荔枝气象单产对比

Fig.5 Comparison between the litchi meteorological yield and the average temperature (a), precipitation (b) and sunshine (c) at litchi growth season in Xinyi City from 1954 to 2006

#### 4 结论与讨论

(1) 在年际时间尺度信宜市荔枝生长季平均气温、降水和日照存在明显变化, 呈现不规则振荡, 气温的年际变率表现为60年代后期到90年代初期振荡振幅较大, 其他时段振幅偏小; 降水除60年代和90年代后期振荡振幅较大, 其他时段振幅较均匀; 日照表现为80年代之前振幅偏大, 而80年代后振荡振幅逐渐减小。

(2) 在年代际时间尺度上, 荔枝生长季平均气温在1997年以前处于相对冷期, 1997年后进入暖期, 并呈很强的上升趋势; 降水年代际变化振荡比较均匀, 其中1966~1976、1980~1987和1992~1999年3个时段为丰水期, 其他时段为枯水

期, 降水的线性趋势呈现略有上升的趋势; 荔枝生长季日照呈现明显的下降趋势, 年代际振荡曲线表现为在趋势线附近上下振荡。

(3) 信宜市荔枝生长季平均气温在2000年后处于上升趋势, 在信度0.05的显著性水平下, 信宜市荔枝生长季平均气温没有发生突变; 信宜市荔枝生长季降水20世纪50年代处于减少趋势, 1960年后处于缓慢上升趋势, 在信度0.05的显著性水平下, 信宜市荔枝生长季降水没有发生突变; 信宜市荔枝生长季日照在50年代前处于上升趋势, 1967年后 $C_1 < 0$ , 1967年后处于下降趋势, 在信度0.05的显著性水平下, 信宜市荔枝生长季日照发生了突变。

(4) 信宜市荔枝生长季平均气温存在着15年左右的年代际变化周期以及6.5和4年的年际变化周期; 降水存在着20、13~14年左右的年代际变化周期以及5和3年的年际变化周期; 日照存在着20~21、10~11年左右的年代际变化周期以及7~8和3年的年际变化周期。

(5) 荔枝生长季平均气温越高, 荔枝气象单产越高; 而荔枝生长季降水偏多反而不利于荔枝气象单产增加; 荔枝生长季日照充分有利于荔枝增产。未来几年荔枝生长季平均气温仍会升高, 但降水呈偏多和日照呈减少趋势, 总体来看, 适当采取防水措施, 充分利用日照资源, 荔枝气象单产有望提高。

#### 参考文献

- [1] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近45年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [2] 曾昭美, 严中伟. 本世纪全球增暖的显著性分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(S1): 23-33.
- [3] 丁一汇. 中国的气候变化与气候影响研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997: 187-191, 199-205.
- [4] 王绍武. 近百年气候变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.
- [5] 魏凤英, 曹鸿兴. 中国、北半球和全国的气温突变分析及其趋势预测研究[J]. 大气科学, 1995, 30(2): 140-148.
- [6] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [7] RASMUSSEN E M, WANG X L, ROPELEWIK C F. Secular variability of ENSO cycle. Decade to century time scales of natural climate variability[M]. New York: Academic Press, 1994: 458-469.
- [8] 王绍武, 龚道溢, 陈振华, 等. 近百年来中国的严重气象灾害[J]. 应用气象学报, 1999(S1): 43-53.
- [9] 余卫东, 赵国强, 陈怀亮. 气候变化对河南省主要农作物生育期的影响[J]. 中国农业气象, 2007, 28(1): 9-12.
- [10] 张伟, 闫敏华, 陈泮勤, 等. 吉林省农作物生长季降水资源的时空分布特征[J]. 中国农业气象, 2007, 28(4): 359-363.
- [11] 段兴武, 谢云, 刘刚, 等. 黑龙江省粮食生产对气候变化影响的脆弱性分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 6-11.
- [12] 李永华, 高阳华, 张建平, 等. 气候波动对重庆水稻产量的影响及对策[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 75-78.
- [13] 杨洪宾, 李春光, 徐成忠, 等. 济宁市秋冬积温变迁及其对冬小麦生长的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 20-22.
- [14] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 43-47.
- [15] 李珍, 姜逢清. 1961~2004年新疆气候突变分析[J]. 冰川冻土, 2007, 29(3): 351-359.
- [16] 尤卫红. 气候变化的多尺度诊断分析和预测的多种技术方法研究[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 9-20.