

基于 ForcTT 模型的牡丹始花期预测

李瑞英¹ 任崇勇¹ 张翠英¹ 江晓东²

(1 山东省菏泽市气象局, 菏泽 274000; 2 南京信息工程大学应用气象学院/江苏省农业气象重点实验室, 南京 210044)

摘要 选取山东菏泽市 1981—2010 年的牡丹始花期资料和气象资料, 应用气候倾向率和 Mann-Kendall 突变法等统计分析法探讨了牡丹始花期与气象条件的关系, 利用 ForcTT 模型模拟了牡丹的始花期。结果表明: ①随着气候变暖, 菏泽牡丹始花期以 4.4 d/10a 的趋势逐年提前, 并在 1996 年发生了一次突变。1981—1996 年牡丹始花期主要集中在 4 月下旬, 处于偏晚时期, 1997—2010 年始花期主要集中在 4 月中旬, 有所提前。②牡丹花期发生的早晚主要受牡丹开花前 1 个月(3 月)平均气温的影响, 而且牡丹始花期和 3 月份平均气温的突变节点一致, 其次是 2 月平均气温的影响, 3 月仅日照时数对牡丹花期有一定的影响, 降水对牡丹花期无明显影响。③采用 ForcTT 模型预测牡丹的开花期时, 最佳的开始日期为 2 月 1 日, 最佳的基础温度为 1 ℃时, 平均误差为 1.29 天, 最小偏差为 1.73 天, 而当开始日期为 2 月 1 日, 基础温度为 3 ℃时的平均偏差和最小偏差均在 2 天之内, 也再次验证了 2 月和 3 月的气温对牡丹始花期的影响较大。

关键词 牡丹; 预测; ForcTT 模型

引言

菏泽是驰名中外的牡丹之乡, 栽培牡丹已有五百多年历史, 目前牡丹栽培面积已达 8000 hm², 九大色系, 十大花型, 1237 个品种, 是全世界面积最大、品种最多的牡丹生产基地、科研基地、出口基地和观赏基地。牡丹花大色艳, 是久负盛名的花卉, 素有“国色天香”、“花中之王”等美称, 具有很高的观赏和药用价值, 深受国内外人民喜爱。每年花开时节, 上百万中外游客云集, 呈现“花似海、人如潮”的迷人赏花景观。由于受气候条件的影响, 菏泽每年牡丹开花时间并不固定, 特别是随着气候变暖, 牡丹始花期有所提前, 常有游客迟来或早到, 看不到盛开的牡丹。办好每年一度的“菏泽国际牡丹文化旅游节”对以花为媒, 广交朋友, 发展菏泽经济有极为重要的意义, 因此, 对牡丹花期做出准确预报是各级党政领导急需解决的问题, 在此背景下, 开展预测牡丹始花期的研究十分必要。

国内外关于花期预报的研究较多, 如张明庆^[1]依据多种树木物候顺序规律, 采用早春先开花树木

来预报后开花树木的开花期, 张利华和阚欣欣^[2-3]分别在筛选出影响花期的关键气候因子的基础上, 基于逐步回归法建立了梨树始花期和桂花花期预测模型, 以上研究的花期预测大多是基于前期花期数据, 采用回归分析法建立开花期与气象要素间的线性关系。但有研究表明^[4], 物候期的提前与推迟对温度的上升与下降的响应是非线性的, 有学者探讨了花期预报与气象要素间的非线性关系, 经检验后效果也较好, 如陈正洪^[5]分别建立了樱花花期与气候因子间的线性和非线性模式, 发现对异常早花的情况, 非线性模式有较好的模拟效果, 姚日升^[6]利用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)细网格资料的中期预报产品, 采用 BP 神经网络法建立了花期精细化预报模型, 开创了花期预测的新手段。在常规的多年花期与气象因子的平行观测资料外, 还有学者探讨了直接在树体上测量花芽长轴与短轴的增长状况的形态测量法, 建立花期预报模型的新方法, 如贾坤和张明庆^[7-8]采用形态测量法得到的观测数据分别建立了北京地区梅花和大山樱花花期预测模型。国内学者对牡丹花期的预报研究也较多, 刘克长^[9]

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

山东省气象局课题“鲁西南典型植物物候期对气候变化的响应”(2013sdqx11)资助

作者简介: 李瑞英, 女, 1981 年生, 硕士, 工程师, 研究方向农业气象与气候变化, Email: lirygc@163.com

收稿日期: 2014 年 12 月 4 日; 定稿日期: 2015 年 2 月 4 日

用多元回归法求出了泰安牡丹花期预报的数学模式, 得出影响牡丹开花早晚的主要气象因子为气温和日照; 王萍^[10]选用与牡丹花期有关键影响的活动气温和地温, 利用多元回归模型对菏泽牡丹花期进行了预测; 张菲^[11]利用地温构建了菏泽牡丹花期预测模型; 徐丕商^[12]将积温用于线性预报方程对菏泽牡丹开花期进行了预报; 魏秀兰和孔凡忠^[13-14]则均从大气环流特征方面对牡丹花期做出了中长期预测, 预报时效较长。

在物候预测研究中, 物候模型的建模发展历史较长, 早在 1735 年, 就有学者提出了模拟物候期的积温模型。Hänninen^[15]总结出了 4 种基于温度效应的物候模型, 之后, Chuine^[16]重组了 Hänninen 的物候模型得到 8 个积温模型, 可见物候模型的发展已比较成熟, 其中 ForcTT 模型是国际上流行的物候预测积温模型, 它不同于把日平均气温直接累积的其它积温模型, ForcTT 模型设定了基础温度, 只有高于此基础温度的气温才能累积, 才对植物的物候期起促进作用, 这也正符合了植物的生长发育需要一定的生物学温度的特点。国内关于牡丹花期预测的研究大多是基于观测数据建立的线性 and 非线性模型, 而采用某一特定的物候模型进行花期预测的方法则不多见, 因此本研究试图采用国际上流行的物候预测模型 ForcTT 模型^[17]来模拟牡丹的始花期, 以期使花期预测误差最小化, 为每年的“菏泽国际牡丹文化旅游节”的花期预测提供科学依据, 以指导游客合理安排时间观赏牡丹花的盛开, 促进菏泽旅游业的发展。

1 资料与方法

1.1 资料来源

牡丹花期序列资料来自菏泽市曹州牡丹园牡丹栽培技术人员的观测记录, 牡丹为多年生木本植物, 观测的牡丹品种无变化。气象资料来自菏泽市气象局的观测数据, 资料长度为 1981—2010 年。

1.2 研究方法

牡丹花期观测数据采用 Julian 日换算法, 将逐年牡丹花期出现日期转化成距 1 月 1 日的实际天数, 得到牡丹花期时间序列。

利用线性倾向法分析牡丹花期的变化趋势, 采用 Mann-Kendall 法分析牡丹花期和气温的突变特征, 采用 SPSS 软件进行花期与气象要素间的相关

性分析, 采用 ForcTT 模型模拟牡丹的始花期。

1.2.1 ForcTT 模型

ForcTT 模型(表 1)是基于某一基础温度的日平均气温差累积的物候预测积温模型^[17], 其原理为: 自 1 月 1 日开始, 设定一基础温度, 如果日平均气温高于此基础温度, 则取两者之差, 如果日平均气温低于此基础温度, 则为 0, 依次组成每日的促进方程, 如此累积一直到物候期发生日, 此阶段的温度累积定义为物候期的积温阈值, 积温开始日期分别自 1 月 1 日、2 月 1 日, …… , 依次类推, 直到模拟效果最佳, 从而确定出最佳的基础温度和开始日期。基础温度 T_b 的取值范围一般为 $-5 \sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 步长为 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[18]。

表 1 ForcTT 模型的定义和方程

符号	定义
y	开花期
x_t	日平均气温
$R_f(x_t)$	促进率方程
S_f	促进状态
F^*	积温阈值或促进单位阈值
t_0	积温开始日或促进单位累积开始日
T_b	基础温度
Forc T model(F^*, T_b, t_0)	
$s_f = \sum_{t_0}^y R_f(x_t) = F^*$	
促进率方程的取值	
$R_f(x_t) = \begin{cases} 0 & x_t \leq T_b \\ x_t - T_b & x_t > T_b \end{cases}$	

1.2.2 模型评价指标

采用均方根误差 RMSE 和绝对误差 AE 对牡丹始花期预测模型进行评价分析。

均方根误差(RMSE):
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}{n}}$$

绝对误差(AE):
$$\frac{\sum_{i=1}^n |P_i - A_i|}{n}$$

式中 P_i 为观测值, A_i 为预测值, n 为样本数。

2 结果与分析

2.1 牡丹始花期变化特征

由图 1 可知, 1981—2010 年菏泽牡丹始花期呈逐年提前的趋势, 提前速率为 $4.4\text{ d}/10\text{a}$ 。近 30 年平均始花期出现在 4 月 20 日, 最早出现在 4 月 6 日

(2002 年),最晚出现在 4 月 29 日(1991 年)。Mann-Kendall 突变分析显示,牡丹始花期在 1996 年前后发生了一次突变,1981—1996 年牡丹始花期主要集中在 4 月下旬,处于偏晚时期,平均在 4 月 24 日,期间始花期变化趋势不大,提前速率为 0.13 d/10a; 1997—2010 年始花期主要集中在 4 月中旬,进入偏早时期,平均在 4 月 15 日,比偏晚期提前了 9 天,期间始花期变化比较明显,以 2.44 d/10a 的速率提前。

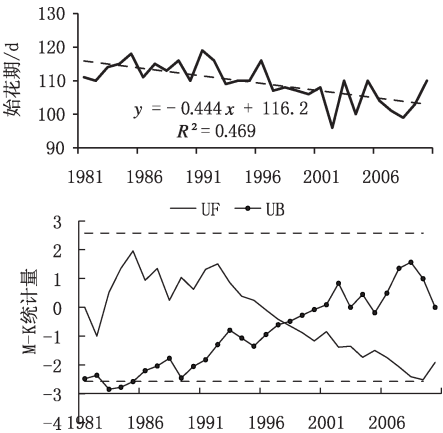


图 1 1981—2010 年牡丹始花期变化趋势及突变检验
(牡丹花期为距 1 月 1 日的实际天数,下同)

2.2 牡丹花期与气象条件的关系

由表 2 可知,牡丹的开花期与上年 10 月至当年 3 月的平均气温呈负相关,其中与 2—3 月平均气温的负相关程度达到了极显著水平($p<0.01$),与 3 月的日照时数的相关程度达到了显著水平($p<0.05$),与降水的相关性不明显。由此可见,牡丹花期发生的早晚受前 1~2 个月的气温的影响较大,其次是受前 1 个月的日照时数的影响,降水对牡丹花

期无明显影响,这主要是因为牡丹原产于我国西北较干旱地区,本身根系发达耐旱^[19],而菏泽地下水水位较浅,地下水分的供给可以满足牡丹生长发育所需的水分。1980 年 10 月至 2010 年 3 月各月气温均呈现上升趋势,由此可知,随着气候变暖,牡丹的始花期提前。

表 2 菏泽牡丹始花期与气象要素的相关系数(R)

要素	上年 10 月	上年 11 月	上年 12 月	1 月	2 月	3 月
温度	-0.21	-0.12	-0.26	-0.17	-0.62**	-0.87**
降水	-0.05	-0.06	-0.01	0.07	0.01	0.21
日照	0.45	0.20	0.15	0.06	-0.15	-0.38*

注: * 和 ** 分别表示 $p<0.05$ 和 $p<0.01$,下同。

由牡丹始花期与 2 月和 3 月气温散点图(图 2)也可以看出,牡丹始花期与 2 月和 3 月气温的相关性均比较显著,与 3 月气温的离散程度比与 2 月气温的离散程度密集,牡丹始花期与 3 月平均气温的数据点基本在同一条直线上。2002 年 2 月和 3 月平均气温分别为 6.9℃和 11.7℃,是近 30 年同期气温的最高值,高出近 30 年的平均气温 4℃和 3.3℃,由此导致牡丹的始花期提前到 4 月 6 日,为 30 年来的牡丹开花最早的一年,其次是 2008 年,3 月平均气温为 11.3℃,牡丹始花期提前至 4 月 9 日;相反,1991 年的 3 月平均气温最低,只有 5.3℃,由此牡丹花期推迟到 4 月 29 日,也为近 30 年来开花最晚的一年,其次是 1985 年,3 月平均气温为 5.4℃,牡丹始花期为 4 月 28 日,相比于 2 月气温来说,3 月气温对牡丹始花期的影响尤为明显,这也正验证了两者的突变节点一致的对应关系。

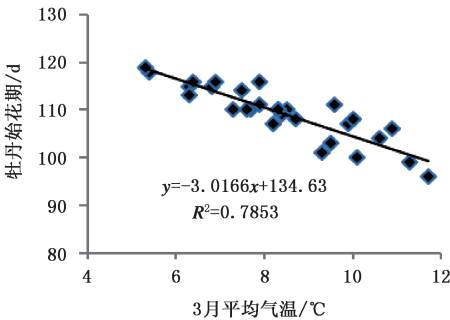
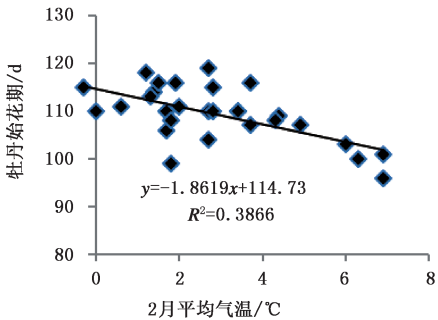


图 2 牡丹始花期与 2、3 月平均气温的对应关系

2.3 气温的变化趋势及突变分析

由图 3 可以看出,近 30a 菏泽市 2 月和 3 月的平均气温均呈现明显的上升趋势,上升速率分别为 1.09 °C/10a 和 1.02 °C/10a。Mann-Kendall 突变分析显示,1981—2010 年近 30 年的 2 月气温在 1990 年发生突变,突变前(1981—1990 年)2 月的平均气温为 1.4 °C,突变后(1991—2010 年)的平均气温为 3.6 °C,突变前后相差了 2.2 °C。3 月平均气

温在 1996 年后发生了一次突变,突变前(1981—1996)3 月的平均气温为 7.3 °C,突变后(1987—2010 年)的平均气温为 9.6 °C,突变前后相差了 2.3 °C。牡丹始花期也是在 1996 年发生了一次突变,说明牡丹始花期的变化与 3 月气温的变化是同步发生的,比 2 月气温的变化滞后,由此可以看出,牡丹始花期与 3 月的平均气温密切程度较高。

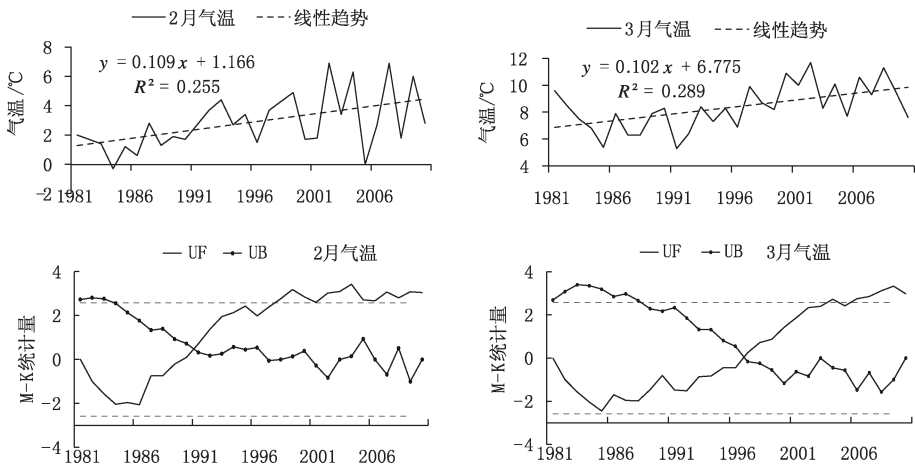


图 3 1981—2010 年 2 月和 3 月平均气温的变化趋势及突变检验

2.4 牡丹始花期的模拟

许多物候研究表明,不同的物候模型,预测不同的物候期,物候的模型参数不同,由于牡丹始花期主要受温度的影响,而且牡丹在开花之前需要一定的积温,因此本文采用国际上流行的物候预测模型—ForcTT 积温模型。在运用此模型时,首先需要确定积温阈值 F^* 的值。由于 2 月和 3 月的气温在 20 世纪 90 年代初期发生突变,突变时间前后 2 个阶段的气温变化幅度较大,为避免由气温变化引起的预测误差,本研究只考虑气温变化趋势较为相似的突变后的阶段。选取 1991—2000 年的牡丹始花期实际观测值,得出从积温开始日到牡丹开花期间的促进状态与 1—3 月气温的相关关系,采用主导分析及最优组合回归法建立积温阈值 F^* 的回归方程,根据此回归方程预测 2001—2014 年逐年的牡丹始花期前的积温,从而得到牡丹始花期的预测日期。

有研究表明,牡丹的生物学起点温度为 3 °C,当气温上升并稳定在 3~5 °C 时,牡丹花芽开始萌动^[20],也有人认为稳定通过 0 °C 时活动积温对于牡丹花发育的影响较大^[9],因此表 3 和表 4 主要列举了与牡丹始花期关系密切的以下几个参数。

由表 4 可见,当采用 ForcTT 模型预测牡丹的开花期时,最佳的开始日期为 2 月 1 日,最佳的基础温度为 1 °C,平均误差为 1.29 天,最小偏差为 1.73 天;其次,当开始日期为 2 月 1 日,基础温度为 3 °C 时的平均误差和最小偏差均在 2 天之内,说明牡丹始花期主要受 2 月和 3 月平均气温的影响,这也与由牡丹始花期与 2 月和 3 月平均气温的散点图得出的结论一致。

将按以上方法得到的牡丹始花期预测值与实际观测值进行相关分析(图 4),由此可知,当开始日期为 2 月 1 日,基础温度为 1 °C 时,牡丹始花期的预测值比实际观测值偏晚,两者的相关系数达到 0.97,而当基础温度为 3 °C 时,牡丹始花期的预测值比实际观测值偏早,相关系数为 0.96。

3 结论与讨论

(1)随着气候变暖,1981—2010 年菏泽牡丹始花期以 4.4 d/10a 的速率呈逐年提前的趋势,并在 1996 年发生了一次突变。突变前(1981—1996 年)牡丹始花期主要集中在 4 月下旬,处于偏晚时期,突变后(1997—2010 年)始花期主要集中在 4 月中旬,

表 3 积温阈值 F^* 的取值范围

基础温度 $T_b/^\circ\text{C}$		F^*			
1 月 1 日	0	$Y=643.0+32.0T_{\text{Feb}}+199.8T_{\text{ave}(1-3)}-74.1T_{\text{sum}(1-3)} \quad r=0.80 \quad p=0.14$			
	1	$Y=540-5.8T_{\text{Jan}}-17.1T_{\text{Mar}}+47.8T_{\text{ave}(1-3)} \quad r=0.78 \quad p=0.21$			
	3	$Y=458.1-9.8T_{\text{Jan}}+21.3T_{\text{Feb}}-8.02T_{\text{sum}(1-3)} \quad r=0.50 \quad p=0.64$			
2 月 1 日	0	$Y=528.3-61.8T_{\text{Feb}}-70.1T_{\text{Mar}}+70.8T_{\text{sum}(2-3)} \quad r=0.68 \quad p=0.35$			
	1	$Y=636.8-2.9T_{\text{Feb}}-37.5T_{\text{Mar}}+71.7T_{\text{ave}(2-3)}-6.3T_{\text{sum}(2-3)} \quad r=0.61 \quad p=0.69$			
	3	$Y=441.5+22.1T_{\text{Feb}}+21.4T_{\text{Mar}}+117T_{\text{ave}(2-3)}-82.3T_{\text{sum}(2-3)} \quad r=0.55 \quad p=0.83$			
3 月 1 日	0	$Y=626.4-6.7T_{\text{Mar}} \quad r=0.42 \quad p=0.28$			
	1	$Y=563.1-6.6T_{\text{Mar}} \quad r=0.38 \quad p=0.31$			
	3	$Y=467.4-6.9T_{\text{Mar}} \quad r=0.46 \quad p=0.24$			

注: T_{Jan} 为 1 月平均气温, T_{Feb} 为 2 月平均气温, T_{Mar} 为 3 月平均气温, $T_{\text{ave}(1-3)}$ 为 1—3 月平均气温, $T_{\text{sum}(1-3)}$ 为 1—3 月气温和, $T_{\text{ave}(2-3)}$ 为 2—3 月平均气温, $T_{\text{sum}(2-3)}$ 为 2—3 月气温和。

表 4 ForcTT 模型参数估计

	1 月 1 日			2 月 1 日			3 月 1 日		
$T_b/^\circ\text{C}$	0	1	3	0	1	3	0	1	3
绝对误差/天	2.29	1.64	2.43	3.07	1.29	1.64	4.14	3.14	2.50
均方根误差/天	2.80	2.09	3.18	3.99	1.73	1.98	4.81	3.78	3.22

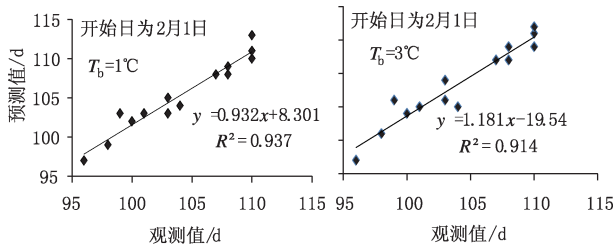


图 4 ForcTT 模型对牡丹始花期的模拟

与突变前期相比,提前了将近 10 天。有研究表明,菏泽未来的气温仍继续升高,在此背景下,牡丹的始花期还将有所提前,4 月上旬即可开花的可能性越来越大,甚至成为普遍现象。

(2)虽然牡丹花期受日照、降水、积温、地温等多种气象因素的影响,但起关键作用的还是温度的影响,尤其是牡丹开花前 1 个月(3 月)的平均气温对牡丹花期早晚起着决定性作用,这也与牡丹花期和 3 月气温的突变节点完全一致相吻合,其次是 2 月平均气温的影响,2 月和 3 月的平均气温越高,牡丹开花越早,反之,则牡丹开花越晚,这也与采用 ForcTT 模型预测牡丹始花期得到的最佳积温累积开始日期为 2 月 1 日一致,最佳开始日期为 2 月 1 日,说明自 2 月开始直到牡丹花开这段时间内气温的累积对牡丹开花起重要作用,即 2 月和 3 月气温影响牡丹开花的早晚。日照也是一个影响牡丹花期的因素,但其影响的作用不是很明显,降水对牡丹花期基本无影响,这与前人研究的结论一致^[13-14,21]。

牡丹根系本身比较耐旱,地下水分的供给足以满足牡丹生长发育所需的水分,是导致自然降水与牡丹花期之间相关关系不大的原因。

(3)当采用 ForcTT 模型预测牡丹始花期时,最佳的开始日期为 2 月 1 日,最佳的基础温度是 1 °C,其次是 3 °C,由此可知,1 °C 和 3 °C 是影响牡丹生长发育的生物学温度,这也与前人研究的当年气温上升并稳定在 3~5 °C 时,牡丹植株开始萌动的结论是相通的^[20]。本模型参数即适用于基于气象台站观测要素的实况值预测牡丹始花期,于 4 月 1 日做出牡丹始花期预报,也可适用于基于气象台发布的短期气候预测产品来预测牡丹始花期,如采用季度气候展望和月气候预测,可于 3 月 1 日做出牡丹始花期预报。虽然关于牡丹始花期预报以往已有不少研究与应用,但大多研究是基于线性回归方程做出的花期预测,而本研究采用特定的物候预测模型,不仅可以得出影响牡丹花期的关键气象因素,而且能够确定促使牡丹开花的基础温度,这是其他类似研究所未能涉及到的。

(4)虽然采用 ForcTT 模型预测牡丹始花期总体的模拟效果较好,而且基础温度为 1 °C 的预测总体误差比基础温度 3 °C 的预测总体误差偏小,但不能一概而论。尤其在气候异常年份,则需要择优选择 2 种基础温度下模型的预测,如在 2008 年 2 月平均气温异常偏低,3 月平均气温偏高的气候特点下,采用基础温度为 1 °C 的模型得到的预测日期比观测

日期偏晚 4 天,基础温度为 3 ℃得到的预测日期比观测日期只偏晚 2 天。因此,针对特殊气候年份需要择优淘劣,以确保误差最小化,从而较为准确的预测出牡丹始花期,确保高质高效的做好牡丹旅游气象服务。

参考文献

[1] 张明庆,蔡霞. 北京地区春季主要园林树木的花期预测研究[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2005,26(2):85-90.

[2] 张利华,任曙霞,张永强,等. 梨树始花期预报[J]. 气象科技, 2012,40(3):485-488.

[3] 阙欣欣,黄莹,白先达. 桂林市桂花花期与气候因子关系研究[J]. 南方农业学报 ISTIC,2013,44(11).

[4] 郑景云,葛全胜,赵会霞. 近 40 年中国植物物候对气候变化的响应研究[J]. 中国农业气象,2003,24(1):28-32.

[5] 陈正洪,肖玫,陈璇. 樱花花期变化特征及其与冬季气温变化的关系[J]. 生态学报,2008,28(11):5209-5217.

[6] 姚日升,涂小萍,丁烨毅,等. 宁波桃树花期预报方法[J]. 气象科技, 2014, 42(1):180-186.

[7] 贾坤,张黎霞,赵天禄,等. 北京地区梅花的花期预报模式初建[J]. 北京林业大学学报,2010,32(2):97-100.

[8] 张明庆,杨国栋,许晓波. 树木花期预报的花芽形态测量法研究——以大山樱花期预报为例[J]. 植物生态学报,2005,29(4): 610-614.

[9] 刘克长,刘怀杞,张继祥,等. 牡丹花前温度指标的确定与花期预报[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,1991,22(4):

397-402.

[10] 王萍,李仁杰,许海洋. 基于多元回归的牡丹花期预测[J]. 农业网络信息,2008(3):139-142.

[11] 张菲,邢小霞,李仁杰,等. 利用地温构建菏泽牡丹花期预测模型[J]. 中国农业气象,2008,29(1):87-89.

[12] 徐丕商. 菏泽牡丹开花期的预报[J]. 气象,1988,14(1):54-55.

[13] 魏秀兰,孔凡忠. 菏泽牡丹开花期的长期预报[J]. 气象,2001,27(6): 55-57.

[14] 孔凡忠,刘继敏,孔莉,等. 菏泽牡丹初花期的中长期预报模型[J]. 中国农业气象,2011,32(1):115-121.

[15] Hänninen H. Modelling bud dormancy release in tress from cool and temperature regions [J]. Acta Forestalia Fennica, 1990,213:1-47.

[16] Chuine I, Cour P, Rousseau D D. Selecting modles to predict the timing of flowering of temperature trees: implications for tree phenology modeling [J]. Plant Cell and Environment, 1999,22(1):1-13.

[17] Cannell M G R, Smith R I. T hermal time, chill days and prediction of budburst in Picea sitchensis [J]. Journal of Applied Ecology, 1983, 20: 951-963.

[18] 李荣平,刘晓梅,周广胜. 盘锦芦苇物候特征及其对气候变化的响应[J]. 气象与环境学报,2006,22(4):30-34.

[19] 刘怀杞,刘克长,任宗兴,等. 牡丹盆栽基质特性和热交换的初步研究[J]. 山东农业大学学报,1990(2):65-70.

[20] 喻衡. 牡丹花[M]. 上海:上海科学出版社. 1989.

[21] 张翠英,王英,黄玉芳,等. 气候变暖对菏泽牡丹花期的影响及花期预测模型[J]. 中国农业气象,2009,30(2):251-253.

Prediction of First Flowering Dates of Peony Based on ForcTT Model

Li Ruiying¹ Ren Chongyong¹ Zhang Cuiying¹ Jiang Xiaodong²

(1 Heze Meteorological Service, Shandong, Heze 274000; 2 College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology/Jiangsu Key Laboratory of Agricultural Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract: Based on the phenological data of peony and meteorological data in Heze, the correlation between first flowering dates of peony and meteorological condition is analyzed by using the statistical analysis methods, such as climatic trend rate and Mann-Kendall abrupt change test. The results show that: (1) The first flowering dates of peony show an advanced tendency of 4.4 d/10a, and abrupt changes occurred in 1996. The first flowering date of peony is mainly concentrated in the last ten days of April from 1981 to 1996, while other mainly concentrated in the middle ten days of April in from 1997 to 2010. (2) The dates of peony flowering are mainly depended on the mean temperature of March, and the mutation nodes of first peony flowering dates and March mean temperature are consistent; the influence of February mean temperature is the second, March sunshine has certain influence on the first peony flowering dates; precipitation has no obvious influence. (3) The dates of peony flowering are predicted with the ForcTT model: the optimal beginning date is 1 February; the optimal basic temperature is 1 ℃; the average error is 1.29 days; RMSE is 1.73 days. While the basic temperature is 3 ℃, average error and RMSE are within 2 days, which also verifies that February and March temperature has great influence on the first flowering dates of peony.

Keywords: peony; prediction; ForcTT model