

菏泽牡丹花期预报模型构建方法

陈 辰

(山东省气候中心,山东 济南 250031)

摘 要:通过分析山东省菏泽市 1964—2015 年早熟品种始花日期与气象要素之间的关系,筛选与始花期相关性较好的要素,采用膨化方法对其进行处理,并利用逐步回归方法,将膨化后的备选因子和牡丹花期建立统计预报模型,构建菏泽牡丹花期动态预报模型。结果表明,牡丹始花期受积温、平均气温、地温等温度要素影响显著,与降水和日照时数关系不大,利用积温、平均气温及地温膨化要素构建的预报模型,预报效果较好,通过对随机预报结果验证表明模型能够反映牡丹花期对气候因子变化的响应,模型模拟值与实测值比较吻合。该方法构建的模型可以用来模拟预测牡丹花期,并在一定程度上克服了固定模型仅能在固定时间对牡丹花期进行预报的限制性。

关键词:牡丹;始花期;膨化处理;逐步回归;预报模型

引言

牡丹居中国十大传统名花之首,素有“国色天香”的美誉,深受人们的喜爱。河南、山东、安徽等省份均已成为栽培牡丹的圣地。1992 年,菏泽成功举办了首届国际牡丹花会之后,牡丹的观赏、出口等成为菏泽地区的主要产业之一,目前,菏泽牡丹栽培面积已达 8 000 hm²,成为全国面积最大的牡丹观赏基地^[1]。牡丹花期预报已成为大家关注的热点,张翠英等^[2]分析了气候变暖对菏泽地区牡丹花期的影响,并建立了牡丹花期的中、短期预测模型;魏秀兰等^[3]对牡丹开花期的长期预报进行了研究;陈琪等^[4]构建了牡丹花期预测的短期模型。前人大部分模型的构建均有一定的时效限制,为了更加灵活、方便地开展服务,基于前人的研究基础,利用历年牡丹开花日期及气象资料,选取与牡丹花期相关性较好的气象要素,采用膨化方法对其进行处理,并利用逐步回归方法,将膨化后的备选因子和牡丹花期建立统计预报模型,构建菏泽牡丹花期动态预报模型。对主要气象要素进行膨化处理,得到多个连续时段的变量数据,作为备选因子,不仅能够更加准确地建立气象因子与牡丹开花期之间的关系,而且较为灵活,可以根据服务需求,在任意时间对牡丹花期进行随机动态预报,开展跟踪服务,一定程度上克服了固定模型仅能在固定时间对牡丹花期进行预报的限制性。

1 材料与方法

1.1 数据来源

1964—2015 年牡丹始花期数据为早熟品种始花期观测数据,来自菏泽国家农业气象基本站观测资料;气象数据,主要包括逐日平均气温、降水、日照时数、0 cm 地温、5 cm 地温、10 cm 地温和 15 cm 地温,来自菏泽国家一般气象站。

1.2 技术方法

1.2.1 膨化处理 采用线性组合的方法对因子进行膨化处理^[5~6],即将某单一要素的基础数据组,按一定步长顺序,不作间隔和跳跃式的累加或求取平均,假设从平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一天,共有 m 组基础数据,气象因子定义为 X,则基础气象因子为 X_n (n=1, 2, …, m),膨化后气象因子为 X_{ij}。

根据因子的特性,积温、日照时数、降水量等要素需进行累加膨化处理,累加膨化过程的表达式为:

$$X_{ij} = \sum_{n=i}^j X_n (i=1, 2, \dots, m; j=i, i+1, \dots, m) \quad (1)$$

平均气温、地温等要素需进行平均膨化处理,平均膨化过程表达式为:

$$X_{ij} = \frac{\sum_{n=i}^j X_n}{j-i+1} (i=1, 2, \dots, m; j=i, i+1, \dots, m) \quad (2)$$

(1)式、(2)式中, X_{ij} 为膨化后气象因子, X_n 为

收稿日期:2018-09-18 修回日期:2018-09-28

基金项目:山东省气象局面上课题,“菏泽牡丹气象服务终端研究”(2016sdqxm22)。

作者简介:陈辰(1988-),女,山东兖州人,工程师,硕士,主要从事农业气象预报,气候变化对农业生产影响等方面的研究。

基础气象因子, m 为基础气象因子个数。

选取的气象要素中,降水、日照时数、积温、平均气温以旬统计数据作为基础数据进行膨化处理,地温由于变化幅度较小,则以月统计数据作为基础数据进行膨化处理。

由于模型的构建时间是随机的,为了使用最新的气象资料,对膨化处理的步长进行适当处理,即当开始和最后一个旬或一个月的日数不足时,应用温度通过 0°C 初日到其所在旬的最后一天为第一组数据;预报日前一日所在旬的初日至该日的要素统计数据作为最后一组基础数据。

1.2.2 逐步回归 利用 SPSS17.0,采用逐步回归的方法将与牡丹始花期有关的气候因素作为初选因子和牡丹花期建立统计预报模型。逐步回归是采用“有进有出”方式筛选变量,从一个自变量开始,视其显著程度,从大到小依次逐个引入回归方程,每一步都进行检验,得到最优变量子集,构建多元回归方程,用于未来牡丹花期的预测分析^[7]。

1.2.3 预报模型检验与误差分析 采取始花期距离 3 月 1 日的天数作为目标值进行预报,利用逐步回归方法确定预报模型后,采用 F 检验法对模型进行置信度水平检验,并对利用模型反演的拟合值与实测值进行精度分析,精度分析时采用

平均绝对误差(ABSE)和均方根误差(RMSE)进行分析。

$$ABSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i^* - y_i| \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2} \quad (4)$$

(3)式、(4)式中, y_i^* 为模型预报值, y_i 为实际值, n 为样本量。

2 结果与分析

2.1 气象因素对牡丹花期的影响

自然条件下,牡丹的生长发育主要受气候条件影响,影响牡丹开花的生态因子包括气温、日照时数、降水、地温等,牡丹生物学起点气温稳定在 3°C 左右,但是有研究表明^[8] 稳定通过 0°C 的积温对于牡丹发育的影响较大。通过分析资料表明,菏泽地区平均气温稳定通过 0°C 初日大概在 2 月 15 日前后,牡丹始花期在 4 月上旬,笔者在前人的研究基础上^[9~20],初步选取 2 月 15 日至 3 月 31 日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温、平均气温、日照时数、降水量、0 cm、5 cm、10 cm、15 cm 地温与牡丹花期资料进行相关分析,其中将始花期距离 3 月 1 日的天数作为花期资料,各因子与花期的相关系数见表 1。

表 1 牡丹花期与主要气象要素的相关性分析

	气温/ $^{\circ}\text{C}$	降水/mm	日照/h	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$	0cm地温/ $^{\circ}\text{C}$	5cm地温/ $^{\circ}\text{C}$	10cm地温/ $^{\circ}\text{C}$	15cm地温/ $^{\circ}\text{C}$	花期/d
气温	1.00								
降水	-0.03	1.00							
日照	-0.11	-0.16	1.00						
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	0.983**	-0.08	-0.15	1.00					
0cm地温	0.98**	-0.09	-0.01	0.95**	1.00				
5cm地温	0.93**	-0.04	0.01	0.91**	0.97**	1.00			
10cm地温	0.94**	-0.01	-0.04	0.92**	0.97**	0.99**	1.00		
15cm地温	0.94**	0.02	-0.06	0.91**	0.95**	0.97**	0.98**	1.00	
花期	-0.90**	0.16	0.25	-0.93**	-0.87**	-0.84**	-0.84**	-0.82**	1.00

注:*表示具有较显著相关性,其显著水平 $P < 0.05$,**表示具有较显著相关性,其显著水平 $P < 0.01$ 。

2 月 15 日至 3 月 31 日的降水、日照时数、积温、地温等气象要素与牡丹花期相关分析的结果表明,气温和地温等温度条件是影响牡丹始花期的主要因素,牡丹始花期与平均气温、平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温,及 0~15 cm 各层次地温呈显著负相关,即平均气温、积温及 0~15 cm 各层次地温越高,花期越早;降水对牡丹花期的影响不显著,这可能

是由于牡丹原产于我国西北干旱地区,根系深而发达,耐旱能力较强,而且牡丹种植区域灌溉条件较好,土壤湿度条件能够满足牡丹生长,因此降水条件不是影响其花期的主要因素;日照时数对牡丹花期的影响虽高于降水,但仍不显著。

2.2 备选因子的选取

作物生长发育是一个连续过程,用某阶段的

气象要素值作为备选因子,在时段和作用时间上不够确切,为了能够更加准确地建立气象因子与牡丹开花期之间的关系,对主要气象要素进行膨化处理,得到多个连续时段的变量数据,作为备选因子。

通过主要生态因子与牡丹花期的相关关系,选取稳定通过 0℃ 初日后的平均气温、平均气温 ≥ 0℃ 积温、0 cm、5 cm、10 cm、15 cm 地温作为预报因子,其中积温、平均气温以旬统计数据作为基础数据进行膨化处理,地温由于变化幅度较小,则以月统计数据作为基础数据进行膨化处理,膨化处理后的因子作为备选因子(表 2),与牡丹开花期距 3 月 1 日的天数进行回归,构建动态预报模型。

表 2 牡丹花期随机预报模型构建备选因子类型

序号	因子类型
1	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日 ≥ 0℃ 积温/℃ · d
2	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日平均气温膨化值/℃
3	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日 0cm 地温膨化值/℃
4	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日 5cm 地温膨化值/℃
5	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日 10cm 地温膨化值/℃
6	平均气温稳定通过 0℃ 初日至预报日前一日 15cm 地温膨化值/℃

2.3 模型构建

为验证随机模型构建方法的合理性和准确性,选取 1964—2005 年的数据构建模型,并利用 2006—2015 年的数据对模型进行验证。为验证不同时间模型的准确性,结合服务需求,随机选取

表 5 模型精度检验参数

模型构建日期	ABSE/d	RMSE/d	误差在 1d 以内的百分率/%	误差在 2d 以内的百分率/%	误差在 3d 以内的百分率/%
3 月 1 日	2.93	10.76	14	31	59
3 月 23 日	2.91	15.63	28	59	69
4 月 1 日	1.51	3.06	34	72	93
4 月 5 日	1.48	2.96	41	72	97

结果表明,随机选取的 4 个模型精确度均较高,误差在 3d 以内的百分率均达到了 59% 以上,且随着预报日与始花期的接近,预报结果更加准确。

利用 2006—2015 年的数据对模型进行验证,图 1 给出了不同时间构建模型模拟值与实测值的线性回归关系。结果显示,线性回归系数(a)分别为 0.90、0.95、1.06 和 1.14,决定系数(R²)分别为

3 月 1 日、3 月 23 日、4 月 1 日和 4 月 5 日分别构建模型并进行验证。模型构建结果见表 3。

表 3 动态随机模型构建结果

模型构建日期	模型结果
3 月 1 日	$Y=61.767-2.542X_1$
3 月 23 日	$Y=69.935-0.049X_2-1.444X_3$
4 月 1 日	$Y=79.521-1.643X_4-0.034X_5-1.162X_6$
4 月 5 日	$Y=80.115-1.606X-4-0.037X_5-1.149X_7$

注:Y 表示牡丹始花期距 3 月 1 日天数/d;X₁ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 2 月 28(或 29 日)平均气温/℃;X₂ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 3 月 23 日平均气温 ≥ 0℃ 积温/℃ · d;X₃ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 3 月 10 日平均气温/℃;X₄ 表示 3 月 1 日至 3 月 31 日 0cm 平均地温/℃;X₅ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 3 月 10 日平均气温 ≥ 0℃ 积温/℃ · d;X₆ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 3 月 31 日平均气温/℃;X₇ 表示平均气温稳定通过 0℃ 初日至 4 月 5 日平均气温/℃。

通过相关系数等参数对模型进行验证,从检验参数表(表 4)中可以看出,随机建立的预报模型均通过了 0.001 水平的显著性检验,各模型选取的因子与牡丹花期存在显著的线性关系。

表 4 模型检验参数

模型构建日期	模型相关系数	P 概率值
3 月 1 日	0.744	<0.001
3 月 23 日	0.903	<0.001
4 月 1 日	0.944	<0.001
4 月 5 日	0.946	<0.001

2.4 模型精度检验

首先利用 ABSE 和 RMSE 两个误差指标,及误差天数所占样本量的百分率对各模型精度进行回代验证,检验结果见表 5。

0.66、0.79、0.78 和 0.85,均方根误差(RMSE)分别为 7.12、7.02、2.69 和 2.28 d。整体上讲,模型能够反映牡丹花期对气候因子变化的响应,模型模拟值与实测值比较吻合,该方法构建的模型可以用来模拟预测牡丹花期,且随着预报日接近始花期,预报结果误差呈减小趋势,结果越准确,可以利用该模型进行牡丹花期预报服务,并对结果进行订正。

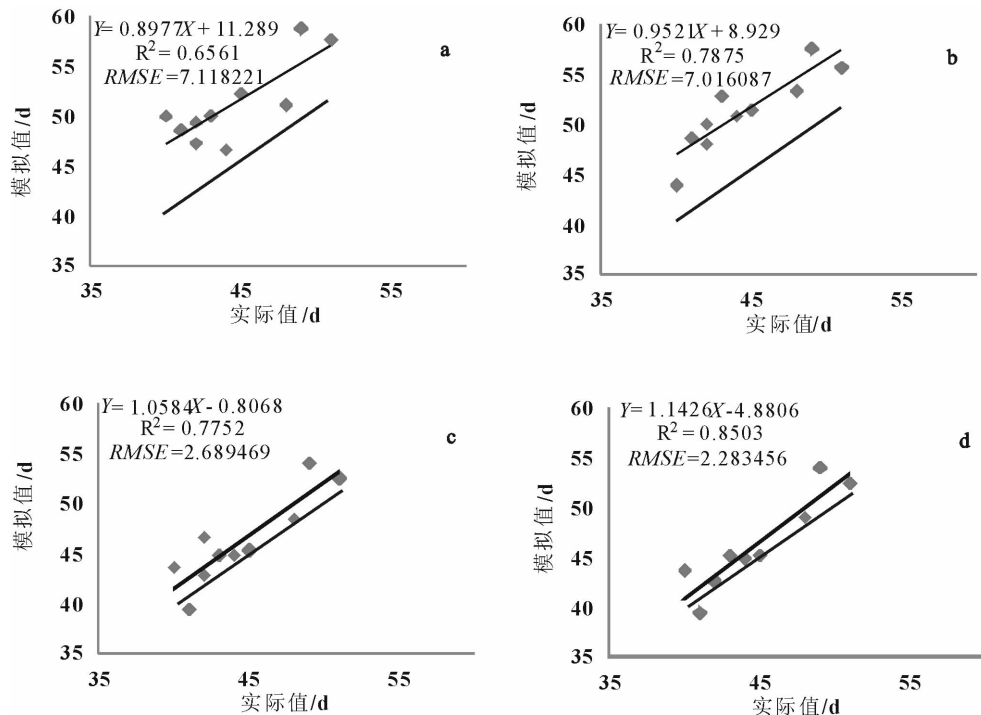


图 1 不同预报模型构建时间牡丹花期实际值与模拟值线性回归

(a:3月1日构建的模型检验;b:3月23日构建的模型检验;c:4月1日构建的模型检验;d:4月5日构建的模型检验)

3 讨论与结论

(1)通过相关分析发现,平均气温稳定通过 0°C 初日后的平均气温、平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温、0 cm、5 cm、10 cm、15 cm地温是影响牡丹始花期的主要生态因子,降水和日照对牡丹始花期影响不大,且气温及地温等温度要素越高,牡丹花期越早。徐丕商^[14]等研究表明牡丹开花早晚与春节温度有较高的线性关系;魏秀兰^[3]等研究表明2—4月中旬的温度与花期关系密切,且温度偏低,花期推迟,牡丹花期与此期间光照、雨量无明显需求;张翠英^[2]等指出春季气温是影响牡丹花期的主要因子,且3月份气温影响最为显著。笔者的研究结果与前人研究结论一致,且与牡丹种植经验吻合。

(2)随机动态模型,即在任意时间,利用已有历史同期资料构建预报模型,对当年牡丹始花期进行预测,一定程度上克服了固定模型在预报时效上的局限性,增加了预报模型构建的灵活性,方便了农气服务,通过对随机建模对模型的检验发现,该模型构建方法准确率能够满足一般服务需求。预报日越接近始花期,预报结论越准确,在为农服务方面有较大的应用空间。

(3)笔者对牡丹始花期的研究,仅限于气象要素的影响,但开花是一个复杂的过程,如光周期等因素也是影响其因素之一,若提高预报精度,还需进一步研究和改善预报方法。

参 考 文 献:

- [1] 李瑞英,任崇勇,张翠英,等.基于ForcTT模型的牡丹始花期预测[J].气象科技,2015,43(06):1186-1191.
- [2] 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(增2):251-253.
- [3] 魏秀兰,孔凡中,张宗灏,等.菏泽牡丹开花期的长期预报[J].气象,2001(06):55-57.
- [4] 陈琪,张贯臣,苏金乐.洛阳牡丹花期预测模型构建与检验[J].浙江农业学报,2013,25(01):73-78.
- [5] 周兴文,刘改秀,董晓宇,等.牡丹花期调控的研究进展[J].陕西农业科学,2006(01):49-51.
- [6] 单琨.玉米干旱风险分析—以辽宁省为例[D].北京,中国农业科学院,2010.
- [7] 魏淑秋.农业气象统计[M].福州:福建科学技术出版社,1985:77-170.
- [8] 刘克长,刘怀屹,张继祥,等.牡丹花期温度指标的确定余花期预报[J].山东农业大学学报,1991,22(04),397-402.
- [9] 杨芳绒,陈文超,杨凯亮,等.温度变化对牡丹花期影响的研究[J].河南科学,1997,15(01):78-81.
- [10] 樊景豪,王国庆,刘晓华,等.气象因素对菏泽市牡丹开花的影响[J].菏泽学院学报,2013(35):194-196.
- [11] 李建,刘映宁,李美荣,等.陕西果树花期低温冻害特征及防御对策[J].气象科技,2008,36(03):318-322.

(下转第 80 页)