

洛阳高山种植区牡丹花期预测模型构建与检验

陈 琪¹, 彭正峰², 梁国辉³, 苏金乐^{1*}

(1. 河南农业大学, 河南 郑州 450002; 2. 洛阳牡丹研究院, 河南 洛阳 471000;

3. 洛阳市洛浦公园管理处, 河南 洛阳 471000)

摘要: 针对洛阳牡丹花期与牡丹花会开幕时间不相吻合这一现象, 通过研究洛阳高山种植区 1992—2010 年迎日红、洛阳红和首案红牡丹花期资料与气象资料, 采用 SPSS 软件分析大气温度、地温、有效积温等与牡丹花期之间的内在关系, 构建洛阳高山种植区牡丹花期预测模型。结果表明: 15 cm 土层厚度处地温稳定通过 4 ℃ 的平均温度和积温与牡丹花期有极显著的相关性。采用晚花品种构建模型预测误差范围在 -2 375.2~2 456.5 d, 误差较小, 效果较好。

关键词: 牡丹; 花期; 气候因子; 多元线性回归

中图分类号: S685.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0109-04

Construction and Inspection of Prediction Model for Florescence of Tree Peony in Alpine Planting Area of Luoyang City

CHEN Qi¹, PENG Zheng-feng², LIANG Guo-hui³, SU Jin-le^{1*}

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Peony Institute of Luoyang, Luoyang 471000, China;

3. Management Office of Luopu Park, Luoyang 471000, China)

Abstract: The florescence of tree peony in Luoyang city hardly met with local Peony Fair. Analyzing the meteorological and flowering data of peony in alpine planting area from 1992 to 2010, the result showed that flowering data were associated with the soil temperature and accumulated temperature. Using the selected meteorological factors, three prediction models with SPSS software were easily got. Through comparison of the absolute errors, the results showed that the late flowering prediction was in two-day range, which was ideal. The model could exactly forecast the florescence, and provided a good reference for predicting florescence of tree peony.

Key words: peony; florescence; climate; multiple linear regression

洛阳牡丹作为我国四大名花之一, 自 1983 年第 1 届洛阳牡丹花会成功举办以来, 已经成为实现洛阳对外经济发展和提升城市形象的名片, 更为洛阳显示实力走向国际提供了极佳的平台。因此, 牡丹花期的准确程度与洛阳今后的发展息息相关。牡丹的花期除了与良好的管理和适宜的土壤环境有关外^[1], 还受到温度、光照、水分等条件的影响^[3-5]。近些年气象数据显示, 气候变暖已经对牡丹生长发育

产生了严重影响^[6-7]。自 1992 年以后洛阳也表现出气候变暖趋势, 导致历届的牡丹花会会期屡次提前^[8]。鉴于此, 以洛阳高山牡丹种植区早花品种迎日红、中花品种洛阳花和晚花品种首案红为研究对象, 选择可能对牡丹花期有影响的气候因子如日最低气温、日平均气温、日最高气温、地温、有效积温等作为指标, 研究各个气候因子与牡丹 3 个品种花期的内在关系, 构建早、中和晚花品种花期预测模型,

收稿日期: 2012-11-20

基金项目: 河南省重点科技攻关计划资助项目 (0524070200)

作者简介: 陈 琪 (1986-), 女, 河南洛阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 园林植物遗传育种。E-mail: 1551891842@qq.com

* 通讯作者: 苏金乐 (1953-), 男, 河南新郑人, 教授, 博士生导师, 主要从事园林植物遗传育种研究。E-mail: sujinkle@163.com

筛选误差范围较小的模型,为洛阳高山牡丹种植区的花期预测提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

洛阳高山种植区位于东经 $111^{\circ}11'$, 北纬 $33^{\circ}39'$, 属于暖温带向北亚热带过渡地带, 平均海拔 1 500 m, 年平均气温 12.1°C ^[9], 平均年降雨量为 1 200 mm, 年日照时间为 2 101.8 h。

1.2 试验方法

迎日红(早花品种)、洛阳红(中花品种)和首案红(晚花品种)的花期数据采用高山牡丹种植区 1992—2010 年观测数据。气象数据采用高山牡丹种植区调查资料, 数据缺失部分以当地气象数据为主。

牡丹花期预测采用大气温度、有效积温、地温等因素作为主要指标进行研究。牡丹一般在温度稳定通过 3°C 时开始萌动, 顶端开裂^[10]。因此, 试验分别采用 0°C 、 1°C 、 2°C 、 3°C 、 4°C 作为起始大气温度, 以 0.4°C 作为起始地温。采用日最低气温、日平均气温、日最高气温、有效积温和地温连续 7 d 稳定通过起始温度的日期作为首日。由于洛阳牡丹花会时间在 4 月

15 日左右, 相关温度因子计算到 4 月 10 日, 预报时效为 5 d^[11]。试验应用逐步回归的方法^[12-14], 以牡丹花期为因变量, 相关分析结果的因子为自变量逐个引入检验, 将不显著变量剔除得到最优变量子集, 同时构建多元线性回归方程。

运用相关性分析法确定与迎日红、洛阳红和首案红的花期存在显著相关性的主要指标, 然后采用逐步回归法^[15-16]分别建立早花、中花和晚花的多元线性预测模型; 最后采用回代方法对模型预测效果作检验, 并筛选出最优方案。

2 结果与分析

2.1 洛阳高山种植区牡丹指标的主成分分析

由表 1 可知, 12 个因子与牡丹花期具有显著相关性, 相关系数绝对值均在 0.377 83 以上, 显著水平在 0.05 以内。具有极显著相关性的分别为 N2、N3、N8、N9、N11 和 N12。影响高山牡丹种植区早、中、晚花花期的气候因子主要是地温, 尤其 15 cm 土层厚度处地温稳定通过 4°C 的平均温度和积温与牡丹花期有极显著的相关性。前者显著水平为 0.007 4, 远远小于 0.01, 与牡丹花期呈极显著正相关; 后者显著水平为 0.000 3, 与花期呈极显著负相关。

表 1 主要指标与牡丹花期间的相关系数与显著性水平

编号	因子类别	相关系数	P
N1	日平均气温稳定通过 3°C 的积温	-0.378 42*	0.047 1
N2	日最高气温稳定通过 0°C 的平均温度	-0.490 7**	0.004 3
N3	日最高气温稳定通过 0°C 的积温	-0.562 41**	0.001 8
N4	日最高气温稳定通过 1°C 的积温	-0.405 66*	0.032 8
N5	日最高气温稳定通过 4°C 的积温	-0.408 79*	0.031 0
N6	5 cm 土层厚度处地温稳定通过 0°C 的积温	-0.417 47*	0.024 8
N7	5 cm 土层厚度处地温稳定通过 0°C 的平均温度	-0.421 58*	0.029 9
N8	10 cm 土层厚度处地温稳定通过 4°C 的平均温度	-0.562 8**	0.001 1
N9	10 cm 土层厚度处地温稳定通过 4°C 的积温	-0.518 9**	0.001 4
N10	15 cm 土层厚度处地温稳定通过 0°C 的积温	-0.377 83*	0.047 4
N11	15 cm 土层厚度处地温稳定通过 4°C 的平均温度	0.474 3**	0.007 4
N12	15 cm 土层厚度处地温稳定通过 4°C 的积温	-0.695 1**	0.000 3

注: *表示显著相关性($P < 0.05$), **表示极显著相关性($P < 0.01$)。

2.2 洛阳高山种植区牡丹花期预测模型的构建

对 12 个因子进行逐步回归分析并建立多元线性回归模型。由表 2 可知, 在 0.05 显著水平下选用 N11、N12 做拟合时, 拟合度能达到 0.974 2, 拟合效果非常理想。 $F=181.47$ 时, 模型 P 小于 0.000 1, 远小于 0.05。表明 N11、N12 与牡丹花期之间存在

显著的线性关系。

表 2 多元线性回归模型方差分析

引入变量	拟合度	P	F
N11	0.435 4	$<0.000 1$	20.05
N12	0.974 2	0.004 1	206.60
模型		$<0.000 1$	181.47

经过上述分析得到,高山种植区牡丹早花、中花和晚花品种花期的线性回归模型分别为: $Y = 168.313\ 97 + 1.948\ 16X_{N11} - 30.559\ 27X_{N12}$, $Y = 102.238\ 52 + 1.823\ 33X_{N11} - 2.092\ 60X_{N12}$, $Y = 172.011\ 24 + 1.719\ 06X_{N11} - 29.525\ 11X_{N12}$ 。

2.3 洛阳高山种植区牡丹花期预测模型的检验

将高山种植区牡丹早花、中花和晚花品种1992—2010年N11、N12的数值分别带入回归方程进行检验,结果见表3—5。由表3可以看出,基于因子N11、N12的多元线性回归模型估计花期的绝对误差在 $-4.875\ 7 \sim 3.168\ 5$ d,对绝对误差取绝对值后的平均值为 $1.833\ 7$ d。可以得出基于因子N11、N12的多元线性回归模型对高山牡丹种植区早花品种的预测结果的绝对误差在 ± 2 d左右。

表3 洛阳高山牡丹种植区早花品种多元线性回归模型回代检验

年份	实际花期/d	预测花期/d	绝对误差/d
1992	106	104.298 0	-1.702 0
1993	99	100.522 8	1.522 8
1994	98	100.932 0	2.932 0
1995	103	102.460 7	-0.539 3
1996	107	105.951 9	-1.048 1
1997	103	104.234 9	1.234 9
1998	104	102.286 5	-1.713 5
1999	96	95.137 6	-0.862 4
2000	105	102.812 2	-2.187 8
2001	107	104.644 4	-2.355 6
2002	94	95.835 5	1.835 5
2003	106	103.252 9	-2.747 1
2004	105	103.196 2	-1.803 8
2005	106	106.187 5	0.187 5
2006	102	103.262 8	1.262 8
2007	97	100.168 5	3.168 5
2008	106	105.262 3	-0.737 7
2009	98	100.124 0	2.124 0
2010	104	99.124 3	-4.875 7

注: +表示预报花期比实际花期提前, -表示预测花期比实际花期延迟,下同。

由表4可以看出,基于因子N11、N12的多元线性回归模型估计花期的绝对误差在 $-4.993\ 8 \sim 2.879\ 1$ d,对绝对误差取绝对值后的平均值为 $1.746\ 8$ d。可以得出,基于因子N11、N12的多元线性回归模型对高山牡丹种植区中花品种的预测结果的绝对误差在 ± 2 d左右。

表4 洛阳高山牡丹种植区中花品种多元线性回归模型回代检验

年份	实际花期/d	预测花期/d	绝对误差/d
1992	109	107.239 2	-1.760 8
1993	102	103.581 2	1.581 2
1994	101	103.879 1	2.879 1
1995	106	105.679 0	-0.321 0
1996	110	108.381 0	-1.619 0
1997	106	107.574 4	1.574 4
1998	107	105.380 7	-1.619 3
1999	98	97.157 5	-0.842 5
2000	109	106.046 6	-2.953 4
2001	109	108.034 0	-0.966 0
2002	97	97.862 9	0.862 9
2003	109	106.293 2	-2.706 8
2004	108	105.850 3	-2.149 7
2005	110	109.682 4	-0.317 6
2006	105	106.081 7	1.081 7
2007	100	102.668 3	2.668 3
2008	109	108.599 9	-0.400 1
2009	101	102.891 5	1.891 5
2010	107	102.006 2	-4.993 8

由表5可以看出,基于因子N11、N12的多元线性回归模型估计花期的绝对误差在 $-2.375\ 2 \sim 2.456\ 5$ d,对绝对误差取绝对值后的平均值为 $1.134\ 8$ d。可以得出,基于因子N11、N12的多元线性回归模型对高山牡丹种植区晚花品种的预测结果的绝对误差在 ± 1 d左右。

表5 洛阳高山牡丹种植区晚花品种多元线性回归模型回代检验

年份	实际花期/d	预测花期/d	绝对误差/d
1992	100	98.974 5	-1.025 5
1993	95	96.235 9	1.235 9
1994	97	95.943 2	-1.056 8
1995	95	97.456 5	2.456 5
1996	100	98.189 3	-1.810 7
1997	102	99.624 8	-2.375 2
1998	98	97.920 1	-0.079 9
1999	90	89.333 0	-0.667 0
2000	103	103.564 4	0.564 4
2001	101	101.767 2	0.767 2
2002	91	92.207 1	1.207 1
2003	100	100.439 1	0.439 1
2004	96	97.903 0	1.903 0
2005	105	105.651 7	0.651 7
2006	98	98.663 7	0.663 7
2007	95	94.415 7	-0.584 3
2008	102	101.058 9	-0.941 1
2009	97	95.691 9	-1.308 1
2010	103	101.174 7	-1.825 3

3 结论与讨论

本试验从气温、地温、有效积温等多个方面入手,相关性分析结果显示,温度与牡丹的花期存在极显著相关关系。这表明温度尤其地温对于牡丹花期有重要影响,其中 15 cm 土层厚度处地温稳定通过 4 °C 的平均温度和积温影响最为明显。在回代检验中早花和中花的预测花期与实际花期间的最大误差为 ± 2 d,而晚花则为 ± 1 d。表明晚花模型的预测精度高,实用性强,有较高的实践指导价值。

研究发现,3 °C 以上的气温、积温对于牡丹生长发育影响最大^[17]。牡丹一般在温度稳定通过 3 °C 以上时开始萌动。因此,对试验中采用的主要指标做了比较细致的划分。首次采用日平均气温、日最高气温和日最低气温分别稳定通过 0、1、2、3、4 °C 的日期作为首日,并以首日至 4 月 10 日的日平均温度和积温作为主要指标。地温指标为 5、10、15 cm 3 个土层厚度处稳定通过 0 °C 和 4 °C 的日平均气温、日最高温度和日最低温度的平均温度及积温。这为试验模型精确度提供了保障。

本试验对主要指标测定采用统一的时间范围,时间历时过长不够精确可能影响分析结果。高山牡丹种植区建立时间较晚,相对于邙山和洛阳市中心种植区资料不够完善,给前期预测分析带来困难,影响模型的覆盖程度。因此,可以进一步考查影响花期具体时间范围和主要指标变化范围,统一合并早花、中花和晚花品种的花期预测模型。

参考文献:

- [1] 刘怀杞,刘克长,任宗兴,等.牡丹盆栽基质热特性和热交换的初步研究[J].山东农业大学学报,1990,21(2):65-70.
- [2] 竺可桢,宛敏渭.物候学[M].北京:科学出版社,1984.
- [3] 张福春.气候变化对中国木本植物物候的可能影响[J].地理学报,1995,50(5):402-410.
- [4] 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,1991,22(4):397-402.
- [5] 吴国强,马进,许怀庆,等.温度变化对洛阳牡丹开花期影响的研究[C]//第 27 届中国气象学会现代农业气象防灾减灾与粮食安全分会论文集.2010.
- [6] 陆佩玲,于强,贺庆棠.植物物候对气候变化的响应[J].生态学报,2006,26(6):923-929.
- [7] 柳晶,郑有飞,赵国强.郑州植物物候对气候变化的影响[J].生态学报,2007,27(4):1471-1479.
- [8] 林而达,许吟隆,蒋金荷,等.气候变化国家评估报告(Ⅱ):气候变化的影响与适应[J].气候变化研究进展,2006,2(2):51-56.
- [9] 姜志伟,华路,武雪萍,等.洛阳孟津地区近 47 年来气温的变化特征[J].中国农业气象,2009,30(2):127-132.
- [10] 刘波,郑国生,赵海军,等.不同低温时数对牡丹花芽解除休眠的影响[J].山东农业科学,2004,2(3):41-42.
- [11] 范瀛.农业试验统计方法[M].郑州:河南科学技术出版社,1983.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 徐丕商.菏泽牡丹开花期的预报[J].气象,1988,24(1):54-55.
- [15] 王萍,李仁杰,徐海洋.基于多元回归的牡丹花期预测[J].农业网络信息,2008(3):139-142.
- [16] 曲俊华,倪家明.多元回归模型分析与设计实现[J].中国电力教育,2007(2):140-143.
- [17] 高志民,王蓬英.有效积温与牡丹催花研究初报[J].中国园林,2002,2(3):86-88.