

张玉洁,张爱英,董颜,等. 基于气温订正的北京山桃花花期预测改进[J]. 陕西气象,2023(1):56-61.

文章编号:1006-4354(2023)01-0056-06

基于气温订正的北京山桃花花期预测改进

张玉洁¹,张爱英²,董 颜²,宋 甫¹

(1. 丰台区气象局,北京 100071;2. 北京市气象服务中心,北京 100089)

摘 要:基于北京市丰台区气象站 2009—2018 年地面观测资料和 2020、2021 年 3 月丰台区预报资料,配合气温精细化订正,应用 SW 物候模型,对 2020 年、2021 年北京丰台区北宫森林公园、千灵山风景区山桃花始花期进行了预测试验。试验结果表明:提前 10 d 预测的结果和自然条件下的实况值偏差为 1~2 d,提前一周左右可较为准确地预测山桃花始花期。结合气象因子对前期气温预报值进行精细化订正,可提高 SW 物候模型用于观赏植物观赏期预测的适用性,得到较为准确的花期预测值,并可在花期观赏相关的旅游气象服务业务中进行推广应用。

关键词:山桃花;模型预测;气温精细化订正

中图分类号:S165.2

文献标识码:A

对于以自然风光为主要特点的景区,花期观赏等是其主要特色之一,故确定各类观赏植物的最佳观赏期并进行准确预测为其主要气象服务需求,这便需要提供同植物物候相关的专业气象服务。基于此,首先应了解植物物候期同气象因子的联系^[1-3]。以往研究证明,在影响植物物候期的各个气象要素中,气温起关键性和决定性的作用^[4-6],国内一些学者通过分析植物物候与前期气温之间的关系建立统计预测模型来预测植物的物候期^[7-8];但这些建立在气温基础上的统计预测模型还存在一定的问题,主要表现在没有把统计模型和植物的生长发育的机理结合起来^[9]。物候模型指基于植物对环境因子的响应机理而建立的可模拟植物生长发育的数学模型,国内外学者已经建立了多种类型的物候模型^[10-12]。截至目前,物候模型已被用于重建过去气候变化^[13],预测树种分布范围变化^[14],预测 21 世纪的物候变化^[15],植物灾害风险评估^[16]以及植物花期预测^[17-20]等领域。其中,张爱英等^[21-22]分别应用国际通用的 3 种物候模型(SW 模型、UniChill 模型和统计模

型)对北京地区部分观赏植物的始花期和盛花期进行了建模,证明 SW 模型在北京地区观赏植物开花期预测中的适用性最高,并推荐在花期预测中应用 SW 模型。

山桃花为丰台区各大自然景区比较常见的观赏性花卉,结合丰台区旅游资源特色,应用 SW 模型,对丰台区经典景区(北宫森林公园、千灵山风景区)2020 年和 2021 年山桃花始花期进行了预测试验,研究成果可逐步应用于辖区内各类植物的观赏期预测,在此基础上衍生出短期气候预测、精细化短期天气预报等一系列专业化的旅游气象服务,以期提供种类多样、内容丰富的旅游气象服务专报,为公园管理部门举办赏花节和公众出行赏花提供科学的参考依据。

1 数据资料

所用气象资料有两部分:一是北京市气象局信息中心提供的丰台区国家气象站(简称丰台本站)、千灵山风景区气象站(简称千灵本站)、北宫国家森林公园气象站(简称北宫站)2009—2018 年逐日平均气温资料、逐时(气温、相对湿度、

收稿日期:2021-10-31

作者简介:张玉洁(1987—),女,汉族,江苏泰兴人,硕士,工程师,从事气候诊断及预测。

基金项目:北京市气象局科技项目(BMBKJ201904007)

2 min风速、2 min 风向、小时降雨量)地面观测资料;二是北京市气象台提供的 2020、2021 年 3 月丰台区逐日气象要素预报资料。所用物候资料为 2020、2021 年北宫国家森林公园、千灵山风景区花期观测资料。其中始花期为视线内 $\geq 10\%$ 的花蕾开放,盛花期为视线内 $\geq 50\%$ 的花蕾开放,末花期为 $\geq 95\%$ 的花脱落。

2 研究方法

研究方法为 SW 物候模型以及气候统计常用方法。

2.1 SW 模型简介

SW 模型是基于积温理论发展而来,包括 3 个参数: t_0 、 T_b 和 F^* ,如公式(1)和(2)所示,

$$\sum_{t=t_0}^y R_f(x_t) \geq F^*, \quad (1)$$

$$R_f(x_t) = \begin{cases} 0 & x_t < T_b \\ x_t - T_b & x_t \geq T_b \end{cases} \quad (2)$$

其中, y 为预测的植物物候期(日序); x_t 为第 t 天的日平均气温($^{\circ}\text{C}$); $R_f(x_t)$ 为高于某一界限温度的温度($^{\circ}\text{C}$); T_b 为界限温度($^{\circ}\text{C}$), T_b 一般在 $0\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间; t_0 为积温开始累积的时间,通常以日序来表示,例如, t 为 28 指当年的 1 月 28 日; F^* 指完成发育所需的积温阈值($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)。根据张爱英等^[21]研究结果,模式参数取值如下: $t_0=28$, $T_b=0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $F^*=152.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

2.2 气象因子选取

SW 模型的基础是积温理论,气温预报值的准确程度是植物物候期预测的关键因素之一^[21]。已有研究表明^[23-24],气温与风向、风速、降水、湿度、天空云量等气象因子均密切相关。SW 模型中的日平均气温(x_t)是根据日最高气温、日最低气温计算得出的^[22],可通过确定不同气象因子下日最高(低)气温的变化情况,得出日平均气温与气象因子的关系。故采用逐时资料,确定日最高(低)气温的出现时间及对应的气象条件。具体处理方法为:(1)风向、风速。确定日最高(低)气温对应的主导风向、风速,选取日最高(低)气温出现时段前后相邻 3 h 期间的优势风向(即出现次数最多的小时风向),并计算其平均风速,定义为该日最高(低)气温对应的风向、风速。若有两个或

以上的优势风向(即有两个或以上的风向出现次数最多),则定为缺测。(2)降水、相对湿度。选取日最高(低)气温出现时间对应的小时累计降水量及相对湿度。(3)天空云量。选取日最高(低)气温出现时间对应观测时段的云量状况,定义为该日最高(低)气温对应的天空云量。基于上述方法,得到 2009—2018 年丰台本站逐日日最高(低)气温及其对应的风向、风速、相对湿度、降水量及天空云量数据序列(共 3 498 d,已进行质量控制)。

2.3 气象因子定量划分

将 2009—2018 年丰台本站逐日日最高(低)气温对应的 5 个气象因子(风速、风向、降水、相对湿度、天空云量)进行定量划分:(1)风向分为偏北风、偏东风、偏南风、偏西风四类;(2)风速分为大于 2 级、小于等于 2 级两类;(3)降水分为无降水(0 mm)、有降水(大于 0 mm)两类;(4)相对湿度分为大于 50%、小于等于 50%两类;(5)天空状况分为晴、有云(多云、阴)两类。

3 结果分析

3.1 2020 年花期预测结果

3.1.1 初步预测结果 为获得较好的服务效果,应至少提前 10 d 进行花期预测。根据现有物候资料统计,北京市山桃花始花期最早日期为 3 月 10 日,因此从 2020 年 3 月 1 日开始预测试验,之后进行滚动预测,直至始花期实况当日停止。具体做法为:首先基于 2020 年 3 月丰台地区逐日气温滚动预报资料,对千灵山站、北宫站预测气温进行常规订正(根据多年日平均气温统计结果经验性订正):千灵山站预报气温=丰台站气温 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$,北宫站预报气温=丰台站气温 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,其中起报当日气温为该站实况气温,之后为气温预报值。例如 3 月 1 日起报,则 3 月 2—11 日为气温预报,以此类推,得到千灵山站、北宫站 2020 年 3 月逐日滚动气温预报值。其次应用 SW 模型计算始花期(模式参数取值见 2.1),从 $t_0=28$ (2020 年 1 月 28 日)开始,计算每天的 $R_f(x_t)$,如果当天日平均气温 x_t 高于 T_b ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$),则 $R_f(x_t)=x_t$;否则, $R_f(x_t)=0$ 。然后将 $R_f(x_t)$ 逐项进行累加得到 F^* ,当某日积温达到或超过 F^* ($152.3\text{ }^{\circ}\text{C}$),则确

定当日为始花期。通过代入千灵山站、北宫站 2020 年 3 月逐日滚动气温预报,得到千灵山、北宫山桃花始花期预测值(表 1)。可以看出,千灵山站自 3 月 12 日起报(提前 10 d),预测始花期为 3 月 23 日,误差为 4 d(2020 年千灵山始花期实况为 3 月 19 日);提前一周(3 月 15 日)起报,预测始花期为 3 月 22 日,误差缩短为 3 d;提前 3 d(3 月 19 日)起报,预测始花期为 3 月 21 日,仍存在 2 d 的误差。北宫站预测效果好于千灵山站,提前 10 d 起报(3 月 9 日),预测始花期为 3 月 18 日,与实况(3 月 15 日)存在 3 d 的误差;提前一周(3 月 11 日)起报,预测始花期为 3 月 17 日,误差缩短为 2 d;提前 3 d 预测(3 月 13 日),误差缩短为 1 d。

表 1 基于 SW 模型的 2020 年 3 月北宫、千灵
山桃花始花期预测结果

地区	起报日期	积温/ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	预测始花期
北宫	9 日	164.0	18 日
	10 日	152.9	17 日
	11 日	153.4	17 日
	12 日	157.9	17 日
	13 日	156.2	16 日
	14 日	156.3	16 日
	千灵山	12 日	158.9
13 日		163.7	23 日
14 日		154.9	22 日
15 日		158.7	22 日
16 日		156.8	22 日
17 日		162.4	22 日
18 日		153.9	21 日

2020 年花期预测结果表明,千灵山站与北宫站山桃花始花期预测值均与实况存在一定误差,分析原因可能与气温预报常规订正有关。对气温预报值进行常规订正并未考虑到不同气象因子的影响下气温的变化情况,两站气温预报的误差影响了 SW 模型的应用效果。其中,千灵山为丰台区海拔较高的地区,其日平均气温与丰台本站相

差较大($2\sim 3^{\circ}\text{C}$),所以误差也更加明显。

3.1.2 气温精细化订正后的预测结果 明晰不同气象因子影响下丰台本站与北宫站、千灵山站的气温差值,根据 2.2、2.3 中的方法,统计得到丰台本站、千灵山站、北宫站 2009—2018 年逐日日最高(低)气温及其对应的风向、风速、相对湿度、降水量及天空云量数据序列。

对 3 498 d 中包含单个或多个相同气象因子的日最高(低)气温求平均,即得到单一或多个气象因子影响下日最高(低)气温的变化情况,由于篇幅限制,这里只列出单一气象因子影响下区域站与丰台本站的日最高(低)气温差值(表 2)。结果表明,在不同气象因子的影响下,千灵山站日最高气温的平均值较丰台本站偏低 $2.3\sim 3.4^{\circ}\text{C}$,日最低气温的平均值与本站的差值在 $-1.5\sim 2.2^{\circ}\text{C}$,日平均气温较丰台本站偏低 $0.8\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 。可见,不同气象因子对最低气温的影响较为明显,气温常规订正(减 2°C)会导致千灵山水气温预报值较实况偏小,从而导致积温较实际偏小,进而导致预测值较实际值偏晚。

北宫站与丰台本站的气温相差不大,在不同气象因子的影响下,其日最低温度、日最高气温、日平均气温的平均值与丰台本站的差值均在 0.5°C 左右。可见气温常规订正(减 1°C)得到北宫气温预测值同样较实况略偏低,导致积温较实际略偏小,致使花期预测值略晚于实况。

重新对 2020 年 3 月千灵山、北宫的气温预报值进行订正,具体做法为:自 3 月 1 日起,对千灵山站、北宫站未来 10 d 逐日气象因子预测值进行划分,得到逐日日最高(低)气温预报值及其对应的气象因子预测值序列,根据表 2 统计结果对千灵山、北宫逐日日最高(低)气温预报值进行订正,并计算得到逐日日平均气温预报值,即为 3 月 1 日起报的气温预报订正值序列(3 月 2—11 日)。以此类推,重复上述步骤直至始花期实况值提前一日起报的气温预报订正值序列。

对 2020 年花期重新进行预测实验,将所得数据代入 SW 模型中,结果(表 3)表明,经过气温精细化订正后,千灵山站山桃花始花期预测值的误差明显减小,提前 10 d 左右滚动预测值与实况值

表2 单一气象因子影响下3月区域站与丰台本站的最高(低)气温差值

单位:°C

气象因子		北宫站			千灵山站		
		最高气温	最低气温	平均气温	最高气温	最低气温	平均气温
降水	有	0.4	0.4	0.4	2.8	2.2	2.5
	无	0.0	-0.4	-0.2	2.7	-0.3	1.2
风向	偏北	0.3	-0.1	0.1	3.4	1.4	2.4
	偏东	-0.2	0.1	-0.1	2.2	1.1	1.7
	偏西	0.2	-1.0	-0.4	3.1	-1.5	0.8
	偏南	0.1	0.4	0.3	2.5	1.0	1.8
风速	>2级	0.1	0.0	0.1	2.9	1.5	2.2
	≤2级	0.1	-0.3	-0.1	2.3	-0.3	1.0
相对湿度	>50%	0.3	0.5	0.4	2.5	1.6	2.1
	≤50%	0.0	-0.6	-0.3	2.8	-0.7	1.1
天空状况	晴	0.1	-1.0	-0.5	3.1	-1.4	0.9
	多云	0.1	0.0	0.1	2.9	0.5	1.7
	阴	0.1	0.4	0.3	2.3	1.4	1.9

表3 2020年3月经气温精细化订正后千灵山、北宫山桃花始花期预测结果

地区	起报日期	积温/ (°C·d)	预测始 花期
千灵山	12日	162.5	22日
	13日	156.2	21日
	14日	157.4	21日
	15日	159.2	21日
	16日	154.8	21日
	17日	158.9	21日
	18日	152.9	20日
北宫	8日	154.8	17日
	9日	153.6	17日
	10日	152.5	17日
	11日	154.6	17日
	12日	153.9	16日
	13日	154.7	16日
	14日	156.3	16日

偏差缩短至1~3 d;北宫站山桃花始花期预测值的误差有所减小,提前10 d左右滚动预测值与实

况值偏差缩短至1~2 d。这说明千灵山站、北宫站气温预测值经过精细化订正后误差具有一定程度的减小,从而缩小了SW模型中的积温值与实际的差距,提高了SW模型丰台本地应用的效果。

3.2 2021花期预测结果

基于2020年预测结果,对2021年千灵山、北宫的山桃花始花期进行预测,结果表明(表4),千灵山站提前10 d(3月7日)起报,预测始花期为3月16日,与实况值(3月17日)相差1 d,提前4 d(3月13日)预报即可准确报出千灵山山桃花的始花期。北宫站提前10 d(3月3日)起报,预测始花期为3月12日,同样与实况值(3月13日)相差1 d,提前5 d(3月12日)预报即可准确预报出千灵山山桃花的始花期。北宫地区的预报气温经过订正后,花期预测的误差同样可以控制在1 d,且提前8 d预报即可准确报出北宫山桃花的始花期。

相比于2020年的花期预测结果,2021年的更加准确,这除了与对气温进行精细化订正有关外,可能还与气象要素预报准确性的提高也有一定关系。

表4 2021年3月经气温精细化订正后千灵山、北宫山桃花始花期预测结果

地区	起报日期	积温/ ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)	预测始 花期	
千灵山	6日	162.9	16日	
	7日	154.1	16日	
	8日	158.0	16日	
	9日	155.1	16日	
	10日	153.9	16日	
	11日	156.3	16日	
	12日	155.7	17日	
	13日	159.5	17日	
	14日	156.8	17日	
	15日	153.4	17日	
	16日	153.7	17日	
	北宫	2日	154.9	12日
		3日	153.9	12日
		4日	154.6	12日
		5日	153.8	13日
		6日	157.7	13日
7日		152.3	13日	
8日		156.1	13日	
9日		155.1	13日	
10日		155.5	13日	
11日		156.1	13日	
12日		156.8	13日	

4 结语

通过应用SW物候模型,在对丰台本地预报气温精细化订正的基础上预测了2020年、2021年千灵山风景区、北宫森林公园山桃花始花期,收到了较好的试验效果;同时,也佐证了SW模型在山桃花始花期预测方面的适用性较好。但由于气温预报的不确定性、人工观测花期的主观性以及地形影响等,预测结果仍在存在一定的误差。配合预报气温精细化订正,可有效地减小预测的误差。鉴于目前用于模型检验的样本还不多,研究结果还不够全面,将来可随着样本的增多进行更深入的检验和业务试用,也可对SW模型的参数

取值进行调整,对其他观赏植物始花期、树木彩叶变色期进行拓展性研究。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 胡明新, 周广胜, 吕晓敏, 等. 温度和光周期协同作用对蒙古栎幼苗春季物候的影响[J]. 生态学报, 2021, 41(7): 2816-2865.
- [3] 尹志聪, 袁东敏, 丁德平, 等. 香山红叶变色日气象统计预测模型研究[J]. 气象, 2014, 40(2): 229-233.
- [4] 郝晓雷. 影响鲁西南木本植物秋季物候期的气象要素分析[J]. 陕西气象, 2022(3): 53-59.
- [5] 吕景华, 白静, 苏利军, 等. 气候变暖对呼和浩特地区自然物候的影响[J]. 气象科技, 2012, 40(2): 299-303.
- [6] 林少植, 葛全胜, 王焕炯. 欧洲典型树种展叶始期的时空变化及其对气候变化的响应[J]. 应用生态学报, 2021, 32(3): 788-798.
- [7] 李荣平, 周广胜, 阎巧玲. 植物物候模型研究[J]. 中国农业气象, 2005, 26(4): 210-214.
- [8] 谭美, 王四清. 观赏植物生长模拟模型研究进展[J]. 园艺学报, 2010, 37(9): 1523-1530.
- [9] 韩小梅, 申双和. 物候模型研究进展[J]. 生态学杂志, 2008, 27(1): 89-95.
- [10] GARCIA I, GAUDILLERE J P. Performance of several models for predicting budburst date of grapevine[J]. Journal of Biometeorol, 2009, 53: 317-326.
- [11] CHUINE I, YIOU P, VIOVY N, et al. Historical phenology: Grape ripening as a past climate indicator[J]. Nature, 2004, 432(11): 289-290.
- [12] 宋富强, 张一平. 动态物候模型发展及其在全球变化研究中的应用[J]. 生态学杂志, 2007, 26(1): 115-120.
- [13] MORIN X, VINER D, CHUINE I. Tree species range shifts at a continental scale: New predictive insights from a process-based model[J]. J Ecol, 2008, 96: 784-794.
- [14] MORIN X, LECHOWICZ M J, AUGSPURGER C, et al. Leaf phenology in 22 North American tree species during the 21st century[J]. Global Change

- Biol, 2009, 15(4): 961-975.
- [15] 戴君虎, 王焕炯, 葛全胜. 近 50 年中国温带季风区植物花期霜冻风险变化[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 593-601.
- [16] 李荣平, 周广胜, 王笑影, 等. 不同物候模型对东北地区作物发育期模拟对比分析[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(3): 25-30.
- [17] 姚日升, 涂小萍. 宁波桃树花期预报方法[J]. 气象科技, 2014, 42(1): 180-186.
- [18] 徐琳, 陈效述, 杜星. 中国东部暖温带刺槐花期空间格局的模拟与预测[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3584-3593.
- [19] 尹贞铃, 雪婷, 辛博, 等. 白水苹果始花期预测模型研究[J]. 陕西气象, 2019(2): 34-36.
- [20] 丁锡强, 王冰, 姜茹茵, 等. 烟台市红富士苹果始花期预报模型研究[J]. 陕西气象, 2018(3): 33-36.
- [21] 张爱英, 王焕炯. 物候模型在北京观赏植物开花期预测中的适用性[J]. 应用气象学报, 2014, 25(4): 483-492.
- [22] 张爱英, 张建华. SW 物候模型在北京樱花始花期预测中的应用[J]. 气象科技, 2015, 43(2): 309-313.
- [23] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报, 1997, 55(4): 35-46.
- [24] 于海敬, 葛非凡, 王金兰, 等. 1980—2019 年新乡市极端气温时空变化特征[J]. 陕西气象, 2021(4): 45-51.