文章编号:1673-887X(2023)08-0121-03

安岳柠檬花期与气象条件关系研究

刘亚希

(安岳县气象局,四川　安岳　642350)

摘　要　利用2019年柠檬花期和地面气象观测资料,采用相关分析法分析花期与气象因子的相关性。结果表明:影响柠檬花期最主要的因子为1月—3月积温、1月—2月地面气温积温,采用逐步回归法构建的回归方程效果较好。

关键词　柠檬;花期;预报模型

中图分类号　S666.5　　**文献标志码**　A　　doi:10.3969/j.issn.1673-887X.2023.08.042

Study on the Relationship Between the Flowering Period and Meteorological Conditions of Anyue Lemon

Liu Yaxi

(Anyue Meteorological Bureau, Anyue 642350, Sichuan, China)

Abstract: The correlation analysis method was used to analyze the correlation between lemon flowering and meteorological factors based on the meteorological observation data of lemon flowering in 2019. The results showed that the main factors affecting lemon flowering date were accumulated temperature from January to March and ground temperature from January to February. The regression equation constructed by stepwise regression method was effective and could be applied in practice.

Key words: lemon, flowering period, forecasting model

柠檬树属于芸香科柑橘属常绿小乔木。叶片较小,长椭圆形,叶缘具细锯齿。花单生,每年集中开放3~4次,其中以春花果为主,春季花期19 d左右,整体花期较长,香气浓郁,具有很大的观赏性。

研究影响柠檬花期的关键气象因子,总结其规律并构建预报模型,实现准确的花期预报,不仅可以为花期病虫害防治、疏花授粉等提供更好地气象服务,还可为开花期避开晚寒潮霜冻影响提供参考。

1　资料来源与处理方法

研究资料为来源于2003年—2021年的农业气象观测和地面气象观测资料。花期物候观测时,初花期为花朵开放多于10%、盛花期为花朵开放达50%~80%、开花末期为花朵开放多于80%。

采用日序换算法,将物候日期转化为距离1月1日的实际日数作。利用SPSS软件计算出柠檬花期与温度、降水、日照之间的相关系数(Pearson),并通过Pearson筛选出影响柠檬花期的关键气象因子;基于关键气象因子采用逐步回归法建立柠檬花期预报模型,并对进行回测。

2　分析与结果

2.1　花期物候特征

柠檬主要的物候期有春芽膨大期、展叶期、花蕾期、开花期、果实膨大期和果实成熟期。对各生长发育的时间进行统计归纳,总结为2003年—2021年安岳柠檬大本植物物候期平均分布值见表1。

表1　2003年—2021年安岳柠檬大本植物物候期平均分布值

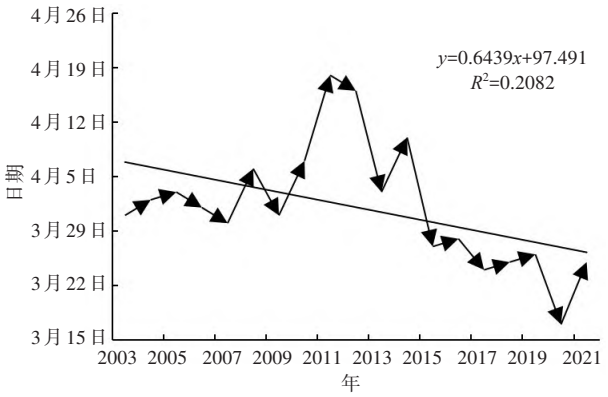
Tab.1 The average distribution value of phenological period of large plant of Anyue Lemon from 2003 to 2021

气象要素候平均值	芽膨大期	芽开放期	展叶期		花蕾或花序出现期	开花期			第二次开花期	果实或种子成熟期
	叶芽	叶芽	始期	盛期		始期	盛期	末期		
平均候时段	第12候	第15候	第16候	第17候	第19候	第20候	第22候	第24候	第31候	第57候
候平均气温值/℃	10.4	12.5	13.2	14.0	15.7	16.6	18.5	20.3	23.5	17.8
候降水平均值/mm	1.8	4.5	6.2	6.2	9.1	7.6	10.2	9.4	15.9	12.1
日照/h	5.3	15.1	17.1	14.0	15.0	18.0	24.4	24.5	22.9	8.1

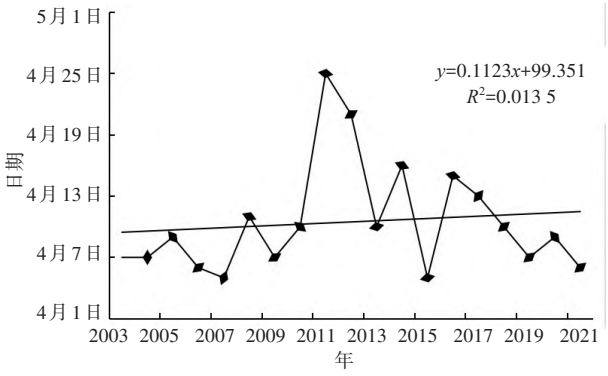
安岳柠檬的多年平均花蕾出现期为4月2日,最早出现在3月17日(2020年),最晚出现在4月18日(2011年),二者相差32 d;与平均日期相比较,有11年差5 d以上,有8年相差7 d以上,见图1(a)。多年平均开花始期为4月10日,最早出现在4月5日(2015年),最晚出现在4月25日(2011年),二者相差15 d;与平均日期相差5 d以上的有6年,相差7 d以上的有2年,见图1(b)。花蕾出现期和开花始期的标准差分别为7.73和5.30,表明安岳柠檬花蕾出现期和开花始期不太稳定。

收稿日期　2023-05-31

作者简介　刘亚希(1988-),女,四川人,工程师,研究方向:气象综合业务。



a. 花蕾期变化曲线



b. 开花期变化曲线

图1　2003年—2021年安岳县柠檬花期物候变化曲线

Fig.1 Phenological change curve of Anyue Lemon at flowering stage from 2003 to 2021

2.2　气象因子与花期的相关性分析

本研究采用柠檬花蕾出现期和开花始期序列分别同逐旬、逐月的温度、降水及日照时数等气象因子进行相关性分析，除降水类别因子外，相关系数大部分为负，表明二者之间存在负相关关系，即气象要素值升高，相应物候期提前。

2.2.1　温度的影响

大量研究表明，一定时间内的气象条件，特别是温度条件与植物物候期变化密切相关 。树木的生长发育离不开温度（气温和地温），每一生长期均需要适宜的温度条件，一般2月中、下旬柠檬开始进入萌芽期，萌芽后15~20 d开始展叶，7~9 d达到展叶盛期，开花期在4月上、中旬开始。温度（包括地面温度）与花期均呈负相关（表2），且同花期相关性最显著的为1月中旬气温、2月中旬气温和1月—2月日最高气温平均，温度越高花期越提前。

2.2.2　积温的影响

不光一定的温度条件影响植物生长发育，其生活周期同时还需要一定的积温才能完成，活动积温与物候期持续的时期有显著的相关性。经过分析得到1月—2月积温与花蕾出现期和开花始期的相关性分别为-0.620^{**}和-0.649^{**}，通过显著性水平检验。

2.2.3　光照的影响

阳光对植物生长具有调节的作用，柠檬花期的不同生长发育阶段，对光的需求也不同。通过对柠檬花蕾期分别同逐旬、逐月的日照时数进行相关性分析，可知柠檬花蕾期与2月中旬日照时数的相关系数为-0.524^{*}（表2），为显著负相关。

2.2.4　降水的影响

树木生长的不同时期对水分的需求量是不同的，通过对柠檬花蕾期和开花始花期与逐旬、月降水量的相关性分析，发现相关系数基本为正相关，降水量增多，将会使花期推迟，但绝大部分时段降水量对花期影响不显著，说明柠檬花期对水分的要求不很严格。柠檬具较强的抗旱能力，但长期缺水，过于干旱，也会严重影响果实发育，导致果个小，品质差，落果重，产量低。

表2　安岳柠檬花期与气象因子的 Peason 相关系数及显著性检验

Tab.2 Correlation coefficient and significance test of Peason between flowering date and meteorological factors of Anyue Lemon

气象因子	花蕾出现期		开花始期	
	Psason值	P值	Psason值	P值
1月—3月积温	$-.647^{**}$	0.003	$-.662^{**}$	0.002
1月—2月积温	$-.620^{**}$	0.005	$-.649^{**}$	0.003
1月积温	$-.545^{*}$	0.016	$-.548^{*}$	0.015
2月积温	$-.463^{*}$	0.046	$-.504^{*}$	0.028
1月中旬气温	$-.519^{*}$	0.023	$-.467^{*}$	0.044
2月中旬气温	$-.577^{**}$	0.01	$-.512^{*}$	0.025
1月日最高气温平均	$-.615^{**}$	0.005	$-.570^{*}$	0.011
2月日最高气温平均	$-.534^{*}$	0.019	$-.487^{*}$	0.035
1月中旬日最高气温平均	$-.641^{**}$	0.003	$-.481^{*}$	0.037
2月中旬最高气温平均	$-.658^{**}$	0.002	$-.497^{*}$	0.03
1月地面平均气温	$-.611^{**}$	0.005	$-.523^{*}$	0.022
2月地面平均气温	$-.471^{*}$	0.042	$-.511^{*}$	0.025
2月中旬地面平均气温	$-.662^{**}$	0.002	$-.543^{*}$	0.016
2月中旬地面极端最高温	$-.692^{**}$	0.001	$-.548^{*}$	0.015
2月中旬地面极端最高温平均	$-.707^{**}$	0.001	$-.478^{*}$	0.039
1月地面气温积温	$-.615^{**}$	0.005	$-.522^{*}$	0.022
2月地面气温积温	$-.488^{*}$	0.034	$-.506^{*}$	0.027
1月—2月地面气温积温	$-.684^{**}$	0.001	$-.650^{**}$	0.003
2月平均降水	0.44	0.059	0.169	0.49
2月中旬降水	0.565^{*}	0.012	0.312	0.193
2月中旬日照	$-.524^{*}$	0.021	−0.377	0.112

2.3　预报模型的构建

（1）结合2.1和2.2的分析，将1月—3月上旬的气象因子引入花蕾出现期预报模型 ，将1月—3月中旬的气象因子引入开花始期预报模型 。

（2）利用SPSS软件对气象因子进行逐步回归分析，则得到花蕾出现期预报方程，见公式（1）。

$$y = -0.685x_1 - 0.143x_2 + 1.946x_3 + 140.711. \quad (1)$$

式中：y为花蕾出现期序列；x_1、x_2、x_3分别为2月中旬平均地面极端最高气温、1月地面平均气温、1月极端最低气温。方程的R=0.877，R^2=0.769，说明因变量y可以由自变量x_i释解76.9%的差异性。

开花始期预报方程，见公式（2）。

$$y = 1.116x_1 - 1.738x_2 - 0.446x_3 + 0.185x_4 - 1.102x_5 + 136.566. \quad (2)$$

式中:y为花蕾出现期序列;x_1、x_2、x_3、x_4、x_5分别为2月地面极端最低气温、1月极端最高气温、1月上旬日照、1月下旬日照、2月中旬平均最低气温。方程的R=0.951,R^2=0.904,说明因变量y可以由自变量x_i解释90.4%的差异性。

从回归系数的显著性水平来看,建立的线性模型是可行的;878.016、504.049分别为花蕾出现期和开花始期的拟合回归方程方差平方和,16.623、24.434分别为F统计量的观测值,均是远小于0.01的显著性概率,说明两个变量之间的线性关系很显著。

2.4　检验预报模型

将2003年—2021年的气象因子代入上述2个预报方程,对柠檬花期进行回测,结果见表3所示。预报值与花蕾出现期实测值平均绝对值误差为0 d,最大误差为9 d,有6年没有误差,有3年有1 d误差,有0年有2 d误差,有3年前后相差3 d,有7年误差在3 d以上的;预报值与开花始期的实测值平均绝对值误差为4 d,最大误差为3 d,有4年没有误差,有6年有1 d误差,有7年有2 d误差,有2年前后相差3 d,没有误差在3 d以上的。将模拟预测的时间序列与实际开花期的观测时间序列进行分析,如果认为预测准确,则两者之间的绝对差≤3 d,否则两者之间的绝对差＞3 d,认为预测错误;63%和100%分别为所建立的花蕾出现期和开花始期预测模型的准确率。花蕾出现期预测时间错误的7年中偏早有4年,偏晚有3年;开花始期无预测错误。从模型预测来看花蕾出现期的准确率稍差,开花始期的准确率较好。为了进一步验证模型的准确度,利用上述预报模型对2022年柠檬花蕾出现期和开花始期进行预报,测算2022年花蕾出现期为3月29日,跟实际观测开花期(3月28日)偏晚1 d,开花始期为4月8日,较实际观测开花期(4月9日)偏早1 d,预测结果比较准确。

3　结论与讨论

(1)气温(包括地面温度、积温)是影响柠檬花期最显著的气象因子,其次是日照时数,花期与气温和日照时数均表现出一致的负相关;降水量对花期基本无影响。

(2)利用逐步回归法构建的回归模型,对2003年—2021年柠檬花期进行预测拟合,通过回代检验花蕾出现期、开花始期的预测拟合相关系数分别为0.877和0.951,拟合效果较好。利用2022年数据进行预报检验,有较强的可用性。

(3)影响柠檬花期的因素众多,只考虑了气象因素,有一定的局限性;另外,安岳县东西宽77.45 km,南北长70.86 km,县域平面图形似菱形,地形差异大,柠檬种植区域分布广,柠檬种植的实际情况不能完全被本研究使用的气象资料代表,仅具有较好的参考性。同时,由于物候观测记录时间仅19 a,对模型的适用性,还需今后进一步完善,以期建立更完善的安岳柠檬花期预报模型。

表3　安岳柠檬花期预报模型检验

Tab.3 Test of Anyue Lemon flowering forecasting model

年份年	花蕾出现期			开花始期		
	实际日期 月/日	预报日期 月/日	差值 d	实际日期 月/日	预报日期 月/日	差值 d
2003	3/31	4/1	1	4/7	4/8	1
2004	4/2	3/29	−4	4/7	4/8	1
2005	4/3	4/3	0	4/9	4/10	1
2006	4/1	4/4	3	4/6	4/8	2
2007	3/30	3/30	0	4/5	4/8	3
2008	4/6	4/13	7	4/11	4/11	0
2009	3/31	3/31	0	4/7	4/5	−2
2010	4/7	4/2	−5	4/10	4/12	2
2011	4/18	4/15	−3	4/25	4/25	0
2012	4/16	4/13	−3	4/21	4/20	−1
2013	4/3	3/30	−4	4/10	4/8	−2
2014	4/10	4/5	−5	4/16	4/13	−3
2015	3/27	3/27	0	4/5	4/4	−1
2016	3/28	3/29	−1	4/15	4/15	0
2017	3/24	3/24	0	4/13	4/15	2
2018	3/25	3/24	−1	4/10	4/8	−2
2019	3//26	4/4	9	4/7	4/9	2
2020	3/17	3/23	6	4/9	4/9	0
2021	3/25	3/25	0	4/6	4/7	1

参考文献

[1] 徐雅静,李红敏,刘志芳,等.兴隆山楂始花期预报模型的构建[J].农业开发与装备,2019(9):51-52.

[2] 藏曦.芮城县苹果花期预报模型研究[J].现代农业科技,2018(15):94-96+101.

[3] 区胜祥,宋国雄.果树生物学零度和花期预报的研究[J].果树科学,1987(2):1-6.

[4] 金美玉,赵晶,付强.龙井市苹果梨始花期预报模型研究[J].安徽农业科学,2017(25):189-192.

[5] 郭连云,赵年武.贵德县梨树始花期与气象因子的相关分析及预报模型[J].中国农学通报,2016(7):147-151.