

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.

文章编号:1006-4354(2018)03-0033-04

烟台市红富士苹果始花期预报模型研究

丁锡强¹,王冰²,姜茹茵³,伯玥³,张瑜洁²

(1. 招远市气象局,山东招远 265400;2. 烟台市气象局,山东烟台 264003;

3. 烟台开发区气象局,山东烟台 265501)

摘要:利用烟台地区苹果产区 1994—2016 年共 23 a 的气象资料与红富士苹果始花期观测资料,根据气象因素对苹果发育期影响的物候学原理,选取与始花期相关的多个气象因子,建立基于气象因子的苹果始花期预测模型。利用数据回代验证及 2017 年的资料预测验证,模型计算结果与实况吻合度较高,能够较好地反映始花期的实际情况,可以应用于实际业务中。

关键词:烟台;红富士;始花期;预测模型

中图分类号:S165.25

文献标识码:A

烟台苹果是山东名优特产,以风味香甜、酥脆多汁享誉海内外。2016 年,烟台地区红富士苹果栽培面积达到 $1.88 \times 10^5 \text{ hm}^2$,产量 4 637 kt。在苹果生产中,霜冻是危害苹果生长发育和果实品

质的重要气象灾害之一。烟台地区苹果花期遭遇晚霜冻的频率较高,历史记录上出现最晚的春季霜冻在 5 月 14 日^[1]。2002、2004 年,在苹果开花期和座果期出现严重的霜冻,导致烟台果农损失

收稿日期:2017-12-15

作者简介:丁锡强(1973—),男,山东潍坊人,学士,高工,主要从事农业气象工作。

基金项目:烟台市气象局 2017 年自立课题(ytqx2017001)

受暴雨灾害影响,且主要表现为轻度灾害,而连阴雨灾害不易出现。

(5)陇县自然降水存在年际周期振荡和阶段性多尺度振荡特征,且烟草易受暴雨及连阴雨灾害影响。可见,利用降水数据提取中长期降水预测信号,或从天气尺度系统演变精准预测暴雨及连阴雨灾害,可能是科学提供烟草气象服务的一种新方法。

参考文献:

- [1] 张振平. 适宜烤烟区划理论与实践[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2007.
- [2] 李新,孔银亮,李俊营,等. 平顶山市烟草移栽与气候条件分析[J]. 气象与环境科学,2009,32(s1):162-164.
- [3] 扈英磊,常保强,严玉彬,等. 气候条件对烟草生长

- 的影响分析[J]. 现代农业科技,2009(4):204-204.
- [4] 周翔,梁洪波,董建新,等. 山东烟区降水对烟叶主要化学成分的影响[J]. 中国烟草科学,2008,29(2):37-41.
- [5] 周翔,董建新,张教侠,等. 降水与烤烟感官评吸质量的关系[J]. 中国烟草科学,2009,30(2):53-56.
- [6] 刘洋,陈庆园,姜于兰,等. 兴义市降雨量变化对烟草生长及病害发生的影响[J]. 贵州农业科学,2012,40(6):93-95.
- [7] 林勇,徐茜,陈志厚,等. 烤烟青枯病田间发生动态及其与气象因素的相关性[J]. 中国烟草科学,2016,37(3):57-61.
- [8] 操筠. 恩施烟草与气象条件的关系及气象灾害风险评估[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
- [9] 胡雪琼,朱勇,张茂松,等. 云南省烤烟农业气象灾害监测指标的研究[J]. 中国农业大学学报,2009,14(1):90-94.

超过十亿元。因此,减少霜冻危害成为保障果品生产的重要工作。如果能够准确地预测始花期,则可结合中长期天气预报,作好始花期前后一段时间的低温霜冻防范工作。在预测有强降温或霜冻天气出现时,提前利用物理或化学方法采取防御和调控措施,减轻低温霜冻危害,对保障苹果生产具有积极的意义^[2]。

物候现象是生物节律与环境条件的综合反映。从气象条件来说,他不仅反映了当时的天气条件,而且反映了过去一段时间气象条件影响的积累情况^[3]。始花期预测,正是基于这一理论而开展的研究。始花期的早晚便是过去一段时间的综合气象条件累积对果树产生的影响。在花期预报模型建立方面,有许多成功的经验。李美荣等利用多元线性回归方法建立了陕西果区苹果始花期预测模型,研究指出苹果花期与前期温度、光照条件均密切相关^[2]。柏秦凤等用以温度类为主的气象因子对苹果花期进行回归分析并建立预测模型^[4]。蒲金涌研究了气候变暖对苹果物候期及生长的影响^[5]。顾品强等利用数理统计方法,建立了黄桃始花期和成熟期统计预报模型^[6]。张菲等利用地温构建菏泽牡丹花期预测模型^[7]。张倩利用逐步回归方法建立了库尔勒香梨始花期预测模型,表明香梨始花期日序数与地温呈负相关,即地温高,开花早,地温低,则开花迟^[8]。而烟台作为苹果种植大市,苹果始花期模型研究方面尚处于空白。

1 资料来源和方法

1.1 资料来源

福山国家基本气象观测站从1994年起,对苹果生长发育进行物候观测,物候观测资料和气象观测资料均来自该观测站。

1.2 资料的选取

始花期预测模型的建立,一般从始花期前的旬、月气象资料中选出与始花期相关的数据,通过逐步回归等计算方法建立模型。在资料的选取上,选用了常用的旬、月等基本气象资料,苹果各发育期的气象资料,地温资料等。通过试验,使用了极端最高(低)气温稳定通过某界限温度的初日

作为因子,建模效果较好。

1.2.1 基本气象资料 包括上年度开花后到本年度开花前各月和各旬的平均气温、降水量、日照时数、气温日较差、平均最高气温、平均最低气温、降水日数、平均相对湿度等;从上年5月起各月到当年3月的平均气温。为便于表述,因旬、月数据的统计时间是固定不变的,将这种因子简称为固定时间段因子。

1.2.2 各发育期期间的气象资料 包括果树各主要发育期的平均气温、降水量、日照时数;越冬期间的负积温;当年1—3月平均气温稳定通过0、5、7℃的初日;1月1日到3月中旬(3月下旬、4月上旬)≥5℃的积温、活动积温、有效积温;1月1日到稳定通过7℃期间的≥5℃的积温等。为便于表述,将资料的统计时间随气象因子的变化而变化,每年时间段不固定的因子,简称为动态因子。

1.2.3 地温数据 参考其他始花期预报研究^[7-9],加入了10 cm、15 cm和20 cm地温稳定通过3~10℃的初日;1—3月各月10 cm和20 cm平均地温等。

1.2.4 试验数据 极端最高气温稳定通过5~10℃的初日;极端最低气温稳定通过0~5℃的初日。统计方法参照了日平均气温稳定通过某界限温度初日的算法^[10]。

1.3 模型建立方法

利用SPSS软件进行相关性分析,找出与始花期具有相关性的气象因子进行多元线性回归,得到回归方程。统计中,设定置信区间为95%, $F=0.05$ 的因子引入, $F=0.10$ 的因子剔除。

为便于模型的建立,始花期和资料中的时间因子,均转换为距离1月1日的实际日数^[11]。为保证预报提前量,固定时间段因子选取距离始花期超过1旬的时间,动态因子选用距离各年度始花期均有一定时间间隔的因子。

2 模型的建立和检验

使用1994—2016年物候观测资料和气象观测资料作为基本资料,找出与始花期具有相关性的气象因子,利用多元线性回归方法建立方程,作

为始花期预报模型,并用 1994—2016 年的资料进行回代和 2017 年资料进行预报来检验方程的可用性,用计算值与实际值的差值的绝对值来检验预报结果是否正确,绝对值 ≤ 2 d 为正确;3 d \leq 绝对值 ≤ 4 d 为基本正确;绝对值 ≥ 5 d 为不正确。

对 1994—2016 年共 23 a 的始花期资料进行统计,始花期的平均日期为 4 月 22 日,最早为 4 月 3 日(2002 年),最晚为 5 月 5 日(2010 年),相差 32 d。开花时间大多集中在 4 月中旬和下旬,达 21 a,占总数的 91.3%。除个别年份外,绝大部分始花期集中在 4 月 14—30 日的近半个月时间内。

2.1 模型 1

由于始花期最早出现在 4 月 3 日,因此固定时间段因子的截止时间定为 3 月中旬。建立模型过程中,选取 R^2 较大的方程作为最终结果。建模中发现,软件默认以相关性最高的因子为首选因子建立模型,而这样建立的模型的 R^2 并不一定为最大,因此需要尝试剔除某些因子,以求得较大的 R^2 值。经过计算,得出模型 1,模型校正后的 R^2 为 0.922。

$$Y = 63.607 + 0.451X_{11} + 0.344X_{12} - 1.251X_{13} + 4.175X_{14} - 1.293X_{15} - 1.615X_{16} \quad (1)$$

Y 为以日序数表示的始花期; X_{11} 为 10 cm 地温稳定通过 7 °C 的初日; X_{12} 为气温稳定通过 7 °C 的初日; X_{13} 为 2 月上旬平均最高气温; X_{14} 为 12—2 月平均气温; X_{15} 为 2 月中旬平均最低气温; X_{16} 为上年 5 月中旬旬气温日较差。

利用 1994—2016 年的资料,回代入模型 1,计算结果与实况符合程度较好。计算值与实际值相差 ≤ 2 d 的有 17 a,占 73.9%;相差 3~4 d 的有 6 a,占 26.1%;没有超过 5 d 的情况。利用 2017 年数据代入模型 1,预测值与实际值相差 2 d。

模型 1 中涉及到 10 cm 地温稳定通过 7 °C 的初日、气温稳定通过 7 °C 的初日。将这两个因子与始花期相比, X_{11} 提前量达到 27 d 以上, X_{12} 提前量除了 1 年为 9 d,其余年份均超过 14 d 以上,符合预报要求。

2.2 模型 2

除 2002 年外,其他年份的始花期均出现在 4 月中旬及以后,模型 1 为保证预报提前量,固定时间段资料没有使用 3 月下旬的数据。而越接近真实花期,积温等气象因子与始花期的相关性越高。因此,在预测 4 月上旬初期不开花的情况下,引入 3 月下旬的资料重新建立模型,将其作为订正模型具有实际意义。

模型建立中发现,由于气象资料中旬数据的年际变化较大,导致始花期预测数据不稳定。分析原因,是因为果树每年的发育期出现时间不同且年际差别较大,较短的同一时间段并不一定对应相同的发育期,也就是说,对同一发育期产生明显影响的气象因子,并不会固定地出现在较短的同一时期内。因此,在建立模型 2 时,人工剔除旬数据因子,减少方程的不稳定性。经过计算,得出模型 2,模型校正后的 R^2 为 0.945。

$$Y = 41.190 - 0.087X_{21} - 4.049X_{22} + 0.596X_{23} + 0.506X_{24} + 5.293X_{25} + 0.333X_{26} - 0.239X_{27} \quad (2)$$

X_{21} 为 1 月 1 日到 3 月下旬 ≥ 5 °C 的有效积温; X_{22} 为 2—3 月平均气温; X_{23} 为 3 月平均相对湿度; X_{24} 为极端最低气温稳定通过 3 °C 的初日; X_{25} 为 3 月平均最低气温; X_{26} 为极端最低气温稳定通过 0 °C 的初日; X_{27} 为 20 cm 地温稳定通过 10 °C 的初日。

利用 1994—2016 年的资料回代入模型 2,计算结果与实况符合程度较好。计算值与实际值相差 ≤ 2 d 的有 22 a,占 95.7%;相差 3~4 d 的有 1 a,占 4.3%;没有超过 5 d 的差值。用 2017 年数据代入模型 2,预测值与实际值相同。

模型 2 中,分别将 X_{24} 、 X_{26} 、 X_{27} 三个因子与始花期进行比较,除了 2015 年的 X_{24} 和 2002 年的 X_{27} 与始花期相差 9 d 外,其余年份均超过 11 d,时间提前量符合预报要求。

与模型 1 相比较,模型 2 的因子时间更接近始花期,其校正后的 R^2 比模型 1 的大,数据回代和预测结果也好于模型 1。这也说明了距离始花期越近的气象因素,对始花期的影响越大。

2.3 模型 3

在分析资料与始花期的相关性时发现,苹果的叶芽开放期与始花期显著相关,相关系数达 0.908。引入叶芽开放期,在模型 2 的基础上重新建立模型,可以适用于有苹果物候观测的台站,该模型校正后的 R^2 为 0.977。具体模型为

$$Y = -13.055 + 0.707X_{31} + 0.414X_{32} + 0.201X_{33} + 0.256X_{34} - 0.193X_{35} + 1.347X_{36} \quad (3)$$

其中, X_{31} 为叶芽开放期; X_{32} 为 15 cm 地温稳定通过 7 °C 的初日; X_{33} 为极端最低气温稳定通过 3 °C 的初日; X_{34} 为 3 月平均相对湿度; X_{35} 为 20 cm 地温稳定通过 7 °C 的初日; X_{36} 为上年度 9 月到当年 3 月月平均气温的平均值。

利用 1994—2016 年的资料回代入模型 3, 计算结果与实况符合程度较高, 计算值与实际始花期差值全部少于 2 d。用 2017 年数据检验, 预测值与实际值相差 2 d。

模型 3 中, X_{31} 、 X_{32} 、 X_{33} 、 X_{35} 这 4 个因子与始花期进行比较, 提前时间分别为: 12~21 d、26~45 d、9~30 d、25~48 d, 时间提前量符合要求。

3 结论和讨论

(1) 对模型验证时发现, 使用较短的固定时间段因子建立的模型, 预测效果偏差。分析认为, 导致这一问题的原因是较短的固定时间段与物候期对应性偏差。因此, 在建立模型时, 建议选取较长时间段的因子或动态因子, 模拟结果具有较好的稳定性。

(2) 模型 2 和模型 3 均使用了极端最低气温稳定通过某界限温度的初日。该因子与始花期显著相关, 但不属于常规的气象资料统计范畴, 首次应用到始花期模型的建立, 其有效性需进一步验证。

(3) 建立模型 2 和模型 3 时, 人工剔除了旬数据, 这一作法的合理性需进一步探讨。

(4) 叶芽开放期与始花期存在高度相关性, 且

提前量超过 12 d, 大部分提前时间在 14~21 d 之间, 用叶芽开放期作为因子建立的模型, 回代检验拟合程度最高, 开展果树物候观测的台站可优先选用模型 3。

(5) 不仅气象因素会影响物候期, 田间管理等人为因素也会对物候期产生影响, 如花前灌溉, 会降低地温, 造成始花期延迟。因此, 需根据实际情况对模型预测值进行人工订正。

参考文献:

- [1] 张振英, 孙燕霞, 宋来庆, 等. 烟台地区苹果花期霜冻害发生规律研究[J]. 山东农业科学, 2013, 45(10):108-110.
- [2] 李美荣, 杜继稳, 李星敏, 等. 陕西果区苹果始花期预测模型[J]. 中国农业气象, 2009, 30(3):417-420.
- [3] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京:气象出版社, 1993:133.
- [4] 柏秦凤, 王景红, 屈振江, 等. 陕西苹果花期预测模型研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(19):164-169.
- [5] 蒲金涌, 姚小英, 姚晓红. 气候变暖对甘肃黄土高原苹果物候期及生长的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2):181-183.
- [6] 顾品强, 姚瑶. 黄桃始花期和成熟期统计预报模型研究[J]. 上海农业学报, 2013, 29(3):54-58.
- [7] 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.
- [8] 张倩, 李新建, 吉春容, 等. 基于逐步回归的库尔勒香梨始花期预测模型[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(2):43-46.
- [9] 李晓川, 陶辉, 张仕明, 等. 气候变化对库尔勒香梨始花期的影响及其预测模型[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1):119-123
- [10] 欧阳海, 郑步忠, 王雪娥, 等. 农业气候学[M]. 北京:气象出版社, 1990:69-71.
- [11] 竺可桢, 宛敏渭. 物候学[M]. 增订版. 北京:科学出版社, 1980:50-59.