

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.05.006

# 特早种茶叶开采期预报模型的建立与误差分析

武强<sup>1</sup>, 王旭<sup>2</sup>, 方丽<sup>3</sup>, 江姣<sup>3</sup>,  
孙恩虹<sup>4</sup>, 韩旭<sup>4</sup>, 陈思英<sup>5</sup>

1. 重庆市气象科学研究所, 重庆 401147; 2. 重庆市巴南区气象局, 重庆 401320;
3. 重庆市长寿区气象局, 重庆 长寿 401220; 4. 重庆市江津现代农业气象试验站, 重庆 江津 402260;
5. 安徽省科技研究开发中心, 合肥 230088

**摘要:** 以特早种茶叶品种“巴渝特早”为研究对象, 应用阶段积温预报法、逐步回归预报法、集成预报法分别建立开采期气象预报模型, 比较不同预报方法的预报性能。结果表明: 阶段积温预报法对于“巴渝特早”开采期的预测偏差较大, 预测值与观测值的剩余均方差为 5.225, 拟合优度为 0.539; 逐步回归预报法相较于阶段积温预报法预测结果的准确性明显提升, 预测值与观测值的剩余均方差为 2.826, 拟合优度为 0.749; 集成预报模型综合考虑了积温条件以及影响春茶开采的关键时段的关键气象因子, 优化单一预报方法的不稳定性, 预测值与观测值的剩余均方差为 2.729, 拟合优度 0.765, 可以应用于特早种茶叶开采期气象预报服务。

**关键词:** “巴渝特早”; 开采期; 预报模型; 误差分析

中图分类号: S571.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2022)05-0050-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Construction and Verification of Picking Date Prediction Model for Extremely Early Budding Tea Based on Meteorological Conditions

WU Qiang<sup>1</sup>, WANG Xu<sup>2</sup>, FANG Li<sup>3</sup>, JIANG Jiao<sup>3</sup>,  
SUN Enhong<sup>4</sup>, HAN Xu<sup>4</sup>, CHEN Siying<sup>5</sup>

1. Chongqing Institute of Meteorological Sciences, Chongqing 401147, China;
2. Banan Meteorological Bureau, Chongqing 401320, China;
3. Changshou Meteorological Bureau, Changshou Chongqing 401220, China;
4. Jiangjin Modern Agrometeorology Experimental Station, Jiangjin Chongqing 402260, China;
5. Anhui Science and Technology Research and Development Center, Hefei 230088, China

**Abstract:** Early picking is the characteristics of extremely early budding tea. The meteorological factors affecting its picking date are different from conventional varieties. Prediction of picking date for extremely

收稿日期: 2020-09-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2013CB430205); 重庆市气象部门业务技术攻关项目(YWJSGG-201905, YWJSGG-201906); 重庆市气象部门智慧气象技术创新团队项目(ZHCXTD-202016)。

作者简介: 武强, 硕士, 工程师, 主要从事农田小气候和气象仪器研究。

通信作者: 陈思英, 研究员。

early budding tea is important for economic benefits of spring tea and study of the mechanism of climate influence on tea picking date. In this study, Bayu Tezao, the extremely early budding tea was taken as the research object. The picking date prediction models of extremely early budding tea were established by using the method of stage accumulated temperature, stepwise regression of meteorological factors and ensemble forecast, respectively. The results showed that the deviation of stage accumulated temperature prediction method was within 5 days. Its residual mean square variation and determination coefficient of linear equation between the predicted value and the observed value was 5.225 and 0.539, respectively. The deviation of stepwise regression prediction method was within 3.5 days. Its residual mean square variation and determination coefficient of linear equation between the predicted value and the observed value was 2.826 and 0.749, respectively. The ensemble forecast prediction method had the best prediction accuracy, the predicted deviation within 3.4 days. Its residual mean square variation and determination coefficient of linear equation between the predicted value and the observed value was 2.729 and 0.765, respectively. The ensemble forecasting method can be used for forecasting the picking date of extremely early budding tea.

**Key words:** Bayu Tezao tea; picking date; prediction model; error analysis

茶树是典型的亚热带常绿植物,具有喜温、喜湿,且耐阴、喜散射光的生长特性.气象因子是决定茶树的物候期、鲜叶适采期的重要因素<sup>[1-2]</sup>,同时影响着茶叶品质形成的生理生化过程.在茶叶生产中,对茶叶物候期尤其是开采期的准确预判具有重要的意义,新梢嫩芽若不及时采摘,会叶片老化,品质下降,适制性范围变小,严重影响成茶经济效益.

作物物候期的气象预测方法中,基于阶段积温学说的积温预报法应用十分广泛,即作物发育主要是受温度的影响,完成某一发育阶段所需的积温基本一定<sup>[3]</sup>.基于不同下限温度的活动积温和有效积温在阶段积温与作物物候期的相关关系研究中<sup>[4]</sup>,以及作物模型如林果类花期、成熟期的物候期预报<sup>[5-6]</sup>中有广泛的应用.逐步回归统计法通过分析天气气候条件与作物生育期相关关系,筛选关键气象因子,建立预测模型,实现作物物候期预测<sup>[7-8]</sup>,在观赏类植物的花期气象预报中得到应用,进而为旅游景区的打造和规划提供参考依据<sup>[9-10]</sup>.集成预报法对多种预报方法预测结论进行综合集成,构建新的预报模型,可以优化单一预报方法预报结果不稳定的问题,达到提高预测准确率的目的.该建模思想在天气模式、环境气象以及农业气象研究中均有应用,并取得较好的预报效果<sup>[11-13]</sup>.

对于茶叶开采期的预测研究,孙秀邦等<sup>[14]</sup>基于积温法对安徽泾县春茶开采期进行预测,朱兰娟等<sup>[15]</sup>研究了西湖龙井开采期的影响因子与预报方法,较为准确地对西湖龙井开采期进行了预报.特早种茶树春茶开采期较常规品系明显偏早,因而开采期对气象条件的需求与常规品系也有一定的差异.本研究以特早种茶树品种“巴渝特早”为研究对象,以开采期关键气象影响因子以及预测方法研究为切入点,应用阶段积温预报法、逐步回归预报法、集成预报法分别建立“巴渝特早”开采期气象预报模型,比较不同预报方法对“巴渝特早”开采期的预报效果,旨在为特早种茶树的开采期预报和关于春茶开采的农业管理决策提供依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域及品种

本研究区域为“巴渝特早”品系比较试验所在地重庆市巴南区二圣镇白象山(29°30'N, 106°42'E, 海拔400~700 m),气候条件优越,年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温为5 600  $^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ 左右,茶树生长期中常年无冻害发生,且春季气温回暖早,土壤水分适宜,空气湿度大,气候条件适宜茶树生长.

研究品种为“巴渝特早”,鉴定编号为国品鉴茶2014001<sup>[16-17]</sup>,具有开采期特早的优点.巴南白象山种植区的多年观测资料显示,开采期在每年3月上旬至中旬.

### 1.2 资料来源及处理

茶叶开采期观测资料(2009—2020年)来自于重庆茶叶集团有限公司.将春茶开采日期转换为年日序

值,即 1 月 1 日记为日序 1,1 月 2 日记为日序 2,以此类推。

气象资料来源于巴南区国家基本气象站、区域自动气象站的逐日气象数据,包括:平均气温、极端最高气温、极端最低气温、降雨量、日照时数、空气相对湿度、最小空气相对湿度。资料年限结合开采期观测资料,选用时段为 2009 年 1 月—2020 年 4 月。将茶叶开采期观测资料与气象资料按年限分为两类数据样本集,2009—2018 年为校正样本,用于建立茶叶开采期预报模型;2019—2020 年为验证样本,用于验证所建立茶叶开采期预报模型的预报效果。

### 1.3 预报方法

**阶段积温预报法:**计算历年春茶开采期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温以及不同下限温度的活动积温、有效积温,比较得出变异系数最小的积温类型,计算多年平均值作为预报标准。待预测年份从当年 1 月 1 日,即日序 1 开始统计,结合前期气象条件以及后期温度预报,以达到积温预报标准的日序作为茶叶预测开采期。

**逐步回归预报法:**通过相关分析法分别计算开采期前各类气象因子与开采期年日序相关系数,筛选出相关系数在 0.05 水平有统计学意义的气象因子作为预报初选气象因子。将初选气象因子与开采期年日序通过逐步回归构建开采期气象预报模型,在有统计学意义的所有预报方案中,选择预报效果最优的作为茶叶开采期预报模型。利用自变量气象因子计算得到茶叶预测开采期。

**集成预报法:**对阶段积温预报法与逐步回归预报法得到的日序值通过多元线性回归得到集成预报模型。通过利用阶段积温预报法和逐步回归预报法得到待预测年份日序值,代入集成预报模型获得最终的茶叶预测开采期。

## 2 结果与分析

### 2.1 “巴渝特早”开采期气象条件分析

#### 2.1.1 热量条件

“巴渝特早”属于特早种茶树品种,在茶树遗传特性基础上,热量、水分、光照等气象条件共同决定了茶芽春季萌动的日期,其中,热量条件是茶芽萌动的主要因素。一般认为茶树春季生长温度为日平均气温稳定通过 $10^{\circ}\text{C}$ ,新梢开始缓慢生长,随着活动积温的增加,春季第一片新叶展开,进入春茶开采期<sup>[18]</sup>。

下限温度指标是积温计算过程中的必要要素,且会随作物品种和生育期不同而不同,相同下限温度以活动积温和有效积温进行作物生育期的积温统计,或者使用单一积温统计方法而选取不同下限温度得到积温统计值<sup>[19-20]</sup>。为明确“巴渝特早”春梢生长的热量需求,结合 2009—2018 年“巴渝特早”开采期,除统计当年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温以外,分别设定 5, 6, 7, 8, 9, 10 $^{\circ}\text{C}$ 的不同下限温度,进行阶段活动积温和有效积温的统计,筛选确定“巴渝特早”芽叶生长的下限温度<sup>[18]</sup>。此外,将采摘期前一段时间的平均气温作为热量条件研究的指标,设置“巴渝特早”开采前 15, 10, 5 d 的平均气温。

统计并计算各热量条件指标的多年平均值以及变异系数。经计算,2009—2018 年,“巴渝特早”开采期前平均气温作为热量条件指标,以开采期前 15 d 平均气温变异系数较小,为 0.138;有效积温与活动积温中,以 $5^{\circ}\text{C}$ 为下限温度的活动积温变异系数最小,为 0.125; $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温平均值为 $564.4^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,变异系数为 0.098,是所有热量条件指标中最小变异系数。随着不同年份间的差异,开采期前 15 d 平均气温年

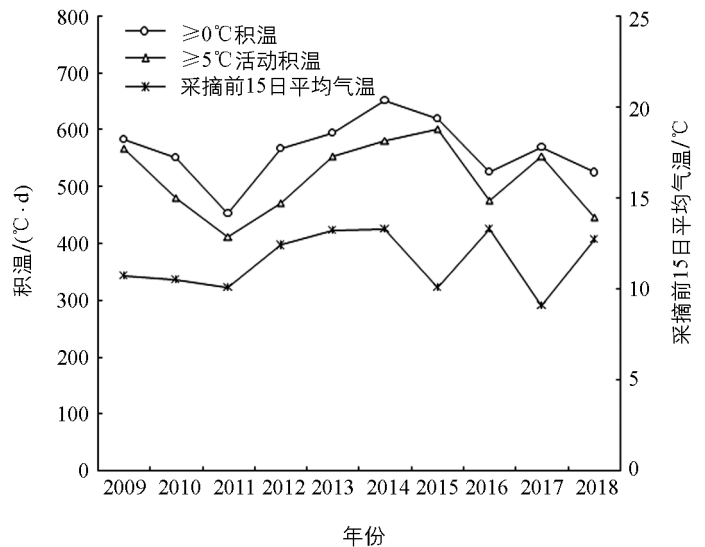


图 1 “巴渝特早”开采期热量条件

际差异在 5℃左右,  $\geq 0$ ℃积温、 $\geq 5$ ℃活动积温总体变化较为平稳,个别年份(2011,2016,2018年)较多年平均值偏低 50~100℃·d(图 1)。2015—2017年,开采期前 15 d 的平均气温变化与积温变化呈现相反的趋势,2015年和 2017年积温值较高,但开采期前 15 d 气温明显偏低,主要是因为当年气温条件整体较好,前期积温值偏高,茶芽达到萌发的热量要求,但是在开采期前出现一段降温过程,导致开采期前 15 d 气温平均值偏低,但积温总量已经满足茶树芽叶生长需求,达到开采标准。2016年的情况与之相反,当年气温总体偏低,积温条件偏差,但是在开采期前遇升温过程,导致开采期前 15 d 平均气温偏高。

### 2.1.2 影响气象因子

因“巴渝特早”开采期一般在 3 月上旬至中旬,故选取 2009—2018 年 1—3 月各月、旬的平均气温、平均日最高气温、平均日最低气温、平均空气相对湿度、平均日最低空气相对湿度、总降水量、总日照时数,分别与开采期日序进行相关分析,筛选出在 0.01 水平有统计学意义的气象因子作为初选因子。影响“巴渝特早”开采期的气象因子主要集中于 2 月份,温度与开采期日序的相关性高于空气相对湿度和降水,日照时数与开采期日序无统计学意义(表 1)。白象山茶叶产区常年 2—5 月气温资料显示,进入 2 月中旬以后,日平均气温在 8℃左右,与多年观测到的独芽开采期日平均气温一致,但是早春气温回升以及年际差异波动较大。进入 3 月上旬,日平均气温升高到 10℃以上,此时气温一般较为稳定,新梢开始缓慢生长,随着活动积温的增加,春季第一片新叶展开,进入春茶采摘期。统计历年 2—5 月 0~50 cm 土层平均土壤相对含水量以及空气相对湿度,发现白象山茶叶产区水分条件较为稳定,且满足茶叶生长的水分需求,不构成春茶开采限制因素。而茶树原生环境为亚热带丛林,为高大乔木遮盖下的灌木群落,具有耐阴的生理特性,故光照条件对开采期影响并不显著。

表 1 与“巴渝特早”开采期日序显著相关的气象因子筛选结果

序号	初选因子	单位	相关系数
1	1 月总降水量	mm	0.534**
2	2 月总降水量	mm	0.545**
3	2 月平均气温	℃	0.765**
4	2 月平均日最高气温	℃	0.790**
5	2 月平均日最低气温	℃	0.712**
6	2 月平均空气相对湿度	%	0.679**
7	1 月上旬平均日最高气温	℃	0.612**
8	1 月下旬降水量	mm	0.605**
9	1 月下旬平均空气相对湿度	%	0.668**
10	1 月下旬平均日最低空气相对湿度	%	0.524**
11	2 月上旬总降水量	mm	0.594**
12	2 月中旬平均气温	℃	0.686**
13	2 月中旬平均日最高气温	℃	0.672**
14	2 月中旬平均日最低气温	℃	0.719**
15	2 月中旬平均空气相对湿度	%	0.524**
16	2 月下旬总降水量	mm	0.544**
17	2 月下旬平均气温	℃	0.615**
18	2 月下旬平均日最高气温	℃	0.626**
19	2 月下旬平均日最低气温	℃	0.540**

注: \*\* 表示在 0.01 水平上有统计学意义。

## 2.2 “巴渝特早”开采期预报模型的建立与验证

### 2.2.1 阶段积温预报法

统计 2009—2018 年春茶开采前各热量指标, 变异系数最小的因子为  $\geq 0$  °C 积温, 变异系数为 0.098. 多年平均值为 564.4 °C · d. 因此, 采用  $\geq 0$  °C 积温值作为“巴渝特早”开采期预报标准. 从 1 月 1 日开始将  $\geq 0$  °C 的日平均气温进行累加, 累加值达到 564.4 °C · d 的日期作为“巴渝特早”开采期.

以 2009—2018 年开采期日序作为校正数据集, 以 2019, 2020 年开采期日序作为验证数据集, 利用积温预报开采期, 验证样本预测值与调查值偏差均为 1 d, 预测效果较好, 但在校正样本中, 预测值与调查值普遍偏差为 5 d 以内, 个别年份偏差较大, 如 2011 年的预测结果比实际情况偏晚 14 d(表 2). 经调查, 2011 年 1 月气温持续偏低, 月平均气温 2.3 °C, 较常年同期偏低 4.1 °C, 2011 年 1 月积温 71.2 °C · d, 较其余年份 1 月积温平均值偏低了 127.5 °C · d, 此时茶芽尚在休眠期, 对芽体生长影响不大. 进入 2 月, 气温迅速升高, 茶芽生长较快, 进入开采期, 此时积温为 453.0 °C · d, 较历年开采期积温偏低了 111.4 °C · d, 可见 2011 年开采期积温偏低主要是 1 月的持续低温导致. 说明利用  $\geq 0$  °C 积温预报茶叶开采期, 可能受到冬季茶树休眠期的异常气温影响, 增加预测结果的不确定性. 因此, 虽然在验证样本中, 对“巴渝特早”开采期的预测偏差较小, 但是在未来茶树休眠期气温异常的年份, 预测结果仍可能出现较大偏差.

表 2 阶段积温预报结果与误差

数据集	年份	调查值	预测值	误差
校正样本	2009	64	62	-2
	2010	73	75	2
	2011	74	88	14
	2012	82	82	0
	2013	68	67	-1
	2014	80	75	-5
	2015	71	67	-4
	2016	67	71	4
	2017	69	69	0
	2018	71	74	3
验证样本	2019	71	72	1
	2020	66	67	1

### 2.2.2 逐步回归预报模型

以表 1 初选因子作为自变量, 开采期年日序作为因变量进行逐步回归, 建立预报模型, 预报模型在 0.05 水平有统计学意义. 分别采用 2 月、2 月中旬、2 月下旬的平均气温、平均日最高气温、平均日最低气温、平均空气相对湿度、平均日最低空气相对湿度、总降水量、总日照时数作为预报因子, 以 2009—2018 年开采期日序作为校正数据集, 以 2019, 2020 年开采期日序作为验证数据集, 建立逐步回归预报模型, 经比较分析预测效果, 筛选得到“巴渝特早”逐步回归开采期预报模型:

$$Y = 124.883 - 7.212X_1 + 11.223X_2 - 5.053X_3 - 0.544X_4$$

式中:  $X_1$  为 2 月中旬平均日最低气温;  $X_2$  为 2 月中旬平均气温;  $X_3$  为 2 月中旬平均日最高气温;  $X_4$  为 2 月平均空气相对湿度. 预报模型在 0.05 水平有统计学意义.

逐步回归预报模型在验证样本预测值与调查值时偏差分别为 1.9, 0.5 d, 预测效果较好, 在校正样本的预报偏差为 3.5 d 以内, 但个别年份偏差较大, 如 2016 年预报偏差偏晚 7 d(表 3). 调查显示, 2016 年 1 月中上旬气温较高且稳定, 平均值为 7.3 °C, 利于特早种茶树萌发, 在茶芽萌发以后, 2 月上旬升温较快, 到 2 月上旬末平均气温大于 10 °C, 气温升高促进新芽快速伸展, 故使得开采期整体提前, 以 2 月中旬气温为主要预报因子的预测结果出现一定偏差.



表 3 逐步回归模型预报结果与误差

数据集	年份	调查值	预测值	误差
校正样本	2009	64	63.2	-0.8
	2010	73	73.3	0.3
	2011	74	74.9	0.9
	2012	82	78.5	-3.5
	2013	68	70.1	2.1
	2014	80	78.3	-1.7
	2015	71	70.5	-0.5
	2016	67	74.0	7.0
	2017	69	67.1	-1.9
	2018	71	69.5	-1.5
验证样本	2019	71	72.9	1.9
	2020	66	66.5	0.5

### 2.2.3 开采期集成预报模型

以 2009—2018 年积温预报和逐步回归预报模型预测结果的日序作为自变量, 以开采期实际调查值作为因变量, 采用多元回归方法确定积温预报法与逐步回归预报法的权重系数, 构建集成预报模型, 得到:

$$Y = 1.63 + 0.127Y_1 + 0.848Y_2$$

式中:  $Y_1$  为积温预报日序值;  $Y_2$  为逐步回归预报模型预测日序值.

以 2009—2018 年开采期日序作为校正数据集, 以 2019, 2020 年开采期日序作为验证数据集, 集成预报模型在验证样本中, 预测值与调查值偏差分别为 1.6, 0.5 d, 预测效果较好. 校正样本的预报偏差为 3.4 d 以内, 个别年份, 如 2016 年预报偏差偏晚 6.4 d, 预报偏差也较逐步回归预报模型变小, 预报精度有所提高(表 4).

表 4 “巴渝特早”开采期集成预报模型预报结果与误差

数据集	年份	调查值	预测值	误差
校正样本	2009	64	63.1	-0.9
	2010	73	73.3	0.3
	2011	74	76.3	2.3
	2012	82	78.6	-3.4
	2013	68	69.5	1.5
	2014	80	77.6	-2.4
	2015	71	69.9	-1.1
	2016	67	73.4	6.4
	2017	69	67.3	-1.7
	2018	71	70.0	-1.0
验证样本	2019	71	72.6	1.6
	2020	66	66.5	0.5

### 2.3 不同预报方法性能比较

比较 3 种“巴渝特早”开采期预报方法的预测结果与实际值的差异(图 2), 阶段积温预报值与实际值拟合优度  $R^2$  为 0.539, 与调查值一致性较好, 说明积温预报方法能够较好地对开采期进行预测, 结合实际预报结果与实际值的比较, 发现预测结果可能存在一定的偏差; 逐步回归模型预测值与实际值拟合优度  $R^2$

为 0.749, 拟合效果较积温预报方法有明显的提升, 能够对“巴渝特早”开采期进行更加准确地预报; 集成预报模型预测值与实际值拟合优度  $R^2$  为 0.765, 较逐步回归预测模型的准确性有所提升.

比较 3 种开采期预报模型性能指标(表 5), 阶段积温预报的预报性能表现相对较差, 集成预报模型预报性能表现最好. 阶段积温预报结果最大偏差可达 14 d, 集成预报模型最大偏差为 6.4 d, 偏差明显缩小, 排除掉个别异常偏差值以后, 积温预报结果偏差在 5 d 以内, 集成预报模型偏差在 3.4 d 以内, 预测偏差的缩小在实际生产中具有重要意义, 当春季新芽叶达到采摘标准以后, 及时采摘才能保证茶叶的品质以及经济效益. 利用阶段积温预报的结果残差平方和为 273.0, 表明阶段积温预报法对茶叶开采期预测的准确性的不确定性较大, 而集成预报模型预测结果残差平方和仅为 74.5, 集成预报法对茶叶开采期预测的准确性的不确定性明显减小. 阶段积温预报的结果剩余均方差为 5.225, 集成预报模型预测结果剩余均方差为 2.729, 能够更加准确地对“巴渝特早”开采期进行预测.

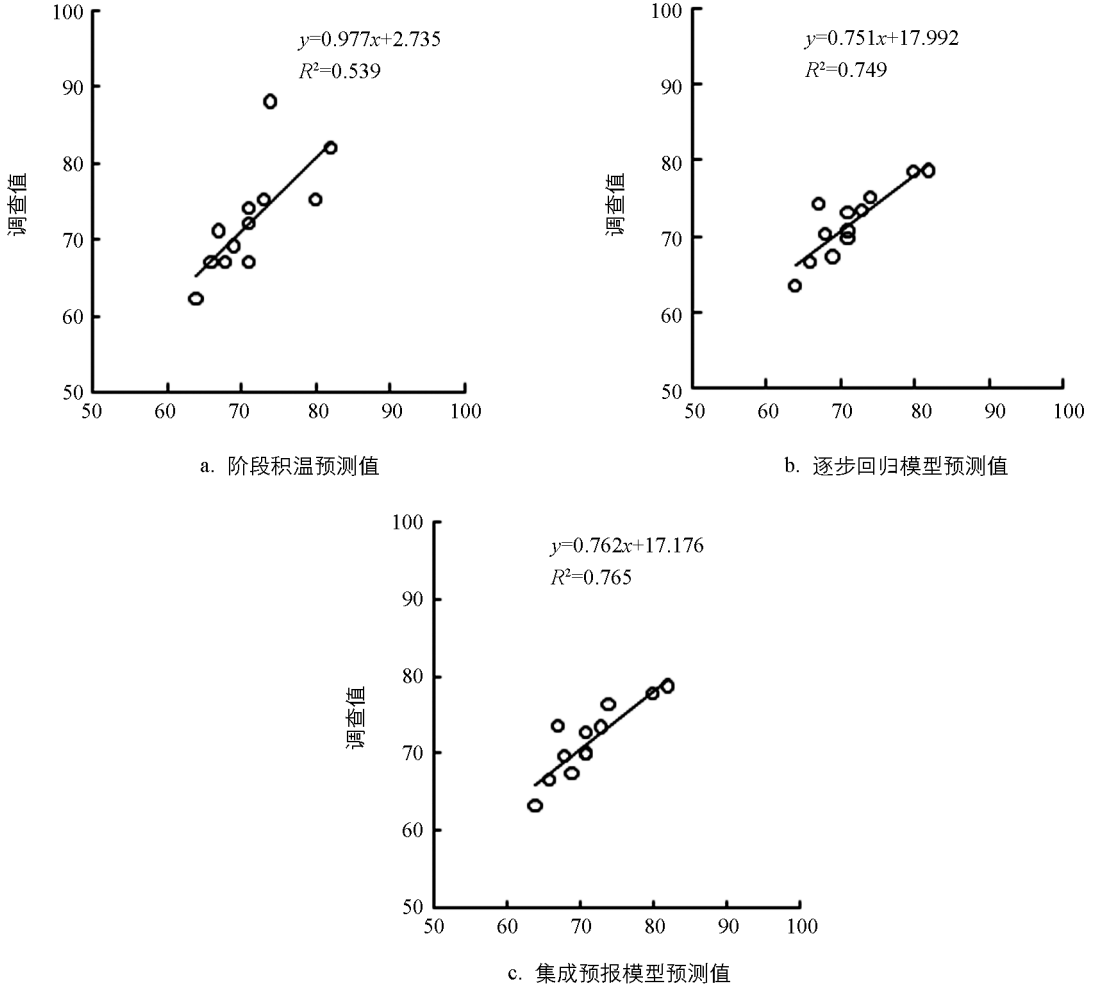


图 2 预报模型预测值与实际值拟合比较

表 5 预报模型性能指标

性能指标	积温预报	逐步回归模型预测值	集成预报模型预测值
最大误差	14.0	7.0	6.4
残差平方和	273.0	78.8	74.5
剩余均方差	5.225	2.826	2.729
拟合优度	0.539	0.749	0.765

### 3 结论与讨论

比较3种“巴渝特早”开采期预报方法的预测结果与实际值的差异,阶段积温法、逐步回归法、集成预报法的预报值与实际值拟合优度 $R^2$ 分别为0.539,0.749,0.765,阶段积温预报结果最大偏差可达14 d,集成预报模型最大偏差为6.4 d,排除掉个别异常偏差值,积温预报结果偏差在5 d以内,集成预报模型偏差在3.4 d以内.阶段积温预报的预报性能表现相对较差,集成预报模型预报性能表现最好.

阶段积温预报要结合前期气温以及后期气温预报来做统计,对特早芽种的茶树来说,当年冬季异常偏暖可能导致茶芽提前萌发,1月1日前的偏高气温在积温统计中就有所遗漏,导致结果预测不准确;此外,积温预报仅考虑了热量条件对茶芽发育与叶片展开的影响,忽略了降水、光照等气象要素对生育期的综合影响,也会为预测结果增加一定的不确定性.

利用逐步回归方法建立“巴渝特早”开采期预报模型,相较于阶段积温预报法预测结果的准确性明显提升.选择多个关键气象因子进行逐步回归建模,对开采期真值的拟合效果更好,但是对于关键气象因子以外的气象因子的开采期影响考虑不足,会导致逐步回归模型预报的局限性.

集成预报模型融合阶段积温预报与逐步回归预报结果优化了阶段积温预报法与逐步回归预报法预测结果的不稳定性,一定程度规避了积温预报法个别年份较大的不确定性,同时较逐步回归模型预测结果的基础上有所提升,预测精度较高,适用于特早种茶叶的开采期气象预报.

本研究的开采期观测资料依然较少,随着观测资料的积累,可对各预测模型进行进一步优化.

#### 参考文献:

- [1] 李倬,贺龄萱. 茶与气象 [M]. 北京:气象出版社,2005.
- [2] 宛晓春,夏涛. 茶树次生代谢 [M]. 北京:科学出版社,2015.
- [3] 姜会飞. 农业气象学 [M]. 北京:科学出版社,2008.
- [4] 姜会飞,温德永. 基于线性生长假设利用极端温度计算日积温的方法 [J]. 中国农业大学学报,2013,18(1): 82-87.
- [5] AIKEN R M. Applying Thermal Time Scales to Sunflower Development [J]. Agronomy Journal, 2005, 97(3): 746-754.
- [6] 宋波,张杏燕,李德富,等. 不同密度和播期下陕油28和秦优7号产量及抗倒性的比较 [J]. 西南大学学报(自然科学版),2020,42(8): 66-73.
- [7] 郭建平,庄立伟,陈玥煜. 东北玉米热量指数预测方法研究(II)——逐步回归预测方法 [J]. 灾害学,2009,24(4): 11-14.
- [8] 陈东东,栗晓玮,张玉芳,等. 四川省水稻关键生育期不同等级干旱评估研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2017,42(10): 69-77.
- [9] 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.
- [10] 孔凡忠,刘继敏,孔莉,等. 菏泽牡丹初花期的中长期预报模型 [J]. 中国农业气象,2011,32(1): 115-121.
- [11] 邱美娟,宋迎波,王建林,等. 山东省冬小麦产量动态集成预报方法 [J]. 应用气象学报,2016,27(2): 191-200.
- [12] 易雪,王建林,宋迎波,等. 早稻产量动态集成预报方法研究 [J]. 中国水稻科学,2011,25(3): 307-313.
- [13] 智协飞,赵忱. 基于集合成员订正的强降水多模式集成预报 [J]. 应用气象学报,2020,31(3): 303-314.
- [14] 孙秀邦,陶曙华,田青,等. 安徽泾县春茶开采期预报及气候品质评价 [J]. 中国农学通报,2017,33(29): 49-54.
- [15] 朱兰娟,金志凤,张玉静,等. 西湖龙井茶开采期影响因子及预报模型 [J]. 中国农业气象,2019,40(3): 159-169.
- [16] 曾建明,金基强,叶阳,等. 西南茶区茶树良种化现状及新品种引种试验 [J]. 中国茶叶,2009,31(6): 26-28.
- [17] 陈明成,王敏,解娟,等. 茶树新品种——巴渝特早 [J]. 中国茶叶,2020,42(1): 9-11, 14.
- [18] 宛晓春. 茶叶生物化学 [M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2003.
- [19] MCMASTER G S, WHITE J W, HUNT L A, et al. Simulating the Influence of Vernalization, Photoperiod and Optimum Temperature on Wheat Developmental Rates [J]. Annals of Botany, 2008, 102(4): 561-569.
- [20] 康西言,董航宇,姚树然. 基于气象因子的冬小麦发育期预报模型 [J]. 中国农业气象,2015,36(4): 465-471.