

麻江县蓝莓果园与国家气象站温湿度差异及建模分析

董文韬^{1*}, 蔡 垚², 潘虹旭³, 毛 倩¹, 梁 平^{1#}

¹黔东南州气象局, 贵州 凯里

²榕江县气象局, 贵州 榕江

³丹寨县气象局, 贵州 丹寨

收稿日期: 2023年7月18日; 录用日期: 2023年8月17日; 发布日期: 2023年8月25日

摘 要

本文利用麻江县国家站及果园站点2021年逐日气象数据, 分析国家站与果园间温湿度相关性及其差异特征, 并建立基于国家站的果园预报模型。结果表明: 1) 麻江国家站与蓝莓果园年内温、湿度变化趋势较为一致。除农田小气候站日最低气温均值小于国家站外, 果园各项温度、湿度指标均大于国家站。果园年内日均气温、日最低气温及日平均相对湿度波动程度较国家站更缓和, 日最高气温及日较差波动程度较国家站更剧烈。2) 国家站与蓝莓果园的月平均气温及月平均最低气温差异较小, 差值均在1.5℃以内; 月平均最高气温差异较大, 6~9月差值可达2.2℃~2.8℃。国家站与蓝莓果园月平均相对湿度最小值均出现在1月, 为74%~78%; 最大值出现在4月, 为88%~90%。3) 基于国家站的气象要素模型中, 日最高气温模型历史检验平均绝对误差在0.6℃~0.8℃之间, 日平均相对湿度模型中, 历史检验平均绝对误差在2%~3%之间; 除龙崩蓝莓站春季逐日模型外, 其余春、夏季逐日模型表现均优于全年逐日模型。

关键词

麻江, 蓝莓果园, 小气候, 预测模型

Differences in Temperature and Humidity and Modeling Analysis of Blueberry Orchards and the National Meteorological Station in Majiang County

Wentao Dong^{1*}, Yao Cai², Hongxu Pan³, Qian Mao¹, Ping Liang^{1#}

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 董文韬, 蔡垚, 潘虹旭, 毛倩, 梁平. 麻江县蓝莓果园与国家气象站温湿度差异及建模分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(5): 839-845. DOI: 10.12677/ccr.2023.125086

¹Qiandongnan Meteorological Bureau, Kaili Guizhou

²Rongjiang Meteorological Bureau, Rongjiang Guizhou

³Danzhai Meteorological Bureau, Danzhai Guizhou

Received: Jul. 18th, 2023; accepted: Aug. 17th, 2023; published: Aug. 25th, 2023

Abstract

Using the daily meteorological data in 2021 to analyze the correlation and differential characteristics of temperature and humidity between the National Station and blueberry orchards in Majiang county, also establish a prediction model based on the national station. The results show that: 1) The temperature and humidity changes at Majiang National Station and blueberry orchards are relatively consistent. Except that the daily minimum temperature of the microclimate station is lower than that of the national station, all temperature and humidity indexes of orchards are higher than that of the national station. The fluctuation of daily average temperature, daily minimum temperature and daily average relative humidity in orchards is more moderate than that in the national station, conversely the fluctuation of daily maximum temperature and daily range of temperature is more intense than that in the national station. 2) The difference in monthly average temperature and monthly average minimum temperature between the National Station and blueberry orchards is relatively small, with the difference being within 1.5°C. Meanwhile, the monthly average maximum temperature varies greatly, with a difference of up to 2.2°C~2.8°C from June to September. In addition, the minimum monthly average relative humidity of both National Station and blueberry orchards occurs in January, ranging from 74% to 78%; The maximum value appears in April, ranging from 88% to 90%. 3) Based on the meteorological element model of the national station, the Mean Absolute Error of the daily maximum temperature model is between 0.6°C and 0.8°C, and in the daily average relative humidity model, the Mean Absolute Error is between 2% and 3%; Except for the spring daily model of Longbeng blueberry orchard, all other spring and summer daily models perform better than the annual daily model.

Keywords

Majiang, Blueberry Orchard, Microclimate, Forecast Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黔东南地区气候温和，十分适合蓝莓的引种与栽培[1]，蓝莓产业作为黔东南州助推乡村振兴的重要产业之一，取得了较好的经济效益。开花期低温阴雨、成熟期降雨过多等气象要素的影响易导致蓝莓减产或品质下降[2]。近年来，黔东南建设了大批区域自动气象站，提升了监测网络密度，但区域站单站气温具有明显季节性，专业预报服务产品须在公众预报基础上进行订正或建立气象要素分段模型以进行更精确的气象服务[3] [4] [5]。麻江县是中国南方最大的蓝莓基地县，梁平、张吉民等分别对蓝莓萌芽期气象指标及开花期灰霉病气象风险指数建立了预报模型[6] [7]，但针对蓝莓果园与国家站差异研究未见。本文选用麻江县国家站及蓝莓果园气象数据，探明果园与国家气象站之间的气象要素相关性及其差异特征，

建立基于国家站的园区气象要素模型，以期提升蓝莓果园预报准确性。

2. 研究地概况及研究方法

麻江县处于云贵高原向湘桂丘陵过渡的斜坡地带，全县以山地为主，地势西高东低、南高北低，县城海拔 930 米，最高海拔 1862 米。年平均气温 14.4℃~17.0℃，年降水量 968.8~1192.6 毫米，热量资源差异较大，形成了明显的立体气候。

选用麻江县国家站及麻江蓝莓农田小气候站、麻江乌卡坪站、麻江龙崩蓝莓站 2021 年逐日气象数据。采用对比分析、单因素差异性检验、相关分析和线性回归等方法确定麻江县国家气象站与蓝莓果园间温湿相关性及其差异，若差异性及相关性均显著，则尝试建立线性拟合，建立各果园气象要素订正指标。

3. 结果与分析

3.1. 麻江国家站与蓝莓果园气温日变化特征

从表 1 可见，麻江县国家气象站和蓝莓果园的日均气温、日最高气温、日最低气温和日较差的基本差异特征。

1) 日均气温。日均气温从高到低排序为乌卡坪站、龙崩蓝莓站、小气候站、国家站，平均值分别为 16.6℃、16.6℃、15.9℃、15.8℃，标准差分别为 7.66、7.66、7.69、7.78，表明果园年内日均气温波动程度较国家站更缓和。龙崩蓝莓站与国家站日均气温差值区间最大，为-2.9℃~3.2℃，小气候站与国家站日均气温差值区间最小，为-2.9℃~1.7℃。国家站与小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站日均气温极小值分别为-3.9℃、-3.5℃、-3.0℃、-2.7℃，均出现在 12 月下旬；极大值为 27.6℃、27.4℃、28.2℃、28.5℃，除龙崩蓝莓站出现在 7 月中旬，其余均出现在 8 月上旬。

2) 日最低气温。日最低气温从高到低排序为乌卡坪站、龙崩蓝莓站、国家站、小气候站，平均值分别为 13.3℃、13.1℃、13.1℃、12.4℃，标准差分别为 7.33、7.37、7.43、7.42，果园年内最低气温波动程度较国家站更缓和。龙崩蓝莓站与国家站差值区间最大，为-4.2℃~2.7℃，小气候站与国家站最低气温差值区间最小，为-4.0℃~0.6℃。国家站与小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站日最低气温极小值分别为-5.5℃、-5.2℃、-5.3℃、-6.5℃，出现在 1 月上中旬；极大值为 24.9℃、24.0℃、24.8℃、24.7℃，出现在 6 月中旬至 8 月下旬。

3) 日最高气温。日最高气温从高到低排序为龙崩蓝莓站、乌卡坪站、小气候站、国家站，平均值分别为 22.1℃、21.8℃、21.3℃、19.9℃，标准差分别为 8.96、8.89、9.03、8.63，果园年内最高气温波动程度较国家站更剧烈。龙崩蓝莓站与国家站差值区间最大，为-3.2℃~5.0℃，乌卡坪站与国家站差值区间最小，为-1.2℃~4.2℃。国家站与小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站极小值分别为-2.2℃、-2.2℃、-1.9℃、-1.5℃，出现在 12 月下旬；极大值为 34.2℃、35.6℃、37.2℃、37.2℃，出现在 7 月下旬至 8 月上旬。

4) 日较差。气温日较差从大到小排序为龙崩蓝莓站、小气候站、乌卡坪站、国家站，平均值分别为 8.9℃、8.9℃、8.5℃、6.8℃，标准差分别为 4.99、4.99、4.63、3.60，果园年内日较差波动程度较国家站更剧烈。龙崩蓝莓站与国家站差值区间最大，为-3.7℃~7.3℃，乌卡坪站与国家站差值区间最小，为-2.2℃~5.7℃。国家站与小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站日较差极小值分别为 1.2℃、1.2℃、1.2℃、1.3℃，出现在 1 月下旬及 3 月上旬；极大值为 18.0℃、23.6℃、21.1℃、23.3℃，出现在 4 月下旬及 6 月上旬。

对国家站与果园日平均最高气温、日最低气温及日最高气温要素进行方差分析及事后多重比较，结果表明，对于日平均气温及日最低气温，总体均值都不存在显著性差异；对于日最高气温，国家站与小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站均存在显著性差异($p < 0.05$)。

Table 1. The difference, extreme value and extreme value date of daily variation in temperature of the National Station and blueberry orchards

表 1. 国家站与蓝莓果园气温日变化的差值、极值及出现时间

指标 Index	位置 Location	平均值/℃ Temperature	标准差 Standard deviation	差值/℃ Difference	极值/℃ Extreme	极值出现日期 Extreme date
日均气温	国家站	15.8	7.78		-3.9*, 27.6	12/27*, 8/2
	小气候站	15.9	7.69	-2.9~1.7	-3.5*, 27.4	12/27*, 8/1
	乌卡坪站	16.6	7.66	-2.0~2.5	-3.0*, 28.2	12/27*, 8/7
	龙崩蓝莓站	16.6	7.66	-2.9~3.2	-2.7*, 28.5	12/27*, 7/12
日最低气温	国家站	13.1	7.43		-5.5*, 24.9	1/8*, 6/18
	小气候站	12.4	7.42	-4.0~0.6	-5.2*, 24.0	1/12*, 7/14
	乌卡坪站	13.3	7.33	-2.7~2.4	-5.3*, 24.8	1/12*, 6/18, 8/23
	龙崩蓝莓站	13.1	7.37	-4.2~2.7	-6.5*, 24.7	1/12*, 7/14, 7/15
日最高气温	国家站	19.9	8.63		-2.9*, 34.2	12/27*, 8/1
	小气候站	21.3	9.03	-3.1~4.6	-2.2*, 35.6	12/27*, 7/31, 8/1
	乌卡坪站	21.8	8.89	-1.2~4.2	-1.9*, 37.2	12/27*, 8/1, 8/2
	龙崩蓝莓站	22.1	8.96	-3.2~5.0	-1.5*, 37.2	12/27*, 7/30
日较差	国家站	6.8	3.60		1.2*, 18.0	3/9, 11/1*, 6/5
	小气候站	8.9	4.99	-3.4~6.6	1.2*, 23.6	3/9*, 6/5
	乌卡坪站	8.5	4.63	-2.2~5.7	1.2*, 21.1	1/31*, 4/30, 6/6
	龙崩蓝莓站	8.9	4.99	-3.7~7.3	1.3*, 23.3	1/31*, 4/30

注：1) 差值列为果园值减国家站的值，2) 极值及日期列标记*为最小值，未标记为最大值。

3.2. 麻江国家站与蓝莓果园气温月变化特征

由图 1 可见，国家站与蓝莓果园月平均气温、月平均最高气温、月平均最低气温变化趋势相似。

1) 月平均气温。蓝莓果园与国家站差值区间为小气候站-0.5℃~0.4℃、乌卡坪站 0.3℃~1.1℃、龙崩蓝莓站 0.1℃~1.3℃，差异最大月份小气候站为 9 月，乌卡坪站及龙崩蓝莓站均为 4 月，差异最小月份小气候站为 6 月、10 月、11 月，乌卡坪站及龙崩蓝莓站均为 9 月。

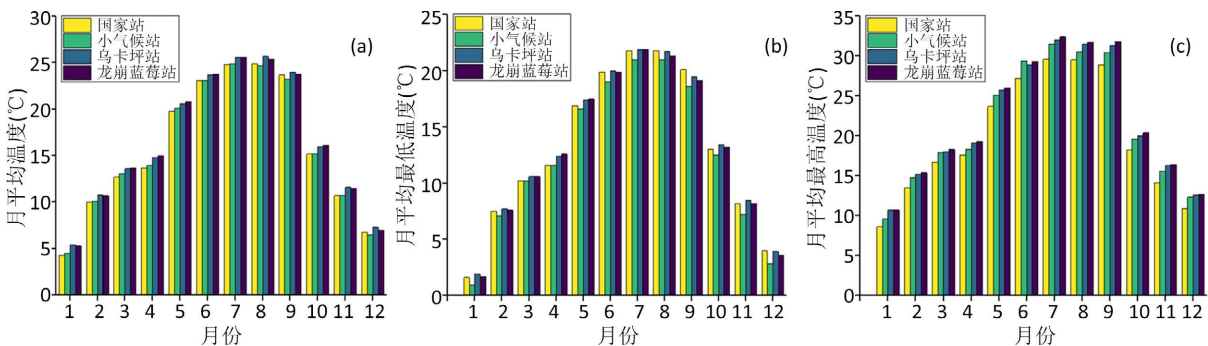


Figure 1. Monthly temperature change at the National Station and blueberry orchards; (a) Monthly average temperature; (b) Monthly average minimum temperature; (c) Monthly average maximum temperature

图 1. 国家站与蓝莓果园气温逐月变化；(a) 月平均气温；(b) 月平均最低气温；(c) 月平均最高气温

2) 月平均最低气温。蓝莓果园与国家站差值区间为小气候站 $-1.5^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、乌卡坪站 $-0.5^{\circ}\text{C}\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 、龙崩蓝莓站 $-1.0^{\circ}\text{C}\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ ，差异最大月份小气候站为 9 月，乌卡坪站为 4 月，龙崩蓝莓站为 4 月及 9 月，差异最小月份小气候站为 3~4 月，乌卡坪站为 6 月及 12 月，龙崩蓝莓站为 6 月及 11 月。

3) 月平均最高气温。蓝莓果园与国家站差值区间为小气候站 $0.7^{\circ}\text{C}\sim 2.2^{\circ}\text{C}$ 、乌卡坪站 $1.4^{\circ}\text{C}\sim 2.4^{\circ}\text{C}$ 、龙崩蓝莓站 $1.6^{\circ}\text{C}\sim 2.8^{\circ}\text{C}$ ，差异最大月份小气候站为 6 月，乌卡坪站为 7 月，龙崩蓝莓站为 9 月，差异最小月份小气候站为 4 月，乌卡坪站及龙崩蓝莓站为 3 月。

3.3. 麻江国家站与蓝莓果园湿度特征

由图 2 可见，国家站与蓝莓果园日平均相对湿度和月平均相对湿度变化趋势均较为一致。日平均相对湿度均值从高到低排序为：小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓、国家站，平均值分别为 85%、85%、84%、81%，标准差分别为 9.76、11.27、8.88、11.85，果园站年内日平均相对湿度波动程度较国家站更缓和。其中乌卡坪站与国家站存在显著性差异($p < 0.01$)，其余站点与国家站之间不存在显著性差异。

国家站与蓝莓果园最小月平均相对湿度均出现在 1 月，分别为国家站 75%、小气候站 78%、乌卡坪站 74%、龙崩蓝莓站 74%；最大月均出现在 4 月，分别为国家站 90%、小气候站 91%、乌卡坪站 92%、龙崩蓝莓站 88%。

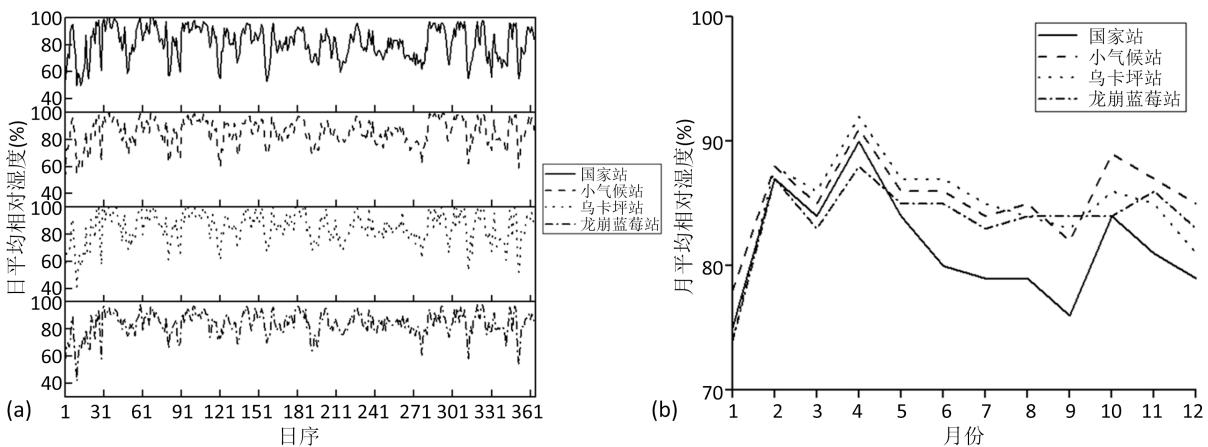


Figure 2. Daily (a) and monthly (b) humidity changes in the National Station and blueberry orchards

图 2. 国家站与蓝莓果园湿度日变化(a)和月变化(a)

3.4. 基于国家站的果园气象要素建模

根据国家站与蓝莓果园气温及湿度的日变化、月变化分析结果，国家站与各果园的日最高气温、国家站与乌卡坪站的日平均相对湿度均存在显著差异。在使用国家站数据指导果园站预报将出现较大的误差，需要建立相关线性模型弥补差异。同时由于蓝莓一般为 3 月下旬叶芽萌动，7 月中旬至下旬果实进入盛熟期[2]，因此采用最小二乘法分别构建国家站与果园站全年逐日及春、夏季逐日的日最高气温及日平均相对湿度关系模型，对比取最优模型。

线性关系模型结果表明，麻江国家站与三个果园站间温湿度变化存在显著相关(如表 2、表 3)。日最高气温拟合度较好，拟合度最好的为全年逐日模型， R^2 为 0.987~0.99；春季逐日模型次之， R^2 为 0.975~0.985；夏季逐日模型最低， R^2 为 0.9~0.944。日平均相对湿度模型拟合度由高到低分别为春季逐日、全年逐日、夏季逐日模型， R^2 分别为 0.904、0.834、0.8。以上模型均通过置信区间为 95%的显著性水平 F 检验。

Table 2. Daily maximum temperature model of blueberry orchards
表 2. 蓝莓果园日最高气温模型

建模类型	站点	模型	R ²	F	平均绝对误差	平均相对误差
全年逐日	小气候站	$y = 1.039x + 0.595$	0.987	$F = 27643.762, p < 0.01$	0.7807	4.58%
	乌卡坪站	$y = 1.024x + 1.42$	0.99	$F = 37385.454, p < 0.01$	0.7065	4.60%
	龙崩蓝莓站	$y = 1.031x + 1.539$	0.988	$F = 29895.003, p < 0.01$	0.7537	4.55%
春季逐日	小气候站	$y = 1.036x + 0.444$	0.983	$F = 5392.578, p < 0.01$	0.6394	3.53%
	乌卡坪站	$y = 1.027x + 1.131$	0.985	$F = 5961.981, p < 0.01$	0.6853	3.63%
	龙崩蓝莓站	$y = 1.021x + 1.486$	0.975	$F = 3596.795, p < 0.01$	0.8342	4.19%
夏季逐日	小气候站	$y = 1.028x + 0.926$	0.9	$F = 820.068, p < 0.01$	0.7463	2.50%
	乌卡坪站	$y = 1.126x - 1.572$	0.944	$F = 1523.412, p < 0.01$	0.6436	2.11%
	龙崩蓝莓站	$y = 1.139x - 1.608$	0.933	$F = 1266.116, p < 0.01$	0.7525	2.41%

Table 3. Daily average relative humidity model of Wukaping Station
表 3. 乌卡坪站日平均相对湿度模型

建模类型	模型	R ²	F	平均绝对误差	平均相对误差
全年逐日	$y = 0.869x + 14.029$	0.834	$F = 1829.119, p < 0.01$	3.3035	4.18%
春季逐日	$y = 0.855x + 14.773$	0.904	$F = 856.334, p < 0.01$	2.1200	2.45%
夏季逐日	$y = 0.879x + 15.285$	0.8	$F = 365.181, p < 0.01$	3.1288	3.72%

利用 2021 年逐日国家站日最高气温及平均相对湿度, 结合得出的气象要素模型进行计算, 与实测值对比检验得出:

1) 日最高温度模型中, 小气候站全年逐日及春夏季逐日模型平均绝对误差分别为 0.7807、0.6394、0.7463, 平均相对误差分别为 4.58%、3.53%、2.5%; 乌卡坪站全年逐日及春夏季逐日模型平均绝对误差分别为 0.7065、0.6853、0.6436, 平均相对误差分别为 4.6%、3.63%、2.11%; 龙崩蓝莓站全年逐日及春夏季逐日模型平均绝对误差分别为 0.7537、0.8342、0.7525, 平均相对误差分别为 4.55%、4.19%、2.41%。除龙崩蓝莓站春季逐日模型平均绝对误差高于全年逐日外, 其余果园站点春夏季模型表现均优于全年逐日模型。

2) 日平均相对湿度模型中, 乌卡坪站全年逐日模型平均绝对误差为 3.3035, 平均相对误差为 4.18%; 春季逐日模型平均绝对误差为 2.1200, 平均相对误差为 2.45%; 夏季逐日模型平均绝对误差为 3.1288, 平均相对误差为 3.72%。春夏季模型表现均优于全年逐日模型。

4. 结论与讨论

利用麻江县国家气象站与蓝莓农田小气候站、乌卡坪站、龙崩蓝莓站 2021 年逐日气象数据, 分析得出麻江县国家气象站与蓝莓果园站点间温湿度相关性 & 差异特征, 并建立了基于国家站的气象要素预报模型。

1) 国家站与蓝莓果园年内温、湿度变化趋势均较为一致。国家站与果园日平均相对湿度为 81%~85%; 日均气温为 15.8℃~16.6℃; 气温日较差均值为 6.8℃~8.9℃; 日最高气温极大值出现在 7 月下旬~8 月上旬, 为 34.2℃~37.2℃; 日最低气温极小值出现在 1 月上中旬, 为 -6.5℃~-5.2℃。除农田小气候站日最低气温均值小于国家站外, 果园站点各项温度、湿度指标均大于国家站。果园年内日均气温、日最低气温

及日平均相对湿度波动程度较国家站更缓和, 日最高气温及日较差波动程度较国家站更剧烈。

2) 国家站与蓝莓果园月平均气温及月平均最低气温差异较小, 差值均在 1.5℃以内。月平均最高气温差异最大月份出现在 6~9 月, 差值最大可达 2.2℃~2.8℃。国家站与蓝莓果园最小月平均相对湿度均出现在 1 月, 为 74%~78%; 最大月平均相对湿度均出现在 4 月, 为 88%~90%。

3) 基于国家站的气象要素模型均通过置信区间为 95% 的显著性水平 F 检验, 通过麻江国家站温、湿度变化预测果园实际温、湿度比较可行[8]。果园站日最高气温模型中, 历史检验平均绝对误差在 0.6℃~0.8℃之间, 除龙崩蓝莓站春季逐日模型平均绝对误差高于全年逐日外, 其余春夏季模型表现均优于全年逐日模型。乌卡坪站日平均相对湿度模型中, 历史检验平均绝对误差在 2%~3% 之间, 春夏季模型表现均优于全年逐日模型。

基金项目

贵州省科技计划项目“贵州蓝莓花期灰霉病发生发展气象学机制及流行规律研究”(黔科合支撑[2018] 2360), 贵州省气象局科研项目“黔东南蓝莓果园小气候特征研究”(黔气科登[2022] 01-09 号)。

参考文献

- [1] 张帅, 谷晓平, 等. 基于 GIS 的贵州蓝莓生态适宜性区划[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(10): 255-257.
- [2] 莫建国, 于飞, 等. 气象条件对蓝莓品质影响研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(22): 170-175.
- [3] 汪文烈, 韦玮, 等. 基于区域站与国家站观测的气温、降水相关性分析[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9): 1622-1625.
- [4] 陈迪, 陈豫英, 等. 贺兰山东麓葡萄果园国家级观测站与自动气象站最低气温的对比分析[J]. 中国农学通报, 2018, 34(30): 110-117.
- [5] 于飞, 侯双双, 等. 水城县猕猴桃果园小气候与国家气象站温湿度相关性[J]. 贵州农业科学, 2021, 49(6): 120-127.
- [6] 梁平, 伦绪勇, 杨胜荣, 等. 蓝莓萌芽气象指标的研究及应用[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(11): 140-145.
- [7] 张吉民, 彭科曼, 杨世琼, 等. 蓝莓开花期灰霉病气象风险综合指数研究[J]. 中低纬山地气象, 2021, 45(2): 55-58.
- [8] 吉春容, 邹陈, 罗继, 等. 冬季红枣果园内外温度差异及与气象站气温关系建模分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016(2): 88-92.