

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.02.005

凉山州烤烟气象产量综合模拟模型

马献菊¹, 蔡元刚^{2*}, 吕 洋³, 王明田^{4,5}

(1.凉山州气象局,四川 西昌 615000; 2.绵阳市气象局,四川 绵阳 621000; 3.眉山市气象局,四川 眉山 620010;4.四川省气象台,四川 成都 610072;5.南方丘区节水农业研究四川省重点实验室,四川 成都 610066)

摘 要:利用凉山州 9 个烤烟主产县 1991—2017 年烤烟产量资料和同期国家气象观测站的气象资料,通过年际变化趋势处理,分离出烤烟趋势产量和气象产量,采用积分回归方法,研究光、温、水等气象因子对烤烟产量的动态影响,建立烤烟气象产量综合模拟模型。结果表明:(1)气温、降水、日照均能显著影响凉山州烤烟产量;(2)县域间影响烤烟产量的关键气象因子有所差异,总体上温度的影响系数更大;(3)宁南县和会东县的关键气象因子相同且动态影响相似;(4)建立的分县和凉山州烤烟气象产量综合模拟模型模拟精度高,模拟偏差仅 2.4%~4.6%。

关键词:烤烟;气象因子;动态影响;综合模型;凉山州

中图分类号:S572 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)02-0031-08

Comprehensive Simulation Model for the Meteorological Yield of Flue-cured Tobacco in Liangshan

MA Xianju¹, CAI Yuangang^{2*}, LYU Yang³, WANG Mingtian^{4,5}

(1. Liangshan Meteorological Office, Xichang, Sichuan 615000, China; 2. Mianyang Meteorological Bureau, Mianyang, Sichuan 621000, China; 3. Meishan Meteorological Office, Meishan, Sichuan 620010, China; 4. Sichuan Meteorological Observatory, Chengdu, Sichuan 610072, China; 5. Water-Saving Agriculture in Southern Hill Area Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610066, China)

Abstract: Based on the data of flue-cured tobacco yield from 1991 to 2017 in the nine tobacco producing counties of Liangshan prefecture and the meteorological data of national meteorological observation station in the same period, the trend yield and meteorological yield of flue-cured tobacco were separated through the interannual trend processing. The dynamic effects of meteorological factors such as sunshine, air temperature and precipitation on the yield of flue-cured tobacco were studied by integral regression method, and the comprehensive simulation model of meteorological yield of flue-cured tobacco was established. The results show that: (1) Air temperature, precipitation and sunshine can significantly affect the yield of flue-cured tobacco in Liangshan Prefecture. (2) The key meteorological factors affecting the yield of flue-cured tobacco are different among counties, while the influence of air temperature is more significant. (3) The key meteorological factors in Ningnan County and Huidong County are the same and their dynamic effects are similar. (4) The accuracy of the model is high with the deviation of only 2.4%–4.6%.

Keywords: flue-cured tobacco; meteorological factors; dynamic influence; comprehensive model; Liangshan

0 引言

凉山彝族自治州(以下简称凉山州)位于川西南横断山区东北部,青藏高原东南边缘山区,介于

北纬 26°03′~29°27′、东经 100°15′~103°53′。辖区面积 6.04 万 km²,辖 17 个县市,包括西昌市、德昌县、普格县、会理县等。境内高山峻岭,多山地,耕地面积仅占 5.3%^[1]。州内立体气候特点突出,日照

收稿日期:2020-08-20

基金项目:凉山州科知局重点科技项目(17YYJS0102);高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目(省重点实验室 2018-重点-05)。

作者简介:马献菊(1973—),女,四川西昌人,工程师,本科,研究方向:气象预报、农业气象。*通信作者:蔡元刚(1967—),男,四川仪陇人,正研级高级工程师,硕士,研究方向:农业气象、气候。

丰富,积温充足,降水充沛,昼夜温差大^[2],烤烟气候资源优良,是我国清香型优质烤烟最佳生产基地之一^[3]。凉山州常年烤烟种植面积在 3.8 万 hm² 左右,2008 年以后,烤烟种植面积大幅度增加,每年种植面积 5~6 万 hm²,产值 30 亿元以上,烤烟成为凉山州重要经济作物。烤烟的产量和品质受品种特性、栽培技术、土壤、水质、气象等多因素的综合影响,其中气象因子波动最大、最频繁,据凉山州 1991—2017 年烤烟单产资料统计,变异系数接近 20%。前人围绕烤烟品种和产量的相关问题进行了大量研究。许卫猛等^[4]、李再胜等^[5]、喻路等^[6]通过试验研究了不同栽培方式对烤烟品质和产量的影响;杨章明等^[7]、郭明全等^[8]、陈振国等^[9]、李姗姗等^[10]、吕世保等^[11]研究了不同施肥对烤烟产量和品质的影响;冯德花等^[12]、雷蕾等^[13]、刘琰琰等^[14]、金垚等^[15]、杨颜^[16]、蒋斌等^[17]研究了烤烟生产的气候适宜性、灾害风险、关键气象因子,为烤烟生产布局提供了科学依据;张继旭等^[18]、李小芳等^[19]、张慢慢等^[20]、王连喜等^[21]、杨坤等^[22]、杨静等^[23]、李强等^[24]、梁伟等^[25]、张慢慢等^[26]、宋文静等^[27]、周裕等^[28]、肖金香等^[29]研究了气象条件对烤烟产量、品质的影响,为烤烟高产优质栽培提供技术支撑。凉山州地理位置特殊,地形复杂,气候

类型多样,烤烟分布比较广,气象条件对烤烟的产量和品质影响显著,但至今缺乏深入的研究。本文以凉山州 9 个烤烟主产县市 1991—2017 年烤烟单产资料为基础,通过年际变化趋势处理,分离出烤烟趋势产量和气象产量,采用积分回归方法,研究光、温、水等气象因子对烤烟产量的动态影响,建立烤烟气象产量综合模型,为凉山州烤烟生产防灾减灾、气象产量预测以及烤烟产量和品质的进一步提高提供理论依据。

1 资料来源与处理

1.1 资料来源

烤烟生育期资料来源于凉山州气象局烤烟气象观测资料和烤烟生产县大田调查。凉山州烤烟生产面积、产量和烟叶等级资料来自凉山州烟草公司、凉山州烟科所等单位。据统计(表 1),2017 年凉山州烤烟种植面积 55 597.7 hm²,分布于 10 多县市,但会东、会理、德昌、盐源、普格、冕宁、宁南、越西、西昌 9 县市面积占凉山州烤烟总面积的 98.3%,为此,选取上述 9 个县市 1991—2017 年逐旬的平均气温、最高温度、最低气温、日照时数和降水量等气象资料进行相关分析。

表 1 凉山州各地 2017 年烤烟面积

	西昌市	德昌县	普格县	会理县	会东县	宁南县	盐源县	冕宁县	越西县	凉山州
烤烟面积/hm ²	980	5 473	4 100	10 060	17 967	3 807	5 180	3 828	3 280	55 598
占全州面积比/%	1.76	9.84	7.37	18.09	32.32	6.85	9.32	6.89	5.9	

1.2 处理方法

1.2.1 烤烟气象产量的分离

烤烟产量的高低,既有品种、栽培技术、肥料、管理等因素的影响,也显著受气象条件变化的制约。因此,要研究气象因子对烤烟产量的影响,必须对烤烟实际产量进行处理。参考《农业气象统计》^[30],采用式(1)将烤烟产量分解成趋势产量和气象产量 2 部分,即:

$$Y=Y_d+Y_w+\delta \tag{1}$$

式中:Y 为烤烟单产,kg/hm²;Y_d 为烤烟趋势产量,kg/hm²,包含品种、栽培技术、肥料、管理等因素影响的总和;Y_w 为烤烟气象产量,kg/hm²,主要受气象条件影响;δ 为随机因素影响的产量,具有不确定性,常忽略不计。

1.2.2 烤烟气象产量的模拟

烟叶产量的形成是烤烟光合产物连续积累的过程,与气象条件的持续作用有关。可表示为式(2)^[30]:

$$Y_w=a_0+\int_1^{LPT}a(t)x(t)dt \tag{2}$$

式中:x(t) 是 t 时刻的某一气象要素值;a(t) 是 t 时刻该要素对烤烟产量的影响系数;LPT 为烤烟生产的总时间长度,旬。由于 a(t) 是时间 t 的不确定函数,无法直接求解,因此,用正交多项式分析方法将 a(t) 按时间 t 展开,如式(3)所示。

$$a(t)=\sum_{j=0}^mb_j\Phi_j(t) \tag{3}$$

式中:b_j 是与时间无关的常数;Φ_j(t) 为第 j 阶正交多项式的系数,可从正交多项式表中查出;m 为正交多项式的阶数,本文取 m=3。将(3)式代入(2)式,得

$$Y_w=a_0+\int_1^{LPT}\sum_{j=0}^mb_j\Phi_j(t)x(t)dt \tag{4}$$

令

$$\beta_j=\int_1^{LPT}\Phi_j(t)x(t)dt \tag{5}$$

式中: β_j 为时间的函数,将 dt 取时间单位 1(1 旬或 1 月)。

将(5)式积分号改写为求和号,得

$$\beta_j = \sum_{t=1}^{LPT} \Phi_j(t)x(t) \tag{6}$$

从而将(2)式改为

$$Y_w = a_0 + \sum_{j=0}^m \beta_j b_j \tag{7}$$

给定模拟时间的起点、终点和间距时间长度,则可以计算出时间长度 LPT ,从而计算得到 b_j 。利用烤烟气象产量 Yw ,通过多元回归,得到(7)式的回归系数 a_0 和 b_j 。

2 结果分析

2.1 凉山州烤烟产量的年际变化及气象产量

凉山州烤烟种植历史较长,1970 年代就有种植,但面积不大,一般为 1~5 km^2 ,1980 年代达到 6~10 km^2 ,进入 1990 年代后有了较大规模的发展,1990 年代年平均 22 km^2 ,2000 年代平均 38 km^2 ,2010 年以后,年际之间比较稳定,一直在 55 km^2 左右(图 1)。因此,本文主要利用 1991 以来的资料进行分析。

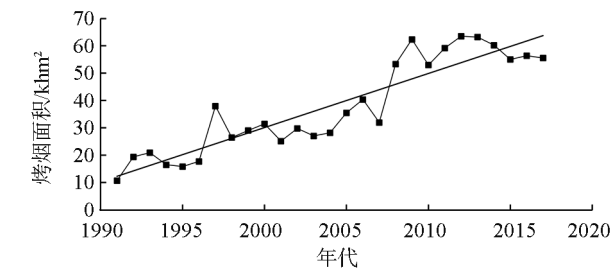


图 1 凉山州烤烟种植面积的年际变化

凉山州烤烟主产县(市)烤烟产量 1991—2017 年变化趋势如图 2 所示。从图 2 看出,1990 年代,烤烟产量都比较低,多数县在 1 500 kg/hm^2 左右,盐源、普格仅 800~1 000 kg/hm^2 ;2000 年代,多数县在 2 000~2 500 kg/hm^2 ,仅普格在 1 800 kg/hm^2 以下;2010 年代,烤烟产量相对稳定,大部分县在 2 200 kg/hm^2 以上。总体来看,全州主产区烤烟单产的年际变化趋势主要有 2 种型式,其中全州平均和西昌、冕宁、会东、越西、宁南、盐源、德昌 7 县市有比较明显的抛物线特征,会理和普格有比较明显的线性变化特征。

采用统计学分析工具得到凉山州及各县市烤烟趋势产量方程如表 2 所示,各地烤烟趋势方程均通过 0.01 的显著性检验。

烤烟单产减去烤烟趋势产量,从而得到烤烟气

象产量。各地烤烟气象产量占烤烟单产的比例不等(表 3),最低的德昌县 5.44%,最高的盐源县 11.39%,说明地处安宁河谷地带的德昌县的气象条件对烤烟产量的影响相对较为稳定,由气象因素引起的产量波动相对较小,而地处海拔 2 000 多 m 山区的盐源县烤烟产量受气象条件的影响较大,其气象产量最大值与最小值相差达 921 kg/hm^2 。凉山州烤烟气象产量最大值为 224.85 kg/hm^2 ,最小值为 -269.54 kg/hm^2 ,烤烟气象产量占烤烟单产的比例为 5.87%,代表了全州气象条件对烤烟单产的影响程度。

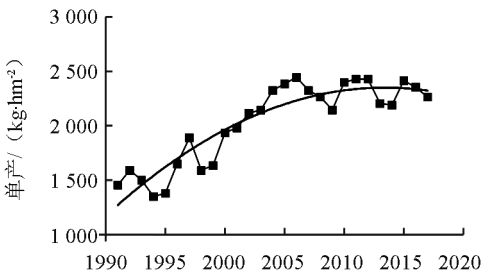
表 2 凉山州各地烤烟趋势产量模拟方程		
地名	趋势产量模拟方程	r^2
凉山州	$Y_d = -0.142\ 9p^2 + 6.699\ 3p + 78.186$	0.847
西昌市	$Y_d = -0.166\ 4p^2 + 7.620\ 6p + 63.544$	0.830
冕宁县	$Y_d = -0.252\ 3p^2 + 9.296\ 4p + 73.422$	0.840
越西县	$Y_d = -0.199\ 3p^2 + 7.969\ 4p + 68.113$	0.804
盐源县	$Y_d = -0.261\ 3p^2 + 11.56\ 2p + 18.31$	0.803
德昌县	$Y_d = -0.340\ 1p^2 + 13.567p + 36.903$	0.934
普格县	$Y_d = 4.443\ 8p + 33.675$	0.895
宁南县	$Y_d = -0.257\ 9p^2 + 9.086\ 2p + 62.4$	0.747
会理县	$Y_d = 4.943\ 8p + 74.12$	0.892
会东县	$Y_d = -0.166\ 7p^2 + 7.040\ 2p + 84.183$	0.680

注:方程中 p 为年序,以 1991 年为 1。

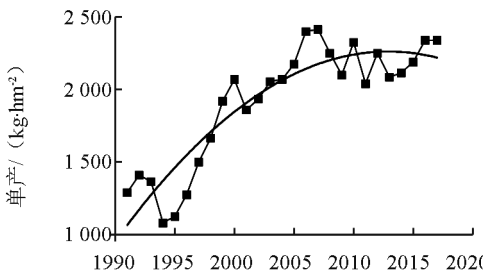
表 3 烤烟气象产量统计值				
地名	最大值 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$)	最小值 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$)	绝对值平均 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$)	占烤烟单产 百分比/%
凉山州	224.85	-269.54	119.09	5.87
西昌市	255.54	-337.35	139.44	7.29
德昌县	320.10	-339.30	113.83	5.44
普格县	333.35	-236.57	155.56	10.82
会东县	338.55	-343.14	181.85	8.46
宁南县	364.80	-333.48	146.67	6.99
盐源县	503.99	-417.15	210.81	11.39
冕宁县	282.24	-272.58	117.20	6.91
越西县	358.32	-316.89	134.55	6.46
会理县	479.05	-375.79	154.83	8.03

2.2 影响烤烟产量的关键气象因子

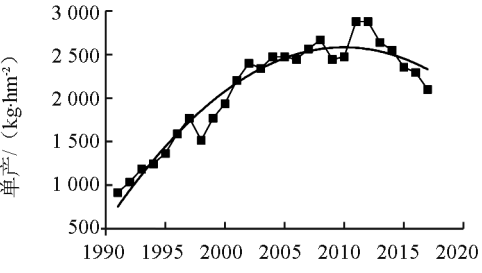
根据凉山州各地烤烟生产情况将烤烟生产时段确定为 3 月上旬至 9 月下旬,全生育期共 21 旬,即烤烟气象产量由这 21 旬的气象条件对烤烟生产累积影响所得。公式(2)中烤烟生产总时间长度 LPT 为 21 旬。按照 3 阶正交多项式计算,得到凉山州及各县市烤烟气象产量与各气象要素的积分回归模型,积分回归模型的 F 显著性检验效果如表 4 所示。



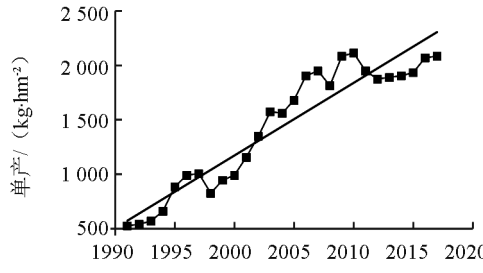
a.凉山州烤烟单产的年际变化



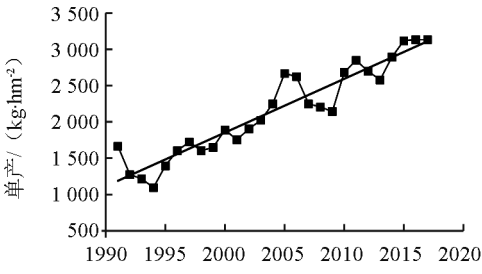
b.西昌市烤烟单产的年际变化



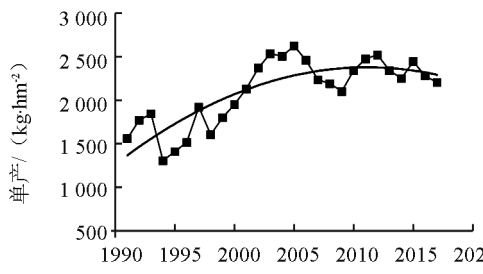
c.德昌县烤烟单产的年际变化



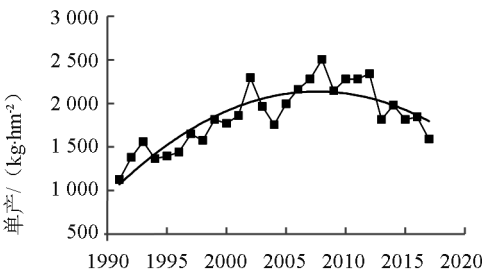
d.普格县烤烟单产的年际变化



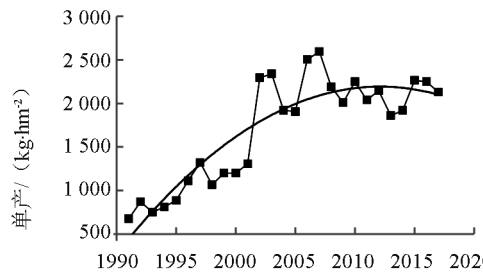
e.会理县烤烟单产的年际变化



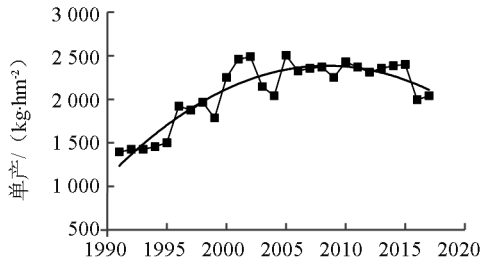
f.会东县烤烟单产的年际变化



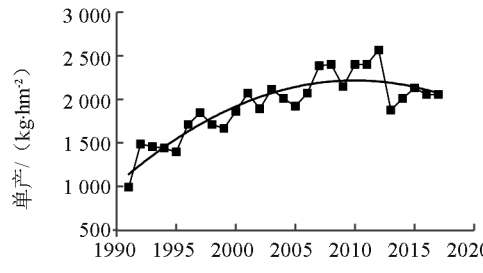
g.宁南县烤烟单产的年际变化



h.盐源县烤烟单产的年际变化



i.冕宁县烤烟单产的年际变化



j.越西县烤烟单产的年际变化

图 2 烤烟单产的年际变化

表 4 各地烤烟气象产量与各气象因子积分回归 F 检验值

地名	平均气温 T_{avg}	最高气温 T_{max}	最低气温 T_{min}	降水量 R	日照时数 S
凉山州	0.35	3.51 **	0.82	3.85 **	0.69
西昌市	0.04	3.04 **	0.27	3.53 **	1.89
盐源县	0.41	2.96 **	0.54	3.12 **	0.73
德昌县	4.24 **	0.54	2.35 *	3.08 **	0.64
普格县	2.18 *	0.04	0.21	3.41 **	3.68 **
会东县	0.97	2.39 *	0.33	4.82 **	3.15 **
宁南县	2.31 *	0.47	0.35	3.6 **	3.74 **
冕宁县	0.69	0.65	0.36	2.89 **	4.08 **
越西县	4.31 **	1.08	3.92 **	1.28	0.27
会理县	3.32 **	0.24	0.28	2.68 *	4.15 **

注:“*”“**”“***”分别表示通过信度 0.10、0.05、0.01 的显著性检验。

从表 4 看出,不同县市影响烤烟气象产量的关键因子有所不同。各地通过信度 0.05 的 F 显著性检验的气象要素,凉山州、西昌、盐源为降水量和最高气温,德昌为平均气温和降水量,普格、会东、宁南和冕宁为降水量和日照时数,越西为平均气温和最低气温,会理为平均气温和日照时数。这些通过信度 0.05 的 F 检验的气象要素即为影响当地烤烟气象产量的主要因素,从而建立起各地烤烟气象产量积分回归模型,各回归模型回归系数如表 5 所示。

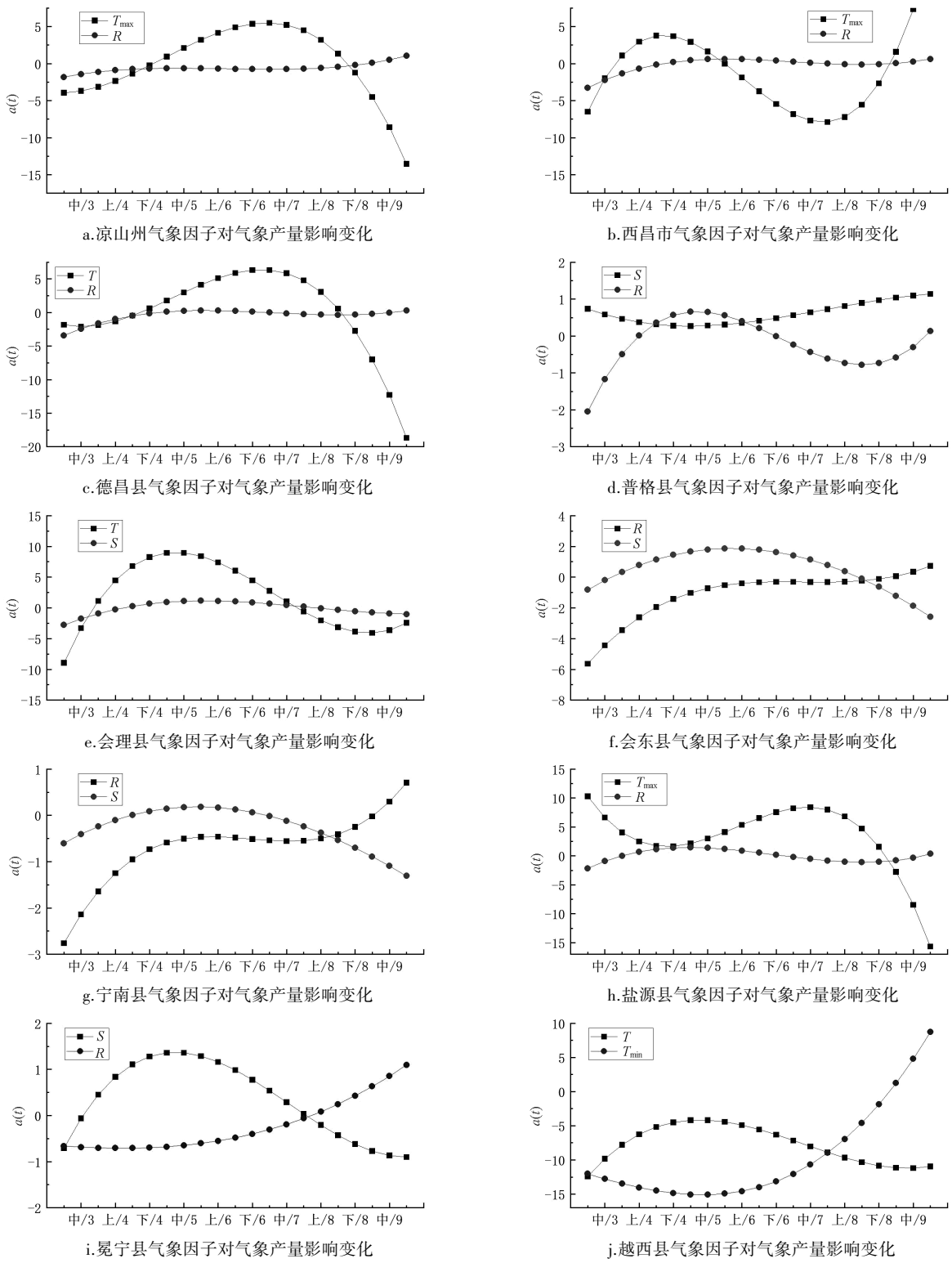
表 5 烤烟气象产量积分回归模型系数

地名	气象因子	b_0	b_1	b_2	b_3	a_0
凉山州	T_{max}	-0.108 1	-0.105 0	-0.136 3	-0.011 0	-66.770 6
	R	-1.110 6	0.224 4	-0.021 2	0.002 7	314.206 8
西昌市	T_{max}	-0.842 2	0.082 1	0.079 3	0.028 8	538.505 6
	R	-0.165 2	0.092 4	-0.018 3	0.003 0	-184.782 0
盐源县	T_{max}	3.156 9	-0.470 5	-0.092 2	-0.024 2	-1 454.440 0
	R	0.014 9	-0.041 2	-0.014 6	0.004 9	129.871 9
德昌县	T_{avg}	-0.039 9	-0.346 1	-0.161 4	-0.014 5	-108.177 0
	R	-0.437 7	0.092 4	-0.017 8	0.002 7	78.048 9
普格县	R	-0.219 0	-0.000 1	-0.011 6	0.003 2	189.178 0
	S	0.606 9	0.035 2	0.005 2	-0.000 4	-684.521 0
会东县	R	-1.110 6	0.224 4	-0.021 2	0.002 7	314.206 8
	S	0.499 7	-0.096 7	-0.034 8	0.000 3	-799.300 0
宁南县	R	-0.681 6	0.104 9	-0.005 5	0.002 0	322.430 5
	S	-0.269 6	-0.040 4	-0.010 8	0.000 2	297.215 4
冕宁县	R	-0.226 0	0.083 5	0.007 0	0.000 1	46.138 0
	S	0.328 8	-0.073 0	-0.017 9	0.001 9	-450.661 0
越西县	T_{avg}	-7.797 1	-0.196 0	-0.061 2	0.007 8	2 808.182 0
	T_{min}	-9.471 7	0.925 0	0.123 4	0.003 3	2 304.687 0
会理县	T_{avg}	1.739 7	-0.291 6	-0.117 3	0.018 1	-793.707 0
	S	-0.051 7	0.014 5	-0.029 3	0.002 2	132.503 7

2.3 气象条件对烤烟产量的动态影响

各地关键气象因子对烤烟气象产量的影响系数 $a(t)$ 随时间的变化如图 3 所示。从图 3 看出:(1)降水量和日照时数是烤烟气象产量最主要影响因子。从各地关键气象因子出现次数来看,降水量出现了 8 次,日照时数出现了 5 次,平均气温和最高气温各出现了 3 次、最低气温出现 1 次,说明降水量是凉山州各地影响烤烟气象产量的最主要因子,其次是日照时数,再其次是平均气温和最高气温。(2)大多数关键气象因子影响系数既有正效应也有负效应。除普格县的日照时数在各旬为正效应和越西县的平均气温在各旬为负效应外,其余地方各

关键因子对烤烟气象产量的影响系数既有正效应,也有负效应。(3)气温影响系数的动态变化幅度远大于降水量和日照时数。无论是凉山州、西昌市、盐源县的最高气温,还是德昌县、会理县的平均气温对气象产量的影响系数随时间移动的变化幅度远大于同为关键气象因子的降水量、日照时数。(4)宁南县和会东县两地的关键气象因子相同且动态影响变化相似,两地的关键因子均为降水量和日照时数;两地降水量和日照时数影响系数随时间变化的趋势基本一致,并相交于 8 月中旬,两关键因子影响系数的变化幅度会东县大于宁南县,说明降水和日照在会东县的影响程度大于宁南县。



注:“中/3”为3月中旬,“上/4”为4月上旬,“下/4”为4月下旬,其余以此类推。

图3 气象因子对烤烟产量的动态影响

2.4 烤烟气象产量的综合模型

烤烟气象产量积分回模型模拟误差仍较大,利用上述各地的2个关键因子模拟值作为因子与实际气象产量进行回归,得到各地烤烟气象产量综合模

型,如表6所示。从各地综合模型 F 检验来看,均通过信度 0.01 的极显著性检验,模拟误差绝对值的平均为 $50 \sim 85 \text{ kg/hm}^2$,占烤烟单产的比例为 $2.4\% \sim 4.6\%$,达到较高的精度,取得较好的应用效果。

表 6 烤烟气象产量综合模拟模型

地名	综合模型	<i>F</i>	模拟误差/(kg·hm ⁻²)	误差占平均单产的比例/%
凉山州	$Yw=0.083+0.593T_{\max}+0.778R$	14.4 ^{***}	64.5	3.1
西昌市	$Yw=0.113+1.08T_{\max}+1.113R$	11.1 ^{***}	81.2	4.2
德昌县	$Yw=-0.093+1.07T_{\text{avg}}+1.041R$	15.5 ^{***}	61.5	3.1
普格县	$Yw=-0.003+0.361R+0.815S$	15.9 ^{***}	42.3	2.9
会东县	$Yw=0.075+0.757R+0.682S$	13.2 ^{***}	52.1	2.4
宁南县	$Yw=0.142+0.7R+0.902S$	10.4 ^{***}	70.5	3.7
盐源县	$Yw=0.035+0.754T_{\max}+0.947R$	8.7 ^{***}	78.2	4.6
冕宁县	$Yw=0.022+0.828R+0.451S$	12.4 ^{***}	50.6	2.2
越西县	$Yw=0.1+0.336T_{\text{avg}}+0.782T_{\min}$	11.1 ^{***}	58.4	3.0
会理县	$Yw=0.013+0.165T_{\text{avg}}+0.957S$	9.4 ^{***}	85.5	3.8

注:模拟偏差为产量模拟偏差绝对值的平均值。

3 结论

1)影响凉山州烤烟气象产量的关键气象因子是降水量、日照时数、平均气温、最高气温和最低气温,其中降水量和日照时数是最主要的影响因子。

2)大多数关键气象因子对烤烟气象产量的影响既有正效应也有负效应,个别地方的关键气象因

子对烤烟各个生育阶段全部为正效应或负效应。

3)降水量和日照时数对烤烟的动态影响比气温的影响更为稳定,随时间的变化幅度相对较小。

4)宁南和会东两地的关键气象因子相同且动态影响变化相似。

5)用各地关键气象因子建立的烤烟气象产量模型的模拟误差占烤烟单产的比例仅 2.4%~4.6%,模拟精度高,模拟效果较好。

参考文献:

[1] 王菊萍,和红.凉山州农业生态环境问题分析[J].西昌学院学报(自然科学版),2004(4):123-125.

[2] 周国兵.浅谈凉山亚热带区系野生牛肝菌种类及分布[J].西昌学院学报(自然科学版),2008(2):17-20.

[3] 王晖,邢小军,许自成.凉山州主要气候因素与烤烟质量特点分析[J].中国农业气象,2007,28(4):420-425.

[4] 许卫猛,阳波,张定志,等.双行凹型垄栽培对山地烤烟产量品质的影响[J].西南师范大学学报(自然科学版),2014,19(2):56-60.

[5] 李再胜,向裕华,蒋加奇,等.不同前茬对攀枝花烤烟产量和质量的影响[J].西昌学院学报(自然科学版).2019,33(11):10-12.

[6] 喻路,刘剑全,王娜,等.不同规格育苗盘对膜下小苗烟苗素质及烟叶产量产值的影响[J].中国烟草学报 2017,23(1):57-61.

[7] 杨章明,杨军伟,庞良玉,等.膜下滴灌施肥对攀枝花烤烟产质量的影响[J].中国农学通报,2019,35(10):30-35.

[8] 郭明全,张宗锦,胡建新,等.攀枝花烟区云烟 97 氮磷钾施用量优化[J].四川农业大学学报,2012,30(3):278-282+307.

[9] 陈振国,李进平,等.不同水肥条件对烤烟产量和质量的影响[J].湖北农业科学,2018,57(2):87-91.

[10] 李姗姗,刘国顺,张玉丰.施氮量对凉山烤烟产量和品质的影响[J].河南农业大学学报.2008,42(1):14-17.

[11] 吕世保,杨焕文,李军营,等.不同降雨量条件下氮肥减施对云南烤烟产质量的影响[J].山东农业科学,2018,19(2):98-104.

[12] 冯德花,李大肥,王邴,等.文山州烤烟大田期气候特征和气候风险分析[J].气象研究与应用.2018,39(4):46-50+57+108.

[13] 雷蕾,袁媛,胡晓,等.商洛市烤烟生长期主要气象灾害区划及建议[J].陕西农业科学.2019,65(3):88-90.

[14] 刘琰琰,李海燕,陈超,等.攀西地区烤烟气候适宜性评价指标建立及应用[J].四川农业大学学报,2015,33(3):299-305.

[15] 金焱,张玉芳,刘琰琰,等.攀西地区烤烟气候减产风险分析和区划[J].江苏农业科学,2019,47(16):260-263

[16] 杨颜.黔东南州烤烟品种区域适应性研究[J].现代农业科技,2019(4):28-29.

[17] 蒋斌,田野,尚峰,等.黔西南优质烤烟种植分区农业气象关键因子研究[J].安徽农业科学.2010,39(18):9681-9683.

[18] 张继旭,张忠锋,刘文涛,等.不同光照强度对烤烟中上部叶片结构及物理性状的影响[J].西南农业学报.2018,31(2):322-326.

- [19] 李小芳,赵鹏,张向荣,等.生育期气候因子对陕西安康烟区烤烟产量、质量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(9):97-102.
- [20] 张慢慢,邵惠芳,许自成,等.烤烟产量与气候因子的关系分析[J].河南农业科学.2016,45(7):34-38.
- [21] 王连喜,尹远渊,朱勇,等.云南省烤烟品质与气象条件的关系及综合评价研究[J].中国农学通报,2012,28(4):103-108.
- [22] 杨坤,杨焕文,李佛琳,等.丽江烟区生态条件及烤烟化学成分分析[J].中国农业气象,2011,32(2):94-99.
- [23] 杨静,陈杰杨,如松,等.烤烟产量和品质影响因素研究进展(英文)[J].Agricultural Science & Technology,2015,16(4):820-825.
- [24] 李强,仲晓君,王瑞宝,等.高海拔地区光强减弱对烤烟生长发育和产量的影响[J].江西农业大学学报,2016,38(6):1042-1048.
- [25] 梁伟,张黎明,范协裕,等.基于 GIS 技术的福建省烟区烤烟产量估测与分区[J].湖北农业科学,2013,52(10):2514-2520.
- [26] 张慢慢,邵惠芳,郑劲民,等.烤烟产量的主要影响因素及预测方法研究进展[J].江西农业学报,2014,26(10):76-80.
- [27] 宋文静,靳志伟,许建,等.热量资源配置对甘肃烤烟生育期及品质的影响[J].江苏农业科学,2018,46(8):74-77.
- [28] 周裕,张德元,汪彬,等.气象因子对烟叶品质的影响[J].湖南农业科学.2010,36(8):35-36+42.
- [29] 肖金香刘正和王燕何,等.气候生态因素对烤烟产量与品质的影响及植烟措施研究[J].中国生态农业学报,2003,11(4):158-160.
- [30] 魏淑秋.农业气象统计[M].福州:福建科学技术出版社,1985:157-162.

(上接第 14 页)

- [37] LI C, HU M, JIANG S, et al. Evaluation procoagulant activity and mechanism of astragalín [J]. Molecules, 2020, 25(1):177.
- [38] IVANOV M, KANNAN A, STOJKOVIC D, et al. Revealing the astragalín mode of anticandidal action [J]. Excli Journal, 2020, 19:1436-1445.
- [39] HAN X X, JIANG Y P, LIU N, et al. Protective effects of Astragalín on spermatogenesis in streptozotocin-induced diabetes in male mice by improving antioxidant activity and inhibiting inflammation[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2019, 110:561-570.
- [40] HU X, WANG M, PAN Y, et al. Anti-inflammatory effect of astragalín and chlorogenic acid on escherichia coli-induced inflammation of sheep endometrial epithelium cells[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2020, 7:201.
- [41] YANG M, LI W Y, XIE J, et al. Astragalín inhibits the proliferation and migration of human colon cancer HCT116 cells by regulating the NF- κ B signaling pathway[J]. Frontiers in Pharmacology, 2021, 12:639256.