

陈小敏,李伟光,陈汇林,等.海南岛橡胶割胶气候适宜度评价指标的建立及应用——以儋州市为例[J].江苏农业科学,2019,47(15):278-281.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.15.064

海南岛橡胶割胶气候适宜度评价指标的建立及应用 ——以儋州市为例

陈小敏^{1,2}, 李伟光^{1,2}, 陈汇林^{1,2}, 刘少军^{1,2}, 张京红^{2,3}, 吴青兰^{2,4}

(1. 海南省气象科学研究所, 海南海口 570203; 2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南海口 570203;

3. 海南省气候中心, 海南海口 570203; 4. 海南省儋州市气象局, 海南儋州 571700)

摘要:建立海南儋州地区橡胶割胶期气候适宜性评价指标和模型。对比绝对值法、归一化法、相关系数法等 3 种方法确定权重系数建立气候适宜指数的优劣;建立产量丰歉指数和气候适宜度指数的关系模型,确定气候适宜性评价指标。研究表明,相关系数法建立气候适宜度指数效果最优;产量丰歉指数与气候适宜度指数整体呈显著或极显著相关关系;各个时段指标回代检验准确率在 70% 以上。研究结果可用于评价气候条件对橡胶割胶和产量形成的适宜程度。

关键词:天然橡胶;割胶;气候适宜性;评价指标;儋州

中图分类号: S162.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)15-0278-04

天然橡胶是国际战略物质,直接关系到国家经济发展、政治稳定和国防安全。海南岛天然橡胶种植规模占全国的 1/2 左右,至 2016 年,海南岛橡胶种植面积达 54.1 万 hm^2 ,干胶年产量 35 万 $\text{t}^{[1]}$ 。而儋州市位于海南岛西北部,是橡胶海南引种的第 1 站,也是全省种植面积和产量排名第 1 的市(县),种植面积和产量占全岛的 1/5 左右^[1],已成为该地区农户收入的主要来源。橡胶产量和质量容易受气候生态环境的影响和制约,如 2005 年“达维”台风等造成儋州市橡胶林不同程度的折枝或倒伏^[2-5];2008 年年初海南岛持续 24 d 的低温阴雨过程,导致西北部内陆橡胶树出现严重寒害灾害^[6-9];2010 年海南出现严重干旱,导致大量橡胶树叶片枯黄脱落,严重影响割胶^[10]。可见橡胶树生长发育、割胶作业和产量与气候条件适宜性密切相关^[11-14]。因此建立橡胶割胶气候适宜性评价指标,对科学指导和调整橡胶种植产区,合理利用气候资源,最大限度地避免、抵御不利气候条件的影响,提高橡胶产量具有重要意义。

近年来,随着现代农业生产水平的发展,农业生产对农业气象业务提出了量化和精细化的要求,如利用作物对日照、温度、水分的适宜情况来研究作物适宜种植区,评价气象要素对作物生长发育和产量形成的优劣或适宜程度,获得了很多研究成果^[15-17]。也有专家利用气候适宜度模型,结合作物气象产量进行统计分析,确定评价气候适宜度诊断指标的阈值,构建适宜度诊断指标^[18-20]。关于天然橡胶的气候适宜度研究鲜有报道,刘少军等利用温度、降水量和降水日数、日照、风

速等气象要素建立模型,定量评价海南橡胶在叶片生长期的气候适宜性^[21],而对割胶期的气候适宜性分析未见报道。因此,本研究通过建模的方法,构建适宜性评价指标,对儋州地区橡胶割胶气候适宜性进行定量分析,以期对橡胶产量丰歉提供综合定量分析方法,为政府、橡胶期货和农户的橡胶生产、产量估算提供参考。

1 材料与方法

1.1 资料来源

儋州市位于海南省西北部,地处东亚大陆季风气候的南缘,属热带季风气候,夏无酷暑,冬无严寒,阳光充足,雨量充沛。常年平均气温为 23.5 $^{\circ}\text{C}$,最热月(7 月)的平均温度为 28.0 $^{\circ}\text{C}$,最冷月(1 月)的平均气温为 17.8 $^{\circ}\text{C}$;年平均降水量为 1 815 mm,年均日照时数为 1 967 h。

本研究采用海南省气象信息中心提供的儋州市气象站(109.5833 $^{\circ}\text{E}$ 、19.5167 $^{\circ}\text{N}$)气象资料,选取 1961—2017 年逐日气象要素,包括平均气温、最低气温、降水量、降水日数、日照时数和风速等进行分析。1989—2017 年橡胶单产数据来源于海南省统计局。

1.2 数据处理方法

橡胶单产丰歉指数的计算方法^[22],

$$K_{ji} = \frac{y_i - \bar{y}_i}{y_i} \quad (1)$$

式中: K_{ji} 是第 i 年产量丰歉指数; y_i 是第 i 年的实际单产值; \bar{y}_i 是近 5 年单产的滑动平均值。

2 橡胶割胶气候适宜度模型的构建

2.1 单要素适宜度模型

参考侯英雨等的方法^[16-21],分别建立橡胶割胶温度、日照时数、降水量、降水日数、风速的适宜度模型。

温度适宜度模型为

收稿日期:2018-04-03

基金项目:国家自然科学基金(编号:41765007、41675113、41265007)。

作者简介:陈小敏(1984—),女,海南儋州人,硕士,高级工程师,主要从事农业气候资源应用、农业气象灾害分析研究。E-mail: xiaominc2002@163.com。

通信作者:李伟光,硕士,高级工程师,主要从事生态遥感与气候变化研究。E-mail:163great@163.com。

$$S_T = \frac{(T - T_1)(T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B}; \quad (2)$$

$$B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1}。 \quad (3)$$

式中: T 表示日割胶温度(由于割胶作业通常安排在 02:00—09:00, 因此 T 值处理为日最低气温和日平均气温值的平均值); T_1 、 T_2 、 T_0 分别为研究时间段内橡胶生长的最低温度、最高温度、最适宜温度; S_T 表示温度为 T 时的温度适宜度; B 表示最高温度和最适宜温度的差值与最适宜温度和最低温度差值之比。

日照时数适宜度模型为

$$S_s = \begin{cases} e^{-(S - S_0)/b} & S > S_0 \\ 1 & S \geq S_0 \end{cases}。 \quad (4)$$

式中: S_s 为日照时数适宜度; S 为实际日照时数; S_0 为特定地区特定时间可照时数的 55%; b 为常数^[23]。

降水适宜度模型为

$$S_p = (S_r + S_d)/2。 \quad (5)$$

式中: S_p 表示割胶期降水适宜度; S_r 为橡胶割胶期降水量适宜度; S_d 为橡胶割胶期降水日数适宜度。

其中降水量适宜度模型为

$$S_r = \begin{cases} R/R_1 & R < R_1 \\ 1 & R \geq R_1 \end{cases}。 \quad (6)$$

式中: S_r 为割胶期降水量适宜度; R_1 为割胶期适宜降水量; R

为生育期内的实际降水量。

降水日数适宜度模型为

$$S_d = \begin{cases} d/d_1 & d \leq d_1 \\ 1 & d_1 < d < d_h \\ d_h/d & d \geq d_h \end{cases}。 \quad (7)$$

式中: S_d 为割胶期降水日数适宜度; d_1 、 d_h 为橡胶割胶期适宜降水日数的下限和上限; d 为橡胶割胶期内实际降水日数。

风速适宜度模型为

$$S_v = \begin{cases} 1 & v \leq v_l \\ (29/9) \times (v_h - v)/v_h & v_l < v < v_h \\ 0 & v \geq v_h \end{cases}。 \quad (8)$$

式中: S_v 为橡胶割胶期的风速适宜度; v 为实际风速; v_l 、 v_h 为橡胶割胶期适宜风速的下限和上限。

2.2 多要素气候适宜度模型

气候适宜度模型综合考虑了温度、日照时数、降水量、降水日数和风速等多个要素对割胶的影响, 在文献[16—17]的基础上, 采用几何平均和综合乘积的方法, 建立橡胶割胶期综合气候适宜度模型:

$$S = \sqrt[4]{S_T \times S_s \times S_p \times S_v}。 \quad (9)$$

2.3 割胶适宜度模型中指标的确定

参照华南热带作物研究院等的相关文献[11—14], 根据橡胶树生长对温度、降水、光照、风速条件的要求, 确立橡胶割胶适宜度模型中各个割胶指标(表 1)。

表 1 橡胶割胶期适宜度评价指标

温度(℃)			降水量(mm)	降水日数(d)		日照时数(h)		风速(m/s)	
T_1	T_2	T_0	R_1	d_l	d_h	S_0	b	W_l	W_h
18	28	23	150	10	16	6.0~7.3	5.1	1.9	2.9

2.4 割胶期气候适宜度模型的构建

天然橡胶的产量高低与其生长过程中的光、温、水、风条件配置有紧密关系, 而且在不同生长时段对光、温、水、风的需求和敏感度存在很大差异。橡胶割胶期的气候适宜度指数, 主要由割胶期间各月气候适宜度的加权集成构成, 加权过程中权重系数的确定对指数的构建及最终产量预报的准确性具有重要意义。其中, 权重系数采用绝对值法、归一化法和相关系数法等 3 种方法进行计算^[23—24]。

(1) 绝对值法。月气候适宜度与橡胶气象产量的相关系数为月相关系数的绝对值除以全生育期所有月的相关系数绝对值的总和, 具体公式为

$$K_i = \frac{|R_i|}{\sum_{i=1}^n |R_i|}。 \quad (10)$$

式中: K_i 为第 i 月的权重系数; R_i 为第 i 月气候适宜度与气象产量的相关系数; n 为月份。

(2) 归一化法。将气候适宜度与橡胶气象产量逐月的相关系数进行归一化, 消除正负号的影响, 为

$$R_{si} = \frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}}。 \quad (11)$$

式中: R_{si} 为相关系数的标准化值; R_i 为相关系数系列当前值; R_{\max} 为相关系数系列最大值; R_{\min} 为相关系数系列最小值。

采用逐月相关系数归一化数值与全生育期各月相关系数

归一化数值之和的比值作为该月气候适宜度的权重系数(K_i)。

$$K_i = \frac{R_{si}}{\sum_{i=1}^n R_{si}}。 \quad (12)$$

(3) 相关系数法。计算各月气候适宜度与橡胶气象产量的相关系数, 各月气候适宜度的权重系数 K_i 为:

$$K_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}。 \quad (13)$$

(4) 气候适宜度指数。割胶时期不同月份气候适宜度的加权集成构成了割胶期气候适宜度指数, 为

$$CSI = \sum K_i \times C_i。 \quad (14)$$

式中: CSI 为气候适宜度指数; C_i 为第 i 月的气候适宜度。

2.5 气候适宜性评价指标的建立

利用 1989—2016 年的气象和产量资料, 通过最小二乘法构建儋州地区割胶期的气候适宜指数(S)和产量丰歉指数(K_{yi})的回归模型, 其中 a 和 b 为回归模型系数:

$$K_{yi} = aS - b。 \quad (15)$$

参照气象行业标准《主要粮食作物产量年景等级》^[22]可将年份分为丰年、偏丰年、持平略增、持平略减、偏歉年、歉年等 6 种类型, 对应的产量丰歉指数分别为 $K_{yi} > 11\%$ 、 $4\% < K_{yi} \leq 11\%$ 、 $0\% < K_{yi} \leq 4\%$ 、 $-4\% < K_{yi} \leq 0\%$ 、 $-11\% < K_{yi} \leq -4\%$ 、 $K_{yi} < -11\%$ 。

-4%、 $K_{yi} \leq -11\%$ 。对照这 6 种年型,可将产量丰歉指数的界限值分别代入公式(15)的回归模型中,得到各区域产量丰歉所对应的割胶期气候适宜度指数的临界值,即割胶期气候适宜性评价指标标准。

3 结果与分析

3.1 气候适宜度指数模型检验

分别利用绝对值法、归一化法、相关系数法确定权重系

数,建立儋州地区橡胶割胶期单要素适宜度指数,并与产量丰歉指数作相关统计分析。结果(表 2)表明,除了降水适宜度指数、绝对值法的温度适宜度指数与产量丰歉指数的相关系数未能通过显著检验外,其他的温度、日照时数、风速及气候适宜度指数与产量丰歉指数的相关性都通过了显著性水平检验。其中,相关系数法得到的相关系数数值总体最优,归一化法次之,绝对值法最低,可见,相关系数法和归一化法得出的适宜度指数更能准确地反映割胶期气象因子与产量的关系。

表 2 各要素适宜度指数与产量丰歉指数的相关系数

方法	温度适宜度	日照时数适宜度	降水适宜度	风速适宜度	气候适宜度
绝对值法	0.370	0.486 *	-0.190	0.645 **	0.608 **
归一化法	0.480 *	0.721 **	-0.102	0.701 **	0.623 **
相关系数法	0.503 *	0.716 **	-0.278	0.721 **	0.626 **

注: * 代表通过了 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验, ** 代表通过了 $\alpha=0.01$ 显著性水平检验。表 3 同。

3.2 适宜性评价指标模型的确立及检验

3.2.1 适宜性评价指标模型的确立 利用近 18 年的气象和产量资料,以最优的相关系数法,确定儋州地区橡胶割胶期的气候适宜度指数(S)和产量丰歉指数(K_{yi})的回归模型(表 3)。经检验,除 1—2 月、1—3 月气候适宜度没有通过 0.05 显著性水平的检验外,其他时期的月适宜度累计值均通过 0.05 或 0.01 显著性水平的检验。

3.2.2 适宜性评价指标的确定 将橡胶产量丰歉指数的界限值分别代入表 3 的回归模型中,得到不同阶段产量丰歉所对应的气候适宜度指数的临界值,即橡胶气候适宜性评价

指标。

3.2.3 适宜性评价指标的检验 根据儋州地区 1999—2016 年的单产资料计算历年产量丰歉指数,确定每年的丰歉年型及适宜等级。利用不同月累计适宜度模型,计算橡胶割胶期的气候适宜度指数,并确定适宜等级(表 4),对气候适宜性评价指标的效果进行检验。若由气候适宜度指数确定的适宜等级与产量丰歉指数得到的等级一样,赋予分值 100 分;若上下相差 1 个等级,赋予分值 80 分;若相差 2 个等级,赋予分值 50 分;若相差 3 个等级及以上,赋予分值 0 分。从表 5 可以看出,橡胶割胶期气候适宜度指数和产量丰歉指数的评价结果一致性平均分值在 70 分以上,其中 1—5 月分值较低;6 月以后,分值逐渐升高,12 月达最大值,为 75 分。

3.2.4 适宜性评价指标的应用 利用 2017 年儋州地区气象资料计算不同阶段的气候适宜度指数,对照表 4 得出橡胶丰歉情况。从表 6 可以看出,2—10 月预报数据为偏丰年,11 月为丰年,12 月为偏歉年,而 2017 年统计局的统计结果为较往年持平略增,说明该气候适宜度模型能够较为准确地反映橡胶割胶不同阶段内气候条件的适宜程度及气象产量。因此认为,建立的气候适宜性评价指标模型,基本可对气象产量预估方面的业务应用。

4 结论与讨论

以往对作物气候适宜度研究多集中在大宗作物如玉

表 3 不同月份气候适宜度指数与产量丰歉指数的回归模型

月适宜度累计值	回归方程式	R
1—2 月	$S=1.476\ 4K_y-0.121\ 7$	0.466
1—3 月	$S=1.399\ 5K_y-0.154\ 1$	0.461
1—4 月	$S=1.669\ 9K_y-0.261\ 0$	0.517 *
1—5 月	$S=1.730\ 6K_y-0.400\ 3$	0.549 *
1—6 月	$S=1.774\ 6K_y-0.692\ 8$	0.657 **
1—7 月	$S=1.830\ 9K_y-0.781\ 2$	0.671 **
1—8 月	$S=1.681\ 8K_y-0.961\ 0$	0.694 **
1—9 月	$S=1.371\ K_y-1.202\ 7$	0.733 **
1—10 月	$S=1.679\ 4K_y-1.084\ 5$	0.729 **
1—11 月	$S=1.513\ 7K_y-0.841\ 7$	0.719 **
1—12 月	$S=1.337\ 1K_y-0.808\ 7$	0.702 **

表 4 不同阶段气候适宜性评价指标

预报月份	丰年	偏丰年	持平略增	持平略减	偏歉年	歉年
2	(0.94,1.00]	(0.66,0.94]	(0.49,0.66]	(0.33,0.49]	(0.05,0.33]	(0,0.05]
3	(0.75,1.00]	(0.55,0.75]	(0.44,0.55]	(0.33,0.44]	(0.13,0.44]	(0,0.13]
4	(0.67,1.00]	(0.54,0.67]	(0.47,0.54]	(0.40,0.47]	(0.27,0.40]	(0,0.27]
5	(0.71,1.00]	(0.61,0.71]	(0.56,0.61]	(0.50,0.56]	(0.40,0.50]	(0,0.40]
6	(0.90,1.00]	(0.83,0.90]	(0.78,0.83]	(0.74,0.78]	(0.66,0.74]	(0,0.66]
7	(0.83,1.00]	(0.77,0.83]	(0.73,0.77]	(0.69,0.73]	(0.63,0.69]	(0,0.63]
8	(0.96,1.00]	(0.89,0.96]	(0.86,0.89]	(0.82,0.86]	(0.76,0.82]	(0,0.76]
9	(0.98,1.00]	(0.96,0.98]	(0.93,0.96]	(0.90,0.93]	(0.84,0.90]	(0,0.84]
10	(0.85,1.00]	(0.80,0.85]	(0.77,0.80]	(0.75,0.77]	(0.70,0.75]	(0,0.70]
11	(0.69,1.00]	(0.64,0.69]	(0.61,0.64]	(0.58,0.64]	(0.53,0.58]	(0,0.58]
12	(0.69,1.00]	(0.63,0.69]	(0.60,0.63]	(0.57,0.63]	(0.52,0.57]	(0,0.52]

表 5 橡胶割胶期气候适宜性评价指标检验

预报月份	平均得分(分)
2	70.7
3	70.7
4	65.0
5	67.1
6	72.1
7	72.1
8	72.1
9	72.1
10	72.1
11	70.7
12	75.0

表 6 橡胶气候适宜性评价指标 2017 年应用检验

2017 产量丰歉指数	+2.9%(持平略增)
气候实际情况	偏丰年
2	偏丰年
3	偏丰年
4	偏丰年
5	偏丰年
6	偏丰年
7	偏丰年
8	偏丰年
9	偏丰年
10	偏丰年
11	丰年
12	偏歉年

米^[15~16]、小麦^[18]、水稻^[19]等,它们多数为一年生作物,针对多年生木本植物及其特殊产品和产量构成的研究不多。本研究结合橡胶不同时段对气候条件的要求,构建了儋州地区橡胶温度、日照时数、降水量、降水日数、风速等气候适宜度模型。利用不同时段橡胶气候适宜度与产量丰歉指数的关系,采用相关系数法、归一化法、绝对值法等 3 种方法确定权重系数,并选择效果最优的相关系数法进行计算,提高了气候适宜度指数模型的准确性。根据相关系数法建立的气候适宜度指数模型,结合产量丰歉指数阈值,建立了不同阶段橡胶气候适宜性评价指标。1999—2016 年的数据检验结果表明,准确率平均分在 70 分以上,预报时间越往后,预报准确率越高。2017 年模型应用结果较好,产量丰歉指数预报结果与实际气候情况基本一致,大部分时段二者相差一个等级,说明该气候适宜度指标模型大部分时期能较为准确地反映橡胶割胶期气候条件的适宜程度,基本满足业务对气象产量预估方面的应用。

本研究气候适宜度模型中的降水利用月降水量、月降水日数表达,是考虑到站点历史资料尚未分离小时降水,直接用日降水量不能准确表达对橡胶产量的影响。如割胶作业在凌晨进行,降水容易造成“雨冲胶”;但是午后降水,对高大的母本植物却非常有利。今后我们将利用 00:00—12:00 的降水量进行降水适宜度模型的计算。另外,由于橡胶是多年生植物,橡胶单产不仅跟当年气象条件有关,还跟往年气候条件息息相关。例如一次强台风,导致橡胶断倒、死亡,株数减少^[5],可以影响到次年甚至之后几年橡胶产量。同时,橡胶产量与当地割胶农户割胶的意愿也有很大关系,干胶价格大

涨,胶农采取多种手段增加产量;价格低迷,割胶农户放弃割胶。这些均可能是造成指标评价的适宜性与实际情况存在一定偏差的原因。

参考文献:

- [1] 海南省统计局. 海南省统计年鉴(2017)[J]. 北京:中国统计出版社,2017.
- [2] 刘少军,张京红,蔡大鑫,等. 台风对天然橡胶影响评估模型研究[J]. 自然灾害学报,2014,23(1):155-160.
- [3] 张京红,刘少军,蔡大鑫. 基于 GIS 的海南岛橡胶林风害评估技术及应用[J]. 自然灾害学报,2013,22(4):175-181.
- [4] 刘少军,张京红,蔡大鑫,等. Landsat 8 在橡胶林台风灾害监测中的应用[J]. 自然灾害学报,2016,25(2):53-58.
- [5] 杨少琼,莫业勇,范恩伟. 台风对橡胶树的影响[J]. 热带作物学报,1995,16(1):17-28.
- [6] 阙丽艳,谢贵水,陶忠良,等. 海南省 2007/2008 年冬橡胶树寒害情况浅析[J]. 中国农学通报,2009,25(10):251-257.
- [7] 陈小敏,陈汇林,陶忠良. 2008 年初海南橡胶寒害遥感监测初探[J]. 自然灾害学报,2013,22(1):24-28.
- [8] 刘少军,周广胜,房世波. 1961—2010 年中国橡胶寒害的时空分布特征[J]. 生态学杂志,2015,34(5):1282-1288.
- [9] 邱志荣,刘霞,王光琼,等. 海南岛天然橡胶寒害空间分布特征研究[J]. 热带农业科学,2013,33(11):67-69,74.
- [10] 李海亮,戴声佩,陈帮乾,等. 基于 HJ-1A/1B 数据的天然橡胶干旱监测[J]. 农业工程学报,2016,32(23):176-182.
- [11] 郭玉清,张汝. 气象条件与橡胶树产胶量的关系[J]. 云南热作科技,1980(1):8-11.
- [12] 杨铨. 几种气象因子与产胶量的关系[J]. 中国农业气象,1987(1):42-44.
- [13] 李国尧,王权宝,李玉英,等. 橡胶树产胶量影响因素[J]. 生态学杂志,2014,33(2):510-517.
- [14] 华南热带作物学院. 橡胶栽培学[M]. 2 版. 北京:农业出版社,1989.
- [15] 谭方颖,宋迎波,毛留喜,等. 东北地区玉米气候适宜评价指标的确定与验证[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(5):234-239.
- [16] 侯英雨,张艳红,王良宇,等. 东北地区春玉米气候适宜度模型[J]. 应用生态学报,2013,24(11):3207-3212.
- [17] 金志凤,叶建刚,杨再强,等. 浙江省茶叶生长的气候适宜性[J]. 应用生态学报,2014,25(4):967-973.
- [18] 宋迎波,王建林,李昊宇,等. 冬小麦气候适宜诊断指标确定方法探讨[J]. 气象,2013,39(6):768-773.
- [19] 张建军,马晓群,许莹. 安徽省一季稻生长气候适宜性评价指标的建立与试用[J]. 气象,2013,39(1):88-93.
- [20] 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.
- [21] 刘少军,房世波. 海南岛天然橡胶气候适宜性及变化趋势分析——以第一蓬叶生长期为例[J]. 农业现代化研究,2015,36(6):1062-1066.
- [22] 中国气象局. 主要粮食作物产量年景等级: QX/T 335—2016[S]. 北京:中国气象出版社,2017.
- [23] 黄璜. 中国红壤壤地区作物生产的气候生态适应性研究[J]. 自然资源学报,1996,11(4):340-346.
- [24] 邱美娟,宋迎波,王建林,等. 农业气象产量预报方法中权重系数的确定[J]. 气象与环境学报,2016,32(2):106-111.