

李伟光,刘少军,陈小敏,等. 中国橡胶的气候生产潜力[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):281-284.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.12.055

中国橡胶的气候生产潜力

李伟光, 刘少军, 陈小敏, 佟金鹤

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

摘要:基于联合国粮农组织(FAO)开发的农业生态区划(AEZ)模型和专业气候插值软件 ANUSPLIN 插值的常年逐月太阳总辐射、温度及降水数据,计算了我国 25°N 以南的区域橡胶树的气候生产潜力,并通过天然橡胶的干物质分配率估算了天然橡胶的产胶潜力。结果表明,我国最适宜橡胶生长的区域在海南岛及云南的西双版纳地区。温度是制约我国橡胶生长的限制因素,云南高原、海南岛是我国橡胶光合生长潜力的 2 个高值区,但是云南高原区由于温度限制,橡胶生长潜力下降非常显著。在西双版纳和海南岛,降水因素仅是海南岛西部地区的限制因素。

关键词:中国橡胶;生产潜力;光合潜力;光温潜力;气候潜力;产胶潜力;干物质分配率

中图分类号:S794.105;S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)12-0281-04

农作物生长对气候资源的需求十分敏感^[1-3]。不同气候类型中光、热、水等气候资源的数量及其匹配影响着农作物生产潜力乃至生产布局和种植制度等。随着高效农业的发展,农业资源利用率逐渐提高,对农业气候生产潜力的研究也受到越来越多的重视^[4-7]。

天然橡胶是国防和工业建设中不可或缺的重要原料。海南省作为中国最大的天然橡胶生产基地,受制于土地资源条件限制,天然橡胶产量与世界产胶大国相比差距较大。通过天然橡胶气候产胶潜力研究,可得到制约橡胶产量的气候因子,掌握产胶潜力与实际产量之间的差距及形成原因,进而寻求解决方案,指导海南橡胶发展^[8]。对提高胶农收入和农村经济发展具有重要意义。

目前,已有学者基于中分辨率成像光谱仪(MODIS)和气象数据利用净初级生产力遥感估算海南省国营阳江农场天然橡胶的产胶潜力^[9]。该研究对典型区域气候资源的开发利用起到了示范作用,但更大橡胶种植范围的研究目前尚缺乏。农业气候生产潜力取决于光、温、水三要素的高低及其相互配合情况^[10-12]。因此,本研究采用专业气候插值软件 Anusplin 插值的常年逐月辐射、气温和降水数据,对我国橡胶气候生产潜力时空变化特征进

行分析,以期为提高我国热量气候资源利用率、调整橡胶生产布局提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

主要研究我国 25°N 以南陆地区域,主要包含广东省、广西壮族自治区、云南省和海南省 4 个省(区)的部分地区。这部分地区属亚热带、热带季风气候区,地形复杂多样,是我国热量资源最充足的地区,光照较多,干季、雨季明显,是我国橡胶生长的潜在区域。

1.2 研究数据

气候数据基于中国气象站点,运用专业气候插值软件 Anusplin 插值得到我国常年气温和降水栅格数据,该数据空间分辨率为 1 km,时间分辨率为月。气象要素插值软件 Anusplin 是一款基于薄盘光滑样条理论专门针对气候数据拟合插值的软件^[13],同其他插值方法相比,Anusplin 能够反映气象要素随其影响因子变化而变化的关系^[14],插值精度显著高于反向局里权重法和克里格等方法^[15]。本研究利用 Anusplin,将海拔高程作为协变量,对月平均气温、太阳总辐射、降水进行栅格处理。

1.3 计算方法

本研究以联合国粮农组织(FAO)开发的农业生态区划(agro-ecological zone,简称 AEZ)模型为理论依据,分光、热、水 3 步估算橡胶树的气候生产潜力^[16],以期通过生产潜力的计算,分析影响橡胶产胶量的气候因素,从而有针对性地寻求提高橡胶

收稿日期:2019-07-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:41765007);海南省自然科学基金(编号:903295707001)。

作者简介:李伟光(1981—),男,山东济南人,硕士,高级工程师,主要从事生态遥感监测与评估研究。E-mail:163great@163.com。

产量的途径。

1.3.1 光合生产潜力 光合生产潜力是假设影响作物生长的其他因素处于最佳配比时,由太阳辐射带来的能量能合成的所有干物质生产量。光合生长潜力(Y_0)估算公式为

$$Y_0 = PAR \times \varepsilon. \quad (1)$$

式中: PAR 为到达地表的光合有效辐射, $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ 。它可由太阳总辐射(Q)通过 $PAR = 0.47Q^{[9]}$ 求得; ε 为橡胶树的最大光能利用率,本研究采用落叶阔叶林的模拟结果 $0.692 \text{ g}/\text{MJ}$ (质量以 C 计,下同)作为天然橡胶林的最大光能利用率^[17]。

1.3.2 光温生产潜力 光温生产潜力是假设作物除光、温度外其他因素处于最适状态时,光温限制条件下光合累积的上限。光温生产潜力(Y_m)估算公式为:

$$Y_m = Y_0 \times \sigma T; \quad (2)$$

$$\sigma T = [(T - T_1)(T_2 - T)^B] / [(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B]; \quad (3)$$

$$B = (T_2 - T_0) / (T_0 - T_1). \quad (4)$$

式中: T 是发育期的平均气温, T_1 、 T_2 和 T_0 分别是该发育期内作物生长发育的下限温度、上限温度和产量形成的最适温度,且当 $T \leq T_1$ 时, σT 为 0。本研究计算所采取的上限、下限温度和最适温度取自文献[18]。

1.3.3 气候生产潜力 作物气候生产潜力是在光照、温度、降水 3 种自然因子条件下,橡胶所能实现的最大生产力。气候生产潜力是通过水分校正系数修正光温生产潜力所得。气候生产潜力估算公式如下:

$$Y_p = Y_m \times \sigma E. \quad (5)$$

式中: σE 反映了植被所有利用的有效水分条件对光能利用率的影响,随着环境中有效水分的增加, σE 逐渐增大。它的取值范围为 0.5 (极端干旱条件下)到 1 (非常湿润条件下),大气水分含量对橡胶林光能利用率的影响系数 σE 由公式(6)计算所得:

$$\sigma E = 0.5 + 0.5 \times \frac{E}{E_p}. \quad (6)$$

式中: E 为实际蒸散量,由周允华等建立的区域实际蒸散量模型,由公式(6)求得^[12]; E_p 为潜在蒸散量,由公式(7)求得。

$$E = \frac{P \times R_n \times (P^2 + R_n^2 + P \times R_n)}{(P + R_n)(P^2 + R_n^2)}; \quad (7)$$

$$E_p = 0.0135 \times (T_s + 17.18) \times R_n \times \frac{a}{595.5 - 0.55 \times T}; \quad (8)$$

$$R_n = Q(1 - A) - PAR. \quad (9)$$

式中: P 为月降水量; R_n 为太阳净辐射量; T_s 为地表气温; a 为常数 238.8; A 为地表反射率,取 0.17^[9]。

1.3.4 橡胶产胶潜力 橡胶产胶潜力,是橡胶树能够产生且为生产所用的胶水量,它由气候生产潜力与干物质分配率相乘得到。干物质分配率又称收获指数,即干物质中分配给合成人们所需的物质的比率。通过以下公式估算:

$$Y_h = Y_p \times Hi. \quad (10)$$

式中: Y_h 为橡胶林单位面积的产胶潜力, g/m^2 ; Hi 为橡胶树的干物质分配率^[8]。

2 结果与分析

2.1 光合潜力

光合生产潜力反映作物产量的上限。通过橡胶光合生产潜力的计算可以发现,在中国有 2 个光合生产潜力高值区,即海南岛和云南。光合潜力的分布与太阳总辐射的分布基本一致,主要受维度与地形的影响。高值区橡胶的年产胶潜力一般在 $1800 \text{ g}/\text{m}^2$ (质量以 C 计,下同)以上。两广区域的光合潜力相对较小,呈现出从南向北逐渐减少的趋势。

2.2 光温潜力

光温生长潜力是在光合生产潜力的基础上,考虑月平均气温的限制作用而计算生成的。通过光温生长潜力的分布图 2 可以看出,温度是我国橡胶生长的限制因素。在光合生长潜力的 2 个高值区之一的云南高原区,光温生长潜力下降非常显著。云南高原区的大部分土地都因温度较低以致不适合橡胶生长。仅有海南和云南南部的西双版纳自治州光温生长潜力仍然比较高。从光温生长潜力角度来看,西双版纳的生长潜力不及海南岛南部,但与海南岛北区相当。

2.3 气候潜力

从图 3 可以看出,气候生长潜力是在光温生长潜力的基础上考虑降水的限制因素得到的结果。橡胶气候生长潜力的分布与光温生长潜力的分布基本相同,仅在海南岛西南的部分地区出现了下降的情况。说明在云南的西双版纳与海南岛,降水总量与分布足够保障橡胶正常生长。

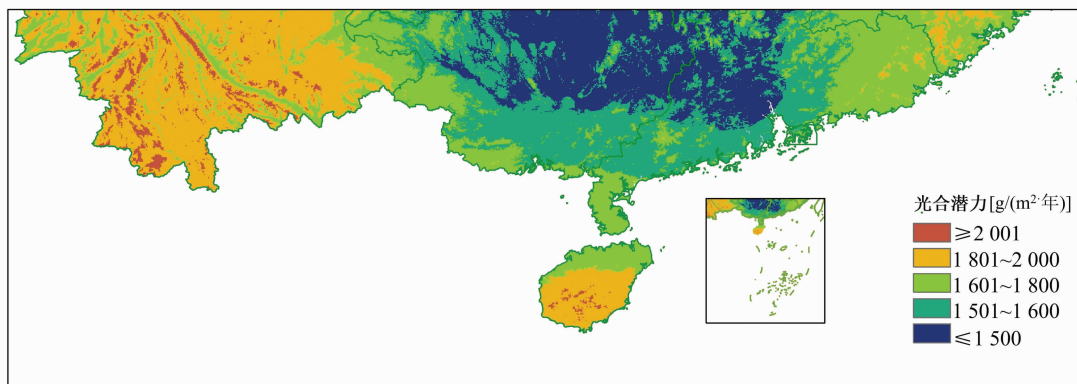


图1 我国南方橡胶光合生长潜力

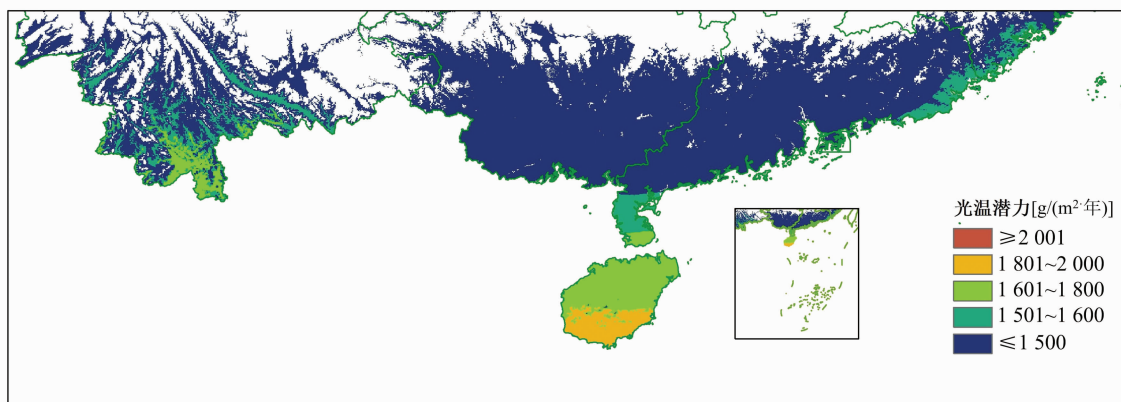


图2 我国南方橡胶光温生长潜力

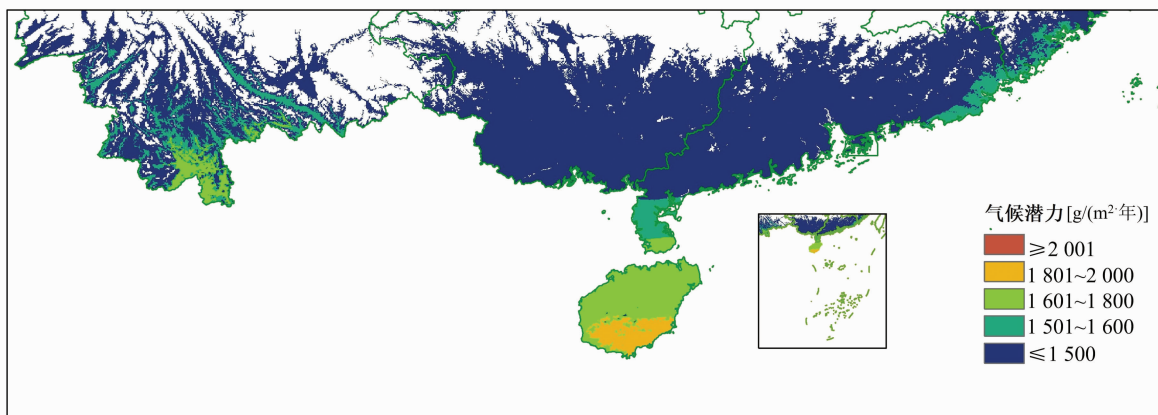


图3 我国南方橡胶气候生长潜力

2.4 产胶潜力

从图 4 可以看出,通过气候生长潜力反演的橡胶产胶能力来看,我国最适宜橡胶生长的区域在海南岛及云南的西双版纳地区。广东省、广西壮族自治区、福建省部分沿海地区属于次级区域,其他地区基本不适宜橡胶生长,产胶量下降明显。

3 结论与讨论

本研究选取目前世界上应用最广泛的农业生

态区划模型(AEZ),对我国 25°N 以南区域橡胶树的气候生产潜力进行了分析,分别通过考虑光照、温度及降水对橡胶产量的影响,估算了该区域天然橡胶的生长潜力,并通过天然橡胶的干物质分配率计算了天然橡胶的产胶潜力。我国最适宜橡胶生长的区域在海南岛及云南的西双版纳地区。温度是制约我国橡胶生长的限制因素,云南高原区由于温度限制,橡胶生长潜力下降明显以致不再适宜橡胶生长。降水(干旱)是海南岛西部地区橡胶生长

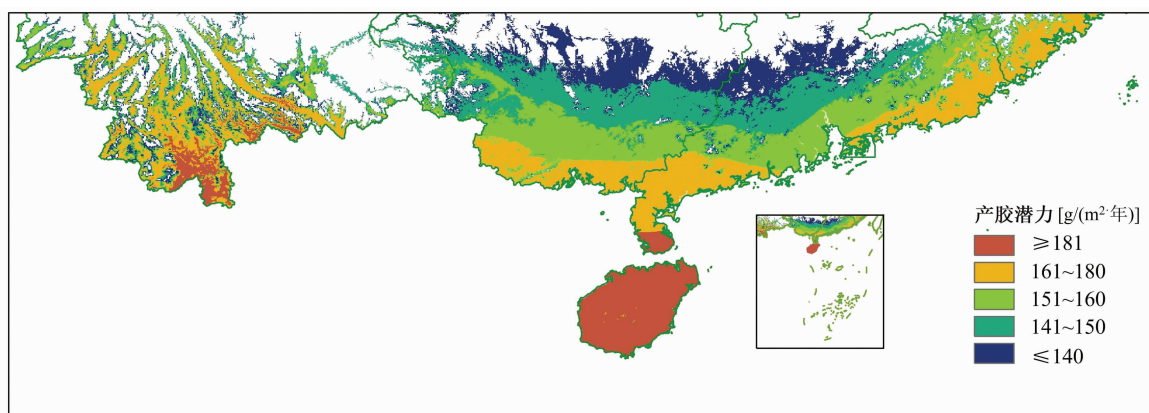


图4 我国南方橡胶产胶潜力

的限制因子。本研究的基础资料较易获取,便于计算,其结果能够反映出制约橡胶生产的气象因素,对指导橡胶研究方向、寻求解决方案,指导我国橡胶产业发展,提高产胶量和胶农收入具有重要意义。

该方法还存在一定的不足,未考虑到极端气候事件的影响。如冷害,橡胶作为多年生作物,遭受1次冷害将制约多年的产量,乃至不适宜橡胶栽培。其次,海南岛台风的影响也未考虑^[19-20]。在实际生产中,耕作制度、与其他作物的比较收益都尚未考虑,这些因素是复杂的。因此,橡胶生产布局还须在作物气候生产潜力的基础上进一步综合考虑其他灾害和经济因素。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: synthesis report [C]. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2007.
- [2] Steven D G, Adam W, Stephen R K, et al. Simulating greenhouse gas budgets of four California cropping systems under conventional and alternative management [J]. Ecological Applications, 2010, 20 (7): 1805 - 1819.
- [3] Tao F L, Yokozawa M, Hayashi Y, et al. Changes in agricultural water demands and soil moisture in China over the last half - century and their effects on agricultural production [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003, 118 (3/4): 251 - 261.
- [4] Zhang J K, Zhang F R, Di Z, et al. The grain potential of cultivated lands in Mainland China in 2004 [J]. Land Use Policy, 2009, 26 (1): 68 - 76.
- [5] Wei X, Declan C, Erda L, et al. Future cereal production in China: the interaction of climate change, water availability and socio - economic scenarios [J]. Global Environmental Change, 2009, 19 (1): 34 - 44.
- [6] Chauhan Y S. Potential productivity and water requirements of maize - peanut rotations in Australian semi - arid tropical environments - A crop simulation study [J]. Agricultural Water Management, 2010, 97 (3): 457 - 464.
- [7] Arora V K, Singh H, Singh B. Analyzing wheat productivity responses to climatic, irrigation and fertilizer - nitrogen regimes in a semi - arid sub - tropical environment using the CERES - Wheat model [J]. Agricultural Water Management, 2007, 94 (1/2/3): 22 - 30.
- [8] 王纪坤, 王立丰, 安 锋, 等. 巴西橡胶树逆境响应基因 *HbPRX53* 的克隆与表达分析 [J]. 广东农业科学, 2017, 44 (6): 63 - 70, 封 2.
- [9] 李海亮, 罗 微, 李世池, 等. 基于净初级生产力的海南天然橡胶产胶潜力研究 [J]. 资源科学, 2012, 34 (2): 337 - 344.
- [10] 黄进勇, 李新平, 孙敦立. 黄淮海平原冬小麦 - 春玉米 - 夏玉米复合种植模式生理生态效应研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14 (1): 51 - 56.
- [11] Chavas D R, Izaurrealde R C, Thomson A M, et al. Long - term climate change impacts on agricultural productivity in eastern China [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2009, 149 (6/7): 1118 - 1128.
- [12] 周允华, 项月琴, 李 俊, 等. 一级生产水平下冬小麦、夏玉米的生产模拟 [J]. 应用生态学报, 1997, 8 (3): 257 - 262.
- [13] Hutchinson M F. ANUDEM version 5.3 user guide [EB/OL]. (2011 - 08 - 09) [2019 - 05 - 20]. https://fennerschool.anu.edu.au/files/usedem53_pdf_16552.pdf.
- [14] 钱永兰, 吕厚荃, 张艳红. 基于 ANUSPLIN 软件的逐日气象要素插值方法应用与评估 [J]. 气象与环境学报, 2010, 26 (2): 7 - 15.
- [15] 徐金勤, 邱新法, 曾 燕, 等. 浙江茶叶春霜冻害的气候变化特征分析 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (22): 101 - 105.
- [16] 蔡承智, Velthuisen H V, Guenther F, et al. 基于 AEZ 模型的我国农区小麦生产潜力分析 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15 (5): 182 - 184.
- [17] 朱文泉, 潘耀忠, 何 浩, 等. 中国典型植被最大光利用率模拟 [J]. 科学通报, 2006, 51 (6): 700 - 706.
- [18] 华南热带作物学院. 橡胶栽培学 [M]. 北京: 农业出版社, 1991: 32 - 33.
- [19] 贺军军, 文尚华, 罗 萍, 等. 台风“威马逊”对雷州半岛植胶区橡胶树的影响 [J]. 广东农业科学, 2015, 42 (24): 80 - 85.
- [20] 刘少军, 胡德强, 张京红, 等. 海南岛橡胶灾害的重现期预测 [J]. 广东农业科学, 2017, 44 (1): 172 - 175, 封 3.