

## 基于面板数据的我国天然橡胶生产布局时空演变研究

李海亮<sup>1</sup>, 戴声佩<sup>1,2\*</sup>, 郑倩<sup>1</sup>, 王祥军<sup>3</sup>, 禹萱<sup>1</sup>, 胡盈盈<sup>1</sup>, 罗红霞<sup>1</sup>

1. 中国热带农业科学院科技信息研究所/海南省热带作物信息技术应用研究重点实验室, 海南海口 571101; 2. 海南师范大学地理与环境科学学院, 海南海口 571158; 3. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南海口 571101

**摘要:** 目前, 我国天然橡胶资源安全问题日益突出, 开展天然橡胶生产动态监测具有重要的理论意义和现实意义。本研究基于长面板数据集综合应用生产规模指数、生产集中度指数、生产重心分析法、效率比较优势、规模比较优势和综合比较优势等模型测算, 研究 1995—2020 年我国天然橡胶空间分布特征及演变规律。结果表明: 1995—2020 年我国天然橡胶生产布局逐渐向云南和海南集中, 2020 年云南和海南两省合计的生产集中度指数达 97.87%, 云南已超越海南成为我国最具比较优势的植胶区, 海南依然属于比较优势区域; 同时, 空间重心明显向西北方向移动, 广东、广西和福建三省(区)的比较劣势更加突出。未来, 基于多因子多尺度的空间统计分析研究方法, 将成为天然橡胶生产布局时空演变和预测研究的重要发展方向。

**关键词:** 天然橡胶; 生产布局; 时空演变; 空间重心; 面板数据

中图分类号: S17; S59; S717 文献标识码: A

## Spatiotemporal Evolution of Natural Rubber Production Distribution in China Based on Panel Data

LI Hailiang<sup>1</sup>, DAI Shengpei<sup>1,2\*</sup>, ZHENG Qian<sup>1</sup>, WANG Xiangjun<sup>3</sup>, YU Xuan<sup>1</sup>, HU Yingying<sup>1</sup>, LUO Hongxia<sup>1</sup>

1. Institute of Scientific and Technological Information, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Key Laboratory of Applied Research on Tropical Crop Information Technology of Hainan Province, Haikou, Hainan 571101, China; 2. College of Geography and Environmental Sciences, Hainan Normal University, Haikou, Hainan 571158, China; 3. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

**Abstract:** At present, the safety of natural rubber resources in China is becoming increasingly prominent. It is of great theoretical and practical significance to carry out dynamic monitoring of natural rubber production. Based on the long-panel data set, the spatial distribution characteristics, and evolution of natural rubber in China from 1995 to 2020 were studied by using production scale index, production concentration index, production gravity analysis method, efficiency advantage index, scale advantage index and aggregated advantage index in this paper. The results showed that the distribution of natural rubber production in China gradually concentrated to Yunnan and Hainan from 1995 to 2020, and the production concentration index of Yunnan and Hainan reached 97.87% in 2020. Yunnan surpassed Hainan to become the most comparative advantage rubber planting area in China, and Hainan belonged to the comparative advantage area. At the same time, the spatial center of gravity moved to the northwest obviously, and the comparative disadvantages of Guangdong, Guangxi and Fujian were more prominent. In the future, the spatial statistical analysis method based on multi-factor and multi-scale would become an important development direction of the research on the spatiotemporal evolution and prediction of natural rubber production distribution.

**Keywords:** natural rubber; production distribution; spatiotemporal evolution; center of gravity; panel data

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.09.021

收稿日期 2023-03-31; 修回日期 2023-05-21

基金项目 海南省自然科学基金项目 (No. 621RC628); 海南省重点研发计划 (高新技术) 项目 (No. ZDYF2021GXJS215)。

作者简介 李海亮 (1977—), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 热带农业遥感。\*通信作者 (Corresponding author): 戴声佩 (DAI Shengpei), Email: shengpeidai@gmail.com。

天然橡胶是四大工业原料中唯一的可再生资源，是国家重要的战略资源。我国天然橡胶起步于新中国成立初期橡胶供应遭帝国主义封锁的特殊时期。天然橡胶产业的发展，不仅在特殊历史时期保障了战略物资的供应，而且在新形势下对我国橡胶的有效供应起到了稳定和支持的作用。我国分别于 2001 年和 2003 年成为天然橡胶最大消费国和最大进口国，自此我国对于天然橡胶的消费和进口量一直保持着较快的同步增长态势。2021 年我国天然橡胶消费总量达到 626 万 t，占全球消费量的 44%，然而国内天然橡胶产量仅约为 85 万 t，自给率不到 14%<sup>[1]</sup>。目前还没有任何一种合成橡胶的整体性能能达到天然橡胶的水平，因此在航空航天和矿山等重型负载轮胎领域，合成橡胶无法完全替代天然橡胶的应用<sup>[2]</sup>。此外，杜仲橡胶、蒲公英橡胶和银胶菊橡胶虽然可以作为天然橡胶的补充资源，但由于生产成本和生产效率等因素的影响，目前也不可能大规模取代天然橡胶。因此，在新的发展时期，天然橡胶作为一种资源约束型战略资源是无法替代的。由于中国适宜种植橡胶的土地资源极其有限，不论是现在还是将来，我国天然橡胶供不应求的状况无法改变。同时，我国进口天然橡胶集中在少数几个国家（2021 年从泰国、越南和马来西亚的进口占比分别是 44.78%、25.82% 和 13.09%，从上述 3 个国家的进口占比达 83.69%<sup>[3]</sup>），进口集中度高，我国天然橡胶对外高度依存状况不可改变，资源供应存在安全隐患。当前国际贸易环境复杂多变，霸权国家随时有可能限制生产国与我国的天然橡胶贸易，也有可能使用禁运制裁等手段使我国在境外投资生产的天然橡胶难以进入国内，还有可能通过技术封锁、金融封锁等手段对我国天然橡胶供应进行打压。综上，我国天然橡胶资源安全问题更加突出。

天然橡胶生产布局反映了天然橡胶生产在空间维度对自然资源和社会资源的利用状况，是农业产业结构优化的重要依据。同时，天然橡胶生产布局的特征和变化信息也是研究全球变化与天然橡胶生产之间的互动效应和反馈机制的基础。在全球变化背景下，我国热区农业气候资源和社会经济发展发生了明显改变，天然橡胶生产布局也正在发生变化。研究天然橡胶生产布局变化的基本特征和发展趋势，有利于我国热区农业资源利用和农业生产布局，助推天然橡胶产业区域布

局优化、促进天然橡胶产业可持续发展，保障国家战略物质安全。因此，开展中国天然橡胶生产布局时空演变研究具有重要的理论意义和现实意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况与数据来源

中国热区一般是指中国热带和南亚热带地区中具有适合热带农业发展的独特气候条件的一定区域<sup>[4-5]</sup>。有关学者通过以日均温稳定  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  的年积温、日均温  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  的天数、最冷月平均气温和年极端最低气温为指标的中国热区划分指标体系和标准划定了中国热区的范围<sup>[6]</sup>。中国热区陆地范围集中分布在海南、香港和澳门全域，以及福建南部、广东大部、广西中南部、云南南部与西南部；中国热区飞地分散分布在西藏、四川、云南、贵州、湖南和江西等省（区）。中国热区热量丰富，雨量充沛，生物多样性异常丰富，目前已鉴明的植物种类有 1.2 万余种，占我国植物种群数量的 30%<sup>[7]</sup>。主要的热带作物有天然橡胶、热带薯类作物（木薯）、热带糖料作物（甘蔗）、热带水果（香蕉、芒果、荔枝和龙眼等）、热带香辛饮料（香草兰、咖啡和可可等）、热带油料作物（椰子和油棕等）和热带牧草等<sup>[8]</sup>。本研究以中国热区内有天然橡胶种植的云南、海南、广东、广西和福建 5 个省（区）为研究区。

数据来源为 1995—2020 年《全国热带、南亚热带作物生产情况》（由农业农村部发展南亚热带作物办公室和农业农村部农垦局编制），根据本研究所用模型选取数据，并完成单位换算和数据一致化处理等工作。构建以 1995—2020 年为时间维度，以云南、海南、广东、广西和福建为截面维度的平衡长面板数据集，其中时间维度为  $t=1,2,3,\dots,26$ （ $t$  为年份），截面维度为  $i=1,2,3,\dots,5$ （ $i$  为省<区>），观测值有天然橡胶实有面积、产量和单产等。

### 1.2 方法

1.2.1 生产规模指数 天然橡胶生产规模指数（production scale index, PSI）是指某地区某时期天然橡胶实有面积占全国天然橡胶实有面积的比重，该指标可以反映各省（区）天然橡胶生产对全国天然橡胶生产的贡献程度。计算公式为<sup>[9]</sup>：

$$PSI_{it} = \frac{S_{it}}{S_t} \quad (1)$$

式中， $PSI_{it}$  表示  $i$  地  $t$  年的天然橡胶生产规模指数，

$S_{it}$  表示  $i$  地  $t$  年的天然橡胶实有面积,  $S_t$  表示  $t$  年全国天然橡胶实有面积。 $PSI_{it}$  越大说明该地天然橡胶生产规模越大,天然橡胶生产向该地空间聚集的程度越高。 $PSI_{it}$  的空间变化能从整体上体现各地天然橡胶生产的空间差异情况,结合  $PSI_{it}$  的时序变化,还能直观反映天然橡胶生产转移的空间特征。

1.2.2 生产集中度指数 天然橡胶生产集中度指数 (production concentration index, PCI) 指的是某地区某时期天然橡胶干胶产量占同期全国干胶产量的比重,该指标可以反映各省(区)天然橡胶干胶产量对全国天然橡胶干胶产量的贡献大小。计算公式为<sup>[9]</sup>:

$$PCI_{it} = \frac{Y_{it}}{Y_t} \quad (2)$$

式中,  $PCI_{it}$  表示  $i$  地  $t$  年的天然橡胶生产集中度指数,  $Y_{it}$  表示  $i$  地  $t$  年的天然橡胶干胶产量,  $Y_t$  表示  $t$  年全国天然橡胶干胶产量。 $PCI_{it}$  越大说明该地天然橡胶生产集中度越大,天然橡胶生产向该地空间聚集的程度越高。 $PCI_{it}$  可以减少其他因素产生的系统性影响,在比较不同地区天然橡胶干胶产量的增长速度时更具客观性。

1.2.3 生产重心分析法 重心分析法最早于 1874 年提出,首先被运用于人口空间分布的研究中,此后经各学科之间的交流与融合,被广泛运用到各个领域。重心迁移模型是研究区域发展过程中要素空间变动的重要分析工具,能够客观地反映区域发展过程中各个要素的空间集聚以及转移轨迹<sup>[10]</sup>。本研究基于重心理论,构建天然橡胶生产重心迁移模型。计算公式如下:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (M_{it} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n M_{it}} \quad (3)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (M_{it} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n M_{it}} \quad (4)$$

$$D_{t_2-t_1} = E \times \left[ (X_{t_2} - X_{t_1})^2 + (Y_{t_2} - Y_{t_1})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中,  $n$  表示我国天然橡胶产区子区域数量;  $(X_i, Y_i)$  表示  $i$  地的地理重心的地理坐标;  $M_{it}$  表示  $i$  地  $t$  时期天然橡胶生产某种属性的数据值(如天然橡胶实有面积、干胶产量等);  $(X_t, Y_t)$  表示  $t$  时期中国天然橡胶某种属性重心的地理坐标;

$D_{t_2-t_1}$  表示从  $t_1$  时期到时  $t_2$  时期某种属性值重心移动距离;  $E$  为将地理坐标转化为平面距离的系数,假设地球是一个标准球体,而地球子午线总长约为 40 008 km,则纬度变化 1 度换算为长度约为 111.13 km,因此取  $E$  值为 111.13 km<sup>[11]</sup>;  $(X_{t_1}, Y_{t_1})$  和  $(X_{t_2}, Y_{t_2})$  分别表示  $t_1$  和  $t_2$  时期中国天然橡胶某种属性重心的地理坐标。

1.2.4 效率比较优势 天然橡胶效率比较优势 (efficiency advantage index, EAI) 是通过分析某地区天然橡胶的土地产出率与该地区所有热带、南亚热带作物平均土地产出率的比例,并与全国该比例平均水平进行对比,以考察该地区天然橡胶生产效率的相对优势,土地产出率用单产表示。天然橡胶的效率比较优势反映的是该地区天然橡胶产出的效率优势。计算公式如下<sup>[12]</sup>:

$$EAI_{it} = \frac{AP_{it}/AP_i}{AP_t/AP} \quad (6)$$

式中,  $EAI_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年的天然橡胶生产效率比较优势指数,  $AP_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年天然橡胶的单产,  $AP_i$  表示  $i$  地区  $t$  年所有热带、南亚热带作物的单产,  $AP_t$  表示  $t$  年全国天然橡胶的单产,  $AP$  表示  $t$  年全国所有热带、南亚热带作物的单产。 $EAI_{it} \geq 1$ , 表示在全国范围内,  $i$  地区天然橡胶具有生产效率优势;  $EAI_{it} < 1$ , 表示在全国范围内,  $i$  地区天然橡胶不具有生产效率优势;  $EAI_{it}$  数值越大比较优势越明显,数值越小比较劣势越明显。

1.2.5 规模比较优势 天然橡胶规模比较优势 (scale advantage index, SAI) 是通过分析某地区天然橡胶的实有面积占该地区所有热带、南亚热带作物总种植面积的相对水平,并把相对水平与全国平均水平进行对比,以考察天然橡胶在该地区所有热带、南亚热带作物生产上的重要程度。天然橡胶的规模比较优势反映的是该地区天然橡胶种植专业化、规模化程度。计算公式如下<sup>[12]</sup>:

$$SAI_{it} = \frac{GS_{it}/OS_{it}}{GS_t/OS_t} \quad (7)$$

式中,  $SAI_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年的天然橡胶生产规模比较优势指数,  $GS_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年天然橡胶的实有面积,  $OS_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年所有热带、南亚热带作物的种植面积,  $GS_t$  表示  $t$  年全国天然橡胶的实有面积,  $OS_t$  表示  $t$  年全国所有热带、南亚热带作物的种植面积。 $SAI_{it} \geq 2$  表示该地区属于显著规模比较优势地区;  $1 \leq SAI_{it} < 2$  表示该地区属于较强规模比较优势地区;  $0.5 \leq SAI_{it} < 1$  表示该地区为较

弱规模比较优势地区;  $0 \leq SAI_{it} < 0.5$  表示该地区为规模比较劣势地区;  $SAI_{it}$  数值越大比较优势越明显, 数值越小比较劣势越明显。

1.2.6 综合比较优势 天然橡胶综合比较优势 (aggregated advantage index, AAI) 是将效率比较优势和规模比较优势综合起来衡量某地区天然橡胶的生产优势情况, 更适用于全国范围内不同区域之间天然橡胶生产优势的衡量<sup>[13]</sup>。天然橡胶综合比较优势反映的是该地区天然橡胶生产效率和生产规模的综合相对优势。计算公式如下<sup>[14]</sup>:

$$AAI_{it} = \sqrt{EAI_{it} \times SAI_{it}} \quad (8)$$

式中,  $AAI_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年天然橡胶生产的综合比较优势指数,  $EAI_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年的天然橡胶生产效率比较优势指数,  $SAI_{it}$  表示  $i$  地区  $t$  年的天然橡胶生产规模比较优势指数。 $AAI_{it} \geq 1$  表示与全国平均水平相比,  $i$  地区天然橡胶生产具有综合比较优势;  $AAI_{it} < 1$  表示与全国平均水平相比,  $i$  地区天然橡胶生产不具有综合比较优势;  $AAI_{it}$  数值越大比较优势越明显, 数值越小比较劣势越明显。

## 2 结果与分析

### 2.1 天然橡胶生产布局分析

2.1.1 天然橡胶生产规模指数和生产集中度指数变化分析 由表 1 可知, 1995—2020 年间, 云南天然橡胶生产规模指数不断上升, 由 1995 年的 24.31% 上升至 2020 年的 49.61%, 而海南、广东、广西和福建的天然橡胶生产规模指数均呈下降趋势, 其中海南下降最为明显, 由 1995 年的 62.07%

下降至 2020 年的 46.13%。我国植胶区各省 (区) 的天然橡胶生产集中度指数变化与生产规模指数较一致, 云南为唯一上升的省 (区), 由 1995 年的 30.86% 上升至 2020 年的 57.13%, 海南为下降最为明显的省 (区), 由 1995 年的 61.42% 下降至 2020 年的 40.74%。图 1 分别从天然橡胶实有面积和干胶产量各地占比的视角反映了 1995—2020 年间我国天然橡胶生产规模指数和生产集中度指数的逐年变化情况。综上所述, 1995—2020 年间, 我国天然橡胶实有面积和干胶产量在植胶区各省 (区) 的不断变化使得天然橡胶布局在全国层面发生了明显变化, 云南已超越海南成为我国第一大植胶区, 但海南仍然是我国重要的植胶区。如今, 我国天然橡胶生产布局越来越往云南和海南集中, 2020 年云南和海南两省合计的生产规模指数达 95.74%, 生产集中度指数达 97.87%。

表 1 1995—2020 年我国植胶区天然橡胶生产规模指数和生产集中度指数变化

Tab. 1 Change of PSI and PCI of natural rubber in China from 1995 to 2020

省 (区) Province (District)	生产规模指数 Production scale index/%			生产集中度指数 Production concentration index/%		
	1995	2020	变化 Change	1995	2020	变化 Change
海南	62.07	46.13	-15.94	61.42	40.74	-20.68
云南	24.31	49.61	25.29	30.86	57.13	26.27
广东	11.74	4.18	-7.56	7.02	2.13	-4.89
广西	1.52	0.08	-1.44	0.63	0.00	-0.63
福建	0.35	0.00	-0.35	0.07	0.00	-0.07

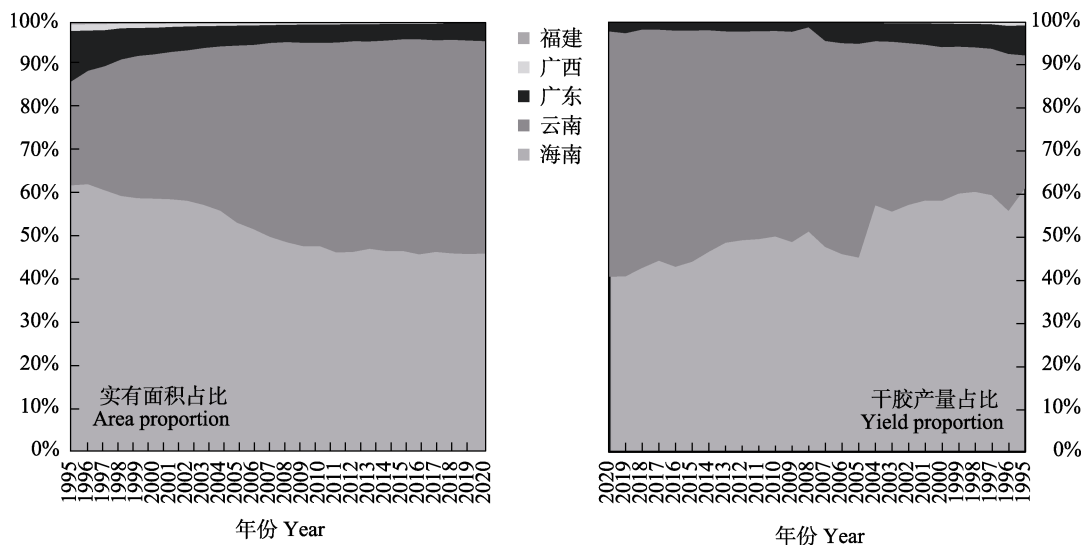


图 1 1995—2020 年我国植胶区天然橡胶实有面积和干胶产量占比的变化

Fig. 1 The change of area and yield proportion of natural rubber in China from 1995 to 2020

2.1.2 天然橡胶生产重心迁移分析 由表 2 可知, 1995 年我国天然橡胶实有面积重心坐标位于 108.18°E、21.17°N, 2020 年中国天然橡胶实有面积重心坐标位于 105.81°E、21.22°N。1995—2020 年期间, 中国天然橡胶实有面积重心在 105.73°E~108.18°E、22.17°N~22.23°N 之间移动。1995—2020 年期间实有面积重心累积移动距离为 336.80 km, 2020 年实有面积重心较 1995 年向西北方向移动了 228.10 km。1997—1998 年是单年实有面积重心移动距离最大的时期, 移动距离为 30.90 km (西北); 2009—2010 年是单年实有面积重心移动距离最小的时期, 移动距离为 0.74 km (东南)。综上所述, 1995—2020 年间我国天然

橡胶实有面积重心由东南向西北演进的趋势明显, 同时北扩的趋势也显著。

由表 2 可知, 1995 年我国天然橡胶干胶产量重心坐标位于 107.45°E、21.29°N, 2020 年中国天然橡胶干胶产量重心坐标位于 105.11°E、22.56°N。1995—2020 年期间, 中国天然橡胶干胶产量重心在 105.11°E~107.45°E、21.29°N~22.56°N 之间移动。1995—2020 年期间干胶产量重心累积移动距离为 509.75 km, 2020 年干胶产量重心较 1995 年向西北方向移动了 295.92 km。单年干胶产量重心移动距离最大的时期在 2004—2005 年, 移动距离为 129.01 km (西北); 单年干胶产量重心移动距离最小的时期在 2011—2012 年, 移动距

表 2 1995—2020 年我国天然橡胶生产重心坐标及其移动  
Tab. 2 Change of area and yield gravity center of natural rubber in China from 1995 to 2020

年份 Year	实有面积 Area				干胶产量 Yield			
	重心坐标 Coordinates of gravity center		重心移动 Change of gravity center		重心坐标 Coordinates of gravity center		重心移动 Change of gravity center	
	E Longitude/°	N Latitude/°	距离 Distance/km	方向 Direction	E Longitude/°	N Latitude/°	距离 Distance/km	方向 Direction
1995	108.18	21.17			107.45	21.29		
1996	107.91	21.19	30.05	西北	106.97	21.60	63.67	西北
1997	107.67	21.29	28.58	西北	107.14	21.41	28.35	东南
1998	107.38	21.38	33.90	西北	107.17	21.37	5.62	东南
1999	107.24	21.43	15.98	西北	107.12	21.39	6.67	西北
2000	107.19	21.44	5.72	西北	106.99	21.49	17.36	西北
2001	107.12	21.45	8.62	西北	106.93	21.49	6.47	西北
2002	107.05	21.48	8.13	西北	106.81	21.55	15.72	西北
2003	106.91	21.54	17.48	西北	106.64	21.65	21.35	西北
2004	106.75	21.63	19.75	西北	106.75	21.57	15.25	东南
2005	106.50	21.79	33.03	西北	105.82	22.26	129.01	西北
2006	106.36	21.88	18.66	西北	105.87	22.21	7.34	东南
2007	106.16	21.99	25.24	西北	105.94	22.12	13.00	东南
2008	106.04	22.06	15.96	西北	105.87	21.97	19.40	西南
2009	105.98	22.11	8.60	西北	105.79	22.09	16.27	西北
2010	105.98	22.11	0.74	东南	105.87	22.02	12.27	东南
2011	105.86	22.20	17.21	西北	105.83	22.06	5.92	西北
2012	105.83	22.20	2.73	西南	105.82	22.07	2.22	西北
2013	105.89	22.15	8.42	东南	105.76	22.10	7.35	西北
2014	105.83	22.19	7.77	西北	105.56	22.23	26.05	西北
2015	105.80	22.19	3.61	西北	105.38	22.36	25.16	西北
2016	105.73	22.23	8.98	西北	105.28	22.43	12.92	西北
2017	105.81	22.20	9.22	东南	105.38	22.35	13.55	东南
2018	105.77	22.22	4.31	西北	105.23	22.45	19.30	西北
2019	105.78	22.22	0.82	东北	105.17	22.55	12.93	西北
2020	105.81	22.22	3.28	东南	105.11	22.56	6.58	西北

离为 2.22 km (西北)。综上所述, 1995—2020 年间我国天然橡胶干胶产量重心虽然有多次由西北向东南的移动, 但总体上由东南向西北演进的趋势明显, 同时北扩的趋势也显著。

由表 2 可知, 与实有面积重心比较, 1995—2020 年间我国天然橡胶干胶产量重心总体上更偏向西北, 累计移动距离和首尾距离更大, 移动曲线的振幅更大。说明位于我国植胶区西北方向的云南省实有面积稳定增加和单产位于全国最高水平, 合力驱动了我国天然橡胶生产重心明显向西北方向移动的结果。

## 2.2 天然橡胶比较优势分析

**2.2.1 天然橡胶效率比较优势时空变化** 由图 2 可知, 天然橡胶效率比较优势空间差异明显。2020 年云南和海南的 EAI 指数均大于 1, 具有天然橡胶生产效率比较优势, 分别位居全国第一、第二; 广东、广西和福建的 EAI 指数均小于 1, 不具有天然橡胶生产效率比较优势。由表 3 和图 3 可知, 1995 与 2020 年相比, 云南的效率比较优势由 1995 年的 1.23 增加至 2020 年的 2.71 (位居全国第一), 为大幅增加特征 (增加量为 1.48, 全国唯一增加地区); 1995 与 2020 年相比, 海南的效率比较优势由 1995 年的 2.03 减少至 2020 年的 1.27, 为大幅减少特征 (减少量为 0.76, 位居全国减量第一); 1995 与 2020 年相比, 广东、广西和福建的效率比较优势均明显减少, 其中广西和福建已减至 0, 三省 (区) 效率比较劣势更加突出。

**2.2.2 天然橡胶规模比较优势时空变化** 由图 2 可知, 天然橡胶规模比较优势空间差异明显, 2020 年云南和海南的 SAI 指数均大于 2, 具有显著规模比较优势, 分别位居全国第一、第二; 广东、广西和福建的 SAI 指数均小于 0.5, 具有规模比较

劣势。由表 3 和图 3 可知, 1995 与 2020 年相比, 云南的规模比较优势由 1995 年的 0.87 ( $0.5 < SAI < 1$ , 为较弱规模比较优势地区) 增加至 2020 年的 2.53 ( $SAI > 2$ , 位居全国第一, 为显著规模比较优势地区), 为大幅增加特征 (增加量为 1.66, 全国唯一增加地区); 1995 与 2020 年相比, 海南的规模比较优势由 1995 年的 4.35 ( $SAI > 2$ , 位居全国第一, 为显著规模比较优势地区) 减少至 2020 年的 2.41 ( $SAI > 2$ , 位居全国第二, 为显著规模比较优势地区), 为大幅减少特征 (减少量为 1.93, 位居全国减量第一); 1995 与 2020 年相比, 广东、广西和福建的规模比较优势均明显减少, 其中福建已减至 0, 三省 (区) 规模比较劣势更加突出。

**2.2.3 天然橡胶综合比较优势时空变化** 由图 2 可知, 天然橡胶综合比较优势空间差异明显, 2020 年云南和海南的 AAI 指数均大于 1, 具有综合比较优势, 分别位居全国第一、第二; 广东、广西和福建的 AAI 指数均小于 1, 不具有综合比较优势。由表 3 和图 3 可知, 1995 与 2020 年相比, 云南的综合比较优势由 1995 年的 1.04 ( $AAI > 1$ , 为综合比较优势地区) 增加至 2020 年的 2.53 ( $AAI > 1$ , 位居全国第一, 为综合比较优势地区), 为大幅增加特征 (增加量为 1.58, 全国唯一增加地区); 1995 与 2020 年相比, 海南的综合比较优势由 1995 年的 2.97 ( $AAI > 1$ , 位居全国第一, 为综合比较优势地区) 减少至 2020 年的 1.75 ( $AAI > 1$ , 位居全国第二, 为综合比较优势地区), 为大幅减少特征 (减少量为 1.22, 位居全国减量第一); 1995 与 2020 年相比, 广东、广西和福建的综合比较优势均明显减少, 其中广西和福建已减至 0, 三省 (区) 规模比较劣势更加突出。

表 3 1995 与 2020 中国植胶区天然橡胶比较优势变化  
Tab. 3 Change of EAI, SAI and AAI of natural rubber in China 1995 and 2020

省 (区) Province (District)	效率比较优势 EAI			规模比较优势 SAI			综合比较优势 AAI		
	1995	2020	变化 Change	1995	2020	变化 Change	1995	2020	变化 Change
海南	2.03	1.27	-0.76	4.35	2.41	-1.93	2.97	1.75	-1.22
云南	1.23	2.71	1.48	0.87	2.53	1.66	1.04	2.62	1.58
广东	0.47	0.36	-0.12	0.37	0.15	-0.21	0.42	0.23	-0.18
广西	0.30	0.00	-0.30	0.16	0.02	-0.14	0.22	0.00	-0.22
福建	0.55	0.00	-0.55	0.03	0.00	-0.03	0.12	0.00	-0.12

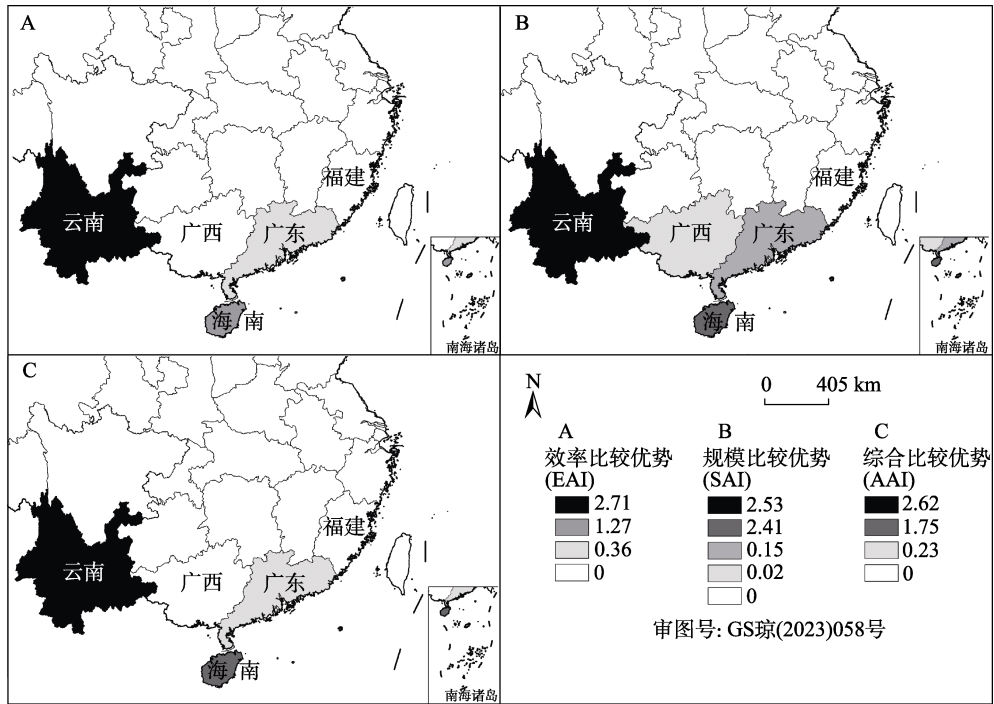


图 2 2020 年我国天然橡胶比较优势空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of EAI, SAI and AAI of natural rubber in China in 2020

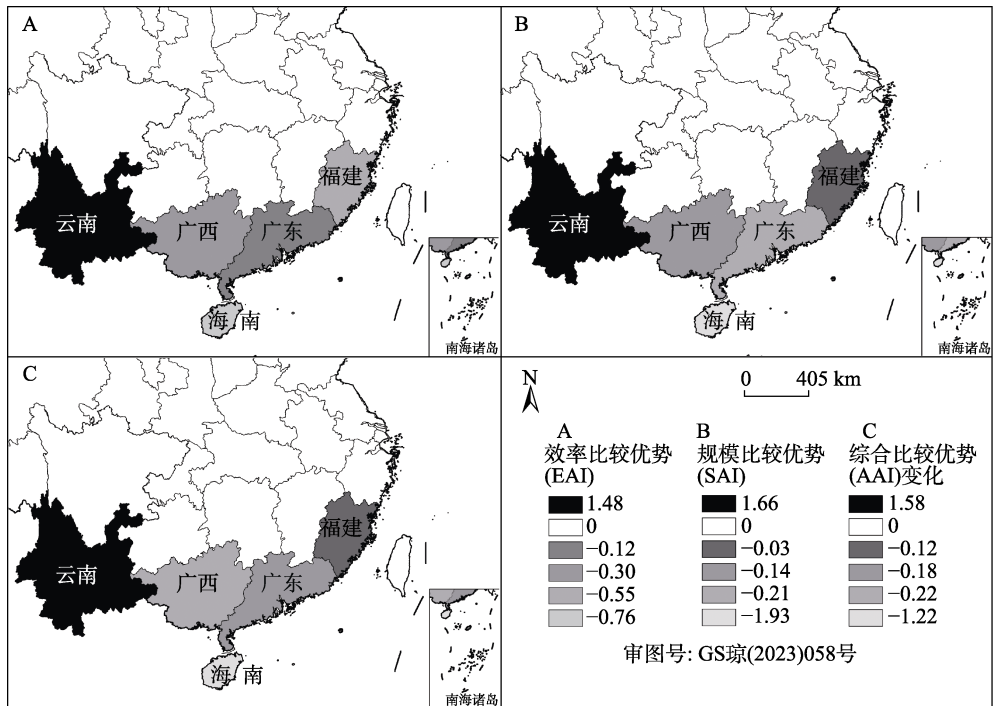


图 3 1995—2020 年我国天然橡胶比较优势变化图

Fig. 3 Change of EAI, SAI and AAI of natural rubber in China from 1995 to 2020

### 3 讨论

本研究获取了我国天然橡胶生产布局的特征和时空变化信息，为研究全球变化与天然橡胶生产之间的互动机制奠定基础，但是本研究仅反映

了我国天然橡胶生产在时空维度对自然资源和社会资源的利用状况，未能对天然橡胶生产布局的时空演变机理进行研究。天然橡胶的生产布局变化不仅受自然因素（如气温、降水和土壤）的影响，而且受社会经济因素（包括农业政策、人口

和技术等)的综合作用,从单一的自然或社会经济因素来分析,难以深入理解其时空动态变化的过程。因此,必须综合考虑自然和社会经济多种因素,并在不同时空尺度下进行比较研究,以了解天然橡胶空间格局动态变化的特征,才能真正了解导致其动态变化的原因。基于多因子多尺度的空间统计分析研究方法,正成为农作物空间格局动态变化机理研究的重要方向。

未来,在天然橡胶生产布局研究领域,围绕“信息重构——特征描述——驱动分析——未来情景”的工作思路,开展天然橡胶生产布局时空演变和预测研究。“信息重构”的研究可以实现天然橡胶的种植动态监测,产出我国天然橡胶空间分布“一张图”,相关研究成果可应用于农业生产布局,保障国家战略物质安全;“特征描述”的研究可实现对天然橡胶及其影响因子变化趋势的动态把握,相关研究成果可应用于农业资源利用和农业结构调整,促进热区农业资源高效可持续利用,保障我国天然橡胶产业可持续发展;“驱动分析”的研究可明确自然因素和社会经济因素对天然橡胶空间分布的驱动机制,相关研究成果可应用于当前自然和社会经济条件下天然橡胶生态系统的优化,促进热带农业生态与自然和谐共生,有效保护和改善天然橡胶发展环境;“未来情景”的研究可实现对天然橡胶生产布局未来情景的预测,相关研究成果可应用于未来自然和社会经济条件下天然橡胶生态系统适应策略的拟定,提高天然橡胶生态系统综合调控能力,推进我国热区农业农村高质量发展。

#### 4 结论

本研究运用生产规模指数、生产集中度指数和生产重心分析法对我国天然橡胶生产布局的时空变化特征及其重心迁移轨迹进行分析,应用效率比较优势、规模比较优势和综合比较优势对我国天然橡胶生产区域比较优势进行分析,得到如下研究结论。

(1)从我国天然橡胶生产布局来看,1995—2020年间,我国天然橡胶实有面积和干胶产量在植胶区各省(区)的不断变化使得天然橡胶布局在全国层面发生了明显变化,云南已超越海南成为我国第一大植胶区,但海南仍然是我国重要的植胶区。如今,我国天然橡胶生产布局越来越往云南和海南集中,2020年云南和海南两省

合计的生产规模指数达 95.74%,生产集中度指数达 97.87%。1995—2020年间我国天然橡胶实有面积重心和干胶产量重心由东南向西北演进的趋势明显,同时北扩的趋势也显著;位于我国植胶区西北方向的云南省实有面积稳定增加和单产位于全国最高水平,合力驱动了我国天然橡胶生产重心明显向西北方向移动的结果。

(2)从我国天然橡胶生产比较优势来看,1995—2020年间,我国天然橡胶生产区域比较优势也在发生显明变化,云南已超越海南成为我国最具比较优势的植胶区,海南依然属于比较优势区域;广东、广西和福建的比较优势均明显减少,目前已减至或趋近于 0,三省(区)比较劣势更加突出。

#### 参考文献

- [1] 莫业勇,杨琳. 2021年国内外天然橡胶产业形势和2022年展望[J]. 中国热带农业, 2022(4): 5-11, 53.  
MO Y Y, YANG L. Global natural rubber industry situation in 2021 and prospect in 2022[J]. China Tropical Agriculture, 2022(4): 5-11, 53. (in Chinese)
- [2] 莫业勇,伍薇. 浅述天然橡胶的属性[J]. 中国热带农业, 2014(4): 76-77.  
MO Y Y, WU W. The properties of natural rubber are briefly described[J]. China Tropical Agriculture, 2014(4): 76-77. (in Chinese)
- [3] 杨琳,莫业勇. 2021年中国天然橡胶进出口情况分析[J]. 世界热带农业信息, 2022(7): 74-76.  
YANG L, MO Y Y. Analysis of import and export of natural rubber in China in 2021[J]. World Tropical Agriculture Information, 2022(7): 74-76. (in Chinese)
- [4] 傅国华. 论中国热带农业分层次发展[M]. 北京: 中国经济出版社, 2006.  
FU G H. On the hierarchical development of tropical agriculture in China[M]. Beijing: China Economic Press, 2006. (in Chinese)
- [5] 戴声佩,李海亮,刘海清,刘恩平. 中国热区划分研究综述[J]. 广东农业科学, 2012, 39(23): 205-208, 237.  
DAI S P, LI H L, LIU H Q, LIU E P. Review on the regionalization of tropical zone in China[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 39(23): 205-208, 237. (in Chinese)
- [6] 王庆煌,崔鹏伟. 热带农业与国家战略[M]. 北京: 科学出版社, 2022  
WANG Q H, CUI P W. Tropical agriculture and national strategy[M]. Beijing: Science Press, 2022. (in Chinese)
- [7] 王文泉,王海燕,杨子贤,李杰,卢诚. 中国热带植物种

- 质资源的保护与创新利用[J]. 植物遗传资源学报, 2006(1): 106-110.
- WANG W Q, WANG H Y, YANG Z X, LI J, LU C. Conservation and enhancement utilization of tropical plant germplasm resources in China[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006(1): 106-110. (in Chinese)
- [8] 中国热带农业科学院. 中国热带作物产业可持续发展研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences. Research on sustainable development of tropical crop industry in China[M]. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese)
- [9] 陶素敏. 玉米生产空间集聚及其对技术效率的影响—基于省级面板数据[D]. 南京: 南京财经大学, 2021.
- TAO S M. Spatial agglomeration of maize production and its effect on technical efficiency: based on provincial panel data[D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2021. (in Chinese)
- [10] 杨慧, 渠丽萍, 杨保战, 陈一璐, 汤云. 粮食与经济重心迁移路径及空间耦合关系分析——以湖北省粮食主产区为例[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(12): 40-47.
- YANG H, QU L P, YANG B Z, CHEN Y L, TANG Y. Analysis on migration path of grain and economic center of gravity and spatial coupling relationship——a case study of the major grain-producing counties in Hubei province[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(12): 40-47. (in Chinese)
- [11] 张有望, 章胜勇. 中三角地区柑橘生产的空间布局变迁及影响因素分析[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(4): 687-693
- ZHANG Y W, ZHANG S Y. Study on citrus production spatial distribution, changes and influencing factors in central delta area[J]. Research of Agricultural Modernization, 2016, 37(4): 687-693. (in Chinese)
- [12] 张强强. 中国苹果生产布局演变与优势评价研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
- ZHANG Q Q. The evolution and advantage evaluation of apple production layout in China[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2021. (in Chinese)
- [13] 苏新宏, 顾建国, 张冬平. 基于省域尺度的河南省烤烟生产比较优势分析[J]. 技术经济, 2010, 29(4): 63-67, 85.
- SU X H, GU J G, ZHANG D P. Comparative advantage analysis of flue-cured tobacco production in Henan province based on provincial scale[J]. Journal of Technology Economics, 2010, 29(4): 63-67, 85. (in Chinese)
- [14] 黄杰. 气候变化对中国油菜生产布局的影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019.
- HUANG J. Study on the impact of climate change on the distribution of Chinese rape production[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019. (in Chinese)