

## 1998—2018年四川省县域茶叶产量时空演变及影响因素

周佳松<sup>1</sup>, 马黛玉<sup>2</sup>, 夏建国<sup>2\*</sup>, 欧定华<sup>2</sup>

(1. 四川省国土整治中心, 四川成都 610045; 2. 四川农业大学资源学院, 四川成都 611130)

**摘要** [目的] 探明茶叶产量时空演变特征和影响因素, 可为优化四川省茶叶生产空间布局 and 区域可持续发展提供科学依据。[方法] 基于 1998—2018 年四川省县域茶叶产量、茶叶种植面积和社会经济指标数据, 采用空间自相关分析、重心模型和地理探测器等方法, 对近 20 年四川省茶叶产量时空格局演变特征和影响因素进行分析。[结果] 1998—2018 年, 四川省茶叶产量呈增长态势, 空间分布差异明显, 川西和川南产业带是茶叶生产热点区域, 川东北产业带为冷点区域。全省茶叶产量重心以平均 3.70 km/a 的速度在四川盆地西南缘内移动, 移动方向为“东-西-东”, 呈“快-慢”的移动特征。农村人口、茶园面积、茶叶单产和路网密度是县域茶叶产量空间分异的主要影响因素, 其中茶园面积为决定因素。[结论] 四川省茶叶产量空间分布“西南高东北低”的态势更加显化, 主要受茶园面积影响, 随着茶园面积影响力减弱, 应考虑转换第一驱动力以促进茶叶产业的可持续发展。

**关键词** 茶叶产量; 时空演变; 影响因素; 地理探测器

中图分类号 S-9; F327 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0220-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.052



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Spatial and Temporal Variation of Tea Output and Its Influencing Factors at Country Level of Sichuan Province during 1998—2018**  
ZHOU Jia-song<sup>1</sup>, MA Dai-yu<sup>2</sup>, XIA Jian-guo<sup>2</sup> et al (1. Sichuan Provincial Land Consolidation Center, Chengdu, Sichuan 610045; 2. College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

**Abstract** [Objective] To explore the characteristics and influencing factors of the spatio-temporal evolution of tea output can provide a scientific basis for optimizing the spatial layout of tea output. Thus, the regional development can be promoted. [Method] The characteristics and influencing factors of tea output in Sichuan Province in recent 20 years were analyzed by the spatial autocorrelation analysis, center of gravity model and geographical detector based on the data of tea output, tea planting areas and social and economic indicators in Sichuan Province from 1998 to 2018. [Result] The tea output in Sichuan Province showed an increasing trend, with obvious differences in spatial distribution in recent 20 years. The Western and Southern Sichuan industrial belts are hot spot areas for tea output, and the Northeast Sichuan industrial belt is a cold spot area. The tea output center of gravity moves within the southwestern edge of the Sichuan Basin at an average annual speed of 3.70 km, and the moving direction is “east-west-east”, showing a “fast-slow” movement. Rural population, tea garden area, tea yield and road network density are the main influencing factors for the spatial differentiation of tea output in the county, and tea garden area is the decisive factor. [Conclusion] The spatial distribution of tea output in Sichuan Province shows obvious characteristics of “high in the southwest and low in the northeast”, mainly affected by the area of tea gardens. As the influence of the tea garden area weakens, transforming the first driving force should be taken into consideration to promote the sustainable development of tea industry.

**Key words** Tea output; Spatial-temporal variation; Influencing factors; Geographical detector

茶叶是集经济效益、社会效益和生态效益于一体的全球性商品, 茶叶产业是植茶地区重要的经济型产业<sup>[1]</sup>。四川省位于中国长江上游, 承担着生态保护的重要功能, 既是世界茶树的发源地, 也是中国重要的茶叶主产区之一, 茶叶产业已经成为四川的一张名片。随着东部产业带人力和土地成本的不断上涨, “东茶西移”成为中国茶叶生产的必然趋势<sup>[2]</sup>, 加上新一轮西部大开发战略的实施, 川茶产业已迎来新的发展机遇。近年来, 川茶产业被四川省委省政府作为第一大优势特色产业培育, 在四川乃至全国茶产业发展中具有重要地位。从 1998 年开始, 四川省茶叶产量逐年递增, 产茶实力不断增强。到 2018 年, 四川茶叶种植面积逾 37 万 hm<sup>2</sup>, 茶叶产量破 30 万 t, 实现毛茶产值 242 亿元, 综合产值达到 726 亿元, 产业综合实力位居全国第二<sup>[3]</sup>。四川省 75% 以上的茶园分布在盆周山区和丘陵地区, 川茶产业的发展有力促进了地方经济发展和茶农持续增收, 已成为乡村振兴、精准扶贫和建设美丽乡村的重要抓手, 在促进农村全面建设小康

社会中发挥着重要作用<sup>[4]</sup>。除经济效益外, 茶园还具有涵养水源、保持土壤和固碳等生态效益。发展川茶产业不仅有利于发挥四川省在长江经济带发展上的引领作用, 还有利于筑牢长江上游生态屏障。因此, 分析茶叶产量时空格局演变及影响因素可为政府相关部门制定相关产业政策、发展规划和环境保护提供理论依据。

近年来, 国内学者关于茶叶生产的研究主要集中在分析产业发展现状及对策<sup>[5-7]</sup>、产业扶贫<sup>[8-10]</sup>和成分研究<sup>[11]</sup>等方面。如张玉芬等<sup>[7]</sup>结合温泉镇茶叶生产的现状, 从提质和增效两方面探讨了茶产业发展的对策和措施; 崔理博<sup>[8]</sup>基于中国茶产业精准扶贫的现状和“互联网+”的技术背景, 提出了精准扶贫的策略。当前, 从时空角度对茶叶生产展开研究的较少且主要集中在全球<sup>[12]</sup>、国家<sup>[13]</sup>和经济带<sup>[12]</sup>等大尺度上, 难以揭示茶叶生产的空间异质性。从小尺度上分析茶叶生产的时空演变及影响因素的研究较为薄弱<sup>[14-15]</sup>, 多借助探索性空间数据分析和重心转移模型等方法对地理事物的空间集聚-离散程度及分布格局进行描述, 缺乏对影响因素的定量分析。因此, 笔者以 1998—2018 年四川茶叶生产数据为基础, 结合空间自相关分析、重心模型和地理探测器模型等方法, 对四川省茶叶产量时空格局演变及影响因素进行分析, 以期优化四川茶叶生产布局提供科学依据。

**基金项目** 四川省科技计划项目(2020YFS0279); 四川省自然资源厅科研项目(Kj-2021-7)。**作者简介** 周佳松(1978—), 男, 四川眉山人, 高级工程师, 硕士, 从事国土整治与耕地质量研究。\* 通信作者, 教授, 博士, 从事国土整治和农业资源可持续利用研究。**收稿日期** 2022-02-19

## 1 材料与方法

**1.1 数据来源** 研究数据包括属性数据和空间数据。其中,属性数据来源于《四川农业统计年鉴》(1998—2018年),并从中选取1998、2003、2008、2013和2018年作为研究断面,以县域茶叶产量为指标来深入分析四川省茶叶生产的空间演变。空间数据来源于国家基础地理数据库,包括四川省各县级行政区划图和各县级政府的地理坐标,由于研究期内四川省行政区划多次调整,为消除研究期间县域行政区划变动对数据分析的影响,选用2018年行政区划数据。研究所需数据来源统一,可消除统计口径不同带来的误差。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 茶叶产量空间集聚特征分析。**全局空间自相关分析用于衡量某种单元属性在研究区内是否存在集聚特征,常用 Moran's  $I$  系数来衡量,计算公式如下<sup>[16]</sup>:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中, $I$ 表示全局空间自相关指数,值域为 $(-1, 1)$ , $I > 0$ 表示空间正相关, $I < 0$ 表示空间负相关, $I = 0$ 无空间自相关; $x_i$ 是变量 $x$ 在空间位置 $i$ 上的属性值,在本文中则表示县域茶叶产量; $\bar{x}$ 为观测值的均值; $n$ 表示观测值的总个数,也是观测值所对应的空间单元的总个数,在该研究中表示县域单元个数; $w_{ij}$ 为基于邻接或距离的二元邻接矩阵,如果空间单元 $i$ 与 $j$ 相邻,则 $w_{ij} = 1$ ,否则 $w_{ij} = 0$ 。

局部空间自相关可用来评价地理事物空间自相关的局部异质性,Getis-Ord  $G_i^*$  主要用于识别邻近的区域要素是否具有相关性,可以检验高值区和低值区在空间上的集聚,即热点区和冷点区的空间分布格局,计算公式如下<sup>[17]</sup>:

$$G_i^* = \frac{\sum_j (w_{ij} \times x_j)}{\sum_j x_j} \quad (2)$$

式中, $G_i^*$ 表示局部空间关联性指标;其余参数与公式(1)相同。

**1.2.2 茶叶产量重心演变分析。**重心模型是研究区域发展过程中空间要素变动的重要分析工具,茶叶产量重心的移动可以用于分析茶叶生产的空间动态发展轨迹。近年来,学者们多运用重心统计模型对经济重心<sup>[18]</sup>、人口重心<sup>[19]</sup>和粮食生产重心<sup>[20]</sup>进行分析。该研究依据重心理论模型,构建区域茶叶产量重心模型。

假设研究区由 $m$ 个次级单元构成,第 $j$ 个次级单元包含某种属性 $G$ 的重心坐标为 $(X_j, Y_j)$ ,表示该次级单元某属性重心的地理坐标, $G_{aj}$ 为第 $j$ 个次级单元第 $a$ 年某种属性的值,则该研究区某属性的重心坐标 $(X_a, Y_a)$ 和重心移动距离计算公式如下<sup>[19]</sup>:

$$X_a = \sum_{j=1}^m G_{aj} X_j / \sum_{j=1}^m G_{aj}, Y_a = \sum_{j=1}^m G_{aj} Y_j / \sum_{j=1}^m G_{aj} \quad (3)$$

$$D_{a-b} = C \times \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2} \quad (4)$$

式中, $D_{a-b}$ 表示第 $a$ 、 $b$ 年份间某种属性重心移动的距离, $(X_a, Y_a)$ 、 $(X_b, Y_b)$ 分别表示第 $a$ 年和 $b$ 年的区域重心所在空间的地理坐标;此处 $C$ 取值111.11,是将地理坐标转为平面距离的常数。

**1.2.3 影响因子分析。**当变量具有空间相关性时,普通最小二乘法回归模型不再适用于此类数据的分析。地理探测器是探测空间分异性及其驱动力的工具,该方法的一大优点是对变量共线性免疫,这主要是因为如果不对 $q$ 值进行显著性检验, $q$ 值仍具有明确的物理含义,没有线性假设<sup>[21]</sup>。地理探测器作为有力的驱动力分析工具被广泛应用于公共健康<sup>[22]</sup>、粮食生产<sup>[23-24]</sup>和生态环境<sup>[25-26]</sup>等领域。该研究选用因子探测器识别各影响因子( $X$ )对茶叶产量( $Y$ )空间分异的解释力大小,计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (5)$$

式中, $h = 1, \dots, L$ 为茶叶产量 $Y$ 或影响因子 $X$ 的分层; $N_h$ 和 $N$ 分别为层 $h$ 和全区的单元数; $\sigma_h^2$ 和 $\sigma^2$ 分别是层 $h$ 和全区的 $Y$ 值的方差。 $q$ 为影响因子对茶叶产量的影响程度,值域为 $[0, 1]$ , $q$ 值越大表示影响因子 $X$ 对茶叶产量 $Y$ 的解释力越强,反之则越弱。

茶叶生产受多因素共同影响,考虑到数据的可获得性和科学性,该研究共选取农村人口( $X_1$ )、农林牧渔总产值( $X_2$ )、人均国民生产总值( $X_3$ )、茶园面积( $X_4$ )、茶叶单产( $X_5$ )和路网密度( $X_6$ )等6个指标,通过自然断点法将所选因子分为9个等级,使用公式(5)分析不同影响因子( $X$ )对茶叶产量( $Y$ )空间分布差异的影响强度。

## 2 结果与分析

**2.1 茶叶生产时空演变分析** 由表1和图1可知:1998—2018年,产茶县域数量变化不大,但县域间产量变化较大。茶叶产量低于1000t的县域数量由80个减少至57个,这类县域的茶叶产量占全省茶叶总产量的比例(以下简称茶叶产量占比)大幅下降,低产县逐年减少,主要分布在川西高原地区和部分川中丘陵区。1998—2018年,茶叶产量在 $\geq 1000 \sim 3000$ t和 $\geq 3000 \sim 5000$ t的县域数量变化不大,茶叶产量占比则明显降低,这2类茶叶生产水平的县域空间分布较为均匀。茶叶产量在 $\geq 5000 \sim 10000$ t和 $\geq 10000 \sim 20000$ t的县域数量从0分别增长到12和6个,茶叶产量占比均呈上升趋势,集中分布在川西和川南地区。研究期内,茶叶产量达2万t及以上的县域极少,1998—2018年仅有2个县域达到此生产水平,茶叶产量占比呈小幅增长。

总体而言,1998—2018年,茶叶产量 $\geq 1000$ t的县域数量由17个增加至38个,其茶叶产量占全省总产量的比例由66.74%增加至95.98%,表明全省茶叶产量显著增加;茶叶产量 $\geq 5000$ t的高产县域数量由0增加至20个,茶叶产量占全省总产量的比例由0增加到82.07%,主要集中在分布于四川盆地西南缘和南缘的川西产业带和川南产业带,成为四川省茶叶生产的优势区域;川东北产业带高产县域分布分散,成为茶叶生产相对劣势区。

**2.2 空间集聚特征分析** 利用公式(1)计算出1998—2018年四川省县域茶叶产量5个研究断面Global Moran's  $I$ 值依次为0.1529、0.1828、0.1002、0.0937和0.3435,全部为正值且通过0.01水平显著性检验,这表明茶叶生产在空间分布上并非随机,

而是呈现出集聚特征,即茶叶产量较高(低)的县域其邻近县域茶叶产量也比较高(低),空间上存在高高集聚、低低集聚的分布特征。1998—2013 年四川省县域茶叶生产空间关联度逐

渐降低,2013—2018 年又显著上升,远高于 1998 年,表明近 5 年茶叶产量相似的县域空间关联度显著增强。

表 1 1998—2018 年四川省县域茶叶生产分布

Table 1 Distribution of tea output in counties of Sichuan Province from 1998 to 2018

产量 Tea output t	1998 年		2003 年		2008 年		2013 年		2018 年	
	县域数量 Number	产量比例 Ratio//%								
<1 000	80	33.26	79	25.70	69	11.99	66	6.37	57	4.02
≥1 000~3 000	14	45.83	13	35.37	12	14.39	15	12.77	13	8.28
≥3 000~5 000	3	20.91	5	26.52	8	22.12	5	9.48	5	5.63
≥5 000~10 000	0	0	1	12.41	4	19.39	10	36.88	12	30.42
≥10 000~20 000	0	0	0	0	1	6.96	2	14.15	6	26.37
≥20 000	0	0	0	0	0	0	1	20.35	2	25.28

注:表 1 中产量比例为不同产量级别中各产茶县域茶叶产量总和占全省茶叶产量的比例

Note:The output ratio in table 1 is the ratio of the total tea output of each tea-producing county in different output levels to the total tea output of the province

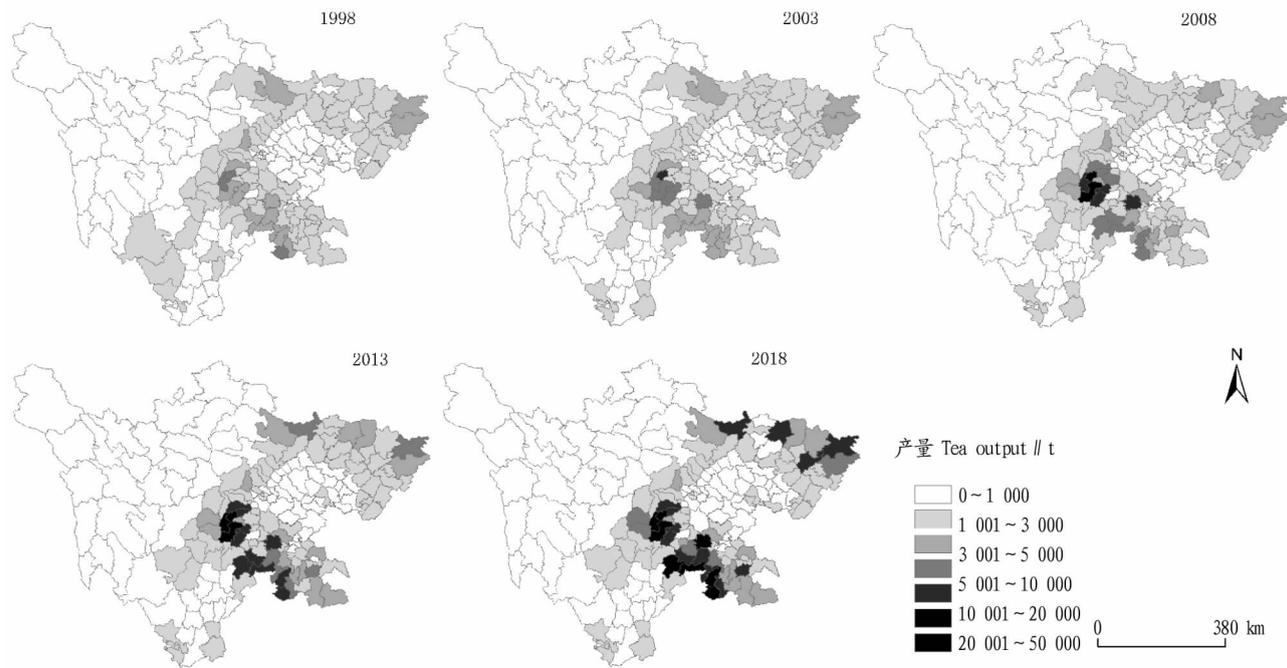


图 1 1998—2018 年四川省县域茶叶产量时空格局

Fig.1 Spatiotemporal pattern of county tea output in Sichuan Province from 1998 to 2018

全局自相关指数解释了茶叶产量在空间上具有集聚特性,但不能解释其空间分布规律。因此,根据公式(2)计算四川省县域茶叶产量 Getis-Ord,将产茶县域划分为 3 级热点、3 级冷点和不显著 7 个类型,其中“一级、二级、三级”分别表示通过置信度为 99%、95%、90% 的统计显著性检验。由图 2 可知:茶叶产量冷点分布区域变化不大,但年际差异大;热点区域分布变化较大且年际变化显著,1998—2003 年,茶叶产量冷点主要分布在四川盆地东北部且不断缩减,2008—2018 年冷点分布急剧减少。1998—2003 年,茶叶产量热点在成都、雅安市、眉山市、乐山市和宜宾市均有分布,热点聚类显著性增强,且呈现出向西集中的态势;盆地南部热点聚类显

著性减弱,热点范围缩小。2008—2013 年,热点区域聚类显著性进一步增强,热点范围扩大但地理位置更为集中,呈球状分布在四川盆地西南部,主要包括川西产业带中的雅安市名山区、雨城区、天全县、芦山县、荥经县和宝兴县,成都市邛崃市和蒲江县,眉山市东坡区、丹棱县、洪雅县和彭山区,乐山市西北部夹江县、沙湾区和峨眉山市等 15 个县域。2018 年,盆地西南部热点区域向西退缩,主要集中于雅安市东北部芦山县、中部雨城区和名山区,成都市大邑县、邛崃市和蒲江县,眉山市东坡区、丹棱县和洪雅县,以及乐山市和峨眉山市等 10 个县域。

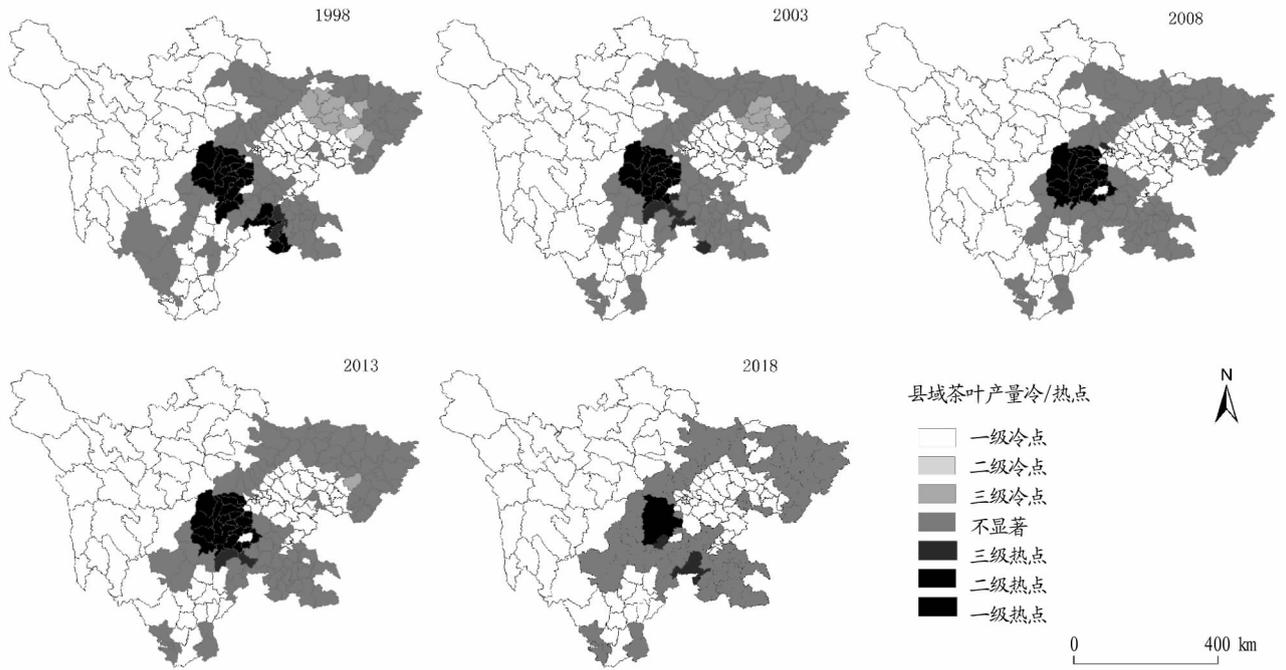


图 2 1998—2018 年四川省县域茶叶产量空间集聚热点演化

Fig.2 Hotspots in spatial concentration of tea output at county level in Sichuan Province from 1998 to 2018

**2.3 茶叶产量重心变化分析** 由表 2 和图 3 可知,茶叶产量重心位于四川盆地西南缘,在川西和川南产业带范围内,地理位置为  $103^{\circ}54'16''\sim 104^{\circ}18'56''E, 29^{\circ}43'43''\sim 29^{\circ}49'14''N$ 。茶叶产量重心的经向变化更为明显,主要表现为由西北向西向东南再向东迁移,纬向变化较小,说明四川省茶叶产量在东西方向上变化较大。1998—2008 年,茶叶产量重心由东南向西南摆动,平均移动速度为 4.64 km/a,表明在该时段内,西南部茶叶产量增加明显,茶叶生产水平较高;2008—2018 年,茶叶产量重心主要自西南向东摆动,平均移动速度为 2.77 km/a,年际移动速度放缓,表明该时期内四川盆地西南部偏东位置茶叶产量稳步增加,川西和川南产业带之间的产量差异逐渐缩小。总的来说,1998—2018 年,四川省茶叶产量重心主要呈现出由快到慢的移动特征,移动方向为“东—西—东”,空间变动范围不大,平均移动速度为 3.70 km/a。

表 2 1998—2018 年四川省茶叶产量重心变化

Table 2 Changes in the gravity center of tea output in Sichuan Province from 1998 to 2018

年份 Year	产量重心 Gravity center of tea output	移动距离 Moving distance//km
1998	$104^{\circ}18'56''E, 29^{\circ}46'56''N$	—
2003	$104^{\circ}10'26''E, 29^{\circ}49'14''N$	16.31
2008	$103^{\circ}54'16''E, 29^{\circ}47'52''N$	30.07
2013	$103^{\circ}59'31''E, 29^{\circ}43'43''N$	12.41
2018	$104^{\circ}7'44''E, 29^{\circ}44'20''N$	15.26

**2.4 茶叶生产空间格局变化影响因素分析** 由表 3 可知,不同时期茶叶产量空间分异影响因素的解释力差异较大。研究时段内农村人口和茶园面积作用强度随时间变化先增后减,总体解释力较大,变化明显;农林牧渔总产值、茶叶单产

和路网密度作用强度先减后增,解释力呈波动变化;表征人民生活水平的人均国民生产总值解释力强度持续减弱。1998—2003 年,表征茶叶生产规模的茶园面积和表征茶叶生产水平的茶叶单产成为影响茶叶产量空间分异的主要因素,其余因素按作用强度分别为农村人口、路网密度、人均国民生产总值和农林牧渔总产值;2008—2013 年,表征劳动力的农村人口因子解释强度逐渐增加,成为仅次于茶园面积的第二大影响茶叶产量空间分异的主要因素,茶园面积在 2008 年对茶叶产量空间分异的解释强度达 90.3%,远超其他因子;2018 年,茶叶产量空间分异的驱动因素再次变化,表征地区交通发展水平的路网密度取代农村人口成为仅次于茶园面积的茶叶产量空间分异影响因子。

总体而言,近 20 年来茶园面积是决定茶叶产量空间分异的主要因素,但与 1998—2013 年相比,2018 年茶园面积对茶叶产量的影响明显降低,即当茶园面积达到较高水平后,单纯依靠茶园面积扩张来提高茶叶产量的效率降低。茶叶单产、农村人口及路网密度各自在不同的时间断面成为茶叶产量空间分异的第二大主要影响因素,但这些因素解释力波动变化较大,表明未来茶叶产量稳产应注重增加科技投入,吸纳农村人才回流并加强专业技能人员培训投入,完善乡村道路布局,以保证茶叶单产的稳步提高、劳动力数量增加和素质提高以及交通水平的提高。

### 3 讨论

四川省茶叶产量空间集聚显著,形成明显的川西产业带、川南产业带和川东北产业带三大茶叶生产空间格局,与林正雨等<sup>[15]</sup>研究结果一致,且与当前四川省茶产业发展状况基本一致,表明四川省茶叶生产空间格局发展趋于稳定,当前产业布局较为合理。具体来看,三大茶叶生产空间的产

量差异显著,其中川西产业带为热点集聚核心区,拥有全国最大的无性系繁育基地。川南产业带为次热点区,近年来与川西产业带的茶叶产量差距逐渐缩小,二者均为茶叶生产优势区。川东北产业带茶叶产量较低且为冷点集聚区,是四川

省茶叶生产的相对弱势区,形成了“西南高东北低”的生产格局。茶园面积是造成茶叶生产“西南高东北低”的决定因素,这是因为茶园面积决定茶叶生产规模<sup>[13]</sup>,进而影响茶叶产量。茶园面积的作用机制与四川省生态建设工程密切相关。

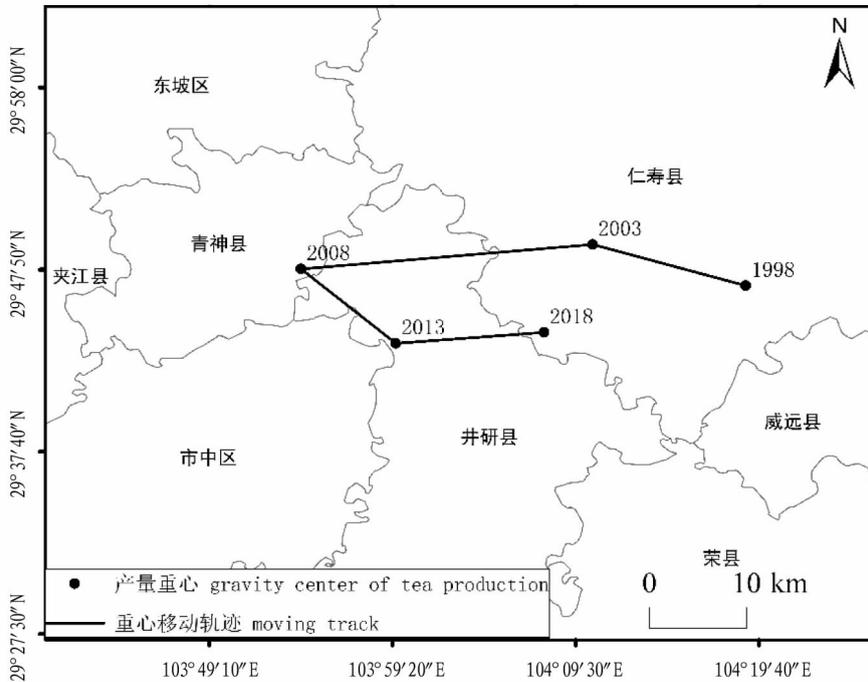


图3 1998—2018年四川省茶叶产量重心演变轨迹

Fig.3 The evolution of the gravity center of tea output in Sichuan Province from 1998 to 2018

表3 不同年份各影响因素解释力变化

Table 3 Changes in explanatory power of various influencing factors in different years

年份 Year	农村人口 Rural population ( $X_1$ )	农林牧渔总产值 Total output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery( $X_2$ )	人均国民 生产总值 Per capita GDP( $X_3$ )	茶园面积 Area of tea gardens( $X_4$ )	茶叶单产 Tea yield( $X_5$ )	路网密度 Road network density( $X_6$ )
1998	0.127	0.101	0.111	0.642	0.223	0.111
2003	0.145	0.033	0.107	0.665	0.163	0.053
2008	0.252	0.082	0.087	0.903	0.140	0.078
2013	0.254	0.112	0.067	0.484	0.164	0.084
2018	0.118	0.116	0.052	0.569	0.100	0.121

四川省自20世纪30年代以来,高强度垦殖坡地,导致自身水土涵养能力下滑,其生态变动对下游影响巨大。1998年长江洪水汹涌而来,四川成了长江干流的主要泥沙输入地。1999年,四川省开始启动退耕还林还草试点工作,成效卓然。20年来,通过茶叶种植及其他经济作物种植逐渐走出了一条“山上长叶子,农户得票子”的农村发展新路径<sup>[27]</sup>。川西和川南产业地处于盆周山地,气温适宜、云雾多湿度大,漫射光多,昼夜温差较大,有利于茶叶含氮化合物的合成和累积,自然资源禀赋优于川东北地区,是茶叶生产的适宜气候区<sup>[28]</sup>,不同区域茶园面积扩张差异较大导致区域间茶叶产量差距也不断增大。茶园面积是影响茶叶产量的主导因素,这与旷成华等<sup>[12]</sup>的研究结果相似,但与肖智等<sup>[2,13]</sup>的研究结果不同,其研究显示茶园标准化管理水平、茶园机械化水平、茶数品类及新技术推广等因素对茶叶产量有重要影

响。同时,有研究表明,一味依靠茶园扩张换取产量增长容易导致生态环境恶化<sup>[29]</sup>,因此,未来应考虑将影响茶叶产量的第一驱动力转变为茶园机械化水平和茶园标准化建设水平等,增强茶叶产业的可持续发展。当前,四川茶园机械化水平低于10%,仍属于劳动密集型产业<sup>[30]</sup>,在茶叶生产过程中主要靠大量的劳动力投入提高茶叶产量,因此茶叶产量空间分布与农村人口空间分布高度契合,而近年来城镇化发展使得越来越多农村人口转向城市,茶叶生产的劳动力投入减少,使得人口因素影响减弱。

该研究以县域为单元进行分析,采用空间分析和地理探测器等方法,揭示了1998—2018年四川省茶叶产量的时空演变特征及驱动机制,弥补了前人定性分析的部分缺陷。但受数据可获得性的限制,该研究在指标选取上未考虑农业机械总动力、气温和降水等因素对茶叶产量空间分布的影响,

未来应深入研究上述因素对茶叶生产的影响,并进一步探讨各影响因素在不同研究区域内的作用强度。

#### 4 结论

(1) 1998—2018 年,四川省茶叶产量呈增长态势,空间分异明显,存在显著的空间集聚特征。川西和川南产业带茶叶产量热点广布,是茶叶生产的优势区域;川东北产业带为茶叶产量冷点集聚区,成为茶叶生产的相对劣势区。

(2) 1998—2018 年四川省茶叶生产重心呈由快到慢的移动特征,总体移动范围变化较小,以 3.70 km/年的速度在四川盆地西南缘内移动并表现出东移的趋势,茶叶生产“西南高东北低”的态势更加显化。

(3) 县域茶叶产量空间分异的主要影响因素包括农村人口、茶园面积、茶叶单产和路网密度,各因素在不同时间段内对茶叶产量的空间分异作用强度和作用机制不同,茶园面积是茶叶产量空间分异的决定因素,考虑到茶园扩张的危害,未来应转化茶叶产量空间分异的第一驱动力,促进茶叶产业的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 李应祥. 贵州茶叶发展现状及对策探讨[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(1): 142-144.
- [2] 肖智, 黄贤金, 孟浩, 等. 2009—2014 年中国茶叶生产空间演变格局及变化特征[J]. 地理研究, 2017, 36(1): 109-120.
- [3] 张明海, 陈婷. 我省打造“千亿茶产业”到 2022 年川茶综合产值将超千亿元[N]. 四川日报, 2019-12-09(2).
- [4] 段新友. 深化形势认识 推进川茶产业转型升级[J]. 中国茶叶, 2017, 39(6): 4-5.
- [5] 陈桃, 孙剑, 李紫娟. 我国茶产业发展中存在的问题、原因与对策[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(3): 424-431.
- [6] 武卫国, 杨鼎俊, 龙志荣, 等. “一带一路”倡议下六堡茶产业发展现状及对策[J]. 中国茶叶, 2019, 41(5): 59-61.
- [7] 张玉芬, 禹志勇. 温泉镇茶叶产业发展现状及对策建议[J]. 福建茶叶, 2020, 42(3): 60-61.
- [8] 崔理博. 新形势下茶叶产业助力精准脱贫研究: 以信阳市为例[J]. 福建茶叶, 2018, 40(12): 74.
- [9] 王高合, 崔伟明, 汤一. 发挥高校优势 促推产业扶贫: 云南省景东县茶

产业发展思考与建议[J]. 中国茶叶, 2019, 41(1): 58-61.

- [10] 马小兰, 苏祖勤. 乡村振兴背景下茶产业扶贫现状调查与研究: 基于鹤峰县鄂阳乡的个案研究[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(1): 264-267.
- [11] 钟秋生, 林郑和, 陈常颂, 等. 春闰品种花香红茶发酵过程中生化成分的变化研究[J]. 茶叶学报, 2016, 57(2): 85-91.
- [12] 旷成华, 赵宇鸾, 朱昌丽. 1961—2013 年全球茶叶生产时空格局及演变特征[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 319-323.
- [13] 肖智, 黄贤金. 长江经济带茶叶生产空间格局演变[J]. 经济地理, 2017, 37(5): 110-115.
- [14] 黄修杰, 姚飞, 马力, 等. 茶叶生产格局演变及空间集聚效应研究: 以广东省为例[J]. 茶叶科学, 2020, 40(3): 415-429.
- [15] 林正雨, 何鹏, 李晓, 等. 1990—2015 年四川省茶叶生产空间演变格局及特征研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(31): 76-84.
- [16] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化[J]. 经济地理, 2018, 38(5): 142-151.
- [17] 胡慧芝, 王建力, 王勇, 等. 1990~2015 年长江流域县域粮食生产与粮食安全时空格局演变及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 359-367.
- [18] 涂建军, 刘莉, 张跃, 等. 1996—2015 年我国经济重心的时空演变轨迹: 基于 291 个地级市数据[J]. 经济地理, 2018, 38(2): 18-26.
- [19] 杨振, 雷军, 段祖亮, 等. 新疆人口的空间分布特征[J]. 地理研究, 2016, 35(12): 2333-2346.
- [20] 杨宗辉, 李金锴, 韩晨雪, 等. 我国粮食生产重心变迁及其影响因素研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 36-43.
- [21] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [22] 陶海燕, 潘中哲, 潘茂林, 等. 广州大都市登革热时空传播混合模式[J]. 地理学报, 2016, 71(9): 1653-1662.
- [23] 刘玉, 任艳敏, 潘瑜春. 黄淮海地区县域粮食生产空间分异格局及其影响因素探测[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2020, 56(2): 315-323.
- [24] 叶妍君, 齐清文, 姜莉莉, 等. 基于地理探测器的黑龙江垦区农场粮食产量影响因素分析[J]. 地理研究, 2018, 37(1): 171-182.
- [25] 周敏丹, 匡耀求, 云国梁. 基于地理探测器的广州市大气 PM<sub>2.5</sub> 浓度驱动因素分析[J]. 环境科学研究, 2020, 33(2): 271-279.
- [26] 汪可, 康平, 周明卫, 等. 四川盆地臭氧浓度空间分异及驱动因子研究[J]. 中国环境科学, 2020, 40(6): 2361-2370.
- [27] 暮冬. 退耕还林还草“还”来绿意盎然美丽四川[N]. 四川日报, 2019-09-03(15).
- [28] 杨坚, 李嘉宁. 四川茶树气候区划的模糊数学综合评价[J]. 西南农业学报, 1992, 5(2): 49-54.
- [29] 李雪柔, 陈飞燕, 林爱文, 等. 基于随机森林回归的茶园扩张驱动机制分析[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(1): 44-52.
- [30] 王鹏, 张艳, 邓佳, 等. 四川茶园作业机械化调研报告[J]. 四川农业与农机, 2018(2): 10-11.

(上接第 206 页)

363, 最多需要检验 11 次。经序贯抽样后确定的供检材料再进行 DNA 检验, 可提高鉴别结果的准确性和客观性。

#### 参考文献

- [1] 曹灿辉. 遏止未成年人吸烟要在“禁卖限购”上下工夫[J]. 教育家, 2016(7): 91.
- [2] 赵娜, 雷晓康, 杨茜. 烟草专卖行政执法风险防控研究: 基于全面风险管理理论[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2019, 29(5): 93-100, 159.
- [3] 卢嫣萍. 真品卷烟与假冒卷烟的质量差异研究[J]. 轻工科技, 2015, 31(9): 110-111.
- [4] 陈广平, 蔡继宝, 杜启云, 等. 基于质谱技术的电子鼻在鉴别真假卷烟上的应用[J]. 辽宁化工, 2010, 39(4): 353-355.
- [5] 唐雪梅, 张薇, 李慧. 卷烟真伪鉴别的近红外定性分析方法[J]. 烟草科技, 2008, 41(11): 5-8.
- [6] 聂磊, 张福民, 朱友, 等. 顶空-气相色谱-质谱技术应用于卷烟真伪鉴别[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(3): 16-20.
- [7] 于志鹏. 对刑侦侦查中 DNA 鉴定技术的思考[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范

大学, 2019: 25-27.

- [8] 杨光, 蔡焱, 刘海. mtDNA 标记在几种海关进出口动物产品鉴定中的应用[J]. 动物学杂志, 2004, 39(5): 40-43.
- [9] 李俊霞, 朱虹霖, 周浩, 等. 大豆转基因成分能力验证样品的检测分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(23): 8093-8097.
- [10] 姚亨秀. 四代 DNA 测序技术简述[J]. 生物学通报, 2017, 52(2): 5-8.
- [11] 孙盼盼, 时建立, 彭喆, 等. 猪支原体肺炎 LAMP-LFD 快速检测方法的建立及初步应用[J]. 畜牧兽医学报, 2020, 51(6): 1419-1428.
- [12] 王林芳, 徐世清. 桑蚕品种纯度序贯抽样检验方案设计[J]. 生物数学学报, 2004, 19(3): 373-378.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员会. 计数序贯抽样检验方案: GB/T 8051—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 童治军. 烟草微卫星标记的开发与应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 35, 87-88.
- [15] 陈思雨, 樊树海, 熊佳玮, 等. 基于斜率的抽样特性曲线性能评价及其在实验器材检验中的应用[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(12): 54-57.
- [16] 刘大伟. 序贯抽样在破坏野生动物资源案件中的应用: 以蛙类动物残体为例[J]. 法制与社会, 2019(35): 230-231.