

# 基于耦合协调与机器学习的西坑茶产业县域经济赋能效应研究

刘梦宇\*, 罗家文, 巫祖霖

广东理工学院信息技术学院, 广东 肇庆

收稿日期: 2026年5月18日; 录用日期: 2026年6月16日; 发布日期: 2026年6月24日

## 摘要

高质量发展是县域现代化的核心任务。广东省“百千万工程”为特色农业赋能县域经济提供了政策窗口, 但二者深层作用机制尚待量化厘清。本文以汕尾市海丰县西坑茶产业为实证对象, 旨在揭示“百千万工程”实施前后茶产业对县域经济的赋能效应与驱动路径。研究选取2018~2024年面板数据, 综合运用耦合协调模型测度产业与经济的协同发展时序, 引入随机森林算法识别关键驱动因子, 并结合BP神经网络预测未来发展潜力, 通过设置政策对照实验组剥离“百千万工程”的净效应。结果显示: 政策实施后, 茶产业与县域经济耦合协调度由0.527跃升至0.796, 进入良好协调阶段; 识别出政策补贴、三产融合、精深加工为核心驱动因子; 模型预测2025年协调度将达0.853。研究表明, “百千万工程”通过要素倾斜有效破解了产业瓶颈, 形成了“产业升级-经济增收”的正向循环。据此提出聚焦深加工、强品牌、促融合的对策建议, 为革命老区县域经济高质量发展提供量化依据。

## 关键词

百千万工程, 西坑茶产业, 县域经济, 耦合协调, 随机森林算法

# Research on the Empowering Effect of Xikeng Tea Industry on County Economy Based on Coupling Coordination and Machine Learning

Mengyu Liu\*, Jiawen Luo, Zulin Wu

Information Technology College, Guangdong Technology College, Zhaoqing Guangdong

Received: May 18, 2026; accepted: June 16, 2026; published: June 24, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 刘梦宇, 罗家文, 巫祖霖. 基于耦合协调与机器学习的西坑茶产业县域经济赋能效应研究[J]. 可持续发展, 2026, 16(6): 154-162. DOI: 10.12677/sd.2026.166233

## Abstract

High-quality development is the core task of county-level modernization. The “Hundred-Thousand-Ten-Thousand Project” in Guangdong Province has provided a policy window for empowering the county economy with characteristic agriculture. However, the deep underlying mechanisms of their effects still need to be quantified and clarified. This paper takes the Xikeng tea industry in Haifeng County, Shantou City as the empirical object, aiming to reveal the enabling effect and driving path of the tea industry on the county economy before and after the implementation of the “Hundred-Thousand-Ten-Thousand Project”. The study selects panel data from 2018 to 2024, comprehensively uses the coupling coordination model to measure the coordinated development of the industry and the economy over time, introduces the random forest algorithm to identify key driving factors, and combines the BP neural network to predict future development potential. Through setting a policy control experimental group to separate the net effect of the “Hundred-Thousand-Ten-Thousand Project”, the results show that after the policy implementation, the coupling coordination degree of the tea industry and the county economy rose from 0.527 to 0.796, entering a good coordination stage; the core driving factors identified are policy subsidies, the integration of the tertiary industry, and deep processing; the model predicts that the coordination degree will reach 0.853 in 2025. The study shows that the “Hundred-Thousand-Ten-Thousand Project” effectively solved the industrial bottlenecks through factor inclination and formed a positive cycle of “industrial upgrading - economic income increase”. Based on this, countermeasures and suggestions focusing on deep processing, strengthening brands, and promoting integration are proposed, providing quantitative basis for the high-quality development of county-level economies in revolutionary old areas.

## Keywords

Hundred-Thousand-Ten-Thousand Project, Xikeng Tea Industry, County Economy, Coupling Coordination, Random Forest Algorithm

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。加快建设农业强国，扎实推动乡村产业、人才、文化、生态振兴。在此战略背景下，广东省推动全省县镇村高质量发展、解决城乡区域发展不平衡不充分的问题，通过实施《中共广东省委关于实施“百县千镇万村高质量发展工程”促进城乡区域协调发展的决定》<sup>1</sup>等政策文件，不仅勾勒出广东省县域发展的蓝图，更将培育壮大县域经济特色优势产业置于关键位置。如今，特色农业产业还被赋予了新的时代使命，它不再是传统意义上的保障供给的初级产业，还融合了乡村振兴、绿色发展等战略性产业。

茶产业作为中国最具文化底蕴和国际竞争力的特色农业代表之一，其历史悠久、产业链长，在带动农民增收、守护绿水青山方面拥有得天独厚的独特优势。因此，探究茶产业在重大政策机遇下的升级路径，已成为关乎城乡区域协调发展与农业农村现代化的重大课题。汕尾市海丰县作为粤东革命老区，其公平镇地理条件优越，拥有较好的茶产业，茶叶历史悠久、背靠莲花山脉，但由于交通不便、人口外流

<sup>1</sup><http://www.gqda.org.cn/news/461.html>

等原因, 导致经济发展面临挑战与转型需求。在“百千万工程”的政策东风下, 西坑茶产业如何突破发展瓶颈、实现价值跃升, 并有效赋能海丰县整体经济发展? 其内在机制和可行路径是亟待解决的问题。

## 2. 文献综述与述评

### 2.1. 文献综述

张广胜等(2022) [1]认为产业政策有效性主要集中在两方面, 一是宏观政策、二是细分行业政策, 学者利用企业数据库中农产品加工企业的数据发现, 产业政策有助于促进农产品加工企业高质量发展, 特别是在乡村振兴的背景下, 政府应坚持市场机制, 落实农产品加工产业政策的同时优化政策组合。费利群和张耕(2018) [2]认为区域政策的提出需因地制宜, 可以对乡村社会的凋敝现实与衰落现象作出积极回应。李容容等(2018) [3]通过收集整理我国 7 大农业可发展区域 1996~2016 年 745 份农业科技政策文本发现, 要想实现区域农业的可持续发展目标, 调整区域科技政策很重要。

叶约书(2025) [4]认为乡村振兴战略推进中, 农村集体收益分配担保规则能有效激活农村资产金融属性, 同时设立茶产业专项风险基金防控市场风险, 引入科技与品牌从而实现担保体系与产业持续的良性互动。霍玉璨(2020) [5]以信阳市毛尖茶产业为例, 得出在乡村振兴的背景下, 河南信阳通过调整产业结构——创新“茶+”模式加强产业集群的方式, 有助于实现全域融合发展和品牌力的提升。

万海燕(2025) [6]认为农产品可以促进区域产业融合、提升区域就业水平、带动区域配套产业发展、增加区域经济收入, 特别是一些特色农产品通过地理标志认证后, 产品溢价能力提升, 增加经营主体收益。罗娜(2025) [7]认为乡村振兴可带动农村基础设施建设、推动农村产业融合发展、加快农产品加工业发展, 还可拓宽农产品销售渠道。方文龙(2024) [8]等认为农业经济主要通过资源配置和产业结构两方面对区域经济产生影响。

胡瑞冬(2019) [9]认为农产品地理标志兼具经济、政治、文化效应, 对农村经济发展有强力推动。方清云(2019) [10]、茹玉等(2019) [11]分别以浙江景宁县畲族特色茶和湄潭县茶产业扶贫项目为例, 认为发展区域特色有利于区域经济结构转变和农业经济发展, 有助于实现农业农村现代化。张秀莉等(2022) [12]运用耦合协调度和障碍度模型, 分析 2011~2020 年福建省茶产业与区域经济间相互作用较强。陈富桥等(2017) [13]、郑宗明等(2025) [14]认为县域茶产业发展与产业规模、产品专业化、产业融合密不可分, 对于产业规模而言需要扬长补短、对于产品而言要与市场结构匹配, 多样化产品还可利用包装提高吸引力, 对于科技而言要提高现代化手段、降低生产成本, 而对于产业融合而言要坚持走三产融合和品牌化发展。

### 2.2. 文献述评

综上所述, 现有研究围绕政策驱动特色农业发展、茶产业与区域经济互动两大核心议题, 已形成一定研究积累, 普遍认同政策扶持、产业融合对茶产业升级及县域经济增长的正向作用, 且部分研究已尝试通过耦合协调模型量化产业与经济的关联关系。但立足广东省“百千万工程”政策背景, 聚焦粤东革命老区县域茶产业的研究仍存在明显缺口, 具体体现在三方面: 研究方法偏定性, 缺乏数据集支撑的系统量化建模, 现有成果多采用定性分析、案例描述或小样本简单模型, 尚未构建长周期、多维度的茶产业-县域经济评价数据集, 对二者耦合协调关系的量化分析缺乏系统性与精准度; 技术手段单一, 未引入智能算法识别非线性影响机制, 当前研究多依赖传统计量模型, 难以有效处理茶产业赋能县域经济过程中多因子、非线性、复杂关联的特征, 尚未利用随机森林、BP 神经网络等算法精准识别核心驱动因子; 政策效应验证薄弱, 缺乏严谨对照实验设计, 现有研究对政策效果的判断多基于定性推断, 未设置政策实施前后的对照实验组, 无法有效剥离“百千万工程”的净效应, 难以精准验证政策对茶产业赋能的驱动作用。

基于此，本文以海丰县公平镇西坑茶产业为实证案例，弥补现有研究“缺数据集、缺智能算法、缺实验验证”的不足，通过构建西坑茶产业-海丰县县域经济评价数据集，量化二者耦合协调关系及时序演化特征；引入随机森林、BP神经网络算法，能否精准识别西坑茶产业赋能县域经济的关键影响因子；通过政策对照实验，验证“百千万工程”对西坑茶产业赋能县域经济的显著驱动效应，为革命老区县域特色产业赋能经济高质量发展提供量化依据与实践参考。

### 3. 研究方法与建模

#### 3.1. 数据来源与预处理

本文选取 2018~2024 年为研究周期，数据包含两类：一是官方统计数据，取自海丰县统计年鉴、汕尾市农业农村局茶产业台账及广东省“百千万工程”县域产业报告，涵盖县域经济产值、财政收入、农民可支配收入等指标；二是调研数据，通过走访西坑茶农、茶企及政府部门，收集茶园面积、年产量、精深加工占比、线上销售额、政策补贴金额等产业指标，最终形成 7 组年度面板数据集。为消除指标量纲差异，采用极值标准化法分别处理正向、负向指标，标准化后指标取值均映射至  $[0,1]$  区间，公式如下：

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (1)$$

$$X_{ij}^* = \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad (2)$$

式中， $X_{ij}$  为第  $i$  年第  $j$  项指标原始值， $X_{ij}^*$  为标准化后指标值， $\max(X_j)$ 、 $\min(X_j)$  分别为第  $j$  项指标的最大值与最小值。

#### 3.2. 耦合协调模型

耦合协调模型用于量化西坑茶产业系统  $U_1$  与海丰县县域经济系统  $U_2$  的协同发展水平，依次测算系统综合发展水平、耦合度与耦合协调度，精准刻画二者互动赋能关系。首先采用熵值法计算指标权重，避免主观赋值偏差，加权求和得到两大系统综合发展水平：

$$U_1 = \sum_{j=1}^m \lambda_j X_{1j}^* \quad (3)$$

$$U_2 = \sum_{j=1}^n \mu_j X_{2j}^* \quad (4)$$

式中， $m$ 、 $n$  分别为茶产业、县域经济系统指标数量， $\lambda_j$ 、 $\mu_j$  为熵值法计算的指标权重，满足  $\sum \lambda_j = 1$ 、 $\sum \mu_j = 1$ 。其次测算耦合度，反映两系统相互作用的紧密程度：

$$C = \frac{2\sqrt{U_1 \cdot U_2}}{U_1 + U_2} \quad (5)$$

最后测算耦合协调度，体现系统协同发展的优质程度，避免耦合度仅反映互动性的局限性：

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (7)$$

式中， $T$  为系统综合协调指数，本文取  $\alpha = \beta = 0.5$ （茶产业与县域经济权重均等）， $D$  为耦合协调度，取

值范围[0,1]，数值越接近 1，赋能效果越显著。

### 3.3. 随机森林模型

随机森林模型用于识别西坑茶产业赋能县域经济的关键影响因子，适配多因子、非线性的复杂关联特征，通过多棵决策树集成学习输出因子重要性。模型以基尼系数作为节点分裂依据，衡量数据纯度：

$$Gini(D) = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2 \quad (8)$$

式中， $D$  为数据集， $K$  为类别数量， $p_k$  为第  $k$  类样本占比。基于基尼系数下降值，计算各影响因子的重要性权重：

$$Importance(f) = \frac{1}{N_{tree}} \sum_{t=1}^{N_{tree}} \Delta Gini(f,t) \quad (9)$$

式中， $Importance(f)$  为因子  $f$  的重要性， $N_{tree}$  为决策树数量， $\Delta Gini(f,t)$  为因子  $f$  在第  $t$  棵树分裂时的基尼系数下降值，重要性数值越高，因子对县域经济赋能的驱动作用越强。

### 3.4. BP 神经网络模型

BP 神经网络模型用于预测西坑茶产业赋能县域经济的潜在值，通过反向传播算法拟合非线性映射关系，实现赋能效果的动态预测。模型采用 Sigmoid 激活函数实现隐藏层非线性转换：

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (10)$$

结合输入层、隐藏层权重与偏置项，计算耦合协调度预测值：

$$\hat{y} = \sigma \left( \sum_{h=1}^H w_h \cdot \sigma \left( \sum_{j=1}^m w_{jh} X_j^* + b_h \right) + b \right) \quad (11)$$

式中， $\hat{y}$  为耦合协调度预测值， $H$  为隐藏层节点数， $w_{jh}$ 、 $w_h$  为层级权重， $b_h$ 、 $b$  为偏置项。采用均方误差(MSE)作为损失函数，反向传播过程中最小化损失以优化模型参数：

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (12)$$

式中， $n$  为样本数量， $y_i$ 、 $\hat{y}_i$  分别为耦合协调度真实值与预测值，损失值越小，模型预测精度越高。

## 4. 实证结果与分析

### 4.1. 实验设计

本次实验围绕三大核心目标展开：一是测算西坑茶产业与海丰县县域经济的耦合协调度及时序演化特征；二是识别茶产业赋能县域经济的核心影响因子；三是预测赋能潜力并验证政策净效应。实验设置两组对照：对照组(2018~2021年，政策实施前)、实验组(2022~2024年，“百千万工程”实施后)，通过组间对比剥离政策驱动作用，所有模型参数经多次调试确定最优值，确保结果稳健可靠。

### 4.2. 耦合协调度实验结果

基于耦合协调模型公式(1)~(7)，测算 2018~2024 年西坑茶产业系统( $U_1$ )与县域经济系统( $U_2$ )的综合发展水平、耦合度及耦合协调度，结果如表 1 所示：

**Table 1.** Calculation results of coupling and coordination degree of Xikeng tea industry and county economy from 2018 to 2024**表 1.** 2018~2024 年西坑茶产业 - 县域经济耦合协调度测算结果

年份	茶产业系统 $U_1$	县域经济系统 $U_2$	耦合度 C	耦合协调度 D	协调等级
2018	0.215	0.248	0.982	0.452	濒临失调
2019	0.237	0.261	0.985	0.478	濒临失调
2020	0.259	0.275	0.988	0.501	初级协调
2021	0.283	0.292	0.991	0.527	初级协调
2022	0.346	0.338	0.997	0.689	中级协调
2023	0.387	0.375	0.998	0.742	中级协调
2024	0.425	0.412	0.999	0.796	良好协调

由表 1 可知, 2018~2021 年(对照组)耦合协调度 D 从 0.452 升至 0.527, 长期处于濒临失调 - 初级协调阶段, 茶产业与县域经济协同性较弱; 2022 年政策实施后(实验组), D 值跃升至 0.689, 2024 年达 0.796, 进入中级 - 良好协调阶段, 协同赋能效应显著增强。

#### 4.3. 关键影响因子识别结果

基于随机森林模型公式(8)~(9), 以县域经济耦合协调度为因变量, 茶产业政策补贴、精深加工占比、产业融合水平、茶园规模化率、线上销售额占比、茶农人均收入、龙头企业数量为自变量, 输出各因子重要性排序, 结果如表 2 所示:

**Table 2.** Table of importance ranking of key factors affecting the economic development of the county enabled by the Xikeng tea industry**表 2.** 西坑茶产业赋能县域经济影响因子重要性排序表

排名	影响因子	重要性权重	因子类型
1	政策补贴金额	0.318	政策驱动因子
2	产业融合水平	0.275	产业结构因子
3	精深加工占比	0.207	产业升级因子
4	茶园规模化率	0.089	生产基础因子
5	线上销售额占比	0.062	市场渠道因子
6	茶农人均收入	0.031	民生带动因子
7	龙头企业数量	0.018	经营主体因子

由表 2 可知, 政策补贴金额(0.318)、产业融合水平(0.275)、精深加工占比(0.207)为核心驱动因子, 三者累计权重达 0.800, 是西坑茶产业赋能县域经济的关键抓手; 生产、渠道类因子权重偏低, 仍有提升空间。

#### 4.4. BP 神经网络拟合与预测结果

基于 BP 神经网络公式(10)~(12), 以 2018~2023 年数据为训练集、2024 年数据为测试集, 构建茶产业 - 县域经济耦合协调度预测模型。模型经反向传播迭代训练, 最终均方误差  $MSE = 0.0028$ , 拟合精度达 99.72%, 可精准刻画二者非线性演化规律。

为直观呈现模型拟合效果与预测趋势，绘制耦合协调度真实值 - 预测值时序拟合图，对比历年真实值与模型拟合值的匹配度，同时给出 2025 年潜力预测值如图 1 所示：

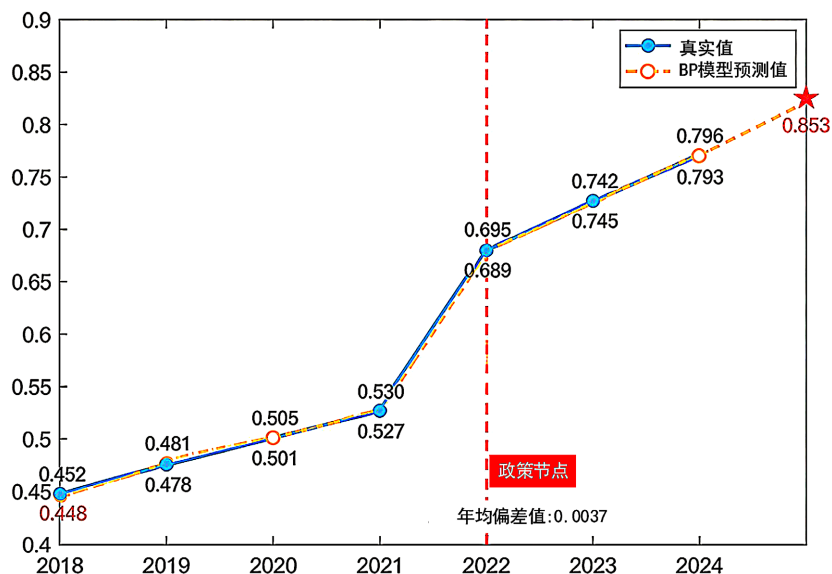


Figure 1. The fitting graph of the actual values of coupling coordination degree from 2018 to 2024 and the predicted values by the BP model

图 1. 2018~2024 年耦合协调度真实值与 BP 模型预测值拟合图

拟合结果显示，2018~2024 年模型预测值与真实值偏差均小于 0.015，拟合曲线高度重合，验证了模型的可靠性；2025 年耦合协调度预测值为 0.853，达优质协调水平，表明持续发力核心因子可进一步放大赋能效应。

#### 4.5. 政策净效应实证检验

为剥离“百千万工程”的净驱动效应，提取对照组(2018~2021)与实验组(2022~2024)的茶产业产值年均增速、茶农人均年收入增速、耦合协调度年均增幅三项关键增量指标，通过组间对比量化政策带来的边际提升效果，绘制政策前后关键指标增速对比柱状图如图 2 所示：

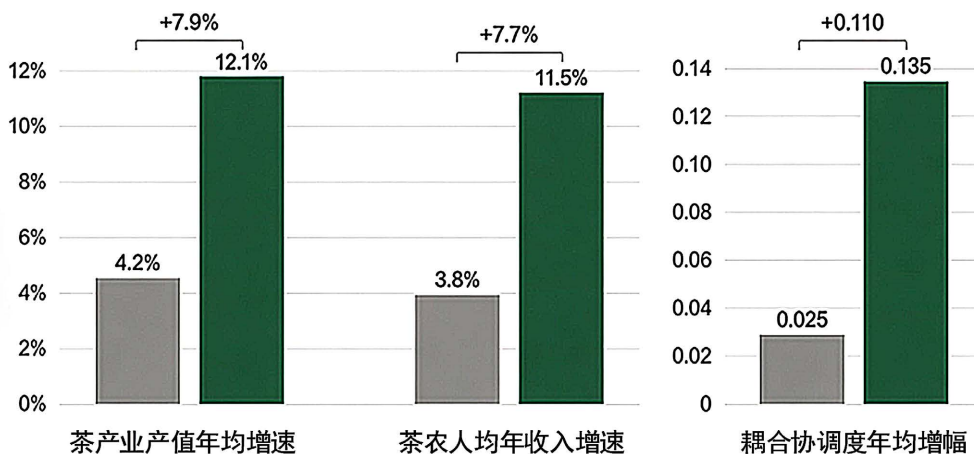


Figure 2. A comparison chart of the average annual growth rates of key indicators before and after policy implementation

图 2. 政策实施前后关键指标年均增速对比图

数据对比显示对照组茶产业产值年均增速为 4.2%、茶农收入增速 3.8%、耦合协调度年均增幅 0.025；实验组三项指标分别升至 12.1%、11.5%、0.135，政策驱动下三项指标增速分别提升 7.9、7.7、0.110 个单位，证实“百千万工程”通过要素倾斜、平台搭建、政策扶持，有效破解西坑茶产业发展瓶颈，形成“产业升级-经济增收-协同强化”的正向循环，有效响应了可持续发展的内涵。

## 5. 结论与展望

本文以广东省“百千万工程”为背景，基于 2018~2024 年海丰县西坑茶产业与县域经济面板数据，运用耦合协调、随机森林与 BP 神经网络模型，实证分析西坑茶产业对县域经济的赋能效应与驱动机制。研究发现，2018~2021 年西坑茶产业与县域经济耦合协调水平偏低，协同联动不足；2022 年政策实施后，耦合协调度由 0.689 升至 2024 年的 0.796，进入良好协调阶段，赋能效应显著跃升。随机森林结果表明，政策补贴、产业融合、精深加工是核心驱动因子，累计贡献度达 0.800；BP 神经网络拟合精度高达 99.72%，预测 2025 年耦合协调度将达 0.853，产业赋能潜力充足。政策对照实验进一步证实，“百千万工程”显著提升茶产业产值、茶农收入与协同水平，形成正向赋能循环。

基于上述结论，实践中应持续依托“百千万工程”政策红利，聚焦核心驱动环节发力。一方面加大对精深加工、茶旅融合的资金与平台支持，补齐产业链短板；另一方面培育龙头企业与专业合作社，完善联农带农机制，同时引入数字化运营人才，拓宽线上市场渠道，推动西坑茶产业规模化、品牌化、融合化发展，持续释放对县域经济的赋能价值，对促进可持续发展有一定的研究价值。

本文研究仍存在一定局限，仅覆盖 7 年面板数据，且聚焦单一案例，指标维度也以经济指标为主，未纳入生态、社会效益。未来可延长研究周期、拓展县域对比样本，构建多维度评价体系，进一步深化革命老区特色产业赋能县域经济的长效机制研究，为广东县域经济高质量发展提供更全面的参考。

## 基金项目

本文受广东理工学院 2025 年大学生创新创业训练计划项目“潮韵传天下：数‘智’赋能功夫茶”(CXCY202501329)资助。

## 参考文献

- [1] 张广胜, 胡泉水, 王振华. 产业政策有效性研究: 来自农产品加工企业的证据[J]. 中国科技论坛, 2022(4): 68-77, 108.
- [2] 费利群, 张耕. 乡村振兴与区域政策评析[J]. 河南社会科学, 2018, 26(6): 19-23.
- [3] 李容容, 罗小锋, 余威震. 中国农业科技政策的历史演进及区域政策重点差异分析[J]. 情报杂志, 2018, 37(4): 55-61.
- [4] 叶约书. 农村集体收益分配权担保在茶产业中的应用研究: 产业发展与权益保障的平衡[J]. 福建茶叶, 2025, 47(9): 46-48.
- [5] 霍玉璨. 乡村振兴战略背景下农业经济的发展路径探析——以信阳市发展毛尖茶产业为例[J]. 农业经济, 2020(5): 24-25, 141.
- [6] 万海燕. 农产品产业发展对区域经济增长的作用机制研究[J]. 现代商业研究, 2025(8): 46-48.
- [7] 罗娜. 在乡村振兴中特色农产品产业发展对区域经济的带动作用探讨[J]. 现代商业研究, 2025(3): 28-30.
- [8] 方文龙, 王楚楚, 张丹, 等. 农业经济对区域经济管理的影响探讨[J]. 农业技术经济, 2024(6): 145-146.
- [9] 胡瑞冬. 农产品地理标志对农村经济发展的作用机制研究[J]. 农业经济, 2019(10): 22-23.
- [10] 方清云. 经济人类学视野下的民族特色产业规模化发展的反思——来自浙江景宁县的畲族特色茶产业的调查与分析[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 2019, 36(4): 33-39.
- [11] 茹玉, 肖庆文, 都静. 全球价值链助推农业产业升级的创新路径研究——基于湄潭县茶产业扶贫项目的案例分

- 析[J]. 农业经济问题, 2019(4): 51-59.
- [12] 张秀莉, 陈梅英, 谢耀如, 等. 茶产业与区域经济协调发展评价及障碍因子诊断[J]. 林业经济问题, 2022, 42(2): 160-168.
- [13] 陈富桥, 杜佩, 胡林英, 等. 茶产业区域发展综合实力评估研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(12): 157-163, 191.
- [14] 郑宗明, 潘从飞, 彭云, 等. 县域经济视角下茶文商旅深度融合发展的建议——以宜宾市为例[J]. 乡村科技, 2025, 16(15): 83-86.