

DOI: 10.12357/cjea.20240504

CSTR: 32371.14.cjea.20240504

李玉超, 张立杰, 乔心培. 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2025, 33(5): 985–998

LI Y C, ZHANG L J, QIAO X P. The impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2025, 33(5): 985–998

# 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响\*

李玉超<sup>1</sup>, 张立杰<sup>1\*\*</sup>, 乔心培<sup>2,3</sup>

(1. 新疆大学经济与管理学院 乌鲁木齐 830000; 2. 中国石油大学(北京)克拉玛依校区工商管理学院 克拉玛依 834000; 3. 上海财经大学会计学院 上海 200433)

**摘要:** 本文基于构建的棉花产业协同集聚“要素流动-产业互动-空间联动”理论分析框架,以2003—2022年中国棉花产地为研究对象,实证研究了棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响及其作用机制。研究发现:1)棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率呈现先促进后抑制的“倒U型”关系;2)棉花产业协同集聚具有“自我强化”的累积循环效应,其效应可以显著持续4年;3)拐点位于样本的94.12%分位数,说明现阶段中国绝大多数棉花产区处于促进阶段;4)棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响在自然资源和要素需求弹性方面具有明显的异质性;5)棉花产业协同集聚通过竞争效应、知识溢出效应和规模效应3条机制作用于棉花绿色全要素生产率,其中竞争效应和知识溢出效应能够缓解“倒U型”关系,而规模效应强化了“倒U型”关系,知识溢出效应和规模效应能够推动拐点右移,扩大促进阶段的区间,而过度竞争会推动拐点左移,导致抑制阶段提前。最后,提出了优化棉花产业布局、避免过度竞争、发展适度规模经营等建议,以实现棉花产业高质量发展,助力中国式农业现代化。

**关键词:** 棉花产业协同集聚; 棉花绿色全要素生产率; 竞争效应; 知识溢出效应; 规模效应

**中图分类号:** F304.7

## The impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity\*

LI Yuchao<sup>1</sup>, ZHANG Lijie<sup>1\*\*</sup>, QIAO Xinpei<sup>2,3</sup>

(1. School of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830000, China; 2. School of Business Administration, China University of Petroleum-Beijing at Karamay, Karamay 834000, China; 3. School of Accountancy, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** This study is based on the theoretical framework of “factor flow-industrial interaction-space linkage” of the cotton industry cooperative agglomeration. With China’s cotton origins as the research object, the study empirically investigated the impact of the cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity and its functional mechanism from 2003 to 2022. The study found that: 1) Cotton industry synergistic agglomeration and cotton green total factor productivity exhibited an “inverted U-shaped” relationship that first promoted and then inhibited. 2) The synergistic agglomeration of the cotton industry had a

\* 新疆维吾尔自治区社会科学基金(20AZD004)、新疆维吾尔自治区社会科学界联合会党中央治疆方略理论与实践研究课题(2022ZJFLZ04)和新疆大学优秀博士研究生科研创新项目(XJU2022BS017)资助

\*\* 通信作者: 张立杰,研究方向为产业经济、农业资源与环境经济。E-mail: zhanglj@xju.edu.cn

李玉超,研究方向为产业经济、农业资源与环境经济。E-mail: liyuchao@stu.xju.edu.cn

收稿日期: 2024-08-21 接受日期: 2025-02-28

\* This study was supported by the Social Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (20AZD004), the Theory and Practice Research Project on Xinjiang Governance Strategy of Party Central Committee of Xinjiang Uygur Autonomous Region Social Science Federation (2022ZJFLZ04), and Xinjiang University Outstanding Doctoral Research Innovation Project (XJU2022BS017).

\*\* Corresponding author, E-mail: zhanglj@xju.edu.cn

Received Aug. 21, 2024; accepted Feb. 28, 2025

“self-reinforcing” cumulative cyclical effect, which lasted for four years. 3) The inflection point was located at the 94.12% quantile of the samples, indicating that the vast majority of China’s cotton producing regions were currently in the promotion stage. 4) The impact of synergistic agglomeration in the cotton industry on green total factor productivity in cotton was significantly heterogeneous in terms of natural resources and factor demand elasticities. 5) Cotton industry synergistic agglomeration acted on cotton green total factor productivity through three mechanisms: competition, knowledge spillover and scale effects. The competition and knowledge spillover effects alleviated the “inverted U-shaped” relationship, whereas the scale effect strengthened the “inverted U-shaped” relationship. Knowledge spillover and scale effects pushed the inflection point to the right and widen the facilitation phase interval, whereas excessive competition pushed the inflection point to the left, leading to an earlier inhibition phase. Finally, suggestions were made, such as optimizing the layout of the cotton industry, avoiding excessive competition, developing moderate-scale operations to achieve high-quality development of the cotton industry, and modernizing Chinese-style agriculture.

**Keywords:** cotton industry synergistic agglomeration; cotton green total factor productivity; competition effect; knowledge spillover effect; scale effect

衣食住行,衣为先。棉花作为天然的纺织用植物纤维,是重要的大宗农产品和纺织工业原料,具有较高的经济价值,在我国的西北内陆地区、黄河流域和长江流域广泛种植<sup>[1]</sup>。我国具有悠久的植棉历史,可以追溯到两千多年前的战国时代,至今,我国已经建立起完善的现代化棉花产业体系,形成“世界棉花看中国”的格局。棉花产业是植棉地区重要的民生产业、富民产业和特色产业,不仅承担着我国棉花供给安全和棉纺产业供应链稳定的重要职责使命,还有助于实现农村产业兴旺,引领乡村振兴。然而,面对复杂严峻的内外部形势和不确定性因素,我国棉花产业发展面临诸多挑战<sup>[2]</sup>。棉花产业对于农膜、农药、化肥的依赖程度较高,在提高棉花产出的同时也增加了温室气体的排放,导致棉花产业的“高碳性”<sup>[3]</sup>。在资源环境刚性约束趋紧的情况下,这种依靠资源投入的粗放式发展模式不可持续,由此带来的面源污染问题突出,特别是在“双碳”目标下,棉花产业绿色低碳转型已经成为共识,同时也是推进农业绿色发展实现中国式农业现代化应有之义。

相较于棉花产业,棉花生产性服务业具有知识密集度高、专业性强、带动作用显著等特点,呈现更强的集聚效应,是产业竞争的新战略制高点。强化棉花产业和棉花生产性服务业的协同集聚能够深化劳动分工、延伸产业链、提高棉花附加值,引领棉花产业向价值链高端提升,推动棉花产业由传统农业经济向现代服务经济转型。

与本文相关的文献主要有农业绿色全要素生产率和产业协同集聚两支。从农业绿色全要素生产率的研究来看,文献主要集中于农业绿色全要素生产率的核算及影响机制研究。农业绿色全要素生产率不仅可以用来衡量要素投入(如资本、劳动力、土地等)的经济效率,还能将碳排放<sup>[4-6]</sup>、碳汇<sup>[7]</sup>、农业

面源污染<sup>[8-9]</sup>等环境绩效纳入核算体系中衡量环境效率,是一个能综合反映农业发展水平的指标。也有一些学者将农业绿色全要素生产率作为农业高质量发展的代理指标<sup>[10]</sup>。学者们发现农业绿色全要素生产率的影响因素及其作用机制具有多样性和复杂性。其一,多样性的影响因素,包括农业产业集聚的空间溢出效应<sup>[11]</sup>,农业服务化转型的作用<sup>[12]</sup>,数字经济的技术进步效应、资源分配效应等<sup>[13]</sup>,绿色贸易壁垒的“倒逼”机制<sup>[14]</sup>;其二,复杂的影响关系,其关系不总是线性的,有可能是非线性的,如环境规制的门槛效应<sup>[15]</sup>。从产业协同集聚的研究来看,由 Ellison 等<sup>[16]</sup>开启了产业协同集聚的研究,学界已经关注到产业协同集聚的绿色经济效率或绿色增长效应。常哲仁等<sup>[17]</sup>的研究表明在地级市层面上制造业和生产性服务业协同集聚不仅显著地提升了本地区城市绿色创新效率,还对邻近地区产生空间溢出效应。Ding 等<sup>[18]</sup>以省级层面的制造业和生产性服务业协同集聚为研究对象得到了类似的结论。而侯少杰等<sup>[19]</sup>的研究发现二、三产业的协同集聚对碳强度的影响是“倒 U 型”关系,认为这是源于集聚效应与拥挤效应的动态博弈。王燕等<sup>[20]</sup>研究发现高新技术产业与生产性服务业的协同集聚与地区绿色全要素生产率的关系同样呈现“倒 U 型”关系。

通过对现有的文献梳理发现,已有研究仍存在较多的不足。第一,已有的文献对棉花绿色全要素生产率的研究较少。目前的文献研究多关注广义或狭义农业绿色全要素生产率,而农业涵盖范围较大,细分产业多而杂,产业之间存在明显异质性,因此现有研究不能够准确体现棉花产业的绿色效率。第二,关于产业协同集聚的研究主要以制造业与生产性服务业、高新技术产业与生产性服务业或者二、三产业为研究对象,忽略了农业与农业生产性服务业的

协同集聚, 而农业的协同集聚是产业协同集聚的重要组成部分, 同时农业协同集聚具有自身特征显著区别于制造业的协同集聚, 不可忽视。

### 1 理论分析与研究假说

#### 1.1 理论分析

棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的理论分析框架如图 1 所示。

1) 要素流动。产业协同集聚抽象来看表现为生产要素在空间上的流动与集中。棉花产业协同集聚还有利于高素质劳动力、资本、技术等现代化生产要素向棉花产业集中。土地对于农业, 特别是种植业其作用更是不可替代。棉花产业协同集聚有利于土地要素流转, 扩大土地经营规模, 缓解土地约束, 发挥规模经济效应。随着城镇化和老龄化, 我国农业劳动力日益不足, 棉花生产性服务业的集聚有效扩大了机械化水平, 缓解了农业劳动力不足的约束<sup>[21-22]</sup>。小农户的棉花生产技术多来源于世代种植经验和口口相传的种植技巧, 缺乏专业培训。随着农技推广等生产性服务的发展, 提高了棉农职业技能, 有效缓解了农业技术约束。棉花生产性服务业靠近消费市场可节约运输成本, 与棉花产业形成空间上的协同集聚, 有利于棉花产业和棉花生产性服务业的协同发展, 进一步发挥了棉花生产性服务业互补效应。因此, 棉花生产性服务业与棉花产业的互补效应和基于投入产出关系的现代化生产要素的前后溢出和后向激励, 能够吸引生产要素向棉花产业流动和积累, 实现对棉花产业的现代化改造, 提高棉花绿色全要素生产率, 推动棉花产业绿色转型发展。

然而生产要素并不是越集中越好, 当生产要素集中到一定阈值时, 产生“要素拥挤”效应, 导致产出降低。其一, 生产要素是有限的, 要素过于集中造成要

素稀缺, 推动要素价格上升, 当成本上升带来的损失超过协同集聚带来的收益时, 生产进入“非经济区”; 其二, 生产要素的边际收益是递减的, 技术水平不变的情况下, 棉花产出增长率随着要素的增加先上升后下降, 超过最优生产规模之后反而会使产出降低; 其三, 环境的承载力是有限的, 棉花产业的发展离不开农药、农膜、化肥等农资产品的持续投入, 当环境承载能力达到极限时, 这些化学品必然会造成严重的环境污染, 如西北干旱区已成为残膜污染最严重的地区<sup>[23]</sup>。

2) 产业互动。棉花产业和棉花生产性服务业互动关系包含两方面的内涵: 一是两者互动的本质是协同分工; 二是互动的特点是以投入产出为内核的产业关联效应。劳动分工形成专业化, 促进技术进步和人力资本提升, 进而产生规模报酬递增效应。就棉花产业来讲, 随着棉花商品经济的发展, 棉花生产性服务业从棉花产业分离出来, 形成专业化的分工。其一, 专业化分工不仅可以提高棉花的生产效率, 还可以提高棉花生产性服务业的效率; 其二, 专业化分工有利于发挥各自的规模经济效应; 其三, 专业化分工降低了产业内部协调成本, 同时促进了产业内部具有相似生产技术的员工的交流, 有利于知识溢出, 提高创新能力。但同时, 分工的深化意味着生产环节增多, 中间投入品的数量和品种都会增加, 这会增大交易费用。因此, 分工带来的收益与交易环节增多产生的交易费用的均衡是棉花产业协同分工的内在机理和动因。

棉花产业协同分工形成棉花产业和棉花生产性服务业, 棉花生产性服务业作为棉花产业的中间投入, 具有产业关联效应。一方面, 棉花生产性服务业具有技术密集型和资本密集型的特点, 通过与棉花产业的投入产出关系, 将现代化的生产要素导入到棉花生产中, 促进棉花供求衔接、生产方式转变、

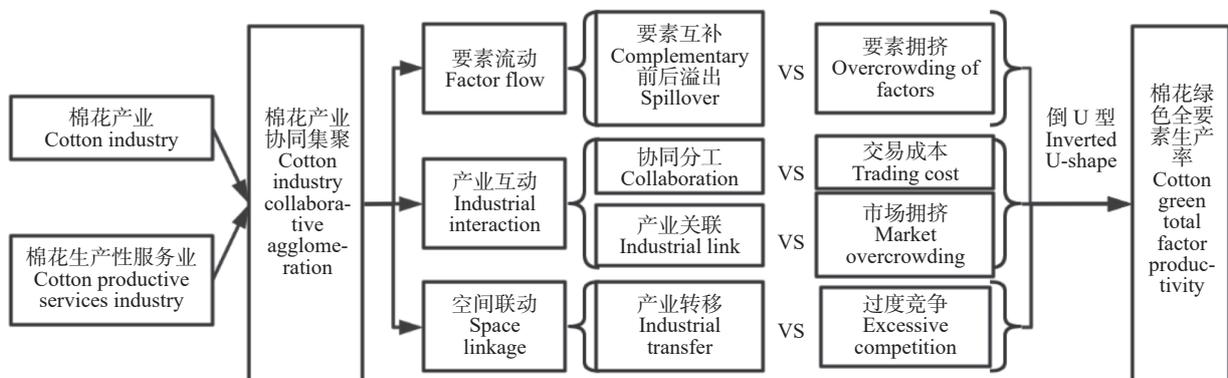


图 1 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的理论分析框架

Fig. 1 Theoretical analysis framework for the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

价值链升级,实现棉花产业现代化转型<sup>[24]</sup>。但另一方面,无论是棉花产业还是棉花生产性服务业面对的市场规模有限,过度集聚会造成竞争者集中,进而导致“市场拥挤”。

3) 空间联动。空间联动是指具有产业关联效应的产业基于不同的比较优势通过产业转移而实现在空间上的有机分布。棉花产业专业化分工使得生产要素的回报倾向于高价格和高收益的地区,一方面与协同集聚形成良性互动进一步深化了分工,另一方面生产要素流动产生产业的空间联动。具体来说,集聚区内低效率或者不具备比较优势的棉农,在市场上不具有竞争力,那么棉农会退出棉花的种植,从集聚区转出;当集聚区棉农具有比较优势时,棉农的收益较高,棉花产业有利可图,棉花产业就会转入,扩大集聚的规模。因此,通过产业转移的方式,优化资源配置,实现产业空间联动,从而有利于提高棉花的绿色全要素生产率,实现棉花提质增效。

如果棉花产业形成过度集聚,集聚区基础设施不足、生产要素价格上升、环境污染加剧等负外部性开始占据主导地位,棉花产业获益的空间被压缩,引发棉农、棉花生产性服务经营主体的过度竞争、盲目竞争,造成资源浪费,严重打击相关从业者的信心,不利于棉花产业的健康发展。

基于以上分析,提出假说 H1: 棉花产业协同集聚显著影响棉花绿色全要素生产率,但这一关系可能并非总是线性的,可能存在着“倒 U 型”关系。

## 1.2 机制分析

1) 竞争效应。产业集聚的竞争效应是集聚区索洛剩余递增的源泉,“核心-外围”式集聚模式核心区与外围区的差距根源在于索洛剩余递增的差异,集聚竞争引起的索洛剩余递增既构成集聚区域产业集聚的循环累积因果机制的集聚力,又构成扩散力<sup>[25]</sup>。从集聚力来看,首先,同质或相关产业的集聚提高了竞争程度,激励集聚区内的棉农或者棉花生产性服务经营主体改进生产技术,提高产品品质和市场竞争力;其次,相关产业的地理集中有利于发挥群体协同效应,从而形成竞争优势;最后,集聚使得具有差异化优势的棉农或经营主体获得竞争优势,不具有竞争力的从业者慢慢被淘汰,提高了集聚区的进入壁垒,从而实现了资源的重新配置,提高资源的配置效率。从扩散力来看,一方面集聚区内的资源是有限的,过度竞争会使生产资料成本上升,产业难以持续获得竞争优势;另一方面,过度竞争会诱发价格战、垄断等不正当手段,造成价格紊乱,破坏市场调节功

能,使得棉农长期获得低于正常水平的利润,打击棉农的积极性,不利于棉花产业健康发展。

根据以上分析,提出如下假说:

H2: 竞争效应能够显著调节棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系。

H2a: 随着竞争程度的增大,棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系趋向平缓。

H2b: 过度竞争会使棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”曲线的拐点左移。

2) 知识溢出效应。知识溢出效应是一种基于技术交流和扩散的关联,企业间不一定存在投入产出联系或交易关系,知识溢出效应是集聚外部性的来源之一<sup>[26-27]</sup>。易开刚等<sup>[28]</sup>将知识溢出传导与升级划分为 3 个阶段,分别为知识的溢出过程、知识溢出经吸收与转化成为创新产出的过程和创新产出的再扩散与升级过程。具体来看,知识的溢出过程包括棉农之间、棉花生产性服务经营主体之间的专业化溢出以及棉农和经营主体之间的多样化溢出。协同集聚使得棉农或经营主体地理空间更加密切,当棉农或经营主体采取先进技术之后,同行业内会竞争模仿,增大了专业化知识溢出效应。协同集聚使得供应商更接近棉农,强化两者的联系,供应商能够更快速地获得棉农的信息和反馈,棉农也能更快速地接受供应商的技术指导和培训,增大了多样化的知识溢出效应。知识溢出经吸收与转化成为创新产出的能力与产业内高素质的从业人员或者研发人员具有密切的关系。知识溢出的吸收与转化取决于自身的综合学习能力,将知识溢出转化成为创新产出更离不开科研活动。最后,创新产出地再扩散阶段通过科研人员的正式或非正式的交流合作、从业人员间相互学习,将创新产出进一步扩散,从而提升整个产业的知识存量,提高产业的创新能力,推动产业转型升级。综上,产业协同集聚促进知识溢出,有助于先进农业生产管理经验与技术的扩散传播,提高棉花绿色全要素生产率。

根据以上分析,提出如下假说:

H3: 知识溢出效应能够显著调节棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系。

H3a: 随着知识溢出效应的增大,棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系趋向平缓。

H3b: 随着知识溢出效应的增大,棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”曲线

拐点右移。

3) 规模效应。规模效应指的是在既定的技术水平下, 随着产量的增加, 平均成本不断降低的现象。发展农业适度规模经营是保障粮食安全、提高农业效益的重要途径, 是我国农业现代化的重要方向, 也是实现农业强国的必然要求。植棉规模的扩大, 对棉农来说, 一方面有利于降低植棉平均成本, 获得规模收益; 另一方面, 棉花的规模化增大了植棉难度, 增加了生产环节, 提高了棉农的生产经营要求, 因此对棉花生产性服务产生引致需求, 这也促进了棉花生产性服务业的规模化经营。这种由投入产出关系逐步建立起来的合约或生产关系, 在互动中逐步形成稳定的社会网络和协同集聚, 具有很高的信用度和声誉机制, 能显著降低经营风险和交易成本, 释放规模效应潜能。此外, 棉花产业协同集聚还有助于品牌经济形成, 进一步释放规模效应。以新疆长绒棉为例, 因“量少质优”而异常珍贵, 被誉为“棉中极品”“白色黄金”, 主要用于纺织高端产品, 具有较高的经济价值。这种品牌效应为集聚区内的棉农提供了市场上独一无二的产品或地域特性, 提高了比较优势。综上, 棉花产业协同集聚有利于降低经营风险、交

易成本和发挥品牌经济, 促进规模经营。

根据以上分析, 提出如下假设:

H4: 规模效应能够显著调节棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系。

H4a: 随着规模效应的增大, 强化棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”关系。

H4b: 随着规模效应的增大, 棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率之间的“倒 U 型”曲线拐点右移。

## 2 研究设计

### 2.1 样本选择

本文选取的样本为中国 17 个植棉的省(自治区、直辖市), 时间跨度为 2003—2022 年。对于所选择的样本做如下说明: 以仍在种植棉花的省(自治区、直辖市)作为研究对象, 根据《中国农村统计年鉴》数据, 截至 2022 年, 中国仍在种植棉花的地区有新疆、山东、河北等 17 个省(自治区、直辖市)。剔除了样本研究期内未种植棉花的省(自治区), 如黑龙江、广东、海南等 6 地; 同样也剔除了中途退出棉花种植的地区, 比如北京、内蒙古、辽宁等 8 地, 具体见表 1。

表 1 2003—2022 年植棉地区变化情况  
Table 1 Changes in cotton-growing areas from 2003 to 2022

类型 Type	省(自治区、直辖市) Province (autonomous region, municipality)	数量 Quantity
植棉地区 Cotton-growing areas	天津、河北、山西、江苏、浙江、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、四川、贵州、陕西、甘肃、新疆 Tianjin, Hebei, Shanxi, Jiangsu, Zhejiang, Anhui, Jiangxi, Shandong, Henan, Hubei, Hunan, Guangxi, Sichuan, Guizhou, Shaanxi, Gansu, Xinjiang	17
退出植棉地区 Withdrawal from the cotton planting area	北京、内蒙古、辽宁、吉林、上海、福建、重庆、云南 Beijing, Inner Mongolia, Liaoning, Jilin, Shanghai, Fujian, Chongqing, Yunnan	8
未植棉地区 Areas where cotton is not planted	黑龙江、广东、海南、青海、宁夏、西藏 Heilongjiang, Guangdong, Hainan, Qinghai, Ningxia, Xizang	6

### 2.2 变量测度

1) 被解释变量: 棉花绿色全要素生产率 (gtfp)。本文使用基于松弛变量的 SBM-GML 指数法计算棉花绿色全要素生产率, 并做对数化处理。投入指标方面, 参考郭海红等<sup>[29]</sup>的研究, 使用棉花播种面积和棉花有效灌溉面积衡量自然资源中的土地、水的投入; 使用棉花种植人数表示劳动力投入; 农资产品如化肥、农药、农膜作为棉花资本投入的衡量指标; 农用机械设备是技术和知识的结晶, 因此使用农用机械化表示棉花技术投入。期望产出使用棉花产值表示, 使用 2003 年棉花生产者价格指数进行平减。农作物生长过程中可以吸收二氧化碳, 具有碳汇功能, 因此, 将棉花碳汇作为另一个期望产出。使用系

数法农业碳汇, 具体公式如下:

$$C_a = c_a Y(1 - r)/HI \quad (1)$$

式中:  $C_a$  表示棉花碳汇量;  $c_a$  为棉花通过光合作用合成有机物的碳吸收率;  $Y$  表示棉花产量;  $r$  表示棉花的含水量;  $HI$  表示棉花的经济系数。棉花的经济系数、含水量和碳吸收率来自王修兰<sup>[30]</sup>的研究, 分别取值 0.100、0.080 和 0.450。

非期望产出主要指棉花种植过程中产生的碳排放, 参考田云等<sup>[31]</sup>的研究, 构建包括棉花种植能源使用、农资产品投入的核算体系, 具体见表 2。使用系数法计算棉花碳排放, 具体公式如下。

$$C = \sum C_c = \sum T_c \times \delta_c \quad (2)$$

表 2 棉花产业碳排放核算体系  
Table 2 Carbon emission accounting system for cotton industry

核算体系 Accounting system	排放源 Emission sources	排放因子 Emission factor	参考来源 Reference sources
农业能源利用 Agricultural energy use	原煤 Raw coal	1.821 7 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	《综合能耗计算通则2020》 General Rules for Calculation of the Comprehensive Energy Consumption 2020
	其他洗煤 Other coal washing	0.702 2 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	焦炭 Coke	2.863 9 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	汽油 Gasoline	2.928 7 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	煤油 Kerosene	3.037 2 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	柴油 Diesel fuel	3.099 8 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	燃料油 Fuel oil	3.174 4 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	液化石油气 Liquefied petroleum gas	3.105 2 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	天然气 Natural gas	2.164 9 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	热力 Thermal	1.021 1 t(C)·TJ <sup>-1</sup>	
	电力 Electricity	各区域电网基准线排放因子 Baseline emission factors of each regional power grid	
农资产品投入 Input of agricultural materials	化肥 Chemical fertilizer	0.895 6 kg(C)·kg <sup>-1</sup>	美国橡树岭国家实验室 Oak Ridge National Laboratory
	农药 Pesticide	4.934 1 kg(C)·kg <sup>-1</sup>	
	农膜 Plastic sheeting	5.180 0 kg(C)·kg <sup>-1</sup>	
			南京农业大学农业资源与生态环境研究所 Institute of Resource, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University

式中:  $C$  表示棉花碳排放总量;  $C_c$  表示各种细分碳源所导致的碳排放;  $T_c$  表示各类碳源的实际使用数量;  $\delta_c$  表示各类碳源的排放因子。

综上, 构建棉花绿色全要素生产率测算指标体系, 具体如表 3 所示。

2) 解释变量: 棉花产业协同集聚度 (coaggl)。本文借鉴陈建军等<sup>[32]</sup>提出的修正 EG 指数法测算棉花产业与棉花生产性服务业协同集聚度, 并做对数化处理。修正 EG 指数法不仅能够反映协同质量, 还能反映协同高度。具体计算过程如下:

$$coaggl_{cs} = \left(1 - \frac{|LQ_c - LQ_s|}{LQ_c + LQ_s}\right) + (LQ_c + LQ_s) \quad (3)$$

$$LQ_{ij} = \frac{q_{ij}}{q_j} \bigg/ \frac{q_i}{q} \quad (4)$$

式中:  $coaggl_{cs}$  表示棉花产业与棉花生产性服务业的

协同集聚度;  $LQ_c$  为棉花产业的区位熵;  $LQ_s$  为棉花生产性服务业的区位熵;  $LQ_{ij}$  为  $j$  省  $i$  产业的区位熵;  $q_{ij}$  为  $j$  省  $i$  产业的产值;  $q_j$  为  $j$  省的产值;  $q_i$  为全国  $i$  产业的产值;  $q$  为全国的产值。

3) 调节变量。竞争效应参考盖庆恩等<sup>[33]</sup>的做法使用棉花产值与狭义农业产值的比值衡量。受过良好教育的人在推动知识溢出效应方面发挥着关键作用, 因此, 借鉴苏丹妮等<sup>[34]</sup>的处理方法, 使用人力资本水平作为知识溢出的代理变量。具体来说, 使用棉花产业高中学历以上就业人数的占比来衡量知识溢出效应。规模效应包含棉花生产性服务业的规模效应和棉花产业的规模效应, 因此使用植棉面积与棉花生产性服务业产值比值衡量。由于不同植棉区域的比值差别较大, 因此进行对数化处理。

4) 控制变量。本文选取了一系列行业层面和省

表 3 棉花绿色全要素生产率指标体系  
Table 3 Cotton green total factor productivity index system

变量 Variable	视角 Perspective	子视角 Sub-perspective	具体指标 Specific metric
棉花绿色全要素生产率 Green total factor productivity of cotton	投入 Input	土地 Land	棉花播种面积 Cotton sown area
		水资源 Water resources	棉花有效灌溉面积 Cotton effective irrigated area
		劳动要素 Labor	棉花种植人数 Number of cotton growers
		资本要素 Capital	化肥、农药、农膜使用量 Amounts of chemical fertilizers, pesticides, and agricultural films used
	产出 Output	技术要素 Technical	农用机械化 Agromechanization
		期望产出 Expected output	棉花产值 Cotton production value
		非期望产出 Undesired output	棉花碳汇 Cotton carbon sinks 棉花碳排放 Cotton carbon emissions

份层面的控制标量, 来克服遗漏变量对模型估计结果的影响。1) 经济发展水平, 使用各省人均  $gdp$  表示, 并做对数化处理。2) 自然灾害程度, 用农作物受灾面积与播种面积的比值表示。3) 财政支农水平, 用财政支出中用于农业支出的占比表示。4) 农业发展水平, 是农业综合能力的体现, 使用第一产业产值在  $gdp$  中的占比表示。5) 对外开放水平, 用进出口总额占  $gdp$  的比重衡量。

2.3 数据来源、处理和描述性统计

本文数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》、各省统计年鉴以及经济性预测系统 (EPS) 数据库, 对于缺失值使用线性插值法进行补值。本文研究对象为棉花产业, 部分指标无法直接获得, 参考李明文等<sup>[35]</sup>的做法, 采用权重系数法进行换算, 使用的两种系数如下所示:

$$A = \left( \frac{\text{植棉面积}}{\text{农作物播种面积}} \right) \times \left( \frac{\text{农业产值}}{\text{农林牧渔产值}} \right) \quad (5)$$

$$B = \frac{\text{植棉面积}}{\text{农作物播种面积}} \quad (6)$$

具体如下, 被解释变量中劳动要素按照系数  $A$  换算, 水、资本、技术要素按照系数  $B$  换算, 农资产品投入按照  $A$  系数换算, 农业能源利用按照系数  $B$  换算; 解释变量棉花生产性服务业产值按照系数  $A$  换算。

表 4 为变量的统计分析, 从被解释变量来看, 棉花绿色全要素生产率对数值的均值为 0.191, 标准差为 0.485, 表明棉花绿色全要素生产率总体呈现上升的趋势, 同时最大值和最小值差别较大, 说明区域差异较明显。从解释变量来看, 棉花产业具有较强的协同集聚特征, 也具有明显的区域差异。经济发展水平等控制变量、竞争效应等调节变量的数据均在合理的范围内。

2.4 模型设定

农业具有自然再生产和经济再生产的双重属性。因此, 本文选用个体与时间的双向固定效应模型验证棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率的“倒 U 型”关系, 具体形式如公式 (7) 所示:

$$\ln gtfp_{it} = \alpha + \beta_1 \ln coaggl_{it} + \beta_2 \ln^2 coaggl_{it} + \sum \theta_i control_{it} + \lambda_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中:  $i$ 、 $t$  分别表示省份  $i$ 、年份  $t$ ;  $gtfp_{it}$  表示省份  $i$  在第  $t$  年的棉花绿色全要素生产率;  $coaggl_{it}$  代表省份  $i$  在第  $t$  年的棉花产业协同集聚度;  $\ln$  的上标 2 表示棉花产业协同集聚二次项;  $control_{it}$  为一系列控制变量;  $\alpha$  为常数项;  $\lambda_t$  为时间固定效应;  $\mu_i$  为个体固定效应;  $\varepsilon_{it}$  为服从正态分布的随机扰动项。

参考 Haans 等<sup>[36]</sup>的研究, 本文构建了“倒 U 型”的调节效应模型来检验棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响机制, 具体见公式 (8)。

表 4 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响相关变量描述性统计

Table 4 Descriptive statistics of variables related to the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

变量 Variable	(1) 样本量 Sample number	(2) 均值 Mean	(3) 标准差 Standard deviation	(4) 最小值 Min	(5) 最大值 Max
棉花绿色全要素生产率 Cotton green total factor productivity	340	0.191	0.485	-1.940	2.291
棉花产业协同集聚 Cotton industry synergistic agglomeration	340	0.862	1.170	-1.092	4.914
经济发展水平 Level of economic development	340	1.122	0.753	-0.992	2.670
自然灾害程度 Natural disaster extent	340	0.184	0.130	0.000	0.658
财政支农水平 Level of financial support for agriculture	340	0.104	0.030	0.029	0.204
农业发展水平 Level of agricultural development	340	0.113	0.051	0.013	0.244
对外开放水平 Level of openness to the outside world	340	0.253	0.268	0.029	1.516
竞争效应 Competition effect	340	0.045	0.091	0.001	0.581
知识溢出效应 Knowledge spillover effect	340	0.113	0.040	0.025	0.230
规模效应 Scale effect	340	0.146	0.101	0.010	0.507

$$\ln gtfp_{it} = \alpha + \gamma_1 \ln coaggl_{it} + \gamma_2 \ln^2 coaggl_{it} + \gamma_3 M_{it} + \gamma_4 \ln coaggl_{it} M_{it} + \gamma_5 \ln^2 coaggl_{it} M_{it} + \sum \theta_i control_{it} + \lambda_i + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中:  $M_{it}$  是调节变量, 本文选取的调节变量分别为竞争效应 (competition<sub>it</sub>)、知识溢出效应 (knowledge<sub>it</sub>)、规模效应 (scale<sub>it</sub>); 其他符号含义同上。“倒 U 型”关系的调节效应可以通过检验调节变量是否改变了曲线的斜率和拐点来判定。若  $\gamma_5$  显著且不为 0, 那么曲线的斜率将变动。如果  $\gamma_2$  与  $\gamma_5$  同号, 曲线会变得更加陡峭, 强了解释变量和被解释变量的非线性关系; 如果  $\gamma_2$  与  $\gamma_5$  异号, 曲线会变得更加平坦, 将弱化这种非线性关系。若  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_4$ 、 $\gamma_5$  均显著, 且  $\gamma_1\gamma_5 - \gamma_2\gamma_4 \neq 0$ , 那么拐点将移动。如果  $\gamma_1\gamma_5 - \gamma_2\gamma_4 > 0$ , 曲线拐点右移, 反之, 曲线拐点左移。

### 3 实证分析

#### 3.1 基准回归

根据回归模型的设定, 以下内容就棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响进行实证分析, 具体结果见表 5。其中, 列 (1) 和列 (2) 仅纳入棉花产业协同集聚度的一次项进行回归。结果显示, 无论是否添加控制变量, 棉花产业协同集聚的回归

系数均显著为正。这说明提高棉花产业协同集聚有利于提升棉花绿色全要素生产率。棉花产业协同集聚有利于发挥集聚的外部性, 加快推动棉花产业高质量发展。

上文理论分析表明产业协同集聚同时具有正外部性和负外部性, 当协同集聚的负外部性超过正外部性时, 反而不利于棉花绿色全要素生产率。为检验这一关系, 本文将棉花产业协同集聚的平方项引入到固定效应模型中, 检验结果如列 (3) 和列 (4) 所示。无论是否添加控制变量, 棉花产业协同集聚的一次项均显著为正, 且二次项的系数显著为负。这意味着棉花产业协同集聚和棉花绿色全要素生产率之间不是简单的线性关系, 而是“倒 U 型”关系。同时, 列 (3) 相比于列 (1), 拟合优度提高了 0.023, 添加控制变量后, 拟合优度提高了 0.019, 非线性模型的拟合程度要优于线性模型的拟合程度, 应采用非线性模型。联立线性回归结果和非线性回归结果来看, 当棉花产业协同集聚超过一定的临界值之后, 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率产生副作用, 即“过犹不及”效应, 但由于线性回归结果显著为正, 这种效应的副作用不会降低到起初水平。综上, 棉花产业协同集聚和棉花绿色全要素生产率之间呈现“过犹不及”的“倒 U 型”关系, 假说 H1 得证。

表 5 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的基准回归结果

Table 5 Benchmark regression results of the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

变量 Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
棉花产业协同集聚 Cotton industry synergistic agglomeration	0.396*** (0.079)	0.347*** (0.079)	0.600*** (0.090)	0.533*** (0.092)	0.400*** (0.067)	0.267*** (0.075)	0.184** (0.077)	0.170* (0.100)	0.034 (0.082)
棉花产业协同集聚二次项 The square term of the cotton industry synergistic agglomeration			-0.101*** (0.021)	-0.092*** (0.023)	-0.098*** (0.017)	-0.077*** (0.016)	-0.060*** (0.017)	-0.053** (0.024)	-0.018 (0.021)
经济发展水平 Level of economic development		1.080*** (0.253)		1.016*** (0.248)	1.091*** (0.239)	1.144*** (0.251)	1.236*** (0.257)	1.169*** (0.224)	1.232*** (0.323)
自然灾害程度 Natural disaster extent		-0.011 (0.175)		0.041 (0.171)	0.607*** (0.222)	0.375* (0.202)	0.267 (0.202)	0.201 (0.192)	0.176 (0.265)
财政支农水平 Level of financial support for agriculture		0.671 (1.346)		1.633 (1.339)	0.786 (1.355)	-0.127 (1.692)	0.537 (1.969)	-1.071 (1.590)	-1.770 (1.894)
农业发展水平 Level of agricultural development		11.635*** (1.796)		11.162*** (1.790)	11.800*** (1.705)	12.115*** (1.759)	11.607*** (1.676)	10.115*** (1.826)	9.048*** (2.133)
对外开放水平 Level of openness to the outside world		-0.015 (0.177)		-0.131 (0.178)	-0.129 (0.191)	-0.088 (0.201)	-0.070 (0.220)	0.004 (0.302)	-0.105 (0.434)
常数项 Constant	-0.618*** (0.126)	-1.879*** (0.298)	-0.723*** (0.123)	-1.815*** (0.295)	-2.045*** (0.336)	-2.024*** (0.344)	-2.045*** (0.346)	-2.119*** (0.379)	-2.125*** (0.510)
地区固定效应 Fixed effect of region	Yes								
时间固定效应 Fixed effect of time	Yes								
样本量 Sample number	340	340	340	340	323	306	289	272	255
决定系数 R <sup>2</sup> Determination coefficient R <sup>2</sup>	0.518	0.597	0.541	0.616	0.616	0.580	0.563	0.543	0.511

\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%水平显著; 括号内为稳健标准误差。\*\*\*, \*\* and \* indicate significant at the levels of 1%, 5%, and 10%. The robust standard error is in parentheses.

由列 (4) 回归结果计算得到棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率由促进转为抑制的拐点为 2.883, 即当样本地区棉花产业协同集聚度低于 2.883 时, 棉花产业协同集聚有利于棉花绿色全要素生产率的提升; 当棉花产业协同集聚超过临界值后, 棉花产业协同集聚损害棉花绿色全要素生产率。进一步, 拐点值 2.883 位于样本的 94.12% 分位数, 这说明对大多数地区来说棉花产业协同集聚仍发挥促进效应。

此外, 考虑到棉花产业协同集聚具有“自我强化”的累积循环效应, 对棉花绿色全要素生产率的影响可能存在持续性。为检验这种效应, 本文将棉花绿色全要素生产率滞后 1~5 期作为被解释变量进行回归, 结果见列 (5) 至列 (9)。滞后 1~4 期,  $\ln \text{coaggl}$  系数均显著为正, 且  $\ln^2 \text{coaggl}$  系数均显著为负, 与  $t$  期系数符号一致。滞后第 5 期,  $\ln \text{coaggl}$  和  $\ln^2 \text{coaggl}$  系数与  $t$  期一致, 但均未能通过显著性检验。这说明棉花产业协同集聚与棉花全要素生产率之间的“倒 U 型”关系具有长期性, 可以有效持续 4 年, 印证了该“倒 U 型”关系的相对稳定性。

### 3.2 稳健性检验

1) 调整变量度量方式。为了使研究结果更具稳定性, 本文调整了被解释变量的测算方法, 以验证结论是否稳健。基于松弛变量的 SBM-GML 指数法虽

然解决了当存在松弛变量时“径向性”会使效率被高估的问题, 但仍然无法对投入和产出进行径向的改进。因此, 本文使用 SBM-DDF-GML 指数法解决以上问题。检验结果如表 6 列 (1) 所示, 棉花产业协同集聚一次项在 1% 的置信水平上显著为正, 且二次项的系数也显著为负, 与基准回归的“倒 U 型”关系一致, 结论得到支持。

2) 缩尾处理。在因果分析中, 异常值对于回归方程的拟合、判定系数及显著性检验均有较大的影响, 容易造成伪回归现象。异常值可能来源于数据测量误差、登记错误等多种原因, 现实中难以避免。为了避免异常值对回归结果的影响, 对所有指标进行 1% 的双边缩尾处理, 回归结果见表 6 列 (2), 结果符合“倒 U 型”曲线的特征。

3) 工具变量法。棉花生产性服务业是专业分工和商品经济发展的产物, 棉花生产性服务业的发展能更大程度将广大棉农组织起来发挥规模优势、技术优势和资本优势, 产生规模经济、范围经济, 促进棉花产业发展。随着棉花产业发展, 棉农收入增加, 可能又会扩大棉花的种植规模, 增强棉花生产性服务的使用, 促进棉花生产性服务业和棉花产业的协同集聚。因此, 棉花产业协同集聚和棉花绿色全要素生产率之间可能存在反向因果关系。此外, 影响

表 6 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的稳健性检验

Table 6 Robustness test of the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

变量 Variable	(1) 替换被解释变量 Replace the explanatory variable		(2) 缩尾 Tail shrinking		(3) 工具变量法 Instrumental variable method		
					第一阶段 Phase I	第二阶段 Phase II	
棉花产业协同集聚 Cotton industry synergistic agglomeration	0.590*** (0.053)	0.574*** (0.057)	0.577*** (0.085)	0.530*** (0.087)			0.368*** (0.091)
棉花产业协同集聚二次项 The square term of the cotton industry synergistic agglomeration	-0.071*** (0.013)	-0.070*** (0.015)	-0.098*** (0.022)	-0.094*** (0.023)			-0.061** (0.028)
工具变量 Instrumental variable					0.713*** (0.049)	-0.269** (0.109)	
工具变量二次项 The square term of the instrumental variable method					0.048*** (0.016)	0.957*** (0.037)	
常数项 Constant	-0.617*** (0.079)	-0.975*** (0.180)	-0.707*** (0.121)	-1.700*** (0.293)	-0.051 (0.212)	-0.015 (0.475)	-1.983*** (0.309)
控制变量 Control variable	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定效应 Fixed effect of region	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应 Fixed effect of time	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
LM 统计量 LM statistic							181.700***
F 统计量 F statistic							180.670
样本量 Sample number	340	340	340	340			323
决定系数 $R^2$ Determination coefficient $R^2$	0.531	0.587	0.548	0.621			0.630

\*\*\*和\*\*分别表示在1%和5%水平显著; 括号内为稳健标准误差。\*\*\* and \*\* indicate significant at the levels of 1% and 5%. The robust standard error is in parentheses.

棉花绿色全要素生产率的因素较多,难免会遗漏相关变量,造成回归结果偏差。为了解决以上原因造成的估计结果偏误,本文选择解释变量的滞后项作为工具变量进行内生性检验。

结果显示,在使用工具变量控制内生性问题后,棉花产业协同集聚的一次项系数显著为正,二次项系数显著为负,符合“倒 U 型”曲线特征,支持了基准回归的结论。对工具变量分别进行不可识别检验和弱工具变量检验,识别不足的 Anderson canon. corr, LM 检验的 LM 统计量为 181.700,  $P$  值为 0.000; Cragg-Donald Wald  $F$  检验  $F$  值为 180.670,说明本文选择的工具变量满足相关性和外生性要求,工具变量是有效的。

### 3.3 “倒 U 型”关系检验

在实证分析中,将二次项引入固定效应模型,通过  $\beta_2$  系数方向和显著性初步判定棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率满足“倒 U 型”关系。但是,这一做法很容易把凹向原点且单调的关系判定为“倒 U 型”关系。为进一步检验“倒 U 型”关系,本文

借鉴 Lind 等<sup>[37]</sup>、何祚宇等<sup>[38]</sup>的“三步法”,判定结果见表 7。第一步, $\beta_2$  显著且方向符合理论预期。 $\beta_2$  为  $-0.092$ ,显著性水平为 1%,说明为“倒 U 型”,这一步已在基准回归中证明。第二步,斜率满足“倒 U 型”曲线的要求,在样本区间开始处为正,结束处为负。假设  $\ln \text{coaggl}_{\min}$ 、 $\ln \text{coaggl}_{\max}$  分别是棉花产业协同集聚的最小值点和最大值点, $\ln \text{coaggl}_{5\%}$ 、 $\ln \text{coaggl}_{95\%}$  分别为棉花产业协同集聚的 5% 和 95% 分位点,判断样本数据左侧  $\ln \text{coaggl}_{\min}$  和  $\ln \text{coaggl}_{5\%}$  的斜率是否大于 0,样本数据右侧  $\ln \text{coaggl}_{\max}$  和  $\ln \text{coaggl}_{95\%}$  的斜率是否小于 0。如果两侧同号,说明真正的关系只具有部分“倒 U 型”曲线的特征。检验结果显示,曲线左侧的斜率为正,曲线右侧的斜率为负,并随着棉花产业协同集聚度的增大,斜率在逐渐减小,最终由正转负,符合“倒 U 型”曲线的特征。第三步,拐点是否在样本数据范围内。如果拐点不在样本数据范围内,那么可能只有单侧的“倒 U 型”曲线。由二次回归方程计算拐点值为 2.883,位于样本数据范围内,通过第三步的检验。

表 7 “倒 U 型”关系“三步法”判定结果  
Table 7 Determination results of the “Three-Step Method” for an “Inverted U-Shaped” relationship

步骤 Step	判定方法 Determination method	判定指标 Judgment indicator	判定结果 Judgment result
第一步 Step 1	$\beta_2$ 显著性 $\beta_2$ significance	$P$ -value: 0.000	通过 Pass
	$\beta_2$ 方向 $\beta_2$ direction	$-0.092 < 0$	通过 Pass
第二步 Step 2	左侧斜率为正 The slope on the left side is positive	最小值位置斜率为正; 5%分位点斜率为正 The slope of the minimum position is positive; the slope of the 5% quantile is positive	通过 Pass
	右侧斜率为负 The slope on the right side is negative	最大值位置斜率为负; 95%分位点斜率为负 The slope of the maximum position is negative; the 95% quantile slope is negative	通过 Pass
第三步 Step 3	拐点是否在数据范围内 Whether the inflection point is within the data range	2.883 $\in$ $[-1.092, 4.914]$	通过 Pass

### 3.4 异质性分析

1) 自然资源异质性。自然资源是农业生产最基本的生产资料,自然资源在很大程度上影响农业生产效率、农业产业分布和农业生产结构。棉花是喜温好光的农作物,不同光热条件下,棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响是否具有异质性值得关注。因此本文根据温度带将植棉区域分为温带和亚热带,回归结果显示(表 8),温带地区和亚热带地区的棉花绿色全要素生产率均显著受到棉花产业协同集聚的影响,温带地区棉花产业协同集聚二次项系数显著为负,曲线形状为“倒 U 型”,但亚热带地区二次项系数没有通过显著性检验。

2) 要素需求弹性异质性。技术水平、要素相对价格影响棉花生产的要素投入结构。棉花生产中劳

动力和机械之间存在显著的替代关系,黄河流域和长江流域人口稠密,主要是小农精耕细作,而西北内陆地区特别是新疆地广人稀,适宜规模化生产,机械化率高。长江流域棉区的机械需求弹性明显高于西北内陆棉区和黄河流域棉区<sup>[39]</sup>。因此,根据机械需求弹性将黄河流域棉区和西北内陆棉区划分为缺乏弹性棉区,将长江流域棉区划分为富有弹性棉区,进行分组回归。结果表明,缺乏弹性棉区具有显著的“倒 U 型”关系。

## 4 机制分析

### 4.1 竞争效应

竞争效应的检验结果见表 9 列 (1),  $\gamma_5$  系数为 0.755,在 1% 的置信水平上显著。因此,竞争效应会

表 8 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的异质性检验  
Table 8 Heterogeneity test of the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

变量 Variable	自然资源 Natural resources		要素需求弹性 Factor demand elasticity	
	温带 Temperate zone	亚热带 Subtropics	缺乏弹性 Lack of elasticity	富有弹性 Resilient
棉花产业协同集聚 Cotton industry synergistic agglomeration	0.599*** (0.116)	0.571** (0.131)	0.599*** (0.116)	0.670*** (0.196)
棉花产业协同集聚二次项 The square term of the cotton industry synergistic agglomeration	-0.124*** (0.027)	0.072 (0.099)	-0.124*** (0.027)	-0.015 (0.120)
常数项 Constant	-1.248*** (0.359)	-1.555** (0.625)	-1.248*** (0.359)	0.003 (1.039)
控制变量 Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定效应 Fixed effect of region	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应 Fixed effect of time	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量 Sample number	160	180	160	100
决定系数 $R^2$ Determination coefficient $R^2$	0.664	0.692	0.664	0.677

\*\*\*和\*\*分别表示在1%和5%水平显著; 括号内为稳健标准误差。\*\*\* and \*\* indicate significant at the levels of 1% and 5%. The robust standard error is in parentheses.

降低曲率使曲线变平坦, 假说 H2a 得证。可能的原因在于棉花是经济作物, 棉农比较在意棉花的收益, 在低竞争水平下, 棉花市场收益较好, 市场上依旧存在低效率的植棉农户, 棉花产业协同集聚正外部性的促进作用明显; 随着竞争水平的提高, 获益较难, 低效率的棉农逐渐退出市场, 边际效应降低, 因此曲线会变得平坦。从拐点看,  $\gamma_1\gamma_5 - \gamma_2\gamma_4$  小于 0, 曲线拐点左移, 假说 H2b 得证。这说明, 过度的竞争会使得拐点提前到来。可能的原因在于, 适度的竞争可能会淘汰低效率的棉农, 提高棉花的生产效率, 过度竞争

则会导致不合理竞争, 比如价格战、垄断等, 放大了产业协同集聚的扩散力, 抑制阶段提前。综上, 假说 H2 得到证明。

#### 4.2 知识溢出效应

知识溢出效应检验结果如表 9 列 (2) 所示,  $\gamma_5$  显著为正, 说明知识溢出效应成立, 且使得“倒 U 型”曲线变得平缓, 这意味着知识溢出会缓解棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的非线性影响, 证明了假说 H3a。当知识溢出效应较低时, 植棉农户对专业人才、技术需求较大, 棉花生产性经营服务主

表 9 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率影响的机制分析  
Table 9 Mechanism analysis of the impact of cotton industry synergistic agglomeration on cotton green total factor productivity

变量 Variable	(1) 竞争效应 Competition effect	(2) 知识溢出效应 Knowledge spillovers effect	(3) 规模效应 Scale effect
棉花产业协同集聚 Cotton industry synergistic agglomeration	0.360*** (0.083)	0.986*** (0.165)	0.024 (0.135)
棉花产业协同集聚二次项 The square term of the cotton industry synergistic agglomeration	-0.082** (0.034)	-0.211** (0.100)	-0.006 (0.030)
调节变量 Moderation variable	16.570*** (2.881)	-1.813 (1.379)	-0.067 (0.093)
棉花产业协同集聚×调节变量 Cotton industry synergistic agglomeration × moderation variable	-6.739*** (1.698)	-4.006*** (1.480)	0.257*** (0.061)
棉花产业协同集聚二次项×调节变量 The square term of the cotton industry synergistic agglomeration × moderation variable	0.755*** (0.268)	0.900* (0.531)	-0.056** (0.022)
常数项 Constant	-1.794*** (0.288)	-1.552*** (0.316)	-1.699*** (0.503)
曲率 Curvature	平坦 Flatten	平坦 Flatten	陡峭 Steeper
$\gamma_1\gamma_5 - \gamma_2\gamma_4$	-0.281	0.042	0.000
拐点 Point of inflection	左移 Shift left	右移 Shift right	右移 Shift right
控制变量 Control variables	Yes	Yes	Yes
地区固定效应 Fixed effect of region	Yes	Yes	Yes
时间固定效应 Fixed effect of time	Yes	Yes	Yes
样本量 Sample number	340	340	340
决定系数 $R^2$ Determination coefficient $R^2$	0.680	0.632	0.645

\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%水平显著; 括号内为稳健标准误差。\*\*\*, \*\* and \* indicate significant at the levels of 1%, 5%, and 10%. The robust standard error is in parentheses.

体更有动力开展种植技术培训、专家讲座以吸引棉农,因此棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响更加强烈,曲率更陡峭。当知识溢出效应较高时,棉农的种植水平较高,植棉农户对于专家和技术的需求已经得到满足,而且生产性经营服务主体过于密集开展种植技术培训、专业讲座会产生较高的成本和“拥挤效应”,这时知识溢出的作用会变小,曲线变得平坦。 $\gamma_1\gamma_3-\gamma_2\gamma_4$  大于 0,曲线拐点右移,证明了假说 H3b。可能的原因在于,知识溢出效应会提高植棉的技术水平,改善植棉的工艺,有利于提高棉花的产出,降低生产过程中的消耗和污染,放大棉花产业协同集聚的正外部性。这扩大了棉花产业协同集聚促进作用区间,延后了拐点的到来。综上所述,假说 H3 得证。

### 4.3 规模效应

由规模效应的检验结果可知, $\gamma_5$  系数显著并且  $\gamma_5$  小于 0,与  $\gamma_2$  同号,说明规模效应会强化棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的非线性影响,使得“倒 U 型”曲线斜率变得陡峭,证明了假说 H4a。从拐点看, $\gamma_1\gamma_5-\gamma_2\gamma_4$  大于 0,曲线拐点右移,假说 H4b 得证。综合来看,规模效应通过提高曲率推动拐点右移的方式调节棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率的“倒 U 型”关系。可能的原因一方面在于无论棉花规模种植还是棉花生产性服务业规模化经营,既可以提高生产效率又可以通过大规模生产降低平均成本,从而扩大棉花产业协同集聚的正外部性,使曲线拐点右移;另一方面,在较高的规模下会强化集聚正外部性,使“倒 U 型”曲线变陡峭。综上,假说 H4 得证。

## 5 研究结论与政策启示

### 5.1 研究结论

本文以中国 17 个棉花产地为研究对象,实证研究了棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响及其作用机制。研究发现:1) 棉花产业协同集聚与棉花绿色全要素生产率呈先促进后抑制的“倒 U 型”关系;2) 棉花产业协同集聚具有“自我强化”的累积循环效应,可以有效持续 4 年;3) 拐点位于样本的 94.12% 分位数,说明现阶段中国绝大多数棉花产区处于促进阶段;4) 棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响在自然资源和要素需求弹性具有明显的异质性,温带地区、缺乏需求弹性棉区具有显著的“倒 U 型”关系;5) 棉花产业协同集聚通过竞争效应、知识溢出效应和规模效应 3 条机

制作用于棉花绿色全要素生产率,其中竞争效应和知识溢出效应能够缓解“倒 U 型”关系,而规模效应强化了“倒 U 型”关系;知识溢出效应和规模效应推动拐点右移,扩大促进阶段的区间,而过度竞争会推动拐点左移。相对于已有研究,本文的边际贡献如下:第一,在现实意义上棉花产业已经形成明显集聚特征的背景下,研究棉花产业协同集聚更具有现实意义和应用价值,为各地区因地制宜发展棉花产业提供经验支持和决策参考。第二,在分析框架上,从棉花产业与棉花生产性服务业互动的角度出发,构建了棉花产业协同集聚的“要素流动-产业互动-空间联动”理论分析框架,理清了棉花产业协同集聚对棉花绿色全要素生产率的影响及作用机理。第三,在实证分析上,由棉花产业自身特征出发,从竞争效应、知识溢出效应和规模效应 3 个维度考察了棉花产业协同集聚影响棉花绿色全要素生产率的作用机制。

### 5.2 政策启示

1) 优化棉花产业布局,打造优质棉生产基地。实证研究表明,产业过度集聚反而“过犹不及”。棉花产业合理布局关键在于因地制宜、优势互补。推进棉花产业布局调整,在生态脆弱区、不宜植棉地区,坚决退出棉花生产,适度恢复黄河流域和长江流域棉区,引导棉花产业合理有序转移。在宜棉地区,推进高品质棉花种植带建设,提升棉花品质,延伸棉花产业链,打造棉花现代化产业体系,建设国家优质棉生产基地。

2) 避免过度竞争。以上研究表明,过度竞争、恶性竞争损害棉农的生产积极性,扰乱市场秩序,不利于棉花产业的健康发展。因此为释放竞争活力,避免过度竞争,在政府层面要健全公平竞争的体制机制,维护公平合理竞争,加强反垄断和反不正当竞争监管,严惩操纵市场、欺诈交易等行为;在行业层面,推进中国棉花产业标准体系的建设,建立棉花生产、认证、品牌管理体系,用标准规范棉花全产业链的生产者行为。

3) 发展棉花产业适度规模经营。适度规模经营不仅有利于发挥植棉的规模效应,还有利于棉花生产性服务业使用现代化生产方式对传统种植方式进行替代,实现棉花产业的转型升级。为实现棉农和棉花生产性服务提供者双赢,一是持续推进土地流转,发展棉花适度规模经营;二是创建集中连片的棉花生产基地,带动小农分散经营向集约化经营;三是支持建立完备的棉花生产性服务体系。

## 参考文献 References

- [1] 谭晓艳, 张晓恒, 游良志. 自然因素和政策干预对中国棉花生产布局变迁的影响[J]. 农业技术经济, 2020(4): 79-93  
TAN X Y, ZHANG X H, YOU L Z. A study on the impact of natural factors and policy interventions on the dynamics of cotton production[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2020(4): 79-93
- [2] 乐凯迪, 张立杰, 石璐, 等. 美国制裁对中国棉花产业的影响及应对策略[J]. 新疆社会科学, 2021(6): 105-110  
YUE K D, ZHANG L J, SHI L, et al. The impact of U. S. sanctions on China's cotton industry and response strategies[J]. Social Sciences in Xinjiang, 2021(6): 105-110
- [3] 夏显力, 崔民. 农业托管服务对化肥减量施用的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023, 22(6): 88-101  
XIA X L, CUI M. Impact of fertilization custody services on fertilizer reduction[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2023, 22(6): 88-101
- [4] SHEN Z Y, BALEŽENTIS T, CHEN X L, et al. Green growth and structural change in Chinese agricultural sector during 1997-2014[J]. *China Economic Review*, 2018, 51: 83-96
- [5] 葛鹏飞, 王颂吉, 黄秀路. 中国农业绿色全要素生产率测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 66-74  
GE P F, WANG S J, HUANG X L. Measurement for China's agricultural green TFP[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(5): 66-74
- [6] SHEN Z Y, WANG S K, BOUSSEMART J P, et al. Digital transition and green growth in Chinese agriculture[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 181: 121742
- [7] 刘艺, 李谷成, 叶锋. 中国种植业碳全要素生产率增长核算、动态演进与空间溢出[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(6): 37-48  
LIU Y, LI G C, YE F. Carbon total factor productivity growth accounting, dynamic evolution and spatial spillovers in China's planting industry[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(6): 37-48
- [8] 杨骞, 王珏, 李超, 等. 中国农业绿色全要素生产率的空间分异及其驱动因素[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(10): 21-37  
YANG Q, WANG J, LI C, et al. The spatial differentiation of agricultural green total factor productivity and its driving factor recognition in China[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2019, 36(10): 21-37
- [9] 孙鲁云, 王力. 中国棉花环境全要素生产率的测算与区域差异分析——基于一种新的 Malmquist-Luenberge 指数[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(10): 9-15  
SUN L Y, WANG L. Measurement and regional differences of environmental total factor productivity of cotton in China — Based on a new Malmquist-Luenberger index approach[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(10): 9-15
- [10] 周鹏飞, 沈洋, 李爱民. 农旅融合能促进农业高质量发展吗——基于省域面板数据的实证检验[J]. 宏观经济研究, 2021(10): 117-130  
ZHOU P F, SHEN Y, LI A M. Can agri-tourism integration promote high-quality agricultural development? An empirical test based on provincial panel data[J]. *Macroeconomics*, 2021(10): 117-130
- [11] 银西阳, 贾小娟, 李冬梅. 农业产业集聚对农业绿色全要素生产率的影响——基于空间溢出效应视角[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(10): 110-119  
YIN X Y, JIA X J, LI D M. The impact of agricultural industrial agglomeration on green total factor productivity — Based on the perspective of spatial spillover effect[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(10): 110-119
- [12] 李玉超, 张立杰. 农业社会化服务对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于农户分化的视角[J]. 农村经济, 2024(3): 101-111  
LI Y C, ZHANG L J. Research on the impact of agricultural socialization services on agricultural green total factor productivity — Based on the perspective of farmer differentiation[J]. *Rural Economy*, 2024(3): 101-111
- [13] 杜建军, 章友德, 刘博敏, 等. 数字乡村对农业绿色全要素生产率的影响及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(2): 165-175  
DU J J, ZHANG Y D, LIU B M, et al. Impact of digital village construction on agricultural green total factor productivity and its mechanisms[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2023, 33(2): 165-175
- [14] LIU Z, ZHANG M L, LI Q M, et al. The impact of green trade barriers on agricultural green total factor productivity: Evidence from China and OECD countries[J]. *Economic Analysis and Policy*, 2023, 78: 319-331
- [15] 马国群, 谭砚文. 环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于面板门槛模型的分析[J]. 农业技术经济, 2021(5): 77-92  
MA G Q, TAN Y W. Impact of environmental regulation on agricultural green total factor productivity — Analysis based on the panel threshold model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(5): 77-92
- [16] ELLISON G, GLAESER E L. Geographic concentration in U. S. manufacturing industries: A dashboard approach[J]. *Journal of Political Economy*, 1997, 105(5): 889-927
- [17] 常哲仁, 郑梦. 产业协同集聚对绿色创新效率的影响研究——基于空间溢出视角[J]. 财经问题研究, 2023(10): 53-67  
CHANG Z R, ZHENG M. Impact of synergistic industrial agglomeration on green innovation efficiency from perspective of spatial spillover[J]. *Research on Financial and Economic Issues*, 2023(10): 53-67
- [18] DING J, LIU B L, SHAO X F. Spatial effects of industrial synergistic agglomeration and regional green development efficiency: Evidence from China[J]. *Energy Economics*, 2022, 112: 106156
- [19] 侯少杰, 周少甫. 产业协同集聚对碳强度的动态作用及影响机制研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(2): 273-283  
HOU S J, ZHOU S F. Research on dynamic effect and influence mechanism of industrial co-agglomeration on carbon intensity[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(2): 273-283
- [20] 王燕, 孙超. 产业协同集聚对绿色全要素生产率的影响研究——基于高新技术产业与生产性服务业协同的视角[J]. 经济纵横, 2020(3): 67-77  
WANG Y, SUN C. Research on the impact of industrial

- coagglomeration on green total factor productivity — From the perspective of the coagglomeration between high-tech industry and producer services[J]. *Economic Review Journal*, 2020(3): 67–77
- [21] 卢华, 周应恒, 张培文, 等. 农业社会化服务对耕地撂荒的影响研究——基于中国家庭大数据库的经验证据[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(9): 69–78  
LU H, ZHOU Y H, ZHANG P W, et al. Impact of socialized agricultural services on farmland abandonment: empirical evidence based on Chinese family database[J]. *China Land Science*, 2022, 36(9): 69–78
- [22] 徐静, 万俊毅, 韩亮. 数字技术使用、农业生产社会化服务与农户经营性收入差距——基于 CLDS 数据的实证研究[J]. *山西财经大学学报*, 2023, 45(6): 33–44  
XU J, WAN J Y, HAN L. Digital technology usage, socialization services for agricultural production and farmers' operating income gap — Empirical study based on the CLDS data[J]. *Journal of Shanxi University of Finance and Economics*, 2023, 45(6): 33–44
- [23] 谢文宝, 刘国勇. 农地流转背景下新疆农户残膜回收机械化技术采纳分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(4): 90–98  
XIE W B, LIU G Y. Study on farmers' technology adoption of mechanical residual film recycling under farmland circulation in Xinjiang[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021, 42(4): 90–98
- [24] 姜长云. 中国农业生产性服务业的形成发展及其趋势、模式[J]. *宏观经济研究*, 2020(7): 97–105  
JIANG C Y. The formation and development of China's agricultural producer services and its trend and mode[J]. *Macroeconomics*, 2020(7): 97–105
- [25] 陈建军, 胡晨光. 产业集聚的集聚效应——以长江三角洲次区域为例的理论和实证分析[J]. *管理世界*, 2008, 24(6): 68–83  
CHEN J J, HU C G. Agglomeration effect of industrial clustering — Theoretical and empirical analysis on the case of Yangtze River delta subregion[J]. *Management World*, 2008, 24(6): 68–83
- [26] MARSHALL A. *Principles of Economics*[M]. London: Palgrave Macmillan UK, 1982
- [27] KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography[J]. *Journal of Political Economy*, 1991, 99(3): 483–499
- [28] 易开刚, 马骊. 转型背景下产业集群升级的传导机制及其实现路径——基于本地知识溢出的视角[J]. *经济理论与经济管理*, 2014, 34(11): 45–56  
YI K G, MA L. Transition mechanism and upgrading route of industrial cluster on the background of transition — In the view of local knowledge spillover[J]. *Economic Theory and Business Management*, 2014, 34(11): 45–56
- [29] 郭海红, 刘新民. 中国农业绿色全要素生产率的时空分异及收敛性[J]. *数量经济技术经济研究*, 2021, 38(10): 65–84  
GUO H H, LIU X M. Spatial and temporal differentiation and convergence of China's agricultural green total factor productivity[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2021, 38(10): 65–84
- [30] 王修兰. *二氧化碳、气候变化与农业*[M]. 北京: 气象出版社, 1996  
WANG X L. *CO<sub>2</sub>, Climate Change and Agriculture*[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1996
- [31] 田云, 尹恣昊. 中国农业碳排放再测算基本现状、动态演进及空间溢出效应[J]. *中国农村经济*, 2022(3): 104–127  
TIAN Y, YIN M H. Re-evaluation of China's agricultural carbon emissions: Basic status, dynamic evolution and spatial spillover effects[J]. *Chinese Rural Economy*, 2022(3): 104–127
- [32] 陈建军, 刘月, 邹苗苗. 产业协同集聚下的城市生产效率增进——基于融合创新与发展动力转换背景[J]. *浙江大学学报(人文社会科学版)*, 2016, 46(3): 150–163  
CHEN J J, LIU Y, ZOU M M. The improvement of city productivity based on synergy and co-agglomeration of industries: Under the background of integrated innovation and conversion of driving force for economic development in China[J]. *Journal of Zhejiang University (Humanities and Social Sciences)*, 2016, 46(3): 150–163
- [33] 盖庆恩, 王美知, 石宝峰, 等. 土地比较优势、农户行为与农业生产效率——来自种植结构调整的考察[J]. *经济研究*, 2022, 57(10): 138–155  
GAI Q E, WANG M Z, SHI B F, et al. Land comparative advantage, farmer behavior and agricultural productivity: A study on the adjustment of planting structure[J]. *Economic Research Journal*, 2022, 57(10): 138–155
- [34] 苏丹妮, 盛斌. 产业集聚、集聚外部性与企业减排——来自中国的微观新证据[J]. *经济学(季刊)*, 2021, 21(5): 1793–1816  
SU D N, SHENG B. Industrial agglomeration, agglomeration externalities and firm emission reduction — New micro-evidence from China[J]. *China Economic Quarterly*, 2021, 21(5): 1793–1816
- [35] 李明文, 王振华, 张广胜. 农业服务业促进粮食高质量发展了吗——基于 272 个地级市面板数据的门槛回归分析[J]. *农业技术经济*, 2020(7): 4–16  
LI M W, WANG Z H, ZHANG G S. Has agricultural service industry promoted the development of high-quality grain? — Threshold regression analysis based on panel data of 272 prefecture-level cities[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020(7): 4–16
- [36] HAANS R F J, PIETERS C, HE Z L. Thinking about U: Theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7): 1177–1195
- [37] LIND J T, MEHLUM H. With or without U? the appropriate test for a U-shaped relationship[J]. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 72(1): 109–118
- [38] 何祚宇, 李敬子, 陈强远. 目的市场异质性消费者偏好与中国出口企业创新[J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40(8): 131–153  
HE Z Y, LI J Z, CHEN Q Y. Non-homothetic preferences of export destination and Chinese export firms' innovation[J]. *Journal of Quantitative & Technological Economics*, 2023, 40(8): 131–153
- [39] 吴庆君, 朱俊峰. 中国棉花生产要素替代及区域异质性[J]. *中国农业大学学报*, 2024, 29(5): 221–230  
WU Q J, ZHU J F. Factor substitution and regional differences of cotton production in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(5): 221–230