

刘晓倩, 李 玲, 孙小龙. 科技创新对农业高质量发展的影响及区域差异[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(6):1129-1141.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2024.06.020

## 科技创新对农业高质量发展的影响及区域差异

刘晓倩<sup>1,2</sup>, 李 玲<sup>1</sup>, 孙小龙<sup>3,4</sup>

(1.河北地质大学经济学院, 河北 石家庄 050031; 2.河北省科技创新与区域可持续发展研究基地, 河北 石家庄 050031;  
3.江苏省农业科学院农业经济与发展研究所, 江苏 南京 210014; 4.江苏农业科技创新研究基地, 江苏 南京 210014)

**摘要:** 加快核心科学技术创新对驱动农业高质量发展极具重要性。本研究基于2010–2020年省级面板数据, 利用熵值法、固定效应模型和空间杜宾模型探究科技创新对中国农业高质量发展的影响和区域差异以及空间溢出效应。研究表明, 2010–2020年, 中国科技创新水平和农业高质量发展水平整体上升; 科技创新对农业高质量发展的影响存在区域异质性, 对中部地区和粮食主产区作用效果较明显, 对东部地区和非粮食主产区的作用次之, 而对西部地区的作用不显著; 科技创新对农业高质量发展存在正向空间溢出效应, 且对毗邻省份的间接影响高于对该省的直接影响。所以应继续加大科技投入, 统筹规划各地区农业发展, 充分发挥科技创新的辐射作用, 实现农业整体高质量发展。

**关键词:** 科技创新; 农业高质量发展; 区域差异; 空间溢出效应; 熵值法

**中图分类号:** F303.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4440(2024)06-1129-13

## Impact of scientific and technological innovation on the high-quality development of agriculture and its regional differences

LIU Xiaoqian<sup>1,2</sup>, LI Ling<sup>1</sup>, SUN Xiaolong<sup>3,4</sup>

(1.School of Economics, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China; 2.Research Base for Scientific-Technological Innovation and Regional Economic Sustainable Development of Hebei Province, Shijiazhuang 050031, China; 3.Institute of Agricultural Economics and Development, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 4.Jiangsu Agricultural Science and Technology Innovation Decision Consulting Research Base, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** Accelerating core scientific and technological innovation is of great importance to driving high-quality agricultural development. Based on the provincial panel data from 2010 to 2020, this paper used the entropy method, fixed effect model and spatial Durbin model to study the impact of scientific and technological innovation on China's high-quality agricultural development, as well as regional differences and spatial spillover effects. The results showed that the level of China's scientific and technological innovation and high-quality agricultural development in 2010–2020 rose as a whole. Scientific and technological innovation showed influence of regional heterogeneity in the development of high-quality agriculture, the effect was obvious on the central region and major grain producing areas, and the effect on the eastern region and non-major grain producing areas was the second, while the effect on the western region was not significant. Scientific and technological innovation had a positive spatial spillover effect on the high-quality development of agriculture, and the indirect impact on adjacent

收稿日期: 2023-07-05

基金项目: 国家社会科学基金青年项目(21CJY048)

作者简介: 刘晓倩(1987–), 女, 河北沧州人, 博士, 副教授, 从事农业数字化、农业经济理论与政策研究。(E-mail) liuxq\_ouc@163.com

通讯作者: 孙小龙, (E-mail) xlsun890105@163.com

provinces was higher than the direct impact on the province. Therefore, we should continue to increase investment in science and technology, make overall plans for agricultural development in different regions, give full play to the radiation effect of scientific and technological innovation, so as to achieve overall high-quality development of agriculture.

**Key words:** scientific and technological innovation; high-quality agricultural development; regional differences; spatial spillover effect; entropy method

中国正面临百年未有之大变局,中国农村经济社会正朝着更高发展水平前进。中国第一产业增加值由 1978 年的 $1.02 \times 10^{11}$  元增至 2021 年的 $6.44 \times 10^{11}$  元(以 1978 年为不变价格计算),粮食产量由 1978 年的 $3.05 \times 10^8$  t 增至 2021 年的 $6.83 \times 10^9$  t。2021 年中央一号文件强调应持续深入推进农村供给侧结构性改革,巩固脱贫攻坚战成果,积极推进农业高质量发展;2022 年中央一号文件明确要坚持党对“三农”工作的全面领导,维护国家粮食安全,提高农村经济与生活发展能力,促进农业高质量发展;2023 年中央一号文件再次强调要推进农业农村高质量发展,迈向农业现代化,加快建设农业强国。因此,深入分析中国农业高质量发展现状并挖掘其背后诱因不仅能够丰富农业高质量发展相关理论,也有利于进一步推动农业高质量发展,改善农村居民生活,深入贯彻落实乡村振兴战略。农业高质量发展是推进农业现代化进程的重要举措<sup>[1]</sup>。目前,农业高质量发展虽整体呈现向好趋势,但其增长过程具有一定的波动性<sup>[2]</sup>,明晰波动背后的原因能够有效避免农业在向更好更高质量目标发展的过程中陷入误区。同时各地区农业高质量发展水平差异凸显且地区邻接依赖性严重,无论是从地理位置划分还是从粮食产量划分<sup>[3]</sup>,农业发展差异都不容小觑,再结合农业高质量发展呈现出的集聚特征,故而在大力推动农业高质量发展过程中要做到因地制宜,避免“一刀切”等现象出现。随着中国社会矛盾的不断变化,科技创新在推动经济高质量发展、满足人民需要方面扮演着重要角色<sup>[4]</sup>。科技创新也是农业高质量发展的关键点,一方面科技创新能够提升农业生产效率,促进农业绿色发展<sup>[5]</sup>,另一方面由于其外部性特征会对农业经济增长产生溢出效应<sup>[6]</sup>。那么,科技创新对农业高质量发展的影响程度如何?在中国不同地区,科技创新的作用是否相同?科技创新对农业高质量发展是否也存在溢出效应?以上问题值得思考。

## 1 文献回顾

本文从农业高质量发展指标体系构建、测度方法及科技创新与农业农村发展之间的关系这 3 个角

度梳理相关文献。

第一,构建农业发展指标体系是评估农业高质量发展水平的重要手段。以农业高质量发展内涵为切入点,绿色作为农业发展本色,农业绿色发展即为农业高质量发展<sup>[7]</sup>,也有学者指出农业高质量发展是将过去追求速度增长转变为追求质量发展<sup>[8]</sup>,如高质量的经济结构、社会形态、技术成果及人力资本等<sup>[9]</sup>。在推进乡村振兴战略背景下,数字农业成为农业高质量发展的主流,数字化的环境、设施、人才、技术、生产等成为评估数字农业高质量发展水平的重要依据<sup>[10]</sup>。“新发展理念”作为农业高质量发展的理论指导和行动指南,不少学者以“绿色”“创新”“协调”“开放”“共享”作为评估农业高质量发展水平的基本理念<sup>[11]</sup>。提及农业发展,首先想到的就是农业生产、生态和农民生活的发展,故而有学者基于“三生”理念构建农业高质量发展指标体系<sup>[12]</sup>,也有学者从绿色发展、农业生产、农产品供给和产业融合等角度考察农业高质量发展状况<sup>[13]</sup>。

第二,关于农业高质量发展水平指标体系的评测方法也不尽相同。通过梳理文献可知已有指数测算方法主要有 4 种:主成分分析法<sup>[14]</sup>、熵值法<sup>[15]</sup>、层次分析法(AHP)-熵值法<sup>[16]</sup>及优劣解距离法(TOPSIS)<sup>[10]</sup>,其中,熵值法理论相对成熟,应用也较为广泛。通过对农业高质量发展现状进行相关实证研究,不少学者指出中国农业高质量发展水平逐步上升,但水平普遍偏低,各地区差异显著,整体呈现“东高西低”的现状<sup>[8]</sup>,同时无论是聚焦粮食主产区还是各省内部,农业高质量发展水平也均存在明显差距<sup>[9,17]</sup>,随着各地区农业高质量发展水平的提升,有学者运用探索性数据分析方法证明农业高质量发展水平在空间上呈现二元分布特征,即“高-高”“低-低”集聚,且各地区优劣势也与其地理特征较为吻合<sup>[11,18]</sup>,可见不同资源要素具有不同的作用<sup>[19]</sup>。

第三,随着科学技术的不断进步,科技创新已在农业领域占据了核心位置。在农业生产方面,农业科技创新可以缓解农业发展过程中由于劳动力、土地等生产要素的制约,提高农业发展质量<sup>[20]</sup>。在农业经济增长方面,科技创新的驱动作用能够加快农业经济发展方式的转变<sup>[21]</sup>,也可以通过推出新产

品,刺激居民消费,以此实现区域经济的快速增长<sup>[22]</sup>,同时环境友好型农业技术创新的推动也能够进一步加快农业经济的增长<sup>[23]</sup>。在农民增收效益方面,农业科技创新能够显著促进农民增收。具体而言,农业技术进步对增加农村居民人均纯收入和家庭经营性收入的作用最明显,其次是工资性收入<sup>[24]</sup>。

综上,关于农业高质量发展测度及特征的研究较为广泛,但鲜有研究对农业高质量发展的内涵进行深入的剖析,指标体系的构建缺少深层次多维度的挖掘,特别是在经济结构维度,多数研究主要选择单一种植业经济指标,而欠缺对林业、畜牧业和渔业经济指标的综合考虑。此外,科技创新水平的测度多选用单一指标衡量,同时科技创新对农业高质量发展影响的研究多聚焦在理论分析层面,虽有学者从定量角度论证技术进步和劳动力转移对农业发展的作用机理,但科技创新的测评及其对农业高质量发展的区域差异和相关影响仍亟待进一步研究。

为改进已有研究的不足,本文选用2010~2020年中国30个省份面板数据,综合考虑大宗农业中的种植业、林业、畜牧业和渔业经济产值,构建系统的评价指标体系,利用熵值法分别测算农业高质量发展指数和科技创新指数,通过固定效应模型探究科技创新对农业高质量发展的影响以及区域差异,同时建立空间杜宾模型深入研究科技创新对农业高质量发展的空间溢出效应,以期科技创新推动农业高质量发展提供对策建议。需要说明的是,选取2010年为起始年是因为该年为中国新农村建设的关键之年,也是在2008年金融危机后农村居民收入增速最快的一年,其实际增长速度为10.9%;选取2020年为截止年是因为该年为中国农村脱贫攻坚的最后一年,从2021年起全面进入小康社会,此时农村经济发展迅速,居民收入迅速增长。

## 2 理论假设

### 2.1 科技创新对农业高质量发展的影响

经上述文献分析可知,科技创新能够有效缓解农业生产要素的约束,提高农业生产力,同时新的经济增长理论认为,科技进步作为推动农业经济增长的主要方式,不仅能够推动农业生产方式变革,也能够促进农业全要素生产率的提升<sup>[25]</sup>,提高农产品产

量,稳定粮食生产,加快农业经济发展方式的转变。此外,科技进步作为影响农民增收的主要方式<sup>[26]</sup>,也可以通过增加农民收入来实现居民生活质量的提高<sup>[27]</sup>。因此,科技创新可以改善农业发展水平并增加农民收入水平,进而实现农业高质量发展,故本文提出假设1(H1):

H1:科技创新对农业高质量发展具有正向促进作用。

### 2.2 科技创新对农业高质量发展的区域异质性

不同区位具有不同的地理状况、资源禀赋和政策导向等,科技创新水平、农业高质量发展水平也存在较大差异,故而同种要素对不同地区农业高质量发展的影响也不尽相同。科技创新对经济高质量发展的驱动作用具有区域异质性<sup>[28]</sup>,在农业领域,有学者利用计量模型证明农业科技创新对粮食产业高质量发展存在区域异质性<sup>[29]</sup>,进而有研究将技术进步对粮食主产区农业高质量发展水平的影响与全国水平进行比较,证明二者之间存在差异,技术进步对粮食主产区的作用大于全国平均水平<sup>[30]</sup>。因此,对于具有不同要素禀赋的地区,科技创新对其农业高质量发展具有不同程度的作用,故提出假设2(H2):

H2:科技创新对农业高质量发展具有区域异质性。

### 2.3 科技创新对农业高质量发展的空间溢出效应

地理学第一定律指出任何空间单元内的信息与其周围单元信息均有相似性,在经济学上表现为要素对本地区具有影响的同时对其他邻近地区也具有影响,即存在空间相关性。基于此,有学者利用空间面板模型证明科技创新不仅对省内农业发展产生影响,同时由于技术的外溢性,科技创新也能够实现农民增收<sup>[31]</sup>,进而实现农村减贫<sup>[32]</sup>;另一方面,农业科技创新能够通过对邻近省份农业全要素生产率的提升促进农业经济增长<sup>[33]</sup>,进而有效提高农业发展质量<sup>[34]</sup>,因此提出假设3(H3):

H3:科技创新对农业高质量发展具有空间溢出效应。

## 3 农业高质量发展指数与科技创新指数的测算

### 3.1 熵值法计算原理

熵值法是在熵的不确定性基础上,依据指标的离散程度判断其对综合评价的影响,本文借助熵值



法测算农业高质量发展指数及科技创新指数,过程如下:

第 1 步:运用极值标准化的方法对数据进行标准化处理:

$$\begin{aligned} \text{正向指标: } Y_{ij} &= \frac{X_{ij} - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \\ \text{负向指标: } Y_{ij} &= \frac{X_j^{\max} - X_{ij}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \end{aligned} \quad (1)$$

式中,  $Y_{ij}$  表示标准化之后的各项指标值,  $X_{ij}$  表示未处理时的各项指标值,  $X_j^{\min}$  和  $X_j^{\max}$  分别表示第  $j$  项指标的最小值和最大值,  $i$  和  $j$  分别表示年份和指标。

第 2 步:计算第  $i$  年的第  $j$  项指标的权重 ( $P_{ij}$ ):

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} \quad (2)$$

式中,  $m$  表示所研究年份的数量。

第 3 步:计算第  $j$  项指标的信息熵 ( $e_j$ ):

$$e_j = -1/\ln(m) \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

式中,  $e_j$  的取值范围为  $[0, 1]$ 。

第 4 步:计算第  $j$  项指标的信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

式中,  $d_j$  为第  $j$  项指标的信息熵冗余度,信息熵的冗余度越大表示该项指标权重越大。

第 5 步:计算第  $j$  项指标的权重:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

式中,  $W_j$  为第  $j$  项指标的权重,  $n$  表示指标的个数。

第 6 步:计算第  $i$  年农业高质量发展(科技创新)综合指数 ( $S_i$ ):

$$S_i = \sum_{j=1}^m W_j \cdot P_{ij} \quad (6)$$

### 3.2 农业高质量发展指数测算

3.2.1 农业高质量发展指标体系及权重 本文参考黎新伍等<sup>[11]</sup>、董艳敏等<sup>[35]</sup>的研究,遵循科学、全面、可操作性原则,以“新发展理念”为理论指导,从绿色生产、发展效率、经济结构、对外开放和福利共享 5 个维度构建农业高质量发展水平测度指标体系(表 1),并利用熵权法客观赋予各指标权重,测算农业高质量发展指数,避免主观赋权带来的人为因素干扰。

由表 1 可以看出,在农业高质量发展指标体系中,农业绿色生产和农业经济结构 2 个一级指标权重较大,二者占比达到 55.7%。说明各地区农业绿色发展和农业经济结构差异较为明显,同时从各二级指标来看,每个维度内的二级指标权重相对均衡,说明在同一维度下二级指标数据离散程度较小。

3.2.2 农业高质量发展水平测度结果 图 1 显示了中国总体及各地区农业高质量发展趋势,从图 1 可以看出中国农业高质量发展水平整体呈良好上升势头,其指数值由 2010 年的 0.396 增至 2020 年的 0.461。但中国农业高质量发展指数在 2016 年出现下降趋势,通过深度挖掘指标体系可知其原因主要体现在经济和开放维度上。一方面,中国农业、林业、畜牧业和渔业产值在 2016 年均出现明显下降现象,加之农产品价格大幅下滑,严重影响农民收入。另一方面,伴随着全球贸易总额的逆增长,中国农产品进出口额也出现下降趋势,因此 2016 年中国农业高质量发展水平呈现明显下降走势。

聚焦各区域农业高质量发展水平,从地理分区上看,东部地区农业高质量发展水平最高,其指数由 2010 年的 0.419 上升至 2020 年的 0.502,农业高质量发展指数整体呈现增加态势;中部地区与西部地区农业高质量发展指数无明显差异,但从整体增长趋势来看,西部地区要略优于中部地区,西部地区农业高质量发展指数由 2010 年的 0.383 增至 2020 年的 0.440,中部地区农业高质量发展指数由 2010 年的 0.383 增至 2020 年的 0.435。西部地区的整体农业高质量发展指数增长趋势优于中部地区的原因主要在于西部地区农业面源污染较小,具有较高的资源利用效率。

从粮食产量分区上看,粮食主产区农业高质量发展水平高于全国平均水平,其指数由 2010 年的 0.402 上升至 2020 年的 0.471,非粮食主产区农业高质量发展指数由 2010 年的 0.408 上升至 2020 年的 0.447,农业发展水平略高于西部地区。对比分析,在 2016 年粮食主产区农业高质量发展指数受农业经济产值影响较小,而非粮食主产区受其影响较大,农业高质量发展指数出现大幅度下降,其原因是大量农产品价格低迷,粮食主产区由于其丰富的农产品产量能够应对农业经济变动,而非粮食主产区则出现农业经济水平下降现象,因而表现为非粮食主产区农业高质量发展水平下降。

表 1 农业高质量发展评价指标体系及权重

Table 1 Evaluation index system and weight of agricultural high-quality development

一级指标	权重 (%)	二级指标	二级指标权重 (%)	指标含义	属性
绿色生产	23.7	农化化肥施用强度	4.8	化肥有效施用量/农作物播种面积	负
		农药施用强度	4.8	农药施用量/农作物播种面积	负
		农用塑料薄膜使用强度	4.8	农用塑料薄膜用量/农作物播种面积	负
		节水灌溉面积占比	4.6	节水灌溉面积/有效灌溉面积	正
		耕地复种指数	4.7	农作物播种面积/耕地面积	负
发展效率	17.9	土地生产效率	4.4	农业增加值/耕地面积	正
		劳动生产效率	4.6	第一产业增加值/第一产业从业人员数	正
		机械化程度	4.6	农业机械总动力/耕地面积	正
		劳均耕地占有量	4.3	耕地面积/第一产业从业人员数	正
经济结构	32.0	农业产值占比	4.8	农业产值/农林牧渔业总产值	正
		林业产值占比	4.3	林业产值/农林牧渔业总产值	正
		畜牧业产值占比	4.7	畜牧业产值/农林牧渔业总产值	正
		渔业产值占比	4.2	渔业产值/农林牧渔业总产值	正
		农林牧渔服务业占比	4.6	农林牧渔服务业产值/农林牧渔业总产值	正
		人均农林牧渔业产值	4.6	农林牧渔业产值/第一产业从业人员数	正
对外开放	7.3	农产品进口依存度	4.8	农产品进口额/农林牧渔业总产值	正
		农产品出口依存度	3.6	农产品出口额/农林牧渔业总产值	正
		农产品进口依存度	3.7	农产品出口额/农林牧渔业总产值	正
福利共享	18.9	城乡居民收入比	4.8	城镇居民可支配收入/乡村居民可支配收入	负
		农民收入水平	4.7	农村居民人均纯收入	正
		固定资产投资	4.8	农村住户固定资产投资/农村总人口	正
		农村医疗卫生水平	4.6	平均每千农村人口村卫生室人员数	正

表中指标体系数据均来自《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农产品进出口月度统计报告》和各省统计年鉴。

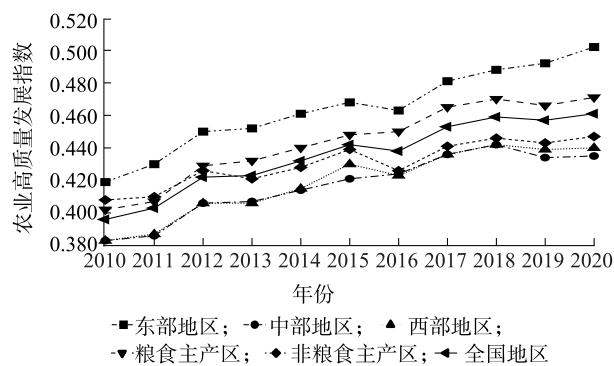


图 1 全国及各地区农业高质量发展趋势

Fig.1 National and regional agricultural high-quality development trend

总体来看,不论是从地理差异上划分还是从粮食产量上划分,农业高质量发展水平整体上均呈现

上升趋势,且得益于 2017 年国家大力推行强农惠农政策,加大财政支农力度。从 2017 年开始农业高质量发展水平表现为大幅上升,但不同区域农业高质量发展水平存在较大差异,东部地区及粮食主产区农业高质量发展水平明显高于全国平均水平,而中部地区、西部地区和粮食主产区的农业高质量发展水平则低于全国平均水平,其中,中部地区农业高质量发展水平最低。

由表 2 可以看出,2020 年中国 30 个省级行政区中江苏省农业高质量发展水平最高,其指数为 0.555,山东省、浙江省次之,其指数分别为 0.546 和 0.523,贵州省和山西省农业高质量发展水平较低,其指数分别为 0.403 和 0.393。同时,就中国农业高质量发展指数增速而言,新疆维吾尔自治区农业高质量发展指数增速最快,2010-2020 年农业高质

量发展指数累计增加 0.101,平均每年增长 2.69%,江苏省次之,平均每年增速为 2.64%,而山西省农业高质量发展指数年均增速为 0.31%,其增速最慢。由此可见中国农业高质量发展水平虽逐年提升,但不同地区之间农业高质量发展水平及农业高质量发展指数增速仍具有较大差异。

表 2 2010–2020 年各地区农业高质量发展指数  
Table 2 Agricultural high-quality development indices in various regions from 2010 to 2020

区域	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年	2018 年	2020 年
北京	0.463	0.485	0.479	0.466	0.480	0.489
天津	0.429	0.461	0.463	0.474	0.489	0.499
河北	0.424	0.460	0.467	0.465	0.475	0.479
山西	0.381	0.396	0.402	0.405	0.403	0.393
内蒙古	0.436	0.453	0.458	0.490	0.503	0.515
辽宁	0.426	0.463	0.475	0.480	0.488	0.508
吉林	0.395	0.425	0.437	0.463	0.469	0.470
黑龙江	0.451	0.463	0.457	0.477	0.483	0.475
上海	0.433	0.443	0.464	0.478	0.520	0.521
江苏	0.439	0.471	0.494	0.514	0.544	0.555
浙江	0.429	0.462	0.474	0.480	0.506	0.523
安徽	0.365	0.383	0.397	0.407	0.421	0.411
福建	0.402	0.430	0.453	0.433	0.469	0.503
江西	0.389	0.419	0.413	0.420	0.450	0.457
山东	0.433	0.487	0.511	0.500	0.533	0.546
河南	0.374	0.399	0.407	0.406	0.429	0.422
湖北	0.342	0.369	0.388	0.398	0.431	0.418
湖南	0.368	0.395	0.409	0.417	0.447	0.434
广东	0.381	0.407	0.419	0.419	0.445	0.472
广西	0.380	0.407	0.418	0.416	0.443	0.433
海南	0.350	0.379	0.373	0.386	0.423	0.422
重庆	0.355	0.369	0.385	0.392	0.416	0.414
四川	0.379	0.392	0.408	0.413	0.435	0.430
贵州	0.384	0.401	0.403	0.398	0.429	0.403
云南	0.362	0.372	0.393	0.399	0.419	0.405
陕西	0.382	0.419	0.424	0.448	0.456	0.460
甘肃	0.390	0.400	0.403	0.410	0.434	0.440
青海	0.380	0.422	0.442	0.451	0.465	0.458
宁夏	0.393	0.401	0.404	0.406	0.411	0.408
新疆	0.376	0.425	0.429	0.432	0.452	0.477
全国	0.396	0.422	0.432	0.438	0.459	0.461

由于篇幅所限,仅提供部分年份的农业高质量发展指数,如有需要可向作者索要其他年份的农业高质量发展指数。

3.3 科技创新指数测算

3.3.1 科技创新指标及权重 关于科技创新水平评估,有学者从科技投入和科技产出两方面建立指标体系进行测算<sup>[36]</sup>,同时高新技术创新中的知识、技术转化和受益三阶段的创新效率也可以衡量科技创新水平<sup>[37]</sup>。有学者选用农业专利申请数<sup>[23]</sup>或农业科研机构 R&D(全社会研究与试验发展)经费支出<sup>[38]</sup>等单一变量代表科技进步水平,本文在整合已有研究指标基础上,参考《中国区域科技创新评价报告 2021》中涉及的衡量区域创新的指标,选用国内专利授权数、R&D 经费投入强度、政府科学技术支出和 R&D 人员全时当量 4 个指标,运用熵值法测算最终科技创新指数。

由表 3 可以看出,在科技创新的 4 个指标中,R&D 经费投入强度和政府科学技术支出的占比达到 52.3%,说明中国 30 个省份之间 R&D 经费投入强度和政府科学技术支出离散程度更为明显。

3.3.2 科技创新指数测算结果 图 2 显示了中国总体及各地区科技创新指数发展趋势,可以看出,中国平均科技创新指数由 2010 年的 0.088 增至 2020 年的 0.201,且呈现逐年递增的趋势。2017–2020 年增长较为迅速,得益于中国《关于县域创新驱动发展的若干意见》的实施,中国县域科技创新水平不断提升,进而带动区域科技创新态势整体向好。

表 3 科技创新指标及权重  
Table 3 Scientific and technological innovation indicators and weights

指标	权重(%)	单位	属性
国内专利授权数	23.1	件	正
政府科学技术支出	25.1	×10 <sup>8</sup> 元	正
R&D 经费投入强度	27.2	%	正
R&D 人员全时当量	24.6	人年	正

R&D:研究与试验发展。

从各区域创新指数来看,东部地区创新水平最高,已远高于全国平均水平,且增长最为明显,其指数由 2010 年的 0.156 上升至 2020 年的 0.349,尤其在 2017 年之后,科技创新指数增长迅速,其原因在于科技创新水平较高的县域城市或省份多数集中在东部地区,具有充分的经济投入与高效率的资源配置,实现了科学技术的飞跃<sup>[39]</sup>。中部地区科技创新指数由 2010 年的 0.062 升至 2020 年的 0.160,创新水平虽低于全国平均水平,但其指数正逐年递增,且

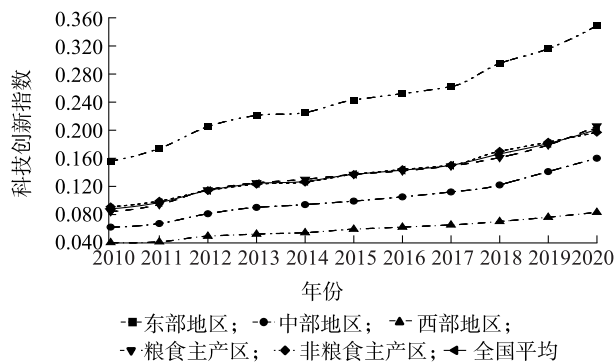


图2 全国及各地区科技创新指数趋势

Fig.2 National and regional science and technology innovation index trend chart

在 2017 年后有小幅度的上涨。西部地区科技创新水平最低,其指数由 2010 年的 0.040 增至 2020 年的 0.083,整体呈现稳步上升态势,无较大波动。

粮食主产区与非粮食主产区科技创新指数较为贴近,均在全国平均水平附近波动,且与全国平均科技创新水平变动趋势一致。值得注意的是,粮食主产区科技创新指数由 2010 年的 0.084 升至 2020 年的 0.206,非粮食主产区科技创新指数由 2010 年的 0.091 升至 2020 年的 0.197,粮食主产区科技创新水平在 2020 年超过非粮食主产区。

可见,中国科技创新水平虽呈现逐年递增态势,但各地区增长态势不尽相同。东部地区科技创新水平最高,且增长最为显著,而西部地区科技创新水平最低,增长相对平缓。

表 4 展示了 2010–2020 年中国各地区主要年份的科技创新指数,由数据可知,2020 年广东省的科技创新指数为 0.808,是中国目前科技创新水平最高的省份,其次是江苏省、北京市、浙江省,科技创新指数分别为 0.593 和 0.507、0.507,青海省和新疆维吾尔自治区是中国科技创新水平最低的 2 个地区,其指数均为 0.020;就科技创新指数增速而言,海南省科技创新指数增速最快,累计增长 0.024,平均每年增长 240.00%,江西省和宁夏回族自治区次之,其年均增速分别为 31.28%、27.06%,青海省和黑龙江省科技创新指数增速相对较慢,其年均增速分别为 1.11%和 1.29%。综上可知,中国科技创新发展存在一定的不平衡性,即科技创新水平较高的地区由于其基期水平较高,其增速也相对平缓,而科技创新水平较低的地区其基期水平较低,增速也相对较

低,因此未来中国各地区科技创新水平差距将会进一步扩大。

表 4 2010–2020 年各地区科技创新指数

Table 4 Scientific and technological innovation indices in various regions from 2010 to 2020

区域	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年	2018 年	2020 年
北京	0.347	0.359	0.384	0.394	0.442	0.507
天津	0.124	0.209	0.242	0.265	0.216	0.212
河北	0.044	0.067	0.085	0.101	0.114	0.148
山西	0.046	0.056	0.067	0.056	0.062	0.074
内蒙古	0.020	0.042	0.046	0.051	0.034	0.045
辽宁	0.097	0.134	0.138	0.111	0.125	0.148
吉林	0.040	0.061	0.065	0.068	0.052	0.070
黑龙江	0.062	0.075	0.074	0.071	0.055	0.070
上海	0.206	0.238	0.255	0.286	0.326	0.366
江苏	0.243	0.348	0.375	0.412	0.472	0.593
浙江	0.190	0.253	0.287	0.327	0.399	0.507
安徽	0.078	0.116	0.141	0.177	0.199	0.258
福建	0.069	0.096	0.112	0.128	0.161	0.201
江西	0.039	0.042	0.056	0.076	0.117	0.161
山东	0.149	0.213	0.235	0.256	0.274	0.325
河南	0.068	0.091	0.109	0.122	0.150	0.208
湖北	0.097	0.114	0.142	0.156	0.193	0.238
湖南	0.067	0.090	0.098	0.111	0.149	0.202
广东	0.245	0.324	0.351	0.484	0.698	0.808
广西	0.028	0.044	0.047	0.041	0.048	0.056
海南	0.001	0.010	0.010	0.013	0.014	0.025
重庆	0.058	0.071	0.077	0.102	0.123	0.143
四川	0.094	0.103	0.120	0.136	0.165	0.208
贵州	0.021	0.024	0.029	0.035	0.056	0.071
云南	0.022	0.027	0.031	0.045	0.056	0.068
陕西	0.108	0.109	0.122	0.137	0.142	0.157
甘肃	0.037	0.044	0.049	0.055	0.053	0.059
青海	0.018	0.024	0.021	0.014	0.016	0.020
宁夏	0.017	0.026	0.031	0.038	0.053	0.063
新疆	0.014	0.020	0.021	0.026	0.022	0.020
全国	0.088	0.114	0.127	0.143	0.166	0.201

由于篇幅所限,仅提供部分年份的科技创新指数,如有需要可向作者索要其他年份的科技创新指数。



## 4 科技创新对农业高质量发展影响的实证分析

### 4.1 变量选取

4.1.1 被解释变量 选用农业高质量发展指数作为被解释变量,代表不同地区农业高质量发展水平,通过构建农业高质量发展指标体系并依据上述熵值法原理测算农业高质量发展综合指数( $Arg$ )。

4.1.2 核心解释变量 为探究科技创新对农业高质量发展的影响,本文以科技创新指数为核心解释变量,运用熵值法对国内专利授权数、R&D 经费投入强度、政府科学技术支出和 R&D 人员全时当量 4 个变量进行测评得出科技创新指数( $Tec$ )。

4.1.3 控制变量 农业高质量发展的相关影响因素可以划分为 3 个层面:宏观政策、中观结构和微观基础。在宏观政策方面,主要有财政支农政策<sup>[40]</sup>、土地流转政策<sup>[41]</sup>等,在中观结构方面,主要有产业结构<sup>[42]</sup>、城市化水平<sup>[43]</sup>等,在微观基础方面,主要有劳动力<sup>[44]</sup>、“新农人”<sup>[45]</sup>等高素质劳动力和高素质人才等。通过对已有文献的检索总结,本文重点选取 6 个控制变量进行实证分析。①产业结构( $Ind$ ),采用第二、第三产业产值与第一产业产值比值表示;②农村就业率( $Emp$ ),采用乡村个体就业人员与农村总人口比值表示;③财政支出( $Fis$ ),选用地地方财政用于农林水支出与地方一般公共预算支出的比值表示;④受教育水平( $Edu$ ),选用农村居民受教育年限衡量,计算公式为:(农村地区小学文化程度人口数×6+初中文化程度人口数×9+高中文化程度人口数×12+大专及以上学历文化程度人口数×16)/6 岁以上农村地区总人口数;⑤交通水平( $Tra$ ),计算公式:(铁路营运里程+内河航道里程+公路里程)/地区面积;⑥城镇化水平( $Urb$ ),用城镇人口数量占地区总人口数量比例来表示。

本文选用 2010–2020 年中国 30 个省级行政区数据,数据均来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省统计年鉴。

### 4.2 模型设定

为探究科技创新对农业高质量发展水平的影响及区域异质性,本文设定计量模型如下:

$$Arg_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot Tec_{it} + \beta_2 \cdot Ind_{it} + \beta_3 \cdot Emp_{it} + \beta_4 \cdot Fis_{it} + \beta_5 \cdot Edu_{it} + \beta_6 \cdot Tra_{it} + \beta_7 \cdot Urb_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中, $i$  表示各地区(省、自治区或直辖市), $t$  表示时间(2010–2020 年), $\beta_0$  表示常数项, $\beta_1 \sim \beta_7$  表示

模型中各变量对农业高质量发展的影响系数, $\mu_{it}$  表示固定效应, $\varepsilon_{it}$  表示随机误差项。

为探究科技创新对农业高质量发展的空间溢出效应,本文在上述模型的基础上,将空间权重和变量的交互项引入模型,设定空间计量模型如下:

$$Arg_{it} = \rho \cdot W \cdot Arg_{it} + \beta_1 \cdot Tec_{it} + \beta_2 \cdot Ind_{it} + \beta_3 \cdot Emp_{it} + \beta_4 \cdot Fis_{it} + \beta_5 \cdot Edu_{it} + \beta_6 \cdot Tra_{it} + \beta_7 \cdot Urb_{it} + \beta_8 \cdot W \cdot Tec_{it} + \beta_9 \cdot W \cdot Ind_{it} + \beta_{10} \cdot W \cdot Emp_{it} + \beta_{11} \cdot W \cdot Fis_{it} + \beta_{12} \cdot W \cdot Edu_{it} + \beta_{13} \cdot W \cdot Tra_{it} + \beta_{14} \cdot W \cdot Urb_{it} + \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

式中, $\beta_1 \sim \beta_{14}$  表示各变量对农业高质量发展的影响系数; $\rho$  表示空间自相关系数, $W$  表示空间权重矩阵。

### 4.3 科技创新对农业高质量发展的影响分析

为了分析科技创新对农业高质量发展的影响程度,分别采用混合效应模型(OLS)、随机效应模型(RE)和固定效应模型(FE)3 种方法呈现科技创新对农业高质量发展水平的影响(表 5)。由 Hausman 检验结果可知, $P = 0 < 0.05$ ,显著拒绝原假设,同时从 3 种模型的拟合优度( $R^2$ )来看,固定效应模型的拟合优度明显高于混合效应模型和随机效应模型,故认为 3 种模型中固定效应模型最有效,因此本文主要分析固定效应模型回归结果。

模型(3)为核心解释变量(科技创新指数)与被解释变量(农业高质量发展指数)的回归结果,由表 5 可知,科技创新指数的回归系数为 0.295 2,且通过 0.01 显著性检验,说明科技创新能够显著提高农业高质量发展水平,即科技创新指数增长 1 个单位可带动农业高质量发展水平提高 0.295 2。模型(4)为引入控制变量后的回归结果,科技创新指数与农业高质量发展指数回归系数为 0.071 5,且通过 0.01 水平显著性检验,即科技创新指数提高 1 个单位将拉动农业高质量发展水平提升 0.071 5,说明控制变量的引入会分解一部分科技创新的影响,但科技创新仍然呈现显著促进作用,假设 1(H1)成立。

从控制变量分析,根据模型(4)的结果,农村就业情况的回归系数为 0.000 7,且通过 0.01 水平显著性检验,表明劳动力就业水平的提升对农业高质量发展水平产生显著影响,其作用虽小于科技创新为农业高质量发展带来的动力,但仍能够促进农业高质量发展水平的提升,其原因是农村就业率的提高拓宽了农民收入来源,提高农户收入。产业结构和



城镇化水平的回归系数依次为-0.000 1和-0.001 5,且分别通过 0.10 和 0.05 水平的显著性检验,说明产业结构的转型升级和城镇化水平的提高对农业高质量发展具有不利影响,其原因可能是第二、第三产业相比第一产业具有较大收益,随着城镇化水平的不断提高,第二、第三产业不断向农村转移,大量农村劳动力向第二、第三产业转移,在一定程度上削弱了农业发展的潜力<sup>[16,46]</sup>。然而政府对农业财政支出、受教育水平和地区交通水平的回归系数虽为正,但并未通过显著性检验,说明上述因素对农业高质量发展水平并无显著影响,究其原因,政府财政支出对农业生态建设支持力度不足,资金投入总量并未满足现阶段农业农村发展的需要,加之财政支农结构不合理,支持力度存在区域不平衡等问题,导致政府财政支出机制不健全,无法显著影响农业发展<sup>[47]</sup>。此外,中国农业分布远离人口中心,农村地区教育水平相对落后并对教育的重视程度不够,致使当前农村居民受教育程度无法满足具有高素质的新农人发展所需,加之农业发展高度依赖交通水平,然而中国农村地区的交通网络与城镇相比较为滞后,增加了农产品的运输成本,也降低了农户的收入水平,在一定程度上限制农业农村的发展,故目前中国交通水平对农业高质量发展影响不显著<sup>[48]</sup>。

#### 4.4 科技创新对农业高质量发展的区域异质性分析

由前文分析可知,中国不同地区农业高质量发

展水平之间存在差异,且由于地区资源要素、社会经济的不同均会导致科技创新对农业高质量发展产生不同的影响(表 6)。

从地区角度分析,东部地区、中部地区和西部地区科技创新与农业高质量发展水平的影响系数分别为0.053 1、0.364 8和-0.005 5,且东部地区和中部分别通过 0.05 和 0.01 水平的显著性检验,而西部地区并未通过显著性检验,说明科技创新对东部地区和中部分地区农业高质量发展具有正向促进作用,对西部地区作用并不显著。这表明,在科技创新指数提升 1 个单位的情况下,东部地区农业高质量发展水平提升0.053 1,中部地区提升0.364 8,中部地区提高程度明显大于东部地区。究其原因,东部地区科技创新水平对农业高质量发展的促进作用临近饱和状态,其他因素正逐渐分解科技创新的作用力,而中部地区科技创新正处于崛起状态,会加快农业高质量发展水平的提高速度,同时由于科技创新可能存在溢出效应,东部地区先进的科学技术对具体省份的促进作用弱于其对邻近省份的促进作用,因此出现科技创新对中部地区的作用程度高于东部地区。西部地区科技创新并不能带动农业高质量发展,其原因是西部地区科学技术相对落后,高科技人才比较缺失,导致科技水平较低,所以不能促进农业高质量发展。

表 5 科技创新指数与农业高质量发展回归结果

Table 5 Regression results of scientific and technological innovation indices and agricultural high-quality development

变量	混合效应模型(OLS)	随机效应模型(RE)	固定效应模型(FE)	
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
<i>Tec</i>	0.119 8 *** (0)	0.123 3 *** (0)	0.295 2 *** (0)	0.071 5 *** (0.000 1)
<i>Ind</i>	-0.000 1 (0.394 4)	0.000 1 ** (0.026 2)		-0.000 1 * (0.084 3)
<i>Emp</i>	0.001 4 *** (0)	0.001 2 *** (0)		0.000 7 *** (0.002 0)
<i>Fis</i>	0.004 1 *** (0)	0.002 7 *** (0.000 1)		0.000 9 (0.174 5)
<i>Edu</i>	0.000 5 (0.881 0)	0.010 2 ** (0.013 8)		0.002 4 (0.549 6)
<i>Tra</i>	-0.014 8 *** (0.000 2)	-0.010 4 (0.225 6)		0.002 5 (0.814 6)
<i>Urb</i>	0.002 2 *** (0)	0.002 3 *** (0)		-0.001 5 ** (0.014 3)
<i>_cons</i>	0.246 0 *** (0)	0.170 7 *** (0)	0.394 0 *** (0)	0.507 0 *** (0)
<i>N</i>	330.000 0	330.000 0	330.000 0	330.000 0
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.557 4	0.453 1	0.330 2	0.930 9

*Tec*:科技创新指数;*Ind*:产业结构;*Emp*:农村就业率;*Fis*:财政支出;*Edu*:受教育水平;*Tra*:交通水平;*Urb*:城镇化水平;*\_cons*:常数项;*N*:个数;*R*<sup>2</sup>:拟合优度;*Prob*:依据实际样本数据计算出的显著性水平;*chi2*(8):自由度为 8 的卡方检验值。\*\*\*、\*\*、\* 分别代表在 0.01、0.05 和 0.10 水平下显著;括号中数值为 *P* 值。Hausman 检验的 *chi2*(8)=56.08, *Prob>chi2*=0。

表 6 不同地区科技创新指数与农业高质量发展水平回归结果

变量	东部地区	中部地区	西部地区	粮食主产区	非粮食主产区
<i>Tec</i>	0.053 1 ** (0.011 9)	0.364 8 *** (0.000 1)	−0.005 5 (0.969 1)	0.186 3 *** (0)	0.041 4 * (0.085 6)
<i>_cons</i>	0.392 0 *** (0.001 8)	0.609 9 *** (0)	0.628 7 *** (0)	0.581 9 *** (0)	0.549 7 *** (0)
<i>N</i>	121.000 0	88.000 0	121.000 0	143.000 0	187.000 0
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.927 5	0.939 4	0.876 7	0.971 7	0.892 9

*Tec*: 科技创新指数; *\_cons*: 常数项; *N*: 个数; *R*<sup>2</sup>: 拟合优度; \*\*、\*、° 分别代表在 0.01、0.05 和 0.10 水平下显著, 括号中数值为 *P* 值。

农业作为中国的基础产业,是保证粮食产量的关键,从粮食主产区和非粮食主产区角度分析科技创新对农业高质量发展的影响尤为重要。由表 6 可知,粮食主产区和非粮食主产区科技创新指数的回归系数分别为0.186 3和0.041 4,且分别通过 0.01 和 0.10 水平的显著性检验,表明科技创新对两地区农业高质量发展水平均有明显的正向作用,科技创新水平每提高 1 个单位,粮食主产区农业高质量发展水平将提升0.186 3,非粮食主产区农业高质量发展水平将提升0.041 4。可见科技创新对粮食主产区农业高质量发展的影响明显大于非粮食主产区,原因是当地农民为提高粮食生产不断挖掘科学技术对粮食作物的潜在作用力,将科学嵌入农业生产全过程,实现了农业生产效率的提升和农产品产量的提高,推动了农业高质量发展。

综上,科技创新对于不同地区的作用效果并不一致,科技创新对中部地区和粮食主产区的正向影响较为明显,对东部地区和非粮食主产区的作用效果次之,而对西部地区农业高质量发展的影响并不

显著。因此可以看出科技创新对农业高质量发展水平的影响存在区域异质性,假设 2(H2)成立。

4.5 科技创新对农业高质量发展的空间溢出效应分析

科技创新对不同地区农业高质量发展的影响存在区域异质性,东部地区科技创新水平对区域农业高质量发展水平的促进作用低于中部地区的促进作用,说明东部地区先进科学技术可能会对邻近的中部地区农业高质量发展水平产生间接促进效应,故为验证科技创新水平对农业高质量发展水平是否具有空间溢出效应,本文展开以下研究。

表 7 为农业高质量发展区域分布相关性检验结果,可以看出在 2 种不同空间距离矩阵下 Moran' I 指数均为正,且 Moran' I 指数随着时间推移均呈现出不同程度的波动,*P* 值均通过 0.05 水平显著性检验,说明中国农业高质量发展存在正向集聚特征,但空间聚集程度不同,因此构建空间计量模型进行深入实证分析。

表 7 农业高质量发展全局自相关检验结果

Table 7 Global autocorrelation test results for agricultural high-quality development

年份	地理距离矩阵		经济距离矩阵		年份	地理距离矩阵		经济距离矩阵	
	Moran' s I 指数	<i>P</i> 值	Moran' s I 指数	<i>P</i> 值		Moran' s I 指数	<i>P</i> 值	Moran' s I 指数	<i>P</i> 值
2010	0.154	0	0.261	0.002	2016	0.135	0	0.202	0.011
2011	0.182	0	0.253	0.003	2017	0.115	0	0.225	0.006
2012	0.153	0	0.197	0.012	2018	0.086	0	0.237	0.004
2013	0.134	0	0.202	0.011	2019	0.093	0	0.257	0.002
2014	0.128	0	0.239	0.004	2020	0.085	0.001	0.296	0.001
2015	0.091	0	0.180	0.019					

在进行空间面板模型的实证研究前,本研究需对计量模型的形态和适用性进行检验。由表 8 可以看出,在 2 种空间距离矩阵下,LM 检验和 Robust-

LM 检验均通过 0.01 水平显著性检验,认为既存在空间滞后效应也存在空间误差效应,故拒绝混合 OLS 模型,可以选用空间杜宾模型进行分析。由

Hausman 检验结果(表8)可知,选用固定效应的空间杜宾模型优于选用随机效应的空间杜宾模型。同时,利用 LR 检验判定固定效应具体为个体固定效应、时间固定效应还是双向固定效应,结果表明,双向固定效应优于个体固定效应和时间固定效应,因而采用双向固定效应的空间杜宾模型进行研究。最后关于空间杜宾模型是否会退化为空间滞后模型和空间误差模型,本研究分别进行了 LR 检验和 Wald 检验,由表8的 LR 检验和 Wald 检验结果可知,在空间地理距离权重矩阵和空间经济距离权重矩阵下,空间杜宾模型具有良好的适配性,因此认为空间杜宾模型具有良好的适配性,不会缩减成空间滞后模型或空间误差模型。

表8 空间计量模型相关检验结果

Table 8 Related test results of spatial econometric model

检验	空间地理距离权重矩阵	空间经济距离权重矩阵
LM-error	360.065 ***	47.263 ***
Robust-LM-error	177.661 ***	8.740 ***
LM-lag	245.024 ***	45.255 ***
Robust-LM-lag	8.017 ***	6.732 ***
Hausman	-25.450 ***	-7.570 **
LR 检验 Id	34.810 ***	85.440 ***
Time	536.110 ***	558.830 ***
SLM	38.410 ***	20.520 ***
SEM	37.920 ***	17.590 **
Wald 检验 SLM	55.800 ***	41.860 ***
SEM	56.720 **	39.870 ***

Id:个体;Time:时间;SLM:空间滞后模型;SEM:空间误差模型;error:误差;lag:滞后;\*\*\*、\*\*、\* 分别代表在 0.01、0.05 和 0.10 水平显著。

表9呈现了科技创新指数对农业高质量发展作用的回归结果,在2种不同距离权重矩阵下,科技创新指数对农业高质量发展水平均存在显著促进作用,交互项的结果均通过 0.01 水平显著性检验,表明科技创新指数对农业高质量发展存在显著空间溢出效应。由空间杜宾模型偏微分结果可知,科技创新指数对农业高质量发展的直接效应、间接效应和总效应均通过显著性检验。

在空间地理距离权重矩阵下,科技创新水平提高 1 个单位,农业高质量发展水平提高 0.389 1 个单位,其中某一省份提高 0.060 9 个单位,其他省份提高 0.328 3 个单位,其空间溢出效应占总效应的 84.37%。在空间经济距离权重矩阵下,科技创新指

数对某一省份的总效应为 0.205 7,对邻近省份的间接作用为 0.141 9,空间溢出效应占比 68.98%。综上,由于科技知识的外溢性和邻省先进科学技术的示范作用,促使科技创新对邻近省份农业高质量发展的影响高于对某一省份的影响强度,使得东部地区先进科技水平对中部地区农业高质量发展水平的作用效果更显著,即证明科技创新对农业高质量发展存在空间溢出效应,假设 3(H3)成立。

表9 2种不同权重矩阵下空间杜宾模型回归结果

Table 9 Regression results of spatial Durbin model under two different weight matrices

变量	空间地理距离权重矩阵	空间经济距离权重矩阵
<i>Tec</i>	0.069 4 *** (0.015 8)	0.069 0 *** (0.016 2)
<i>W×Tec</i>	0.496 8 *** (0.087 7)	0.177 3 *** (0.046 6)
直接效应	0.060 9 *** (0.016 8)	0.063 7 *** (0.017 1)
间接效应	0.328 3 *** (0.072 0)	0.141 9 *** (0.040 2)
总效应	0.389 1 *** (0.070 9)	0.205 7 *** (0.039 5)
控制变量	控制	控制
$R^2$	0.702 0	0.580 1

*Tec*:科技创新指数;*W×Tec*:权重与科技创新的交互项; $R^2$ :拟合优度;\*\*\*、\*\*、\* 分别代表在 0.01、0.05 和 0.10 水平显著,括号中数值为 *P* 值。

## 5 结论与建议

本文从绿色生产、发展效率、经济结构、对外开放、福利共享 5 个维度,构建农业高质量发展水平测度指标体系,并结合已有研究结果选用国内专利授权数、R&D 经费投入强度、政府科学技术支出、R&D 人员全时当量 4 个指标测算科技创新综合指数,建立固定效应模型和空间杜宾模型研究科技创新对农业高质量发展的影响。结果表明:(1)中国农业高质量发展的整体水平逐渐上升,但不同区域之间仍存在较大差异,江苏省目前为农业高质量发展水平最高的省份,而贵州省和山西省农业高质量发展水平较低。(2)科技创新能够明显促进农业高质量发展,同时农村就业水平的提高也会对农业高质量发展有正向作用,产业结构和城镇化水平对农业高质量发展有负向作用,此外,政府扶持(财政支出)、受教育水平和交通水平对其影响并不显著。(3)科技创新对不同地区农业高质量发展存在区域异质性,科技创新对中部地区和粮食主产区作用效果较明显,对东部地区和非粮食主产区的作用次之,而对西



部地区并没有显著影响。(4)科技创新对农业高质量发展具有显著的空间溢出效应,同时对邻近省份农业高质量发展的间接作用大于对该省的直接作用。

据此,本文提出以下几点建议:(1)继续推进农业高质量发展<sup>[49-51]</sup>,统筹规划不同地区的农业农村发展,努力缩小农业高质量发展地区差距,加快推动农业绿色发展,提高农业发展效率,优化农业产业经济结构,扩大对外开放水平,实现农业供给侧结构性改革,努力提高居民生活水平,提升其幸福感;(2)继续加大对科技创新的投入,培养科技人才并促进科学技术创新,推动科技创新与农业高质量发展的相互交融,促进创新科技在农业领域的应用和转化,提高科技与农业的交融性,实现农业科技的繁荣;(3)应加大科技创新投入力度,增强不同区域农业发展的协调性,同时各地区做到因地制宜,加强科技要素投入,创新农业发展;(4)充分利用科学技术的外溢效应以及邻近省份的辐射作用,依靠高水平地区对低水平地区的带动作用,努力实现农业农村高质量发展。

## 参考文献:

- [1] JIANG G X, LIU S. Research on the measurement of the differences in the high-quality development of rural economy in China's provinces[J]. *Annals of Operations Research*, 2023, 326: 103.
- [2] 刘涛,李继霞,霍静娟. 中国农业高质量发展的时空格局与影响因素[J]. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(10): 1-8.
- [3] 刘忠宇,热孜燕·瓦卡斯. 中国农业高质量发展的地区差异及分布动态演进[J]. *数量经济技术经济研究*, 2021, 38(6): 28-44.
- [4] 郭飞. 关于中国科技自立自强的若干思考[J]. *经济纵横*, 2021(2): 29-37, 2.
- [5] ZHANG W, ZHAO S Q, WAN X Y, et al. Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China[J]. *PLoS One*, 2021, 16(9): e0257365.
- [6] 李兆亮,罗小锋,张俊飏,等. 农业 R & D 投入、空间溢出与中国农业经济增长[J]. *科研管理*, 2020, 41(9): 268-277.
- [7] 魏琦,张斌,金书秦. 中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J]. *农业经济问题*, 2018(11): 11-20.
- [8] 黄修杰,蔡勋,储霞玲,等. 我国农业高质量发展评价指标体系构建与评估[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(4): 124-133.
- [9] 张默,孙科. 农业高质量发展理论内涵、水平测度及评价研究[J]. *农业经济*, 2021(5): 6-8.
- [10] 张鸿,王浩然,李哲. 乡村振兴背景下中国数字农业高质量发展水平测度——基于 2015—2019 年全国 31 个省市数据的分析[J]. *陕西师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2021, 50(3): 141-154.
- [11] 黎新伍,徐书彬. 基于新发展理念的农业高质量发展水平测度及其空间分布特征研究[J]. *江西财经大学学报*, 2020(6): 78-94.
- [12] 银西阳,余茜,李建强. 四川省农业高质量发展水平测度及其时空演变分析[J]. *科技管理研究*, 2021, 41(19): 97-104.
- [13] 辛岭,安晓宁. 我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析[J]. *经济纵横*, 2019(5): 109-118.
- [14] 王颖,喻阳华. 中国农业可持续发展水平多尺度时空演变特征[J]. *中国农业科技导报*, 2021, 23(3): 8-17.
- [15] 刘亚雪,田成诗,程立燕. 世界经济高质量发展水平的测度及比较[J]. *经济学家*, 2020(5): 69-78.
- [16] 姬志恒. 中国农业农村高质量发展的空间差异及驱动机制[J]. *数量经济技术经济研究*, 2021, 38(12): 25-44.
- [17] 张鸿,马超,杜凯文. 乡村振兴战略下农村高质量发展测度研究——基于陕西 951 份调研问卷的实证分析[J]. *西安财经大学学报*, 2021, 34(4): 27-39.
- [18] 张建伟,蒲柯竹,图登克珠. 中国农业经济高质量发展指标体系构建与测度[J]. *统计与决策*, 2021, 37(22): 89-92.
- [19] 王凯,姚正海. 五大发展理念下高质量发展评价及驱动因素研究——以徐州市为例[J]. *资源开发与市场*, 2021, 37(5): 566-573.
- [20] 王兴国,曲海燕. 科技创新推动农业高质量发展的思路与建议[J]. *学习与探索*, 2020(11): 120-127.
- [21] 李石. 科技创新驱动农业经济发展方式转变研究[J]. *农业经济*, 2017(4): 20-21.
- [22] 顾江,王文姬. 科技创新、文化产业集聚对城镇居民文化消费的影响机制及效应[J]. *深圳大学学报(人文社会科学版)*, 2021, 38(4): 47-55.
- [23] 姚延婷,陈万明,李晓宁. 环境友好农业技术创新与农业经济增长关系研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(8): 122-130.
- [24] 张志新,林立,黄海蓉. 农业技术进步的农民增收效应:来自中国 14 个农业大省的证据[J]. *中国科技论坛*, 2020(8): 138-147.
- [25] 朱秋博,白军飞,彭超,等. 信息化提升了农业生产率吗?[J]. *中国农村经济*, 2019(4): 22-40.
- [26] 黄祖辉,钱峰燕. 技术进步对我国农民收入的影响及对策分析[J]. *中国农村经济*, 2003(12): 11-17.
- [27] 赵德起,谭越璇. 制度创新、技术进步和规模化经营与农民收入增长关系研究[J]. *经济问题探索*, 2018(9): 165-178.
- [28] 袁宝龙,李琛. 创新驱动我国经济高质量发展研究——经济政策不确定性的调节效应[J]. *宏观质量研究*, 2021, 9(1): 45-57.
- [29] 华坚,潘雪晴. 农业科技创新对粮食产业高质量发展的影响——基于 30 个省份面板数据分析[J]. *华东经济管理*, 2022, 36(7): 55-64.
- [30] 刘宇薇,汪红梅. 农业技术进步、劳动力转移与农业高质量发展[J]. *税务与经济*, 2022(2): 88-97.

- [31] 杨义武,林万龙. 农业科技创新、空间关联与农民增收[J]. 财经科学,2018(7):70-82.
- [32] 沈 能,赵增耀. 农业科研投资减贫效应的空间溢出与门槛特征[J]. 中国农村经济,2012(1):69-79,96.
- [33] 吴雪莲,张俊飏,丰军辉. 农业科研机构科技创新、空间外溢与农业经济增长[J]. 科技管理研究,2016,36(17):79-86.
- [34] 张 益,宋洪远. 科技创新对农业经济增长的外溢效应及其衰减边界——基于空间杜宾模型的分析[J]. 农村经济,2022(5):116-124.
- [35] 董艳敏,严奉宪. 中国农业高质量发展的时空特征与协调度[J]. 浙江农业学报,2021,33(1):170-182.
- [36] 陈劲松. 2012 年中国农村经济形势分析与 2013 年展望[J]. 中国农村经济,2013(2):4-11.
- [37] 唐 琳,王玉峰,李 松. 金融发展、科技创新与经济高质量发展——基于我国西部地区 77 个地级市的面板数据[J]. 金融发展研究,2020(9):30-36.
- [38] 谢会强,封海燕,马 昱. 空间效应视角下高技术产业集聚、技术创新对经济高质量发展的影响研究[J]. 经济问题探索,2021(4):123-132.
- [39] 杜秀芳,闫笑非. 基于因子分析的中国区域技术创新能力差异实证研究[J]. 改革与战略,2008(8):84-87.
- [40] 龚斌磊,王 硕. 财政支出对我国农业增长的多途径影响[J]. 农业经济问题,2021(1):54-68.
- [41] 封立涛,陈 志,马宇佳. 土地流转政策对农业高质量发展的影响研究[J]. 统计与决策,2022,38(19):76-79.
- [42] 冯 珍,程赛楠,简 思. 中国产业结构调整对经济高质量发展的影响研究[J]. 南京财经大学学报,2021(4):1-12.
- [43] 尹朝静. 城镇化、工业化对农业全要素生产率增长的影响研究——来自重庆 37 个县(区)面板数据的证据[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2020,26(6):58-68.
- [44] 胡向东,石自忠. 激活要素推进乡村振兴的战略思考[J]. 经济纵横,2022(8):50-57.
- [45] 彭 超,段晋苑,马 彪. 新农人发展质量及其影响因素研究[J]. 宏观质量研究,2021,9(4):15-27.
- [46] 赵 巍,徐筱雯. 数字经济对农业经济韧性的影响效应与作用机制[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2023,22(2):87-96.
- [47] 王广深,王金秀. 优化财政支出结构,推进农业生态文明建设[J]. 经济问题探索,2008(7):26-29.
- [48] ALVES L B DE O, KATO H. Transportation and land property rights: economic impacts on agricultural productivity[J]. Transportation Research Record, 2018,2672(3):1-11.
- [49] 金丽馥,吴震东. 以农业科技现代化促进农业现代化的实践路径[J]. 排灌机械工程学报,2022,40(10):1056-1064.
- [50] 高崇敏,黄 杰,许忠裕,等. 广西乡村特色产业高质量发展评价指标体系构建[J]. 南方农业学报,2022,53(8):2373-2382.
- [51] 杨 琼,罗 帮,黎建斌,等. 乡村振兴背景下广西水库渔业高质量发展对策——以大化县为例[J]. 江苏农业科学,2022,50(11):255-260.

(责任编辑:陈海霞)