

农业技术进步的理论演进与实践趋向

——基于诱致性技术创新与定向技术创新的双重视角

赵方潇 王晓兵 余建宇 袁菱苒

摘要：农业技术进步是保障国家粮食安全、推进乡村全面振兴、实现农业农村现代化的重要驱动力。本文以诱致性技术创新和定向技术创新两大理论为基础，系统梳理了两大技术创新理论的发展脉络及其在农业领域的应用，并选取作物品种改良、生物肥料与有机肥研发、农机装备升级三大典型案例进行分析。研究发现，市场激励、外部冲击与政策干预在塑造农业技术进步方向上具有协同效应，推动农业技术进步从生产端对要素价格的被动响应，向研发端多重因素驱动下的主动选择转变。这一转型过程揭示“市场诱致”与“定向研发”的有机结合是未来农业科技创新的关键所在。本文为理解研发端与生产端的农业技术进步提供了更全面的理论框架，并为中国基于市场需求与政策导向开展定向研发、实现农业科技自立自强提供了理论参考与实践启示。

关键词：农业技术进步 诱致性技术创新 定向技术创新

中图分类号：F323.3 **文献标识码：**A

一、引言

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视农业科技创新，明确提出农业科技自立自强不仅是国家粮食安全的根本保障，也是推进乡村全面振兴、实现农业农村现代化的关键举措（陈锡文，2023）。技术进步、制度创新、市场化改

〔资助项目〕 国家社会科学基金重大项目“推动农业机械化智能化保障粮食安全的路径和机制创新研究”（编号：22&ZD084）。

〔作者信息〕 赵方潇，北京大学现代农学院，电子邮箱：fangxiaozhao@stu.pku.edu.cn；王晓兵，北京大学现代农学院，电子邮箱：xbwang.ccap@pku.edu.cn；余建宇，西南财经大学经济与管理研究院，电子邮箱：yujianyu@swufe.edu.cn；袁菱苒（通讯作者），北京大学现代农学院，电子邮箱：lyuan@pku.edu.cn。

革和投入增长构成了中国农业实现跨越式发展的四大核心驱动力（黄季焜，2018）。21世纪以来，尽管土地制度、户籍制度和农产品市场化改革持续深化，农田水利、道路等基础设施不断完善，但中国农业全要素生产率（total factor productivity, TFP）的增速并未如理论预期那样持续提升，反而呈现放缓趋势，且地区间农业 TFP 尚未实现整体收敛（Wang et al., 2019; Sheng et al., 2020; 龚斌磊，2022; 吴亚玲等，2022）。在制度改革空间逐渐收窄、资源环境约束不断趋紧的现实背景下，农业技术进步作为驱动农业 TFP 增长的核心力量，其战略地位越发凸显（龚斌磊等，2020; 杜鹰等，2022; 叶兴庆和程郁，2026）。

然而，现实中农业技术进步与产业实际需求之间长期存在结构性错配，“科研与生产两张皮”的现象尤为突出，严重制约了农业技术进步对 TFP 的实际贡献。要破解这一结构性矛盾，不仅需要借助市场力量诱导农业技术进步的方向，更需要主动利用政策手段对农业技术进步进行“定向”塑造。因此，深入探究农业技术进步的内在逻辑及其外部驱动机制，对破解科研与产业脱节难题、培育农业新质生产力、推动农业科技实现自立自强，具有重要的理论意义和实践价值。

诱致性技术创新理论与定向技术创新理论是技术创新研究的两大基础理论，并在农业领域得到广泛应用。诱致性技术创新理论以资源禀赋和要素相对价格变化为核心，自 20 世纪 70 年代以来一直是分析农业技术市场化演进的主流理论框架（Hayami and Ruttan, 1970）。然而，仅依赖市场信号的诱致机制，难以充分应对国家战略需求和复杂外部环境带来的挑战。随着中国创新体系逐步由模仿性阶段向原创性阶段转型（Wei et al., 2017），深入探讨市场需求、政策规制和环境外部性等多重因素对中国农业技术创新方向的引导作用和作用机制，具有重要意义。在此背景下，定向技术创新理论的提出对诱致性技术创新理论形成了重要补充。该理论主要关注研发端的技术进步方向如何受到特定经济环境与政策条件的塑造与引导（Acemoglu, 1998, 2002），为优化国家农业技术创新方向和相关政策设计提供了新的分析视角，也更加契合在中美贸易摩擦、地缘冲突等多重压力下中国农业技术创新的实际情景。

鉴于此，本文旨在系统梳理诱致性技术创新与定向技术创新的理论发展脉络以及二者在农业领域的应用研究现状，并围绕以下四个方面展开深入分析：第一，在诱致性技术创新方面，本文梳理该理论从初步形成到逐步拓展的演进过程，并重点阐释其在农业技术进步中的内生作用机制。第二，在定向技术创新方面，本文探讨其对传统诱致性技术创新理论的拓展，基于市场激励、动态均衡、外部性和社会偏好等分析视角，揭示技术进步方向形成的多维影响机制，并评述该理论在农业领域的应用进展。第三，本文比较分析定向技术创新理论与诱致性技术创新理论在理论构建与应用上的差异与联系。第四，结合中国农业实践，选取作物品种改良、生物肥料与有机肥研发

以及农机装备升级等典型案例，探讨在现实条件与政策导向下中国农业如何开展诱致性与定向研发，从而培育农业新质生产力、推动农业农村现代化，并提出未来可能的研究方向。

本文的创新之处主要体现在以下三个方面：首先，本文将诱致性技术创新和定向技术创新的理论演进与中国农业技术由模仿生产向创新研发转型的现实进程相结合，在理论层面揭示二者在价格假设方面的差异，并在应用层面比较二者在分析视角和驱动因素上的不同，从而为理解研发端与生产端的农业技术进步提供更加系统的理论框架。其次，本文梳理了定向技术创新理论在农业领域的应用研究，将相关文献归纳为要素驱动型创新与冲击驱动型创新两类，总结了该理论在农业领域的应用现状、识别方法及主要发现，为推动定向技术创新理论在农业领域的应用提供了参考框架。最后，本文结合中国农业研发实践中诱致性技术创新与定向技术创新的实践趋向，深入剖析二者在中国农业技术创新中的实践路径和启示意义，为制定符合中国国情农情的研发资源配置方案和相关支持政策提供现实支撑。

二、诱致性技术创新理论演进及其应用

诱致性技术创新理论以要素资源禀赋为切入点，将技术进步视为经济系统的内生变量，提出了“资源禀赋差异—要素相对价格变化—农户技术需求差异—技术进步方向差异”的分析框架，逐渐成为解释农业技术进步路径差异的核心理论，并引导大量研究对其进行检验与拓展。

（一）诱致性技术创新理论演进

诱致性技术创新理论将技术进步方向与地区资源禀赋紧密联系起来。其核心观点是，地区间资源禀赋的差异会通过要素价格信号的传导，引致技术进步路径的分化。该理论的思想最早可追溯至 Hicks（1932）。Hicks（1932）指出投入要素价格的变化能够推动技术进步，尤其会促使以节约相对昂贵要素为目标的技术创新产生。Samuelson（1965）在此基础上，结合要素禀赋、相对价格以及技术进步所引致的要素份额变化，构建了一个宏观分析模型。该模型以要素禀赋差异为切入点，深入分析了相对价格变化如何推动技术进步，以及技术进步如何反过来影响要素份额的动态调整，为理解宏观经济运行机制提供了新的理论视角。Ahmad（1966）在考虑劳动和资本两类投入要素的基础上，引入创新可能性曲线，首次构建了诱致性技术进步的理論分析框架，为后续相关理论与实证研究奠定了坚实的基础。

（二）诱致性技术创新理论在农业中的应用

农业领域为诱致性技术创新理论的发展提供了重要的研究场景，使其成为分析农

业技术进步的核心理论之一。Hayami and Ruttan (1970) 将农业技术进步方向细分为替代劳动力的机械技术和替代土地的生物化学技术, 并利用美国和日本近百年的数据开展实证研究。研究结果表明, 两国农业技术进步方向和农业发展路径差异的根源在于土地和劳动力资源禀赋的不同: 资源禀赋差异决定了两国长期要素相对价格变化的趋势, 进而诱导了不同方向的技术创新。该理论在 20 世纪 70 年代末至 80 年代被广泛应用于劳动力稀缺的美国 (Binswanger, 1974) 以及土地稀缺的日本、菲律宾等国家 (Nghiep, 1979; Kawagoe et al., 1986)。

在此基础上, Olmstead and Rhode (1993) 进一步深化并修正了该理论在美国农业中的应用。在要素价格方面, 该研究首次区分了静态的要素初始禀赋与动态的相对价格变化, 指出技术进步的方向并非由初始禀赋决定, 而是受到地区性和时间性价格信号的动态诱导。在技术进步方面, 以往研究主要关注美国在劳动力相对稀缺背景下机械技术的进步, 而该研究通过分析作物品种改良、病虫害防治技术升级等生物技术创新的诱致机制及其作用, 认为美国农业技术进步呈现农业机械与生物技术并重的特征。这一实证研究进一步表明, 诱致性技术创新理论中技术进步的方向与要素价格之间的关系并非恒定不变, 而是会随着要素价格在地区和时间维度上的动态变化而调整。这一发现也为“人多地少”的亚洲国家提供了有效的分析框架与实证支撑。

对于“人多地少”的亚洲国家, 早期研究普遍基于初始资源禀赋结构, 强调土地节约型技术的重要性, 促使科研资源优先投向作物品种改良与化肥施用, 以提高作物单产水平 (Nghiep, 1979; Kawagoe et al., 1986; Lin, 1991, 1992)。后续研究进一步深化了对静态要素初始禀赋与相对价格动态关系的认识。随着农村劳动力大规模向非农产业转移, 亚洲农业面临劳动力短缺与实际工资迅速上涨的局面, 进而诱导小农国家更多采用机械化技术替代劳动力, 使农业机械化成为诱致性技术创新理论应用最为广泛的领域之一 (Otsuka et al., 2013; Wang et al., 2016; Yamauchi, 2016)。来自中国的经验证据也印证了这一趋势。21 世纪以来, 劳动力成本上升推动了机械对劳动力的替代 (胡瑞法和黄季焜, 2001; 蔡昉和王美艳, 2007; Ji et al., 2012; Yang et al., 2013; 郑旭媛和徐志刚, 2017; 孔祥智等, 2018)。

三、定向技术创新理论演进及其应用

理论预期与现实情况的不一致是推动理论创新的重要动力。20 世纪后期, 美国劳动力市场的结构性变化已无法用传统的诱致性技术创新理论加以解释, 这促使学者探索新的理论框架, 并推动了定向技术创新理论的形成。具体而言, 20 世纪 70 年代,

美国高技能劳动力供给大幅增加。根据诱致性技术创新理论的预期，技能溢价应持续下降，但现实情况却是技能溢价在20世纪70年代下降后，于80年代开始大幅反弹并持续攀升（Acemoglu, 1998; Autor et al., 1998）。同时，技术创新的方向也呈现与历史时期显著不同的特点：工业革命时期的技术创新多以替代技能为目标，降低了生产过程对熟练工人的依赖，而20世纪末的新技术则与高技能劳动力互补，进一步推高了技能溢价（Mokyr, 1990; Acemoglu, 2002）。这些现象表明，技术创新的方向并非仅受要素相对价格变化的影响，而是受到市场因素和经济激励的系统性影响（Acemoglu, 1998, 2002）。与诱致性技术创新理论主要关注要素相对价格变化对生产环节要素使用的影响不同，定向技术创新理论一方面更加聚焦研发环节的创新，另一方面将技术创新方向的驱动因素从单一的要素价格相对变化扩展为市场、政策、制度等多维因素。

定向技术创新理论认为，技术变革的方向不仅受到市场因素和要素价格的影响，还与政策导向、社会需求以及外部冲击等多种因素密切相关，从而为解释研发端的技术进步提供了理论基础。在劳动力市场研究的基础上，定向技术创新理论进一步拓展并应用于环境、医疗、人工智能和农业等领域，结合不同领域的特征形成了相应的分析框架。本部分将梳理定向技术创新理论的演进脉络，并重点阐述其在农业领域的应用。

（一）定向技术创新理论演进

定向技术创新理论围绕“技术创新为何偏向特定生产要素”这一核心问题展开，其演进过程可依据核心影响因素的扩展划分为四个阶段（见表1）。这些阶段并非相互替代，而是在既有理论框架基础上持续拓展与深化；各阶段在解释维度上相互补充，共同构成了对定向技术创新理论的全面理解。

表1 定向技术创新理论与应用

发展阶段	重点关注因素	相关文献	主要结论
第一阶段	价格效应和市场规模效应	Acemoglu (1998); Kiley (1999); Acemoglu and Zilibotti (2001)	技术变革方向由市场激励驱动，受到要素价格差异和市场规模效应的共同影响
第二阶段	历史技术积累	Acemoglu (2002); Hanlon (2015); Jung (2020); San (2023)	强调技术创新历史积累对后续方向的影响，区分了短期技术固定效应和长期路径调整
第三阶段	外部性和市场失灵	Acemoglu et al. (2012); Acemoglu et al. (2016); Aghion et al. (2016); Casey (2023)	技术创新可能产生正外部性和负外部性，导致技术创新方向出现系统性扭曲。政策干预是纠正市场失灵的关键
第四阶段	社会因素	Acemoglu and Restrepo (2020); Acemoglu (2023)	非经济因素可能扭曲技术创新方向，导致资源过度集中于被“热捧”的技术范式，而忽视其他潜在有益但声望较低的方向

在第一阶段，定向技术创新理论主要关注价格效应和市场规模效应对技术创新方向的影响。Acemoglu（1998）首次构建了定向技术创新理论，指出技术变革的方向实际上是由市场激励驱动的，尤其是由要素价格差异和市场规模效应共同决定的。该理论在诱致性技术创新理论主要关注“相对要素价格决定技术方向”的基础上，强调市场规模的重要性。一方面，稀缺要素价格上升会激励节约该要素的技术创新；另一方面，产品市场规模扩大能够提升相关技术的预期利润，进而引发研发资源的倾斜。价格效应和市场规模效应的相对强度由要素替代弹性决定，最终影响技术进步的方向。

第一阶段的研究主要关注技术创新如何受到劳动力技能结构变化的影响，以及这种技能偏向型技术创新如何反作用于劳动力市场，进而重塑工资结构和就业格局（Acemoglu, 1998; Kiley, 1999; Acemoglu and Zilibotti, 2001）。20世纪70年代，美国大学生供给显著增加，这一变化最初导致高技能劳动力的工资优势下降。然而，受市场规模因素的影响，高技能劳动力供给的增加促使技术变革方向发生转变，使更多资源被用于与高技能劳动力互补的技术研发，最终推动高技能劳动力工资在20世纪80年代显著上升。这些研究揭示了技能供给与技术变革之间的动态关系，为理解劳动力市场中的工资不平等现象提供了新的视角（Acemoglu, 1998; Kiley, 1999; Acemoglu and Zilibotti, 2001）。

在第二阶段，路径依赖和动态均衡的概念被引入定向技术创新理论，从而突破了传统静态分析框架的局限性（Acemoglu, 2002）。其中，路径依赖强调技术创新的历史积累对后续技术创新方向的影响。例如，特定领域的技术积累会降低该领域未来创新成本，从而形成自我强化的动态机制。模型通过引入状态依赖参数，刻画历史技术积累对后续技术创新方向的影响。此外，模型还拓展了动态均衡分析，区分了短期技术固定效应和长期路径调整。这一扩展使模型能够解释技术创新方向的“锁定效应”，即技术创新可能因历史积累形成的成本优势而长期偏向某一特定领域，即便该领域不再具有最优的经济回报。

第二阶段的研究不再局限于短期、高频的劳动力市场数据，而是转向农业等具有长期历史数据和显著路径依赖特征的领域，主要围绕两大主题展开：一是历史上生产要素供给的变化如何引导后续农业技术创新及其应用（Hanlon, 2015; Jung, 2020; San, 2023）；二是外部冲击如何在长期内影响农业技术进步的方向（Moscona and Sastry, 2023; Moscona, 2025）。

在第三阶段，外部性和市场失灵成为定向技术创新理论的研究重点。相关研究揭示了技术创新方向可能出现的系统性扭曲现象，并着重强调了政策干预在纠正市场失灵过程中的关键作用（Acemoglu et al., 2012）。该研究指出，技术创新既可能产生知

识溢出等正外部性，也可能带来环境污染和碳排放等负外部性。然而，市场机制往往无法将这些外部性完全内生化的，进而导致技术创新方向出现系统性扭曲。在此阶段，模型引入外部性参数，并深入分析了社会最优技术方向与市场均衡技术方向之间的差异。研究发现，市场机制可能过度偏向高回报技术，而忽视那些具有更高社会价值的领域，如在健康和环境领域具有正外部性的预防性医疗技术和清洁能源技术（Acemoglu et al., 2012）。因此，政策干预被视为纠正这种市场失灵现象的重要工具。通过引入外部性治理机制，定向技术创新理论为政府对环境约束条件下引导技术路径向社会最优方向发展提供了逻辑支撑（Acemoglu et al., 2012; Acemoglu et al., 2016; Aghion et al., 2016）。

随着外部性和市场失灵因素的引入，定向技术创新理论在能源环境、医疗健康等多个领域得到了广泛应用。大量相关研究深入探讨了市场因素和政策干预共同影响技术创新方向的具体机制，并特别强调了政策在纠正市场外部性方面所发挥的关键作用（Popp, 2002; Acemoglu and Linn, 2004; Acemoglu et al., 2006; Acemoglu et al., 2012; Acemoglu et al., 2016; Aghion et al., 2016; Casey, 2023）。在能源环境领域，定向技术创新理论的应用主要集中于能源价格和政策对清洁能源技术创新的引导作用。众多研究表明，燃料价格上升能够显著推动清洁能源技术创新。Popp（2002）和Aghion et al.（2016）进一步揭示了价格信号在引导技术创新方向中的核心作用。当传统能源价格上升时，企业为了降低成本并满足市场需求，会更有动力去研发和应用清洁能源技术。此外，政策在定向技术创新过程中还发挥着重塑市场激励、纠正市场外部性的关键作用。当面临环境约束时，政府通过运用碳税、绿色补贴等政策工具，能够有效引导技术创新向清洁能源和环保技术方向发展（Acemoglu et al., 2012; Acemoglu et al., 2016; Aghion et al., 2016; Casey, 2023）。在医疗健康领域，研究表明，医疗技术进步方向对市场规模和政策支持高度敏感（Acemoglu and Linn, 2004; Acemoglu et al., 2006; Acemoglu, 2023）。例如，人口结构变化和医保政策改革会提高特定群体对药物的需求，从而推动针对特定疾病药物的研发（Acemoglu and Linn, 2004; Acemoglu et al., 2006; Budish et al., 2015; Zhang and Nie, 2021）。这些研究表明，政策通过改变市场激励和企业利润预期，能够有效引导医疗技术创新方向，使其更好地满足社会医疗需求。

在第四阶段，Acemoglu and Restrepo（2020）对定向技术创新理论进行了进一步扩展和延伸，指出除市场激励外，社会因素（如声誉）也可能系统性地扭曲技术创新方向。此外，该研究还提出了“协调失败”概念，即创新主体可能无法通过有效协调转向更具生产力或更优的替代性技术范式，导致研发投入缺乏多样性或陷入对次优技术的“锁定”状态。为此，Acemoglu（2023）构建了一个统一的理论框架，用于识别

市场扭曲的来源，并利用已有研究数据对自动化、医疗和能源三大领域中的创新扭曲程度和社会福利损失进行了定量评估。这些非市场因素可能导致资源过度集中于被“热捧”的技术范式（如追求达到人类水平的AI技术），而忽视其他潜在有益但声望较低的方向（如与人类能力互补的AI技术）。因此，未来研究有必要对这些由社会因素引致的创新扭曲进行更精确的量化分析（Acemoglu, 2023）。

（二）定向技术创新理论在农业中的应用

在资源约束和气候变化的双重压力下，定向技术创新理论在农业领域的应用日益受到关注。现有研究主要聚焦两类创新：一是要素驱动型创新，旨在揭示生产要素供给变化如何引导农业技术创新（Hanlon, 2015; Jung, 2020; San, 2023）；二是冲击驱动型创新（Long and Wang, 2025），从外部冲击视角探讨气候变化、病虫害等因素对农业技术创新的定向塑造作用（Moscona and Sastry, 2023; Moscona, 2025; Moscona and Sastry, 2025）。

生产要素供给变化是推动农业技术创新的重要因素之一。定向创新能够对生产要素供给变化迅速作出反应，促使农业技术创新朝着节约特定类型生产要素的方向发展。这一过程在历史与现实情境中均有诸多例证（Hanlon, 2015; Jung, 2020; San, 2023）。Hanlon（2015）以美国南北战争期间的棉花短缺为背景展开研究。战争导致美国棉花供应锐减，从而推动了围绕印度棉花替代的纺织技术创新^①。该研究表明，生产要素相对供给的变化能够有效引导技术创新方向，使其适应新的资源约束条件。Jung（2020）则聚焦19世纪末美国南方棉花机械化进程。研究发现，棉花机械化技术的快速发展释放了大量低技能劳动力，促使其从农业部门向制造业部门转移，并推动劳动力市场发生结构性变化。从技术创新角度来看，在吸纳大量低技能劳动力后，制造业技术创新逐渐偏向适应低技能劳动力特征的发展路径。长期来看，这种技术发展路径对生产率提升产生了抑制作用，加深了技术对低技能劳动力的依赖，并形成了低技能锁定的局面。通过深入挖掘历史数据，该研究揭示了劳动力供给变化如何通过产业结构调整塑造技术创新方向，并对经济发展产生长期而复杂的影响。类似地，San（2023）探讨了1964年美国终止“Bracero项目”后农业领域的技术创新响应。这一政策变动结束了墨西哥农民进入美国从事季节性农业劳动的制度安排，导致美国农业部门出现季节性劳动力短缺，尤其对高度依赖低技能劳动力的作物种植领域造成较大冲击。劳动力短缺压力促使农场主和农业企业加速研发节约劳动力的技术，且在受劳动力短缺影响更为严重的作物种植领域表现尤为明显。上述研究表明，生产要素供给变

^① 印度传统原棉是一种低品质品种，其纤维较短，棉籽小且难以去除，在轧花、开清和梳理等环节面临诸多技术难题，同时杂质含量较高；而美国棉花品质较高，纤维长度适中，更易于加工。

化对农业技术创新具有显著影响。无论是棉花短缺、机械化进程，还是劳动力流动政策的调整，都能够推动技术创新方向随生产要素条件变化而调整，进而对农业生产乃至更广泛的经济发展产生深远影响。

生产要素价格和产品市场规模对技术创新具有重要的驱动作用。同时，气候变化等外部环境的直接冲击也能够定向改变技术研发方向，促使其向提升环境适应性和农业生产韧性发展（Moscona and Sastry, 2023; Moscona, 2025; Moscona and Sastry, 2025）。例如，20世纪30年代美国的尘暴危机对农业生产造成严重损害，改变了土壤结构，并对农业长期可持续性产生深远影响（Moscona, 2025）。在此背景下，定向创新推动农业技术向提升韧性和环境适应性的方向发展。为应对尘暴带来的挑战，杂交作物和生物化学技术得到广泛推广和应用，成为提高农业生产适应能力的重要技术。Moscona and Sastry（2023）进一步探讨了气候变化驱动的定向创新对农业的长期影响。该研究通过构建定向技术创新理论模型，分析了技术创新对气候变化的响应机制。该模型假设技术创新方向取决于技术与气候之间的替代性或互补性关系，同时受到市场价格效应的影响。研究发现，气候变化促使美国农业技术研发逐渐向受高温影响较大的作物倾斜，从而显著增强了农业生产对气候变化的适应能力，为应对气候变化的长期挑战提供了有力支撑。此外，农业技术创新还聚焦解决特定地区面临的主要作物病虫害问题（Moscona and Sastry, 2025）。例如，美国针对玉米根虫开发的抗虫转基因品种，显著提高了玉米对根虫的抗性，并提升了当地玉米的生产效率。总体来看，气候变化、病虫害等外部冲击推动农业技术创新沿着提升农业生产韧性和环境适应性的方向发展，从而塑造了农业技术创新路径，并为农业应对日益复杂的环境挑战提供了重要支撑。

四、定向技术创新理论与诱致性技术创新理论的联系与区别

定向技术创新理论与诱致性技术创新理论是理解技术进步方向的重要分析框架。二者在继承与发展过程中相互补充，共同构成了一个更为完整的农业技术进步理论体系。诱致性技术创新理论奠定了分析技术进步方向的理论基础，而定向技术创新理论则在此基础上，通过引入新的影响因素与内生机制，拓展和深化了对技术创新动因及其演化路径的解释。为了直观对比二者的联系与差异，图1从诱导因素、作用机制和分析视角等维度，系统展示了定向技术创新理论与诱致性技术创新理论的内在关联与核心区别。

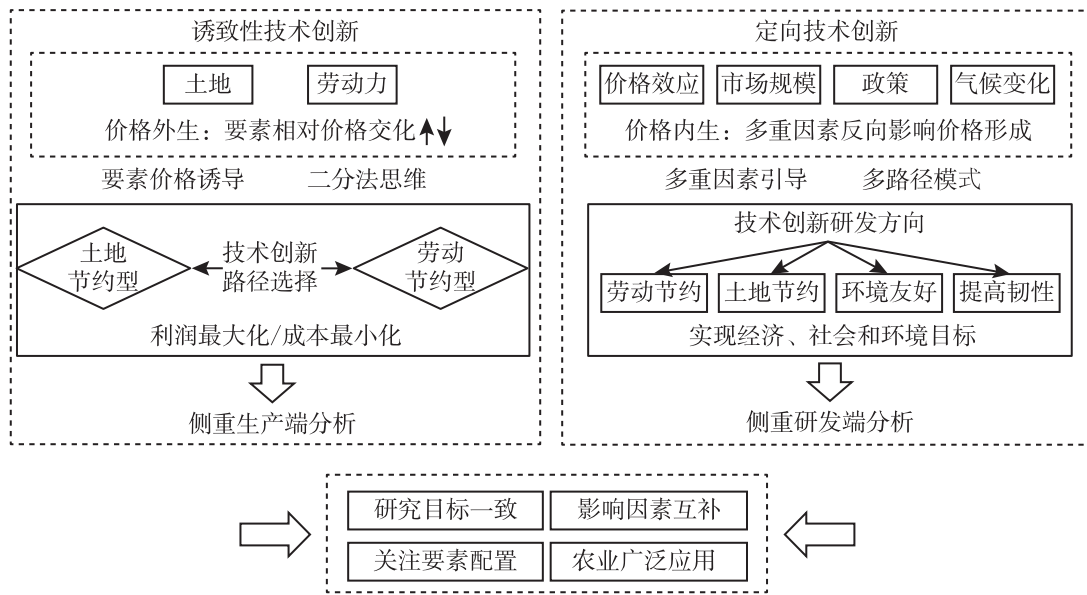


图1 定向技术创新理论与诱致性技术创新理论的联系与区别

定向技术创新理论与诱致性技术创新理论之间存在紧密的内在联系。首先，两种理论在研究目标上具有一致性，均聚焦技术创新的决定因素和内在动力，其中诱致性技术创新理论为定向技术创新理论的发展奠定了基础。其次，两种理论在技术创新影响因素方面具有互补性。定向技术创新理论在继承诱致性技术创新理论所强调的要素相对价格变化基础上，将市场规模、政策改革、外部冲击和社会偏好等多种外部因素纳入理论模型，从而丰富了对技术创新驱动因素的解释，实现了从单一价格信号到多元驱动因素的理论拓展。再次，两种理论均关注要素配置优化问题，即通过技术路径选择引导要素配置优化，进而降低生产成本并提升生产效率。最后，两种理论在农业领域均得到广泛应用，分别从研发端与生产端对农业技术创新路径进行解释。

定向技术创新理论与诱致性技术创新理论在研究侧重点上存在一定差异。在理论构建层面，两种理论的核心区别在于对价格机制（包括要素价格和产品价格）的假设不同。诱致性技术创新理论假设创新及技术应用源于外生的价格变化，因此技术研发和应用被视为对价格的被动响应。例如，在日本和美国的农业生产中，土地和劳动力的相对价格变化主要由两国不同的初始要素禀赋和市场供需变化决定（Hayami and Ruttan, 1970），而农业生产部门内部决策对这些价格变化的直接影响有限。在此框架下，技术创新方向会根据外生的价格信号进行被动调整，以实现成本最小化或利润最大化。因此，该理论更关注价格变化对技术创新方向和要素替代的影响，而较少涉及对价格内生形成过程的分析。相较之下，定向技术创新理论在肯定价格信号核心作用的同时，将价格视为内生变量，认为技术创新能够主动重塑市场均衡。例如，极端气候频发会直接降低农作物产量并推高价格，而这一价格变化进一步激励耐旱作物品种

的研发（Moscona and Sastry, 2023）。在这种情况下，创新主体不仅对价格信号作出响应，还通过技术突破改变生产要素的边际产出，从而反向影响价格形成机制。

在应用层面，两种理论在引导机制、应用环节和技术类型等方面呈现一定差异。首先，在引导机制方面，定向技术创新理论强调多重外部因素对技术创新方向的主动引导，使其更好地服务于特定的经济、社会和环境目标，从而更有效地应对气候变化、资源短缺和环境污染等复杂的经济、社会和环境问题；而诱致性技术创新理论则强调技术变化对要素价格变化的响应，其机制在于经济主体在追求利润最大化动机下对市场要素价格信号作出反应，进而引导技术创新路径的选择。其次，在应用环节方面，两种理论在研发端和生产端各有侧重。定向技术创新理论主要关注研发端，通过检验外部因素对技术进步方向的直接引导作用，揭示技术创新方向的形成机制，并分析如何通过政策干预和市场激励来优化技术创新方向。诱致性技术创新理论最初同样关注研发端，解释技术进步方向如何受到要素相对价格变化的影响，但在实际应用中更侧重生产端的要素替代分析，即通过考察生产过程中要素投入与产出关系，检验技术进步方向是否符合由要素相对价格变化所诱导的理论假设。最后，在技术类型方面，定向技术创新理论在一定程度上突破了诱致性技术创新理论的“二分法”思维。诱致性技术创新理论通常将技术进步划分为土地节约型和劳动节约型两类，而定向技术创新理论则认为这两类技术可以并存，并且技术创新方向可能涉及更多维度。这些因素的相互作用可能导致技术创新呈现多样化的方向和模式。

五、农业领域诱致性技术创新与定向技术创新实践趋向

近年来，中国农业科技创新取得显著进展，为定向技术创新理论提供了丰富的应用场景。农业技术创新已不再局限于资源禀赋与要素相对价格变化所驱动的诱致性技术创新，而是拓展到基于现实条件与政策导向的定向技术创新，从而更精准地契合外部环境变化与中国农业发展阶段的内在需求。本部分选取作物品种改良、生物肥料与有机肥研发、农机装备升级三大领域，梳理其由要素驱动转向多重目标系统引导的技术演进路径，深入揭示市场激励、外部冲击与政策干预的协同作用如何塑造农业技术创新方向。这些案例不仅体现了诱致性技术创新理论与定向技术创新理论在应对农业现实挑战中的互补作用，也为中国农业强国建设提供了坚实的理论与实践支撑。

（一）作物品种改良

中国种业领域的技术进步由诱致性技术创新与定向技术创新协同驱动，育种目标逐步呈现多元化特征。当前，作物育种不仅需要响应传统的要素相对价格变化，还需对气候变化等外部性冲击作出前瞻性适应。

一方面，种业领域技术创新直接响应要素稀缺性引致的市场价格信号，体现了诱致性技术创新的发展路径。以玉米为例，作为中国种植面积最大、总产量最高的作物，其生产面临劳动力成本上升和土地资源约束加剧的双重挑战，机械化收获成为提升生产效率的重要途径。然而，高含水量的玉米籽粒在机械化收获过程中容易出现破碎、霉变等问题，制约了玉米机械化收获的发展。华中农业大学严建兵教授团队针对这一市场需求和产业发展痛点，在基础研究中揭示了玉米籽粒脱水的分子机制，为培育适宜机械化收获的玉米品种奠定了基础。

另一方面，面对气候变化等系统性挑战，种业领域的技术创新方向同样需要进行定向调整。在中国作物品种育种领域，公共部门与私营部门均针对气候变化这一外部冲击开展定向创新，旨在增强农业生产的抗风险能力，保障国家粮食安全。气候变化（如高温胁迫）会对农作物产量造成直接损害，进而加大农业生产面临的环境风险，并催生对耐热、抗旱、抗病虫害等作物性状的市场需求。这种由外部冲击引发的市场需求变化，与中国庞大的粮食市场规模共同作用，构成了强有力的创新激励，推动研发资源向增强农业韧性的技术方向集聚。在公共部门的育种实践中，以小麦为例，高温胁迫对中国小麦产量具有显著负面影响。为应对气候变化，中国农业大学孙其信教授团队针对小麦耐热品种培育过程中存在的耐热性评价指标不完善、耐热种质和基因资源缺乏、耐热育种周期长且效率低等瓶颈问题，开展了定向技术创新。在基础研究阶段，该团队深入挖掘小麦耐热种质资源和相关基因，成功开发与耐热基因紧密连锁的分子标记，并创新了小麦耐热育种技术。在应用研究阶段，该团队积极联合多家育种单位，成功培育多个耐热高产的小麦新品种，将市场需求有效转化为技术供给。在私营部门的育种实践中，先正达集团依据气候变化的长期演变趋势和未来预测，积极开展定向育种研发。该公司不仅推出了一系列具有耐热性状的水稻品种以及兼具抗倒伏、抗旱性状的玉米新品种，还前瞻性地开展品种研发与技术储备工作，精准地捕捉气候变化引发的长期价格信号与市场需求变化，将研发资源主动配置到具有更高预期市场回报的技术性状上。上述案例表明，作物育种领域的定向创新是创新主体在价格效应与市场规模效应共同创造的市场激励下，沿既定技术路径进行的理性资源配置。

中国种业领域的创新实践表明，诱致性技术创新与定向技术创新在现实中并非相互替代，而是呈现协同互补的关系。宜机收玉米品种的选育主要响应劳动力价格变化这一市场内生信号，而抗逆稳产作物的育种则更多受到外部冲击与政策目标等外生因素的引导。两者相互补充，共同推动中国种业科技创新由单一的产量导向，向兼顾效率、韧性、品质与可持续的多目标体系演进。

（二）生物肥料与有机肥研发

生物肥料与有机肥的研发与推广，清晰展现了农业技术创新从要素稀缺诱导的诱

致性技术创新路径，向社会价值与政策目标引导的定向技术创新路径转变。在中国人多地少、耕地资源相对稀缺的背景下，为提高土地产出率、保障粮食安全，农业生产长期依赖增加化肥投入以替代稀缺的土地要素。这一技术选择本质上是对要素相对价格变化的响应，符合诱致性技术创新理论中“要素稀缺诱导技术偏向”的核心逻辑。然而，随着中国化肥工业的快速发展，农业生产逐渐出现化肥过量施用和使用效率偏低的问题。自20世纪70年代（1974年）以来，中国化肥用量总体呈增长趋势，并于2015年达到峰值6022万吨^①。化肥过量施用不仅增加了农业生产成本，也对生态环境造成负面影响，引发耕地退化、环境污染等一系列负外部性问题（Wu et al., 2018；高晶晶等，2019）。这一现象反映出市场机制在引导农业技术演进中的局限性，即以降低私人成本为导向的市场机制容易导致化肥过量施用，从而忽视具有更高社会价值的绿色技术，造成农业技术创新方向的系统性扭曲。

为推动经济社会发展绿色化、低碳化，实现农业高质量发展，中国大力推进生物肥料与有机肥料的基础研究与产业应用，并通过出台环境规制类政策，将环境外部性内生，重塑市场激励机制，从而对技术进步方向进行定向引导。在政策引导层面，农业农村部印发的《到2025年化肥减量化行动方案》提出“加快有机肥替代化肥，推广应用微生物肥料等新型肥料”^②；农业农村部印发的《全国农业科技创新重点领域（2024—2028年）》进一步将“研制新型肥料、功能生物有机肥、土壤复合调理剂、精准高效施肥及水肥一体化等重大产品及其配套装备”作为重点攻坚方向^③。为响应中央政策号召，各地政府通过财政补贴、税收减免等政策措施支持有机肥产业发展。这些举措有效降低了生物肥料与有机肥在研发和应用环节的相对成本，显著提升了创新主体开展绿色技术研发的预期利润。在技术研发与应用层面，上述环境规制措施推动科研机构将研发资源由传统高投入技术逐步转向绿色清洁技术。南京农业大学沈其荣教授团队不仅在基础研究中深入揭示了生物肥料与有机肥制造过程中物质转化的生物学机制，还在应用研究层面取得突破性进展，发明了以施用全元生物有机肥为核心技术的粮食作物促生增产和经济作物土传病害防控综合技术体系，并成功应用于大田农业生产，为中国农业可持续发展和土壤肥力提升提供了有力支撑。

① 资料来源：《化肥减量增效助力农业绿色发展 我国农用化肥用量43年首次实现负增长》，https://www.moa.gov.cn/xw/zwtd/201712/t20171227_6131397.htm。

② 《农业农村部关于印发〈到2025年化肥减量化行动方案〉和〈到2025年化学农药减量化行动方案〉的通知》，https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGSL/202212/t20221201_6416398.htm。

③ 《农业农村部关于印发〈全国农业科技创新重点领域（2024—2028年）〉的通知》，https://www.moa.gov.cn/govpublic/KJJYS/202502/t20250214_6469956.htm。

（三）农机装备升级

中国农机装备的升级路径较为清晰地体现了要素价格信号与政策性市场规模如何协同驱动技术的定向演进。自2004年农业劳动力成本大幅上升以来（Wang et al., 2016；郑旭媛和徐志刚，2017），要素相对价格变化直接诱导了以机械替代劳动的技术创新，推动中国农业机械化水平快速提升（蔡昉，2008；郑旭媛和徐志刚，2017；方师乐和黄祖辉，2019）。然而，市场机制在应对农业机械化进程中的结构性瓶颈时仍存在一定局限，由此形成“双重锁定”困境：一方面，在大型智能农机领域，发达国家凭借先发优势主导了技术发展路径并形成知识产权壁垒，增加了后发企业的技术追赶成本，削弱了市场自主创新激励；另一方面，在丘陵山区，受复杂地形与耕地细碎化特征制约（张宗毅，2020），适配农机研发面临高昂的定制成本和有限的市场规模，难以仅依靠价格信号形成有效市场供给。

为突破上述瓶颈，近年来中国出台了多项针对性的财政支持政策与专项研发计划。通过建设先导区和实施专项补贴，政府为相关企业创造了规模可观且需求稳定的初始市场，从而显著降低大型智能农机和丘陵山区适用小型机械企业的研发风险，缓解其研发投入压力，并将市场激励引导至那些单纯依靠要素价格信号难以有效触发的技术领域。2023年，农业农村部、工业和信息化部、国家发展改革委等部门部署并支持若干省份建设自主可控的大型大马力高端智能农机装备或丘陵山区适用小型机械研发制造推广应用先导区^①。相关省份聚焦领域内技术短板，加快农机装备研发、制造与推广应用，为农业强国建设提供有力的装备支撑。2024年，农业农村部办公厅、财政部办公厅印发《2024—2026年农机购置与应用补贴实施意见》，对大型大马力高端智能农机装备和丘陵山区适用小型机械给予重点支持^②。2026年中央“一号文件”进一步提出“加快高端智能、丘陵山区适用农机装备研发应用”，为农机装备自主创新提供了持续的政策保障。

在系列财政支持政策引导与市场需求的共同推动下，中国农机产业成功突破部分技术锁定，实现了定向升级。在大型机械方面，产品迭代速度加快，呈现大马力化和高端化发展趋势。在耕种环节，中国拖拉机实现了从“手动挡”向“自动挡”的跨越。无级变速技术的应用使拖拉机无须设置固定挡位，操作者仅需控制油门，系统即可自动匹配最佳工况，从而显著降低作业劳动强度。在收获环节，大型谷物联合收割机取得重要突破，尤其是通过配套不同类型的割台，实现了多作物“一机共收”。在

① 《农业农村部 工业和信息化部 国家发展改革委 财政部关于在若干省份开展“一大一小”农机装备研发制造推广应用先导区建设的通知》，https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202306/content_6884838.htm。

② 《农业农村部办公厅 财政部办公厅关于印发〈2024—2026年农机购置与应用补贴实施意见〉的通知》，https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202406/content_6955539.htm。

丘陵山区适用小型机械方面，新型农机已具备折腰转向、小转弯半径、双向驾驶以及灵活掉头作业等关键功能，并通过搭载北斗导航模块，实现了对复杂地形的精准适应，从而有效缓解了丘陵山区耕地细碎化带来的机械化作业难题（李心萍，2024）。

综上所述，作物品种改良、生物肥料与有机肥研发以及农机装备升级三大案例，共同揭示了中国农业技术创新从诱致性技术创新向定向技术创新演进的双重实践路径。诱致性技术创新主要由要素相对价格变化驱动，体现为对劳动力、土地等稀缺要素的替代与效率提升；而定向技术创新则通过市场信号和政策干预，将外部要素价格内生化的，从而重塑不同技术方向的预期收益，引导研发资源实现定向配置。在这一过程中，知识产权保护等制度性保障构成了重要基础：当产权界定清晰、收益预期稳定且创新回报能够得到有效保护时，市场激励与政策导向更易形成稳定合力，推动诱致性技术创新与定向技术创新协同互补，进而促进农业技术进步由被动响应要素相对价格变化转向主动追求长期社会最优。

六、结论与未来展望

本文围绕农业技术进步这一核心议题，重点梳理了诱致性技术创新与定向技术创新两大理论的演进脉络及其在农业领域的应用进展，并结合中国农业实践开展典型案例的分析。诱致性技术创新理论揭示了资源禀赋差异通过要素相对价格变化影响技术进步方向的底层逻辑，定向技术创新理论则在此基础上，将市场激励、政策规制与外部冲击等多维因素纳入分析框架，进一步探讨研发端技术进步方向的形成机制。两大理论在研究目标、影响因素、路径选择、应用领域等方面存在内在联系，但其分析视角有所差异：诱致性技术创新理论侧重生产端对外部价格信号的被动响应，而定向技术创新理论则通过引入研发端决策，强调创新主体在多重因素驱动下的主动调整。作物品种改良、生物肥料与有机肥研发以及农机装备升级三大案例共同表明，诱致性技术创新理论与定向技术创新理论并非相互替代，而是相互补充，共同构成理解农业技术进步的分析框架。

未来研究应充分重视两种理论的协同价值，实现以往侧重生产端向研发端与生产端并重的转变，构建符合中国农业生产实际的理论模型，深入探究研发端技术创新的影响因素及其对市场均衡的作用机制，为全面分析中国农业技术进步提供新的理论范式。在实证应用层面，目前关于中国农业研发端的数据仍存在一定局限。在研发投入端，已有研究结合统计数据与自行测算，构建了国家层面的农业研发投入面板数据（Chai et al., 2019；毛世平等，2025）。该类数据适用于国际比较及研发投入结构的描述性分析，但由于数据层级较高，难以准确识别农业研发投入所指向的具体技术进步

方向。相较之下，研发产出端的数据（如中国农业专利数据）具有更高可获得性与精细度，更便于与各类外部指标进行匹配，从而能够更精准地刻画中国农业技术创新的结构特征与方向演进，为上述两种理论的实证检验提供可靠的微观数据支撑（马宇贝等，2025）。在研究方法上，随着大语言模型和机器学习文本分析能力的不断提升，未来研究可利用相关前沿技术对专利数据进行文本挖掘，系统刻画农业技术进步的具体方向。进一步，将上述方法生成的文本指标与严谨的计量经济学框架相结合，融合简约式因果识别与结构估计模型，不仅有助于识别研发投入与创新产出之间的因果关系，还能够深入解析其内在作用机制，从而为理解中国情境下的农业技术创新路径提供坚实的经验证据。

在实践层面，破解农业“科研与生产两张皮”的结构性问题，关键在于矫正技术变迁方向上的制度性扭曲与市场脱节。从诱致性技术创新理论与定向技术创新理论的综合视角来看，这一问题本质上源于科研活动的激励机制偏离了真实的市场需求。一方面，科技创新应建立在尊重市场规律的基础上。若科研方向忽视市场价格信号，仅依赖行政指令推动，技术供给便可能与实际应用场景脱节，从而造成资源配置的严重扭曲。因此，解决“科研与生产两张皮”问题的首要前提是充分发挥市场的诱致性作用。另一方面，单纯依赖市场机制虽能改善供需匹配，但在面对生态保护、长期粮食安全等具有显著外部性的战略目标时，市场激励往往偏离社会最优路径。这就要求政府通过精准制度设计进行“纠偏”，将国家战略需求转化为创新主体的市场激励。总体而言，为实现农业新质生产力发展所强调的颠覆性技术创新，政策实践应致力于构建“市场决定配置、政府引导方向”的协同机制：既要确立企业在技术创新中的主体地位，确保研发活动紧密贴合市场需求，又要通过制度设计引导产学研体系沿社会最优路径发展，从而在纠正市场失灵的同时避免行政干预带来的新扭曲，实现科研与生产的深度融合。

参考文献

- 蔡昉，2008：《刘易斯转折点后的农业发展政策选择》，《中国农村经济》第8期，第4-15页。
- 蔡昉、王美艳，2007：《农村劳动力剩余及其相关事实的重新考察——一个反设事实法的应用》，《中国农村经济》第10期，第4-12页。
- 陈锡文，2023：《当前农业农村的若干重要问题》，《中国农村经济》第8期，第2-17页。
- 杜鹰、张秀青、梁腾坚，2022：《国家食物安全与农业新发展格局构建》，《农业经济问题》第9期，第4-10页。
- 方师乐、黄祖辉，2019：《新中国成立70年来我国农业机械化的阶段性演变与发展趋势》，《农业经济问题》第10期，第36-49页。
- 高晶晶、彭超、史清华，2019：《中国化肥高用量与小农户的施肥行为研究——基于1995~2016年全国农村固定观察点数据的发现》，《管理世界》第10期，第120-132页。

- 龚斌磊, 2022:《中国农业技术扩散与生产率区域差距》,《经济研究》第11期,第102-120页。
- 龚斌磊、张书睿、王硕、袁菱苒, 2020:《新中国成立70年农业技术进步研究综述》,《农业经济问题》第6期,第11-29页。
- 胡瑞法、黄季焜, 2001:《农业生产投入要素结构变化与农业技术发展方向》,《中国农村观察》第6期,第9-16页。
- 黄季焜, 2018:《四十年中国农业发展改革和未来政策选择》,《农业技术经济》第3期,第4-15页。
- 孔祥智、张琛、张效榕, 2018:《要素禀赋变化与农业资本有机构成提高——对1978年以来中国农业发展路径的解释》,《管理世界》第10期,第147-160页。
- 李心萍, 2024:《国产农机创新“马力”足》,《人民日报》12月16日02版。
- 马宇贝、展进涛、熊航, 2025:《跨区科研网络的技术创新效应——来自中国农业专利匹配数据的证据》,《经济学(季刊)》第2期,第360-376页。
- 毛世平、刘婉钰、林青宁, 2025:《中国农业科技投入强度、结构及政策取向——兼论农业科技创新“最后一公里”的经费投入》,《农业经济问题》第3期,第18-31页。
- 吴亚玲、杨汝岱、吴比、鲁国梁, 2022:《中国农业全要素生产率演进与要素错配——基于2003—2020年农村固定观察点数据的分析》,《中国农村经济》第12期,第35-53页。
- 叶兴庆、程郁, 2026:《中国农业比较优势:变化趋势、驱动因素与应对思路》,《中国农村观察》第2期,第3-23页。
- 张宗毅, 2020:《“十四五”期间丘陵山区农田宜机化改造若干重大问题与举措》,《中国农村经济》第11期,第13-28页。
- 郑旭媛、徐志刚, 2017:《资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例》,《经济学(季刊)》第1期,第45-66页。
- Acemoglu, D., 1998, “Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality”, *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4): 1055-1089.
- Acemoglu, D., 2002, “Directed Technical Change”, *The Review of Economic Studies*, 69(4): 781-809.
- Acemoglu, D., 2023, “Distorted Innovation: Does the Market Get the Direction of Technology Right?”, *AEA Papers and Proceedings*, 113: 1-28.
- Acemoglu, D., and F. Zilibotti, 2001, “Productivity Differences”, *The Quarterly Journal of Economics*, 116(2): 563-606.
- Acemoglu, D., and J. Linn, 2004, “Market Size in Innovation: Theory and Evidence from the Pharmaceutical Industry”, *The Quarterly Journal of Economics*, 119(3): 1049-1090.
- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2020, “The Wrong Kind of AI? Artificial Intelligence and the Future of Labor Demand”, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 13(1): 25-35.
- Acemoglu, D., D. Cutler, A. Finkelstein, and J. Linn, 2006, “Did Medicare Induce Pharmaceutical Innovation?”, *The American Economic Review*, 96(2): 103-107.
- Acemoglu, D., P. Aghion, L. Bursztyn, and D. Hemous, 2012, “The Environment and Directed Technical Change”, *The American Economic Review*, 102(1): 131-166.
- Acemoglu, D., U. Akcigit, D. Hanley, and W. Kerr, 2016, “Transition to Clean Technology”, *Journal of Political Economy*, 124(1): 52-104.

- Aghion, P., A. Dechezleprêtre, D. Hémous, R. Martin, and J. Van Reenen, 2016, “Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry”, *Journal of Political Economy*, 124 (1): 1–51.
- Ahmad, S., 1966, “On the Theory of Induced Invention”, *The Economic Journal*, 76(302): 344–357.
- Autor, D., L. Katz, and A. Krueger, 1998, “Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market?”, *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4): 1169–1213.
- Binswanger, H. P., 1974, “The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production”, *The American Economic Review*, 64(6): 964–976.
- Budish, E., B. N. Roin, and H. Williams, 2015, “Do Firms Underinvest in Long-Term Research? Evidence from Cancer Clinical Trials”, *The American Economic Review*, 105(7): 2044–2085.
- Casey, G., 2023, “Energy Efficiency and Directed Technical Change: Implications for Climate Change Mitigation”, *The Review of Economic Studies*, 91(1): 192–228.
- Chai, Y., P. G. Pardey, C. Chan-Kang, J. Huang, K. Lee, and W. Dong, 2019, “Passing the Food and Agricultural R&D Buck? The United States and China”, *Food Policy*, 86, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.101729>.
- Hanlon, W. W., 2015, “Necessity Is the Mother of Invention: Input Supplies and Directed Technical Change”, *Econometrica*, 83(1): 67–100.
- Hayami, Y., and V. W. Ruttan, 1970, “Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan, 1880–1960”, *Journal of Political Economy*, 78(5): 1115–1141.
- Hicks, J., 1932, *The Theory of Wages*, London: Macmillan.
- Ji, Y., X. Yu, and F. Zhong, 2012, “Machinery Investment Decision and Off-Farm Employment in Rural China”, *China Economic Review*, 23(1): 71–80.
- Jung, Y., 2020, “The Long Reach of Cotton in the US South: Tenant Farming, Mechanization, and Low-Skill Manufacturing”, *Journal of Development Economics*, 143, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2019.102432>.
- Kawagoe, T., K. Otsuka, and Y. Hayami, 1986, “Induced Bias of Technical Change in Agriculture: The United States and Japan, 1880–1980”, *Journal of Political Economy*, 94(3): 523–544.
- Kiley, M. T., 1999, “The Supply of Skilled Labour and Skill-Biased Technological Progress”, *The Economic Journal*, 109(458): 708–724.
- Lin, J. Y., 1991, “Public Research Resource Allocation in Chinese Agriculture: A Test of Induced Technological Innovation Hypotheses”, *Economic Development and Cultural Change*, 40(1): 55–73.
- Lin, J. Y., 1992, “Hybrid Rice Innovation in China: A Study of Market-Demand Induced Technological Innovation in a Centrally-Planned Economy”, *The Review of Economics and Statistics*, 74(1): 14–20.
- Long, X., and Z. Wang, 2025, “From Heat to High-Tech: How Innovation Responds to Climate Change”, *Journal of Development Economics*, 176, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2025.103525>.
- Mokyr, J., 1990, *The Levers of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford: Oxford University Press.
- Moscona, J., 2025, “Environmental Catastrophe and the Direction of Invention: Evidence from the American Dust Bowl”, NBER Working Paper 34438, <https://www.nber.org/papers/w34438>.

- Moscona, J., and K. A. Sastry, 2023, “Does Directed Innovation Mitigate Climate Damage? Evidence from US Agriculture”, *The Quarterly Journal of Economics*, 138(2): 637–701.
- Moscona, J., and K. A. Sastry, 2025, “Inappropriate Technology: Evidence from Global Agriculture”, NBER Working Paper 33500, <https://www.nber.org/papers/w33500>.
- Nghiep, L. T., 1979, “The Structure and Changes of Technology in Prewar Japanese Agriculture”, *American Journal of Agricultural Economics*, 61(4): 687–693.
- Olmstead, A. L., and P. Rhode, 1993, “Induced Innovation in American Agriculture: A Reconsideration”, *Journal of Political Economy*, 101(1): 100–118.
- Otsuka, K., Y. Liu, and F. Yamauchi, 2013, “Factor Endowments, Wage Growth, and Changing Food Self-Sufficiency: Evidence from Country-Level Panel Data”, *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5): 1252–1258.
- Popp, D., 2002, “Induced Innovation and Energy Prices”, *The American Economic Review*, 92(1): 160–180.
- Samuelson, P. A., 1965, “A Theory of Induced Innovation Along Kennedy–Weisacker Lines”, *The Review of Economics and Statistics*, 47(4): 343–356.
- San, S., 2023, “Labor Supply and Directed Technical Change: Evidence from the Termination of the Bracero Program in 1964”, *American Economic Journal: Applied Economics*, 15(1): 136–163.
- Sheng, Y., X. Tian, W. Qiao and C. Peng, 2020, “Measuring Agricultural Total Factor Productivity in China: Pattern and Drivers over the Period of 1978–2016”, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 64(1): 82–103.
- Wang, S. L., J. K. Huang, X. B. Wang, and F. Tuan, 2019, “Are China’s Regional Agricultural Productivities Converging: How and Why?”, *Food Policy*, 86, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.05.010>.
- Wang, X., F. Yamauchi, and J. Huang, 2016, “Rising Wages, Mechanization and the Substitution Between Capital and Labor: Evidence from Small Scale Farm System in China”, *Agricultural Economics*, 47(3): 309–317.
- Wei, S., Z. Xie, and X. Zhang, 2017, “From ‘Made in China’ to ‘Innovated in China’: Necessity, Prospect, and Challenges”, *The Journal of Economic Perspectives*, 31(1): 49–70.
- Wu, Y., X. Xi, X. Tang, D. Luo, B. Gu, S. K. Lam, P. M. Vitousek, and D. Chen, 2018, “Policy Distortions, Farm Size, and the Overuse of Agricultural Chemicals in China”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(27): 7010–7015.
- Yamauchi, F., 2016, “Rising Real Wages, Mechanization and Growing Advantage of Large Farms: Evidence from Indonesia”, *Food Policy*, 58: 62–69.
- Yang, J., Z. Huang, X. Zhang, and T. Reardon, 2013, “The Rapid Rise of Cross-Regional Agricultural Mechanization Services in China”, *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5): 1245–1251.
- Zhang, X., and H. Nie, 2021, “Public Health Insurance and Pharmaceutical Innovation: Evidence from China”, *Journal of Development Economics*, 148, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102578>.

Agricultural Technical Change: Theory, Evidence, and Practice from Induced Innovation to Directed Technical Change

ZHAO Fangxiao¹ WANG Xiaobing¹ YU Jianyu² YUAN Lingran¹

(1. School of Advanced Agricultural Sciences, Peking University;

2. Institute of Economics and Management, Southwestern University of Finance and Economics)

Summary: Agricultural technical change is central to food security, rural revitalization, and agricultural modernization in China. Yet a persistent disconnect between research and production continues to constrain the contribution of technological progress to total factor productivity (TFP) growth. Against this backdrop, this study draws on two foundational theories, Induced Innovation and Directed Technical Change, to systematically examine their theoretical development, empirical evidence, and practical implications for China's agricultural sector. Three representative cases are then analyzed in depth: crop variety improvement, biofertilizer and organic fertilizer development, and agricultural machinery upgrading.

This study yields three main findings. First, market incentives, external shocks, and policy interventions jointly shape the direction of agricultural technical change. Second, Induced Innovation explains how differences in factor endowments drive technological change through shifts in relative factor prices, whereas Directed Technical Change extends this logic by showing how policy design, market size, and external shocks actively orient innovation toward directions that serve both social welfare and strategic national priorities. Third, the case studies demonstrate that the two theories function as complements rather than substitutes: Induced Innovation captures the bottom-up, market-driven process of innovation, whereas Directed Technical Change accounts for the top-down, policy-directed dimension. Together, they offer a more complete account of China's agricultural innovation system.

This study makes three contributions. First, it develops a more comprehensive analytical framework for understanding agricultural technical change at both the R&D and production stages, by integrating the theoretical evolution of Induced Innovation and Directed Technical Change with China's transition from imitation-based to innovation-driven agriculture. Second, it systematically reviews the empirical evidence on Directed Technical Change in agriculture, organizing the existing literature into factor-driven and shock-driven innovation, and synthesizing key findings and identification strategies. Third, by analyzing China-specific cases, this study identifies the practical pathways through which both theories operate in Chinese agricultural innovation, providing practical insights for designing R&D resource allocation schemes and innovation support policies suited to China's conditions.

This study also carries important policy implications. Resolving the misallocation between agricultural research and production requires correcting both institutional distortions and market failures that misalign scientific incentives with real-world demand. Looking ahead, future research should place greater emphasis on the R&D stage of agricultural innovation, leverage fine-grained patent data and methods drawing on large language models (LLMs) and natural language processing (NLP) to trace the direction of agricultural technical change, and integrate causal identification with structural estimation to shed light on the mechanisms linking R&D investment, innovation output, and market equilibrium in the Chinese context.

Keywords: Agricultural Technical Change; Induced Innovation; Directed Technical Change

JEL Classification: O13; Q16

(责任编辑:张丽娟)