

农业贸易、研发与技术溢出^{*}

——基于 38 个国家（地区）的验证分析

高奇正¹ 刘颖^{1,2} 叶文灿¹

摘要：本文基于新贸易理论，在估计 1995~2015 年 38 个国家（地区）的农业研发资本存量和统计其农业贸易额的基础上，对农业贸易的技术溢出效应进行了研究。研究发现：在农业领域存在显著的贸易技术溢出效应，但是，国内自主农业科研投入仍是各国农业全要素生产率增长的主要来源；各国农业资源禀赋差异会弱化农业贸易的技术溢出效应；在农业贸易的大类里，农业中间品贸易的技术溢出效应相对于农产品贸易、农业资本品贸易来说更加明显；在农业贸易领域，发达经济体承担了更多的技术溢出作用。本文研究为新贸易理论在农业领域的应用提供了更多的经验证据。

关键词：农业 贸易 研发 技术溢出

中图分类号：F753 F757 **文献标识码：**A

一、引言

农业作为国民经济的基础性产业，其发展向来受到多方面的研究关注。而农业增长常被视为一国成功发展的关键性因素，农业全要素生产率（TFP）则成为研究农业增长的一个主流领域，因而许多学者很早就开展了对其的研究，如 Johnston（1951）对日本农业生产率的研究，Grilliches（1957）对美国杂交玉米技术变化的分析，林毅夫（Lin，1992）对中国农村制度变迁所产生的增产效应研究等。近年来关于农业 TFP 的研究成果层出不穷，研究方法也越来越多样化，如由最开始的索罗余值法，发展到模型逐渐复杂的随机前沿分析法（SFA）和数据包络分析法（DEA），这些模型不仅考虑了农业 TFP 增长当中的技术进步，还考虑了农业生产当中的效率损失，因而能够较精确地测算出农业 TFP 增长。但是，大多数关于农业 TFP 的研究是基于新古典经济学理论，把农业 TFP 增长或技术进步当作农业生产当中的随机冲击或外生变量，没有进一步解释农业 TFP 增长的源泉，这是现有研究的不足之处。

在经济增长研究中，Romer（1986）承接了 Arrow（1962）关于“知识外溢”的观点，开创性

^{*}本文研究得到中央高校基本科研业务费专项基金（项目编号：2662017PY062）的资助。感谢两位匿名审稿人提出的修改意见。当然，作者文责自负。本文通讯作者：刘颖。

地提出了内生增长模型，将知识纳入经济和技术分析框架当中。Romer（1990）、Aghion and Howitt（1992）则将研发（R&D）活动纳入内生增长模型当中，指出有目的的 R&D 活动是技术进步的重要保证。随后，Krugman（1988）、Grossman and Helpman（1991a）、Grossman（1991）、Coe and Helpman（1995）将新贸易理论、R&D 理论与内生增长理论相结合，研究并证实了国际贸易存在明显的技术溢出效应（technology spillover effect）。但是，现有大部分研究是基于国家层面或者制造业层面来分析贸易技术溢出效应，很少有文献研究农业领域的 R&D 活动能否促进一国农业 TFP 增长，相关的贸易是否具有技术溢出效应。首先，农业在国民经济中的地位不容忽视；其次，农业贸易也是国际贸易的重要组成部分，世界贸易组织（WTO）至今制定了许多条款针对农业贸易，其目的之一就是促进农业贸易自由化；第三，农业发展有其特殊性，各国农业技术水平常常受到资源禀赋、自然条件等方面的影响。所以，对于农业贸易技术溢出效应的研究仍然值得关注。本文的研究目的是，基于新贸易理论，研究农业领域相关的贸易、R&D 活动能否显著促进农业 TFP 增长，以进一步丰富新贸易理论在农业经济领域内的应用。

二、文献回顾

新古典贸易理论一直把 TFP 当中的技术进步当作外生变量，并且假定各国技术水平相同，以考察要素禀赋对经济增长和贸易的影响。随后发展出来的新贸易理论开始注重技术变化对国际贸易的影响，从而衍生出了技术差距模型（technological gap model）和产品生命周期理论（product life cycle theory）。到了 20 世纪 80 年代，新贸易理论与内生增长理论相结合，提出贸易能够有效承载 R&D 活动，促进知识创新、要素流动和技术扩散等，进而促进进口国经济增长，即所谓贸易的技术溢出效应。至此，关于国际贸易技术溢出效应的研究逐渐增多，如 Grossman and Helpman（1991a）将贸易、技术创新与经济增长之间的关系分成小国和大国来研究，指出贸易与技术创新之间的关系在小国模型中不能确定，但在大国模型中，国际贸易可以促进技术溢出、引发竞争、提高研发效率。随后 Grossman and Helpman（1991b, 1991c）将技术溢出效应研究延伸到南北国家模型，指出南方国家通过模仿来促进国内技术进步，同时北方国家发生一轮又一轮的技术创新。

1995 年，Coe 和 Helpman 对贸易技术溢出效应的研究标志着新贸易理论进一步发展。Coe and Helpman（1995）基于前人的研究以及内生增长理论中有关 R&D 的研究建立了 C-H 模型，对进口贸易、R&D 活动与 TFP 之间的关系进行了开创性经验分析，证明了贸易、R&D 资本存量能够促进一国的 TFP 增长。Coe et al.（1997）进而建立了 C-H-H 模型，研究了南北国家之间的贸易技术溢出效应，随后许多学者对 C-H 模型和 C-H-H 模型做出了扩展。有的学者认为，对 C-H 模型中的贸易品需要加以区分，如对进口贸易中的资本品与非资本品进行区分（Xu and Wang, 1999），或者研究中间品贸易的技术溢出效应（例如 Lawrence and Weinstein, 1999）。同时，也有学者认为需要根据经济发展程度把贸易双方区分开，如 Bayoumi et al.（1999）验证了工业化国家与发展中国家之间的贸易存在技术溢出效应。此外，Lumenga-Neso et al.（2005）还以多个国家为对象，研究了贸易的间接技术溢出效应。也有学者摒弃了 C-H 模型，采用其他模型对贸易的技术溢出效应进行研究（例如

Frankel and Romer, 1999; Fracasso and Marzetti, 2015)。有关中国的大部分贸易技术溢出效应的研究都是在 C-H 模型基础上展开的, 并各自从不同的视角进行分析, 如贸易技术溢出的门槛效应 (李小平、朱钟棣, 2004)、时滞效应 (喻美辞、喻春娇, 2006)、吸收能力 (赖明勇等, 2005; 赵伟、汪全立, 2006; 符宁, 2007)、行业效应 (于燕、杨志远, 2014) 以及与外商直接投资 (FDI) 的技术溢出效应的比较 (李杏、Chan, 2009)。

农业贸易的技术溢出效应因为农业产业的特殊性而比较复杂。首先, 农业发展常常来自于工业发展的反哺; 其次, 农业发展受到地理、气候等自然因素的影响; 第三, 农业技术推广受到农户经营规模、地形地势等多方面的影响 (陈实等, 2018)。所以 Schultz (1964)、Hayami and Ruttan (1985) 指出农业技术的国际扩散相对于制造业来说是尤其困难的, 因为农业发展具有高度的区位依赖性, 在气候和资源禀赋不同的国家之间, 技术溢出效应往往很难发生。Thirtle et al. (1994)、Schimmelpfennig and Thirtle (1999) 研究了欧盟十国和美国之间的农业技术溢出效应, 并且 Schimmelpfennig and Thirtle (1999) 还讨论了农业专利对农业技术国际扩散的影响。而 Johnson and Evenson (1999) 不仅考虑了农业专利的作用, 还将 R&D 投入按照资金来源分成公共投资和私人投资两个模块进行了农业贸易技术溢出效应的比较分析。Gutierrez and Gutierrez (2003) 在 C-H 模型的分析框架下, 不仅用索罗余值法测算了 47 国的农业 TFP, 而且还另外采用了 SFA 和 DEA 方法测算农业 TFP, 再进行农业贸易技术溢出效应的稳健性分析。此外, 也有学者利用其他分析框架分析了农业贸易的技术溢出效应, 如 Meijl and Tongeren (1999) 利用 GTAP 模型分析了农业贸易的技术溢出效应, 而且该研究还考虑了贸易双方土地资源禀赋的差异对其的影响。

但是, 关于农业贸易技术溢出效应的研究还存在以下不足: 第一, 没有综合考虑进口国与出口国之间的农业资源禀赋差异对农业贸易的技术溢出效应的影响, 因为农业资源禀赋是一个宽泛的概念, 它不仅包括土地资源禀赋, 还应包括区位分布等其他因素。第二, 没有将农业贸易品具体划分为农产品、中间品和资本品进行技术溢出效应的分类、比较研究。本文认为农产品进口可以加剧进口国国内的农业竞争, 进而提高进口国的农业竞争力与创新力; 或者农业中间品、农业资本品的进口可以加强本国的资源整合能力, 进而促进农业发展, 而这些可能是农业贸易的技术溢出路径。第三, 没有单独考察发达国家的农业出口贸易对技术溢出效应的影响, 因为落后国家可能通过与发达国家的农业贸易, 学习其生产经验, 甚至模仿并生产高质量的进口品, 进而促进农业 TFP 增长, 而这也可能是重要的农业贸易技术溢出路径。所以, 本文拟针对以上不足作相关的拓展研究, 进一步丰富新贸易理论在农业经济领域内的应用。

三、理论模型与数据说明

(一) 理论模型

基于 C-H 模型, 技术溢出的基础回归模型设定如下:

$$\ln TFP_{it} = a^0 + a^d \ln S_{it}^d + a^f \ln S_{it}^f + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

(1) 式中, TFP_{it} 是 i 国 t 年的农业 TFP, S_{it}^d 是 i 国 t 年国内农业 R&D 资本存量, S_{it}^f 是 i 国 t 年附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量, a^d 、 a^f 分别为 $\ln S_{it}^d$ 、 $\ln S_{it}^f$ 的待估计系数, a^0 为常数项, ε_{it} 为随机误差项。

本文借鉴 Lichtenberg and Potterie (1998) 的拓展方法, 将附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量设定如下:

$$\begin{cases} S_{it}^{f-M} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{M_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d \\ M_{ij}^t = G_{ij}^t + C_{ij}^t + I_{ij}^t \end{cases} \quad (2)$$

(2) 式中, i 国为进口国, j 国为出口国, S_{it}^{f-M} 是 i 国 t 年附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量, S_{jt}^d 是 j 国 t 年国内农业 R&D 资本存量, M_{ij}^t 为两国 t 年农业贸易额, 包括农产品 (G_{ij}^t)、农业资本品 (C_{ij}^t)、农业中间品 (I_{ij}^t) 的贸易额, Y_j^t 为 j 国 t 年名义农林牧渔业增加值。

为了考虑进口国和出口国之间的农业资源禀赋差异对农业贸易技术溢出的影响, 本文采用双方的农业资源禀赋差异作为农业贸易额的权重, 如下所示:

$$S_{it}^{f-D-M} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t M_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d \quad (3)$$

(3) 式中, S_{it}^{f-D-M} 为考虑了农业资源禀赋差异后的 i 国 t 年附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量, D_{ij}^t 为 i 国与 j 国在 t 年农业资源禀赋的差异, D_{ij}^t 的取值范围为 (0, 1]。

对 (1) 式拓展后, 本文将回归模型设定如下:

$$\begin{cases} \ln TFP_{it} = a^0 + a^d \ln S_{it}^d + a^f \ln S_{it}^{f-M} + \gamma_t + \theta_i + \varepsilon_{it} \\ \ln TFP_{it} = a^0 + a^d \ln S_{it}^d + a^f \ln S_{it}^{f-D-M} + \gamma_t + \theta_i + \varepsilon_{it} \end{cases} \quad (4)$$

(4) 式中, γ_t 、 θ_i 分别表示时间和个体固定效应。

为了考虑农产品、农业资本品、农业中间品贸易以及发达经济体农业出口贸易对农业技术溢出效应的影响, 本文采用不同的方式计算附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量, 具体参见表 1。本文设定发达经济体为七国集团, 分别是美国、英国、德国、法国、意大利、加拿大、日本。表 1 中 $G7$ 为虚拟变量, 当出口国属于七国集团时, $G7$ 值等于 1, 否则等于 0。

表 1 附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量的计算说明

附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量	贸易分类	是否考虑农业资源禀赋差异	计算方式
S_{it}^{f-M}	农业贸易品	否	$S_{it}^{f-M} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{M_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$

S_{it}^{f-D-M}	农业贸易品	是	$S_{it}^{f-D-M} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t M_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-G}	农产品	否	$S_{it}^{f-G} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{G_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-C}	农业资本品	否	$S_{it}^{f-C} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{C_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-I}	农业中间品	否	$S_{it}^{f-I} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{I_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-D-G}	农产品	是	$S_{it}^{f-D-G} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t G_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-D-C}	农业资本品	是	$S_{it}^{f-D-C} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t C_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-D-I}	农业中间品	是	$S_{it}^{f-D-I} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t I_{ij}^t}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
S_{it}^{f-M-G7}	七国集团出口的农业贸易品	否	$S_{it}^{f-M-G7} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{M_{ij}^t G7}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$
$S_{it}^{f-D-M-G7}$	七国集团出口的农业贸易品	是	$S_{it}^{f-D-M-G7} = \sum_{j \neq i} \left(\frac{D_{ij}^t M_{ij}^t G7}{Y_j^t} \right) S_{jt}^d$

(二) 农业 TFP 的测算

考虑一个 C-D 生产函数:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta} N_{it}^{1-\alpha-\beta} \quad (5)$$

考虑到农业生产的特殊性, 本文假定规模报酬不变。(5) 式中, Y_{it} 为 i 国 t 年农业总产出, K_{it} 为 i 国 t 年农业资本投入, L_{it} 为 i 国 t 年农业土地投入, N_{it} 为 i 国 t 年农业劳动投入, α 、 β 、 $(1-\alpha-\beta)$ 分别为 K_{it} 、 L_{it} 、 N_{it} 的产出弹性。若不考虑农业生产效率损失, A_{it} 为 i 国 t 年农业 TFP。进一步将 (5) 式化简为:

$$\frac{Y_{it}}{N_{it}} = A_{it} \left(\frac{K_{it}}{N_{it}} \right)^{\alpha} \left(\frac{L_{it}}{N_{it}} \right)^{\beta} \Rightarrow y_{it} = A_{it} k_{it}^{\alpha} l_{it}^{\beta} \quad (6)$$

(6) 式中, y_{it} 为 i 国 t 年劳均农业产出, k_{it} 为 i 国 t 年劳均农业资本投入, l_{it} 为 i 国 t 年劳均农业土地投入。对 (6) 式取对数, 则可以得到:

$$\ln y_{it} = \ln A_{it} - \alpha \ln k_{it} - \beta \ln l_{it} \quad (7)$$

进一步得到农业 TFP:

$$\ln A_{it} = \ln TFP_{it} = \ln y_{it} - \alpha \ln k_{it} - \beta \ln l_{it} \quad (8)$$

本文分别以农林牧渔业增加值、农林牧渔业净资本存量、农业用地面积、农林牧渔业从业人员表示农业总产出与投入，不包含中间投入。为保持数据口径统一，文中农业产出与投入均保持为 2008 年国民经济账户体系（SNA）下的口径，产出和资本存量的单位为十亿美元（2005 年不变价），土地的单位为万公顷，劳动的单位为万人，所用数据分别来源于联合国统计数据库（UNSD）^①、联合国粮农组织数据库（FAOSTAT）^②、《中国统计年鉴》^③。

本文对（7）式采用 F 检验、Hausman 检验和 LR 检验，最终确定回归模型为双向固定效应模型，回归结果省略^④，农业 TFP 变化如图 1 所示。整体上看，38 个国家（地区）农业 TFP 上处于增长状态。从七国集团与非七国集团的比较来看，七国集团高于非七国集团的农业 TFP 的平均水平，但是，其增长速率较慢；非七国集团虽然处于追赶当中，但是，农业 TFP 增长速率很快，而且从 2010 年开始，非七国集团的农业 TFP 已经开始逼近七国集团，且有赶超的趋势。

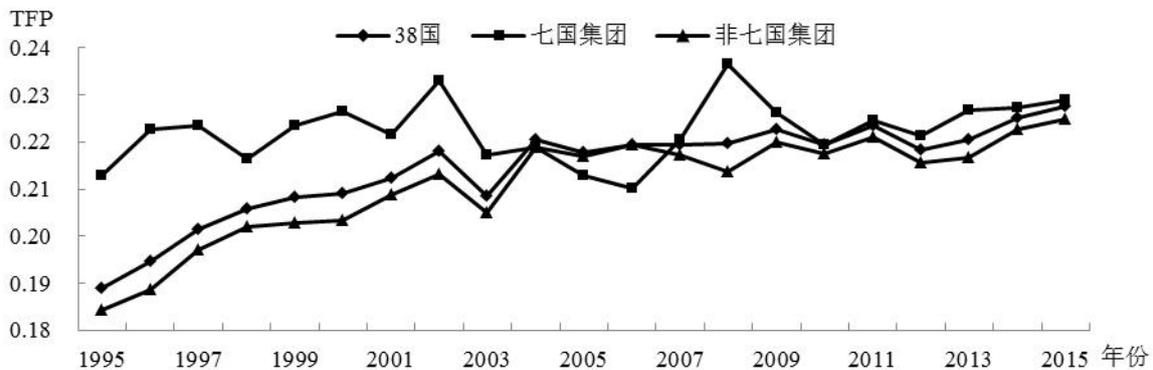


图 1 1995~2015 年 38 个国家（地区）、七国集团、非七国集团农业 TFP 变化

注：①根据 UNSD、FAOSTAT、历年《中国统计年鉴》的数据整理计算；②农业 TFP 为相应统计范围的算术平均值。

（三）农业 R&D 资本存量的估计

关于农业 R&D 资本存量的计算方式，本文选择永续盘存法（PIM），这也是大多数经济合作与发展组织（OECD）国家所采用的计算方式，其公式如下所示：

$$S_{it}^d = S_{i(t-1)}^d + V_{it}^d - \delta_i S_{i(t-1)}^d \quad (9)$$

（9）式中， S_{it}^d 为 i 国 t 年国内农业 R&D 资本存量， V_{it}^d 为 i 国 t 年国内农业 R&D 资本流量， δ_i

^①参见 <http://data.un.org>。

^②参见 <http://faostat3.fao.org/home/E>。

^③国家统计局（编）：《中国统计年鉴》（1996~2016 年，历年），北京：中国统计出版社。

^④限于篇幅，本文没有列出（7）式的回归结果。读者若有兴趣，可向本文作者索取。

为农业资本折旧率。运用 PIM 法，确定农业资本折旧率和基期农业 R&D 资本存量是两个关键步骤。Dubey and Donckt (2016) 认为，不同的国家，由于经济发展程度不同，具有不同的农业资本折旧率。本文按照 Dubey and Donckt (2016) 的思路，将 OECD 国家的 δ_i 设定为 8%，非 OECD 国家的 δ_i 设定为 4%。对于基期农业 R&D 资本存量，本文采用稳态估计法估计(参见 Hall and Jones, 1999)，公式如下所示：

$$S_i^{1995} = V_i^{1995} / (g_i + \delta_i) \quad (10)$$

(10) 式中， g_i 为 i 国 R&D 资本流量几何平均增长率。本文中，农业 R&D 资本流量采用比重法获得，基数为国内 R&D 支出总额^①，比重为 i 国 t 年农林牧渔业增加值 (2005 年不变价) 与 GDP 的比值 (2005 年不变价)。国内 R&D 支出总额数据为按购买力平价计算的 R&D 支出，单位为十亿美元 (2005 年不变价)，数据来自于联合国教科文组织 (UNESCO) 数据库^②。1995~2015 年 21 年农业 R&D 资本存量的增长情况见图 2。整体上看，38 个国家 (地区) 农业 R&D 资本存量处于增长状态。从七国集团与非七国集团的比较来看，非七国集团处于“S 型”增长曲线的早期快速上升阶段，七国集团已经处于“S 型”增长曲线的后期增长阶段，即处于收敛状态，但是非七国集团与七国集团尚的农业 R&D 资本存量尚存在一定的距离，说明非发达经济体与发达经济体在农业科研投入上存在一定的差距。

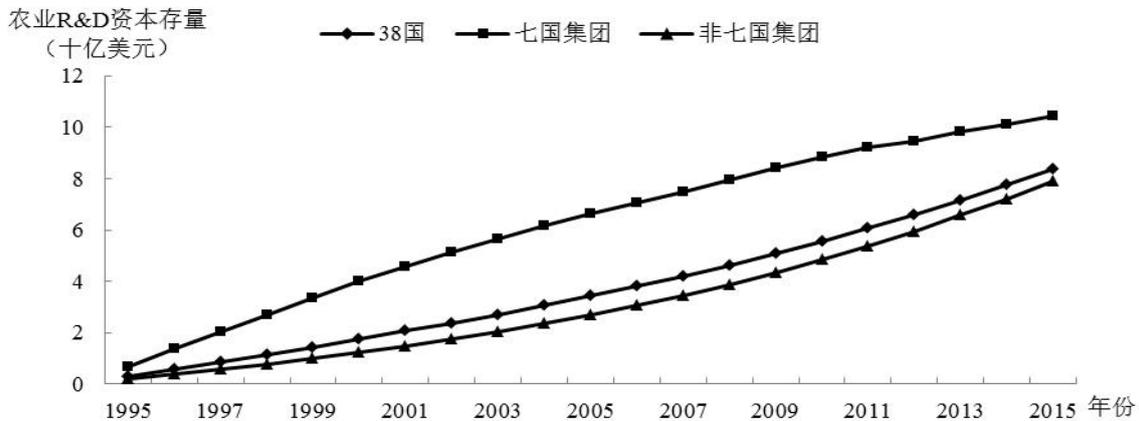


图 2 1995~2015 年 38 个国家 (地区)、七国集团、非七国集团农业 R&D 资本存量增长

注：①根据 UNESCO、UNSD 的数据整理计算；②农业 R&D 资本存量为相应统计范围的算术平均值。

^①国内 R&D 支出总额 (gross domestic expenditure on R&D) 是指在特定时期内 (通常为一年) 在国内研发的支出总额，通常来源于高等教育机构、政府、企业和非营利部门的支出，主要包括费用成本 (例如研发人员的工资、用于研发的电力费用等) 和固定资产购买 (例如用于研发的厂房、土地和设备)，具体定义详见 <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/guide-to-conducting-an-rd-survey-for-countries-starting-to-measure-research-and-experimental-development-2014-en.pdf>。

^②参见 <http://uis.unesco.org>。

(四) 农产品、农业中间品、农业资本品贸易

研究不同类的农业贸易品的技术溢出效应是本文研究的一个重点,其6位HS编码如表2所示。

表2 农产品、农业中间品、农业资本品6位HS编码

贸易分类	6位HS编码
农产品	种植业 装饰用花(06.03~06.04);马铃薯(0701.90);蔬菜、水果、咖啡、食物调料(07.02~09.10);小麦、黑麦、大麦、燕麦、玉米、稻谷、大米、高粱(1001.10,1001.19~1001.90,1001.99,1002.00,1002.90,1003.00,1003.90,1004.00,1004.90,1005.90,10.06,1007.00,1007.90);其他谷物(1008.10~1008.20,1008.29,1008.40~1008.90);谷物、马铃薯细粉及其制成物(11.01~11.09);大豆、花生(1201.00,1201.90,1202.10~1202.20,1202.41~1202.42);干椰子肉、亚麻子、油菜子、葵花子(12.03~12.06);其他含油子仁及果实(1207.10~1207.20,1207.29~1207.99);含油子仁及果实的细粉及粗粉(12.08);啤酒花、香料、槐豆、杏、甜菜、菊苣根、谷类植物茎秆(12.10~12.11,1212.10,1212.30~1212.99,12.13);植物产品(13.02~14.04);植物油(15.07~15.08,15.12,15.14~15.15);烟草(24.01~24.03);棉花(52.01~52.03);生亚麻、大麻(53.01~53.02)
	林业 树脂(13.01);橄榄油、棕榈油、椰子油(15.09~15.11,15.13);松油、松香(38.05~38.06);天然橡胶(40.01);木材(44.01~44.13);软木(45.01~45.04)
	畜牧业 肉类(02.01~02.10);动物产品、油、脂肪(04.01~05.11,15.01~15.03,15.05~15.06);生皮、生毛皮(41.01~41.03,43.01);蚕丝(50.01~50.03);动物毛(51.01~51.03)
	渔业 鱼肉类(03.02~03.05);虾肉类(0306.11~0306.29,0306.91~0306.99);软体动物肉类(0307.11~0307.19,0307.22~0307.29,0307.32~0307.39,0307.43~0307.49,0307.52~0307.59,0307.72,0307.83~0307.89,0307.92~0307.99);藻类(1212.20~1212.29);鱼油(15.04);盐(2501.00);碘(2801.20);藻酸、盐、醋(3913.10);珍珠(71.01)
	其他 加工油、蜡(15.16~15.22);食品、饮料、酒及醋(16.01~23.07);甘露糖醇、山梨醇(2905.43~2905.44);精油(33.01);蛋白类物质、改性淀粉、胶(35.01~35.05);整理剂(3809.10);其他山梨醇(3823.60)
农业中间品	植物块茎、根、苗(06.01~06.02);种用马铃薯(0701.10);小麦种、黑麦种、大麦种、燕麦种、玉米种、高粱种、小米种(1001.11,1001.91,1002.10,1003.10,1004.10,1005.10,1007.10,1008.21);加那利草子(1008.30);大豆种、花生种、棉种(1201.10,1202.30,1207.21);种植用种子(12.09);饲料(12.14,23.08~23.09);肥料(2827.10,31.01~31.05);杀虫剂、杀真菌剂、除草剂、消毒剂(3808.10~3808.40)
农业资本品	活大型动物(01.01~01.06);活鱼(03.01);活虾类(0306.31~0306.39);活软体动物类(0307.10,0307.21,0307.31,0307.41~0307.42,0307.51,0307.60~0307.71,0307.81~0307.82,0307.91);渔网(56.08);农用器具(6909.90,82.01~82.02,8208.40,8419.31,8424.81);农用机械(84.32~84.37,8716.20);捕鱼船(8902.00);狩猎用品(95.07)

注:表中出现的4位编码是指4位编码下的全部6位编码产品;农产品、农业中间品、农业资本品分类根据乌拉圭回合谈判《农业协定》“附件1”并在张玉娥、曹历娟(2016)的基础上补充、整理。其中,乌拉圭回合谈判《农业协定》来源于http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/14-ag_01_e.htm。

本文划定的农产品为乌拉圭回合谈判《农业协定》界定的农产品,并加上水产品 and 林产品。农业中间品为农业生产过程中的易耗品,一般包括种苗、化肥等。农业资本品为农业生产过程中的耐

耗品，一般包括农业机械用具、役畜和产品畜^①等。农产品、农业中间品、农业资本品贸易数据来自于法国前景研究与国际信息中心^②（CEPII），单位为十亿美元，38个国家（地区）农业贸易量及其变化见表3。从表3可以看出，农产品贸易在农业贸易中占据了绝大部分，说明农产品贸易仍然是农业贸易的主流。通过对农产品、农业中间品和农业资本品贸易的比较可以发现，贸易量增长率最快的是农业中间品，年均增长率达到5.33%；而农业资本品最低，为4.65%。通常来说，农产品、农业中间品较易运输，交易成本较小；而农业资本品，特别是大型农业机械，贸易运输条件较为苛刻，交易成本较大；同时，不同国家在农业发展过程中对不同的农业贸易品有不同的需求，加上汇率、价格变化等原因，导致三类产品贸易量的增长率有所差别。

表3 1995~2015年38个国家（地区）农产品、农业中间品、农业资本品贸易量 单位：十亿美元

年份	农产品	农业中间品	农业资本品	农业贸易品
1995	271.79	17.96	20.35	310.10
1996	278.64	19.36	21.82	319.82
1997	268.31	18.73	21.01	308.05
1998	264.55	19.45	21.52	305.52
1999	260.27	19.38	21.02	300.67
2000	251.58	18.13	20.36	290.07
2001	260.74	18.45	20.00	299.19
2002	277.66	20.37	21.90	319.93
2003	328.29	23.44	24.76	376.49
2004	376.05	26.72	27.99	430.76
2005	399.04	27.88	31.64	458.56
2006	430.80	29.30	34.74	494.84
2007	508.62	33.33	40.11	582.06
2008	593.40	39.72	46.59	679.71
2009	520.60	37.20	38.80	596.60
2010	564.94	37.74	40.69	643.37
2011	678.74	45.01	49.07	772.82
2012	672.43	45.13	49.90	767.46
2013	720.48	39.16	52.36	812.00
2014	730.37	51.31	53.31	834.99
2015	654.07	45.70	46.42	746.19
年均增长率 (%)	4.89	5.33	4.65	4.87

资料来源：法国前景研究与国际信息中心网站（<http://cepii.fr>）。

^①活动物进口贸易中，部分是作为产品畜进口，部分是作为肉类食物进口，但这部分肉类食物的进口量在整个农业贸易中占比很小，其影响可以忽略，所以，为了方便统计，本文没有做进一步细分，统一统计为产品畜进口。

^②参见 <http://cepii.fr>。

(五) 农业资源禀赋差异的度量

由于农业发展常常受到区位因素以及农业资源禀赋的影响，所以，农业资源禀赋相差较大的地方，农业发展方向往往不一样，进口国不一定能通过农业中间品或资本品的进口来提高农业资源整合能力。所以 Thirtle et al. (1994) 考虑了降雨量对农业贸易的技术溢出的影响；Meijl and Tongeren (1999) 把劳均农业用地面积纳入了农业贸易技术溢出效应的分析框架；Gutierrez and Gutierrez (2003) 在测算各国农业 TFP 时，把样本划分为了热带国家和温带国家进行分样本测算。综合前人的研究，本文选取劳均农业用地面积和首都纬度的绝对值共同表示各国的农业资源禀赋。通常情况下，劳均农业用地面积可以决定一国是适合发展大规模农业还是小农户农业，而纬度可以表示一国的地理位置与区位分布，且一般来说，越靠近赤道的国家，降雨量越大，纬度相近的国家，气候条件也会较为类似。本文借用耦合度公式来计算两国农业资源禀赋之间的差异程度，其计算公式如下所示：

$$\begin{cases} D_{ij}^t = D_{flat-ij}^t \cdot D_{land-ij}^t \\ D_{flat-ij}^t = 2 \left[\frac{f_i \cdot f_j}{(f_i + f_j)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ D_{land-ij}^t = 2 \left[\frac{l_{it} \cdot l_{jt}}{(l_{it} + l_{jt})^2} \right]^{\frac{1}{2}} \end{cases} \quad (11)$$

(11) 式中， $D_{flat-ij}^t$ 为 t 年 i 国和 j 国的区位差异， $D_{land-ij}^t$ 为 t 年 i 国和 j 国的土地资源禀赋差异， f_i 为 i 国首都纬度的绝对值， l_{it} 为 i 国 t 年劳均农业用地面积。 D_{ij}^t 越趋近于 1，则表示两国农业资源禀赋越接近。各国劳均农业用地面积数据来自于 FAOSTAT，各国首都纬度的数据来自于 CEPII。

(六) 描述性统计与 IPS 检验

本文所用样本为 38 个国家（地区），分别是澳大利亚、奥地利、比利时—卢森堡、巴西、保加利亚、白俄罗斯、加拿大、中国、克罗地亚、塞浦路斯、捷克、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、爱尔兰、以色列、意大利、日本、韩国、拉脱维亚、立陶宛、马耳他、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、英国、美国。研究时间跨度为 21 年（1995~2015 年）。总体上看，各国农业 TFP、农业 R&D 资本存量与农业贸易量都在增长，但波动程度不一。本文对各对数化变量进行了描述性统计，并采用 Im, Pesaran and Shin (IPS) 检验各变量是否存在面板单位根，结果如表 4 所示。检验结果均拒绝各变量存在面板单位根的原假设，即表明各变量是平稳序列，避免了出现伪回归的问题。

表4 变量的描述性统计与单位根检验

变量	均值	标准差	最小值	最大值	IPS 检验
$\ln TFP$	-2.0497	0.9719	-4.8098	0.3148	-1.5775*
$\ln S^d$	13.1502	2.0536	5.5601	19.0733	-20.8126***
$\ln S^{f-M}$	13.1336	1.7163	8.0415	16.4125	-17.1952***
$\ln S^{f-D-M}$	12.8891	1.7174	7.5914	16.3147	-17.0843***
$\ln S^{f-G}$	12.9543	1.7346	7.9567	16.3721	-16.7991***
$\ln S^{f-C}$	10.5268	1.7567	4.4602	14.1103	-14.0985***
$\ln S^{f-I}$	10.4842	1.6844	4.6771	13.7333	-16.8660***
$\ln S^{f-D-G}$	12.7045	1.7361	7.4986	16.1701	-16.5710***
$\ln S^{f-D-C}$	10.3270	1.7645	4.3101	13.6638	-13.6987***
$\ln S^{f-D-I}$	10.2558	1.6822	4.6147	13.6510	-16.6855***
$\ln S^{f-M-G7}$	12.3649	1.7947	7.1831	15.7727	-15.3212***
$\ln S^{f-D-M-G7}$	12.0720	1.8012	6.9207	15.6035	-15.1173***

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

四、估计结果

(一) 农业贸易的技术溢出效应整体分析

本文对基础模型(4)式采用固定效应回归,并依次控制住个体固定效应与时间固定效应,然后采用 LR 检验,结果拒绝了不存在时间固定效应的原假设,则本文最终回归为回归 2 和回归 4,回归 1 和回归 3 作为参考,回归结果见表 5。

回归结果显示,国内农业 R&D 资本存量对农业 TFP 增长具有显著的正向影响,控制住时间效应后,国内农业 R&D 资本存量的作用仍然显著。这说明,国内农业 R&D 活动是农业 TFP 增长的主要源泉之一,与内生增长理论的观点相一致。新古典经济学认为,由于投入要素的边际报酬递减,无法解释经济的长期增长。而内生增长理论认为,R&D 活动是促进国家创新、人力资本增长和知识溢出的有效投入之一,正是因为 R&D 的投入,促进了 TFP 增长进而保证了经济的长期增长。从本文回归结果来看,国内农业 R&D 资本存量的作用在农业领域也不例外,各国农业 R&D 投入正是农业 TFP 增长的重要源泉。所以,为了保证农业的长期增长,国内农业 R&D 投入是极其重要的。

同时,回归结果显示附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量也显著影响国内农业 TFP 增长,说明在开放经济中,一国农业 TFP 增长不仅依赖国内农业 R&D 资本存量,还依赖附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量。而回归结果证明,国外农业 R&D 资本存量正是通过农业贸易这一有效途径,对国内农业 TFP 增长产生了显著影响,即农业贸易的技术溢出效应。回归 3 和回归 4 考虑了两国之间农业资源禀赋的差异,回归 4 的结果显示技术溢出效应依然显著,说明即使考虑到不同国家之间农业资源禀赋的差异,农业贸易的技术溢出效应依然存在。

通过回归 2 和回归 4 可以发现,在其他变量控制不变的情况下,国内农业 R&D 资本存量每增

加 1%，将会促进农业 TFP 增长 0.15%，大于农业贸易的技术溢出效应，说明国内农业研发仍然是农业 TFP 增长的首要推动力。这可能是因为国内农业 R&D 活动的目的是提升本国的农业技术水平，直接促进国内农业发展；而根据前文的分析，农业贸易产生技术溢出效应的路径中，竞争加剧有可能会阻碍创新（Aghion et al., 2005），提高资源整合能力也需要依靠人力资本的吸收作用^①（Das and Powell, 2002；符宁，2007），所以通过贸易渠道产生的 TFP 增长效应可能仍然不及国内 R&D 投入的作用。这与 Coe and Helpman（1995）和 Coe et al.（1997, 2008）在国家层面上，Keller（2002）在制造业层面上以及 Thirtle et al.（1994）和 Schimmelpfennig and Thirtle（1999）在农业层面上的验证结果相似。回归 2 中，农业贸易的技术溢出效应为 0.09%，回归 4 在考虑了两国之间农业资源禀赋的差异以后，农业贸易的技术溢出效应降到 0.05%，技术溢出对农业 TFP 增长的作用几乎减少了一半，表明两国之间农业资源禀赋的差异在一定程度上阻碍了农业贸易技术溢出效应的产生。

在农业生产现实中，农业贸易的技术溢出效应并不明显，则可能归因于不同国家之间农业资源禀赋差异的阻碍作用。在其他研究中，Coe and Helpman（1995）、Lichtenberg and Potterie（1998）测算出一国的进口贸易额每增加 1%，将会促进该国 TFP 增长 0.06%；Keller（2002）测算出制造业贸易的技术溢出效应达到 0.09%。本文在考虑农业资源禀赋差异后，计算出农业贸易的技术溢出效应为 0.05%，略低于国家层面和制造业的水平，证明本文的分析结果与经济现实相符，也从侧面反映了农业贸易技术溢出效应的产生是比较困难的。

以上回归结果说明，农业 R&D 活动是促进农业 TFP 增长的有效途径之一，而农业贸易则有利于农业贸易技术溢出效应的产生。本文在接下来的实证研究中，将分析农业贸易到底是通过哪一类产品产生技术溢出效应的——是通过农产品贸易加剧进口国国内竞争，还是通过农业资本品或中间品贸易增强进口国的农业资源整合能力。

表 5 农业贸易的技术溢出效应的固定效应回归

	回归 1	回归 2	回归 3	回归 4
$\ln S_{it}^d$	0.06*** (3.18)	0.15*** (5.72)	0.08*** (4.03)	0.15*** (5.68)
$\ln S_{it}^{f-M}$	0.02* (1.71)	0.08*** (3.96)	—	—
$\ln S_{it}^{f-D-M}$	—	—	0.01 (0.67)	0.05** (2.35)
个体固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	—	已控制	—	已控制
F 值	110.40	12.14	108.90	11.53
观察数值	798	798	798	798

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内数字是 t 统计值。

（二）农业技术溢出效应分类分析

回归 5~回归 12 分别对农产品、农业资本品和农业中间品贸易的技术溢出效应进行了双向固定

^①Das and Powell（2002），符宁（2007）等人的研究指出当人力资本存量达到足够充裕的程度时，进口国才会充分吸收贸易带来的技术以及知识等，从而产生贸易的技术溢出效应，即人力资本的吸收能力（absorptive capacity）。

效应回归, 结果见表 6。回归 5~回归 7 结果显示, 在不考虑农业资源禀赋差异影响的情况下, 农产品、农业资本品和农业中间品贸易均具有技术溢出效应, 在其他变量控制不变的情况下, 农业中间品贸易的技术溢出效应最为明显, 农业中间品进口每增长 1%, 将会引起农业 TFP 增长 0.09%。

回归 9~回归 11 在考虑了不同国家之间农业资源禀赋的差异后, 农业资本品贸易的技术溢出效应不再显著, 该回归结果不稳健, 说明农业资本品贸易的技术溢出效应不明显。本文中农业资本品主要包括活体动物和农业机械、机具等, 而各国具有不同农业资源条件、地理区位, 所以其农业发展方向可能不一致, 而农业资本品特别是部分农业机械在进口国国内可能并不适用。如适用于大规模经营的收割机、耕整机在以小农、散户为主的国家因为不适用而推广困难, 因而其进口也不会产生技术溢出效应。除此之外, 农产品和农业中间品贸易在考虑了不同国家之间农业资源禀赋的差异以后, 仍然具有稳健且显著的技术溢出效应, 但是, 农产品和农业中间品贸易的技术溢出效应都有不同程度的弱化, 其中农产品贸易的技术溢出效应几乎弱化了一半, 而农业中间品的弱化程度较小, 说明不同的农业发展条件会在一定程度上阻碍农产品贸易的技术溢出效应, 但是, 农业中间品贸易的技术溢出效应依然具有普适性。

回归 8 与回归 12 对农产品、农业资本品和农业中间品贸易的技术溢出效应进行了综合回归, 结果显示, 只有农业中间品的作用具有稳健性, 且在 1%的水平上显著, 说明农业中间品贸易在农业贸易的技术溢出效应中是最为突出的。农业中间品主要包括农作物种子、种苗和化肥等, 而这类产品本身就蕴含了较多的技术含量。Grossman and Helpman (1991d) 指出, 中间品是物化的 R&D 资本。也有大量学者证明, 国家、行业 TFP 增长离不开中间品的密集进口 (Lawrence and Weinstein, 1999; Bayoumi et al., 1999; Blalock and Veloso, 2007)。而本文也估计出农业中间品贸易有比较明显的技术溢出效应, 说明农业中间品贸易也是促进农业 TFP 增长的重要路径。本节的回归结果表明进口国主要是通过农业中间品贸易, 加强了其农业资源整合能力, 进而促进了农业 TFP 增长。

表 6 农产品、农业资本品、农业中间品贸易的技术溢出效应的固定效应回归

	回归 5	回归 6	回归 7	回归 8	回归 9	回归 10	回归 11	回归 12
$\ln S_{it}^d$	0.15*** (5.77)	0.15*** (5.69)	0.14*** (5.11)	0.13*** (4.93)	0.15*** (5.70)	0.15*** (5.75)	0.14*** (5.40)	0.14*** (5.14)
$\ln S_{it}^{f-G}$	0.07*** (3.36)	—	—	0.04 (1.49)	—	—	—	—
$\ln S_{it}^{f-C}$	—	0.03** (2.04)	—	-0.05** (-2.39)	—	—	—	—
$\ln S_{it}^{f-I}$	—	—	0.09*** (4.58)	0.13*** (4.01)	—	—	—	—
$\ln S_{it}^{f-D-G}$	—	—	—	—	0.04* (1.69)	—	—	-0.00 (-0.03)
$\ln S_{it}^{f-D-C}$	—	—	—	—	—	0.02 (1.54)	—	-0.03 (-1.63)

农业贸易、研发与技术溢出

$\ln S_{it}^{f-D-I}$	—	—	—	—	—	—	0.07***	0.11***
	—	—	—	—	—	—	(3.66)	(3.60)
个体固定效应	已控制	已控制						
时间固定效应	已控制	已控制						
F 值	11.88	11.44	12.46	11.77	11.36	11.33	12.00	11.14
观察数值	798	798	798	798	798	798	798	798

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内数字是 t 统计值。

(三) 发达经济体的农业贸易技术溢出效应分析

为了考虑发达经济经济体（七国集团）在农业贸易领域的影响，本文设定附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量只源自于发达经济体，其处理方式见表 1，发达经济体的农业贸易技术溢出的回归结果如表 7 所示。回归结果显示，发达经济体的农业 R&D 资本存量能够显著促进 38 个国家（地区）农业 TFP 增长，即存在明显的农业贸易技术溢出效应。在考虑了不同国家之间农业资源禀赋的差异以后，贸易的技术溢出效应有所减弱，但依然显著。这与 Coe et al. (1997) 关于南北国家贸易技术溢出效应的研究结论相一致。

从图 2 可以看出，发达经济体的农业 R&D 投入的平均水平领先于其他国家，而其他国家仍处于追赶状态，所以发达经济体的农业出口相对来说容易附着更多的科技含量，从而推动进口国农业技术进步，促进其农业 TFP 增长，产生技术溢出效应。这个实证结果也从侧面印证了发展经济学的理论，即通过与发达国家的贸易，落后国家可以实现经济快速发展甚至赶上发达国家的经济水平。总而言之，发达经济体在世界农业增长中扮演了极其重要的角色。

表 7 七国集团农业贸易技术溢出效应的固定效应回归

	回归 13	回归 14
$\ln S_{it}^d$	0.16*** (6.08)	0.16*** (5.97)
$\ln S_{it}^{f-M-G7}$	0.10*** (5.24)	—
$\ln S_{it}^{f-D-M-G7}$	—	0.08*** (4.07)
个体固定效应	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制
F 值	12.85	12.20
观察数值	798	798

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内数字是 t 统计值。

五、总结

自从新贸易理论形成以来，关于贸易的技术溢出效应常常聚焦于国家层面或者制造业层面，很少有文献致力于研究农业领域的贸易是否具有技术溢出效应，是否与其他产业有所区别。农业不仅是国民经济的基础性产业，农业贸易也是国际贸易的重要组成部分，而且由于农业技术水平常常受到区位因素、资源条件、气候环境等方面的影响，不同地区的农业具有不同的发展方向，因而农业

贸易的技术溢出效应更加值得关注。本文基于新贸易理论，利用 38 个国家（地区）21 年的农业贸易数据，拓展了 C-H 模型，分析了农业贸易的技术溢出效应，得出结论如下：

(1) 本文把各国的区位分布和土地资源禀赋作为农业资源禀赋最重要的两个影响因素，综合考虑了其对农业贸易的技术溢出效应的影响，从而将农业贸易的技术溢出效应研究从其他层面区分了出来。研究结果显示，不同国家之间的农业资源禀赋差异不会影响农业贸易的技术溢出效应的存在，但会在一定程度上弱化农业贸易的技术溢出效应。这种分析结果也解释了农业贸易的技术溢出效应不明显的现象，即农业资源禀赋相差太大的国家之间不会因为农业贸易而产生过多的技术溢出效应。

(2) 本文将农业贸易区分为农产品贸易、农业资本品贸易和农业中间品贸易，并分析和比较了这三类贸易的技术溢出效应，从而提供了更为全面的分析结果。研究发现，农业中间品贸易是农业贸易中能够显著促进进口国农业 TFP 增长的一类贸易，而在制造业领域，一般认为资本品贸易具有较强的技术溢出效应，本文研究结果说明了农业贸易的技术溢出效应具有特殊性，即各国可以通过种子、种苗、化肥等农业中间品的进口，增强国内农业资源整合能力，进而促进农业 TFP 增长。

(3) 为了研究发达经济体的农业出口是否存在技术溢出效应，本文在计算附着于农业贸易品的国外农业 R&D 资本存量时引入了虚拟变量，即只考虑发达经济体的农业出口对其他国家的农业 TFP 的影响。研究发现，发达经济体在促进各国 TFP 增长中扮演着极其重要的角色，由于发达经济体积累了大量的农业 R&D 资本，依然是世界主要的农业科技输出，所以发达经济体的农业出口贸易存在明显的技术溢出效应。

(4) 除了贸易渠道外，本文也发现国内农业 R&D 活动是本国农业 TFP 增长的主要推动力。通过本文分析结果的对比，农业 R&D 资本存量和农业贸易同样增加 1%，前者比后者促进农业 TFP 增长的增幅高出 0.07%，所以，增加国内农业 R&D 投入仍然是促进农业 TFP 增长的首选渠道。

本文研究为贸易的技术溢出效应在农业领域的验证提供了一套有效方法，且为未来关于农业贸易的技术溢出效应的深层次研究提供了可借鉴的分析框架。但同时，本文尚存在如下不足之处：第一，未考虑各国的农业人力资本的吸收能力对农业贸易的技术溢出效应的影响；第二，农业 FDI 也是农业技术溢出的有效途径之一，本文未把农业 FDI 的技术溢出效应纳入统一的分析框架，可能夸大了农业贸易的技术溢出效应。当然，以上两点也是笔者以后致力于研究的重点。

参考文献

- 1.陈实、刘颖、宋宝辉，2018：《湖北省水稻技术推广率时空演变及其影响因素研究》，《农业现代化研究》第 4 期。
- 2.符宁，2007：《人力资本、研发强度与进口贸易技术溢出——基于我国吸收能力的实证研究》，《世界经济研究》第 11 期。
- 3.赖明勇、张新、彭水军、包群，2005：《经济增长的源泉：人力资本、研究开发与技术外溢》，《中国社会科学》第 2 期。
- 4.李小平、朱钟棣，2004：《国际贸易的技术溢出门槛效应——基于中国各地区面板数据的分析》，《统计研究》

第 10 期。

5.李杏、M. W. L. Chan: 2009:《外商直接投资与对外贸易技术溢出效应比较——基于面板因果关系的研究》,《国际贸易问题》第 2 期。

6.于燕、杨志远, 2014:《行业 R&D 强度视角下中国进口贸易的技术溢出效应》,《世界经济研究》第 4 期。

7.喻美辞、喻春娇, 2006:《中国进口贸易技术溢出效应的实证分析》,《国际贸易问题》第 3 期。

8.张玉娥、曹历娟, 2016:《农产品贸易研究中农产品范围的界定和分类》,《世界农业》第 5 期。

9.赵伟、汪全立, 2006:《人力资本与技术溢出: 基于进口传导机制的实证研究》,《中国软科学》第 4 期。

10.Aghion, P., N. Bloom, R. Blundell, R. Griffith, and P. Howitt, 2005, "Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship", *Quarterly Journal of Economics*, 120(2): 701-728.

11.Aghion, P., and P. Howitt, 1992, "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 60(2): 323-351.

12.Arrow, K. J., 1962, "The Economic Implications of Learning-by-doing", *The Review of Economic Studies*, 29(3): 155-173.

13.Bayoumi, T., D. T. Coe, and E. Helpman, 1999, "R&D Spillovers and Global Growth", *Journal of International Economics*, 47(2): 399-428.

14.Blalock, G., and F. M. Veloso, 2007, "Import Productivity Growth and Supply Chain Learning", *World Development*, 35(7): 1134-1151.

15.Coe, D. T., and E. Helpman, 1995, "International R&D Spillovers", *European Economic Review*, 39(5): 859-887.

16.Coe, D. T., E. Helpman, and A. W. Hoffmaister, 2008, "International R&D Spillovers and Institutions", *European Economic Review*, 53(7): 723-741.

17.Coe, D. T., E. Helpman, and A. W. Hoffmaister, 1997, "North-South R&D Spillovers", *Economic Journal*, 107(440): 134-149.

18.Das, G. G., and A. A. Powell, 2002, "Absorption Capacity, Structural Similarity and Embodied Technology Spillovers in a 'Macro' Model: An Implementation within the CGE Framework", *The Korean Journal of Policy Studies*, 16(1): 111-132.

19.Dubey, S., and M. V. Donckt, 2016, "FAO's New Macro-economic Statistics: Agricultural Capital Stock and Agro-industry Measurement", paper submitted to Asia-Pacific Economic Statistics Week, 2-4 May, Bangkok, http://communities.unescap.org/system/files/faos_new_macro-economic_statistics_escap_economicstatisticsweek_april2006_dubey.pdf.

20.Fracasso, A., and G. V. Marzetti, 2015, "International Trade and R&D Spillovers", *Journal of International Economics*, 96(1): 138-149.

21.Frankel, J. A., and D. H. Romer, 1999, "Does Trade Cause Growth?", *American Economic Review*, 89(3): 379-399.

22.Grilliches, Z., 1957, "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica*, 25(4): 501-522.

23.Grossman, G. M., and E. Helpman, 1991, *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge: MIT Press.

24.Grossman, G. M., and E. Helpman, 1991, "Quality Ladders and Product Cycles", *Quarterly Journal of Economics*,

106(2): 557-586.

25. Grossman, G. M., and E. Helpman, 1991, "Quality Ladders in the Theory of Growth", *Review of Economic Studies*, 58(1): 43-61.

26. Grossman, G. M., and E. Helpman, 1991, "Trade, Knowledge Spillovers, and Growth", *European Economic Review*, 35(2): 517-526.

27. Gutierrez, L., and M. M. Gutierrez, 2003, "International R&D Spillovers and Productivity Growth in the Agricultural Sector. A Panel Cointegration Approach", *European Review of Agricultural Economics*, 30(3): 281-303.

28. Hall, R. E., and C. I. Jones, 1999, "Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker than Others?", *Social Science Electronic Publishing*, 114(1): 83-116.

29. Hayami, Y., and V. W. Ruttan, 1985, *Agricultural Development: An international Perspective*, Baltimore and London: The John Hopkins University Press.

30. Johnson, D. K. N., and R. E. Evenson, 1999, "R&D Spillovers to Agriculture: Measurement and Application", *Contemporary Economic Policy*, 17(4): 432-456.

31. Johnston, B. F., 1951, "Agricultural Productivity and Economic Development in Japan", *Journal of Political Economy*, 59(6): 498-513.

32. Keller, W., 2002, "Trade and the Transmission of Technology", *Journal of Economic Growth*, 7(1): 5-24.

33. Krugman, P. R., 1988, "Rethinking International Trade", *Business Economics*, 23(2): 7-12.

34. Lawrence, R. Z., and D. E. Weinstein, 1999, "Trade and Growth: Import-led or Export-led? Evidence from Japan and Korea", NBER Working Paper 7264, <http://www.nber.org/papers/w7264>.

35. Lichtenberg, F., and B. P. Potterie, 1996, "International R&D Spillovers: A Re-examination", NBER Working Paper 5688, <http://www.nber.org/papers/w5688>.

36. Lin, J. Y., 1992, "Rural Reforms and Agricultural Growth in China", *American Economic Review*, 82(1): 34-51.

37. Lumenga-Neso, O., M. Olarreaga, and M. Schiff, 2005, "On 'Indirect' Trade-related R&D Spillovers", *European Economic Review*, 49(7): 1785-1798.

38. Meijl, H. V., and F. V. Tongeren, 1999, "Endogenous International Technology Spillovers and Biased Technical Change in Agriculture", *Economic Systems Research*, 11(1): 31-48.

39. Romer, P. M., 1986, "Increasing Returns and Long-run Growth", *The Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.

40. Romer, P. M., 1990, "Endogenous Technological Change", *The Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.

41. Schimmelpfennig, D., and C. Thirtle, 1999, "The Internationalization of Agricultural Technology: Patents, R&D Spillovers, and Their Effects on Productivity in the European Union and United States", *Contemporary Economic Policy*, 17(4): 457-468.

42. Schultz, T. W., 1964, *Transforming Traditional Agriculture*, New Haven: Yale University Press.

43. Thirtle, C., E. Ball, C. Bureau and R. Townsend, 1994, "Accounting for Productivity Differences in European Agriculture: Cointegration, Multilateral TFPs and R&D Spillovers", paper submitted to Proceedings of the Twenty-second

International Conference of Agricultural Economists, 22-29 August, Harare, Zimbabwe, <http://ageconsearch.umn.edu/record/183441/files/IAAE-CONF-416.pdf>.

44.Xu, B., and J. M. Wang, 1999, "Capital Goods Trade and R&D Spillovers in the OECD", *Canadian Journal of Economics*, 32(5): 1258-1274.

(作者单位: ¹华中农业大学经济管理学院;

²主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心)

(责任编辑: 午 言)

Trade, Research and Development and Technology Spillover Effect in Agriculture

Gao Qizheng Liu Ying Ye Wencan

Abstract: Based on the new trade theory, this article calculates capital stock of agricultural research and development (R&D) and volume of trade in agriculture in 38 countries during the period from 1995 to 2015. Based on the calculation, the study examines the technology spillover effect in the agricultural sector. The results show that, first of all, significant technology spillover effects exist in agricultural trade, and domestic R&D is a first cause of technology progress in agriculture. Secondly, the difference in agricultural resource endowment between the importing and exporting countries can weaken the technology spillover effects. Thirdly, in agricultural trade, comparing to trade of agricultural goods or capital goods, the trade of agricultural intermediate goods has a significant technology spillover effect of agricultural trade. Fourthly, the advanced economies have played an important role in technology spillover. The study can provide experimental evidence regarding the utilization of the new trade theory in the agricultural sector.

Key Words: Agriculture; Trade; R&D; Technology Spillover Effect