

基碳排放約束下“農業綠色生產率”及“綠色全要素生產率”的重新定義 ——中國農業綠色生產率研究評論

蔣楠*

(澳門科技大學國際學院, 澳門)

摘要: 農業作為中國基礎性產業, 是關係國計民生的大事。農業生產效率是衡量農業綜合生產力的重要指標, 一直是學術界研究的熱點。長久以來, 對於中國農業生產效率的研究, 國內外學者運用了不同的方法從不同方面對其進行了測定, 但是在度量時僅僅基於傳統的資本、勞動和土地等基本要素, 忽略了資源和環境對農業生產的影響。實際上資源消耗、環境惡化已成為各國農業發展面臨的難題, 是阻礙經濟社會持續健康發展的一個重要問題。中國農業經濟增長取得如此巨大的成績, 一方面依託大自然的饋贈, 得到了快速發展; 另一方面, 中國農業經濟增長是建立在自然資源的消耗和環境的污染的代價之上。尤其是隨著化肥、農藥和農膜等使用量的逐年遞增, 帶來了嚴重的農業面源污染問題。同時, 我國的碳排放形式也不容樂觀。有數據表明, 在全國溫室氣體排放總量中農業產生的碳排放大約占比17%, 未來形式會更加嚴峻。毫無疑問, 中國農業經濟發展模式迫切需要轉型發展, 不能建立在資源消耗和環境污染代價的基礎上。為了實現農業可持續發展, 中國農業必須兼顧經濟增長、資源節約和環境保護三者統籌協調發展。通過梳理農業生產效率的文獻, 發現很多學者將視角僅僅放在了某一個具體的行業, 欠缺了指導整個產業和區域產業生態效率提升政策路徑。本文將對相關理論進行全面梳理並對“農業綠色生產率”及“綠色全要素生產率”重新定義, 以為日後相關研究打好基石。

關鍵詞: 農業綠色生產率; 綠色全要素生產率; 碳排放

Redefinition of "Agricultural Green Productivity" and "Green Total Factor Productivity" under the Constraints of Carbon Emissions—A Review of Chinese Agricultural Green Productivity Studies

Nan JIANG*

(University International College, Macau University of Science and Technology, Macau, China)

Abstract: Agriculture, as a basic industry in China, is a major event affecting national economy and people's livelihood. Agricultural production efficiency is an important indicator for measuring the overall agricultural productivity, and it has been a research hotspot in academia. For a long time, scholars at home and abroad have used different methods to measure China's agricultural production efficiency from different aspects, but only based on traditional basic factors such as capital, labor and land, and ignored resources and the environment Impact on agricultural production. In fact, resource consumption and environmental degradation have become difficult problems facing agricultural development in various countries, and are an important issue that hinders the sustainable and healthy development of economy and society. China's

收稿日期: 2020-03-23; 修訂日期: 2020-04-29。

*通訊作者: 蔣楠, 男, 博士, 澳門科技大學國際學院助理教授, 主要研究方向: 管理學。

E-mail: njiang@must.edu.mo, Tel: 00853-88971931

agricultural economic growth has achieved such great achievements. On the one hand, it has relied on the gift of nature to obtain rapid development. On the other hand, China's agricultural economic growth is based on the cost of natural resource consumption and environmental pollution. Especially with the increasing use of chemical fertilizers, pesticides and agricultural films, it has brought serious agricultural non-point source pollution problems. At the same time, the form of China's carbon emissions is not optimistic. Data show that agricultural carbon emissions account for about 17% of the total greenhouse gas emissions in the country, and the form will be more severe in the future. There is no doubt that China's agricultural economic development model urgently needs transformation and development, and cannot be based on the cost of resource consumption and environmental pollution. In order to achieve sustainable agricultural development, Chinese agriculture must take into account the coordinated and coordinated development of economic growth, resource conservation, and environmental protection. By combing the literature on agricultural production efficiency, it is found that many scholars have focused their perspectives only on a specific industry, lacking a policy path to guide the entire industry and regional industry to improve ecological efficiency. This article will comprehensively sort out relevant theories and redefine "agricultural green productivity" and "green total factor productivity" in order to lay the foundation for future related research.

Keywords: agricultural green productivity, green total factor productivity, carbon emissions

1. 研究背景

改革開放至今 40 多年，中國農業在這個歷程得到了快速發展，尤其是確立家庭農場承包責任制以來，取得的成果是巨大的。從農業總產值上看，2016 年中國農業總產值是 1978 年 50 多倍，年均增長速度達到 6%。從全國農民人均可支配收入上看，2016 年是改革開放時期收入的 90 多倍，年均增長速度達到 7%，為 123636 元。從中國糧食總產量上看，2016 年取得糧食總產量是改革開放時期的 2 倍多，達到 61625 萬噸，養活了地球上接近 20% 的人口，解決了人民的溫飽的問題。我國目前沒有形成有效的回收機制，化學製品的使用，不僅會造成嚴重的農業面源污染，而且很可能造成土壤的二次污染。農業面源污染的問題已經提上了環境保護的日程上，同時近年來農業生產產生的碳排放問題也成為世界各國關注的重點議題。隨著化肥、農藥和農膜等使用量的逐年遞增，我國的碳排放形式也不容樂觀，形式會更加嚴峻^[1]。有數據表明，在全國溫室氣體排放總量中農業產生的碳排放大約占比 17%^[2]。2009 年，中國政府在哥本哈根舉行的氣候大會上，明確制定了碳減排的目標，並達成了《哥本哈根協議》。根據《哥本哈根協議》，中國政府規劃提

出了相比 2015 年，2020 年單位 GDP 碳排放量降低 17%。2015 年，中國政府再次下達了新一輪的碳減排的目標，這是我國簽訂《聯合國氣候變化框架公約》之後主動再次提升碳減排的目標。

中國擁有歷史悠久的農耕文明，有著幾千年的精耕細作的農業生產歷史，農業相比其他行業一直作為我國的基礎產業。進入 21 世紀以來，中國政府一直重點關注著農業生產的可持續發展，連續十多年的中央一號文件都在關注“三農問題”，並且頒佈了《全國農業可持續發展規劃（2015-2030）》綱領性文件，指導我國農業進一步發展。長期以來，經濟增長的方式主要是通過大量生產要素投入實現高增長率的目標，這也是古典經濟增長理論的核心觀點。古典經濟增長理論認為生產率的增長是經濟實現長期可持續增長的源泉，因此很多學者在研究經濟增長的源泉時，把視角放在了生產率上。在研究農業經濟增長問題時，很多學者在研究農業經濟增長，把研究的視角放在農業生產率這個視角上，試圖找到農業經濟增長的源泉和動力。對於這個問題的研究，很多領域的學者嘗試了很多方法測定農業生產率，希望能識別農業經濟增長的動力和路徑，也為後來的研究奠定了堅實的研究基礎。通過梳理關於農業經濟增長的源泉問題研究文獻，發現很多學

者對農業生產率的度量都存在一個很大的問題，特別是在農業生產的投入上，忽視了資源的投入，僅僅關注傳統的勞動、資本和土地等這幾個要素，而且在產出方面也只是關注農業經濟的總量增長，也沒有兼顧生態和環境效益，與可持續發展的理念相違背。可持續發展理念與古典經濟學理論在農業經濟增長的源泉核心分歧在於資源和環境也可以作為經濟持續增長的內生變量，甚至在一定程度上會影響到經濟增長的規模和速度。

2. 研究目的

農業作為中國幾千年以來基礎的產業，承擔起了國計民生的重任。作為一個產業，具有很強的經濟屬性，有常規的投入和產出，而衡量投入產出的手段，就是效率評價。將效率評價作為一種技術手段，評價農業部門的真實績效，這種績效兼顧了農業部門對資源和環境的影響。因此，研究農業綠色生產率，具有很強的現實意義。同時，過去建立起的評價傳統農業部門經濟績效的框架是不可持續的，迫切需要改變，成為亟須研究的課題。通過梳理農業生產效率的研究，很多學者將視角僅僅放在了某一個具體的行業，欠缺了指導整個產業和區域產業生態效率提升政策路徑。本研究在相關理論基礎之上，將對相關理論進行全面梳理以為日後相關研究打好基石。

3. 相關文獻綜述

3.1 農業碳排放源研究

關於農業領域的碳排放源的研究，最早是在1997年出版的《京都議定書》，該書認為產生碳排放源主要包括農業土壤、水稻種植，焚燒和秸稈燃燒等方面，也包括動物腸道發酵和糞便^[3]。在《氣候變化2007：聯合國政府間氣候變化專門委員會第四次評估報告》中指出農業部門產生的碳排

放總量是全球溫室氣體總量構成的第二大源泉^[4]。國外學者對於農業碳排放的來源進行了大量研究。Jane M.F. Johnson 對農業生產過程的調查發現的結論，農業生產投入使用的化肥，農業化石燃料的使用均會產生大量的碳排放^[5]。Prashant Rajput 等則是通過研究印度北部的小麥和水稻，發現農戶燃燒農田中的小麥和水稻會導致大量農業碳排放^[6]。Immo Kämpf 等的實證研究，發現農業碳排放的強度與不同氣候的地區土壤有相關的關係，溫帶地區的森林砍伐和農業燃燒會產生大量的碳排放^[7]。

國內對於農業領域的碳排放源的研究較晚，更多關於低碳農業的研究直到2000年以後才興起。趙其國等研究發現農業碳源主要來源於四個方面，主要包括農業生產資料、農業機械化、農產品加工、農田中的廢棄物和秸稈回收等過程中會產生大量的溫室氣體，主要是二氧化氮、甲烷和一氧化氮^[8]。李波等發現碳排放的來源主要是農業生產投入的化學製品，比如農藥、化肥、農膜，以及農業生產過程中翻耕、灌溉以及農業機械化^[9]。田雲和張俊飆等調研湖北省的農業碳排放源，認為農業碳源產生的絕大部分是農業耕作投入使用的化肥、農藥、農膜，以及土地翻耕、農業機耕的柴油等方面^[10]。因此，通過上述農業碳源，基本可以界定農業碳源主要是由以下4類產生：1) 農業生產過程中使用的農業化學製品，主要是農業投入的生產資料：農藥、化肥、農膜、農耕、灌溉等^[9-11]。2) 農業機械化使用的能源產生的農業碳排放^[12]。3) 農業碳源不僅包括農地直接產生，也包括農地間接產生的碳排放^[13]。4) 廣義的農業碳排放，不僅指農地生產產生的溫室氣體，也包括家禽牲畜，農地直接生產過程、農業機械化使用的能源等等^[14-15]。

在厘清出農業碳源後，發現關於農業碳源的測算與影響碳源的因素文獻主要從國家和省級兩個方面為切入點，而主要內容包括以下兩個方面^[9-10, 16-20]。

(1) 關於農業碳排放量的測算。Keith Paustian 發現溫室氣體總量中農業生產活動導致占

五分之一，而且隨著農業生產規模擴張可能加速全球溫室氣體總量的增加，氣候逐漸變暖^[21]。Jane M-F. Johnson 認為農業不合理的生產方式是導致農業碳排放逐年遞增的直接因素^[5]。田雲等發現中國農業碳排放量的變化趨勢為“上升—下降—上升”的特點，對碳排放總量貢獻最大來自於中國糧食主產區的農業大省^[10]。劉治國等、李煒通過對山西省農業碳排放總量的實證研究，發現山西省的碳排放量最是由農田秸稈燃燒導致，而且呈現遞增的趨勢，其中山西省中晉中、運城、臨汾等三個城市碳排放量所占比例較高^[22-23]。高標等通過分析區域農業碳排放量，發現導致白城市碳排放量活躍因素是化肥和水稻種植，總體的農業碳排放量呈現出先遞增後遞減的特徵^[24]。閔吉以吉林省為例，通過測算 1990-2013 年吉林省及 2013 年各州市農地生產投入使用的生產資料的碳排放量，分析了吉林省碳排放量與碳排放強度的變化趨勢，並針對導致吉林省的農業碳排放量增加影響因素提出了減少碳排放強度相關的政策建議^[25]。李賽以農業大省河南省為例，發現河南省農業碳排放量主要來源是化肥的使用和農業機耕等兩方面產生，受其變化而變化，而且農業碳排放強度處在較高水平^[26]。

(2) 農業碳排放影響因素分析。國外學者對農業碳排放影響因素的研究，如學者 L.M. Vleeshouwers 等發現農業碳排放的影響因素包括兩個方面，一是農業生產或者種植過程的模式；二是自然條件的影響，如降水、氣溫、土壤條件^[27]。Michael R. 等主要是研究宏觀因素對農業碳排放量的影響，發現全球碳排放量的強度與經濟總量、人口規模、各國的能源使用效率有相關關係^[28]。P. Fernandez 等以歐盟 27 個國家為研究對象，利用 LMDI 對數分解模型進行了實證研究，表明歐盟 27 國的碳排放量與能源使用效率有關^[29]。Hannah 等通過 LMDI 模型研究發現，農業生產過程使用能源的效率高低在一定程度上影響農業碳排放強度，進而會影響氣候^[30]。Waggoner P.E. 等以丹麥為研究對象，利用 IPAT 模型分析了農作物種植的

產量與農業碳排放量之間的關係^[31]。

國內學者主要通過 LMDI 模型分解農業碳排放驅動因素，因其可以進行加法分解、乘法分解等相互分解，而且操作簡便。張小平等以甘肅省為例，通過 LMDI 模型實證研究分析了影響農業碳排放量的因素，其中農業生產效率越高、產業結構越合理會減少農業碳排放量，而農業經濟發展程度越低和勞動力文化程度越低會增加農業生產過程中的碳排放量^[20]。王妍利用 LMDI 對數分解模型以宏觀層面為視角分析了中國農業碳排放量的影響因素，通過分解發現農業碳排放量受農業經濟發展程度、城鎮化進程以及農業產業結構、勞動力受教育程度的影響^[32]。田雲等以 1996-2009 年武漢市 14 個方面農業生產產生的農業碳排放量測算數據，研究發現農業碳排放量受經濟因素、能源效率、能源結構和人口規模的影響^[33]。堯波等利用碳轉化係數法估算了江西省 2000-2010 年的農業碳排放量，分析了江西省農業碳排放量的變化特徵，以及影響江西省農業碳排放量的因素^[34]。

3.2 農業效率研究綜述

效率最先應用在評價經濟活動，通過比較成本和收益的關係得到效率值。從評價經濟活動延伸到評價生產過程，比較投入和產出的關係。評價某單元的生產過程中有效率，可以指該單元在生產過程中投入的資源得到了最優的利用，也可以是指產出的產量得到了最大化，稱之為有效性^[35]。對於生產效率的定義，國外很多組織對此有很多相關的闡述，包括世界可持續發展委員會、經濟發展合作組織、歐洲環境署、聯合國貿易與發展會議等機構^[36]。

國內外對於農業生產效率的研究集中在農業生產效率測算、農業生產效率收斂性和農業生產效率影響因素等三個方面，以及其他方面的內容，包括農業生產效率與可持續發展之間的關係，如李周、於法穩、馬鳳才等、周腰華、周亞光^[37-39]。

(1) 農業生產效率測算

通過梳理國內外對於農業生產效率的測算相關的文獻，包含了農業生產效率測算的方法，以及從微觀、地區及宏觀角度分析農業生產效率。首先對於農業生產效率測算的方法，國外學者主要採用的方法是非參數和參數生產率的分析方法。Ball 等分析了美國和歐洲 9 個國家近 20 年的農業生產率，研究發現農業生產效率的提升可以通過增加資本投入的途徑^[40]。Ajibefun 和 Aderinola 以尼日利亞為研究對象，發現糧食作物的生產效率中具有決定性的作用是受國家政策的影響^[41]。Bravo-Ureta 等測算了各大洲的一些國家的農業技術效率，並對比分析 167 個國家的農業技術效率^[42]。Dubey 等對比分析了美國俄亥俄州與印度旁遮普省的農業效率，發現俄亥俄州的農業效率整體高於印度旁遮普省^[43]。Lio MC 等則通過實證研究分析了國家的農業政策與農業效率兩者之間的關係^[44]。

國內學者在測算傳統農業生產率，主要是以隨機前沿生產函數和數據包絡分析方法為主。郭軍華等研究了影響農業生產效率的因素，包括城市化進程、勞動力受教育程度、農村居民人均純收入、農業受災率和政府的財政支農水平，發現前兩者與農業生產效率的關係是正向促進的，而其餘的影響因素對農業生產效率有著阻礙的作用^[45]。車維漢等通過對比中國農業生產率與其他國家的農業生產率，發現農業生產過程中的資源配置對農業生產效率有很大的影響^[46]。彭代彥等我國農業技術效率進行了實證研究，發現我國農業技術效率整體偏低，而且受到勞動力結構和老齡化的影響^[47]。楊剛等通過運用空間面板模型進行實證研究，發現農業生產效率在空間上呈現正相關性，並呈現空間集聚的特點^[48]。後期的一些文獻在研究農業生產效率考慮了資源和環境的影響，統稱為資源和環境約束下農業生產效率。傅東平等以廣西各地級市為例，通過 Malmquist-DEA 模型分析了 2006-2014 年各地級市農業生產效率，發現廣西農業全要素增長率先下降後上升的特點，農業生產率在考察期間存在收斂的特性^[49]。李博等是在碳排放約束下，運用非期望產出的 SBM 模型，

得到了中國農業生產效率，發現絕大部分地區的農業生產效率差異性較大，並且到達有效率的省份較少^[16]。朱紀廣等通過 DEA 模型分解為農業綜合效率、純技術效率和規模效率，發現 2000-2010 年黃淮海平原多數縣域的農業規模效率處在遞增的階段，而且農業綜合效率達到 1 的縣域較多^[50]。賀正楚等實證研究發現我國農業生產在很多地區技術效率不高，只有 5 個省市的農業生產效率達到了有效率^[51]。吳昊運用 Malmquist-DEA 模型分析了我國 2003-2012 年各省的農業生產效率，分析了各省的靜態農業生產效率和動態農業生產效率，並對其進行差值分析^[52]。田雲等在運用 DEA-Malmquist 模型測算中國各省農業生產效率，包含了好的產出和壞的產出^[53]；潘丹等改進了 SBM 模型對中國農業生產效率進行了研究，並從投入冗餘率和產出不足率等兩個方面提出了改進效率的政策建議^[54]。楊俊等通過 DEA 模型中方向性距離函數和生產率指數測算了我國三大區域的農業環境效率^[55]。沈能等在結合 DEA 模型和共同前沿函數法分析了不同環境和技術下我國農業生產效率的地區差異、空間特徵^[56]。潘丹等在測算的農業生產效率包含了農戶在生產實踐中對環境造成的污染，對此給出了相應的政策建議^[57]。劉志成等通過組合 DEA 模型，將傳統的 DEA 測算方法和 SBM-Undesirable 模型結合一起，分析了湖南省 2004-2013 年的農業生產效率，造成農業生產效率損失的原因是農業生產過程中較多地使用了化學製品^[58]。其他方法如朱玉林等運用了能值分析法研究了湖南農業生態系統、吳小慶等將 AHP 方法和 DEA 方法結合分析無錫市農業生產的環境污染^[59-60]。

（2）農業生產效率影響因素研究

影響農業生產效率的影響很多，通過梳理文獻影響因素基本選定在宏觀因素，包括農業結構變遷、勞動力受教育水平、經濟發展水平、政府的財政支農水平、產業結構，以及農地流轉對農業生產效率的影響。

在研究農業結構變遷對農業生產效率的影響，

認為是農業生產效率進步的重要因素，如 Fan, Lin 和 Kalirajan 等^[61-63]。鄭晶等和黃少安等分別從我國農村經濟制度變遷和土地制度分析了對我國農業生產率及農業全要素生產率的影響^[64-65]。Huang Kalirajan 研究了影響我國農業全要素生產率的因素，除了從農業投入的角度可以提升農業全要素生產率，還可以從提升農戶勞動力資本和市場化改革這兩個方面著手^[66]。

除此之外，還有一部分學者研究了農戶生產規模、農村基礎設施建設、農業的研究和開發等方面入手研究對農業全要素生產率的影響，如 Fan 和 Pardey、Sen、李谷成、王紅林等^[67-70]。梁流濤等則從農業生產結構變動和農業生產投入的程度分析對農業生產效率的影響^[71]。韓海彬在分析對農業生產效率的影響因素中，有正向促進作用的因素是農業經營收入占比、政府的農業政策、勞動力受教育水平；有著負向阻礙的作用的因素是農戶的人均可支配收入、當地農村的工業化程度^[72]。梅國平等分析了 29 個省 10 年的農業全要素生產率，呈現區域差異性，在影響因素研究中同時考慮外商直接投資、科技創新程度、產業結構等因素^[73]。程翠雲等通過實證研究發現不同地區的生態效率高低受制於當地的自然資源和資源稟賦，而且勞動力資源和環境因素在不同時期對當地的生態效率起的作用也不一樣；優化農資投入和加大對農業的政策支持可以促進生態效率^[74]。楊騫等通過分析農業水資源利用效率的問題，發現農業水資源利用效率的高低取決於當地基礎設施條件狀況和環境規章制度^[75]。洪開榮等通過網絡 DEA 模型測算了農業生態效率，並發現區位條件、自然條件和地理位置對農業生態系統有較大的影響，人均農業 GDP、農業機械化密度對農業生態效率起著正向的促進作用，而受災率、工業化發展水平、農業市場化程度、財政支農力度對農業生態效率起著負向的阻礙作用^[76]。從農地流轉的角度研究對農業生產率的間接影響，如劉衛柏等分析了加速農地流轉，進而提升農戶的勞動生產效率，最終對農業生產效率起著積極作用^[77]。戚焦耳等

分別分析農地流轉中轉入和轉出對農業生產效率的影響，農地流轉轉入的農戶相比農地流轉轉出的農戶農業生產效率要更高^[78]。田雲等通過 Tobit 模型分析了農村基礎教育條件、經濟發展水平以及政府的財政政策對農業碳排放的影響^[53]。龐家幸和陳玉華從全國層面與個省分別研究了農業生產效率及其影響因素^[35, 79]。

（3）農業生產效率收斂性研究

關於農業生產效率收斂性的研究較少，較多的收斂性文獻研究集中在農業全要素生產率的收斂性。通過梳理相關文獻，發現學者對於同一個地區的農業生產效率的研究結論差異較大。有的學者認為存在收斂，有的學者認為不存在收斂。Lamber 和 Parker 研究發現我國農業生產效率存在區域差異，並在不同時期表現出不同的特點，特別是在我國實行改革開放和正式確立市場經濟制度時期，我國農業生產效率增長明顯^[80]。田偉等檢驗了 1998-2010 年全國和區域的農業技術效率收斂性，認為我國農業技術效率的差異不會隨著時間的變化而自動消失，不存在 σ 收斂^[81]。潘丹等通過收斂性檢驗我國農業生產效率，在 1998-2009 年考察期間中國農業經濟的農業全要素生產率指數僅僅存在條件收斂，收斂性跟特定地區的條件有關，不存在其他方式收斂^[57]。韓海彬等檢驗了 1993-2010 年我國 29 個省份的農業環境全要素生產率指數的收斂性，研究發現我國農業生產效率是收斂的，存在絕對 σ 和條件 β 收斂^[72]。

3.3 全要素生產率研究綜述

全要素生產率最早是由 Solow 提出，相比單要素生產率能同時考慮勞動力、資本和土地等要素對產出的貢獻率，而且能解釋技術進步對產出的貢獻，因此得到了大量的應用，並延伸到了很多研究領域，並與經濟增長的理論結合。農業全要素生產率，是研究農業經濟增長的源泉，考慮勞動力、土地、資本等投入要素對農業經濟增長貢獻，與此同時，也可通過分析獲得農業技術進

步對農業經濟增長的貢獻。對於農業全要素生產率的研究，主要集中在對於農業全要素生產率測算的研究，對於農業全要素生產率的收斂性的研究，以及對於農業全要素生產率的影響因素研究。

（1）農業全要素生產率測算研究

農業全要素生產率進步被認為是農業經濟增長的基礎，也一直成為國內外許多農業經濟學家研究的重點。Griliches 與 Alston、Jorgenson 和 Gollop 等對美國農業全要素生產率進行研究，都認為農業全要素生產率對美國農業經濟產出貢獻很大，甚至貢獻率達到了 82%。以及後來的學者包括 McMillan 等，Lambert 和 Bayda 也對此進行了研究^[82-83]。除了美國農業全要素生產率的相關問題研究，也包括日本農業經濟增長和印度農業全要素生產率的研究，如學者 Hayami 和 Rutta、Rosegrant 和 Evenson，均認為農業經濟增長的動力來源於全要素生產率的進步，特別是技術進步。對其他國家的研究，如巴基斯坦、東非一些國家、北歐的丹麥和中歐的瑞士中農業生產全要素生產率的研究，包括學者 A.Parikh 等、Heshmati 和 Mulugeta 以及 J.F.Agger 等^[84-86]。除此之外，很多國外學者也對中國農業全要素生產率進行了研究，特別是中國確認家庭聯產承包責任制以來，對中國農業生產效率增長的貢獻達到了 78%。Wen 也對中國家庭聯產承包責任制以來的 1979-1984 年對中國農業生產效率提升近 50%^[87]。Kalirajan 等也得出了類似的結論，但是認為這段期間推動農業全要素生產率增長的動力不在於農業技術進步，而是在於農業技術效率的進步^[63]。

國內學者對農業全要素生產率的研究，如 Xin 和 Qin 通過測算中國 1987-2005 年農業全要素生產率，發現東部地區的最高，中部地區其次，西部地區最低^[88]。Hou Linke 等以縣域層面出發，以我國 1924 個縣為研究樣本，對 1995 年到 1999 年的農業全要素生產率進行了分析^[89]。

（2）農業全要素生產率收斂性研究

農業全要素生產率收斂性是研究各地區的農業全要素生產率差異是否會隨著時間推移而自動

消失，或者這種差異是否於特定的條件有關，以及這種差異是否長期存在。簡而言之是研究不同地區是否存在追趕趨勢和趨同效應。

國內外關於農業全要素生產率的研究文獻成果較豐富，集中討論存在何種收斂和收斂速度。Bernard 和 Jones 檢驗了歐盟在十七年間十四個國家農業全要素生產率的收斂性，結果顯示存在 σ 收斂和絕對 β 收斂，收斂速度為 6.5%^[90]。McCunn 和 Huffman 檢驗了美國農業全要素生產率收斂性，發現美國 42 個州的農業全要素生產率存在條件 β 收斂，收斂平均速度為 10.1%，並發現影響收斂速度的關鍵因素是農業研發的投入程度和從事農業生產的勞動力素質^[91]。Martin 和 Mitra 擴大了研究對象範圍，是以 51 個國家的農業全要素生產率為樣本，檢驗農業全要素生產率是否存在收斂性，而且研究認為農業部門的科研投入影響農業全要素生產率的收斂速度，農業全要素生產率的收斂速度快於這些國家製造業收斂速度^[92]。Alexiadis 研究發現歐盟一些國家的農業全要素生產率存在俱樂部收斂的特徵，一些國家呈現出相同的特徵^[93]。A.N. Rezitis（2010）分析檢驗了美國和歐盟九個國家的農業全要素生產率指數，但是相比測算方法有了改進，用窗口 Malmquist 指數的方法，研究發現樣本期間呈現的收斂性不一致，有顯著的時間差異^[94]。Liu 等實證研究發現美國農業全要素生產率僅存在絕對 β 收斂和條件 β 收斂，不存在 σ 收斂^[95]。

McErlean 和 Wu 以我國 1985 到 2000 年期間的農業全要素生產率為研究樣本，結果顯示直到 1992 年我國農業全要素生產率才呈現出收斂的趨勢，但是收斂的速度較慢，僅為 3.1%^[96]。

國內學者在測算農業全要素生產率的方法主要是以參數和非參數的方法為主，在此基礎上對我國或者地區的農業全要素生產率進行檢驗，研究成果較多。趙蕾等研究發現中國農業全要素生產率存在收斂的特徵，即使中國農業全要素生產率表現出了時間、省份等差異，但是仍然存在收斂^[97]。石慧等採用了隨機前沿生產函數分析中國 1985-2005

年 28 個省份的農業生產績效的動態表現，研究發現八大地區全要素生產率 and 技術進步均為正增長，規模效率呈現出較明顯的負增長；配置效率的波動是農業全要素生產率波動的首要推動力^[98]。田偉等首先是通過非參數的模型方法測算了我國農業技術效率，研究發現各個區域之間的差距擴大，沒有收斂的特徵，但是區域內部之間卻表現出不同的收斂特徵^[81]。馬述忠等測算了我國農業生產率的並在此基礎上繼續探究了我國農業技術效率的收斂特徵，結果顯示有收斂的趨勢，並呈現出逐步增強的特點^[99]。樂義君等研究發現我國農業全要素生產率存在追高趨勢，即農業全要素生產率較低的地區對農業全要素生產率較高的地區有追趕趨勢，並且地區之間的差距在縮小^[100]。

（3）農業全要素生產率影響因素研究

雖然農業全要素生產率的影響因素多種多樣，但國內及海外學者的主要研究包括農業內部結構、農業制度、農業價格政策、人力資本等因素。Peneder M. 研究發現表明，提升整個農業部門的全要素生產率的重要因素之一是生產率較高的要素流動到農業部門，因此要調整農業部門中生產要素流動^[101]。Lin 研究了農業制度對農業全要素生產率的影響，結果顯示變革或創新傳統農業制度是促進農業全要素生產率的增長的一個重要因素^[62]。Daniel C. Monchuk（2009）研究了價格調控對農業全要素生產率的影響，結果顯示設定合理的價格對優化市場要素配置和流動起積極作用，進而可以促進農業全要素生產率的提升，價格過高反而對農業全要素生產率產生不良影響^[102]。除此之外，Appleton 等人認為提升農業中人力資本，也直接提升了農業勞動者的勞動效率，在市場信息收集、日常管理、農業資源配上更有效率，進而提升農業全要素生產率^[103]。

國內學者對農業全要素生產率的研究雖不多，但涉及到了除農業領域的其他領域，如：工業全要素生產率、海洋經濟全要素生產率、經濟全要素生產率的影響因素。潘丹等選定了投資開發度、農村基礎生產設施建設、城鄉收入差距、農產品

價格政策等影響因素對農業綠色全要素生產率的影響，發現農業的投資開放度越大、農村基礎設施建設越完善更能提升農業綠色全要素生產率，但是當城鄉收入差距越大、農產品價格政策不合理會導致農業綠色全要素生產率的損失^[104]。陳超凡建立了 SYS-GMM 動態面板模型研究了投資開放度和企業規模對工業綠色全要素生產率的影響，結果表明兩者對其影響並不明顯，但優化工業企業的產權結構、提升工業生產技術卻對工業綠色全要素生產率起著積極作用^[105]。丁黎黎等研究了工業規模、管理水平、技術創新、海洋產業結構優化對海洋經濟綠色全要素生產率的影響，發現僅有工業規模對其起著負面顯著的作用，其他影響因素均對其起著顯著的積極作用^[106]。汪鋒等通過研究我國 30 個省市的綠色全要素生產率的影響因素，發現外商直接投資反而降低了我國綠色全要素生產率，但是市場化程度、教育普及程度、產業結構升級對我國綠色全要素生產率起著顯著的積極作用^[107]。

4. 總結

4.1 文獻綜述

通過梳理以上相關的文獻綜述，發現農業碳排放源主要是通過測算農業在生產過程中投入的生產資料，包括化肥、農藥、農膜，以及農業機械使用的能源、灌溉、翻耕等幾個方面產生的碳排放，而且多數是從宏觀層面進行研究。農業碳排放源由於在測量技術手段的限制，很難去統計其他經濟作物或者森林對碳匯的吸收量，因此碳排放量測算估算肯定存在偏差。農業生產效率的研究包括農業生產效率測算、收斂性分析、影響因素研究，有的學者從微觀出發，研究單個農戶的生產效率；有的學者從宏觀層面、地區層級去研究農業生產效率。對於農業生產效率的測算以數據包絡分析法為主，但是得到效率也有差異，原因在於有的

學者在測算農業生產效率考慮了資源和環境的影響，有的學者忽略了資源和環境的影響。尤其是在中國農業生產效率是否存在收斂性存在爭議。在影響因素研究中，很多學者肯定了農業制度變遷、農業結構的調整對農業生產效率的積極作用，但是對於農村家庭人均收入、城鎮化進程、工業化發展水平對農業生產效率的影響結論不一致。對農業全要素生產率的測算方法和測算基本與農業生產效率得到的結論有很多相似之處，但是對於影響農業全要素生產率的因素研究文獻不多。

4.2 “農業綠色生產率”及“綠色全要素生產率”的重新定義

本文中的核心概念是農業綠色生產率及綠色全要素生產率。王利提出，1998年聯合國環境署第五次國際清潔生產高級研討會上，“綠色生產率”（Green Productivity, GP）的概念在《國際清

潔生產宣言》中首先提出^[108]。此後，隨著生產過程中資源枯竭以及環境惡化的問題日益嚴重，諸多國內外學者評價經濟效益時，開始把資源和環境因素納入到研究範圍中。亞洲生產率組織將“綠色生產率”的概念闡述為“通過生產技術以及管理水平的提升，生產環保產品、服務，從而達到環境保護的戰略以及提高生產率”。

從上述定義中可以看出：與傳統的生產率相比，綠色生產率是扣除對自然資源的消耗和環境破壞後的生產率水平。基於此，本文將“農業綠色生產率”定義為：將資源消耗和環境污染因素納入研究範圍內的農業生產率水平。“綠色全要素生產率”定義為：在傳統以資源為投入要素、以生產總值等為期望產出核算全要素生產率的基礎上，將污染排放（碳排放）作為非期望產出，歸入到測算生產率體系之內，從而得到的全要素生產率為綠色全要素生產率。

參考文獻

- [1] 冉光和，王建洪，王定祥. 我國現代農業生產的碳排放變動趨勢研究. 農業經濟問題, 2011, 32(2): 32-38.
- [2] 董紅敏，李玉娥，陶秀萍，等. 中國農業源溫室氣體排放與減排技術對策. 農業工程學報, 2008, 24(10): 269-273.
- [3] 夏慶利. 基於碳匯功能的我國農業發展方式轉變研究. 生態經濟, 2010(10): 106-109.
- [4] 秦大河，羅勇，陳振林等. 氣候變化科學的最新進展：IPCC 第四次評估綜合報告解析. 氣候變化研究進展, 2007, 3(6): 311-314.
- [5] Jane M-F. Johnson, Alan J.F., Sharon L.W., Donald C.R. Agricultural Opportunities to Mitigate Greenhouse Gas Emissions. Environmental Pollution, 2007, 150(6): 107-124.
- [6] Prashant Rajput, M. Sarin. Polar and non-polar organic aerosols from large-scale agricultural-waste burning emissions in Northern India: Implications to organic mass-to-organic carbon ratio Original Research. Chemosphere, 2012, 103(5): 74-79.
- [7] Kämpf I., Hälzel N., Stärrle M. Potential of temperate agricultural soils for carbon sequestration: A meta-analysis of land-use effects. Science of the Total Environment, 2016, 566(10): 428-435.
- [8] 趙其國，錢海燕. 低碳經濟與農業發展思考. 生態環境學報, 2009, 18(5): 1609-1614.
- [9] 李波，張俊飆，李海鵬. 中國農業碳排放時空特徵及影響因素分析. 中國人口·資源與環境, 2011, 21(8): 80-86.
- [10] 田雲，張俊飆，李波. 湖北省農地利用碳排放時空特徵與脫鉤彈性研究. 長江流域資源與環境, 2012, 21(12): 1514-1519.
- [11] 張志高，袁征，李貝歌，等. 基於投入視角的河南省農業碳排放時空演化特徵與影響因素分解. 中國農業資源與區劃, 2017, 38(10): 152-161.
- [12] 李國志，李 宗 植. 中國農業能源消費碳排放因素分解實證分析——基於LMDI模型. 農業技術經濟, 2010(10): 66-72.
- [13] 李俊傑. 民族地區農地利用碳排放測算及影響因素研究. 中國人口·資源與環境, 2012, 22(9): 42-47.
- [14] 曹俊文，曹玲娟. 江西省農業碳排放測算及其影響因素分析. 生態經濟, 2016, 32(7): 66-68.
- [15] 楊紅娟，李明雲，劉紅琴. 農業碳排放特徵及影響因素分析——以雲南為例. 生態經濟, 2015, 31(10): 76-78.
- [16] 李博，張文忠，餘建輝. 碳排放約束下的中國農業生產效率地區差異分解與影響因素. 經濟地理, 2016, 36(9): 150-157.
- [17] 黃祖輝，米松華. 農業碳足跡研究——以浙江省為例. 農業經濟問題, 2011(11): 40-47.
- [18] 楊鈞. 中國農業碳排放的地區差異和影響因素分析. 河南農業大學學報, 2012, 46(3): 336-342.

- [19] 高標, 房驕, 許清濤, 等. 吉林省農業碳排放動態變化及驅動因素分析. 農業現代化研究, 2013, 34(5): 617-621.
- [20] 張小平, 王龍飛. 甘肅省農業碳排放變化及影響因素分析. 乾旱區地理, 2014, (05): 1029-1035.
- [21] Keith Paustian, Vernon Cole C. CO₂ Mitigation by Agriculture: An Overview. *Climatic Change*, 1998, 40: 135-162.
- [22] 劉治國, 張紅, 李煒, 等. 山西省農業碳排放總量及時空特徵研究. 中國農學通報, 2017(08): 124-129.
- [23] 李煒. 山西省農業溫室氣體排放量估算及影響因素分析[D]. 山西: 山西大學, 2014.
- [24] 高標, 房驕, 許清濤, 等. 白城市農業碳排放動態變化與碳減排潛力分析. 中國農機化學報, 2016, 37(9): 195-203.
- [25] 閻吉. 吉林省農業碳排放特徵及影響因素分析[D]. 吉林: 吉林農業大學, 2016.
- [26] 李賽. 河北省農業碳排放預測與減排路徑設計[D]. 河北: 河北地質大學, 2016.
- [27] L.M. Vleesholwers, A. Verhagen. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model Study for Europe. *Global Change Biology*, 2002 (8): 519-530.
- [28] M.R. Raupach, G. Marland, P. Ciais et al. Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(24): 10288-10293.
- [29] P. Fernandez Gonzalez, M. Landajo, M.J. Presno. The driving forces behind changes in CO₂ emission levels in EU-27. Differences between member states. *Environmental science & policy*, 2014, 38: 11-16.
- [30] Hannan Foerdter, Katja Schumacher, Enrica DE CIAN et al. European energy efficiency and decarbonization strategies beyond 2030 - A sectoral multi-model decomposition. *Climate change economics*, 2013, 4(Suppl.1): 1340004.1-1340004.29.
- [31] Waggoner P.E., Ausubel J.H. A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(12): 7860-7865.
- [32] 王妍. 中國農業碳排放時空特徵及空間效應研究[D]. 雲南: 雲南財經大學, 2017.
- [33] 田雲, 李波, 張俊飆. 武漢市碳排放的測算及影響因素分解研究. 地域研究與開發, 2011, 30(5): 88-92.
- [34] 堯波, 鄭豔明, 等. 江西省縣域農業碳排放的時空動態及影響因素分析. 長江流域資源與環境, 2014, 23(3): 311-318.
- [35] 龐家幸. 中國農業生產效率研究[D]. 蘭州: 蘭州大學, 2016.
- [36] 孫露, 耿湧, 等. 基於能值和數據包絡分析的城市複合生態系統生產效率評估[J]. 生態學雜誌, 2014(02): 462-468.
- [37] 李周, 於法穩. 西部地區農業生產效率的分析. 中國農村觀察, 2005, (6): 2-9.
- [38] 馬鳳才, 趙連閣, 任瑩. 黑龍江省農業生產效率分析. 農業技術經濟, 2008, (2): 91-92.
- [39] 周腰華, 周亞光. 1996-2007 年遼寧省 14 個市農業生產效率分析與比較. 瀋陽農業大學學報(社會科學版), 2009, (3): 259-260.
- [40] Ball V.E., Nehring R. Levels of Farm Sector Productivity: An International Comparison. *Journal of Productivity Analysis*, 2001, 15(1): 5-29.
- [41] Ajibefun I., Aderinola E., editors. Determinants of technical efficiency and policy implications in traditional agricultural production: empirical study of Nigerian food crop farmers. Final Report Presentation at Bi-annual Research Workshop of African Economic Research Consortium Nairobi, Kenya; 2004.
- [42] Bravo-Ureta B.E., Solís D., López V.H. M., et al. Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2007, 27(1): 57-72.
- [43] Dubey A., Lal R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India, and Ohio, USA. *Journal of Crop Improvement*, 2009, 23(4): 332-350.
- [44] Monchi L., Hu J.L. Governance and agricultural production efficiency: a cross-country aggregate Frontier analysis. *Journal of Agricultural Economics*, 2009, 60(1): 40-61.
- [45] 郭軍華, 倪明, 李幫義. 基於三階段 DEA 模型的農業生產效率研究[J]. 數量經濟技術經濟研究, 2010, (12): 27-38.
- [46] 車維漢, 楊榮. 技術效率、技術進步與中國農業全要素生產率的提高——基於國際比較的實證分析. 財經研究, 2010, 36(3): 113-123.
- [47] 彭代彥, 吳翔. 中國農業技術效率與全要素生產率研究——基於農村勞動力結構變化的視角. 經濟學家, 2013(9): 68-76.
- [48] 楊剛, 楊孟禹. 中國農業全要素生產率的空間關聯效應——基於靜態與動態空間面板模型的實證研究. 經濟地理, 2013, 33(11): 122-129.
- [49] 傅東平, 王鑫. 農業生產效率、收斂性與氣候變化——以廣西為例. 生態經濟, 2017(05): 155-159.
- [50] 朱紀廣, 李二玲, 李小建, 等. 黃淮海平原農業綜合效率及其分解的時空格局. 地理科學, 2013(12): 1458-1466.
- [51] 賀正楚, 吳豔, 周震虹. 我國各省市農業投入與產出的效率評價. 經濟地理, 2011(06): 999-1002.
- [52] 吳昊. “兩型農業”視角下我國農業生產效率研究[D]. 陝西: 西北農林科技大學, 2016.
- [53] 田雲, 張俊飆, 吳賢榮, 等. 碳排放約束下的中國農業生產率增長與分解研究. 乾旱區資源與環境, 2015, 29(11): 7-12.
- [54] 潘丹, 應瑞瑤. 環境污染約束下農業生產率增長地區差異及其動態分佈演進. 中國科技論壇, 2013, 1(05): 60-67.
- [55] 楊俊, 陳怡. 基於環境因素的中國農業生產率增長研究. 中國人口·資源與環境, 2011, 21(6): 153-157.
- [56] 沈能, 周晶晶, 王群偉. 考慮技術差距的中國農業環境技術效率庫茲涅茨曲線再估計: 地理空間的視角. 中國農村經濟, 2013(12): 72-83.
- [57] 潘丹, 應瑞瑤. 中國農業生產效率評價方法與實證——基於非期望產出的SBM模型分析. 生態學報, 2013(12): 3837-3845.
- [58] 劉志成, 張晨成. 湖南省農業生態效率評價研究——基於 SBM-undesirable 模型與CCR 模型的對比分析. 中南林業科技大學學報(社會科學版), 2015, 9(6): 32-36.
- [59] 朱玉林, 周傑, 李莎, 等. 基於能值理論的湖南農業生態經濟系統生態效率分析. 湖南科技大學學報(社會科學版), 2011, 14(6): 86-89.
- [60] 吳小慶, 王亞平, 何麗梅, 等. 基於 AHP 和 DEA 模型的農業生態效率評價——以無錫市為例. 長江流域資源與環境, 2012, 21(6): 714-719.
- [61] Fan S. Effects of technological change and institutional reform on production growth in Chinese agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 73(2): 266-275.
- [62] Lin J.Y. Rural Reforms and Agricultural Growth in China. *American Economic Review*, 1992, 82(1): 34-51.
- [63] Kalirajan K. P., Obwona M. B., Zhao S. A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: The Case of Chinese Agricultural Growth before and after Reforms. *American Journal of Agricultural Economics*, 1996, 78(2): 331-338.

- [64] 鄭晶, 沮思美. 制度變遷對我國農業增長的影響. 1988-2005. 改革, 2007, (7): 40-47.
- [65] 黃少安, 孫聖民, 宮明波. 中國土地產權制度對農業經濟增長的影響——對 1949-1978 年中國大陸農業生產效率的實證分析. 中國社會科學, 2005(3): 48-61.
- [66] Huang Y., Kalirajan K.P. Potential of China's grain production: evidence from the household data. *Agricultural Economics*, 1997, 17(2-3): 191-199.
- [67] Fan S., Pardey P.G. Research, productivity, and output growth in Chinese agriculture. *Journal of Development Economics*, 1997, 53(1): 115-137.
- [68] Sen A.K. Peasants and Dualism with or without Surplus Labor. *The Journal of Political Economy*, 1966(5): 425-450.
- [69] 李谷成. 技術效率、技術進步與中國農業生產率增長[J]. 經濟評論, 2009, (2): 60-68.
- [70] 王紅林, 張林秀. 農業可持續發展中公共投資作用研究——以江蘇省為例. 中國軟科學, 2002, (10): 21-25.
- [71] 梁流濤, 曲福田, 馮淑怡. 基於環境污染約束視角的農業技術效率測度. 自然資源學報, 2012(9): 1580-1589.
- [72] 韓海彬. 中國農業環境技術效率及其影響因素分析. 經濟與管理研究, 2013(9): 61-68.
- [73] 梅國平, 甘敬義, 朱清貞. 資源環境約束下我國全要素生產率研究. 當代財經, 2014(7): 13-20.
- [74] 程翠雲, 任景明, 王如松. 我國農業生態效率的時空差異. 生態學報, 2014, 34(1): 142-148.
- [75] 楊騫, 劉華軍. 污染排放約束下中國農業水資源效率的區域差異與影響因素. 數量經濟技術經濟研究, 2015(1): 114-128.
- [76] 洪開榮, 陳誠, 豐超等. 農業生態效率的時空差異及影響因素. 華南農業大學學報(社會科學版), 2016, 15(2): 31-41.
- [77] 劉衛柏, 鄭愛民, 彭魏倬加, 等. 農村土地流轉與勞動生產率變化——基於CIRS調查數據的實證分析. 經濟地理, 2017(12): 195-202.
- [78] 戚焦耳, 郭貫成, 陳永生. 農地流轉對農業生產效率的影響研究——基於DEA-Tobit模型的分析. 資源科學, 2015(09): 1816-1824.
- [79] 陳玉華. 雲南省農業生產效率及其影響因素研究[D]. 雲南: 雲南農業大學, 2017.
- [80] Lambert D. K., Parker E. Productivity in Chinese Provincial Agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 2010, 49(3): 378-392.
- [81] 田偉, 柳思維. 中國農業技術效率的地區差異及收斂性分析——基於隨機前沿分析方法. 農業經濟問題, 2012, (12): 11-18.
- [82] Mc Millan, et al. The Impact of China's Economic Reforms on Agricultural Productivity Growth. *The Journal of Political Economy*, 1989, 97(4): 781-807.
- [83] D.K. Lambert, V.V. Bayda. The Impacts of Farm Financial Structure on Production Efficiency. *Journal of Agricultural & Applied Economics*, 2005, 37 (1): 277-289.
- [84] A. Parikh, et al. Measurement of Technical Efficiency in the North-West Frontier Province of Pakistan. *Journal of Agricultural Economics*, 1994, 45(1): 132-138.
- [85] A. Heshmati, Y. Mmulugeta. Technical efficiency of the Ugandan matoke farms. *Applied Economics Letters*, 1996, 3(7): 491-494.
- [86] J.F. Agger, L.G. Lawson, M. Lund, T. Coelli. Lameness, Metabolic and digestive disorders, and technical efficiency in Danish dairy herds: a stochastic frontier production function approach. *Livestock Production Science*, 2004, 91(1-2): 157-172.
- [87] Wen G.J. Total Factor Productivity Change in China's Farming Sector: 1952-1989. *Economic Development and Cultural Change*, 1993, 42(1): 1-41.
- [88] Xin Xiangfei, Qin Fu. Decomposition of Agricultural Labor Productivity Growth and its Regional Disparity in China. *China Agricultural Economic Review*, 2011, 3(1): 92-100.
- [89] Hou Linke, Zhang Yanjie, Zhan Jinyan. Marginal Revenue of Land and Total Factor Productivity in Chinese Agriculture: Evidence from Spatial Analysis. *Journal of Geographical Science*, 2012, 22(1): 167-178.
- [90] Bernard A. and Jones C.I. Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement across Industries and Counties. *American Economic Review*, 1996, 86(5): 1216-1238.
- [91] McCunn A., Huffman W. Convergence in U.S. Productivity Growth for Agriculture: Implications of Interstate Research Spillovers for Funding Agricultural Research. *American Journal of Agricultural Economics*, 2000, 82: 370-388.
- [92] Martin W., Mitra D. Productivity growth and convergence in agriculture versus manufacturing. *Economic Development and Cultural Change*, 2001, 49(2): 403-22.
- [93] S. Alexiadis. Convergence in Agriculture: Evidence from the European Regions. *Agricultural Economics Review*, 2010, 23(11): 84-96.
- [94] A.N. Rezitis. Agricultural productivity and convergence: Europe and the United States. *Applied Economics*, 2010, 42(8), 1029-1044.
- [95] Liu Yucan, C.R. Shumway. Productivity growth and convergence in US agriculture: new cointegration panel data results. *Applied Economics*, 2011, 43(1): 91-102.
- [96] McErlean and Wu. Regional agricultural labor productivity convergence in China. *Food Policy*, 2003, 28(3): 237-252.
- [97] 趙蕾, 王懷明. 中國農業生產率的增長及收斂性分析. 農業技術經濟, 2007(02): 93-98.
- [98] 石慧, 孟令杰, 王懷明. 中國農業生產率的地區差距及波動性研究——基於隨機前沿生產函數的分析. 經濟科學, 2008(03): 20-33.
- [99] 馬述忠, 馮哈. 中國農業生產的技術效率衰退會終結嗎?——基於開放與收斂視角的考察. 中國農業科學, 2012, 45(15): 3189-3196.
- [100] 樂義君, 任傑. 我國農業全要素能源效率及其收斂性研究. 中國農業資源與區劃, 2014, 35(05): 20-24.
- [101] Peneder M. Structural Change and Aggregate Growth. WIFO Working Paper, 182, Vienna, 2002.
- [102] Daniel C. Monchuk. The non-efficiency analysis of agricultural productivity in China. *World Economic Papers*, 2009, 2: 47-56.
- [103] Appleton S., Balihuta A.. Education and agricultural productivity: Evidence from Uganda. *International Development*, 2007, 8: 415-444.
- [104] 潘丹, 應瑞瑤. 中國農業全要素生產率增長的時空變異: 基於文獻的再研究. 經濟地理, 2012, 32(07): 113-117+128.
- [105] 陳超凡. 中國工業綠色全要素生產率及其影響因素——基於ML生產率指數及動態面板模型的實證研究. 統計研究, 2016, 33(03): 53-62.
- [106] 丁黎黎, 朱琳, 何廣順. 中國海洋經濟綠色全要素生產率測度及影響因素. 中國科技論壇, 2015, (02): 72-78.
- [107] 汪鋒, 解晉. 中國分省綠色全要素生產率增長率研究. 中國人口科學, 2015(02): 53-62+127.
- [108] 王利. 我國農業綠色全要素生產率的測度及其影響因素研究[D]. 安徽: 安徽財經大學, 2017.