中国農業生産費データの制約を考慮した総合生産性の簡便計測方法

—綿花作への適用例—

近藤 功庸^{1)*}・胡 林軒²⁾・澤内 大輔³⁾・山本 康貴³⁾

Total Factor Productivity of China's Agriculture under Data Availability Limitation: Case Study of Cotton Production

Katsunobu Kondo^{1)*}, Linxuan Hu²⁾, Daisuke Sawauchi³⁾ & Yasutaka Yamamoto³⁾

China plays a major role in global cotton markets and lower cotton imports by China could reduce global cotton prices significantly. In this study, we provide a methodology for total factor productivity

(TFP) of China's agriculture under data availability limitation. As a case study, we apply this TFP methodology to cotton production.

キーワード：中国，総合生産性，綿花作，データ制約

1. はじめに

中国の農産物輸入動向は、国際市場において、農産物価格の大幅な変動など極めて甚大なインパクトを与える。このことから、中国農業の動向は日本をはじめ世界的に重要な含意を有する。言うまでもなく、中国国内の膨大な農産物需要を満たすためには、中国の農業生産性を向上させ、中国国内における農産物の供給増大を図ることが必要となる。このため、中国農業を対象とした生産性分析は、中国農業の展開を見通して行く上で、極めて重要な研究課題と考える¹⁾。

ところで、農業生産性の分析においては個票データの利用が望ましいものの、一般的に多数の観測値を含む個票データは未公表で、容易には入手できない場合が多い。そのため、政府など公的機関から公表され、容易に入手可能な一国あるいは一地域に関する農業生産費の平均値データのみで生産性を計測する場合も少なくない。

しかしながら、中国の公的機関から公表されてい

る農業生産費データでは、土地に関して自作地と借入地の地代は記載されているが、作付面積が記載されていないなど、生産性の分析に必要な情報が十分に得られないというデータ上の制約に、しばしば直面する。こうしたデータ制約のため、中国農業の生産性分析を断念する場合が少なくないと思われる。

こうしたデータ制約が少ない中国の統計年鑑などを利用し、中国農業全体または穀物²⁾の生産性（効率性や技術変化を含む）を分析した既存研究は極めて多い（Fan, 1991；Lin, 1992；Kalirajan et al., 1996；Mao and Koo, 1997；Lambert and Parker, 1998；沈, 1999；Tian and Wan, 2000；Wu et al., 2001；Fan and Zhang, 2002；喬, 2004；亢・劉, 2005；陳・鄭, 2006；Ito, 2008；範他, 2008；Ito, 2010；黄・周, 2010；魏他, 2010；閔, 2012；閔・李, 2012；肖・王, 2012；高・王, 2012；姜他, 2012；Ito and Ni, 2013；伊藤, 2013；Deininger et al., 2014；陳・譚, 2017 など）。一方、中国の米や綿花など、個別の農畜産物を対象にした生産性分析は、中国農業全体ま

¹⁾ 旭川大学経済学部; Faculty of Economics, Asahikawa University

²⁾ 北海道大学大学院農学院; Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

³⁾ 北海道大学大学院農学研究院; Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

* E-mail: kondo@live.asahikawa-u.ac.jp

©地域農林経済学会

たは穀物の生産性を分析した既存研究と比較して、必ずしも多くないが (Fan, 2000 ; 彭, 2000 ; Jin et al., 2002 ; 豊田他, 2005 ; Rae et al., 2006 ; Ke and Nagaki, 2009 ; Jin et al., 2010 ; 稲田・山本, 2012 ; 張他, 2018) ³, これはデータ制約が一因と推察される。中国生産費データの制約を解消できる生産性分析の方法提示などが望まれるところであるが, こうした方法提示を試みた既存研究例を見出すことが出来なかった。

そこで本稿では、中国農業生産費データを用いた生産性分析の際に、しばしば直面するデータ制約の代表事例として、作付面積当り生産量と作付面積当り要素投入量のデータは利用可能であるが、作付面積データが利用できない場合を対象とし、総合生産性（以下、TFP と言う）を簡便に計測できる方法を提示することを課題とする。さらに、本稿で提示できた計測方法の有用性を示すため、提示できた計測方法を、実際に上記のデータ制約を有する中国綿花の生産費データに適用し、中国綿花作の TFP 計測例も示すことにしたい⁴。

2. 計測方法

本稿ではサンプルサイズが小さい場合でも、TFP の計測が可能であり、ノンパラメトリック・アプローチの一つであるインデックス・ナンバー・アプローチを用いる。具体的には、Törnkvist 生産性指数を適用する⁵。

ただし、Törnkvist 生産性指数で農業の TFP を計測する場合、生産物は 1 戸当り生産量、生産要素は 1 戸当りの労働、資本、土地、経常財がすべて揃っていることが前提となる。しかしながら、分析に利用できるデータが作付面積当りの生産量と要素投入量で、作付面積そのものが利用できない場合、Törnkvist 生産性指数をそのまま適用することはできない。その場合、Törnkvist 生産性指数のモデルにおいて生産量と要素投入量の変数をすべて土地投入量の変数で除した形に新たに定式化する必要がある。本稿では、新たに定式化した Törnkvist 生産性指数を用いて、中国綿花作の TFP を計測する。

具体的には、以下のように Törnkvist 生産性指数を定式化する⁶。

まず、通常の Törnkvist 生産性指数は (2) 式の制

約のもと、(1) 式のように与えられる。

$$\begin{aligned} & \ln Y_{t+1} - \ln Y_t \\ &= \frac{V_{L,t+1} + V_{L,t}}{2} \cdot (\ln L_{t+1} - \ln L_t) \\ &+ \frac{V_{K,t+1} + V_{K,t}}{2} \cdot (\ln K_{t+1} - \ln K_t) \\ &+ \frac{V_{S,t+1} + V_{S,t}}{2} \cdot (\ln S_{t+1} - \ln S_t) \\ &+ \frac{V_{M,t+1} + V_{M,t}}{2} \cdot (\ln M_{t+1} - \ln M_t) \\ &+ T(L, K, S, M, t) \end{aligned} \quad (1)$$

$$V_{L,t+1} + V_{K,t+1} + V_{S,t+1} + V_{M,t+1} = 1,$$

$$V_{L,t} + V_{K,t} + V_{S,t} + V_{M,t} = 1 \quad (2)$$

ただし、 Y_t は t 年の生産量、 L_t , K_t , S_t , M_t は同年の労働、資本、土地、経常財の投入量、 V_{it} ($i=L, K, S, M$) は同年のコスト・シェア、 $T(L, K, S, M, t)$ は TFP 変化を表す。

ここで、土地投入量（作付面積）のデータが利用できず、生産量と土地以外の要素投入量はすべて作付面積当りのデータとなっている場合、このようなデータの制約に対応するため、(1) 式の両辺を土地投入量の差 $\ln S_{t+1} - \ln S_t$ で減じ、(3) 式を得る。

$$\begin{aligned} & \ln \frac{Y_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{Y_t}{S_t} \\ &= \frac{V_{L,t+1} + V_{L,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{L_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{L_t}{S_t} \right) \\ &+ \frac{V_{K,t+1} + V_{K,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{K_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{K_t}{S_t} \right) \\ &+ \frac{V_{M,t+1} + V_{M,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{M_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{M_t}{S_t} \right) \\ &+ T(L, K, S, M, t) \end{aligned} \quad (3)$$

(3) 式を $T(L, K, S, M, t)$ について変形すると、(4) 式が得られる。

$$\begin{aligned} T(L, K, S, M, t) &= \ln \frac{Y_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{Y_t}{S_t} \\ &- \left\{ \frac{V_{L,t+1} + V_{L,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{L_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{L_t}{S_t} \right) \right. \\ &+ \frac{V_{K,t+1} + V_{K,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{K_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{K_t}{S_t} \right) \\ &+ \left. \frac{V_{M,t+1} + V_{M,t}}{2} \cdot \left(\ln \frac{M_{t+1}}{S_{t+1}} - \ln \frac{M_t}{S_t} \right) \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

(4) 式は左辺が t 年と $t+1$ 年におけるTFP変化、右辺は第1項が土地生産性（以下、単収と言う）変化、中括弧で括られた第2項は作付面積当り労働投入量の変化、作付面積当り資本投入量の変化、作付面積当り経常財投入量の変化をそれぞれ表す。

以上の通り、作付面積が利用できない場合の制約を解消したTörnkvist生産性指数の新たな定式化によって、(4)式において右辺の第1項（単収変化）から第2項（3つの作付面積当り要素投入量変化の合計）を引いた残差としてTFP変化が計測されることが示された⁷。

3. データ

本稿では、中国の綿花生産費が掲載されている国家発展と改革委員会価格司編（2006–2016）の「綿花費用収益状況」と「綿花費用と労働状況」を用いる。分析期間は2005年から2015年の11年間であり⁸、全国平均値データを用いる。

生産物は綿花であり、生産要素は労働、資本、土地、経常財の4種類とする⁹。ただし、綿花生産費が記載されている国家発展と改革委員会価格司編（2006–2016）には作付面積当りの生産量と要素投入量が記載されているのみで、作付面積は公表されていない。そのため、計測に用いるデータは綿花の作付面積当りの生産量（単位：kg/畝）¹⁰と労働、資本、経常財の投入量とする。具体的に要素投入量のデータに関して、労働¹¹は家族労働日数と雇用労働日数である（単位：日/畝）。資本は固定資産減耗、修理維持費、工具材料費、機械作業費、灌漑費（水費を除く）¹²、畜力費である（単位：元/畝）。経常財は種子費、化学肥料費、自給肥料費、農薬費、農業用ビニール費、光熱動力費、水費である（単位：元/畝）。

このうち、金額データである資本と経常財に関しては、国家统计局農村社会経済調査司編（2006–2016）の「地域別農業生産資材価格分類指数」における各種価格指数（全国平均値）を用いて、以下のように実質化した。資本に含めた上記の固定資産減耗から畜力費までの合計額を農業機械に該当する価格指数¹³でデフレートした。経常財に該当する価格指数は種子、農薬、燃料、その他物財の価格指数が利用できるため¹⁴、経常財における各費目のシェア

図1. 単収と作付面積当り要素投入量の推移

を算出し、上記の価格指数などを用いて経常財のTörnkvist要素価格指数を作成した。その上で、経常財に含まれる上記費目の合計額を経常財のTörnkvist要素価格指数でデフレートした。

また、各生産要素のコスト・シェアを年次ごとに算出するためのデータとして、労働は家族労働費と雇用労働費、資本は前述した固定資産減耗、修理維持費、工具材料費、機械作業費、灌漑費（水費を除く）、畜力費、土地は自作地と借入地の地代、経常財は種子費、化学肥料費、自給肥料費、農薬費、農業用ビニール費、光熱動力費、水費を用いた。

4. 計測結果

図1には、単収と3つの作付面積当り要素投入量の各年次における水準の推移を示した。まず単収は2005年=1に対し、2015年は1.24となり、11年間で1.24倍に上昇した。資本と経常財は2005年=1に対し、2015年はどちらも1.08と微増である。一方、労働は2005年=1に対し、2015年は0.81と11年間で20%近く投入量を減らしていた。

表1の上段には、中国綿花作のTFPとその構成、すなわち単収と作付面積当り要素投入量（以下、要素投入量と略す）に関する年平均変化率を示した。まず、単収は2.18%の増加である。要素投入量に関しては、労働が2.11%減少、資本は0.78%増加、経常財は0.77%増加である。単収の変化率から3つの要素投入量変化率の合計（-0.59%）を引いた残差であるTFP変化率は、年平均2.79%の上昇となった。つまり、2005年から2015年の間、中国綿花作の生

表 1. 中国綿花作の TFP とその構成に関する年平均変化率および貢献度：2005 年～2015 年（単位：％）

	TFP ①	単収 ②	労働 ③	資本 ④	経常財 ⑤	要素投入量の合計 ⑥=③+④+⑤
年平均変化率	2.79	2.18	-2.11	0.78	0.77	-0.59
TFP 変化率に対する貢献度	100.00	78.21	75.67	-27.96	-27.47	20.24

1) TFP の年平均変化率は、①=②-⑥で算出される。ただし、数値を丸めているため、誤差が生じている。

2) TFP 変化率に対する貢献度は、①=②+⋯+⑤となる。ただし、数値を丸めているため、①=②+⋯+⑤に誤差が生じている。

産性は向上していた点が明らかとなった。

表 1 の下段には、中国綿花作の TFP 変化率に対する単収および各要素投入量変化の貢献度を示した。TFP 変化率に対する貢献度の中で、単収の増加が 78.21%と最大である。要素投入量の貢献度では、労働投入量の減少が 75.67%と最大で、資本投入量の増加が-27.96%、経常財投入量の増加が-27.47%であった。単収の貢献度は、これら 3 つの要素投入量貢献度の合計 (20.24%) よりも大きい。

以上の結果から、2005 年から 2015 年までの中国綿花作の TFP 向上には、単収の増加と労働投入量の減少が大きく影響していた点も明らかにすることができた。

5. おわりに

本稿では、中国農業生産費データを用いた生産性分析の際に、しばしば直面するデータ制約の代表事例として、作付面積当り生産量と作付面積当り要素投入量のデータは利用可能であるが、作付面積データが利用できない場合を対象とし、総合生産性 (TFP) を簡便に計測できる方法を提示できた。

さらに、本稿で提示できた計測方法の有用性を示すため、提示できた計測方法を、上記データ制約がある中国綿花の生産費データに適用した。その結果、2005 年から 2015 年までの間に中国綿花作の TFP は、単収の増加と労働投入量の減少を主因として年平均 2.79%向上していた点などの TFP 計測例も示すことができた。

以上から、本稿で提示したデータ制約を考慮した簡便な TFP の計測方法は、作付面積データが利用できない綿花以外の中国農業生産費データにも、幅広く適用可能であるとの有用性が示唆された。

付記

本稿の草稿を第 67 回地域農林経済学会大会 (2017 年 10 月 29 日、高知大学) で報告した際に、座長の沈金虎先生 (京都大学) をはじめ、フロアの先生方からは有益なコメントをいただいた。また、改稿にあたっては、編集委員会および 2 名の査読者からいただいたコメントにより内容を大幅に改善することができた。深く謝意を表する。本稿は、JSPS 科研費 JP26252036 と JP26292118 の助成を受けた研究成果の一部である。

注

¹ 近年中国における農産物の輸入拡大は、国内農産物の超過需要よりも、経済発展に伴い、安心・安全で高品質な農産物への需要が高まり、その結果、外国産農産物輸入が活発になった面も考えられる。一方、池上 (2015) は中国産綿花の生産費が外国産綿花に比べてはるかに高いことを指摘している。こうした点を踏まえると、中国の綿花作を持続させて行くには、中国国内で安全性を含めた品質向上型の技術進歩を推進し、生産性向上による生産費削減を追求することが重要である点が示唆される。

² 穀物生産性を分析した中国語の既存研究に関しては、主として王他 (2017) のサーベイ論文に依拠した。

³ このうち、Jin et al. (2002) と亢・劉 (2005)、陳・鄭 (2006)、Jin et al. (2010)、張他 (2018) は本稿と同じデータソースである『全国農産品成本収益資料彙編』を用いている。Jin et al. (2002) は米、小麦、トウモロコシの生産を対象に個別農産物の Törnkvist 生産性指数を計測している。また、陳・鄭 (2006) は穀物生産を対象に Törnkvist 生産性指数を計測し、その際作付面積は『中国農村統計年鑑』のデータを用いている。張他 (2018) はトウモロコシ作を対象に Malmquist 生産性指数を計測している。一方、亢・劉 (2005) は省別データを用いて、穀物生産の技術効率を計測しており、Jin et al. (2010) は省別データを用いて、稲作、畑作 (小麦、トウモロコシ、大豆、綿花)、野菜作、畜産、酪農を対象に個別農畜産物の TFP を計測している。亢・劉 (2005) と Jin et al. (2010) は技術効率または TFP を計測する際、い

ずれもトランスログ型フロンティア生産関数を適用している。しかし、本稿のように個票ではなく全国平均値データを用いる場合、サンプルサイズが小さくなり、生産関数のパラメータを計量経済学的に推定するのは困難である。これに対し、本稿で提示した計測方法は、小さなサンプルサイズでも、生産関数のパラメータを計量経済学的に推定することなく、TFP を計測できるというメリットがある。

⁴ 中国は世界の綿花生産量の 27%、消費量の 34%、輸入量の 40% のシェアを占めており (2010 年～2014 年, MacDonald et al., 2015), 中国の綿花生産の動向は、世界の綿花市場に大きな影響を及ぼすという点で注目される。

⁵ DEA (Data Envelopment Analysis) などを用いて計測される Malmquist 生産性指数は TFP 変化の要因として技術効率変化を考慮できるのに対し (Coelli et al., 2005), Törnkvist 生産性指数はすべての生産者が生産フロンティア上で生産活動していると仮定しているため、TFP 変化の要因として技術効率変化を考慮できない。こうした Törnkvist 生産性指数や Malmquist 生産性指数など、各種生産性指数の特徴については、黒田 (2005) を参照されたい。

⁶ (1) 式から (4) 式の導出過程については Chambers (1988) と土井 (1985) を参照されたい。

⁷ (4) 式による TFP の計測は、①パラメトリック・アプローチや DEA と異なり、特定の計量分析ソフトウェアを必ずしも必要とせず表計算ソフトウェアのみで計測可能、②第 5 節で述べるように稲作や畑作など他の作目にも容易に適用可能、というメリットも有する。

⁸ 稲田・山本 (2012) では 2004 年前後に農業税の廃止、農業補助金の支給開始、食糧価格の上昇など農業生産を促進する政策も打ち出されたことが指摘されており、それ以後、生産構造変化が生じたことが窺われる。こうした実態を踏まえ、本稿で提示した計測方法の有用性を示すため、2005 年以降のデータを用いて、実際に個別農畜産物の生産性が向上したか否かを検証することにした。

⁹ 生産要素について、変数の設定と費目の選定は Chen et al. (2009) と Ke and Nagaki (2009) を参考にした。

¹⁰ 作付面積の単位に関して、1 畝 (ムー) は 1/15ha に相当する。

¹¹ 労働投入量のデータである労働日数に関しては、家族労働、雇用労働とも男女の区分はなされていない。

¹² 中国の綿花生産費が記載されている「綿花費用収益状況」では灌漑費の内訳として水費が記載されており、データ上、灌漑費から水費が分離できるようになっている。

¹³ 具体的には、機械化農具と表記されている価格指数を用いた。

¹⁴ 経常財に含まれる費目と価格指数の対応関係は以下のようにした。種子費は種子の価格指数 (以下、「価格指数」の文言は省略)、農薬費は農薬、光熱動力費は燃料、水費はその他物財である。ただし、国家発展と改革委員会価格司編 (2006-2016) には化学肥料と農業用ビニールの投入量データが記載されている。そのため、例えば化学肥料の価格は化学

肥料費 (元/畝) ÷ 化学肥料投入量 (kg/畝) = 化学肥料価格 (元/kg) で求め、2005 年=100 とする化学肥料の価格指数を算出した。これを化学肥料費と自給肥料費に対する価格指数とした。農業用ビニールの価格指数も同様の手順で算出した。

引用文献

- 池上彰英 (2015) 「中国農業の国際競争力低下と国内対策」『農業経済研究』87(1), 73-82.
- 伊藤順一 (2013) 「中国農業の選択的拡大—生産補助政策下における作物選択の合理性—」『農業経済研究』85(1), 1-15.
- 稲田光朗・山本裕美 (2012) 「中国経済転換点の検証: ジャポニカ米生産の省別パネルデータに基づいて」『中国経済研究』9(1), 1-22.
- 黒田 誼 (2005) 「日本農業における技術変化の研究: 展望」泉田洋一編『近代経済学農業・農村分析の 50 年』農林統計協会, 121-158.
- 沈 金虎 (1999) 「経済改革後中国農業の成長と波動の経済分析」『農林業問題研究』35(1), 1-9.
- 土井時久 (1985) 「稲作労働生産性の上昇とその要因分析」崎浦誠治編著『経済発展と農業開発』農林統計協会, 174-192.
- 豊田知世・金子慎治・田中勝也 (2005) 「中国農業の化学肥料投入と生産性に関する研究: 米・小麦・トウモロコシ生産を事例として」『環境システム研究論文集』33, 89-96.
- 彭 代彦 (2000) 「中国農民の稲作における化学肥料の配分効率性—湖北省仙桃市における事例分析—」『農業経済研究』71(4), 188-201.
- Chambers, R. G. (1988) *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. New York: Cambridge University Press.
- Chen, Z., Huffman, W. E. and Rozelle, S. (2009) Farm Technology and Technical Efficiency: Evidence from Four Regions in China. *China Economic Review*, 20(2), 153-161.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. and Battese, G. E. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Second Edition. New York: Springer.
- Deininger, K., Jin, S., Xia, F. and Huang, J. (2014) Moving Off the Farm: Land Institutions to Facilitate Structural Transformation and Agricultural Productivity Growth in China. *World Development*, 59, 505-520.
- Fan, S. (1991) Effects of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in Chinese Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(2), 266-275.
- Fan, S. (2000) Technological Change, Technical and Allocative Efficiency in Chinese Agriculture: The Case of Rice Production in Jiangsu. *Journal of International Development*, 12(1), 1-12.
- Fan, S. and Zhang, X. (2002) Production and Productivity Growth in Chinese Agriculture: New National and Regional

- Measures. *Economic Development and Cultural Change*, 50(4), 819–838.
- Ito, J. (2008) The Removal of Institutional Impediments to Migration and its Impact on Employment, Production and Income Distribution in China. *Economic Change and Restructuring*, 41(3), 239–265.
- Ito, J. (2010) Inter-regional Difference of Agricultural Productivity in China: Distinction between Biochemical and machinery Technology. *China Economic Review*, 21(3), 394–410.
- Ito, J. and Ni, J. (2013) Capital Deepening, Land Use Policy, and Self-sufficiency in China's Grain Sector. *China Economic Review*, 24, 95–107.
- Jin, S., Huang, J., Hu, R. and Rozelle, S. (2002) The Creation and Spread of Technology and Total Factor Productivity in China's Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(4), 916–930.
- Jin, S., Ma, H., Huang, J., Hu, R. and Rozelle, S. (2010) Productivity, Efficiency and Technical Change: Measuring the Performance of China's Transforming Agriculture. *Journal of Productivity Analysis*, 33(3), 191–207.
- Kalirajan, K. P., Obwona, M. B. and Zhao, S. (1996) A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: The Case of Chinese Agricultural Growth before and after Reforms. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2), 331–338.
- Ke, F. and Nagaki, M. (2009) Technical Efficiency of Cotton Farmers and Sources of Technical Inefficiency in Arid Areas of Northwest China: A Case Study in Minqin County, Gansu Province. *Journal of Japanese Society of Agricultural Technology Management*, 15(3), 172–179.
- Lambert, D. K. and Parker, E. (1998) Productivity in Chinese Provincial Agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 49(3), 378–392.
- Lin, J. Y. (1992) Rural Reforms and Agricultural Growth in China. *American Economic Review*, 82(1), 34–51.
- MacDonald, S., Gale, F. and Hansen, J. (2015) Cotton Policy in China (A Report from the Economic Research Service, USDA), CWS-15c-01. USDA. (https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/36244/52550_cws-15c-01.pdf) [Accessed August 10, 2017].
- Mao, W. and Koo, W. W. (1997) Productivity Growth, Technological Progress, and Efficiency Change in Chinese Agriculture after Rural Economic Reforms: A DEA Approach. *China Economic Review*, 8(2), 157–174.
- Rae, A. N., Ma, H., Huang, J. and Rozelle, S. (2006) Livestock in China: Commodity-specific Total Factor Productivity Decomposition Using New Panel Data. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(3), 680–695.
- Tian, W. and Wan, G. H. (2000) Technical Efficiency and its Determinants in China's Grain Production. *Journal of Productivity Analysis*, 13(2), 159–174.
- Wu, S., Walker, D., Devadoss, S. and Lu, Y. (2001) Productivity Growth and its Components in Chinese Agriculture after Reforms. *Review of Development Economics*, 5(3), 375–391.
- 陳秋菲・譚曉東 (2017) 「中国粮食作物全要素生產率評價研究」『遼寧農業科學』2017(5), 29–31.
- 陳衛平・鄭鳳田 (2006) 「中国的粮食生產力革命—1959–2003 年中国主要粮食作物全要素生產率增長及其对產出的貢獻—」『經濟理論與經濟管理』4, 56–61.
- 範群芳・董增川・杜芙蓉・陳康寧 (2008) 「随机前沿面生產関數在粮食生產技術效率研究中的应用」『節水灌溉』2008(6), 30–33.
- 高帥・王征兵 (2012) 「粮食全要素生產率增長及收敛分析—以陝西省 32 箇產粮大県為例—」『中国科技論壇』2012(10), 138–143.
- 国家發展和改革委員會價格司編 (2006–2016) 『全国農產品成本收益資料彙編 2006–2016』中国統計出版社.
- 国家統計局農村社会經濟調查司編 (2006–2016) 『中国農村統計年鑑 2006–2016』中国統計出版社.
- 黃金波・周先波 (2010) 「中国粮食生產的技術效率与全要素生產率增長：1978–2008」『南方經濟』2010(9), 40–52.
- 姜松・王釗・黃慶華・周志波・陳習定 (2012) 「粮食生產中科技進步速度及貢獻研究—基于 1985–2010 年省級面板数据—」『農業技術經濟』2012(10), 40–51.
- 亢霞・劉秀梅 (2005) 「我国粮食生產的技術效率分析—基于随机前沿分析方法—」『中国農村視察』2005(4), 25–32.
- 閔銳 (2012) 「粮食全要素生產率：基于序列 DEA 与湖北主產区區域面板数据的实证分析」『農業技術經濟』2012(1), 47–55.
- 閔銳・李谷成 (2012) 「環境約束条件下的中国粮食全要素生產率增長与分解—基于省域面板数据与序列 Malmquist-Luenberger 指數的觀察—」『經濟評論』2012(5), 34–42.
- 喬世君 (2004) 「中国粮食生產技術效率的实证研究—随机前沿面生產関數的应用—」『数理統計与管理』23(3), 11–16.
- 王琛・崔建勛・馬力・吳敬學・黃修傑・儲霞玲・楊艷濤・毛世平・張琳 (2017) 「粮食全要素生產率和技术效率研究進展」『廣東農業科學』44(8), 133–138.
- 魏丹・閔銳・王雅鵬 (2010) 「粮食生產率增長，技術進步，技術效率—基于中国分省数据的經驗分析—」『中国科技論壇』2010(8), 140–145.
- 肖紅波・王濟民 (2012) 「新世紀以来我国粮食綜合技術效率和全要素生產率分析」『農業技術經濟』2012(1), 36–46.
- 張麗娜・陳志・楊敏麗・黃鳳・叶春 (2018) 「我国玉米生產效率時空特征分析」『農業機械學報』49(1), 183–193.