

중국의 농업 R&D 투자 및 농업환경보조금이 농업생산과 소득에 미치는 구조적 파급효과

김림* 이기성**

| 목 차 |

- | | |
|-----------|------------|
| I. 서론 | IV. 실증분석 |
| II. 선행연구 | V. 요약 및 결론 |
| III. 분석모형 | |

| 논문요약 |

본 연구의 목적은 중국의 농업 R&D 투자와 농업환경보조금이 농업 총생산과 농업 1인당 소득에 미치는 동태적 파급효과를 분석하는 데 있다. 본 연구의 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 중국의 농업 R&D 투자 충격에 대한 각 변수들의 반응은 정(+)의 관계로 나타났으며, 분산분해결과 농업 R&D 투자는 농업 1인당 소득보다는 농업 총생산에 상대적으로 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

둘째, 중국의 농업환경보조금 충격에 대한 각 변수들의 반응은 정(+)의 관계로 나타났다. 그리고 분산분해결과 농업환경보조금 또한 농업 총생산과 농업 1인당 소득에 영향을 미치고 있는데 상대적으로 농업 1인당 소득에 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

셋째, 중국의 농업 R&D 투자와 농업환경보조금이 농업 총생산과 농업 1인당 소득에 미치는 파급효과를 3변수 모형으로 구분하여 분석한 결과 농업 R&D 투자와 농업환경보조금의 충격은 농업발전에 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 농업 R&D 투자는 농업 총생산에 더 큰 영향을 미치고 있으

* 제1저자: 연변대학교 농림경제관리학과 조교수

** 교신저자: 건국대학교 경제학과 부교수

며, 농업환경보조금은 농업 1인당 소득에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

- 주제어: 중국농업, 농업 R&D 투자, 농업환경보조금, 구조적 벡터자기회귀모형, 식별제약

I. 서론

중국농업의 최우선 목표는 ‘식량안보(food security)’에 있다. 중국의 식량 생산량은 충분한 편이지만 지난 2018년 연간 약 1억 톤의 식량을 수입하였다. 그 이유로는 중국의 식량 공급 문제가 양적 부족에서 품종별 구조적 결핍으로 전환되었기 때문이며, 식량의 구조적 결핍은 이미 중국의 식량안보에 영향을 미치는 문제점으로 등장하였다. 따라서 중국정부는 앞으로도 적극적인 곡물 수입, 해외 농지 구입, 곡물 관련 기업 인수 등을 통해 지속적으로 식량자급률을 높여 나갈 것으로 예상된다. 그러나 중국의 이와 같은 농업굴기(农业崛起)의 노력은 단순히 자국의 식량자원을 확보하는 데 그치지 않고, 농업을 글로벌 시장에 영향을 미칠 수 있을 정도의 산업으로 발전시켜 나가고 있다. 더 나아가 중국정부는 ‘농업 선진화’를 위한 기반을 마련하기 위하여 농업부문의 근본적인 체질 개선에 힘을 쏟고 있다. 이를 위하여 스마트 농업을 위한 R&D 투자와 인프라 구축에 적극적으로 지원하고 있을 뿐만 아니라 뛰어난 기술력과 제품을 보유하고 있는 해외 기업들을 적극적으로 유치하고 있다. 이러한 노력은 일부 성과를 거두고 있으나, 아직은 중국정부가 목표로 하는 농업 선진화에는 훨씬 못 미치고 있다.

비교적 최근에 새로운 발전 모델인 스마트 농업이 시작되었지만, 농업이라는 산업의 특성상 단기간 내에 역량을 일정 수준으로 끌어올리기는 쉽지 않다. 더욱이 중국의 경우 관련 인력·기업·서비스 모두 부족한 상황이다. 특히, 기술영역은 다른 국가에 비해 훨씬 뒤떨어져 있다. 스마트 농업의 핵심 기술이라고 할 수 있는 작물생장모형, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등은 아직 신뢰성이 떨어지고 원가가 높다. 전반적인 농업기술 및 장비 수준 역시 기

술집약도나 산업성숙도 측면에서 모두 미흡하다. 따라서 농업경쟁력이 일정 수준에 이를 때까지 중국정부는 지원정책을 통해 농업을 발전시켜야 한다. 농기계 분야의 경우 중국기업은 정부의 보조 및 지원을 받고 있으며, 2013년 이후 세계에서 시장규모가 가장 큰 농기계 시장으로 성장하였다.

일반적으로 농업 관련 R&D 투자는 농가에 향상된 투입요소를 개발 또는 공급하는 방향으로 진행된다. 이러한 투입요소는 신품종 및 품종개량, 농약 및 농기계 개발 등 새로운 농업기술의 도입으로 평균생산비를 감소시키고 농업 생산성을 향상시킨다. 이렇게 개선된 농업기술의 채택은 농산물 가격이 불변인 한 기술변화의 모든 편익은 농가에 귀속된다(김종진 외 2014). 한편, 보조금은 가장 광범위하게 사용되는 정책수단으로써 일반적으로 특정 정책목표를 달성하기 위하여 실시된다. 이러한 정책목표들은 해당 부문의 성장을 견인하고, 투자와 고용을 창출하며, 자국의 해당 산업을 보호하는 데 있다. 그뿐만 아니라 보조금은 국내의 자원배분, 소득분배, 생산성 측면에도 영향을 미치고, 국제교역에도 영향을 미치게 된다. 이에 본 연구의 목적은 농업부문의 기술진보를 나타내는 농업 R&D 투자액, 정부의 역할을 대변하는 농업환경보조금, 농업발전을 나타내는 농업 총생산액과 농업 1인당 소득 등의 변수를 이용하여 계량모형을 구축하고 실증분석을 시도하여 변수 간의 동태적 관계를 살펴보는 데 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 농업 R&D 투자와 농업환경보조금에 대한 선행연구를 검토하고, 3장에서는 본 연구의 분석을 위한 분석모형을 제시한다. 4장에서는 분석대상 변수들에 대한 설명과 구조적 VAR 모형의 추정결과를 바탕으로 충격반응함수와 예측오차의 분산분해결과를 해석하고, 마지막으로 5장에서는 연구결과를 요약하고 시사점을 제시한다.

II. 선행연구

지금까지 다수의 연구자는 농업부문에서 R&D의 중요성을 인식하여 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 이들 중에서도 김은순(1986, 81-96), 사공용(1998, 1-18), 이벤슨(Evenson 2001, 573-628), 노재선 외(2004, 311-328), 권

오상(2010, 67-88) 등은 주로 농업부문 R&D 투자가 생산비의 절감효과를 장단기에 걸쳐 파악하여 직접적으로 농가의 생산성 증대에 미치는 효과를 분석하고 있다.

한편, 중국의 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. 우선, 유입민·왕소력(劉立民·王钊力 2012)은 구조적 VAR 모형을 이용하여 농업 1인당 소득, 재정 및 금융지원 간의 관계를 분석하였다. 분석결과에 의하면 농업 1인당 소득과 재정 및 금융지원 간에는 정(+)의 관계가 있으나, 농업 1인당 소득과 금융발전은 부(-)의 관계가 있다고 주장하였다. 그 이유로 개혁개방이 진행되면서 자원배분상에서 금융 시스템에 문제가 있는 것으로 파악하였다. 그리고 유희평(劉喜平 2016)은 Panel VAR 모형을 이용하여 미시적 관점과 거시적 관점으로 구분하여 중국의 농촌 빈곤과 인적자본의 관계에 대해 분석한 결과에 의하면 인적자본과 농촌 빈곤은 상호 간 부(-)의 관계가 존재하며, 인적자본은 농업의 경제성장에 정(+)의 관계가 그리고 농업소득에 대해서는 부(-)의 관계가 존재한다고 밝혔다.

장관(張寬 2017)은 Panel VAR 모형을 이용하여 농업기술진보, 농촌노동력, 농업소득 간의 동태적 관계를 분석하였다. 분석결과에 의하면 농업기술진보는 농촌노동력 전이에 정(+)의 영향을 미치며, 농촌노동력 전이는 농업소득에 대해 정(+)의 영향을 미치지만, 이는 노동생산성이 현저히 높은 지역에서만 그 효과가 나타난다고 제시하고 있다.

다음으로 보조금 관련 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

비터스와 조(Vittas & Cho 1995), 플람과 스테이거(Flam & Staiger 1989) 등의 선행연구들은 산업육성 및 시장의 불완전성 보완을 위한 보조금이 산업 및 경제를 육성하는 데 효과적인 도구가 될 수 있음을 보여주고 있다. 그리고 핀스트라(Feenstra 1986, 249-267)와 애벗 외(Abbott et al. 1987, 723-732)도 보조금은 실제로 후생을 향상시킬 수 있다고 주장하였다. 이와 같이 보조금의 긍정적인 효과를 분석한 연구가 있지만, 보조금의 부정적인 효과를 다룬 선행연구들도 있다(Pitt 1985, 201-217; Petrei 1987; Pinstrup-Andersen 1988; Márquez et al. 1993, 145-213; Grosh 1994).

전 세계적으로 무역협정이 이슈화됨에 따라 국가 간 특정 산업에 대한 보조금 지원에 대해 부정적인 주장을 하거나(Pritchard & MacPherson 2004,

57-73), 특히 농업부문의 보조금이 국제무역협정에서 이슈화됨에 따라 이들에 대한 영향력을 분석한 연구들도 다수 제시되고 있다(Calegar & Schuh 1988; Rosenblatt et al. 1988; Gulati 1989, A57-A65).

이상의 선행연구들과 달리 본 연구의 차별성은 다음과 같다. 우선, 농업부문의 자료를 이용하면서 분석대상 기간을 확장했을 뿐만 아니라 정부의 보조금 중 농업환경부문의 보조금을 분류하여 분석을 시도하였다. 둘째, 구조적 VAR 모형으로 분석함에 있어서 기존의 선행연구들은 대부분 하나의 충격변수를 선택하여 분석을 수행하였으나, 본 연구에서는 두 개의 충격변수(농업 R&D 투자액과 농업환경보조금)를 이용하였으며, 이와 동시에 외생적인 충격변수가 상호 독립적으로 결정되는 변수인 점을 고려하여 3변수 체계인 농업 R&D 투자액-농업 총생산액-농업 1인당 소득, 농업환경보조금-농업 총생산액-농업 1인당 소득으로 구분하여 분석을 진행하였다. 이를 통하여 어떤 외생적인 충격이 농업발전에 더 큰 영향을 미치는지를 보다 명확하게 파악할 수 있다는 점도 의의가 있다고 판단된다.

III. 분석모형

1. 구조적 VAR 모형

벡터자기회귀모형(Vector Autoregressive Model: VAR 모형)은 변수 간의 동태적인 관계를 분석하는 데 유용하지만 일반적인 VAR 모형은 오차항간에 상관관계가 존재하는 경우가 나타나므로 경제학적 해석이 어렵다. 반면에 구조적 VAR 모형(Structural VAR Model)은 잔차에 제약을 가하여 외생적 충격을 독립적으로 구별하고, 이를 통하여 실증분석의 이론적 해석을 보다 명확하게 할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 구조적 VAR 모형은 당기 구조계수행렬에 적절한 제약을 부과하고, 축약형 VAR 모형으로부터 추정된 계수행렬과 공분산행렬을 이용하여 구조적 VAR 모형에 대한 추정값을 도출할 수 있다.

기본적인 VAR(p) 모형에서 Z_t 는 1차 차분 시 안정성을 가지는 내생변수

들의 벡터(3×3)라고 하면 내생변수들 간의 구조적 모형(structural model)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A_0 \Delta Z_t = A_1 \Delta Z_{t-1} + A_2 \Delta Z_{t-2} + \dots + A_p \Delta Z_{t-p} + u_t \quad (1)$$

여기서 $A_i (i = 0, \dots, p)$ 는 3×3 차원의 계수행렬이고, u_t 는 구조적 충격을 나타내는 3×1 차원의 백색잡음(white noise)으로 $E(u_t) = 0$ 이며, $E u_t u_t' \equiv I$ (identity matrix)의 분산-공분산행렬로 시점 간 상관관계는 없다고 가정한다.¹⁾

위의 식 (1)은 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta Z_t &= (A_0 - A_1 L - A_2 L^2 - \dots - A_p L^p)^{-1} u_t \\ \Delta Z_t &= (D_0 + D_1 L + D_2 L^2 + \dots) u_t \\ &= D(L) u_t \end{aligned} \quad (2)$$

위의 식 (2)의 구조적 모형에서는 A_0 의 계수에 대한 직접 추정이 불가능하므로 일반적으로 A_0 에 일정한 제약을 부과하여 다음의 식 (3)과 같이 축약형 모형으로 변형하여 추정한다.

$$\Delta Z_t = B_1 \Delta Z_{t-1} + \dots + B_p \Delta Z_{t-p} + \epsilon_t \quad (3)$$

여기서 $B_i = A_0^{-1} A_i (i = 1, \dots, p)$ 이고, 축약형 모형으로부터 도출된 오차항 $\epsilon_t = A_0^{-1} u_t$ 이며, $E \epsilon_t \epsilon_t' \equiv \Omega$ 는 분산-공분산행렬을 나타낸다. 분산-공분산행렬의 경우 대칭성을 지니기 때문에 A_0^{-1} 의 추정은 Ω 에 콜레스키 분해(Cholesky decomposition)를 적용하여 가능하다.

다시 위의 식 (3)은 다음과 같이 변형할 수 있다.

1) 자세한 내용은 심즈(Sims 1980, 1-48)와 킹 외(King et al. 1991, 819-840)의 논의를 참조.

$$\begin{aligned} \Delta Z_t &= (I - B_1L - B_2L^2 - \dots - B_pL^p)^{-1}\epsilon_t \\ &= (I + C_1L + C_2L^2 + \dots)\epsilon_t \\ &= C(L)\epsilon_t \end{aligned} \tag{4}$$

앞의 식 (2)와 식 (4)를 비교해 보면 다음과 같은 제약조건이 성립한다.²⁾

$$\begin{aligned} B_1 &= A_0^{-1}A_1; B_i = A_0^{-1}A_i \\ C(L)\epsilon_t &= C(L)A_0^{-1}u_t = D(L)u_t \\ D(L) &= C(L)A_0^{-1} \rightarrow D(0) = D_0 = A_0^{-1}, D(1) = \sum_{i=0}^{\infty} D_i = C(1)A_0^{-1} \end{aligned} \tag{5}$$

여기서 $D_0 = A_0^{-1}$ 는 단기제약조건이고, $D(1) = C(1)A_0^{-1}$ 는 장기제약조건을 의미한다. 결국 식 (3)의 $E\epsilon_t\epsilon_t' \equiv \Omega$ 를 통해 다음과 같이 분리할 수 있다.

$$\begin{aligned} E\epsilon_t\epsilon_t' &= \Omega = E[A_0^{-1}u_tu_t'(A_0^{-1})'] = A_0^{-1}E(u_tu_t')(A_0^{-1})' \\ \Omega &= E(D_0u_tu_t'D_0') = D_0E(u_tu_t')D_0' = D_0ID_0' = D_0D_0' \end{aligned} \tag{6}$$

여기서 단기제약조건인 $D_0 (= A_0^{-1})$ 는 추정을 통해 파악하지 못하지만, 분산-공분산행렬 Ω 는 추정을 통해 파악할 수 있기 때문에 D_0 에 적절한 제약조건을 부과하여 축약식에서 도출된 Ω 간의 관계를 통해 D_0 를 파악할 수 있다. 식 (6)의 연립방정식 체계에서 계수들의 식별을 위해 분산-공분산행렬 Ω 에 별도의 제약조건이 필요하다. 따라서 본 연구의 모형에 부과해야 하는 제약조건은 $\{3(3-1)\}/2 = 3$ 개이다.

그리고 본 연구에서는 콜레스키 분해(Cholesky decomposition)를 사용하여 변수의 외생성이 높은 순서대로 벡터시계열을 구성하였다. 따라서 변수의 배열순서는 첫째, 농업 R&D 투자액-농업 총생산액-농업 1인당 소득, 둘째, 농업환경보조금-농업 총생산액-농업 1인당 소득으로 설정하였다.

2) L 은 시차연산자(lag operator)로 $L=0$ 이면 단기이고, $L=1$ 이면 장기를 의미한다.

2. 식별제약의 가정

본 연구는 농업 R&D 투자액-농업 총생산액-농업 1인당 소득 간의 관계와 농업환경보조금-농업 총생산액-농업 1인당 소득 간의 관계를 3변수 체계로 각각 구성하였다.

이들 3변수 체계에서 농업 R&D 투자액과 농업환경보조금은 자체충격에 의해서만 영향을 받고 다른 구조적 충격에 의해서는 영향을 받지 않지만, 농업 총생산은 각각 농업 R&D 투자액과 농업환경보조금과 자체충격에 의해서 영향을 받는다. 그러나 농업 1인당 소득은 모든 구조적 충격뿐만 아니라 자체충격에 의해서 영향을 받는다고 가정한다.

이를 다시 정리하면 다음의 식 (7)과 식 (8)과 같이 하방삼각행렬(lower triangular matrix) 형태를 가지는 변수 충격 간의 단기관계를 설정한 후 구조적 VAR 모형을 추정한다.³⁾

$$\begin{bmatrix} AT_t \\ AP_t \\ AI_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_t^{AT} \\ u_t^{AP} \\ u_t^{AI} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} AS_t \\ AP_t \\ AI_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_t^{AS} \\ u_t^{AP} \\ u_t^{AI} \end{bmatrix} \quad (8)$$

IV. 실증분석

1. 자료와 통계량

본 연구는 중국 통계자료의 연속성과 구득성을 고려하여 1995년부터 2015년 기간 동안 연도별 자료(annual data)를 사용하였다. 또한 본 연구에서 농

3) 구조적 VAR 모형은 단기제약과 장기제약이 있는데 본 연구에서는 단기제약을 이용하였다. 자세한 내용은 유재원·이기성(2017, 655-674)의 논의를 참조.

업 R&D 투자액, 농업환경보조금⁴⁾, 농업 총생산액, 농업 1인당 소득 등은 화폐단위의 자료를 포함하고 있기 때문에 물가수준이 분석결과에 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려하여 농업 1인당 소득은 1995년 농촌주민소비가격지수를 기준으로 디플레이터한 값을 사용하였다. 본 연구에 사용된 통계자료는 중국 『농업통계연감(农业统计年鉴)』과 『중국과학기술통계연감(中国科技统计年鉴)』에서 수집하였다.

본 연구에 사용하는 변수의 정의와 출처는 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 변수의 정의

변수명	약어	출처
농업 R&D 투자액(Agricultural R&D Investment)	AT	『중국과학기술통계연감』
농업환경보조금(Agricultural Subsidy)	AS	『농업통계연감』
농업 총생산액(Agricultural Production)	AP	『농업통계연감』
농업 1인당 소득(Agricultural Personal Income)	AI	『농업통계연감』

▪ 저자 작성

<표 2>는 실증분석에 앞서 본 연구에 사용된 변수들의 기술통계량을 제시하였다.

<표 2> 기술통계량

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
농업 R&D 투자액(단위: 억 위안)	248.1	228.2	21,500.1	630,000.0
농업환경보조금(단위: 만 위안)	364,956.3	379,524.4	21,024.7	1,361,820.0
농업 총생산액(단위: 억 위안)	26,579.4	15,399.9	11,876.1	57,635.8
농업 1인당 소득(단위: 위안)	4,640.4	3,030.9	1,577.7	11,421.7

▪ 저자 작성

4) 중국에서는 전통적인 생활에너지 재료로 장작, 농작물의 짚, 석탄 등을 사용해 왔다. 그러나 이러한 재료는 사용과정 중 배출되는 유해물질로 인해 심각한 환경문제를 일으키고 있다. 이에 중국의 중앙정부는 환경문제를 해결하고자 환경법규를 제정하고 농가에 보조금을 지원하여 환경문제를 해결하고자 하고 있다. 농업환경보조금은 중앙정부가 메탄가스, 태양에너지, 농작물 줄기에너지(秸秆能源)를 사용함에 있어서 농가에 보조금을 지급하는 방식으로 환경보호 및 농가의 생활개선을 목적으로 지급하고 있다.

본 연구에 사용된 변수들은 추세가 존재하는 것으로 나타나므로 시계열 자료의 안정성 여부를 판단하기 위한 단위근 검정 시 상수항과 추세를 포함하여 ADF 검정(Augmented Dickey-Fuller test)을 실시하였다. 단위근 검정결과는 다음의 <표 3>과 같다.

<표 3> 단위근 검정결과

변수	수준변수	차분변수
AT	-2.071	-3.645*
AS	-2.198*	-3.996*
AP	-2.129*	-6.059***
AI	-0.277	-3.328*

▪ 모든 변수는 로그를 취하였음

AT: 농업 R&D 투자액, AS: 농업환경보조금, AP: 농업 총생산액, AI: 농업 1인당 소득

***, *는 각각 1%, 10% 유의수준하에서 귀무가설을 기각하는 경우임

단위근 검정결과 수준변수들 중에서 일부 변수는 단위근이 존재한다는 귀무가설(null hypothesis)을 기각하지 못하여 불안정적인 시계열 자료임을 알 수 있다. 그러나 1차 차분 시 모든 차분변수들은 단위근이 존재하지 않는 안정적인 시계열 자료임을 알 수 있다.

한편, 모든 수준변수들이 불안정한 시계열, 즉 단위근이 존재하는 경우 변수들 간의 장기적 균형관계가 존재하는지 여부를 판단하기 위하여 공적분 검정을 수행해야 하지만 농업환경보조금(AS)과 농업 총생산액(AP)은 안정적인 시계열로 나타나고 있으므로 공적분 검정은 수행하지 않고 구조적 VAR 모형을 적용하여 변수들 간의 동태적 상호관계를 추정한다.

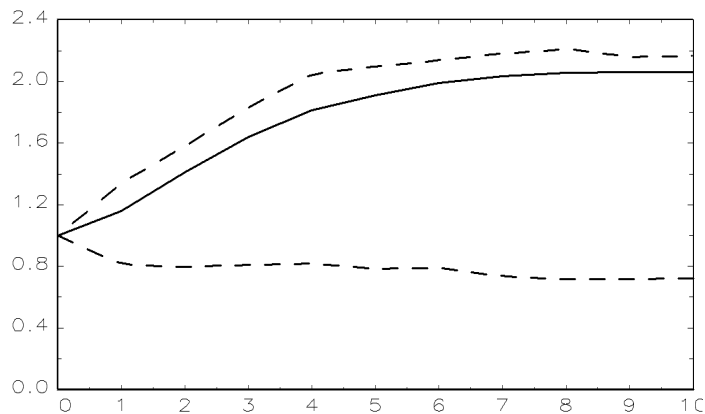
2. 충격반응함수

본 연구는 변수들 간의 구조적 VAR 모형을 추정함에 있어 앞의 식 (8)과 식 (9)에서 모두 차분변수, 즉 $I(1)$ 으로 간주하여 분석하였다. 그리고 구조적 충격을 식별하기 위하여 단기제약조건을 부과하였으며, 적정시차는 아카이케 정보기준(Akaike information criteria: AIC)에 기초하여 3으로 설정하

였다. 그림에서 세로축은 로그값이고, 점선은 95% 신뢰수준이며, 1,000회 부트스트래핑(bootstrapping)에 의해 계산되었다.

충격반응함수분석은 구조적 VAR 모형 내의 특정 변수에 의한 충격이 자체변수를 포함한 다른 내생변수들에게 미치는 영향을 동태적으로 나타낸 것이다. 특히, 본 연구에서는 외생적 충격인 농업 R&D 투자액과 농업환경보조금은 정부 역할의 대응변수인 동시에 상호 독립적으로 결정되는 변수이기도 하다. 따라서 본 연구에서는 각각 농업 R&D 투자액-농업 총생산액-농업 1인당 소득, 농업환경보조금-농업 총생산액-농업 1인당 소득 등의 3변수 모형에 대해서 추정하였다. <그림 1>~<그림 4>는 충격반응함수의 분석결과를 보여주고 있다.⁵⁾

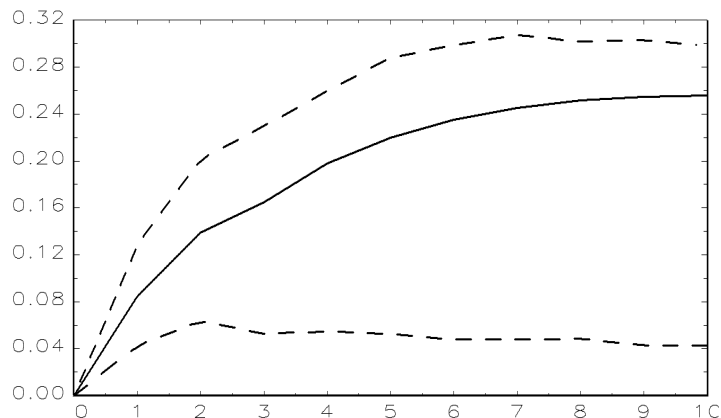
<그림 1> 농업 R&D 투자 충격에 대한 농업 총생산의 누적반응



5) 출레스키 분해는 연립방정식 체계를 축차적으로 직교화하는 특성이 있다. 따라서 변환된 오차항도 축차적으로 정의된다. 그러므로 변수의 배열순서에 따라 분석결과가 달라질 수도 있다. 본 연구에서는 출레스키 분해를 위한 잔차항 공분산의 계산에서 소표본 자유도를 교정할 수 있도록 하며, 변수의 배열순서에 관계없는 페사란과 신(Pesaran & Shin 1998, 17-29)의 일반화 충격반응함수(generalized impulse response function)를 이용하여 강건성 검정(Robustness check)을 실시하였다. 검정결과에 의하면 각 내생변수들의 구조적 충격에 대한 반응들이 출레스키 분해에 의한 결과와 매우 유사하게 나타났다. 이는 내생변수들의 배열순서 변화에 따라 식별의 차이가 분석결과에 영향을 미치지 않음을 의미한다. 자세한 내용은 유재원·이기성(2017, 655-674)의 논의를 참조.

<그림 1>에서 농업 R&D 투자의 상승충격이 농업 총생산에 미치는 영향을 살펴보면 상승충격에 대하여 1기에 1%로 상승하였고, 지속적으로 증가하여 10기에 누적반응이 가장 크게 나타나 2.2% 수준에 이르고 있다. 그리고 통계적으로 유의하게 정(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

<그림 2> 농업 R&D 투자 충격에 대한 농업 1인당 소득의 누적반응

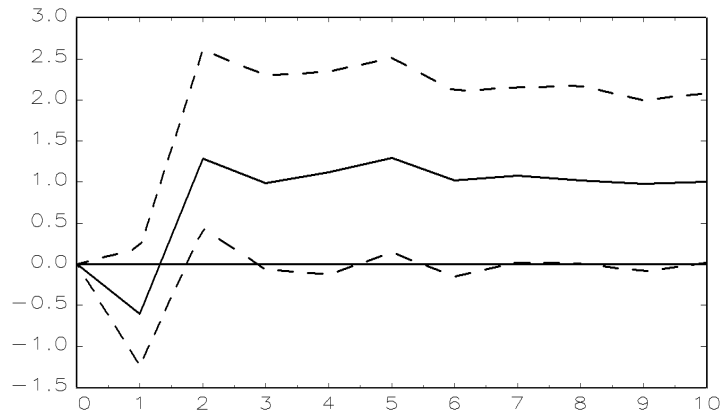


<그림 2>에서 농업 R&D 투자의 상승충격은 농업 1인당 소득에 즉각적이고 지속적으로 정(+)의 영향을 미치고 있다. 충격의 누적기준으로 10기에 0.25% 수준으로 반응이 가장 크게 나타나며 통계적으로도 유의하게 나타났다. 따라서 농업 R&D 투자는 농업발전을 촉진할 뿐만 아니라 농업소득에도 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

한편, 농업 R&D 투자가 농업 총생산과 농업소득에 미치는 영향은 농업소득보다 농업 총생산에 상대적으로 더 크게 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

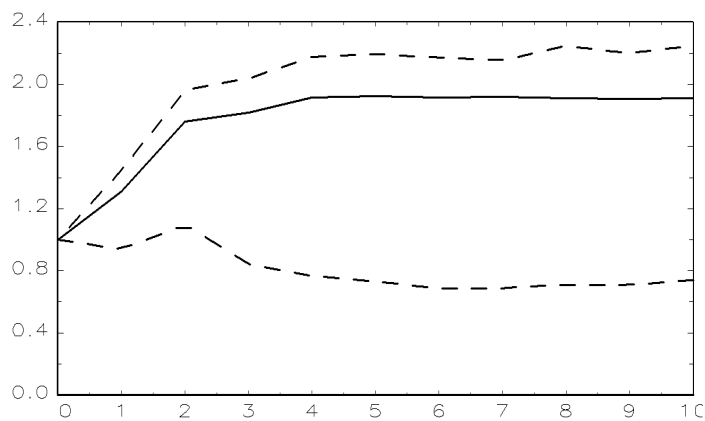
다음은 농업환경보조금이 농업발전에 미치는 과급효과를 살펴보기로 한다.

<그림 3> 농업환경보조금 충격에 대한 농업 총생산의 누적반응



<그림 3>에서 농업환경보조금 상승충격이 농업 총생산에 미치는 영향을 살펴보면 초기에는 부정적인 영향을 미치지만 시간이 경과함에 따라 2기에 1.4% 수준에 도달한 후 지속적으로 정(+)의 효과를 보이고 있다. 즉, 농업부문에 환경보조금을 지원하는 경우 농업 총생산은 단기적으로 부정적인 영향을 미치지만, 시간이 경과함에 따라 농업발전에 크게 기여하고 있음을 의미한다.

<그림 4> 농업환경보조금 충격에 대한 농업 1인당 소득의 누적반응



한편, 농업환경보조금의 상승충격에 대하여 농업 1인당 소득은 즉각적으로 반응하여 1% 수준에 달하며, 그 이후에도 지속적인 증가 추세를 보이면서 10기에 누적반응이 최고 수준인 1.9%에 이르고 있다. 따라서 농업환경보조금은 농업 1인당 소득에 즉각적으로 유의하게 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 정부가 농민에게 농업환경보조금을 지원할 경우 농업 총생산액이 증가할 뿐만 아니라 개별 농가의 소득에는 직접적인 지원효과가 나타나면서 사회후생이 증가한다는 경제이론과 부합됨을 알 수 있다.

3. 예측오차의 분산분해

이번에는 농업 R&D 투자와 농업환경보조금이 농업발전에 미치는 상대적 중요도를 살펴보기로 한다. 다음의 <표 4>와 <표 5>는 농업 R&D 투자와 농업환경보조금에 대한 예측오차의 분산분해결과이다. 예측오차의 분산분해는 내생변수들의 예측기간을 점진적으로 증가시키면서 도출되는 예측오차의 분산에서 모형 내 개별 설명변수들의 변동이 차지하는 비중을 계산하여 상대적 기여도를 보여준다.

<표 4> 농업 R&D 투자액 변동에 대한 예측오차의 분산분해결과

기간	농업 R&D 투자액	농업 총생산액	농업 1인당 소득
1	1.00	0.00	0.00
2	0.93	0.05	0.02
3	0.79	0.10	0.11
4	0.77	0.12	0.11
5	0.75	0.14	0.11

<표 4>에서 농업 R&D 투자액에 대한 예측오차의 분산은 1기에는 자기 자신의 충격으로 100%를 설명하고 있다. 그러나 2기부터 자신의 충격은 93%로 하락하며 농업 총생산액은 5%, 농업 1인당 소득은 2%를 설명하고 있다. 농업 1인당 소득에 대한 영향력은 2기에 2%에서 3기 이후 11%로 5배 이상 크게 증가하고 있다. 농업 총생산액 또한 2기에 5%에서 5기에 14%로 약 3배 증가하는 것으로 나타났다. 분산분해결과에 의하면 농업 R&D 투자

액은 농업 총생산액에 상대적으로 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 5> 농업환경보조금 변동에 대한 예측오차의 분산분해결과

기간	농업환경보조금	농업 총생산액	농업 1인당 소득
1	0.99	0.00	0.01
2	0.88	0.05	0.07
3	0.85	0.09	0.06
4	0.76	0.11	0.13
5	0.63	0.17	0.20

다음은 농업환경보조금에 대한 예측오차의 분산분해결과를 살펴보자. <표 5>에서 농업환경보조금에 대한 예측오차의 분산은 1기에 자기자신의 충격을 99% 설명하고 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 2기부터 자신의 충격은 88%로 하락하고 농업 총생산액은 5%, 농업 1인당 소득은 7%를 설명하고 있다. 농업 총생산액에 대한 영향력은 2기에 5%에서 5기에 17%로 3 배 이상 큰 폭으로 증가하고 있으며, 농업 1인당 소득에 대한 영향력도 2기에 7%에서 5기에 20%로 크게 증가하고 있다. 즉, 농업환경보조금은 농업 1인당 소득에 상대적으로 큰 영향력을 보이는 것으로 나타났다.

V. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 중국의 농업 R&D 투자와 농업환경보조금이 농업생산과 농업소득에 미치는 구조적 파급효과를 파악하기 위함이다. 이를 위하여 중국 『농업통계연감(农业统计年鉴)』과 『중국과학기술통계연감(中国科技统计年鉴)』에서 1995년부터 2015년 기간 동안 연도별 자료를 수집하여 농업발전과 관련된 변수와 이에 영향을 미칠 수 있는 농업 R&D 투자액 그리고 농업환경보조금 변수 등을 통하여 실증분석을 수행하였다. 본 연구의 분석결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

첫째, 중국의 농업 R&D 투자 충격에 대한 각 변수들의 반응은 정(+)

관계로 나타나고 있어 농업부문에 대한 과학기술투자는 농업발전에 긍정적인 효과를 미친다는 이론과 부합되고 있다. 예측오차의 분산분해결과에 의하면 농업 R&D 투자는 농업 1인당 소득보다 농업 총생산에 상대적으로 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

둘째, 중국의 농업환경보조금 충격에 대한 각 변수들의 반응도 정(+)의 관계로 나타나고 있어 정부의 시장친화적인 개입은 경제발전에 유익하다는 이론과 부합된다고 할 수 있다. 그리고 예측오차의 분산분해결과에 의하면 농업환경보조금 또한 농업 총생산과 농업 1인당 소득에 영향을 미치고 있는데 상대적으로 농업 1인당 소득에 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

셋째, 중국의 농업 R&D 투자와 농업환경보조금이 농업 총생산과 농업 1인당 소득에 미치는 파급효과를 3변수 모형으로 구분하여 분석한 결과에 의하면 농업 R&D 투자와 농업환경보조금의 상승충격은 농업발전에 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 한편, 농업 R&D 투자는 농업 총생산에 더 큰 영향을 미치고 있으며, 농업환경보조금은 농업 1인당 소득에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이상의 분석결과를 종합하면 농업 R&D 투자와 농업환경보조금은 농업소득에 장기적으로 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 동시에 농업소득의 증가는 농업기계화 수준의 향상에 긍정적으로 영향을 미치게 된다. 즉, 오늘날 농업은 과거 자원 위주의 농업과는 달리 과학기술 위주의 농업으로 변모하고 있으며, 농업기술은 농업성장의 장애 요인이 되는 부족한 자원을 풍부한 자원으로 대체할 수 있는 촉매제와 같은 역할을 하게 될 것이다.

본 연구의 분석결과를 바탕으로 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 중국은 개혁개방 이후 지금까지 경제의 각 부문 간 연관관계가 단절되어 있다. 특히, 도시공업부문과 농촌농업부문 간의 심각한 괴리는 중국 정부가 해결해야 할 시급한 과제이다. 중국은 농업 대국으로서 농업인구가 전체 인구의 대부분을 차지하고 있으며, 향후 농업경제의 안정적인 발전은 중국경제에 매우 중요하게 영향을 미치게 될 것이다. 따라서 중국정부는 농업부문의 지속가능한 인프라 구축뿐만 아니라 농업부문의 현대화를 위하여 적극적인 투자와 지원이 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 둘째, 농업 총생산과 농업 1인당 소득을 증가시키기 위해서는 시장의 수요에 따라 신품종에

대한 육종과 개량을 통해 식품, 의약, 생물에너지, 환경보호 등 영역에서 지속가능한 농업발전을 도모해야 할 것이다. 셋째, 분세제(分稅制)⁶⁾ 이후 농업 환경보조금의 경우 동북 3성과 같은 특정 지역은 중앙정부의 의존도가 상대적으로 높아졌다. 따라서 중앙정부는 재정자원의 재배치를 통하여 재정집행의 효율성 제고뿐만 아니라 중앙-지방 간 수직적 이전, 성(省) 간 수평적 이전 방안을 추진해야 할 것이다.

본 연구의 한계점은 크게 두 가지로 나누어 설명할 수 있다. 첫째, 실증분석에 최근의 통계자료를 반영하지 못했다는 점이다. 이는 중국의 통계자료 집계에 있어서 연속성 결여 등 자료 확보가 용이하지 않았기 때문이다. 둘째, 일반적으로 R&D 투자 및 보조금의 효과는 산업 간, 지역 간 파급효과(spillover effect)와 외부효과(externality)를 가진다. 따라서 농업부문의 R&D 투자 및 환경보조금에 대한 효과를 분석하기 위해서는 다른 산업부문의 생산함수를 추정하고, 이를 통하여 각 산업부문에서의 효과가 농업부문에 미치는 영향 또한 파악해야 한다. 그러나 산업별·지역별 생산함수를 추정하는 것은 현실적으로 어렵다. 향후 이러한 한계점을 보완하여 추가적인 연구가 진행된다면 더욱 의미 있는 연구결과를 얻을 수 있으리라 판단된다.

6) 분세제란 중앙과 지방의 재정수입원을 분리하는 제도를 말한다. 즉, 분세제에서는 중앙정부가 재정수입을 집중 관리하지 않고 중앙정부와 지방정부의 행정권(事權)과 재정권(財權)이 상응한다는 원칙하에 전체 재정수입을 중앙수입, 지방수입 및 공유수입으로 구분하여 중앙정부 및 지방정부가 각각 그 재정을 관리·책임지는 방식이다.

| 참고문헌 |

1. 논문 및 단행본

- 권오상 (2010). “산업연관표를 이용한 R&D 투자의 과급효과분석: 농림수산부문을 중심으로.” 『농업경제연구』. 제51권. 제3호, pp. 27-45.
- 김은순 (1986). “이윤함수접근법에 의한 농업연구·보급사업의 효과분석.” 『농촌경제』. 제9권. 제3호, pp. 81-96.
- 노재선·홍준표·권오상 (2004). “한국 농업의 연구개발투자 효과분석.” 『농업경영·정책연구』. 제31권. 제2호, pp. 311-328.
- 사공용 (1998). “미국 연구투자의 효율성과 지속성.” 『농업경제연구』. 제39권. 제1호, pp. 1-18.
- 유재원·이기성 (2017). “글로벌 금융위기 이후 한국과 일본의 경상수지 결정요인 분석.” 『무역연구』. 제13권. 제5호, pp. 665-674.
- Abbott, P. C., P. L. Paarlberg and J. A. Sharples (1987). “Targeted Agricultural Export Subsidies and Social Welfare.” *American Journal of Agricultural Economics*. Vol. 69. No. 4, pp. 723-732.
- Evenson, R. E. (2001). “Economic Impacts of Agricultural Research and Extension.” *Handbook of Agricultural Economics*. Vol. 1. No. 1, pp. 573-628.
- Feenstra, R. (1986). “Trade Policy with Several Goods and Market Linkages.” *Journal of International Economics*. Vol. 20. No. 3-4, pp. 249-267.
- Flam, H. and R. W. Staiger (1989). “Adverse Selection in Credit Markets and Infant Industry Protection.” *NBER Working Paper*. No. 2864, Cambridge, MA: NBER.
- Grosh, M. E. (1994). *Administering targeted social programs in Latin America: from platitudes to practice*. World Bank Regional and Sectoral Studies. Washington: The World Bank.
- Gulati, A. (1989). “Input Subsidies in Indian Agriculture: A Statewise Analysis.” *Economic and Political Weekly*. Vol. 24, pp. A57-A65.
- King, R. G., C. I. Plosser, J. H. Stock and M. W. Watson (1991). “Stochastic Trends and Economic Fluctuations.” *American Economic Review*. Vol. 81. No. 4, pp. 819-840.
- Márquez, G., J. Mukherjee, J. C. Navarro, R. A. González, R. Palacios and R. Rigobón (1993). “Fiscal policy and income distribution in Venezuela.”

- R. Hausman and R. Rigobón (eds.). *Government Spending and Income Distribution in Latin America*. Washington: Inter-American Development Bank, pp. 145-213.
- Pesaran, H. H. and Y. Shin (1998). "Generalized Impulse Response Analysis in Linear Multivariate Models." *Economic Letters*. Vol. 58. No. 1, pp. 17-29.
- Petrei, A. H. (1987). *El Gasto Público Social y sus Efectos Distributivos*. Rio de Janeiro: Programa ECIEL.
- Pinstrup-Andersen, P. (1988). *Food Subsidies in Developing Countries*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Pitt, M. M. (1985). "Equity, Externalities and Energy Subsidies: The Case of Kerosene in Indonesia." *Journal of Development Economics*. Vol. 17. No. 3, pp. 201-217.
- Pritchard, D. and A. MacPherson (2004). "Industrial Subsidies and the Politics of World Trade: The Case of the Boeing 7e7." *The Industrial Geographer*. Vol. 1. No. 2, pp. 57-73.
- Rosenblatt, J., T. Mayer, K. Bartholdy, D. Demekas, S. Gupta and L. Lipschitz (1988). *The Common Agricultural Policy of the European Community: Principles and Consequences. Occasional Paper*. No. 62. Washington: IMF.
- Sims, C. A. (1980). "Macroeconomics and Reality." *Econometrica*. Vol. 48. No. 1, pp. 1-48.
- Vittas, D. and Y. J. Cho (1995). "Credit Policies: Lessons from East Asia." *World Bank Policy Research Working Paper*. No. 1548. Washington: The World Bank.
- 刘立民;王钊力 (2012). "农民收入与金融、财政支持的实证分析." 『西部金融』. 第4期, pp. 80-84.
- 刘喜平 (2016). "人力资本与农村贫困循环累计因果关系研究." 东北财经大学 硕士学位论文.
- 张宽 (2017). "农业技术进步、农村劳动力转移与农民收入." 『农业技术经济』. 第6期, pp. 28-41.
- 中国国家统计局 (1995-2016). 『农业统计年鉴』. 中国统计出版社.
- _____ (1995-2016). 『中国科技统计年鉴』. 中国统计出版社.

2. 기타

김종진·강창용·한혜성 (2014). “농림축산식품 민간 R&D 현황 및 활성화 방안 연구.” 한국농촌경제연구원.

Calegar, G. M. and G. E. Schuh (1988). *The Brazilian Wheat Policy: Its Costs, Benefits, and Effects on Food Consumption*. Washington: IFPRI Research Report.

| 논문투고일 : 2020년 02월 10일 |

| 논문심사일 : 2020년 02월 17일 |

| 게재확정일 : 2020년 02월 27일 |

| ABSTRACT |

The Effects of Agricultural R&D Investment and Environment Subsidies on Agricultural Production and Income in China

Lin Jin

(Dept. of Agri-forest Economics & Management, Yanbian University)

Ki-Seong Lee

(Dept. of Economics, KonKuk University)

Research and Development (R&D) investment in the agriculture has contributed not only to agriculture but also to economic growth across the country. In particular, it became the basis for national economic growth by providing labor to other industries through increased productivity of the agricultural sector. The importance of R&D in the agricultural sector is also being emphasized in preparation for the fourth industrial revolution, which has been highlighted recently. Agricultural R&D is directly related to the fourth industrial revolution in agriculture that utilizes big data, robots, artificial intelligence, and clouds. On the other hand, subsidies are considered the most widely used policy means. These subsidies affect domestic resource allocation, income distribution structure, and expenditure productivity regardless of specific policy areas, and also affect international competitiveness between trade and economic entities.

The purpose of this paper is to examine the dynamic analysis of variables by establishing a quantitative model in terms of agricultural environment subsidies that represent the government's role and agricultural gross agricultural product in light of the importance of R&D

investment in Chinese agriculture.

In conclusion, the agricultural R&D investment and agricultural environmental subsidies not only have a long-term positive effect on agricultural income, but also increase the agricultural income positively affect the level of agricultural mechanization. In other words, today's agriculture is transforming into a science and technology-oriented agriculture, unlike the past resource-oriented agriculture, and agricultural technology will act as a catalyst that can replace the scarce resources that are obstacles to agricultural growth with abundant resources.

- Key words: Chinese Agriculture, Agricultural R&D Investment, Agricultural Environment Subsidies, Structural VAR Model, Identifying Restriction