

농업부문 연구개발투자가 농가유형별 소득에 미치는 영향*

권오상** 반경훈*** 허정희****

Keywords

연구개발투자(R&D investment), 농가수익성(farm profitability), 수량효과(quantity effect), 가격효과(price effect)

Abstract

This study investigates the impacts of agricultural R&D on farm income in Korea. We constructed a decomposition method where farm income change was decomposed into the four effects of output price change, input price change, productivity change and production scale change. Before the decomposition method was applied, the impacts of the R&D expenditure on the changes in output prices, input prices, total factor productivity, and factor-bias were econometrically estimated. We found that the agricultural R&D expenditure negatively affected farm income by reducing agricultural product prices substantially. On the other hand, the agricultural R&D expenditure resulted in a saving in cost by reducing input prices and enhancing productivity. An increase in production scale owing to the R&D expenditure also contributed to farm income slightly. The sum of the positive effects of input price decline, productivity change, and scale change of the agricultural R&D dominated the negative effect of output price decline. Finally, it was found that the R&D effects are substantially variant across farm households depending on their choice of products, input shares, farmland size, and production location.

차례

- | | |
|----------|------------|
| 1. 서론 | 4. 분석 결과 |
| 2. 분석 모형 | 5. 요약 및 결론 |
| 3. 분석 자료 | |

* 본 논문은 한국농촌경제연구원이 지원한 『공공 R&D 투자가 농업소득분포에 미치는 영향 분석』의 성과물을 보완·발전시킨 것이며, 일부 내용은 연구보고서 『농업부문 공공 R&D의 경제적 파급효과와 투자 수요 분석』(허정희 외 2017)에 실린 내용을 수정·보완한 후 학술논문 형식으로 작성한 것임.

** 서울대학교 농경제사회학부 농업·자원경제학전공 교수 겸 농업생명과학연구원 겸무연구원, 교신저자: e-mail: kohsang@snu.ac.kr

*** 서울대학교 농경제사회학부 농업·자원경제학전공 박사과정

**** 한국농촌경제연구원 부연구위원

1. 서론

특정 품목(군)을 선택하여 특정 생산기술을 적용해 농업생산행위를 하는 농가의 소득은 여러 요인에 의해 영향을 받아 변하게 된다. 시간이 지나면서 발생하는 농업 수익성 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인은 크게 수량적 효과와 가격효과로 구분할 수가 있을 것이다. 먼저 가격효과는 농가가 선택하는 품목들의 가격이 시간이 지나면서 얼마나 변했는지, 그리고 동시에 농가가 사용하는 투입요소들의 가격이 얼마나 변했는지에 의해 결정될 것이다. 수량적 효과는 다시 생산성효과와 규모효과로 구분할 수가 있을 것인데, 전자는 투입 대비 산출, 즉 생산성이 시간이 지나면서 얼마나 변했는지를 의미하고, 후자는 생산규모 자체가 농업수익성에 미치는 영향을 의미한다. 투입요소가격 대비 산출물가격 조건이 좋을 경우에는 생산량의 증대가 농업소득을 늘리지만 공급과잉으로 산출물가격이 단위 생산비보다 낮을 경우에는 생산량 증대는 오히려 적자를 늘리고 농업소득을 줄일 수 있기 때문에 생산규모의 변화도 농업소득이나 농가의 수익에 영향을 미치게 된다.

농가의 농업소득 변화에 관한 논의들은 대체로 이들 가격요인과 수량효과 중 어느 하나에만 초점을 맞추는 경향이 있다. 예를 들면 농업생산성 증대를 농업소득 향상의 주요인으로 본다든가(이정환·이승정 2012), 아니면 수입개방이나 정부 정책의 영향으로 농산물가격이 변할 때 이것이 농업소득에 어떤 영향을 미치는지 등의 추론을 하곤 한다. 이러한 부분효과에 대한 논의들은 그 자체가 의미를 가지는 것이긴 하나 모두 농업소득에 영향을 미칠 수 있는 요인 중 일부만을 검토하는 것으로, 수량 및 가격효과를 모두 포괄할 수 없다는 한계를 가지고 있다.

이러한 한계를 인지하고, 윤지원·권오상(2016)은 농가들을 주 품목별로 분류했을 때 각 유형의 농가소득이 산출물과 투입요소의 가격효과와, 두 수량효과인 생산성효과와 규모효과에 의해 각각 얼마나 변하는지를 Grifell-Tajé and Lovell(2015)이 제안하는 지수분해법을 이용해 측정하고 그 결과를 해석하였다. 이들은 투입요소의 가격효과는 농업소득에 어떤 경향성을 가지고 꾸준히 영향을 미침에 반해, 생산성효과, 규모효과, 그리고 산출물의 가격효과는 시기별로 소득에 미치는 영향이 다르고 또한 농가의 주 품목이 무엇인지에 따라서도 상당히 영향이 달라짐을 보여준 바가 있다. 이러한 종합적인 지수분해법은 농업소득에 영향을 미치는 모든 종류의 요인별 영향을 포괄적으로 그리고 동시에 요인별로 분석하여 제시할 수 있다는 장점은 있지만 이들 네 가지 주요인의 값이 시간이 지나

며 변하게 된 동인이 무엇인지에 대해서는 밝힐 수 없다는 한계를 가진다. 본고는 이들 주요인들의 값이 변하게 된 원인 중 하나로 농업부문 공공 연구개발사업, 즉 R&D 투자를 지목하고 이로 인해 이들 네 가지 주요인들의 값이 얼마나 변했는지를 분석한다. 그리고 이어서 그러한 주요인의 변화로 인해 최종적으로 농가유형별 농업소득이 얼마나 달라졌는지를 분석하는 새로운 시도를 한다.

본고의 이러한 시도는 그동안 시행되었던 농업소득과 농업생산성 관련 여러 연구들을 몇 가지 측면에서 보완·발전시키는 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다. 우선 윤지원·권오상(2016)에 의해 시도된 농가유형별로 농업소득이 변하는 형태를 분석하는 연구와 비교할 때 본고는 농가의 주 품목 외에도 전업농인지 겸업농인지, 농업이 주업인지 부업인지, 경지규모는 어떠한지, 경영주 연령은 어떠한지, 가구원 수는 몇 명인지, 그리고 거주 지역은 어디인지에 따라서도 농가유형을 구분하여 분석함으로써 이들의 연구보다 더 다양한 농가유형별 소득변화를 요인별로 분석하여 제시한다. 또한 소득변화지수를 선택함에 있어서도 Laspeyres 형 지수와는 달리 보다 일반화된 Bennet 지수를 활용한다는 차이를 가진다. 마지막으로 무엇보다도 농업부문 R&D 지출액이 산출물가격, 투입요소가격, 농업생산성과 요소편향성 등에 미치는 영향을 계량분석하여 이들 요인들이 R&D 지출액 변화라는 구체적 원인에 의해 변화하여 최종적으로 농업소득에 미치는 영향을 분석하며, 또한 그러한 R&D의 소득효과가 농가유형별로 차등화되는 효과까지 분석한다는 점에서도 기존연구와 차이가 있다.

본고는 농업개발투자의 성과를 분석한 많은 기존 연구와도 차별성을 지닌다. 김은순(1986), 강경하 외(2000), 노재선 외(2004), 권오상(2010) 등의 국내 연구나 Alston et al.(2000), Evenson(2001) 등이 정리한 대단히 많은 수의 해외 연구는 계량경제분석을 통해 대부분 R&D 투자가 농가의 생산성을 증대시키는 효과만을 분석한다. 이들 연구들은 R&D 투자로 인한 생산성 증대에도 불구하고 농산물의 가격은 불변이라 가정함으로써 가격효과는 반영하지 못하는 한계를 가진다. 반면 Alston et al.(2013), 이한빈·권오상(2015) 등의 일종의 일반균형분석들은 R&D 투자의 가격효과를 명시적으로 도입하여 분석을 하고, 생산자는 물론 소비자의 의사결정까지 모형에 포함한다. 그러나 이들 연구는 기본적으로 가격효과, 그중에서도 산출물의 가격효과만 주로 반영을 하며, 일반균형분석의 특성상 생산부문의 규모수익불변(CRS)을 가정하고 농업생산자는 항상 0의 이윤만을 얻도록 모형화를 하기 때문에 농가보다는 소비자의 후생효과 분석이 주로 이루어진다는 한계를 가진다.

이상의 선행연구들과 달리 본고는 농업부문 공공 R&D 투자가 유발하는 농산물가격 변화, 투입 요소가격 변화, 생산성 변화(요소편향성 변화 포함)를 직접 계량분석하고, 생산규모의 변화까지 간접적으로 계량분석을 한 후, 이러한 요인별 변화로 인해 궁극적으로 농가의 농업소득이 얼마나 달라졌는지를 도출한다. 아울러 그러한 효과를 농가의 경영규모나 품목선택, 지역 등에 따라 차등화하여 도출함으로써 R&D 투자의 농가유형 간 소득분배효과까지 분석할 수가 있다.

특히 농업 R&D의 농가 소득분포에 대한 분석은 상당한 중요성을 지닐 수가 있다. 농업 R&D는 전체적으로 보면 농가의 비용을 절감하고 농산물가격을 낮추어 소비자 후생도 늘리지만 농업 내적으로는 경쟁력이 높고 규모가 큰 농가에 그 혜택이 집중되고 경쟁력이 낮은 농가는 오히려 손실을 얻게 된다는 주장이 대두된 바가 있다(Cochrane 1993; Gardner 2002). 이들 주장은 새로운 기술이 개발되면 이를 빨리 수용할 수 있는 농가만 이득을 얻고 이들이 생산량을 늘리면서 신기술을 빨리 수용하지 못하는 농가는 오히려 가격하락에 따른 손실을 보게 된다는 가설에 기반을 둔다. 마찬가지로 대규모 농가의 경우 생산규모가 크고 가격 측면에서 유리한 품목이나 투입요소의 사용비중을 늘려 보다 빨리 기술변화에 적응할 여지가 있어 이들 대규모 농가가 R&D 성과의 주 수혜계층이라 예측할 수도 있다. 그러나 현재의 R&D가 축산이나 채소 등과 같이 대규모 농가가 선호하는 품목 중심으로 가격을 하락시켰다면, 반대로 농업 내 소득분배 균등화에 기여했을 수 있다. 또한 기술변화의 요소편향성 측면에서도 생산비에서 자본비중을 늘리는 쪽으로 기술변화가 이루어져 왔다면 자본이 차지하는 비중이 높은 대형농가와 노동력 비중이 상대적으로 높은 소형 농가 간에 R&D의 비용절감효과가 다를 것이기 때문에 어떤 유형의 농가가 R&D의 성과를 더 많이 누리는지는 사실 사전에 알 수가 없다. 따라서 이러한 점들을 계량적으로 파악하는 것은 의미 있는 작업이 될 수가 있다.

본고의 제2장은 사용될 분석모형에 대해 설명하며, 제3장은 R&D 및 생산과 이윤 관련 자료의 구축과정을 설명한다. 제4장은 분석결과를 정리하여 보여주며, 그 의미를 해석한다. 마지막 제5장은 모든 분석결과를 요약하고 결론을 내린다.

2. 분석 모형

본고는 먼저 농업소득이 산출물가격효과, 투입물가격효과, 생산성변화효과, 규모효과에 의해 변하는 정도를 자료를 이용해 직접 도출할 수 있는 방법을 수립하고, 이어서 R&D 투자가 이들 요인들에 영향을 미쳐 최종적으로 농업소득에 영향을 미친 정도를 도출하는 데 필요한 절차를 설정한다.

2.1. 농업수익성 변화의 요인별 분해

농업경제학분야의 연구는 아니지만 최근 Grifell-Tatjé and Lovell(2015)에 의해 생산체들의 수익성 변화를 요인별로 분해하는 다양한 방법이 소개된 바가 있다. 이들은 특히 Méraud(1966)의 방법을 재해석하여 생산자의 소득변화를¹ 수량효과와 가격효과로 분해하는 방법들을 제안하였으며, 이 중 일부는 윤지원·권오상(2016)에 의해 한국 농가의 수익변화분석에 적용된 바가 있다. 윤지원·권오상(2016)은 한국 농가를 주 생산 품목별로 유형화한 뒤, 수익성변화를 수량효과와 가격효과로 구분하였으나, 수량효과에는 라스페이레스(Laspeyres)지수를, 가격효과에는 파셰(Paasche) 가격지수를 이용하는 방법을 적용하였는데, 본고는 이보다 더 일반적인 방법이라 할 수 있는 베넷(Bennet)지수를 이용하는 방법을 사용한다.

우선 기준연도를 s , 비교연도를 t 라 하고 각 시점의 소득(또는 수익)을 Π_s, Π_t 라 할 때, 두 시점 간의 소득변화는 다음과 같이 수량효과와 가격효과로 분해된다.

$$\begin{aligned} (1) \quad \Pi_t - \Pi_s &= (p_t^T y_t - w_t^T x_t) - (p_s^T y_s - w_s^T x_s) \\ &= [p_s^T (y_t - y_s) - w_s^T (x_t - x_s)] \quad (\text{수량 효과}) \\ &\quad + [y_t^T (p_t - p_s) - x_t^T (w_t - w_s)] \quad (\text{가격 효과}) \end{aligned}$$

이때 $y_t \in R^m$ 는 산출물벡터, $x_t \in R^n$ 는 투입물벡터, $p_t \in R^m$ 는 산출물가격벡터, $w_t \in R^n$ 는 투입물가격벡터, T 는 행렬전치(transpose)연산자를 의미한다. 수식 (1)을 보면 수량효과는 기준연도 가격 p_s 와 w_s 를 가중치로 사용하는 라스페이레스 수량지수를 통해 도출되고, 가격효과는 비교

¹ 본고는 ‘농업소득변화’와 ‘수익변화’ 혹은 ‘수익성변화’라는 용어를 동의어로 사용한다.

연도의 수량 y_t 와 x_t 를 가중치로 사용하는 파세 가격지수를 통해 도출된다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 사실은 발생한 소득변화를 수량효과와 가격효과로 분리할 때 수식(1)과는 반대로 수량지수로 파세지수를, 가격지수로 라스페이레스지수를 사용하는 것도 가능하기 때문에 어느 연도의 가격이나 수량을 가중치로 선택하느냐의 문제가 발생할 수 있다. 이 문제로부터 벗어나기 위해 수량효과와 가격효과를 모두 다음과 같은 베넷지수를 사용하는 것으로 전환할 수 있다.

$$(2) \quad \begin{aligned} \Pi_t - \Pi_s &= (p_t^T y_t - w_t^T x_t) - (p_s^T y_s - w_s^T x_s) \\ &= [\bar{p}^T (y_t - y_s) - \bar{w}^T (x_t - x_s)] \quad (\text{수량 효과}) \\ &\quad + [\bar{y}^T (p_t - p_s) - \bar{x}^T (w_t - w_s)] \quad (\text{가격 효과}) \end{aligned}$$

$$\text{단, } \bar{a} = \frac{1}{2}(a_s + a_t) \text{ for } a \in \{p, w, y, x\}$$

베넷지수는 라스페이레스지수와 파세지수의 산술평균으로서, 이 지수를 사용해도 수량효과와 가격효과의 합은 정확히 실제로 발생한 농업소득차이와 일치하게 된다.²

한편, 수식(2)의 수량효과는 다시 생산성효과와 규모효과로 분리할 수가 있다. 생산성효과는 그 야말로 투입 대비 산출이 늘어나서 발생한 효과이고, 규모효과는 산출물가격조건이 좋아 양(+)의 이윤을 얻을 때에는 생산량을 더 늘리는 것이 이윤을 늘리게 되므로 그 효과를 나타내는 것이다. 규모효과는 생산으로 인해 이윤이 발생하는지 그렇지 않은지에 따라 그 부호가 달라지므로 순수한 생산성효과만을 도출하려면 베넷가격지수를 사용했을 때의 기준연도에서의 이윤이 0이라 가정하여 $\bar{p}^T y_s - \bar{w}^T x_s = 0$ 을 가정한다. 이 가정하에서는 수량효과가 곧 생산성효과이고 다음과 같이 정리된다.

$$(3) \quad \begin{aligned} \bar{p}^T (y_t - y_s) - \bar{w}^T (x_t - x_s) &= \bar{p}^T y_t - \bar{w}^T x_t \\ &= \bar{w}^T x_t \left[\frac{\bar{p}^T y_t}{\bar{p}^T y_s} \frac{\bar{w}^T x_s}{\bar{w}^T x_t} - 1 \right] \left(\because \bar{p}^T y_s = \bar{w}^T x_s \right) \\ &= \bar{w}^T x_t [Y_B/X_B - 1] \end{aligned}$$

$Y_B = \bar{p}^T y_t / \bar{p}^T y_s$ 와 $X_B = \bar{w}^T x_t / \bar{w}^T x_s$ 는 각각 베넷 산출물 수량지수와 베넷 투입물 수량지수가 된다. 마지막으로 규모효과는 $\bar{p}^T y_s - \bar{w}^T x_s = 0$ 의 가정을 적용하지 않은 채 $\bar{p}^T (y_t - y_s) - \bar{w}^T (x_t - x_s)$ 와 $\bar{w}^T x_t [Y_B/X_B - 1]$ 의 차이로부터 다음과 같이 도출된다.

² 라스페이레스지수와 파세지수의 산술평균인 Bennet(1920)의 지수는 두 지수의 기하평균을 취하는 Fisher(1922)의 지수와 대비되는 것으로서, 그 유용성에 대해 최근 Chambers(2001, 2002)가 논의한 바 있다.

$$(4) \quad [\bar{p}^T y_s - \bar{w}^T x_s][Y_B - 1]$$

규모효과는 베넷가격으로 평가했을 때 기준연도에서 이윤을 얻고 있었으면, 즉 $\bar{p}^T y_s - \bar{w}^T x_s > 0$ 이면 Y_B 가 1보다 커 산출이 늘어날 때 이윤이 증가하는 효과를 나타내며, 반대로 적자였다면 산출증가가 오히려 적자를 키우게 되는 효과를 나타낸다.

이상을 정리하면, 농업이윤 변화에 영향을 미치는 세 가지 효과는 다음과 같다.³

$$(5) \quad \text{생산성효과: } \bar{w}x_t[Y_B/X_B - 1]$$

$$\text{규모효과: } [\bar{p}^T y_s - \bar{w}^T x_s][Y_B - 1]$$

$$\text{가격효과: } [\bar{y}^T(p_t - p_s) - \bar{x}^T(w_t - w_s)]$$

농업부문 R&D의 증대는 R&D가 투자되지 않을 경우에 비해 x_t, y_t, w_t, p_t 를 모두 바꿈으로써, 위의 세 가지 효과에 모두 영향을 미치게 될 것이다. 보다 구체적으로 본고는 R&D가 가지는 이상 세 가지 효과를 다음과 같이 분석한다. 우선 아래의 실증분석에서는 s 는 시간 혹은 연도를 나타내는 것이 아니라 지식스톡 관련 ‘상태’를 나타낸다. 보다 구체적으로, s 는 R&D에 대한 투자가 부진해 2014년에 실제 존재하던 지식스톡이 아니라 2005년에 존재하던 지식스톡만을 가진 상태를 의미한다. 그리고 t 는 2014년에 실제 존재하던 지식스톡을 가진 ‘상태’를 의미한다. 이렇게 정의함으로써 2005년과 2014년 사이에 발생했던 지식스톡의 증가가 초래한 요인별 영향을 도출할 수가 있다. 즉, 본고가 도출하는 것은 분석에 필요한 모든 자료가 이용가능한 가장 최근 연도인 2014년과 그보다 9년 전인 2005년 사이 실제 발생한 농업소득의 변화가 아니라, 이 기간 동안의 순수한 농업부문 지식스톡 증가의 소득효과를 2014년의 소득을 기준으로 평가한 것이다.⁴

먼저 가격효과의 경우 각 산출물의 가격 p_t 와 투입요소의 가격 w_t 가 각각 R&D 스톡에 따라 변하는 효과를 계량모형 추정을 통해 파악하여 도출하는데, 산출물의 가격은 투입요소가격 w_t 에 대해서도 영향을 받으므로 그 축차적 관계까지 반영하여 도출한다. 수량효과 중 생산성효과는 R&D

3 Grifell-Tatjé and Lovell(2015)는 가격효과에 있어 산출물가격이 변하는지 투입물가격이 변하는지는 중요시하지 않고 두 가지 가격의 증가율 차이의 영향만을 고려한다. 대신 이들은 산출물과 투입물의 가격 증가율이 동일하더라도 그 수치 자체가 변하여 이윤에 영향을 주는 효과를 산출물가격과 투입물가격의 증가율 차이에 따른 효과와 구분하는 시도를 하지만, 본고의 분석에서는 그러한 구분의 중요성이 없을 것으로 보아 이들과 달리 수식 (5)처럼 가격효과를 산출물가격효과와 투입물가격효과로 구분하도록 한다.

4 2005년과 2014년 사이 모든 연도에서 R&D 투자가 농업소득에 미친 영향을 분석하였지만 지면관계상 본고는 이들 두 연도 간의 비교결과만을 제시한다.

가 농업부문 비용함수에 미치는 영향을 계량분석한 결과를 이용해 도출한다. 지식스톡의 증대는 동일한 투입요소를 이용해도 산출을 증대시켰을 것이므로 그 영향을 Y_B 에 반영한다. 아울러 R&D는 요소편향성을 바꾸어 투입요소의 선택에도 어느 정도 영향을 미쳤을 것이고 이는 추정된 비용함수에서 나타난 요소편향성 변화를 X_B 에 반영하여 집계할 수 있다. 마지막으로 규모효과 역시 비용함수의 추정결과를 이용하는데, 역시 지식스톡의 증가가 동일한 투입물을 사용했을 때에도 산출물을 증가시킨 효과를 Y_B 지수에 반영하여 도출하도록 한다.

2.2. 농업 R&D투자와 농산물 및 투입요소 가격

연구개발투자는 농업생산성을 높여 산출물의 가격을 떨어뜨릴 수가 있으며, 아울러 투입요소의 효율성에 영향을 미쳐 투입요소의 시장가격에도 영향을 줄 수가 있다.

2.2.1. 농산물 가격함수 모형

분석을 위해 각 산출물의 가격이 농업부문 지식스톡을 포함하는 여러 변수에 의해 영향을 받은 것을 모형화하며, 로그 선형함수를 설정하였다(Alston et al. 2013; 이한빈·권오상 2015). t 시점의 i 번째 산출물의 가격을 PA_{it} 라고 할 때, PA_{it} 에 영향을 주는 변수로 t 시점의 지식스톡량 H_t 와 각 산출물군별 수입개방지수 O_{it} , 투입물가격 W_{Kt} , W_{Lt} , W_{At} , W_{Mt} 를 선정하였으며, 추정식은 아래와 같이 정리된다.⁵

$$(6) \quad \ln PA_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=2}^7 \alpha_i D_i + \sum_{i=1}^7 \beta_i D_i \ln H_t + \rho \ln O_{it} + \gamma_{Kt} \ln W_{Kt} + \gamma_{Lt} \ln W_{Lt} + \gamma_{At} \ln W_{At} + \gamma_{Mt} \ln W_{Mt} + \varepsilon_{it}$$

$$\gamma_K + \gamma_L + \gamma_A + \gamma_M = 1$$

이때 D_i 는 품목별 더미변수이고 하첨자 i 는 순서대로 (1) 미곡, (2) 맥류, (3) 두류/잡곡류, (4) 서류, (5) 채소류, (6) 과실류, (7) 축산, (8) 기타농산물을 의미하며, 투입물가격 및 파라미터의 하첨자

5 자료들이 가지는 시계열적 경향성을 고려하기 위해 연도변수도 반영해보았으나 통계적 유의성이 없어 최종 추정모형에서 제외하였다.

K, L, A, M 은 순서대로 자본, 노동, 토지, 중간재를 의미한다. 현재로서는 지식스톡량을 품목별로 배정하는 것은 불가능하기 때문에 각 품목의 가격은 농업부문 전체 지식스톡에 반응을 하되, 반응의 정도와 방식이 다를 수 있도록 품목별 더미변수(D_i)를 적용하였다.

지식스톡과 투입물 가격벡터 외의 설명변수로 품목별 수입개방지수가 사용되었는데, 이 변수는 그동안 꾸준히 진행된 수입개방으로 인해 국내 농산물가격이 영향을 받았고, 그 영향의 정도도 품목별로 다르다는 것을 반영하는 것이다. 수입개방지수(O_{it})는 아래와 같은 식을 이용하여 구축한다.

$$(7) \quad O_{it} = \frac{IM_{it}}{V_{it}} \times 100$$

IM_{it} 는 i 번째 품목의 t 년도 수입액, V_{it} 는 i 번째 품목의 t 년도 생산액을 의미한다. 따라서 수입개방지수는 각 품목별로 다른 값을 가진다.

투입물가격 역시 산출물별로 미치는 영향이 다르다고 가정하는 것이 바람직하나, 이용가능한 관측치 수의 제약⁶으로 인해 각 투입물가격의 영향은 산출물별로 동일하다고 가정한다. 여기에 추가적으로 투입물가격이 2배가 되면 산출물가격도 2배가 되는 동차성조건(homogeneity condition)을 부여한다.

2.2.2. 투입물 가격함수 모형

투입물 가격함수 모형도 산출물 가격함수와 같이 로그 선형함수의 형태를 지닌다. t 시점의 투입물가격 $W_{Kt}, W_{Lt}, W_{At}, W_{Mt}$ 에 영향을 주는 변수로 t 시점의 지식스톡량 H_t 와 수입개방지수 O_t 를 선정하였으며⁷, 추정식은 아래와 같이 설정된다.⁸

6 8개 품목, 40개년의 시계열로 총 320개의 관측치가 사용된다.

7 시간추세변수 t 를 포함하여 추정하였으나, 모든 감모율에서 시간추세변수의 유의성이 확보되지 않아 제외하고 모형을 추정하였다.

8 추정식 (8)에서는 가격 변수들 $\ln W_{jt}$ 가 종속변수이지만 이 변수들은 다시 추정식 (6)과 아래의 추정식 (10) 및 (11)에서는 설명변수로 사용되었다. 본고는 이들 세 가지 추정식들이 일종의 블록 축차적(block recursive) 구조를 이룬다고 가정한다. 즉, 세 가지 종류의 교란항 $\epsilon_{it}, \eta_{jt}, \{u_t, u_{jt}\}$ 가 그 내적으로는 서로 상관관계를 가질 수 있지만 이들 세 가지 유형 간에는 독립이고, 따라서 각 블록별 별도 추정이 추정결과와 일치성(consistency)이나 점근적 효율성(efficiency) 면에서 문제가 없다고 가정한다(Dixon 2008).

$$(8) \ln W_{jt} = \alpha_0 + \sum_{\substack{j \in X \\ j \neq K}} \alpha_j D_j + \sum_{j \in X} \beta_j D_j \ln H_t + \sum_{j \in X} \gamma_j D_j \ln O_t + \eta_{jt}$$

단, $X = \{K, L, A, M\}$

투입물 가격함수 역시 더미변수(D_j)를 이용하여 각 투입물 가격별로 농업지식스톡이 미치는 영향을 다르게 추정한다.⁹

투입물가격함수에 사용되는 수입개방지수 O_t 는 산출물별로 별도 집계할 수는 없으므로 국가 전체의 농산물 수입액을 이용하여 아래와 같이 전체 농산물 수입금액(IM_t)과 국내총생산(GDP_t)을 이용하여 구축한다.

$$(9) O_t = \frac{IM_t}{GDP_t} \times 100$$

따라서 식 (9)의 수입개방지수의 경우 모든 투입물에 대해서 같은 값이 이용되나, 대신 각 투입물 가격별로 다른 효과가 있을 것이라 보고 지식스톡에 적용한 방법과 유사하게 더미변수를 이용하여 모형을 구성한다.

2.3. R&D투자의 생산성효과

농가의 생산과정에서 일어나는 최적화 행위를 반영하여 R&D 투자의 생산성 증대효과를 분석하기 위해 다음과 같이 지식스톡을 설명변수로 포함하는 전체 농산물의 초월대수(translog) 비용함수를 추정한다.¹⁰

$$(10) \ln C_t = \alpha_0 + \sum_{j \in X} \beta_j \ln W_j + \beta_y \ln y + \beta_H \ln H + \beta_t \ln t + \frac{1}{2} \sum_{j \in X} \sum_{k \in X} \gamma_{jk} \ln W_j \ln W_k \\ + \sum_{j \in X} \gamma_{jH} \ln W_j \ln H + \sum_{j \in X} \gamma_{jt} \ln W_j \ln t + \sum_{j \in X} \gamma_{jy} \ln W_j \ln y + \gamma_{yH} \ln y \ln H \\ + \gamma_{yt} \ln y \ln t + \gamma_{Ht} \ln H \ln t + \frac{1}{2} \gamma_{yy} (\ln y)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{HH} (\ln H)^2 + \frac{1}{2} \gamma_{tt} t^2 + u_t$$

9 4개 투입물, 40개년의 시계열로 총 160개의 관측치가 사용된다.

10 비용함수에는 시간변수 t 가 별도의 설명변수로 포함되므로 혼동을 피하기 위해 $\ln W_{jt}$, $\ln H_t$, $\ln y_t$ 대신 $\ln W_j$, $\ln H$, $\ln y$ 로 표기하였다.

단, $X = \{K, L, A, M\}$, u_t =교란항

$$\gamma_{jk} = \gamma_{kj}, \sum_{j \in X} \beta_j = 1, \sum_{j \in X} \gamma_{jH} = \sum_{j \in X} \gamma_{jt} = \sum_{j \in X} \gamma_{jy} = 0$$

식 (10)에서의 제약조건들은 비용함수의 투입요소가격에 대한 선형동차성 조건을 부여하는 것이다. 실제 추정에는 이 비용함수와 각 투입요소의 비중방정식(share equation)을 함께 추정한다. j 번째 투입재의 비용비중을 S_{jt} 라 할 때 그 구체적인 형태는 아래와 같이 도출된다.

$$(11) \quad S_{jt} = \beta_j + \sum_{k \in X} \gamma_{jk} \ln W_k + \gamma_{jH} \ln H + \gamma_{jt} t + \gamma_{jy} \ln y + u_{jt}$$

단, $j = K, L, A, M$, u_{jt} =교란항

특정 연도에 발생한 총 요소생산성(total factor productivity: TFP)의 변화율은 비용함수가 위와 같이 추정되면 그 요인별 분해를 다음과 같이 할 수 있다(권오상 2010).

$$(12) \quad \begin{aligned} \dot{TFP} &= -v_H \frac{d \ln H}{dt} + (1 - v_y) \frac{d \ln y}{dt} + v_t \\ v_H &= \frac{\partial \ln C}{\partial \ln H} = \beta_H + \sum_{j \in X} \gamma_{jH} \ln W_j + \gamma_{HH} \ln H + \gamma_{Ht} t + \gamma_{Hy} \ln y, \\ v_y &= \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y} = \beta_y + \sum_{j \in X} \gamma_{jy} \ln W_j + \gamma_{yH} \ln H + \gamma_{yt} t + \gamma_{yy} \ln y, \\ v_t &= -\frac{\partial \ln C}{\partial t} = -\left(\beta_t + \sum_{j \in X} \gamma_{jt} \ln W_j + \gamma_{Ht} \ln H + \gamma_{tt} t + \gamma_{yt} \ln y \right). \end{aligned}$$

식 (11)에 의해 매년의 총요소생산성(TFP) 변화율은 R&D 투자효과($-v_H \frac{d \ln H}{dt}$), 규모효과($(1 - v_y) \frac{d \ln y}{dt}$), 기술변화효과(v_t , 또는 잔차효과)로 분해된다.¹¹ 이 중 첫 번째 효과, 즉 $-v_H \frac{d \ln H}{dt}$ 이 R&D 스톡 변화가 농업생산성에 미친 영향이 된다.

11 한편, 본고가 사용하는 자료는 매 연도를 대상으로 계측된 이산(discrete)시점자료이므로, 이들 효과들은 톨크비스트(Törnqvist)지수를 이용하여 TFP 변화율을 근사하도록 계산된다. 본고의 추정결과를 이용해 이 세 가지 효과가 각각 통계적으로는 0이라는 가설을 Wald 검증했을 때 모두 1% 유의수준에서 기각되었다.

3. 분석 자료

3.1. 농업부문 지식스톡의 추계

농업부문 지식스톡 추계에 필요한 한국 농업부문 연구개발투자 시계열은 1975년 이후로 확보할 수 있었으며, 자료원은 아래와 같이 정리할 수 있다.

표 1. 연도별 농업부문 명목 R&D 투자액 자료원

연도	자료원	항목
1975-1987	『과학기술연감』	연구개발비 ¹²
1985-1995	『과학기술연구개발활동조사보고서』	연구개발비
1996-2007	『과학기술연구개발활동조사보고서』	‘사회경제적 목적별 현황표’ 내 ‘농림수산’
2008-2011	『과학기술연구개발활동조사보고서』	‘사회경제적 목적별 현황표’ 내 ‘농업’ ¹³
2003-2015	국가과학기술지식정보서비스(NTIS)	‘OECD 경제사회목적 연구개발비’의 ‘농업’

각 자료원에서 얻은 농업부문 명목 R&D 투자액은 서로 중복되는 기간에서 값이 일치하였으며, 따라서 모든 자료들을 연결하여 41년 동안의 (1975-2015) R&D 투자액 시계열을 구축하여 지식스톡 추계에 사용하였다. 구축된 명목 투자액시계열을 GDP 디플레이터를 통해 2010년 실질가치로 환산하여 최종적으로 지식스톡 추계에 사용하였다.

지식스톡은 연구개발 노력에 의해 형성된 ‘지식자본(knowledge capital)’을 의미하며(Griliches 1998: 25), 연구개발투자의 효과를 수치적으로 정량화하기 위해서 여러 연구들에 의해 사용되어온 개념이다. 지식스톡의 추계는 실제로 이루어진 과학적 연구성과를 지표화하여 그중 생산행위에 반영되는 부분을 계측함으로써 이루어져야 하겠지만, 연구성과의 지표화는 현실적으로 힘들기 때문에 본고는 대안으로서 R&D 지출액이 쌓여서 지식스톡을 만들어낸다고 가정한다. R&D 지출을 지식스톡으로 전환하는 방법으로서 본고는 영구재고법(perpetual inventory method)을 이용하며¹⁴,

12 연구기관, 대학, 기업체별 농림수산 연구비를 합산하여 도출하였다.

13 OECD Frascati Manual(2015)에 따르면, ‘농업’ 항목은 농업, 임업, 어업 및 식료품 생산의 증진에 대한 모든 연구를 포괄한다.

14 영구재고법은 관측치의 손실 없이 R&D 지출액을 지식스톡으로 바꿀 수 있고, 내구연수가 무한하다는 지적자본의 특성을 잘 반영

구체적인 방법은 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다(Esposti and Pierani 2003).¹⁵

$$(13) \quad H_t = R_{t-m} + (1-\delta)H_{t-1} \\ = R_{t-m} + (1-\delta)R_{(t-m)-1} + (1-\delta)^2R_{(t-m)-2} + \dots$$

수식 (1)에서 R_t 는 t 년의 실질 R&D 투자액, δ 는 지식스톡의 감모율, H_t 는 t 년의 지식스톡량을 나타내며, m 은 R&D 투자가 지식스톡으로 산입되기까지 소요되는 개발기간(gestation period)을 의미한다. 따라서 매년의 R&D 투자는 m 의 개발기간이 지난 후에 그 효과가 발현되어 지식스톡의 증가로 이어지며, 축적된 지식스톡은 노후화로 인해 그 효율성이 지속적으로 감소(decay)한다고 가정하게 된다(Coe and Helpman 1995; Park 1995; Jovanovic and Nyarko 1998).¹⁶ 본고는 시계열 자료의 손실을 최소화하는 통상적인 절차대로 $m = 1$ 을 가정하였다.

3.2. 품목별 수입액자료

산출물군별 수입개방지수를 구축할 때 사용되는 수입액은 UNComtrade의 자료를 활용하였으며, 각 산출물군별 상품코드는 Standard International Trade Classification, Rev.1 (SITC Rev.1)에 따라 아래와 같이 분류하였다(조현경 2018).

한다는 장점이 있으나, R&D지출액이 손실 없이 모두 지식스톡으로 구성된다고 가정해야 하며 지식스톡의 감모율(decay rate)을 가정해야 하는 단점을 가진다. 지식스톡추계는 영구재고법과 달리 R&D 지출액이 지출 초기에는 큰 효과가 없다가 이후 피크에 달한 후 다시 그 효과가 감소된다는 방식으로 이루어질 수도 있지만, 이 경우에는 시차효과로 인한 시계열의 손실이 보다 더 커 본고에서는 사용할 수가 없었다.

15 자료가 시작되는 첫 해의 지식스톡은, 직전까지의 R&D 지출액이 연평균 g 의 증가율로 증가해왔다고 가정하여 추계하였으며, g 는 1975년부터 1985년까지의 연평균 R&D 지출액 증가율의 절반 수준인 10%로 가정하였다.

16 이상과 같은 모형화에서는 최초 m 개의 연도의 경우 최종 스톡자료를 사용할 수 없다는 문제가 있으나, R&D 지출액이 집계된 이전 연도들에서는 집계 초기의 지출액변화형태가 유지된다고 가정하여 이 문제를 해결한다(Esposti and Pierani 2003).

표 2. 산출물군별 상품코드 분류

산출물 분류	SITC code
미곡	0421, 0422
맥류	0410, 0430, 0451, 0452, 0459
잡곡류	0460, 0470, 0481, 0482, 0440
두류	0542, 2214
서류	0541
과수	0511, 0512, 0513, 0514, 0515, 0517, 0519, 0520, 0536, 0539
채소	0544, 0545, 0546, 0551, 0555
축산	0111, 0112, 0113, 0114, 0115, 0116, 0118, 0221, 0222, 0223, 0230, 0240, 0250
기타	2211, 2212, 2213, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2631, 2632, 2633, 2927

UNComtrade의 자료는 명목 USD로 제공되므로, OECD로부터 KRW/USD 환율 시계열을 확보하여 명목원화로 환산한 후 이를 다시 GDP 디플레이터로 실질화하여 IM_{it} 시계열을 최종적으로 구축하게 된다.

3.3. 농업부문 전체 KLAM자료

농산물 및 투입물 가격함수와 비용함수의 추정에 사용되는 농업 전체의 투입·산출자료는 권오상 외(2015)가 톨크비스트(Törnqvist) 지수를 이용해 구축한 KLAM자료에 기반을 두되, 본 연구의 목적에 맞게 품목분류가 편성되고 자료의 시계열을 2015년까지 확장하는 등 전체적으로 재구축되었다.

투입요소의 경우 자본(K), 노동(L), 토지(A), 중간재(M)의 네 가지 투입요소자료를 모두 사용하되, 노동의 경우 고용노동만 포함하도록 하였다. 이는 후술하게 될 농가유형별 가액자료에서 자가 노동에 대한 지출액(또는 기회비용)을 정확하게 추정·산출하기 어려워, 농가유형별 자료가 고용노동만을 포함하는 형태로 구축되었기 때문이다.

3.4. 농가 유형별 투입산출자료

본 연구에서는 농가 유형별로 수익성 변화를 분석하기 위해 각 농가유형별로도 투입·산출자료를 모두 구축한다. 이때 통상적인 절차를 따라 투입과 산출의 수량지수를 먼저 구축한 후 산출액 및 비용을 가지고 수량지수를 나누어 암묵적 가격지수를 구하게 되면, 모든 농가 유형들이 서로 다른 가격에 직면한다고 가정해야 하는 문제가 발생한다. 따라서 본고는 가격지수를 먼저 구축하고, 이를 이용하여 각 농가유형별 암묵적 수량지수를 도출하는 역순을 취한다. 따라서 가격지수의 선정이 중요하며, 기 공표된 국가통계가격지수를 최대한 이용하여 자료를 구축한다. 이 절차에 따라 각 농가 유형들은 특정 연도에 모두 같은 가격을 직면한다고 가정되며, 각 농가유형은 이윤극대화조건에 따라 각기 다른 투입요소수량과 산출물수량을 선택하는 것으로 볼 수 있다.

구축된 투입산출자료를 이용하면 농가유형별로 매년의 수익을 도출할 수 있으며, 이는 앞서 구축한 수익변화 분해모형에서의 수익(또는 이윤)에 해당한다. 다만 본 연구에서는 단기적인 가격변화로 인해 발생하는 이윤변화보다는 장기적인 가격변화추세에 따른 이윤변화와 농가의 행동을 분석하고자 투입산출자료의 3개년 이동평균(moving average)값을 사용한다.

농가 유형의 구분은 기본적으로 「농가경제조사」에서 분류하는 농가유형을 따르며, 이는 <표 3>과 같이 정리된다.¹⁷

표 3. 농가 유형의 분류

	1 전·겸업별	2 주·부업별	3 영농형태	4 경지규모	5 경영주연령	6 가구원	7 지역
1	전업	전문	논벼	0.5ha 미만	39세 이하	2명	경기도
2	1종겸업	일반	과수	0.5-1.0ha	40 - 49세	3명	강원도
3	2종겸업	부업	채소	1.0-1.5ha	50 - 59세	4명	충청북도
4		자급	특용작물	1.5-2.0ha	60 - 69세	5명	충청남도
5			화훼	2.0-3.0ha	70세 이상	6명 이상	전라북도
6			전작 ¹⁸	3.0-5.0ha			전라남도
7			축산	5.0-7.0ha			경상북도
8			기타	7.0-10.0ha			경상남도
9				10.0ha 이상			제주도

17 「농가경제조사」는 2003년 이후 총 일곱 가지 기준에 의해 분류된 농가유형에 따라 일관된 집계자료를 제공하나, 일부 시계열이 확보되지 않는 분류는 연구 대상에서 제외하였다.

이와 같이 분류된 각각의 농가유형(43개)과 전체 표본을 대표하는 대표농가에 대해서(총 44개 유형) 「농가경제조사」의 농업총수입, 농업경영비, 농가소득 등의 자료를 이용하여 한국 농업 KLAM자료(권오상 외 2015)의 방법을 따라 산출물 가액자료, 투입물 가액자료를 구축한다. 산출물 가액자료의 경우 이용 가능한 국가통계가격지수와 분류를 맞추었으며¹⁹, GDP 디플레이터를 이용하여 2010년 기준 실질금액으로 환산하였다. 투입물 가액자료 중 노동투입의 경우 농가별로 지출되는 자가노동에 대한(기회)비용자료가 부재하여 고용노동에 대해서만 투입요소변화를 추적하였다. 또한 자본자료 구축과정에서 사용되는 ‘사용자비용’은 개별농가유형의 자료를 구축한다는 점을 고려하여 윤지원·권오상(2016)의 방법을 이용하여 새롭게 추정하였다.²⁰

가격지수는 통계청의 농가구입가격지수와 농가판매가격지수를 이용하였다. 하위품목별 라스페이레스 가중치는 「농림축산식품주요통계」로부터 확보할 수 있으므로, 이를 이용하여 상위 품목의 지수를 산출하였다. 국가 전체 가격지수의 구축이 완료된 후, 농가유형별로 구축된 가액자료를 각 연도 및 항목의 가격지수로 나누어줌으로써 암묵적 수량지수를 도출할 수 있다. 이때 수량지수는 앞에서 밝힌 대로 농가유형별로 다르게 구축되며, 주어진 가격에 대한 각 농가유형의 각기 다른 반응으로 해석할 수 있다.

가격지수가 2015년까지 제공되고 사용자비용이 2004년부터 구축 가능하므로, 결과적으로 이용 가능한 시계열은 2004년부터 2015년까지의 11개년으로 한정된다. 따라서 농가개별자료의 경우 3개년 이동평균하여 최종적으로 농가유형별로 2005년부터 2014년까지의 투입산출자료를 구축한다.

18 맥류, 잡곡류, 두류, 서류 생산액의 합이 최대인 농가를 의미한다.

19 최종적으로 (1) 미곡, (2) 맥류, (3) 두류/잡곡류, (4) 서류, (5) 채소류, (6) 과실류, (7) 축산, (8) 기타농산물의 분류를 따른다. 이 중 ‘기타농산물’은 농업총수입 자료의 ‘화훼’, ‘특작및기타’, ‘농작물부산물’을 포함하며, 나머지 품목의 경우 같은 자료의 동일명칭품목을 이용하였다.

20 농업 전체 KLAM자료를 구축한 권오상 외(2015)의 연구는 국내 농업이 일종의 규모수익불변을 가짐을 가정하고, 농업에서 생산되는 부가가치가 자가노동, 자본, 토지로 모두 귀속됨을 가정하였다. 그러나 개별농가에 대해 이 가정을 적용하면 모든 농가가 0의 이윤을 가짐을 가정하는 것이 되는데, 이는 실제 자료와는 일치하지 않는 가정이기 때문에 본고는 농가경제조사 마이크로데이터와 실제 농가가 지불하는 임차료자료를 이용하여 사용자비용을 다시 추정하였다.

4. 분석 결과

본 장에서 서술할 분석 결과는 크게 가격함수 추정결과, 비용함수 추정결과, 농가별 수익성 변화로 나누어진다.

4.1. 가격함수 추정결과

앞서 3절에서 살펴본 것과 같이 가격함수의 추정에는 추계된 지식스톡 시계열자료와 수입개방 지수 및 농산물·투입물의 가격자료를 이용하게 되며, 가격자료의 경우 권오상 외(2015)에서 구축한 한국농업 KLAM자료를 가공하여 사용하게 된다. 추정에 사용되는 자료의 시계열은 1976년부터 2015년의 40개년 자료를 이용하게 되며, 이는 세 자료 중 가장 짧은 기간으로 구축되는 지식스톡 시계열자료의 추계기간을 따른 것이다.

본 절에서는 우선 농산물 가격함수와 투입물 가격함수의 추정결과를 수록하고, 이들 추정결과를 바탕으로 R&D 스톡 정제 시의 가격변화효과를 종합하여 추정한 결과를 제시한다.

4.1.1. 농산물 가격함수

수식 (6)의 농산물 가격함수는 모든 품목과 시계열자료를 혼합(pooled)하고 동차성조건을 포함하여 추정하되, 선형제약을 부가하여 회귀식을 추정하는 Stata/SE 14.1의 `cnsreg` 기능을 이용하여 추정하였다. 또한 선행연구들을 감안하여 감모율을 10%, 30%, 50%로 달리하여 각각 추계된 지식스톡 시계열들을 이용하여 추정한 결과를 함께 수록하였다(<표 4>).

표 4. 농산물 가격함수 추정 결과

$$\gamma_K + \gamma_L + \gamma_A + \gamma_M = 1$$

Var.		감모율 10%		감모율 30%		감모율 50%	
		추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값
α_2	D2	-1.435	-1.95*	-1.317	-1.77*	-1.213	-1.66*
α_3	D3	-6.008	-9.87***	-5.816	-9.52***	-5.593	-9.32***
α_4	D4	0.163	0.28	0.218	0.37	0.146	0.25
α_5	D5	0.772	1.32	0.646	1.1	0.591	1.03
α_6	D6	2.741	4.7***	2.511	4.28***	2.309	4.01***
α_7	D7	-2.193	-3.76***	-2.006	-3.42***	-1.840	-3.2***
α_8	D8	-2.392	-4.1***	-2.223	-3.79***	-2.136	-3.71***
β_1	D1*lnH	-0.298	-7.81***	-0.256	-6.78***	-0.236	-6.36***
β_2	D2*lnH	-0.190	-3.67***	-0.150	-2.87***	-0.135	-2.57**
β_3	D3*lnH	0.076	1.84*	0.125	3.05***	0.141	3.49***
β_4	D4*lnH	-0.323	-8.48***	-0.287	-7.61***	-0.263	-7.09***
β_5	D5*lnH	-0.362	-9.47***	-0.315	-8.33***	-0.292	-7.88***
β_6	D6*lnH	-0.477	-12.47***	-0.429	-11.34***	-0.399	-10.75***
β_7	D7*lnH	-0.176	-4.6***	-0.141	-3.72***	-0.129	-3.47***
β_8	D8*lnH	-0.162	-4.25***	-0.125	-3.3***	-0.107	-2.88***
γ_K	lnWK	0.158	5.25***	0.198	6.55***	0.209	6.83***
γ_L	lnWL	0.396	9.43***	0.334	8.54***	0.305	8.16***
γ_A	lnWA	0.138	3***	0.100	2.09**	0.087	1.77*
γ_M	lnWM	0.308	6.39***	0.368	7.81***	0.398	8.59***
ρ	lnO	-0.034	-5.22***	-0.034	-5***	-0.033	-4.8***
α_0	_cons	4.880	8.44***	4.024	7.45***	3.622	7.06***
No. Obs		320		320		320	
Root MSE		0.1312		0.1359		0.1386	

주: 1) 더미변수의 하첨자는 순서대로 (1) 미곡, (2) 맥류, (3) 두류/잡곡류, (4) 서류, (5) 채소류, (6) 과실류, (7) 축산, (8) 기타농산물을 의미함.

2) t-값 옆의 별은 각각 0.10(*), 0.05(**), 0.01(***)의 유의수준에서 유의함을 의미함.

분석 결과, 두류/잡곡류를 제외한 모든 산출물군에서 지식스톡량의 증가가 산출물가격을 하락시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 두류/잡곡류의 경우 10%의 감모율에서는 R&D 스톡효과가 유의하지 않았으나(유의수준 5%), 30%와 50%감모율에서는 지식스톡이 증가함에 따라 가격이 상승한 것으로 추정되었다. 이들 품목은 우리 농업생산에서 차지하는 비중이 매우 작고 R&D의 대상으로서도 의미 있는 비중을 차지하지 못하고 있음을 확인할 수 있다. 가장 큰 가격하락 효과를 보인 품목은 과실류이며, 채소류와 서류가 그 뒤를 이은 것으로 나타났다.

토지를 제외한 투입요소가격의 증가는 감모율에 관계없이 모두 1% 유의수준에서 유의하게 산출물가격을 상승시키는 것으로 나타났으며, 토지의 경우 감모율이 높은 모형일수록 그 통계적 유의성이 떨어지는 것으로 파악되었다. 수입개방지수의 경우 그 값이 증가할수록 각 품목군의 가격을 떨어뜨리는 것으로 나타났으며, 모든 감모율 모형에 대해서 1% 유의수준에서 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다.

4.1.2. 투입물 가격함수

수식 (8)의 투입물 가격함수는 회귀분석모형으로 추정되었다<표 5>.

표 5. 투입물 가격함수 추정 결과

Var.		감모율 10%		감모율 30%		감모율 50%	
		추정치	t-값	추정치	t-값	추정치	t-값
α_L	DL	-16.312	-19.58***	-15.252	-17.65***	-14.398	-16.77***
α_A	DA	-7.447	-8.94***	-6.860	-7.94***	-6.470	-7.54***
α_M	DM	-3.679	-4.42***	-3.281	-3.8***	-3.080	-3.59***
β_K	DK*lnH	-0.484	-10.89***	-0.466	-9.58***	-0.450	-9.02***
β_L	DL*lnH	0.643	14.48***	0.639	13.14***	0.622	12.47***
β_A	DA*lnH	0.056	1.26	0.056	1.16	0.058	1.16
β_M	DM*lnH	-0.274	-6.17***	-0.277	-5.7***	-0.272	-5.44***
γ_K	DK*lnO	0.024	4.23***	0.022	3.6***	0.021	3.28***
γ_L	DL*lnO	-0.012	-2.05**	-0.010	-1.66	-0.009	-1.37
γ_A	DA*lnO	-0.003	-0.55	-0.003	-0.5	-0.003	-0.5
γ_M	DM*lnO	0.033	5.78***	0.033	5.33***	0.032	5.09***
α_0	_cons	6.694	11.36***	6.139	10.04***	5.754	9.48***
Number of obs.		160		160		160	
F(11, 152)		68.49		57.42		52.59	
Adj R-squared		0.8236		0.7961		0.7811	

주: t-값 옆의 별은 각각 0.10(*), 0.05(**), 0.01(***)의 유의수준에서 유의함을 의미함.

지식스톡(H)은 모든 모형에서 자본(K)투입가격과 중간재(M)투입가격을 낮추고 노동(L)투입가격을 올리는 것으로 나타났다. 그러나 토지가격에 대해서는 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

<표 5>가 보여주는 지식스톡이 투입요소가격에 미치는 영향은 일종의 축약형(reduced form) 방정식의 추정결과이므로 지식스톡이 투입요소의 수요와 공급에 미치는 영향을 모두 반영하는 것이라 볼 수가 있고, 따라서 이러한 가격변화가 나타난 구체적인 원인을 추정결과에 기초하여 정확히 찾아내기는 어렵다.²¹ 그러나 기본적으로 투입요소의 가격은 그 한계생산의 가치를 반영하는 것이기 때문에 R&D는 노동의 경우 효율성을 높이고 한계생산성을 높여 그 가격을 상승시켰다고 해석할 수 있다. 자본과 중간투입재의 경우 R&D 투자가 이들 투입요소의 생산성을 하락시켰다고 보기는 어렵다. 다만 R&D는 자본재와 중간투입재의 수요도 늘렸겠지만 동시에 효율성이 뛰어난 새로운 자본재와 중간투입재의 개발 등을 통해 그 공급도 늘려 결과적으로 가격을 하락시키는 역할을 하였다고 해석할 수 있을 것이다.

수입개방지수(O)는 모든 모형에서 자본과 중간재의 투입가격을 높이는 것으로 나타났고, 노동의 투입가격을 낮추는 것으로 나타났다.²² 이는 수입개방은 축산처럼 자본재 집약적이고 중간재 집약적인 품목의 생산은 늘려 이 두 가지 투입요소의 수요를 증가시키고 노동집약적 품목의 생산은 줄여 결과적으로 노동을 절약하는 결과를 야기했다고 해석할 수 있다.

4.1.3. R&D 정책 시의 가격변화

본고는 공공 R&D 지출의 수익성효과를 분석에서, R&D 투자가 부진하여 만약 2014년에 9년 전인 2005년 수준의 지식스톡만 존재한다면 이로 인해 어느 정도의 가격효과와 수량효과가 발생할 것인지를 분석한다. 이를 위해 감모율별(10%, 30%, 50%) 2005년 이후 9년간의 지식스톡의 증가율을 측정하고, 가격함수로부터 도출된 가격의 지식스톡 탄력성을 이용하여 9년간의 산출물별 그리고 투입요소별 가격변화율을 추정한다. <표 6>은 추정 결과를 요약한 것으로, 산출물가격의

21 다음 소절에서 보여주는 비용함수 추정결과에 의하면 R&D 투자는 자본의 사용량은 늘리고 중간재와 노동투입은 절약하는 선택을 유도하였다.

22 다만 노동투입가격에 나타나는 효과는 감모율이 높아질수록 작아지고 유의하지 않았다.

경우 투입물가격에 의해서도 영향을 받으므로, 지식스톡이 투입물가격을 변화시켜 그것이 다시 산출물가격에 영향을 주는 효과까지 고려하여 분석하였다. 감모율 30%기준으로 지난 9년간 지식스톡은 약 75.7% 증가하였으며(연평균 약 5.8%), 이를 위해 지식스톡이 정채되는 시나리오보다 연평균 약 4천억 원의 R&D 투자가 더 실시된 것으로 추정된다.²³

감모율 30%를 가정할 때 R&D 투자가 부진했다면 최소 8.0%(기타농산물)에서 최대 31%(과실류)까지 농산물의 가격을 상승시켰을 것으로 예상된다. 미곡과 축산물도 각각 17.9%와 9.2%의 가격상승이 있었을 것이다. 투입물의 경우 앞서 살펴본 대로 자본(36.3%)의 가격과 중간투입재(21.0%)의 가격은 상당한 정도로 상승시켰을 것으로 예상된다. 그러나 노동의 경우 생산성 하락으로 인해 오히려 가격이 상당한 정도(-48.4%) 감소했을 것으로 예상이 된다.

표 6. 농업부문 R&D 정채 시의 예상 가격변화

감모율		10%	30%	50%
2005년-2014년 지식스톡 증가율		66.9%	75.7%	86.4%
2005년 수준 유지 연간 투자액(억 원)		5,032	6,437	6,475
2005-2014 실제 연평균 투자액(억 원)		10,377		
산출물	미곡	13.6%	17.9%	21.4%
	맥류	6.4%	9.9%	12.7%
	두류/잡곡류	(-11.4%)	(-10.9%)	(-11.1%)
	서류	15.4%	20.3%	23.8%
	채소류	17.9%	22.3%	26.3%
	과실류	25.6%	31.0%	35.6%
	축산	5.5%	9.2%	12.2%
	기타농산물	4.5%	8.0%	10.3%
투입물	자본	32.4%	35.3%	38.9%
	노동	-43.0%	-48.4%	-53.8%
	토지	(-3.7%)	(-4.3%)	(-5.0%)
	중간재	18.3%	21.0%	23.5%

23 모든 감모율 모형의 가격함수로부터 도출된 지식스톡 변화에 따른 토지의 가격변화 탄력성이 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하지 않으므로 이후 분석에서 0으로 간주하였다. 또한 두류/잡곡류의 경우 지식스톡 정채에 따른 효과가 가격하락으로 나타나, 이를 0으로 간주하고 분석하였다. 두류/잡곡류의 경우 대표농가유형에서 산출물 비중이 2.22%(2015년)에 불과하다.

4.2. R&D와 생산성 변화

R&D의 생산성 효과는 수식 (10)과 (11)을 비선형 SUR(nonlinear seemingly unrelated regression)모형으로 추정하되, Stata14.1의 ‘nlsur’기능을 이용해 추정하고, 그 결과를 수식 (12)와 같이 분해하여 도출하였다. 초월대수형 비용함수의 경우 그 신축성으로 인해 너무 긴 기간의 자료를 사용할 경우 생산구조가 이질적이어서 경제이론과 부합하는 투입물수요함수를 추정하기 어려운 문제가 있다. 따라서 본고는 시계열의 안정화를 위해 1982년 이후의 관측치를 이용하여 추정하였다.

추정 파라미터의 수가 너무 많은 관계로 부표에 수록하고 주요 결과만을 요약하면, 일단 모형 전체의 신뢰도는 1% 이하의 유의수준에서도 확보되었다. 파라미터 추정치를 이용하여 한국 농업의 생산기술을 분석할 수 있고, 우선 <표 7>과 같이 생산요소수요의 가격탄력성을 계산할 수 있다.²⁴ 다양한 감모율 가정하에서 모형추정이 가능하지만 지면을 줄이기 위해 30% 감모율을 가정한 분석 결과만을 가지고 논의하기로 한다.

표 7. 생산요소수요의 가격탄력성 추정치(2010년)

	P_K	P_L	P_A	P_M
X_K	-0.2575	0.0375	0.0321	0.1880
X_L	0.3109	-0.0973	-0.7603	0.5468
X_A	0.0186	-0.0531	-0.0075	0.0420
X_M	0.1252	0.0439	0.0483	-0.2174

추정 결과 2010년 관측치에서 평가한 네 가지 생산요소의 자기가격탄력성은 모두 음수로 도출되어, 비용함수의 오목성(concavity)을 위해 필요한 최소한의 조건들이 비교적 잘 충족됨을 알 수 있다. 또한 노동과 토지의 보완성이 두드러지며, 이는 권오상(2010)의 추정결과와 유사하다.

한편, 지식스톡 H 가 늘어남으로 인해 각 투입요소수요가 얼마나 변하는지를 의미하는 생산요소 수요의 지식스톡탄력성 추정치는 <표 8>과 같이 정리된다.²⁵ 한국 농업부문의 R&D 지출은 노동

24 탄력성은 $\varepsilon_{jk} = \frac{\beta_{jk}}{S_j} + S_k - \delta_{jk}$ 와 같이 계산된다. 단 $\delta_{jk} = \begin{cases} 1 & (j = k) \\ 0 & (j \neq k) \end{cases}$.

25 $\frac{\partial \ln X_j}{\partial \ln H} = v_H + \frac{\gamma_{jH}}{S_j}$ 와 같이 도출된다.

과 중간재를 절약하고 자본을 집약적으로 사용하는 방향으로 이루어지고 있는 것으로 나타났으며, 이 역시 권오상(2010)의 결과와 유사하다.²⁶

표 8. 생산요소수요의 지식스톡탄력성 추정치

	2010년(본 연구)	2000년(권오상 2010)
X_K	0.3447	0.235
X_L	-1.5222	-0.635
X_A	-0.1027	-0.133
X_M	-0.2653	-0.669

한편 본 연구에서 가장 관심을 두고 있는 R&D 스톡 변화에 따른 총 요소생산성(TFP) 변화율 및 기타 요인들이 생산성에 미치는 영향을 분석할 수 있으며, 이는 <표 9>와 같이 정리할 수 있다. 이하의 모든 분석결과 역시 감모율을 30%로 가정하고 도출된 결과이다.

표 9. 요인별 연평균 생산성 변화율 분해

연도	R&D 투자효과	규모효과	잔차효과	총요소생산성 변화율
1982-2015	0.0064	0.0018	-0.0030	0.0052
2005-2014	0.0066	0.0004	-0.0037	0.0033

앞 장에서 살펴보았듯이 총 요소생산성의 변화는 R&D투자효과, 규모효과, 잔차효과의 세 가지 요인으로 분해된다. 추정 결과 모든 연도에서 v_H 의 값은 양수로 나타났으며, 따라서 분석기간 전체에 걸쳐 R&D 스톡의 증가는 생산비를 절감시키는 것으로 나타났다. 다만, 지식스톡 값이 감소하는 연도에는 총 요소생산성이 하락하게 된다.

분석기간 전체에 걸쳐서는 R&D 스톡의 증가로 인해 연평균 0.64%p 정도의 크기로 총 요소생산성이 변화한 것으로 나타났으며, 2005년부터 2014년의 경우 그 크기가 0.66%p 정도인 것으로 분석되었다. 따라서 R&D 스톡 증가가 2005년 수준에서 정체되었을 경우 2014년 기준 같은 생산량을 산출하기 위해서는 약 6.13% 정도 더 많은 투입요소를 사용하거나 동일한 투입요소 사용 시 생산량이 그만큼 줄어들어야 하는 것으로 추정되며, 이를 수익성분해 모형에 적용하여 분석한다.

²⁶ 본 연구에서 사용하는 노동의 경우 고용노동만을 고려하였기 때문에, 가족노동까지 포함한 권오상(2010)보다는 노동수요가 더 탄력적으로 추정된 것으로 보인다.

4.3. R&D 투자에 따른 농가유형별 수익성변화

본고가 비교하는 상태는 2014년에도 지식스톡이 2005년 수준으로 정체된 상태(s)와 2014년에 실제의 지식스톡이 존재하는 상태(t)이다. 이 두 상태의 이윤을 비교함으로써 순수한 R&D 지출이 이윤에 미친 영향을 파악할 수 있다. 아래의 결과는 모두 지식스톡의 감모율을 30%로 가정하고 있다.

4.3.1. 농가 유형별 수익성변화의 요인별 분해

<표 10>은 R&D에 따른 지식스톡 증가의 수량효과와 가격효과를 보여주고, 각각은 다시 생산성효과와 규모효과, 그리고 산출물가격효과와 투입물가격효과로 구분된다. 그리고 마지막 두 개의 열은, 각 농가유형의 R&D 스톡효과를 2014년의 농업소득과 농가소득으로 나누어 그 비중을 산출한 값이다.

우선 가장 아래쪽 행에 수록되어 있는 대표농가의 분석결과를 살펴보면, 지난 9년간의 R&D 스톡 증가는 농가의 연평균 수익을 약 86만 원가량 증가시킨 것으로 분석되었다. 이는 농업소득의 3.4%, 그리고 농가소득의 약 2.4%수준이며, 국가 전체적으로는 연간 약 9,650억 원에 달한다.²⁷ 따라서 농가들에게 발생한 이익만을 고려하더라도 R&D 스톡 증가를 위해 투자된 연평균 지출액인 3,940억 원을 상쇄하고 남으며²⁸, 추가적으로 유발되는 가격하락에 따른 소비자후생 증대효과를 고려한다면 농업부문 R&D 투자는 국가경제에 상당한 기여를 해왔음을 알 수 있다.

대표농가는 R&D로 농산물 가격이 하락하는 산출물가격효과로 인해 연간 508만 원의 손실을 보고 있다.²⁹ 반면 R&D로 인해 투입물의 가격이 하락함으로써 약 335만 원의 이득을 얻었으며, 생산성 증대효과로 약 232만 원, 그리고 산출량 자체가 늘어나는 규모효과로 약 28만 원의 이득을 얻었다. 즉, R&D는 예상한 대로 산출물의 가격을 낮추어 농업생산자의 소득에 음(-)의 영향을 주지만 대신 투입요소의 가격을 하락시키고³⁰, 생산성을 높이고, 산출량 자체를 증대시켜 소득향상에 기여하였고, 이들 양(+)의 효과의 합이 산출물가격 하락효과보다 더 컸다고 할 수 있다.

27 2014년 기준 농가 수 1,120,776을 적용하여 계산하였으며, 2010년 실질가격으로 나타낸 것이다.

28 이 금액은 지식스톡의 증대를 위해 30%의 감모분을 메우는 금액 이상으로 추가로 필요한 연평균 금액을 의미한다.

29 이 손실은 소비자에게는 반대로 소비자잉여의 큰 증가로 나타날 것이다.

30 가격효과의 경우 구체적인 산출물별, 그리고 투입요소별로도 계측이 되는데, 이러한 상세한 추계결과는 부표에 실려 있다.

표 10. 농가 유형별 R&D 스투효과

(단위: 천 원)

분류	유형	R&D 스투효과					농업소득 대비	농가소득 대비
		수량효과		가격효과		(계)		
		생산성효과	규모효과	산출물	투입물			
전· 겸업별	전업	2,799	671	-6,330	3,670	809	6.1%	2.9%
	1종겸업	3,463	927	-8,364	4,795	821	4.2%	2.0%
	2종겸업	512	-316	-1,619	2,174	752	38.6%	1.7%
주· 부업별	전문	5,934	1,689	-12,965	6,066	725	2.6%	1.6%
	일반	838	120	-2,395	2,171	734	12.0%	3.9%
	부업	583	-354	-1,814	2,397	812	39.7%	1.9%
영농 형태	자급	-119	-351	-465	2,029	1,094	214.0%	3.2%
	논벼	1,208	233	-3,890	2,685	236	3.1%	1.0%
	과수	2,398	1,194	-11,785	2,869	-5,324	-28.9%	-15.5%
	채소	2,675	800	-6,802	1,765	-1,562	-12.8%	-5.7%
	특용작물	1,282	127	-1,813	1,538	1,134	23.0%	6.1%
	화훼	7,568	865	-5,725	4,988	7,696	118.9%	30.0%
	전작	1,057	213	-2,263	1,619	626	8.6%	2.8%
	축산	11,314	1,674	-13,957	20,298	19,329	41.5%	28.3%
	기타	5,782	1,931	-6,817	-331	566	1.4%	1.0%
	경지 규모 (ha)	0.5 미만	519	-158	-1,395	2,037	1,003	39.0%
0.5-1.0		1,805	89	-3,287	3,238	1,845	30.1%	6.0%
1.0-1.5		1,869	460	-5,544	3,182	-33	-0.3%	-0.1%
1.5-2.0		2,859	749	-6,868	3,398	138	0.9%	0.4%
2.0-3.0		2,748	983	-8,035	3,778	-526	-3.1%	-1.4%
3.0-5.0		4,294	1,046	-9,844	4,940	437	2.1%	1.0%
5.0-7.0		4,918	1,728	-12,376	8,182	2,452	8.0%	4.4%
7.0-10.0		6,332	2,304	-15,431	7,732	936	2.9%	1.5%
10.0 이상		11,197	950	-18,471	5,623	-700	-2.0%	-1.1%
경영주 연령	39세 이하	3,949	1,887	-8,827	6,872	3,880	12.3%	5.9%
	40-49세	3,460	743	-7,827	3,488	-135	-1.1%	-0.3%
	50-59세	4,611	724	-8,714	5,639	2,262	12.8%	3.9%
	60-69세	1,972	413	-5,340	3,642	686	6.3%	1.9%
	70세 이상	970	147	-2,850	1,995	261	3.9%	1.1%
가구원	2명	2,085	292	-4,583	3,134	927	9.3%	3.2%
	3명	2,167	112	-5,201	4,084	1,163	11.3%	2.5%
	4명	3,275	507	-7,555	3,923	151	1.0%	0.3%
	5명	4,723	670	-8,314	1,782	-1,139	-8.0%	-2.1%
	6명 이상	4,709	236	-7,641	3,255	560	4.6%	0.9%
지역	경기도	4,868	-802	-4,545	4,264	3,785	51.0%	9.5%
	강원도	2,295	167	-3,993	3,490	1,960	16.4%	5.3%
	충청북도	1,698	427	-4,587	2,999	537	5.0%	1.5%
	충청남도	1,707	180	-3,952	2,919	854	9.3%	2.6%
	전라북도	1,716	531	-4,591	3,284	940	10.3%	2.8%
	전라남도	1,735	682	-5,089	3,325	653	6.0%	2.0%
	경상북도	1,659	693	-5,952	3,290	-309	-2.0%	-0.8%
	경상남도	1,832	331	-5,257	2,899	-196	-2.1%	-0.6%
	제주도	4,826	645	-9,483	3,591	-421	-4.7%	-1.0%
대표농가		2,316	277	-5,080	3,348	861	3.4%	2.4%

분석 결과를 농가 유형별로 살펴보면 농가가 전업농인지 겸업농인지에 따라 R&D가 소득에 미치는 영향이 금액 면에서는 별 차이가 없었다. 다만 겸업농일수록 농업소득액 자체가 적기 때문에 농업소득 대비 R&D 영향의 비율은 겸업농일수록 컸지만, 반대로 농가소득의 경우 겸업농이 더 크기 때문에 농가소득 대비 영향력의 비율은 전업농이 더 크다. 유사한 결론을 주업농가와 부업형 농가들에 대해서도 내릴 수가 있다.

영농형태, 즉 주 품목별 영향을 보면, 과수농가와 채소농가의 경우 R&D의 생산성 향상효과와 투입요소가격 하락효과에도 불구하고 증산에 따른 산출물가격 하락효과가 커 R&D는 농업소득에 부(-)의 영향을 주는 것으로 나타났다. 반면 갈수록 한국 농업에서의 생산비중이 커지는 축산을 주 품목으로 하는 농가의 경우 산출물가격 하락효과보다도 투입요소가격 하락효과가 더 크고, 생산성 증대 효과도 커 R&D로부터 가장 큰 혜택을 얻는 농가유형으로 나타났다. 특용작물과 화훼농가도 비교적 큰 양(+)의 영향을 얻었으며, 논벼 농가도 R&D로 인해 어느 정도의 소득증가를 얻을 수 있었다.

R&D의 경지규모별 효과를 보면, 1.0ha 미만과 3.0ha 이상의 토지를 가진 농가들은 전체적으로 보아 양(+)의 효과를 얻고 있는 것으로 나타났다. 소규모 농가들은 산출물가격 하락 이상의 투입요소가격 하락으로부터 이득을 얻고, 대형 농가들은 투입요소가격 하락과 더불어 생산성증대로부터도 이득을 크게 얻고 있다. 그러나 많은 수의 농가들이 속하는 1.0ha에서 3.0ha 정도의 농지규모에서는 R&D로 인해 미약한 음(-)의 소득효과가 발생하는데, 이 규모의 농가들은 산출증가로 인한 가격하락의 영향을 가장 크게 받고 있어 그러한 것으로 나타났다. 따라서 농지규모를 기준으로 했을 때의 R&D 소득효과와 분포형태는 한 방향으로만 나타나지 않는다는 특성이 발견된다.

경영주 연령의 경우 60세 미만의 젊은 층이 R&D의 혜택을 더 많이 받는 것으로 나타났다. 젊은 층 중 40대에서만 R&D가 거의 소득에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났는데, 이는 R&D 효과를 검토한 2014년을 전후하여 이 연령층에서 채소를 많이 선택하고 R&D의 혜택이 컸던 축산은 비교적 적게 선택하였기 때문에 발생한 것으로 자료에서 확인된다. 2013년 이전에서 R&D 효과를 검토해보면 이 연령층도 비교적 큰 폭의 R&D 혜택을 얻는 것으로 나타난다. 아울러 가구원 수가 적을수록 산출물가격의 하락효과는 작고 대신 투입요소가격의 하락효과는 커 상대적으로 R&D의 성과를 크게 얻는 것으로 나타났다.

지역별로는 축산, 화훼, 특용작물의 비중이 높은 강원도와 경기도가 R&D의 혜택을 많이 얻고 충남·북, 전남·북도 양호한 영향을 얻지만, 경남과 경북, 제주도의 경우에는 산출물가격 하락효과를

상쇄할 정도의 투입요소가격 하락효과나 생산성 증대가 나타나지 않아 소규모의 음(-)의 효과를 R&D로부터 얻고 있다. R&D 소득효과의 세부요인들이 농가의 품목선택이나 여타 특성에 따라 얼마나 달라지는지를 보면, 먼저 생산성효과의 경우 한 가지 품목으로 통합된 산출물자료를 이용한 비용함수 추정결과로부터 생산성 증대효과가 추정되었기 때문에 모든 품목유형이나 농가유형에서 소득증대에 기여하는 것으로 나타났다. 그러나 자급농의 경우 R&D가 요소편향성에 영향을 미쳐 투입량지수를 비교적 크게 늘렸기 때문에 음(-)의 생산성효과를 보여주기도 하였다.

또 다른 수량효과인 규모효과의 경우 R&D로 인해 생산규모가 커지면서 역시 대부분의 농가유형이나 품목선택에서 소득이 늘어나게 했다. 그러나 이 지수는 적자를 보고 있는 농가의 경우에는 생산증대가 소득을 더 줄이는 것으로 집계되기 때문에 일부 지역의 일부 유형의 농가의 경우 음의 소득효과를 유발하기도 하였다.

두 가지 가격효과인 산출물가격효과와 투입물가격효과는 수량효과들에 비해 훨씬 큰 품목별, 농가특성별 변이를 가진다. 모든 농가유형과 품목, 지역에 있어 산출물가격효과는 소득을 낮추었지만 그 정도는 R&D로 인해 가격이 많이 하락하는 품목을 선택할수록, 그리고 농업생산규모가 클수록 크게 나타난다. 투입물가격효과는 반대로 모든 농가의 투입물비용을 줄여 소득에 기여하는 것으로 나타나는데, 이 역시 주로 어떤 투입요소를 많이 사용하고 그 사용규모가 어떠한에 따라 농가유형별로 차이가 상당하다.

5. 요약 및 결론

본고는 지난 9년간 이루어진 농업 R&D 투자가 농업생산자의 소득에 기여한 바를 요인별로 그리고 농가유형별로 분리하여 계량분석하고자 하였다. 먼저 R&D 투자가 농산물 품목별 가격과 투입요소별 가격에 미치는 영향을 각각 계량분석하고, 이어서 비용함수 추정을 통해 농업 R&D가 농업생산성과 투입요소편향성에 미치는 영향을 계량분석하였다. 본고의 계량추정모형들은 산출물가격, 투입요소가격, 생산성, 요소편향성이 모두 통계적으로 유의하게 지식스톡에 의해 영향을 받는다는 것을 보여주었다.

이어서 농가의 농업소득변화를 산출물가격변화, 투입요소가격변화, 생산성변화, 생산규모변화의 요인별로 분해하는 것을 베넷지수를 이용해 시행하는 방법을 선행연구를 참조해 도출하고, R&D 투자로 인해 발생했던 이들 네 가지 요인이 농가유형별로 유발한 소득변화를 실제로 도출하였다.

분석결과 모든 유형의 농가에서 R&D의 산출물가격효과는 생산증대로 인한 가격하락으로 인해 소득을 하락시키는 것으로 나타났다. 이는 역으로 소비자에게는 소비자 후생을 높이는 계기가 되었을 것이다. 반면 투입물가격의 경우, R&D 투자가 양질의 투입요소의 공급을 늘림으로써 전체적으로 농가의 생산비 절감과 소득향상에 기여하였다. 그러나 R&D가 산출물가격과 투입요소가격에 미치는 영향은 산출물과 투입물 품목별로 상이하고, 따라서 어떤 산출물을 주로 생산하고 어떤 요소를 많이 사용하느냐에 따라 각 농가의 R&D 영향은 다양하게 나타남이 확인된다.

R&D의 생산성효과는 투입 대비 산출을 증가시켜 농업소득 증가에 기여하였으며, 생산량이 늘어남으로써 산출물의 순가격이 음(-)인 일부 농가유형을 제외하고는 규모효과를 통해서도 소득증대에 기여하였다. R&D 증대는 노동과 중간재 사용량은 줄이고 자본사용량을 늘리는 요소편향성 변화를 통해서도 소득에 영향을 일부 미치기도 하였다.

농가 전체를 보면, 산출물가격의 하락에 따른 R&D의 소득에 대한 부(-)의 영향보다는 투입요소가격을 낮추고 생산성을 높이며 생산규모를 증가시켜 소득에 기여한 정(+)의 영향이 더 크고, 이렇게 농업소득 증대에 기여한 액수만으로도 지식스톡 증대를 위한 재정지출액을 상회하는 것으로 나타났다. 여기에 농산물가격 하락에 따라 소비자들이 얻는 이득을 포함하면 R&D의 사회적 기여도는 더 클 것이다. 이러한 결과는 농업부문 R&D 지출의 사회적 기여도가 높다는 것을 보여준 여러 선행연구의 결과와도 일치하는 것이다.

R&D의 농가유형별 영향은 본고가 사용하는 자료와 분석모형의 한계에 기인하는 것이기도 하지만 생산성변화효과 측면에서는 유형별 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 생산규모효과는 단위당 수익성의 차이로 인해 품목이나 농가특성에 따라 차이가 있으며, 두 가지 가격효과인 산출물가격효과와 투입요소가격효과도 농가 간 차이가 크게 나타났다.

전업농인지 겸업농인지의 여부는 R&D로 인한 소득효과를 크게 다르게 하지 않았으나 농가의 주 품목에 따라서는 소득효과가 상당히 달랐다. 축산이 산출물가격 하락효과에도 불구하고 투입요소가격 하락과 생산성증대 효과 등으로 인해 높은 R&D 혜택을 얻으며, 화훼와 특용작물 등도 높은

소득효과를 보인다. 논벼의 경우도 수혜품목이라 할 수 있지만, 채소나 과수의 경우 R&D의 산출물 가격 하락효과가 커 소득이 줄어드는 현상이 관측되었다. 농지규모의 경우 생산비가 적은 소규모 농가와 투입요소가격과 생산성 측면에서의 혜택이 큰 대규모농가의 R&D 혜택이 크지만 중간규모 농지를 가진 농가들은 큰 혜택을 얻지 못하는 것으로 나타났다. 지역적으로도 R&D 혜택이 큰 품목을 많이 생산하는 경기도, 강원도, 충남·북, 전남·북에서의 소득효과가 더 큰 것으로 나타났다.

본고는 R&D 투자 및 지식스톡 증대가 가져오는 효과를 다양한 기준으로 분류되는 농가유형별로 계량적으로 분석하였으나, 자료의 미비로 인해 각 농산물 품목별로 지식스톡을 별도로 추계하여 지식스톡이 농산물가격에 미치는 영향을 개별적으로 추정하지 못하였다는 한계도 있으며, 생산성 변화효과 역시 품목별로 분석하지 못한 한계가 있다. 추후 이용가능한 자료가 많아질 경우 이를 본고가 제시하는 분석틀에 반영하여 이러한 한계점들을 개선할 수도 있을 것이다.

부표 1. 비용함수 파라미터 추정결과

Parameter	Variable	Estimate	Std. err.	z	P> z
α_0	_cons	18.4501	3.452	5.34	0.000
β_K	ln(PK)	-0.4319	0.207	-2.09	0.037
β_L	ln(PL)	0.3496	0.054	6.51	0.000
β_A	ln(PA)	0.4731	0.143	3.30	0.001
γ_{KK}	ln(PK)*ln(PK)	0.1179	0.014	8.57	0.000
γ_{KL}	ln(PK)*ln(PL)	0.0022	0.004	0.51	0.612
γ_{KA}	ln(PK)*ln(PA)	-0.0839	0.004	-20.67	0.000
γ_{LL}	ln(PL)*ln(PL)	0.0242	0.004	6.93	0.000
γ_{LA}	ln(PL)*ln(PA)	-0.0321	0.003	-10.54	0.000
γ_{AA}	ln(PA)*ln(PA)	0.2364	0.004	66.44	0.000
β_y	lny	-0.2476	1.986	-0.12	0.901
γ_{yy}	lny*lny	2.4040	0.571	4.21	0.000
γ_{Ky}	ln(PK)*lny	0.1821	0.069	2.63	0.009
γ_{Ly}	ln(PL)*lny	0.0215	0.021	1.02	0.309
γ_{Ay}	ln(PA)*lny	-0.4077	0.048	-8.49	0.000
β_t	Int	-0.0090	0.072	-0.12	0.901
γ_{tt}	Int*Int	0.0000	0.001	-0.03	0.976
γ_{Kt}	ln(PK)*Int	-0.0045	0.002	-2.04	0.041
γ_{Lt}	ln(PL)*Int	-0.0001	0.001	-0.12	0.907
γ_{At}	ln(PA)*Int	-0.0021	0.001	-1.47	0.142
β_H	lnH	-0.1682	1.087	-0.15	0.877
γ_{HH}	lnH*lnH	0.0030	0.173	0.02	0.986
γ_{KH}	ln(PK)*lnH	0.1012	0.033	3.04	0.002
γ_{LH}	ln(PL)*lnH	-0.0395	0.009	-4.56	0.000
γ_{AH}	ln(PA)*lnH	-0.0029	0.023	-0.13	0.898
γ_{yt}	lny*Int	-0.0227	0.020	-1.12	0.264
γ_{yH}	lny*lnH	0.2611	0.313	0.83	0.404
γ_{Ht}	lnH*Int	0.0017	0.012	0.14	0.885

부표 2. R&D 스톡으로 인한 가격변화효과의 투입·산출물별 분해 1

구분 (단위: 천원)		가격 변화효과 계	산출물 가격효과									투입물 가격효과				
			(계)	미곡	맥류	두류/ 잡곡류	서류	채소류	과실류	축산	기타	(계)	자본	노동	토지	중간재
전· 검 업	전업	-2,660	-6,330	-1,069	-8	0	-134	-2,109	-1,740	-1,055	-214	3,670	2,365	-1,014	0	2,319
	1종검업	-3,569	-8,364	-2,229	-19	0	-191	-2,414	-1,921	-1,313	-278	4,795	3,192	-1,163	0	2,767
	2종검업	555	-1,619	-448	-2	0	-56	-643	-325	-60	-85	2,174	2,209	-469	0	434
주· 부 업	전문	-6,899	-12,965	-2,292	-20	0	-257	-4,238	-3,617	-2,120	-421	6,066	3,740	-2,262	0	4,588
	일반	-224	-2,395	-753	-4	0	-66	-655	-430	-397	-91	2,171	1,444	-118	0	845
	부업	583	-1,814	-513	-2	0	-65	-722	-365	-53	-94	2,397	2,452	-535	0	479
	자급	1,564	-465	-48	-1	0	-31	-191	-44	-125	-26	2,029	1,765	-14	0	278
영 농 형 태	논벼	-1,205	-3,890	-2,620	-19	0	-92	-724	-226	-102	-106	2,685	1,934	-177	0	928
	과수	-8,916	-11,785	-525	-1	0	-83	-496	-10,537	-81	-62	2,869	2,831	-1,451	0	1,488
	채소	-5,038	-6,802	-620	-4	0	-163	-5,584	-263	-53	-115	1,765	1,749	-1,465	0	1,481
	특용작물	-275	-1,813	-151	-1	0	-77	-505	-161	-56	-864	1,538	1,655	-894	0	776
	화훼	-738	-5,725	-107	0	0	-39	-423	-151	-6	-4,999	4,988	3,052	-3,348	0	5,285
	일반전작	-644	-2,263	-423	-39	0	-912	-609	-171	-20	-89	1,619	1,392	-477	0	704
	축산	6,341	-13,957	-1,487	-3	0	-82	-832	-658	-10,785	-109	20,298	8,689	-1,777	0	13,386
	기타	-7,148	-6,817	-667	-32	0	-92	-1,199	-745	-145	-3,937	-331	2,737	-4,865	0	1,798
경 지 규 모	0.5ha 미만	642	-1,395	-109	-1	0	-41	-644	-210	-292	-97	2,037	1,744	-322	0	614
	0.5-1.0ha	-49	-3,287	-430	-2	0	-58	-1,021	-765	-870	-140	3,238	1,918	-441	0	1,761
	1.0-1.5ha	-2,362	-5,544	-774	-2	0	-84	-2,223	-1,725	-569	-167	3,182	2,491	-818	0	1,509
	1.5-2.0ha	-3,470	-6,868	-1,161	-4	0	-136	-2,332	-2,104	-966	-164	3,398	2,288	-1,079	0	2,188
	2.0-3.0ha	-4,257	-8,035	-1,697	-13	0	-226	-2,503	-2,582	-833	-182	3,778	2,693	-1,096	0	2,181
	3.0-5.0ha	-4,904	-9,844	-2,536	-18	0	-181	-2,468	-2,909	-1,352	-379	4,940	3,799	-1,958	0	3,100
	5.0-7.0ha	-4,194	-12,376	-4,513	-19	0	-395	-3,243	-1,432	-2,302	-471	8,182	5,171	-1,579	0	4,590
	7.0-10.0ha	-7,700	-15,431	-6,964	-94	0	-758	-3,002	-1,991	-1,664	-958	7,732	5,423	-2,501	0	4,809
	10.0ha 이상	-12,848	-18,471	-7,237	-125	0	-550	-6,653	-2,102	-1,309	-496	5,623	6,699	-5,972	0	4,897

부표 3. R&D 스톡으로 인한 가격변화효과의 투입·산출물별 분해 2

구분 (단위: 천원)		가격 변화효과 계	산출물 가격효과									투입물 가격효과				
			(계)	미곡	맥류	두류/ 잡곡류	서류	채소류	과실류	축산	기타	(계)	자본	노동	토지	중간재
경영 주 연령	39세 이하	-1,955	-8,827	-1,379	-2	0	-47	-2,486	-654	-4,196	-63	6,872	3,751	-1,208	0	4,329
	40 - 49세	-4,339	-7,827	-1,278	-9	0	-200	-3,746	-1,556	-777	-262	3,488	3,391	-2,228	0	2,326
	50 - 59세	-3,074	-8,714	-1,469	-17	0	-184	-2,802	-2,031	-1,958	-253	5,639	3,834	-1,882	0	3,687
	60 - 69세	-1,698	-5,340	-1,090	-8	0	-104	-1,706	-1,522	-710	-200	3,642	2,678	-780	0	1,743
	70세 이상	-855	-2,850	-807	-4	0	-90	-847	-749	-230	-123	1,995	1,492	-283	0	786
가 구 원	2명	-1,449	-4,583	-965	-6	0	-111	-1,365	-1,216	-768	-151	3,134	2,092	-641	0	1,682
	3명	-1,117	-5,201	-1,195	-10	0	-121	-1,686	-1,274	-701	-215	4,084	2,997	-668	0	1,755
	4명	-3,632	-7,555	-1,468	-14	0	-117	-3,277	-1,628	-718	-332	3,923	3,400	-1,611	0	2,134
	5명	-6,532	-8,314	-1,016	-13	0	-138	-3,907	-2,064	-876	-300	1,782	3,394	-3,666	0	2,053
	6명 이상	-4,386	-7,641	-1,388	-10	0	-248	-2,920	-1,776	-1,113	-187	3,255	4,050	-3,272	0	2,478
지 역	경기도	-281	-4,545	-856	0	0	-80	-1,338	-524	-1,527	-220	4,264	3,129	-1,632	0	2,767
	강원도	-503	-3,993	-637	-1	0	-220	-1,614	-270	-1,025	-225	3,490	2,440	-775	0	1,826
	충청북도	-1,588	-4,587	-822	0	0	-185	-1,265	-1,526	-562	-228	2,999	2,148	-646	0	1,497
	충청남도	-1,033	-3,952	-1,169	0	0	-128	-1,473	-453	-526	-202	2,919	2,290	-667	0	1,296
	전라북도	-1,307	-4,591	-1,536	-24	0	-169	-1,237	-710	-684	-231	3,284	2,242	-643	0	1,685
	전라남도	-1,764	-5,089	-1,599	-21	0	-97	-2,019	-544	-689	-119	3,325	2,135	-587	0	1,778
	경상북도	-2,661	-5,952	-960	-4	0	-59	-1,464	-2,509	-791	-165	3,290	2,443	-665	0	1,512
	경상남도	-2,359	-5,257	-829	-5	0	-79	-2,019	-1,766	-450	-109	2,899	2,321	-791	0	1,369
	제주도	-5,892	-9,483	-5	-36	0	-152	-2,046	-6,134	-888	-222	3,591	2,479	-2,149	0	3,261
대표농가		-1,732	-5,080	-1,056	-8	0	-117	-1,664	-1,291	-763	-181	3,348	2,449	-857	0	1,756

참고 문헌

- 강경하, 이민수, 최영찬. 2000. “원예부문 연구 및 지도 사업의 투자효과 분석.” 『농촌지도와 개발』 제7권. pp. 257-277.
- 권오상. 2010. “한국 농업의 생산성 변화에 있어 규모효과와 R&D 투자효과.” 『농업경제연구』 제51권 제2호. pp. 67-88. UCI:G704-000586.2010.51.2.005
- 권오상, 반경훈, 윤지원. 2015. “한국 농업 KIAM자료의 구축과 생산성 변화 요인 분석.” 『농업경제연구』 제56권 제3호. pp. 69-103. UCI:G704-000586.2015.56.3.001
- 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. UCI:G704-000650.2004.31.2.002
- 윤지원, 권오상. 2016. “영농형태별(품목유형별) 농업 소득 변화 요인 분석.” 『농촌경제』 제39권 제4호. pp. 29-49. UCI:G704-000576.2016.39.4.005
- 이정환, 이승정. 2012. 『농업문제의 원천: 성장과 소득의 괴리』. GS&J 연구소.
- 이한빈, 권오상. 2015. “농업부문 연구투자의 후생효과: 다가구 CGE 모형 분석.” 『농업경제연구』 제56권 제4호. pp. 109-138. UCI:G704-000586.2015.56.5.005
- 조현경. 2018. “한국 농업 부문 GVAR 모형 구축과 쌀 수급안정 정책 효과 분석.” 경제학 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 허정희, 김수석, 이정은. 2017. 『농업부문 공공 R&D의 경제적 파급효과와 투자 수요 분석』. 한국농촌경제연구원.
- Alston, J. M., Marra, M. C., Pardey, P. G., and Wyatt, T. J.. 2000. Research Returns Redux: A Meta-Analysis of the Returns to Agricultural R&D. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. vol. 44, no. 2, pp. 185-215. doi:10.1111/1467-8489.00107
- Alston, J. M., Okrent, A. M., and Parks, J.. 2013. *Effects of US Public Agricultural R&D on US Obesity and its Social Costs-Revised*, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California at Davis.
- Bennet, T. L.. 1920. “The Theory of Measurement of Changes in Cost of Living.” *Journal of the Royal Statistical Society*. vol. 83, pp. 445-462. doi:10.2307/2340960
- Chambers, R. G.. 2001. “Consumers’ Surplus as an Exact and Superlative Cardinal Welfare Indicator.” *International Economic Review*. vol. 42, pp. 105-119. doi:10.1111/1468-2354.00102
- Chambers, R. G.. 2002. “Exact Nonradial Input, Output, and Productivity Measurement.” *Economic Theory*. vol. 20, pp. 751-765. doi:10.1007/s001990100231
- Cochrane, W. W.. 1993. *The Development of American Agriculture: A Historical Analysis*. University of Minnesota Press.
- Coe, D. T. and E. Helpman. 1995. “International R&D Spillovers.” *European Economic Review*. vol. 39, pp. 859-887. doi:10.1016/0014-2921(94)00100-e
- Dixon, R.. 2008. “Recursive Models.” in W. A. Darity Jr., ed., *International Encyclopedia of the Social Sciences*, 2nd edition, Thomson Gale.
- Esposti, R., and Pierani, P.. 2003. “Building the Knowledge Stock: Lags, Depreciation, and Uncertainty in R&D

- Investment and Link with Productivity Growth.” *Journal of Productivity Analysis*. vol. 19, no. 1, pp. 33-58.
- Evenson, R. E.. 2001. “Economic Impacts of Agricultural Research and Extension.” in B. L. Gardner and G. C. Rausser, eds., *Handbook of Agricultural Economics*, Volume 1A: Agricultural Production, Elsevier. doi:10.1016/s1574-0072(01)10014-9
- Fisher, I.. 1922. *The Making of Index Numbers*. Houghton Mifflin.
- Gardner, B. L.. 2002. *American Agriculture in the Twentieth Century: How It Flourished and What It Cost*. Harvard University Press (권오상 역, 『20세기의 미국 농업: 번영과 그 대가』, 박영북스, 2010).
- Grifell-Tatjé, E. and C.A.K. Lovell. 2015. *Productivity Accounting: The Economics of Business Performance*. Cambridge University Press.
- Griliches, Z. 1998. *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*. Chicago University Press.
- Jovanovic, B. and Nyarko, Y.. 1998. “Research and Productivity.” in B. Navaretti, G., Dasgupta, P., Mäler, K.-G. and Siniscalco, D., eds., *Creation and Transfer of Knowledge*, Berlin, Springer Verlag.
- Méraud, J.. 1966. “Introduction a la Journée d’Études du 14 Décembre 1966.” [Published as an appendix to CERC (Centre d’Étude des Revenus et des Coûts). 1969. “Surplus de Productivité Globale’ et ‘Comptes de Surplus.” Documents de Centre d’Étude des Revenus et des Coûts, n° 1, 1er trimestre. Paris: CERC] (Grifell-Tatjé and Lovell, 2015 에서 재인용).
- Park, W. G.. 1995. “International R&D Spillovers and OECD Economic Growth.” *Economic Inquiry* 33: 571-591. doi:10.1111/j.1465-7295.1995.tb01882.x

원고 접수일: 2018년 4월 9일 원고 심사일: 2018년 4월 19일 심사 완료일: 2018년 6월 15일
--