

## 원예시설 결합기술의 수용효과와 보완성 분석

최돈우<sup>1</sup>, 김태균<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경상북도농업기술원, <sup>2</sup>경북대학교 농업경제학과

### Effect of Adoption and Complementarity of Production Technology Bundles in Horticultural Greenhouse

Don-Woo Choi<sup>1</sup>, Tae-Kyun Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Gyongsangbuk-Do Agricultural Research & Extension Services

<sup>2</sup>Department of Agricultural Economics, Kyungpook National University

**요약** 이 논문의 목적은 비닐하우스의 결합기술에 대한 수용효과와 보완성을 분석하는 것이다. 분석대상 기술은 10m 이상 하우스, polyolefin 필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개 등 네 가지이며, 분석결과는 다음과 같이 요약된다. 첫째, 10m 이상 하우스, PO필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개의 기술들이 단독으로 수용되었을 경우, 그리고 10m 이상 하우스와 권취환기의 기술결합, 10m 이상 하우스와 15온스 이상 보온덮개의 기술결합에서 순수익이 증가한다. 둘째, 권취환기를 활용하고 있는 경우, 10m 이상 하우스와 PO필름을 수용한다면 보완적 효과를 가져 올 수 있다. 셋째, 10m 이상 하우스와 권취환기는 항상 보완성을 가지는 조합으로 분석된다. 넷째, 10m 이상 하우스와 15온스 이상 보온덮개 기술조합은 PO필름과 권취환기를 모두 활용하지 않는 경우 보완적이다. 본 연구의 결과는 정부의 기술보급 정책에 기여할 것으로 기대된다.

**Abstract** This paper analyzes the effect of adoption and complementarity of production technology bundles in horticultural greenhouse - more than 10m vinyl greenhouse ( $T_1$ ), polyolefin film ( $T_2$ ), winding branch ventilation ( $T_3$ ), and more than 15 ounce lagging cover ( $T_4$ ). The results are as follows: First, only using  $T_1$ , only using  $T_2$ , only using  $T_3$ , only using  $T_4$ , using  $T_1$  and  $T_3$ , and using  $T_1$  and  $T_4$ , have a higher net return. Second, when  $T_3$  is used,  $T_1$  and  $T_2$  are complementary. Third,  $T_1$  and  $T_3$  are always complementary. Fourth, when  $T_2$  and  $T_3$  are not used,  $T_1$  and  $T_4$  are complementary. The results of this paper could contribute to government's technology diffusion policies and subsequent studies.

**Keywords** : Complementarity, Effect of Adoption, Horticultural Greenhouse, Production Technology Bundles

### 1. 서론

생산에서 보완성(complementarity)은 여러 가지 경제적 동기(incentive)를 제공한다. 인적 자본과 기술 간의 보완성은 경제성장을 가져오고[1], 기업가와 잠재 고용인 사이의 보완성은 신규 창업을 활성화시킨다[2]. 또한 인적 자본과 신기술 간의 보완성은 혁신을 위한 고학력 생산자를 끌어들이며[3], 생산기술 간의 보완성은 생산

자의 소득을 증가시킨다[4].

생산자가 상호 보완적인 기술들을 선택한 경우는 대체적이거나 독립적인 기술들을 선택한 경우에 비해 상대적으로 수익이 증가하거나 비용이 감소하여 더 높은 이윤을 얻을 수 있다. 그러므로 결합기술의 수용효과와 보완성을 분석하는 과정이 필요하다.

기술의 수용효과를 분석한 선행연구는 단일기술을 대상으로 하는 연구와 복합기술을 대상으로 하는 연구로

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01049501)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*Corresponding Author : Tae-Kyun Kim(Kyungpook National Univ.)

Tel: +82-53-950-5771 email: tkkim@knu.ac.kr

Received July 15, 2015

Revised (1st August 10, 2015, 2nd September 2, 2015, 3rd September 5, 2015)

Accepted September 11, 2015

Published September 30, 2015

구분될 수 있다. 단일기술의 수용효과 분석은 다양한 계량적 방법론을 활용하여 하나의 기술에 대한 수용효과를 분석하였다[5,6,7]. 결합기술의 수용효과 분석은 기술들의 상호작용 효과를 추정하거나 상호작용을 무시할 때 발생하는 문제점을 분석하였다[8-11]. 이와 같이 결합기술의 수용효과를 분석한 선행연구는 모두 해외에서 수행되었다. 국내의 농업분야에서는 [6,7] 등이 단일기술의 수용효과를 분석하고, [12]가 특정 기술의 보급에 따른 기술결합관계의 변화를 분석하였지만, 결합기술의 수용효과를 분석모형에 의해서 체계적으로 추정한 선행연구는 없다.

본 연구의 목적은 우리나라 중요한 원예시설인 비닐하우스의 결합기술에 대한 수용효과와 보완성을 분석하는 것이다. 품목은 주요 시설원에 작물인 참외를 대상으로 분석한다. 비닐하우스는 비닐하우스 크기, 비닐하우스 피복필름의 종류, 환기방법, 보온방법 등 여러 개의 기술들이 결합한 시설이다. 본 연구에서 비닐하우스의 크기는 10m 이상 비닐하우스, 피복필름은 polyolefin (PO) 필름, 환기방법은 권취환기, 보온방법은 15온스 이상 보온덮개 등 네 가지 생산기술에 대해 분석한다.

## 2. 분석 모형 및 자료

### 2.1 분석 모형

어떤 기술의 사용이 다른 기술의 한계이익을 증가시키면 두 기술은 보완적이고, 반대인 경우 대체적이다 [13]. 이 정의는 기술을 나타내는 변수가 연속변수인가 아니면 이산변수인가에 따라 다르게 설명된다. 기술이 연속변수인 경우 보완성은 수익구조함수(pay-off function)의 교차 편미분이 양인 경우이다. 이산변수인 경우 모든 기술들을 동시에 수용함으로써 발생하는 함수값의 증가분이 기술들을 개별 수용함으로써 발생하는 함수값의 증가분의 합보다 더 큰 경우를 의미한다. 기술을 이산변수로 나타내는 경우 연속변수로 나타내는 경우에 비해 정확도는 떨어지지만 다중공선성이나 자유도의 손실과 같은 중대한 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있다 [14]. 그러므로 본 연구에서는 기술을 이산변수로 나타내어 분석한다.

참외 생산의 경우 비닐하우스 관련 기술이 비닐하우스의 크기, 피복필름의 종류, 환기시설, 보온덮개 등으로

구분된다. 비닐하우스 크기는 비닐하우스 파이프 길이에 따라 6.5m부터 11m까지 0.5m 간격으로 구분되고 있는데, 길수록 투광성이 좋아 품질을 향상시킬 수 있어, 최근에 10m 이상 비닐하우스가 늘어나고 있다. 비닐하우스 피복필름은 PE 필름, PVC 필름, PO 필름 등이 있는데, PO 필름은 투광성이 좋고 장기간(5년 이상) 사용할 수 있어 최근 사용이 증가하고 있다. 환기시설은 측면환기, 권취환기 등이 있는데, 비닐하우스 측면에 구멍을 뚫어 환기하는 측면환기보다 권취식 개폐기를 이용하는 권취환기가 최근에 개발된 기술이다. 보온덮개는 6온스부터 22온스까지 다양하게 사용되고 있으며, 무게가 무거울수록 보온효과가 뛰어나 최근 15온스 이상 보온덮개의 수용이 증가하고 있다.

농가들은 보완성에 관계없이 생산여건에 따라 이들 기술들을 결합하여 사용하고 있다. 그런데 최근 수량과 품질을 증가시킬 수 있는 10m 이상 대형 비닐하우스가 보급되면서 PO 필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개 등과 같은 기술을 추가로 도입하는 사례가 증가하고 있다. 따라서 10m 이상 비닐하우스와 PO 필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개 등의 관련 기술들의 보완성을 검정하고자 한다.

비닐하우스 관련 네 가지 기술의 수용효과 및 보완성을 분석하기 위한 모형은 다음의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$y = f(X, T_1, T_2, T_3, T_4) = X\beta + \alpha_1 T_1 + \alpha_2 T_2 + \alpha_3 T_3 + \alpha_4 T_4 + \alpha_{12} T_1 T_2 + \alpha_{13} T_1 T_3 + \alpha_{14} T_1 T_4 + \alpha_{23} T_2 T_3 + \alpha_{24} T_2 T_4 + \alpha_{34} T_3 T_4 + \alpha_{123} T_1 T_2 T_3 + \alpha_{124} T_1 T_2 T_4 + \alpha_{134} T_1 T_3 T_4 + \alpha_{234} T_2 T_3 T_4 + \alpha_{1234} T_1 T_2 T_3 T_4 + \epsilon \quad (1)$$

여기에서  $y$ 는 순수익(천원/10a)을 나타내며,  $X$ 는 기술이외 다른 요인 벡터(연령, 재배경력, 재배면적, 생산 지역 등)이다.  $T_1$ 은 비닐하우스의 크기이며, 10m 이상인 경우  $T_1 = 1$ , 10m 미만인 경우  $T_1 = 0$ 이다.  $T_2$ 는 비닐하우스 피복필름 종류를 나타내며, PO 필름인 경우  $T_2 = 1$ , PO 필름인 아닌 경우  $T_2 = 0$ 이다.  $T_3$ 는 환기 방법이며, 권취환기인 경우  $T_3 = 1$ , 권취환기가 아닌 경우  $T_3 = 0$ 이다.  $T_4$ 는 보온방법을 나타내며, 15온스 이상 보온덮개를 사용하는 경우  $T_4 = 1$ , 15온스 미만 보온덮개를 사용하는 경우  $T_4 = 0$ 이다. 그리고  $\beta$ 와  $\alpha$  들

은 파라미터들이며,  $\epsilon$ 은 오차항을 나타낸다.

만약 두 기술  $T_1$ 과  $T_2$ 가 보완적이면 두 기술의 동시 수용에 의한 함수 값의 증가분이 개별 수용에 의한 함수 값의 증가분의 합보다 더 크다. 그러므로 다음의 부등식 중 적어도 하나는 만족해야 한다[11].

$$\begin{aligned} f(X,1,1,0,0) - f(X,1,0,0,0) - f(X,0,1,0,0) + f(X,0,0,0,0) &\geq 0 \\ f(X,1,1,1,0) - f(X,1,0,1,0) - f(X,0,1,1,0) + f(X,0,0,1,0) &\geq 0 \\ f(X,1,1,0,1) - f(X,1,0,0,1) - f(X,0,1,0,1) + f(X,0,0,0,1) &\geq 0 \\ f(X,1,1,1,1) - f(X,1,0,1,1) - f(X,0,1,1,1) + f(X,0,0,1,1) &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)의 첫 번째 식은  $T_3$ 과  $T_4$  모두 수용하지 않은 경우, 두 번째는  $T_3$ 를 수용하고  $T_4$ 를 수용하지 않은 경우, 세 번째는  $T_3$ 를 수용하지 않고  $T_4$ 만을 수용하는 경우, 네 번째는  $T_3$ 와  $T_4$ 를 동시에 수용하는 경우  $T_1$ 과  $T_2$ 의 보완관계를 의미한다.

위의 식(2)를 식(1)에 대입하여  $T_1$ 과  $T_2$ 의 보완성 조건을 유도하면 다음의 식(3)과 같이 나타난다.

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &\geq 0 \\ \alpha_{12} + \alpha_{123} &\geq 0 \\ \alpha_{12} + \alpha_{124} &\geq 0 \\ \alpha_{12} + \alpha_{123} + \alpha_{124} + \alpha_{1234} &\geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)의 보완성 조건은 식(1)의 함수를 다음의 식(4)와 같은 형태로 변형하여 추정하고 검증할 수 있다[15]. 즉  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{12} + \alpha_{123}$ ,  $\alpha_{12} + \alpha_{124}$ ,  $\alpha_{12} + \alpha_{123} + \alpha_{124} + \alpha_{1234}$ 의 추정치를 이용하여 부호와 유의성을 검증할 수 있다. 또한 계수의 신뢰구간은 부스트래핑(bootstrapping)을 이용할 수 있다. 다른 결합기술의 보완성 검정을 위해서도 동일한 방법으로 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} y = & X'\beta + \alpha_1 T_1 + \alpha_2 T_2 + \alpha_3 T_3 + \alpha_4 T_4 \\ & + \alpha_{12}(T_1 T_2 + T_1 T_2 T_3 T_4 - T_1 T_2 T_3 - T_1 T_2 T_4) \\ & + \alpha_{13} T_1 T_3 + \alpha_{14} T_1 T_4 + \alpha_{23} T_2 T_3 + \alpha_{24} T_2 T_4 \\ & + \alpha_{34} T_3 T_4 + (\alpha_{12} + \alpha_{123})(T_1 T_2 T_3 - T_1 T_2 T_3 T_4) \\ & + (\alpha_{12} + \alpha_{124})(T_1 T_2 T_4 - T_1 T_2 T_3 T_4) \\ & + \alpha_{134} T_1 T_3 T_4 + \alpha_{234} T_2 T_3 T_4 \\ & + (\alpha_{12} + \alpha_{123} + \alpha_{124} + \alpha_{1234}) T_1 T_2 T_3 T_4 + \epsilon \end{aligned} \quad (4)$$

위와 동일한 방법으로 다른 결합기술의 보완성 조건과 검정을 위한 식을 유도할 수 있다.  $T_1$ 과  $T_3$ 의 보완

성 검정을 위해서는  $\alpha_{13}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{123}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{134}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{123} + \alpha_{134} + \alpha_{1234}$ 의 추정치를,  $T_1$ 과  $T_4$ 의 보완성 검정은  $\alpha_{14}$ ,  $\alpha_{14} + \alpha_{124}$ ,  $\alpha_{14} + \alpha_{134}$ ,  $\alpha_{14} + \alpha_{124} + \alpha_{134} + \alpha_{1234}$ 의 추정치를 이용할 수 있다.

## 2.2 자료

자료 수집을 위해 전국 참외 농가를 모집단으로 하여 참외를 재배하는 시군 중 재배면적이 50ha 이상 되는 지역을 선정한 후, 재배면적에 비례하여 표본 수를 배정하였다. 참외 재배면적이 50ha 이상 되는 지역은 성주, 칠곡, 김천, 달성, 함안, 고령, 안동, 예천, 김해 등 9개 지역이다[16]. 표본추출지역의 재배면적은 전국 재배면적(5,029)의 93.6%이다. 2014년 7월부터 8월까지 2개월에 걸쳐서 300호를 조사하였으며, 지역별 표본 수는 Table 1과 같다.

조사방법은 조사원이 직접 농가를 방문하여 사전에 작성된 설문지를 이용한 일대일 면접조사를 이용하였다. 기장을 활용한 조사가 아니라 면접조사이기 때문에 사전에 조사원들에게 농촌진흥청의 「농산물소득 조사분석 교육」을 활용하여 충분히 숙지되도록 교육하였다[17].

Table 1. Number of Samples by Region

Region	Cultivation area	Percentage	Number of sample
Seongju	3,398	72.2	216
Chilgok	398	8.5	24
Gimcheon	270	5.7	18
Dalseong	243	5.2	15
Haman	126	2.7	9
Goryeong	90	1.9	6
Andong	75	1.6	6
Yecheon	53	1.1	3
Gimhae	52	1.1	3
Total	4,705	100.0	300

300개의 조사 자료 중에서 32개는 결측치 때문에 사용하지 못하고 제거하였으며, 실제 분석에 사용한 자료의 수는 268개이다. 조사농가의 특성변수에 대한 기술통계량은 Table 2와 같이 요약된다.

조사농가의 평균 연령은 56.49세, 평균 참외 재배경력은 24.99년, 평균 참외 재배면적은 8,493.96m<sup>2</sup>이다. 그리고 10a당 평균 참외 생산비는 8,108.73천원이고, 평균 참외 순수익은 4,027.35천원이다.

**Table 2.** Basic Statistics of Characteristic Variables

Variable	Mean	Standard deviation
Age (years)	56.49	10.21
Experience (years)	24.99	12.60
Area (m <sup>2</sup> )	8,493.96	3,672.61
Average cost (1,000Won/10a)	8,108.73	779.45
Net return (1,000Won/10a)	4,027.35	2,517.26

n=268.

비닐하우스 크기( $T_1$ ), 비닐하우스 피복필름 종류( $T_2$ ), 환기방법( $T_3$ ), 보온방법( $T_4$ )의 네 가지 생산기술로 이루어진 결합기술의 사용현황은 Table 3과 같이 나타난다.

**Table 3.** Composition of Technology Use

Technology bundle	Share (%)
No technology	27
$T_1$	2
$T_2$	2
$T_3$	6
$T_4$	34
$T_1T_2$	1
$T_1T_3$	1
$T_1T_4$	3
$T_2T_3$	3
$T_2T_4$	2
$T_3T_4$	9
$T_1T_2T_3$	1
$T_1T_2T_4$	1
$T_1T_3T_4$	2
$T_2T_3T_4$	5
$T_1T_2T_3T_4$	1
Total	100

$T_1$ : size of vinyl greenhouse (more than 10m=1, less than 10m=0),  
 $T_2$ : covering material (polyolefin film=1, others=0),  
 $T_3$ : ventilation method (winding branch ventilation=1, others=0),  
 $T_4$ : warming method (more than 15 ounce lagging cover=1, less than 15 ounce lagging cover=0).

27%의 생산자들이 네 가지 생산기술 모두를 사용하지 않고 있다. 15온스 이상 보온덮개만 수용하는( $T_4 = 1$ ) 생산자가 34%로 가장 많고, 다음으로 권취환기와 15온스 이상 보온덮개를 수용하는( $T_3 = 1, T_4 = 1$ ) 경우, 권취환기만 수용하는( $T_3 = 1$ )

경우, PO필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개를 수용하는( $T_2 = 1, T_3 = 1, T_4 = 1$ ) 경우 순이다.

### 3. 분석 결과

#### 3.1 추정 결과

식(1)의 분석모형을 추정한 결과는 다음의 Table 4와 같이 요약된다. 종속변수로 10a당 순수익을 사용하였으며, 독립변수로는 연령, 참외 재배경력, 참외 재배면적, 생산지역(성주=1, 기타=0) 등의 개별 특성 변수와 10m 이상 비닐하우스 활용여부( $T_1$ ), PO필름 활용여부( $T_2$ ), 권취환기 활용여부( $T_3$ ), 15온스 이상 보온덮개 활용여부( $T_4$ ) 등 네 가지 생산기술로 이루어진 기술조합들을 사용하였다.

**Table 4.** Regression Results

Variable	Coefficient estimate
Constant	2374.17 ***
Age	-18.86 *
Experience	10.04
Area	0.01
Region <sup>1)</sup>	708.13 ***
$T_1$	1488.00 **
$T_2$	2602.83 ***
$T_3$	1142.01 ***
$T_4$	1325.68 ***
$T_1T_2$	-189.75
$T_1T_3$	4180.47 ***
$T_1T_4$	2030.35 ***
$T_2T_3$	800.98
$T_2T_4$	-1312.85
$T_3T_4$	-550.98
$T_1T_2T_3$	2138.08 *
$T_1T_2T_4$	-197.98
$T_1T_3T_4$	-2038.20
$T_2T_3T_4$	103.99
$T_1T_2T_3T_4$	901.96 *
Adjusted R <sup>2</sup>	0.55

1) Seongju=1, others=0.

\*\*\*, \*\*, and \* indicate statistical significance at 1%, 5%, and 10%, respectively.

$T_1$ : size of vinyl greenhouse (more than 10m=1, less than 10m=0),  
 $T_2$ : covering material (polyolefin film=1, others=0),  
 $T_3$ : ventilation method (winding branch ventilation=1, others=0),  
 $T_4$ : warming method (more than 15 ounce lagging cover=1, less than 15 ounce lagging cover=0).

모형의 적합도를 나타내는 조정된  $R^2$ 는 0.55이며, 생산지역(Region),  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_1T_3$ ,  $T_1T_4$ 의 추정계수는 1% 유의수준에서,  $T_1$ 의 추정계수는 5% 유의수준에서 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 10% 유의수준에서 유의성이 있는 변수는 연령(Age),  $T_1T_2T_3$ ,  $T_1T_2T_3T_4$ 로 추정되었다.

연령(Age)의 계수가 음(-)으로 추정되어, 참외 생산자의 연령이 높을수록 순수익은 감소하는 것으로 나타났다. 생산지역(Region)의 추정계수는 양(+)로 나타나, 성주지역이 다른 지역에 비해 10a당 순수익이 높은 것으로 분석되었다. 이는 성주지역 참외 재배면적이 전국 참외 재배면적의 69.4%를 점유하고 있는 이유를 설명할 수 있는 분석 결과로 판단된다.

$T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ 의 추정계수가 모두 양(+)으로 나타나, 10m이상 비닐하우스( $T_1$ ), PO필름( $T_2$ ), 권취환기( $T_3$ ), 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ ) 등의 기술이 단독으로 수용되었을 경우 순수익이 증가하였다.  $T_1T_3$ 의 계수추정치도 양(+)으로 나타나, 10m이상 비닐하우스와 권취환기 결합기술이 수용될 경우 순수익이 증가하는 것을 설명한다. 즉 10m이상 비닐하우스와 권취환기의 결합기술 수용하는 경우  $T_1$ 과  $T_3$ 가 모두 1이다.  $T_1$ ,  $T_3$ ,  $T_1T_3$ 의 계수추정치가 모두 양(+)이며, 유의성이 있기 때문에 10m이상 비닐하우스와 권취환기의 결합기술은 순수익을 증가시키는 것으로 해석될 수 있다. 마찬가지로  $T_1T_4$ 의 계수추정치도 양(+)으로 나타나, 10m이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개 결합기술도 순수익을 증가시켰다.

$T_1T_2T_3$ 의 계수추정치도 양(+)으로 나타나지만, 10m 이상 비닐하우스, PO필름, 권취환기의 결합기술이 순수익을 증가시키지는 알 수 없다. 즉 세 기술을 수용하는 경우  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ 가 모두 1이다.  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_1T_3$ ,  $T_1T_2T_3$ 의 계수추정치는 유의성이 있지만,  $T_1T_2$ 와  $T_2T_3$ 의 계수추정치는 유의성이 없기 때문에 정확한 영향을 설명할 수 없다. 마찬가지로  $T_1T_2T_3T_4$ 의 추정계수도 양(+)이지만, 10m이상 비닐하우스, PO필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개의 결합기술이 순수익을 증가시키지는 설명하기 어렵다.

순수익이 증가한 기술조합은 10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 기술결합을 가질 때라는 것을 알 수 있다. 즉

10m이상 비닐하우스가 순수익을 증가시키는데 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 10m이상 비닐하우스를 보급할 경우 단독으로 보급하는 것도 좋지만 권취환기와 조합이나 15온스 이상 보온덮개와 결합된 기술로 보급된다면 순수익에 정의 영향을 미칠 것으로 분석되었다.

### 3.2 보완성 검증

10m이상 비닐하우스( $T_1$ ) 수용여부가 순수익을 증가시키는데 중요한 요인이기 때문에 10m이상 비닐하우스와 다른 기술 간의 보완성을 검증할 필요가 있다. 앞의 식(3)과 (4)를 활용하여 10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 다른 기술 간의 보완성을 분석한 결과는 Table 5와 같이 나타난다. 즉 10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 PO필름( $T_2$ ), 10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 권취환기( $T_3$ ), 10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )의 보완성을 각각 검증한 결과이다.

10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 PO필름( $T_2$ )의 보완성을 검증한 결과  $\alpha_{12} + \alpha_{123}$ 에서 통계적 유의성을 보였다. 즉 10m이상 비닐하우스와 PO필름( $T_1T_2$ ) 결합기술은 권취환기( $T_3$ )만 수용되고 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )가 수용되지 않은 경우 순수익을 증가시켰다.

따라서 권취환기를 활용하고 있는 경우 10m 이상 비닐하우스와 PO필름을 수용한다면 보완적 효과를 가질 수 있다. 즉, 10m이상 비닐하우스와 PO필름의 결합기술은 권취환기와 같이 보급하는 것이 유리한 것으로 분석되었다.

10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 권취환기( $T_3$ )의 보완성을 검증한 결과  $\alpha_{13}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{123}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{134}$ ,  $\alpha_{13} + \alpha_{123} + \alpha_{134} + \alpha_{1234}$ 의 추정치 모두가 통계적 유의성을 가졌다. 즉 10m이상 비닐하우스와 권취환기( $T_1T_3$ ) 결합기술은 PO필름( $T_2$ )과 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )의 수용 유무에 상관없이 순수익을 증가시켰다.

10m이상 비닐하우스와 권취환기( $T_1T_3$ ) 결합기술은 PO필름( $T_2$ )과 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )를 동시에 수용하고 있는 경우, PO필름( $T_2$ )은 수용하고 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )는 수용하지 않은 경우, PO필름( $T_2$ )은 수용하지 않고 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )는 수용한 경우, PO필름( $T_2$ )과 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ ) 모두 수용하지 않은 경우에도 순수익을 증가시키는 것으로 나타난

다. 즉 10m이상 비닐하우스와 권취환기( $T_1T_3$ )는 완벽한 보완성을 가지는 기술조합으로 분석되었다. 따라서 10m이상 비닐하우스를 보급할 경우 반드시 권취환기도 같이 보급하는 것이 순수익 증대에 유리할 것으로 판단된다.

Table 5. Results of the Complementarity Tests

Technology	Coefficients	Estimate
$T_1 \& T_2$	$\alpha_{12}$	-147.75 (-1436.53, 1711.72)
	$\alpha_{12} + \alpha_{123}$	2149.48** (0.13, 5161.05)
	$\alpha_{12} + \alpha_{124}$	-43.64 (-2831.64, 1078.39)
	$\alpha_{12} + \alpha_{123} + \alpha_{124} + \alpha_{1234}$	1015.06 (-615.40, 2611.54)
$T_1 \& T_3$	$\alpha_{13}$	4183.49** (12.71, 5693.79)
	$\alpha_{13} + \alpha_{132}$	6480.72** (1.53, 8555.47)
	$\alpha_{13} + \alpha_{134}$	2143.15** (927.37, 3272.08)
	$\alpha_{13} + \alpha_{132} + \alpha_{134} + \alpha_{1324}$	3201.85** (1.82, 5099.98)
$T_1 \& T_4$	$\alpha_{14}$	2063.09** (1082.72, 3140.68)
	$\alpha_{14} + \alpha_{142}$	2019.45 (-930.42, 3020.84)
	$\alpha_{14} + \alpha_{143}$	22.75 (-3021.31, 447.24)
	$\alpha_{14} + \alpha_{142} + \alpha_{143} + \alpha_{1423}$	-1259.42 (-2709.15, 34.62)

$T_1$ : size of vinyl greenhouse (more than 10m=1, less than 10m=0),  
 $T_2$ : covering material (polyolefin film=1, others=0),  
 $T_3$ : ventilation method (winding branch ventilation=1, others=0),  
 $T_4$ : warming method (more than 15 ounce lagging cover=1, less than 15 ounce lagging cover=0).  
 \*\* indicates statistical significance at the 5% level.  
 Numbers in brackets are 95% confidence intervals from a bootstrapped sample (number of replicates=2,000).

10m이상 비닐하우스( $T_1$ )와 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )의 보완성은  $\alpha_{14}$ 의 추정치가 통계적 유의성을 가지는 것으로 나타난다. 즉, 10m이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개( $T_1T_4$ ) 결합기술의 수용은 PO필름( $T_2$ )과 권취환기( $T_3$ )를 모두 활용하지 않는 경우, 순수익을 증가시키며 보완적이다.

그러므로 10m이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개를 동시에 보급할 경우에는 PO필름과 권취환기를 사용하지 않는 농가들보다는 PE필름이나 측면환기를 사용

하는 농가들 대상으로 보급하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 왜냐하면 PE필름이나 측면환기의 경우 교체비용이 높지 않지만, 상대적으로 설치비가 높고 내구연수가 긴 PO필름이나 권취환기의 경우 교체로 인해 비용이 추가로 발생하기 때문이다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 비닐하우스 관련 결합기술이 농업인들에게 보급되었을 때 순수익에 미치는 효과와 보완성을 주요 시설원에 작물인 참외를 대상으로 분석하였다. 비닐하우스는 비닐하우스 크기, 비닐하우스의 피복필름 종류, 환기방법, 보온방법 등 여러 개의 기술들이 결합한 시설이기 때문에 10m이상 비닐하우스( $T_1$ ), PO필름( $T_2$ ), 권취환기( $T_3$ ), 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ ) 등 네 가지 생산기술을 대상으로 추정하였다.

분석을 위해 종속변수로 10a당 순수익을 사용하였으며, 설명변수로는 연령, 참외 재배경력, 참외 재배면적, 생산지역 등의 특성변수와 10m이상 비닐하우스( $T_1$ ), PO필름( $T_2$ ), 권취환기( $T_3$ ), 15온스 이상 보온덮개( $T_4$ )의 기술조합을 활용하였다.

분석결과는 다음과 같이 요약된다. 첫째, 10m이상 비닐하우스, PO필름, 권취환기, 15온스 이상 보온덮개의 기술이 단독으로 수용되었을 경우, 그리고 10m이상 비닐하우스와 권취환기의 결합, 10m이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개의 결합에서 순수익이 증가하였다. 순수익이 증가한 조합은 10m이상 비닐하우스와 결합하고 있어 10m이상 비닐하우스가 순수익을 증가시키는데 중요한 요인으로 분석된다.

둘째, 권취환기를 활용하고 있는 경우, 10m이상 비닐하우스와 PO필름을 수용한다면 보완적 효과를 가져올 수 있다. 즉, 10m이상 비닐하우스와 PO필름을 보급할 경우 권취환기와 같이 보급하는 것이 유리하다는 것을 설명한다.

셋째, 10m이상 비닐하우스와 권취환기 기술조합은 PO필름과 15온스 이상 보온덮개의 수용 유무에 상관없이 순수익을 증가시킨다. 즉 10m이상 비닐하우스와 권취환기는 완벽한 보완성을 가지는 조합으로 분석된다.

넷째, 10m이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개 기술조합은 PO필름과 권취환기를 모두 활용하지 않는

경우 순수익을 증가시키며 보완적이다.

본 연구의 분석 결과에 의해 몇 가지 기술보급의 정책 적 함의를 도출할 수 있다. 첫째, 10m 이상 비닐하우스를 농가에 보급할 경우 단독으로 보급하는 것도 가능하지만, 다른 기술과 결합기술로 보급되는 것이 유리하다.

둘째, 10m 이상 비닐하우스와 권취환기 기술결합은 아주 강한 보완성을 가졌다. 따라서 10m 이상 비닐하우스를 보급할 경우 반드시 권취환기도 같이 보급해야 농가소득 증대에 더 큰 효과를 가져 올 것이다. 다만 15온스 이상 보온덮개를 보유하고 있는 농가들에게 10m 이상 비닐하우스와 권취환기를 보급할 경우 보온덮개 교체로 인해 오히려 생산비가 증가하므로 보급대상에서 제외하거나, 보온덮개에 대한 보조금 지급이 필요할 수도 있다.

셋째, 10m 이상 비닐하우스와 15온스 이상 보온덮개를 동시에 보급할 경우에는 PO필름을 사용하지 않는 농가들에게 우선적으로 보급하는 것이 좋을 것이다. 왜냐하면, 장기간 사용할 수 있는 PO필름을 교체로 인해 생산비가 오히려 증가하기 때문이다. 이와 같은 보급 정책은 생산자 순수익을 증가시키는 것으로 분석되기 때문에 농업인들은 적극적으로 수용할 것으로 기대된다.

본 연구에서 분석모형의 종속변수로 순수익을 사용하였기 때문에 기술수용 효과가 수량, 품질, 생산비 중 어떤 요인의 영향인지는 정확하게 알 수 없다. 향후 수량, 품질, 생산비 중 어떤 요인이 기술수용 효과에 영향을 미치는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한 기술을 이산변수로 나타내었기 때문에 연속변수로 나타내는 경우에 비해 설명력이 떨어진다. 그러므로 이 문제를 해결할 수 있는 분석모형의 개발이 필요하다.

## References

- [1] P.M. Romer, "Endogenous Technical Change", *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-102, 1990.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/261725>
- [2] S. Rosen, "Specialization and Human Capital", *Journal of Labor Economics*, 1(1), 43-49, 1983.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/298003>
- [3] W.E. Huffman, "Human Capital: Education and Agriculture", *Handbook of Agricultural Economics*, 1(1), 333-381, 2001.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0072\(01\)10010-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0072(01)10010-1)
- [4] L. Yu, T. Hurley, J. Kliebenstein, P. Orazem, "A Test for Complementarities Among Multiple Technologies that Avoids the Curse of Dimensionality", *Economics Letters*, 116(3), 354-357, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2012.03.023>
- [5] M. Caswell, D. Zilberman, "The Choices of Irrigation Technologies in California", *American Journal of Agricultural Economics*, 67(2), 224-234, 1984.
- [6] S.J. Jo, P.S. Park, "Labor-saving and Cost-down Effects of New Technology Introduction in Soybean Farms", *Korea Soybean Digest*, 18(2), 82-100, 2001.
- [7] A.R. Lee, H.S. Shin, D.G. Seo, "Study on the Satisfaction and Economic Results of Farm Household about Introduction of New Agricultural Technology-Case Study: Fine Water Sprayer for Fruit Trees-", *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*, 23(4), 1-17, 2011.
- [8] S. Athey, S. Stern, "An Empirical Framework for Testing Theories about Complementarity in Organizational Design", *NBER Working Paper No. 6600*. 1998.
- [9] E. Caroli, J. Van Reenen, "Skill-biased Organizational Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments", *Quarterly Journal of Economics*, 116(4), 1449-1492, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1162/003355301753265624>
- [10] T.F. Bresnahan, E. Brynjolfsson, L.M. Hitt, "Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence", *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), 339-76, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1162/003355302753399526>
- [11] H. An, "Complementarities in Production Technologies: An Empirical Analysis of the Dairy Industry", selected paper for presentation at Agricultural and Applied Economics Association's annual meeting, 2012.
- [12] D.W. Choi, D.C. Kim, J.E. Lee, "Technologies Relationships Change Analysis due to Extension of Anti-disaster Greenhouses in Oriental Melon", *Proceedings of the KSAM & KSBEC 2015 Spring Conference*, 359-360, 2015.
- [13] P. Milgrom, J. Roberts, "The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization", *American Economic Review*, 80(3), 511-528, 1990.
- [14] M. Mazzanti, R. Zoboli, "Complementarities, Firm Strategies and Environmental Innovations: Empirical Evidence for a District Based Manufacturing System", *Environmental Sciences*, 5(1), 17-40, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15693430701859638>
- [15] M. Carree, B. Lokshin, R. Belderbos, "A Note on

Testing for Complementarity and Substitutability in the Case of Multiple Practices", Journal of Productivity Analysis, 35, 263-269, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11123-010-0189-8>

- [16] Statistics Korea, Census of Agriculture, 2010.
- [17] Rural Development Administration, Manual and Guide for Agricultural Income Survey, 2011.

---

**최 돈 우(Don-Woo Choi)**

**[정회원]**



- 1998년 8월 : 경북대학교 일반대학원 농업경제학과(경제학석사)
- 2014년 2월 : 경북대학교 일반대학원 농업경제학과(경제학박사)
- 1996년 2월 ~ 현재 : 경상북도농업기술원 농업연구사

<관심분야>

농업경영, 생산경제, 농산물마케팅

---

**김 태 균(Tae-Kyun Kim)**

**[정회원]**



- 1989년 12월 : 미국 아이오와주립대학교 대학원 경제학과 (경제학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 농업경제학과 교수

<관심분야>

생산경제, 식품수요, 농업경영