

농업부문 연구투자의 효율성 분석

김성수* · 이민수** · 최영찬*

*서울대학교 농업생명과학대학 · **서울대학교 대학원

Returns to Investment on Research in Korean Agriculture

Sung Soo Kim* · Min Soo Lee** · Young Chan Choe*

*College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University

**Ph.D. Candidate, Seoul National University

Summary

This study examined the socioeconomic returns to agricultural research in Korea, using multivariate time series technique and Akino-Hyami formula. Results showed that the socioeconomic returns were quite competitive with internal rates of 49.18% and 56.04% for agricultural research and horticultural research respectively.

The lagged response to the investment in research varied according to the type of production: agricultural production responded to agricultural research shock about three years after the shock, while horticultural and livestock productions responded only after about seven, and ten years, respectively.

The magnitudes of the impacts of investment, however, showed a similar pattern for the three types of production: after responding to the shock, the impact increased until a peak was reached and then declined and got down to zero after some years. The peak was reached within five, seventeen, and twenty years after the initial expenditures for agricultural, horticultural, and livestock productions, respectively. Moreover, the impacts disappeared about thirty years after the initial expenditures for all three types of production. These findings were consistent with the results from previous literature on agricultural research, which indicated that the lag lengths of the response to investments on research were between seven and thirty years.

Key Words : Returns to investment, Korean agriculture, Agricultural research, Socioeconomic returns

I. 서 론

농업분야의 연구기관이 형성 발전하여 법적, 정치적, 과학적, 경제적 구조를 정비하기까지는 수십 년이 걸리지만, 이들 연구사업기관의 생산성이 높다는 것은 널리 알려진 일이다. 농업연구사업의 성과로 50년대 이후 녹색혁명이 가능했고, 80년대에 이르러 세계의 식량생산은 50년대에 비해 두배이상 증가하였다. 하지만, 성장논리에 익숙해져 있는 경제학자들은 이들 연구

사업기관들의 생산성에 대해 회의적이다(Schultz, 1991). UR이후 농산물 시장의 개방을 목전에 두고 있는 우리나라에서도 연구사업의 투자효과에 의문을 제기하는 의견이 늘고 있다(권원달, 1994).

본 연구는 60년대 이후 우리나라 농업연구사업의 사회, 경제적 투자효율을 계측하여, 이를 국제적 연구사업의 효율성과 비교함으로써, 연구사업의 효율성에 대한 객관적인 평가와 진단의 자료를 제시하고자 한다. 또한, 사업의 부문

별 사업투자효율을 비교분석하고 개별연구사업 사례에 대한 투자효과를 분석하고자 한다.

본 연구에서는 농업에 대한 총연구비와 부문별 연구투자의 경제적 투자효과 분석을 측정하기 위해 시계열 분석기법(Time Series Analysis)을 사용한다. 선행연구들에서도 시계열 자료(Time Series Data)를 사용하여 투자효과 분석을 한 연구들이 있지만 다중자기회귀모형(VAR: Vector Autoregressions Model)이나 오차수정모형(ECM: Error Correction Model) 등의 시계열분석법을 사용하여 연구사업 투자효과 분석을 시도한 연구는 Oehmke와 Choe(1991)에 의해 시도되었고, 국내에서는 최민호·최영찬(1995)에 의해 농업 연구 및 지도사업의 투자효과 분석에 적용되었다.

연구사업의 투자효과 분석에서 시계열 모형 사용의 장점은 첫째, 지수법(the Index Number Method) 사용시 지수(Index Number)와 연구사업 투자의 관계를 측정하여 준다는 것이다. 종래의 지수법이나 생산함수법 사용시 이질지역의 다 품종 농산품인 경우 사업의 효과를 측정하는 것이 어렵다. 이럴 경우 시계열분석법을 사용하여 사업의 효과가 생산성과 생산규모에 주는 영향을 측정한 후 이를 지수법공식에 적용하여 사업의 효과를 측정할 수 있다.

둘째, 시계열모형을 사용하는 경우 생산함수법에서 부과하는 시장효율성 조건(Market Efficiency Restriction)을 측정시 고려하지 않아, 유도방정식 측정을 제약하지 않아도 좋다. 특히, 정부의 시장개입이나 시장실패(Market Failure)가 있는 경우 일차조건식은 현실성을 잃게 된다. 따라서, 전통적 계량측정은 심각한 설정오차(Specification Error)를 가지게 되지만, 시계열 분석법을 사용하는 경우 측정모형에 시장효율성 조건을 부과하지 않게 되므로 위와 같은 문제를 가지지 않는 장점이 있는 것이다.

셋째, 시계열모형은 매개변수의 절약적사용(Parsimonious Parameterization)을 추구하고 있으면서도 연구사업과 사업효과사이의 시차(Lags)를 충분하고 유연하게 허용해 준다. 연구사업과

사업효과 사이의 시차는 설정이 필수적인 것으로 알려지고 있지만(Griliches, 1958), 이에 따른 자료(Data) 요구도가 높아지고 자유도(Degree of Freedom)를 심각하게 줄여 측정의 효율성(Efficiency)을 떨어지게 한다. 시계열분석법은 비교적 적은 몇 개의 양성적 시차변수만을 가지고도 이동평균전환(Moving Average Representation)을 통하여 장기간의 연구사업 효과를 측정할 수 있게 하여, 전통적인 분석법에 비하여 연구사업의 동적인 성격을 비교적 작은 규모의 자료만을 가지고도 규명하여 주도록 한다.

넷째, 시계열분석법에서 측정한 생산함수의 이동률을, AH(Akino-Haymai)법에 적용함으로써, 소비자 및 생산자잉여를 모두 고려하는 실질적인 투자효과 분석이 가능하다는 것이다.

개별연구사업의 경제적효과를 분석하기 위해서 개별연구과제를 대상으로 사례연구를 실시하였다. 본 연구에서는 농림부 지원 연구사업인 '양돈생산 경영관리 프로그램(1996)'에서 개발된 양돈생산경영관리프로그램(PIGPLAN) 사용농가를 대상으로 사용에 따른 생산성 증가와 경제적효과를 분석하였다.

연구의 주요결과로는, 첫째, 총농업연구투자와 원예연구투자의 내부투자수익률은 각각 49.18%와 56.04%로 계측되어 국제적인 수준(30~40%)보다 높은 투자효율을 보이고 있다. 그러나 축산연구투자의 내부투자수익률은 약 21.01%로 선행연구들에 비해 낮게 측정되었지만 축산부문의 연구투자 효과에 관한 선행연구인 Peterson (1967)의 연구결과(내부투자수익률 21%)와 비슷한 결과를 나타내었다. 전체적으로 우리나라의 연구사업의 투자효율은 국제적인 수준에 손색이 없는 것으로 나타났다. 둘째, 연구투자가 생산에 영향을 미치는 시차효과는 총 농업연구투자는 3년후부터, 원예연구투자는 7년후부터, 축산연구투자는 10년후부터 30여년간 지속적으로 생산에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 셋째, 도드람양돈조합의 PIGPLAN 사용농가의 년간모돈당 이유자돈지수(PHY)는 국내농가의 평균치에 비해 3정도 높았으며, 프로그램 사용의 영향

은 2년차부터 일어나기 시작하여 그 후 2년간 생산성 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 프로그램 사용에 의한 생산성 증가치인 3년차까지의 누적효과 1.1을 사용하여 농가의 수익성을 계산한 결과 농가당 수익증가액은 6,209,432 원인 것으로 나타났다(농가당 평균모돈수 247 두).

II. 연구사업 투자수익의 전통적 측정방법

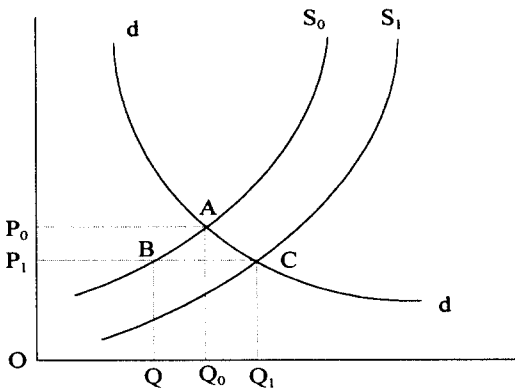
연구사업의 투자효과를 측정하는 방법은 사업의 수행시점을 기준으로 사전적인 방법(Ex-ante Analysis)과 사후적방법(Ex-post Analysis)으로 분류된다(서동균, 1992). 60년대 부터 90년대에 이르기까지 연구사업의 투자효과를 분석하기 위한 본 연구의 목적을 수행하기 위해서는 사후적인 방법을 사용하는 것이 적절하다. 사후적인 방법은 투자비용에 대한 수익의 정도를 비교하는 것으로, 투자에 대한 평균적인 수익을 비교하는 지수법(Index Number Approach)과 한계수익을 비교하는 생산함수법(Production Function Approach)의 두 가지로 구분된다.

지수법은 투자효과에 대한 수익을 시장에서의 소비자잉여(Consumer's Surplus), 생산자잉여(Producer's Surplus)의 개념으로 측정하게 되고,

이 두 가지 잉여를 합한 사회적 잉여(Social Surplus)를 사업투자 비용과 비교하여 사업의 효과를 측정하게 된다. <그림 1>에서 보는 것처럼, 시장의 균형이 수요함수 d 와 공급함수 S_0 가 교차하는 점 A에서 이루어져 가격 P_0 와 소비량 Q_0 가 주어졌을 때, 연구사업의 투자로 인한 기술개선으로 인한 생산성의 증가는 시장에서 공급함수 S_0 가 S_1 만큼 이동한 것을 나타낸다. 새로운 균형점 C가 형성되어, 가격은 P_0 에서 P_1 으로 하락하고, 소비량은 Q_0 에서 Q_1 만큼 늘어나게 된다. 이때 소비자는 가격하락과 소비량 증가로 발생하는 소비자잉여증가(P_0ACP_1)를 가지게 되고, 생산자는 가격하락과 판매량의 증가로 인한 생산자 잉여의 변화($BOC-P_0ABP_1$)를 가지게 된다. 따라서, 총 사회적잉여의 변화는 면적 AOC로 표시되고, 이를 측정하기 위해 여러 유형의 공식이 사용되고 있으나, 가장 널리 이용되고 있는 것은 AH(Akino and Haymai, 1975)법이다(서동균, 1992). AH법에서 소비자 잉여와 생산자 잉여를 계산하는 공식은 각각

$$\begin{aligned} \text{소비자잉여} &= \frac{P_1 Q_1 [k(1+\gamma)]^2}{2(\gamma+\eta)} \\ &+ \frac{P_1 Q_1 k(1+\gamma)}{(\gamma+\eta)} \\ &\left[1 - \frac{k(1+\gamma)^\eta}{2(\gamma+\eta)} - \frac{k(1+\gamma)}{2} \right] \quad (2.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{생산자잉여} &= kP_1 Q_1 - \frac{P_1 Q_1 k(1+\gamma)}{(\gamma+\eta)} \\ &\left[1 - \frac{k(1+\gamma)\eta}{2(\gamma+\eta)} - \frac{k(1+\gamma)}{2} \right] \quad (2.2) \end{aligned}$$



<그림 1> 연구사업의 투자효과가 농산물시장에 미치는 영향

이 되고, 이때 η 는 수요탄력성계수, ν 는 공급탄력성계수, k 는 생산함수이동률을 나타내며, 지수법에서 연구지도사업에 대한 투자효과를 결정하는 것은 바로 이들 지수들이다. 특히 생산함수의 이동률이 투자효과를 결정하는 중요한 요인이 되는데(Darlymple, 1977), 이를 추정하기 위하여 공급함수나 생산함수의 탄력성을 이용하게 되는 경우가 많다.

지수법은 생산함수법에 비해 계산이 간편하고, 사업투자가 가져오는 사회적 잉여를 생산자측면과 소비자측면에서 모두 고려한다는 장점이 있으나, 연구와 지도사업투자와 투자효과가 산출되기까지의 시차기간을 고려하지 않기 때문에 계측치에 대한 신뢰도가 떨어지고, 연구사업외에 생산함수의 이동률에 영향을 주는 다른 투입재(예컨대, 교육수준의 향상으로 인한 경영능력의 증대 등)의 효과를 전체 생산함수의 이동에서부터 가려낼 수 없다는 단점이 있다. 지수법을 이용한 연구사업의 투자효과 분석은 Schultz(1953), Griliches(1958)의 연구를 필두로 Peterson(1967), Adila(1973), Akino와 Hayami(1975), Hertford와 Schmitz(1975), Lindner와 Jarett(1978), Dalrymple(1977), Scobie와 Posada(1977), Hayami와 Herdt(1977), Evenson(1977, 1980), Nguyen(1977), Nagy(1984), Schuh와 Tollini(1978), Scobie(1979), Norton과 Davis(1981), Zentner(1982) 등의 연구가 있으며, 국내에서는 박기혁(1977), 서동균(1992) 등의 연구가 있다.

생산함수법은 생산함수를 측정하여 연구사업 투자에 대한 한계수익을 투자비용과 비교하여 투자효과를 분석하는 방법이다. 생산함수의 측정시 투자시기와 사업효과와의 시차를 고려할 수 있도록 시차변수를 허용하여 주고, 연구사업 이외의 다른 투입재들의 효과들을 전체효과에서 분리하여 주지만 사업의 결과가 생산에 미치는 효과만 고려하고, 소비자에게 발생하는 수익은 고려하지 않고 있다. 또한 생산함수 측정시 시차변수를 허용하기 때문에 자료의 요구도가 높고, 시차구조에 대해서 임의의 결정을 내리게 되는 단점이 있다. 또한, 시장효율성 조건(Market Efficiency Restriction)을 측정시 고려하게 되어, 유도방정식 측정을 제약하게 된다. 생산함수법(Production Function Methods) 사용시 생산함수(Production Function), 비용함수(Cost Function) 및 수익함수(Profit Function) 등의 유도방정식 설정(Reduced Form Specification)에서 연구 및 지도사업 변수를 외생변수(Exogeneous Variable)로 포함하게 되는데(Norton and Davis), 이

들 방정식의 전통적 계량측정은 이윤극대화(Profit Maximization)를 위한 일차조건식(First Order Condition)에 의존하게 된다(Capalbo and Antle). 만약 정부의 시장개입이나 시장실패(Market Failure)가 있는 경우 일차조건식은 현실성을 잃게 된다. 따라서, 전통적 계량측정은 심각한 설정오차(Specification Error)를 가지게 되어 투자분석에 부적절하게 되는 것이다.

생산함수법을 이용한 연구는 Griliches(1964)의 연구를 필두로 Davis(1979), Peterson과 Bredahl(1967), Peterson(1976), Evenson(1967, 1968), Fishelson(1971), Cline(1975), Lu와 Cline(1979), White와 Havlicek(1982) 등의 연구가 있으며, 국내에서는 박정근(1986), 김은순(1986) 등의 연구가 있다.

III. 시계열계량모형을 사용한 연구사업의 투자효과 측정방법

본 연구에서는 경제적 투자효과 분석을 측정하기 위해 시계열 분석기법(Time Series Analysis)을 사용한다. 선행연구들에서도 시계열 자료(Time Series Data)를 사용하여 투자효과 분석을 한 연구들이 있지만 VAR(Vector Autoregressions) 모형이나 ECM(Error Correction Model)모형 등의 시계열 분석법을 사용하여 투자효과 분석을 시도한 연구는 Oehmke와 Choe(1991)에서 시도되었고 국내에서는 최민호·최영찬(1995)에 의해 이루어졌다. 일반적으로 VAR이나 ECM 등의 시계열 분석모형의 다른 계량모형에 비한 사용상의 장점은 첫째, 모델설정(Model Specification)과 측정(Estimation)이 다른 계량분석모델 보다 간편하다는 것이다. 둘째, 유도방정식 모형(Reduced Form)을 제약조건 없이 직접 측정하고 구조방정식 모형(Structural Form)을 식별할 때(Identification) 오직 최소한의 제약조건만을 부과하여 여러 가지 이론이나 가설을 유연하게 수용할 수 있다는 것이다.

1. VAR모형

VAR모형에서 우선 요구되는 것은 변수선정

인데, 이 연구의 목적을 위해서 우선 농업 총 연구투자비와 부문별 연구투자비, 그리고 농업 총생산과 부문별 생산액이 연구의 목적을 위하여 선택되었고, 그 외 변수들은 연구자의 판단에 따라 포함될 수 있는데, 본 연구에서는 농산물 가격을 선정하였다.

한 개의 변수를 가진 변수벡터 y_t 에 대한 일반적인 다중시계열 계량모형은 다음과 같이 표현된다

$$By_t = \sum_{i=1}^p B_i y_{t-i} + Au_t \quad (3.1)$$

u_t 는 계열비상관의 직교오차항(Serially Uncorrelated Orthogonal Error Terms)의 벡터(Vector)로서, 항등공분산행렬(Identity Covariance Matrix)인 $E(utu')=I$ 을 가진다. $A, B, B_i(i=1,2,3,\dots,p)$ 들은 측정될 매개변인 행렬이고, 변수벡터 y 는 g 개의 독립된 내생변수로 이루어져 있다. A 와 B 행렬들은 내생변수들간의 공시작용(Contemporaneous Interactions)을 나타내고, B_i 행렬들은 시스템의 동적구조(System Dynamics)를 나타낸다.

측정의 관건은 이 동적 구조를 나타내는 매개변인에 대한 제한을 최소화하면서 현시작용을 나타내는 매개변인 A, B 를 측정하기 위해서 식별제약조건들(Identification Restrictions)을 어떻게 사용하느냐에 있다. 그런 다음 측정된 모형을 이용하여 연구 및 지도 사업 투자가 원예 부문 생산액에 어떻게 영향을 미치는가와 시스템에 있는 다른 내생변수들이 서로 어떻게 영향을 미치는가를 추적해 낸다.

구조방정식 (3.1)의 유도방정식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$y_t = \sum_{i=1}^p C_i y_{t-i} + v_t \quad (3.2)$$

여기서 $C_i = B^{-1}B_i$, $v_t = B^{-1}Au_t$, 그리고 $E(v_t v_t') = B^{-1}AA'B^{-1}$ 이다. 따라서 유도식 (4.2)에서 측정된 매개변수 C_i , 공분산행렬 v_t 들을 가지고 구조식 (3.1)의 매개변수 A, B, B_i 를 모두 구할 수가 없기 때문에 구조식 (3.1)은 과소식별(Underidentified) 상태에

있게 된다(Cooley and Leroy, 1985). VAR 분석시 이 문제를 해결하는 한가지 방법은 매개변수 벡터 A 가 대각행렬(Diagonal)이고, 매개변수 벡터 B 가 단위대각을 가지는 저삼각행렬(Lower Triangular with a Unit Diagonal)이라고 가정하는 표준화(Normalization)를 취하는 것인데, 이 경우 시스템은 오차벡터 u_t 의 각 요소들이 공시적으로 후치변수들에만 영향을 주고 전치변수들에는 영향을 주지 않는 축차구조(Recursive Structure)를 이루게 된다.

이 경우 구조식의 식별(Identification)은 축차순서(Recursive Order)를 선택하는 방식을 취하게 된다(Sims, 1980; Orden, 1986). 또 다른 식별의 방법은 시스템의 변수들 간에 상호작용(Simultaneous Interaction)을 공시적으로 허용하도록 A 와 B 의 매개변수를 제약시키는 것이다(Sims, 1986; Bermanke, 1986; Orden and Fackler, 1989). 이 연구에서는 연구 및 지도사업 투자효과가 최소 몇 년의 시차를 두고 나타난다는 점을 고려하여 표준화를 취하지 않거나 축차구조의 표준화를 사용한다.

2. 연구사업 투자효과의 측정

VAR 모형에서 모든 변수는 내생변수로 처리된다. 따라서, 연구의 결과는 연구사업의 투자를 외생변인으로 처리하는 전통적인 방법으로는 측정이 되지 않는다. 간편한 해결책은 동적승수(Dynamic Multiplier)를 사용하는 방법이다. 이 방법에서는 식(4.1)의 이동평균오차 u_t 를 기대외 충격(Unexpected Shock)으로 고려하여, 연구사업투자의 충격에 대한 내생변수의 매 시간 경과시의 반응 경로(Endogenous Path)를 사용하여 사업의 효과를 측정한다. 예컨대, 특정시점 t 에서 연구사업예산을 1% 증가시켰을 때 일어나는 반응을 보기 위해서, u_t 를 실제 연구사업 투자액의 1/100의 크기로 치환한다(변수에 자연대수를 취할 경우 불필요). 그런 다음, 측정된 VAR식 (3.1)을 다음과 같은 이동평균 모형식(Moving Average Representation)으로 전환한다.

$$y_t = \sum_{s=0}^{\infty} D_s u_{t-s} \quad (3.3)$$

여기서 D_s 는 이동평균매개변수(Moving Average Parameter)의 $(g \times g)$ 행렬로, 특정변수의 충격에 대한 효과를 나타낸다. 예를 들어 D_s 의 i 열, j 행(D_{ij}^s)은 변수 y_i 의 단위충격에 대한 s 기간 이후의 y_j 의 반응을 나타낸다(Judge et al., 1985). 이동매개변수 D_s 는 통상 충격반응크기(Impulse Response Weight) 또는 동적반응크기(Dynamic Response Weight)로 불리며, 동적승수는 관련변인들에 대한 이들 충격반응크기들의 합으로 계산된다(Judge et al., 1985). 연구지도사업의 투자충격에 효과를 측정하기 위해 AH법을 사용하는 경우 충격 후 매기간 동안의 생산함수의 이동률 k 는 사업투자변수에 대한 생산량변수의 반응을 나타내는 D_s 의 관련 행, 열로 나타나게 된다. 따라서, 주어진 수요, 공급탄력성하에서 측정된 생산함수의 이동률 K 를 이용하여 새로운 연구투자충격에 대한 충격 후 매기간 동안의 소비자 잉여의 증가치와 생산자 잉여의 증가치를 AH법에 의해 산출할 수 있다.

3. 연구사업 투자수익률의 측정

연구사업 투자수익에 대한 내부수익율(IRR: Internal Rate of Return)은 다음의 식에 의해서 계산되어 질 수 있다.

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - C_t}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3.4)$$

여기서, R_t 는 연구사업 투자충격후 매기간 동안의 사회적 잉여를 나타내며, 이는 매기간 동안의 소비자 잉여와 생산자 잉여의 증가치를 합한 량이 된다. C_t 는 매기간 동안의 지도·연구투자예산 비용을 나타내며, 주어진 연구예산 투자충격이 영향을 미치는 동안, 또다른 충격이 주어지지 않는 것을 전제로, 충격이 영향을 주는 동안 같은 수준의 연구투자가 이루어지는

것으로 볼 수 있다. 만약, 새로운 연구투자예산 충격이 있을 경우 C_t 가 변하는 만큼 R_t 도 변하게 되며, 새로운 예산 충격치와 반응의 변화치를 걸러내면, 새로운 충격이 없을 때와 마찬가지로의 결과를 얻게 된다. 내부수익률은 매기간 동안의 투자와 사회적 잉여의 증가치와의 차이를 현재가치로 합산할 때, 이를 영으로 만드는 IRR을 말한다.

4. 시계열 분석법 사용의 장점

연구사업의 투자효과 분석에서 시계열 모형사용의 장점은 첫째, 지수법(the Index Number Method) 사용시 지수(Index Number)와 지도사업과의 관계를 측정하여 준다는 것이다. 예를 들면, 아키노와 하야미법(Akino-Hayami Formula)의 경우 연구업에 의해 파생된 단위당 생산량의 증가치(Yield Increase)에 대한 자료를 요구하고, 종래의 생산함수법은 연구에 대한 전체요소생산성지수(Index of Total Factor Productivity to Research)를 필요로 한다. 이들 자료들이 동질지역에서 생산하는 단일품목의 단일품종 농산물의 경우 측정가능할 수도 있겠지만, 이질지역의 다품종 농산물의 경우 사업의 효과를 측정하는 것이 어렵다. 이럴 경우 시계열분석법을 사용하여 사업의 효과가 생산에 주는 영향을 측정한 후 이를 AH 공식에 적용하여 사업의 효과를 측정할 수 있다.

둘째, 시계열모형을 사용하는 경우 생산함수법에서 부과하는 시장효율성 조건(Market Efficiency Restriction)을 측정시 고려하지 않아, 유도방정식 측정을 제약하지 않는다는 것이다. 생산함수법(Production Function Methods) 사용시 생산함수(Production Function), 비용함수(Cost Function) 및 수익함수(Profit Function) 등의 유도방정식 설정(Reduced Form Specification)에서 연구사업 변인을 외생변수(Exogeneous)로 포함하게 된다(Norton and Davis). 이들 방정식의 전통적 계량측정은 이윤극대화(Profit Maximization)를 위한

일차조건식(First Order Condition)에 의존하게 된다(Capalbo and Antle). 만약 정부의 시장개입이나 시장실패(Market Failure)가 있는 경우 일차조건식은 현실성을 잃게 된다. 따라서, 전통적 계량측정은 심각한 설정오차(Specification Error)를 가지게 되어 투자분석에 부적절하게 되는 것이다. 시계열분석법을 사용하는 경우 측정모형에 시장효율성 조건을 부과하지 않게 되므로 위와 같은 문제를 가지지 않는 장점이 있는 것이다.

셋째, 시계열모형은 매개변수의 절약적사용(Parsimonious Parameterization)을 추구하고 있으면서도 연구사업과 사업의 효과사이의 시차(Lags)를 충분하고 유연하게 허용해 준다. 연구사업과 사업효과 사이의 시차는 이미 Griliches (1958)가 잡종옥수수 연구에서 이미 밝힌바 있고, 농업분야의 연구사업결과가 30년 이상 농업생산에 효과를 미치고 있다는 것이 밝혀져 있다(Schultz, 1991). 전통적 분석법의 경우 연구 및 지도사업변수(예 산이나 인력등)에 대해서 30개 이상의 시차변수(Lagged Variables)를 설정하여 주어야 하므로, 이에 따른 자료(Data)요구도가 높아지고 자유도(Degree of Freedom)를 심각하게 줄여 측정의 효율성(Efficiency)을 떨어지게 한다. 또한, 자유도를 절약하기 위해, 시차구조에 대한 제약을 주게 되지만, 시계열분석법은 비교적 적은 몇 개의 양성적 시차변수만을 가지고도 이동평균전환(Moving Average Representation)을 통하여 장기간의 연구 및 지도사업 효과를 측정할 수 있게 하여 주므로, 시차구조에 대한 어떠한 제약도 필요하지 않다. 따라서, 시계열분석법은 전통적인 분석법에 비하여 연구사업의 동적인 성격을 비교적 작은 규모의 자료만을 가지고도 규명하여 주도록 한다.

넷째, 시계열분석법에서 측정한 생산함수의 이동률을, AH법에 적용함으로써, 소비자 및 생산자 잉여를 모두 고려하는 실질적인 투자효과 분석이 가능하다는 것이다.

IV. 분석 및 결과

1. 농업총생산에 대한 연구투자 효과

1) VAR 측정

농업총생산에 대한 연구투자 효과를 측정하기 위해서, 먼저 관련변인으로 연구사업투자(R_t), 농업총생산량(Q_t), 농산물가격(P_t)을 설정하였다. R_t 에는 고등교육기관과 기업체에서 농업 연구에 지출된 농학연구비와 농촌진흥청에서 사용된 연구비용, 그리고 경특회계비용이 포함된다. 그러나 일관성있는 시계열자료를 획득하는 데 어려움이 있어, 농촌진흥청에서 행한 2000년 연구보고서 '농업의 생산기술 평가의 시스템 구축에 관한 연구'에서 조사된 1998년까지의 자료를 이용하였고 Q_t 의 경우에도 진흥청 보고서의 자료를 이용하였으며, P_t 는 농가판매가격지수(1995=100)를 사용하였다(자료; 농림통계연보 각년도)1). 진흥청 보고서를 토대로 생성된 R_t 와 GNP 디플레이터를 이용하여 1995년 불변가격으로 환산하였고, Q_t 는 농가판매가격지수(P_t)를 사용하여 1995년 불변가격으로 환산하여 사용하였다.

세 개의 변수 모두 자연대수를 취하여, 시계열분석시 분산을 안정화하였다(Kunst). 세 개의 내생변수 R_t , Q_t , P_t 를 체계로 하는 유도방정식(3.2)를 측정하기 위해서, 먼저 시차길이(Lag Length)를 설정하기 위하여, Sims의 우도비율(Likelihood Ratio) 검정이 사용되었다. 1%의 유의수준에서 하나의 시차길이에 대해서 시차길이 없는 가설이 기각되었고(검정치 180.69, 확률 .000), 2개의 시차길이에 대해서 1개의 시차길이가 기각되지 않았다(검정치, 7.23 확률, .613). 따라서 유도방정식의 시차길이는 1개로 결정되었다.

VAR 측정결과는 <표 1>에 나타나 있다. 연구투자(R_t)에 대해서는 연구투자의 과거치(R_{t-1})

1) 자료들은 부표 A 참고.

가, 생산(Q_t)에 대해서는 생산의 과거치(Q_{t-1})와 가격의 과거치(P_{t-1})가, 가격(P_t)에는 가격의 과거치(P_{t-1})의 매개변수들이 유의한 것으로 나타났으며, 변수간의 자기상관구조를 잘 나타내어주고 있다(R^2 가 모두 .9이상). 매개변수들의 유의성을 놓고 볼 때 변수들 간의 동적작용이 어느 정도 있음을 보여주고 있다. 하지만, 매개변수의 t 나 F 값은 매개변수가 각 변수의 주어진 과거치를 전체로 시간이 지남에 따라 전개되는 방식을 설명하는 정도를 나타내는 것으로, 그 자체로는 어떤 변수에 충격이 주어졌을 다른 변수가 반응하는 정도를 설명하지는 못한다. 왜냐하면, VAR식에서는 어떤 변수의 충격에 대한 특정변수의 반응은 직접적인 반응과 간접적인 반응으로 나타나지기 때문이다(Orden, 1986).

<표 1> VAR 측정결과(농업총생산)

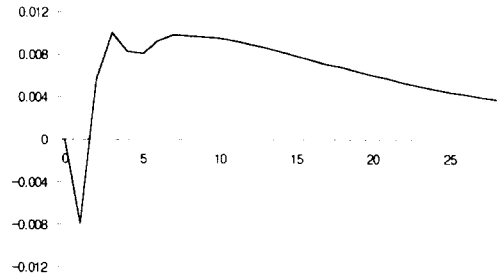
종속변수 \ 독립변수	R_t	Q_t	P_t
R_{t-1}	0.81** (6.11)	0.05 (1.11)	0.06 (1.3)
Q_{t-1}	0.14 (0.3)	0.43* (2.59)	-0.22 (-1.36)
P_{t-1}	0.07 (0.72)	0.09* (2.59)	0.96*** (27.12)
상수	-0.49 (-0.1)	6.23** (3.48)	2.48 (1.42)
R^2	0.933	0.931	0.996

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$.

2) 충격반응의 크기(Impulse Response Weight)

충격반응은 이동평균모형식 (3.3)의 매개변수 D_s 의 각 요소로 나타난다. 이들 매개변수들이 특정충격에 대한 변수들의 반응을 나타내는데, 본 연구에서의 충격반응치들은 <그림 2>에 나타난 것과 같다. 연구충격에 대한 생산의 반응은 약 3년 후부터 증가하기 시작하다 4~8년사이에서 최대의 반응을 보이고 그 이후로는 30년정도 계속해서 감소하는 추세에 있다. 이는

연구결과가 생산에 가시적인 영향을 미칠 때까지 약 3년의 시간차를 보이고 30여년간 지속적으로 영향을 준다는 것을 의미한다.



<그림 2> 연구충격에 대한 농업총생산의 충격반응

3) 농업연구투자의 사회적 수익

AH법에 의한 연구투자가 농업총생산에 미치는 효과를 계산하기 위해 수요탄력성계수 $\eta = .5$, 공급탄력성계수 $\nu = .2730$ (이정환·조덕래·조재환, 1990; 이정환·조덕래, 1984; 이정환·권태진·김은순, 1987)을 사용하였다. 연구사업 충격에 대한 농업생산의 반응이 충격후 3년부터 30년까지 미치는 것을 고려하여, 반응기간 동안의 매년도 충격반응을 충격이후 3년부터 30년간의 매년도 생산함수의 이동률 k 로 보아, AH법에 의해 사회적잉여를 구하였다. 연구사업의 충격이후 30년간의 생산반응기간 동안 또다른 충격이 없는 경우의 내부투자수익률을 계산하기 위해서 총생산액과 연구투자비를 95년 불변가격으로 환산하여 이의 평균치를 구하였다(각년도마다의 사업예산의 차이가 있으므로 평균예산을 사용하지 않는 경우 첫 번째 충격의 효과와 계속해서 발생하는 후발 충격과의 차이를 분리해 낼 수 없음). 후발충격이 없는 경우 30년간의 평균예산이 투자되는 것과 같으므로, 이들 투자액을 충격시점에서 할인한 전체비용합계와 연구충격이 영향을 주는 충격후 3년부터 30년까지의 기간동안의 사회적 잉여를 할인한 전체수익과의 차이가 없게 하는 할인율(내부투자수익률)을 찾으면 약 49.18%가 된다.

2. 축산생산에 대한 축산연구투자의 효과

1) VAR 측정

축산생산에 대한 축산연구투자 효과를 측정하기 위해서 관련변인으로 축산연구사업투자(RL_t), 축산생산량(QL_t), 축산가격(PL_t)을 설정하였다. RL_t에는 고등교육기관과 기업체에서 농업연구에 지출된 농학연구비와 농촌진흥청에서 사용된 연구비용, 그리고 경특회계비용이 포함된다. 그러나 작목별 연구투자비에 대한 시계열 통계치는 산출되지 않으므로, RL_t는 진흥청 연구관리국에서 추정한 자료를 대리자료(proxy)로 이용하였다. QL_t는 농림수산통계연보의 자료를 이용하였고, PL_t는 농가판매가격지수중 축산물부문지수(1995=100)를 사용하였다(자료; 농림수산통계연보 각년도)²⁾. RL_t는 GNP 디플레이터 사용하여 1995년 불변량으로 환산하여 사용하였고, QL_t는 축산물 부문 농가판매가격지수(PL_t)를 사용하여 1995년 불변가격으로 환산하여 사용하였다.

세 개의 변수 모두 자연대수를 취하여, 시계열 분석시 분산을 안정화하였다(Kunst). 세 개의 내생변수 RL_t, QL_t, PL_t를 체계로 하는 유도방정식(3.2)를 측정하기 위해서, 먼저 시차길이(Lag Length)를 설정하기 위하여, Sims의 우도비율(Likelihood Ratio) 검정이 사용되었다. 1%의 유의수준에서 하나의 시차길이에 대해서 시차길이 없는 가설이 기각되었고(검정치 150.11, 확률 .000), 2개의 시차길이에 대해서 1개의 시차길이가 기각되지 않았다(검정치, 11.48 확률, .243). 따라서 유도방정식의 시차길이는 1개로 결정되었다.

VAR 측정결과는 <표 2>에 나타나 있다. 축산 부문연구투자(RL_t)에 대해서는 축산연구투자의 과거치(RL_{t-1})가, 축산생산(QL_t)에 대해서는 축산가격의 과거치(PL_{t-1})가, 축산가격(PL_t)에는 축산생산의 과거치(QL_{t-1}) 가격의 과거치(PL_{t-1})의 매개변수들이 유의한 것으로 나타났으며, 변수

간의 자기상관구조를 잘 나타내어주고 있다(R²가 모두 .9이상).

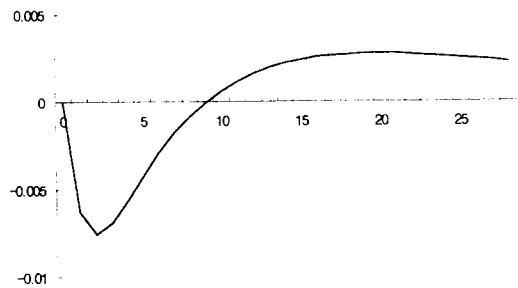
<표 2> VAR 측정결과(축산)

독립변수 \ 종속변수	RL _t	QL _t	PL _t
RL _{t-1}	0.87** (9.84)	-0.03 (-0.58)	-0.01 (-0.17)
QL _{t-1}	-0.16 (-0.6)	0.18 (1.08)	-0.4* (-2.22)
PL _{t-1}	0.16 (0.98)	0.46** (4.35)	1.18** (10.38)
상수	3.67 (0.87)	13.02** (4.93)	6.62* (2.32)
R ²	0.949	0.965	0.986

* p < 0.05 ** p < 0.01.

2) 충격반응의 크기(Impulse Response Weight)

축산연구투자의 충격에 대한 생산의 반응은 <그림 3>에 나타나 있다. 축산연구투자에 대한 생산의 반응은 약 10년 후부터 증가하기 시작하다 약 20년경에 최대의 반응을 보이고 그 이후로는 계속해서 감소하는 추세에 있다. 이는 연구결과가 생산에 가시적인 영향을 미칠 때까지 약 11년의 시간차를 보이고 30여년간 지속적으로 영향을 준다는 것을 의미한다.



<그림 3> 축산연구충격에 대한 축산생산의 충격반응

2) 자료들은 부표 B 참고.

3) 축산연구투자의 사회적 수익

AH법에 의한 축산연구투자가 축산생산에 미치는 효과를 계산하기 위해 수요탄력성계수 $\eta = .544$, 공급탄력성계수 $\nu = .689$ (성진근, 1989; 허신행, 1982)을 사용하였다.

축산연구충격에 대한 축산생산의 반응이 충격후 11년부터 30년까지 미치는 것을 고려하여, 반응기간 동안의 매년도 충격반응을 충격이후 11년부터 30년간의 매년도 생산함수의 이동률 k 로 보아, AH법에 의해 사회적 잉여를 구하였다. 축산연구사업의 충격이후 30년간의 축산생산반응기간 동안 또다른 충격이 없는 경우의 내부투자수익률을 계산하기 위해서 축산생산액과 축산연구투자비를 95년 불변가격으로 환산하여 이의 평균치를 구하였다. 이후 축산연구투자비와 축산연구투자 충격이 축산생산에 영향을 주는 충격 후 11년부터 30년까지의 기간동안의 사회적 잉여를 할인한 전체수익과의 차이가 없게 하는 할인율(내부투자수익률)을 찾으면 약21.01%가 된다.

3. 원예생산에 대한 원예연구투자의 효과

1) VAR 측정

원예생산에 대한 원예연구투자 효과를 측정하기 위해서 관련변인으로 원예연구투자(RH_t), 원예생산액(QH_t), 원예가격(PH_t)을 설정하였다. RH_t 는 농촌진흥청에서 원예부문 연구사업을 수행하기 위하여 투자한 예산으로 2000년도에 농촌진흥청 연구관리국이 추정한 내부자료인 감자를 제외한 1965부터 1998년까지의 원예예산자료를 사용하였다. QH_t 는 원예부문 생산액인 채소·과일·화훼생산액의 자료를 이용하였고, PH_t 는 원예부문 농가판매가격지수(1995=100)를 사용하였다(자료; 농림통계연보 각년도). RH_t 는 GNP 디플레이터를 이용하여 1995년 불변가격으로 환산하였으며, QH_t 는 농가판매가격지수(PH_t) 사용하여 1995년 불변가

격으로 환산하여 사용하였다.

VAR 모형을 측정하기 전에 변수들에 대한 사전분석결과 원예연구투자(RH_t)에서 1992년에 극단적인 변화(전년대비 181% 증가)가 일어났다. 이는 원예부문에 대한 연구투자가 1990년대에 들어와 강화되는 구조적 변화를 겪었음을 보여준다. 따라서 이런 구조적 변화에 대한 사항을 반영하기 위해서 1992년 시점을 기준으로 D92 (92년)의 모의변수(dummy variable)를 도입하였다. RH_t , QH_t , PH_t 등 세 개의 변수 모두 자연대수를 취하여, 시계열분석시 분산을 안정화하였다.

세 개의 내생변수 RH_t , QH_t , PH_t 를 체계로 하는 유도방정식 (3.2)를 측정하기 위해서, 먼저 시차길이(Lag Length)를 설정하기 위하여, Sims의 우도비율(Likelihood Ratio) 검정이 사용되었다. 5%의 유의수준에서 하나의 시차길이에 대해서 시차길이가 없는 가설이 기각되었고(검정치 322.98, 확률 .000), 2개의 시차길이에 대해서 1개의 시차길이가 기각되었으며(검정치 22.99, 확률 .006), 3개의 시차길이에 대해서 2개의 시차길이가 기각되었으며(검정치, 18.81 확률 .026), 4개의 시차길이에 대해서는 3개의 시차길이가 기각되지 않았다(검정치9.93, 확률 .355). 따라서 유도방정식의 시차길이는 3개로 결정되었다.

VAR 측정결과는 <표 3>에 나타나 있다. 원예연구투자(RH_t)에 대해서는 QH_{t-2} 와 PH_{t-3} 가, 원예생산(QH_t)에 대해서는 QH_{t-1} , RH_{t-1} , PH_{t-1} 가 원예가격(PH_t)에 대해서는 RH_{t-1} , PH_{t-1} , PH_{t-2} , PH_{t-3} 의 매개변수들이 유의한 것으로 나타났으며, 변수간의 자기상관구조를 잘 나타내어 주고 있다 (R^2 가 모두 .9 이상).

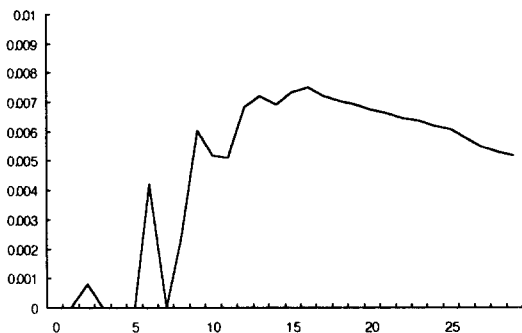
2) 충격반응의 크기(Impulse Response Weight)

원예연구투자의 충격에 대한 원예생산의 반응은 <그림 4>에 나타나 있다. 원예연구사업 투자충격에 대한 원예생산의 반응은 약 7년 후부터 증가하기 시작하여 17년 후에 최대반응을

〈표 3〉 VAR 측정결과(원예)

종속변수 독립변수	RH _t	QH _t	PH _t
상수	가) -4.42** (-4.15)	0.14 (0.19)	1.34 (1.19)
RH _{t-1}	0.18 (1.28)	-0.26* (-2.65)	0.38* (2.54)
RH _{t-2}	0.04 (0.23)	0.19 (1.48)	-0.19 (-0.99)
RH _{t-3}	0.13 (0.92)	-0.03 (-0.31)	-0.08 (-0.53)
QH _{t-1}	-0.19 (-0.60)	0.94** (4.32)	0.62 (1.92)
QH _{t-2}	1.12** (3.03)	-0.14 (-0.54)	-0.49 (-1.27)
QH _{t-3}	-0.22 (-0.98)	0.12 (0.79)	-0.31 (-1.32)
PH _{t-2}	0.51 (1.62)	-0.51 (-2.29)	-0.73* (-2.22)
PH _{t-1}	-0.04 (-0.22)	0.44** (3.42)	1.16** (5.93)
PH _{t-3}	나) -0.71** (-3.05)	0.14 (0.84)	0.56* (2.31)
D92	0.98** (6.29)	0.17 (1.53)	-0.13 (-0.82)
R ²	.983	.984	.987

* p < 0.05 ** p < 0.01.



〈그림 4〉 원예연구사업 투자충격에 대한 원예생산의 충격 반응

보이고 그 뒤로는 감소하는 추세이다. 이는 원예부문 연구결과가 생산에 가시적인 영향을 미

칠 때까지 약 7년의 시간차를 보이고, 원예부문 연구투자가 원예 생산에 대해 약 30여년 이상 지속적으로 영향을 준다는 것을 의미한다.

3) 원예연구투자의 사회적 수익

AH법에 의한 사업 투자효과를 계산하기 위해서 수요탄력성계수 $\eta = .52$, 공급탄력성계수 $\nu = .32$ (최양부 외, 1993; 오치주·이철현, 1994; 허신행·김병률, 1989; 오치주 외, 1993; 이정환·조덕래, 1984; 조덕래·조재환, 1992; 이정환·조덕래·조재환, 1989)를 사용하였다.

원예연구사업 충격에 대한 원예생산의 반응이 충격 후 7년부터 30년까지 미치는 것을 고려하여, 반응기간 동안의 매 년도 충격반응을 충격 이후 7년부터 30년까지의 매 년도 생산함수의 이동률 k 로 보아, 현재가치로 할인한 소비자 잉여와 생산자 잉여를 구하였고, 소비자 잉여와 생산자 잉여의 합계인 사회적 잉여를 구하여, 원예부문 연구사업의 투자충격 이후 30년간의 생산반응 기간 동안 또 다른 충격이 없는 경우의 내부투자수익률을 구하였다. 후발 충격이 없는 경우 30년간의 평균예산이 투자되는 것과 같으므로, 이들 투자액을 충격시점에서 할인한 전체 비용 합계와 연구충격이 영향을 주는 충격 후 7년부터 30년까지의 기간 동안의 사회적 잉여를 할인한 전체 수익과의 차이가 없게 하는 할인율 즉 내부투자수익률을 찾으면 약 56.04%가 된다.

4. 선행연구와의 비교

1) 농업연구투자의 시차효과

연구투자에 대한 시차효과에 관한 본 연구 결과를 보면 연구투자가 생산에 영향을 미치기 시작하는 시기는 총 농업연구투자는 3년 후부터, 축산연구투자는 10년후부터, 원예연구투자는 7년후부터 영향을 미치기 시작해 30여년간 지속적으로 생산에 영향을 미치는

것으로 나타났다. 위의 결과는 농업총생산에 대한 연구투자의 시차효과와 축산생산에 대한 축산연구투자의 시차효과가 Schultz(1991)의 논문에서 밝혀진 연구효과의 30년 지속설과 일치함을 보여주고 있으며, 총농업연구투자, 축산연구투자, 원예연구투자 모두 비슷한 평균수명을 가지고 있지만 총농업연구투자에 비해 원예연구투자는 4년, 축산연구투자는 7년정도 늦게 생산에 영향을 미치고 있음을 보여준다.

〈표 4〉에 나타난 연구사업 투자와 효과간의 시차에 대한 선행연구들과 비교해 보면 선행연구들에 비해 약 10~20년정도의 차이를 나타내고 있으며, 최대반응기간을 기준으로 보면 총농업연구투자는 5년, 축산연구투자는 20년, 원예연구는 17년으로 나타나 기존의 연구결과인 5~14년에 비해 총농업연구투자외에는 다소 높은 것으로 나타났다. 이를 볼 때 대부분 선행연구의 경우 자유도의 제약때문에 시차기간을 최대반응기간으로 축소편도하는 경향이 있음을 알 수 있으며, 이동평균매개변수를 사용한 본 연구와 최민호·최영찬(1995)의 결과에서 보면 10~20년 더 잔차효과가 계속된다는 것을 알 수 있다.

2) 농업연구투자의 사회적 수익

연구투자에 대한 내부투자수익률에 대한 본 연구결과와 선행연구들의 내부투자수익률과 비교해볼 때, 총농업연구투자와 원예연구투자는 각각 49.18%, 56.04%로 미국, 캐나다 등의 30~40%에 비해 약간 더 효율적이라는 것을 알 수 있고, 개도국들에 비해서는 조금 떨어진다는 것을 알 수 있다. 국내의 다른 선행연구들과 비교하면 〈표 5, 6〉 김은순의 연구가 너무 높게 책정된 것을 알 수 있고, 다른 연구들도 약간 높게 계산된 것을 알 수 있으며, 최민호·최영찬(1994)의 연구는 본 연구와 비슷한 결과를 보여주고 있다. 본 연구의 축산연구투자의 내부투자수익률은 약 21.01%로 대부분의 선행연구들에 비해 낮게 측정되었지만, 축산분야 연구투자 효과에 대한 유일한 선행연구〈표 5, 6〉인 Peterson(1967)의 연구결과(내부투자수익률 21%)와 비교하면 거의 동일한 결과임을 알 수 있다.

전체적으로 우리나라의 연구사업의 투자효율은 국제적인 수준에 손색이 없다는 것을 알 수 있다.

〈표 4〉 농업연구 및 지도사업 투자효과의 시차기간 비교

연구자	년도	국가	분석대상	시차분포추정방법	시차선택기준	시차기간(年)
Evenson	1976	미국	농업총생산	Jogenson Rational lag Invert V method	R ²	11-13
Lu et al	1979	미국	농업총생산	Almon's distributed lag	SE, R ²	13
White & Halvicek	1982	미국	농업총생산	Almon's distributed lag	SE, R ²	14
Park Jung Keun	1986	한국	미 곡	Stock	시차가정	5-8
김은순	1986	한국	농업총생산	Stock	시차가정	7
서동균	1987	한국	미 곡	Almon's distibuted lag	SE	9
서동균	1992	한국	농업총생산	Almon's distibuted lag	SE	8
최민호·최영찬	1995	한국	농업총생산	이동평균매개변수	측정의 크기	20
본연구	2002	한국	농업총생산	이동평균매개변수	측정의 크기	30
			축산생산			30
			원예생산			30

<표 5> 생산함수법에 의한 연구 및 지도사업의 내부투자수익률

연구자(발표연도)	국 가	분석대상	분석기간	내부수익율
Tang, 1975.	일 본	농업총생산	1880-1938	35
Griliches, 1964.	미 국	농업총생산	1949-1959	35-40
Peterson, 1967.	미 국	가 금	1915-1960	21
Evenson, 1976.	미 국	농업총생산	1949-1959	47
Bredahl & peterson, 1976.	미 국	작물 및 축산물	1969	36-46
Lu et al., 1979.	미 국	농업총생산	1938-1948	30.5
			1949-1959	27.5
			1959-1969	25.5
			1969-1972	23.5
Kahlon et al., 1977.	인 도	농업총생산	1960-1961	63
Evenson & Flores, 1978.	적 도	미 곡	1966-1975	46-71
Evenson & Flores, 1978.	필 리 핀	미 곡	1966-1975	75
Hayami, 1982.	미 국	작물 및 축산물	1969-1974	27-132
Norton, 1981.	파키스탄	밀, 옥수수	1959-1979	56.2-85.6
Nagy, 1984.	한 국	미 곡	1970-1984	57.5-79.5
Park Jung Keun, 1986.	한 국	농업총생산	1970-1984	317
김 은 순, 1986.	한 국	농업총생산	1982-1984	276
서 동 균, 1987.		미 곡	1963-1985	60-82
서 동 균, 1992.	한 국	농업총생산	1962-1989	64.62
홍 기 용, 1975.	한 국	작목생산	1967-1971	185

<표 6> 지수법에 의한 연구 및 지도사업의 내부투자수익률

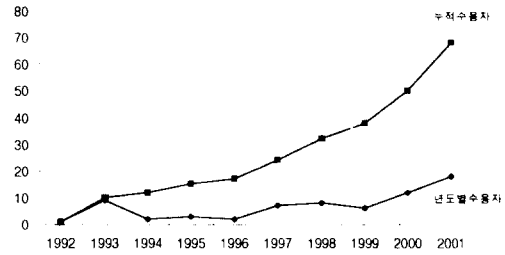
연 구 자	연 도	국 가	품 목	기 간	내부수익률
Griliches	1958	미 국	교잡종옥수수	1940-1955	35-40
Peterson	1967	미 국	가 금	1915-1960	21-25
Barletta	1970	멕시코	옥수수	1943-1963	90
Ayer & Schuh	1972	브라질	면 화	1924-1967	77
Akino & Hayami	1975	일 본	미 곡	1930-1961	73-75
Zentner & Peterson	1984	캐나다	소 맥	1956-1979	34-39
				30-34	
서동균	1987	한 국	미 곡	1963-1985	57
서동균	1991	한 국	미 곡	1971-1989	80-82
최민호 · 최영찬	1995	한 국	농업총생산	1962-1992	'45
본연구	2002	한 국	농업총생산	1966-1998	49
			축산생산	1966-2000	21
			원예생산	1965-1998	56

5. 양돈생산경영관리프로그램(PIGPLAN)의 수용효과

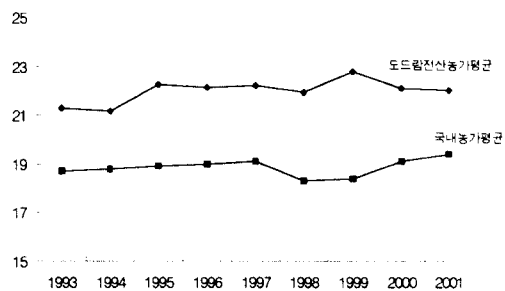
양돈생산경영관리프로그램(PIGPLAN)의 수용효과를 측정하기 위해서, 첫째 PIGPLAN을 사용하는 도드람전산농가의 생산성과 국내농가의 평균생산성의 차이를 분석하였고, 둘째 수용년수에 따른 효과를 측정하기 위해서 도입 후의 생산성변화추이를 분석하였다. 먼저 생산성지표로는 양돈생산에서 가장 중요한 지표인 연간모돈당유자돈지수(PSY)를 선정하였다. 연도별 PSY 자료는 PIGPLAN에 저장되어 있는 데이터베이스를 이용하였으며, 도드람양돈조합으로부터 개인신상에 관한 정보가 수정된 데이터를 받아 분석에 이용하였다. 현재 도드람협동조합 회원농가 380중 양돈생산경영관리프로그램을 사용하는 농가는 95농가 정도이며, 이중 1년이상 지속적으로 사용하고 있는 70농가이다. 이 70농가중 데이터가 거의 없는 2농가를 제외한 68농가가 분석에 이용되었으며, 68농가의 전체 모돈수는 16,801두였으며, 농가당 모돈수는 247두로 나타났다³⁾.

먼저 연도별 수용자 수와 누적수용자를 살펴보면 <그림 5>와 같다. 연도별 수용자 수는 도입초인 1993년에 많은 수용자가 있었으며 이후 정체현상을 보이다가 1997년부터 증가하는 추세를 나타내고 있다. 이는 초기에 양돈농가들의 요구에 의해 양돈생산경영관리프로그램이 개발되어 사용되었으나 도스용 프로그램의 한계로 정체현상을 겪다가 윈도우인 PIGPLAN의 개발로 인해 좀 더 편리하고 효율적인 관리가 가능하게 되면서 사용자가 증가한 것으로 사료된다.

도드람전산농가와 국내농가의 생산성차이를 분석하기 위해 도드람전산농가의 연도별 PSY 추이와 국내농가의 평균 PSY 추이를 <그림 6>에 나타내었다. 도드람 전산농가의 경우 1994년에 가장 낮은 값을 나타내고 1999년도에 가장 높은 값을 나타내었으나 연도별 추세변동은 크지



<그림 5> 연도별 수용자수의 변화



<그림 6> 연도별 PSY 추이

않았으며 PSY는 22 전후로 나타났다. 국내농가 전체의 경우에는 1998~1999년의 PSY가 낮았으며 1997년, 2000년이 상대적으로 높은 값을 나타내었으나 19를 전후로 연도별 큰 추세변동이 없는 것으로 나타났으며, 이를 볼 때 국내농가 전체에 비해 도드람 전산농가의 PSY가 약 3 정도 높은 것으로 나타났다⁴⁾.

사용년수에 따른 생산성증가를 파악하기 위해서 사용년차별 PSY 증가치를 구하고 이 증가치가 통계적으로 유의한지 판단하기 위해서 대응표본 t검정을 실시하였다. 이를 위해 우선 각 농가별 양돈생산경영관리프로그램 사용전의 PSY(Y_0), 사용 1년후 PSY(Y_1), 2년후 PSY(Y_2) 등이 조사되었다. 우선 Y_0 에 대한 데이터는 존재하지 않으므로 프로그램 사용 후 초기 3개월의 평균치를 사용하였으며, 첫 해의 PSY 평균치를 Y_1 로 설정하였다. 그러나 첫 해의 데이터가 7월부터 존재할 경우에는 첫 해의 PSY 평균치를 Y_0 로 설정하고 다음 해의 PSY 평균치를

3) 농가의 연도별 모돈두수의 평균값을 농가 모돈수로 사용하였다.

4) 자세한 수치는 부표 D 참고

Y_1 로 설정하였다. 이 후 1년차 효과(Y_1-Y_0), 2년차 효과(Y_2-Y_1) 등을 구하고 년차별 효과에 대해 대응표본 t검정을 실시한 결과는 <표 7>에 나타나 있다. 이를 보면 1년차 효과(Y_1-Y_0)는 0.226으로 대응표본 검정결과 유의차가 없는 것으로 나타났으며, 2년차 효과(Y_2-Y_1)와 3년차 효과(Y_3-Y_2)는 각각 0.403, 0.456으로 10% 수준에서 통계적으로 유의차가 있는 것으로 나타났다. 4년차 효과(Y_4-Y_3)와 5년차 효과(Y_5-Y_4)는 각각 0.163, 0.181로 나타나 효과차이가 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 양돈생산경영관리프로그램 사용의 영향은 사용 2년후부터 일어나기 시작하여 그 후 2년간 생산성증가에 영향을 미친다는 것을 보여준다. 이를 토대로 프로그램 사용에 의한 생산성 증가치인 3년차까지의 누적효과 1.1을 사용하여 농가의 수익성을 계산해보면 농가당 수익증가액은 6,209,432원(농가당 모돈수 247두 × 비육돈 두당 출하수익 22,854원) × 생산성증가 1.1), 전체 68농가의 수익증가액은 422,241,362원이 되는 것으로 나타났다.

<표 7> 프로그램 사용에 의한 년차별 효과

	평균	자유도	표준편차	t
Y_1-Y_0	0.226	67	1.67	1.12
Y_2-Y_1	0.403	63	1.91	1.69*
Y_3-Y_2	0.456	49	1.69	1.91*
Y_4-Y_3	0.163	37	1.57	0.64
Y_5-Y_4	0.181	31	1.98	0.52
Y_6-Y_5	0.646	23	1.37	0.23**
Y_7-Y_6	0.494	16	1.36	0.149
Y_8-Y_7	-0.213	14	1.66	-0.49
Y_9-Y_8	-0.058	11	1.01	-0.20
$Y_{10}-Y_9$	-0.380	9	2.06	-0.58

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$.

IV. 결 론

본 연구는 농업총연구사업과 부문별연구사업(원예, 축산)의 사회경제적 투자효과분석을 측정하기 위해, 시계열분석법을 통해 계측된 생산합수의 이동을 AH(Akino-Hyami)법에 적용하였으며, 개별 연구과제의 성과를 분석하기 위하여 양돈생산경영관리프로그램(PIGPLAN) 사용농가의 사례를 조사·분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 총농업연구투자자와 원예연구투자자의 내부투자수익률은 각각 49.18%와 56.04%로 계측되어 국제적인 수준(30~40%)보다 높은 투자효율을 보이고 있다. 그러나 축산연구투자의 내부투자수익률은 약 21.01%로 선행연구들에 비해 낮게 측정되었지만 축산부문의 연구투자 효과에 관한 선행연구인 Peterson(1967)의 연구결과(내부투자수익률 21%)와 비슷한 결과를 나타내었다. 전체적으로 우리나라의 연구사업의 투자효율은 국제적인 수준에 손색이 없는 것으로 나타났다.

둘째, 연구투자가 생산에 영향을 미치는 시차 효과는 총농업연구투자는 3년후부터, 원예연구투자는 7년후부터, 축산연구투자는 10년후부터 30여년간 지속적으로 생산에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

셋째, 도드람양돈조합의 PIGPLAN 사용농가의 연간모돈당이유자돈지수(PSY)는 국내농가의 평균치에 비해 3정도 높았으며, 프로그램 사용의 영향은 2년차부터 일어나기 시작하여 그 후 2년간 생산성 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 프로그램 사용에 의한 생산성 증가치인 3년차까지의 누적효과 1.1을 사용하여 농가의 수익성을 계산한 결과 농가당 수익증가액은 6,209,432원인 것으로 나타났다(농가당 평균모돈수 247두).

V. 참 고 문 헌

1. 권원달, 1994. 4. 18, 동아일보.
2. 김동희 외 2인, 1991, 농촌지도사업의 활성화

5) 농림부·국립농산물품질관리원, 축산물생산비, 2001.

- 화 방안연구, 수원: 농촌진흥청.
3. 김은순, 1986.9, "이윤함수 접근법에 의한 농업연구 보급사업의 효과분석," 농촌경제, 9(3):
 4. 농림부·국립농산물품질관리원, 각년도, 축산물생산비.
 5. 농림수산부, 각년도, 농림수산물통계연보.
 6. 농촌진흥청, 각년도, 농촌지도사업보고서.
 7. 성진근, 1989, "국내농업이 수입개방 때문에 받게될 피해액 추정(이론모형과 실증적 계측)," 농업경제연구, 30: 33-49.
 8. 박기혁, 1977, 녹색혁명의 사회경제적 효과 분석, 수원: 농촌진흥청.
 9. 박정근, 2000, 농업생산기술 평가의 시스템 구축에 관한 연구, 수원: 농촌진흥청.
 10. 서동균, 1987, 미국생산에 대한 연구 지도사업효과에의 시사분석, 전북대학교 대학원 석사학위논문.
 11. 서동균, 1992, 농업연구 및 지도사업의 투자에 관한 효과분석, 전북대학교 대학원 박사학위논문.
 12. 양승춘, 1994, 1962년 이후 한국농촌지도사업의 특성 변화과정에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
 13. 이정환 외 2인, 1987, 농업부문의 투융자 동향과 효과, 한국농촌경제연구원 연구보고 141.
 14. 이정환·조덕래, 1984, 한국의 농수산물 수요분석: 모형개발과 정책 실험, 한국농촌경제연구원 연구보고 92.
 15. 허신행, 1982, 농산물 가격정책, 한국농촌경제연구원 연구총서 10.
 16. 홍기용, 1975, "교육과 농촌지도사업의 투자 효과 분석," 한국농업교육학회지, 7(1) :
 17. Akino, M. & Yujiro Hayami, 1975, "Efficiency and Equity in Public Research: Rice Breeding in Japan's Economic Development," American Journal of Agricultural Economics, 57:1-10.
 18. Barletta, A. L., 1970, "Costs and Social Benefits of Agricultural Research in Mexico," Ph.D. Dissertation at University of Chicago.
 19. Bernanke, B. S., 1986, "Alternative Explanations of the Money-Income Correlation," Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 25:49-100.
 20. Bonnen, J. T., 1983, "Historical Sources of U.S. Agricultural Productivity: Implications for R & D Policy and Social Science," American Journal of Agricultural Economics, 65: 958-966.
 21. Bredahl, M. & W. Peterson, 1976, "The Productivity and Allocation of Research: U.S. Agricultural Experiment Stations," American Journal of Agricultural Economics, 58:684-692.
 22. Chidley, J et al., 1978, "The Cusp Catastrophe As a Marketing Planning Aid," Behavioral Science, 23:351-354.
 23. Cyert, R. M. & D. C. Mowery(Eds.), 1987, Technology and Employment: Innovation and Growth in the U.S. Economy, National Academy Press.
 24. Dosi, G., 1988, "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation," in Freeman, C(ed.), The Economics of Innovation, Edward Elgar:107-158.
 25. Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and R. Soete(Eds.), 1988, Technical Change and Economic Theory, Pinter.
 26. Evenson, R. E., 1976, "The Contribution of Agricultural Research and Extension to Agriculture," in W. A. Introduction to Statistical Time Series, New York: Wiley.
 27. Evenson, R. E., Waggoner, P. E. and V. W. Ruttan, 1979, "Economic Benefits from Research: An Example from Agriculture," Science, 205:1101-1107.
 28. Evenson, R. E. & P. Flores. P, 1978, "Economic Consequences of New Rice Technology in Asia," IIRI.
 29. Freeman, C., 1982, The Economics of Industrial Innovation, The MIT Press.

30. Freeman, C(ed.), 1990, *The Economics of Innovation*, Edward Elgar.
31. Freeman, C. & C. Perez, C, 1988, "Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour," in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. and R. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter:38-66.
32. Freeman, C. & L. Soete, 1987, "Factor Substitution and Technical Change," in Freeman, C. and L. Soete(Eds.), *Technical Change and Full Employment*, Basil Blackwell:36-48.
33. Griliches, Z., 1958, "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations." *Journal of Political Economy*, 66:419-431.
34. Hayami, Yujiro., 1982, *A Century of Agricultural Growth in Japan*, University of Tokyo Press.
35. Hayami, Yujiro, & V. W. Ruttan, 1985, *Agricultural Development*, Baltimore and London: The John's Hopkins University Press.
36. Judge, G. W et al., 1985, *The Theory and Practice of Econometrics*, (2th ed.), New York: Wiley.
37. Kahlon, A. S et al., 1977, "Returns to Investment in Research in India," *Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research*, University of Minnesota Press.
38. Lu. Y., P. Cline & L. Quance, 1979, "Prospects for Productivity Growth in U.S. Agricultural," Washington, D.C. Report No.435,
39. Lucas, R. E. & Sangent, T. J., 1980, "After Keynesian Macroeconomics," *FRB of Minneapolis Quarterly Review*, 3:1-16.
40. Mansfield, E., 1968, *Industrial Research of Technological Change*, W.W. Norton & Company.
41. Nelson, R. R. & S. G. Winter, 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press.
42. Norton, G. W., 1981, "The Productivity and Allocation of Research: U.S. Agricultural Experiment Stations, Revisited." *North Central Journal of Agricultural Economics*, 3:1-12.
43. Norton, G. W. & S. D. Jeffrey, 1980, "Review of Methods Used to Evaluate Returns to Agricultural Research," *Evaluation of Agricultural Research*, Minnesota Agricultural Experiment Station, University of Minnesota.
44. Oehmke, J. F., 1986, "Persistent Under Investment in Public Agricultural Research," *Agricultural Economics*, 1:53-65.
45. Oehmke, J. F. & Choe, Y. C, 1991, "Dynamic Analysis of Returns to Research," Application to Paper Presented at the Symposium on the Impact of Technology on Structural Transformation in Sub-Saharan Africa.
46. Oehmke, J. F. & X. Yao, 1990, "A Policy Preference Function for Government Intervention in the U.S. Wheat Market," *American Journal of Agricultural Economics*, 72:632-640.
47. Orden, D., 1986, "Agriculture, Trade, and Macroeconomics: the U.S. Case," *Journal of Policy Modeling*, 8:27-51.
48. Orden, D. & P. F. Fackler, 1988, "Identifying Monetary and Other Macroeconomic Impacts on Agricultural Prices in VAR Models," *Staff Paper 88-36*. Dept. of Agr. Econ. Virginia Polytechnique Institute and State University.
49. Patel, P. & K. Pavitt, 1995, "Patterns of Technological Activity: Their Measurement and Interpretation," in Stoneman, P(ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell:14-51.
50. Peterson, W. L., 1967, "Return to Poultry Research in the United States," *Journal of Farm Economics*, 49:656-669.
51. Rosenberg, N., 1994, "Exploring the Black

Box: Technology, Economics, and History," Cambridge University Press.

52. Robertson, T. S., 1971, "Innovative Behaviour and Communication," New York:Holt, Reinhart and Winston.
53. Scholz, L., 1990, "From the Innovation Survey to the Innovation-Flow Matrix: A New Approach for Measuring Technical Progress and the Impact on Growth and Employment," in Matzner, E. and Wagner, M(eds.), The Employment Impact of New Technology - The Case of West Germany, Avebury:203-214.
54. Schultz, T. W., 1953, The Economic Organization of Agriculture, New York: Mcgrow-Hill Book Company.
55. Schultz, T. W., 1991, "Forward" Science for Agriculture, edited by W. E. Huffman and R.E. Evenson, Dept. of Econ., Iowa State Univ.
56. Sims, C. A., 1980, "Macroeconomics and Reality," *Econometrica*, 48:1-48.
57. Sims, C. A., 1986, "Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?," *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, Winter:1-16.
58. Tang, A., 1975, "Research and Education in Japanese Agricultural Development," *Economic Studies Quarterly*, 13
59. Utterback, J. M., 1987, "Innovation and Industrial Evolution in Manufacturing Industries," in Guile, B.R. and Brooks, H(Eds.), *Technology and Global Industry*, National Academy Press:16-48.
60. Utterback, J. M. & F. F. Suarez, "Innovation, Competition, and Industry Structure," *Research Policy*, 22(1):1-21.
61. Zetner, R. P. & W. L. Peterson, 1984, "An Economic Evaluation of Public Wheat Research and Extension Expenditure in Canada," *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 32:327-353.

(2003년 2월 13일 접수, 심사후 수정보완)

[부표 A] 총농업연구비, 총농업생산액, 농가판매가격지수

(단위:백만원, 1995=100)

년 도	총농업연구비*	총농업생산액*	농가판매가격지수**
1966	2,016	376,126	3.1
1967	2,035	399,639	3.4
1968	2,725	444,388	4.0
1969	5,655	630,727	4.6
1970	5,576	740,994	5.8
1971	6,569	885,756	6.8
1972	6,540	1,063,170	8.2
1973	7,198	1,236,559	9.1
1974	17,328	1,632,543	12.0
1975	19,315	2,167,718	15.1
1976	21,332	3,251,240	18.5
1977	24,589	3,909,575	21.4
1978	32,977	5,297,565	28.7
1979	46,185	6,305,603	32.0
1980	50,670	5,902,188	39.3
1981	48,996	8,582,854	49.9
1982	69,080	9,274,682	52.6
1983	66,424	10,278,927	53.2
1984	77,519	10,964,797	53.7
1985	82,614	12,064,758	54.6
1986	101,604	12,336,439	53.3
1987	112,754	12,516,453	56.1
1988	127,296	14,461,857	62.9
1989	144,521	14,923,536	65.7
1990	151,279	15,941,793	73.7
1991	184,596	17,457,830	81.2
1992	227,103	18,878,223	84.5
1993	381,105	19,047,539	84.7
1994	398,979	21,609,312	91.7
1995	497,364	25,123,921	100.0
1996	528,558	27,286,900	105.2
1997	577,617	27,715,439	102.2
1998	583,432	27,980,656	101.9

* 박정근, 2000, 농업생산기술평가의 시스템구축에 관한 연구, 수원: 농촌진흥청.

** 농림부, 각년도, 농림통계연보.

[부표 B] 축산연구비, 축산생산액, 농가판매가격지수(축산)

(단위:백만원, 1995=100)

년 도	축산연구비*	축산생산액**	농가판매가격지수** (축산)
1966	47	47,228	2.9
1967	76	66,160	3.6
1968	85	73,391	4.7
1969	195	95,026	4.6
1970	170	117,719	5.5
1971	161	120,407	6.7
1972	182	149,986	7.8
1973	187	210,632	9.2
1974	213	301,917	10.4
1975	493	302,848	12.6
1976	610	519,076	18.3
1977	630	620,093	22.9
1978	757	1,189,333	32.2
1979	967	1,150,159	29.8
1980	1,248	1,227,261	34.9
1981	1,557	1,975,465	53.4
1982	1,960	2,515,429	65.0
1983	2,302	3,291,995	72.3
1984	2,183	3,166,187	61.1
1985	2,645	3,121,616	50.9
1986	2,961	3,103,067	46.5
1987	3,316	3,056,604	45.0
1988	3,684	3,120,343	55.1
1989	4,263	3,432,165	68.3
1990	5,114	3,921,354	79.1
1991	6,264	4,404,932	91.1
1992	7,009	4,610,520	95.1
1993	7,810	5,055,827	88.5
1994	9,276	5,303,924	91.3
1995	13,770	5,957,615	100.0
1996	16,142	6,934,091	100.4
1997	20,438	6,903,051	89.7
1998	19,390	7,514,885	80.6
1999	20,974	7,936,640	98.6
2000	22,780	8,082,424	102.5

* 농촌진흥청 연구관리국 내부자료.

** 농림부, 각년도, 농림통계연보.

[부표 C] 원예연구비, 원예생산액, 농가판매
가격지수(원예)

(단위:백만원, 1995=100)

년 도	원 예 연구비*	원 예 생산액**	농가판매 가격지수** (원 예)
1965	38	53,387	3.5
1966	45	73,649	4.2
1967	63	74,475	3.8
1968	77	81,662	4.2
1969	135	92,904	5.0
1970	146	143,775	8.3
1971	173	188,188	8.5
1972	179	169,890	8.9
1973	186	187,754	9.4
1974	192	272,638	12.5
1975	251	548,923	17.5
1976	351	743,832	21.3
1977	673	985,225	24.8
1978	610	1,369,560	43.1
1979	760	1,807,318	41.2
1980	1,053	1,767,389	41.2
1981	1,084	2,053,627	51.6
1982	1,048	2,148,147	47.5
1983	1,540	1,962,435	40.4
1984	1,143	2,357,855	53.0
1985	1,254	3,076,719	55.5
1986	1,445	2,863,169	47.7
1987	1,705	2,941,813	53.9
1988	1,847	3,767,289	60.5
1989	1,735	4,378,432	55.1
1990	2,156	5,002,773	64.0
1991	2,848	5,974,060	72.0
1992	8,016	6,644,188	74.7
1993	12,040	6,860,807	74.5
1994	13,679	8,652,259	90.7
1995	16,980	10,357,530	100.0
1996	19,385	9,853,451	101.0
1997	24,311	10,224,700	100.4
1998	21,406	10,142,351	101.7

* 농촌진흥청 연구관리국 내부자료.

** 농림부, 각년도, 농림통계연보.

[부표 D] 양돈생산경영관리프로그램(PIGPLAN)
수용자수 및 PSY

(단위:명, 두)

년 도	프로그램 수용자수	PSY		
		도드람 평 균	국내농가 평 균*	분석데이터수 (도드람농가수)
1992	1	21.3	18.5	1
1993	9	21.3	18.7	10
1994	2	21.2	18.8	12
1995	3	22.3	18.9	15
1996	2	22.1	19.0	17
1997	7	22.2	19.1	24
1998	8	21.9	18.3	32
1999	6	22.8	18.4	38
2000	12	22.1	19.1	50
2001	18	22.0	19.4	66
2002	-	22.7	-	68

* 농림부·국립농산물품질관리원, 각년도, 축산물생산비.