

벼 무논직파재배기술 사용확산의 시스템 다이내믹스 동태분석*

— 시범단지 사례를 중심으로 —

김성섭 · 정우석 · 하지희 · 서상택**

충북대학교 농업생명환경대학 농업경제학과(충청북도 청주시 서원구 충대로 1)

A System Dynamics Analysis on Use Diffusion of Rice Wet Direct Seeding Technology

— Focused on a Case of Pilot Village —

Seongsup Kim · U Seok Jeong · Jihee Ha · Sangtaek Seo

Agricultural Economics, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Korea

Abstract

The purpose of this study is to analyze potential adoption rates and reusing patterns of the new rice direct seeding technology. The model constructed and employed in this study is a system dynamics model of farmer adoption and reusing patterns for this new technology over time. The model incorporates a causal loop diagram that explains interactions among rice cultivation subsystems with feedback loops and further attempts to build a causal loop model with stock-flow diagram for computer simulation. As one example of how the model can be used to provide insight to rice farmers, simulations are run over varying levels on the cultivation process of rice. The major finding is to demonstrate the utility of system dynamics simulation methodology in aiding the rice wet direct seeding farmers' decision making.

Key words: rice wet direct seeding, TAM and PAM, system dynamics, simulation approach

1. 서론

일반적으로 신기술이 수용되고 확산되는 과정은 그 기술의 특성과 그 기술을 수용하는 사람이 어떻게 사용하고 관리하느냐에 따라 영향을 받게 된다(Shih and Venkatesh, 2004). 그 동안 신기술의 수용 및 확산이 경영체의 생산성에 어떻게 영향을 미치는지를 규명하기 위한 연구가 다양하게 진행되어 왔다. 구체적으로 신기술의 수용확산에 관한 연구는 합리적인 행위이론(Theory of Reasoned Action: TRA)과 이를 확장한 계획행동이론(Theory of Planned Behavior: TPB), 그리고 합리적 행위이론(TRA)을 기본으

로 하는 기술수용모형(Technology Acceptance Model: TAM)으로 발전되어 왔다.

기술수용모형(TAM)은 기술을 수용하는 사용자 또는 소비자의 수용여부에 초점을 맞추고 있다. 따라서 수용 후 해당 기술에 대한 사용자의 반응, 선호, 만족도 등을 추론할 수 없다는 한계가 있다. Thong et al.(2006)은 TAM의 대안적 모형으로 기술을 수용한 후 계속 사용여부에 초점을 둔 후기수용모형(Post Acceptance Model: PAM)을 제시하였다. 이 연구에 의하면 해당 기술에 대한 지속적인 사용과 확산은 사용자의 신뢰도와 만족도에 기초한다. 신기술의 수용과 계속적 사용에 대한 의사결정은 다른 시점에

주요어: 무논직파재배, 기술수용모형, 시스템 다이내믹스, 시뮬레이션

* 본 연구는 농촌진흥청의 연구사업에 의해 이루어진 것임(과제번호: PJ01005507).

** 교신저자(서상택) 전화: 043-261-2590 e-mail: stseo@cbnu.ac.kr

서 이루어지며, 그 결정요인도 다르다(Legris et al., 2003). 뿐만 아니라 신기술의 수용확산에 대한 추론은 그 시스템을 품고 있는 사회적인 환경과 문화체계를 통해서 통합적으로 추적해 나가는 과정이 필요하다(Rogers, 1995). 기술수용모형(TAM)은 기술의 수용과 확산 과정을 개인적인 차원에서 설명하고 있다. 따라서 기술혁신의 확산을 지원하는 정부의 정책적인 지원도 관리적인 측면에서 고려될 필요가 있다(Zhu et al., 2006).

한편, 기술혁신의 수용과 확산의 개념은 기존의 공급자를 중심으로 하는 기술수용모형(TAM)과 후기수용모형(PAM)을 형성한 다음, 통계적 방법으로 파라미터를 추정하는 정태적 관점에 기초를 두고 있다. 이는 시간의 흐름과 정책지원에 따른 기술의 수용과 확산 과정을 동태적으로 추론할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위한 방편으로, 시스템의 시간적인 변화를 변수들의 순환적인 인과관계로 연결된 폐쇄회로의 피드백 구조에서 찾고자하는 연구가 시스템 다이내믹스(System Dynamics: SD) 시뮬레이션 기법으로 발전되어 왔다(Forrester, 1987). 따라서 기술혁신의 수용과 확산에 관련된 요인들을 보다 동태적으로 파악해서 시스템의 변화, 진화, 발전, 쇠퇴라는 동태적인 형태변화를 예측할 수 있는 시스템적 접근이 가능하게 되었다. 아직까지 우리나라 농업부문에서는 동태적인 관점에서 농업 기술혁신의 수용과 확산에 대한 모형을 형성하고 분석을 진행한 연구가 전무하다.

본 연구는 시스템 다이내믹스(SD) 모형을 형성하고 최근 정부 주도로 개발된 신 영농기술혁신 기법인 “벼 무논직파재배기술”의 수용 농가를 대상으로 해당 기술의 계속적 사용여부를 결정하는 요인을 동태적으로 분석하였다. 이를 위해 기술수용모형(TAM), 후기수용모형(PAM), 그리고 계획행동이론(TPB) 모형에 대한 기존 연구를 검토하였다. 또한 벼 무논직파재배기술의 계속적 사용 여부에 영향을 주는 요인들을 파악하였다. 그리고 이들 요인들 간의 전후방 및 동태적인 상호관계를 네트워크로 연결하고 정부의 정책지원 변수를 함께 고려함으로써 현실성을 반영한 모형을 형성하였다. 이모형을 이용하여 시간에 경과에 따른 요인들의 변화를 시뮬레이션 기법으로 분석하였다. 분석도구는 Powersim Studio 10을 이용하였다. 이 연구는 우리나라 벼 재배 농가들이 내·외부 경제 환경 변화에 보다 신속하고 능동적으로 대처하고 생산성 향상과 시장 경쟁력을 높이는데 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

글의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 이론적 배경을 검토하고, 3장에서는 연구 방법 및 분석 자료를 제시하였다. 4장에서는 연구결과를 기술하고, 마지막 5장에서는 결론을 제시하였다.

2. 이론적 배경

2.1. 기술수용모형(TAM)

기술수용모형(TAM)모형은 정보체계론(Information System Theory)적인 논리를 바탕으로 새로 개발된 기술과 제품에 대해 사용자와 소비자가 어떻게 수용하고 구매하는가를 알아보는 접근하는 방법이다.

Davis(1989)는 사회심리학자인 Fishbein and Ajzen(1975)이 주장한 합리적 행위이론(TRA)을 기본으로 하여 소비자들이 새로운 기술제품인 컴퓨터를 구입하는 수용요인을 기술수용모형(TAM)을 통해 분석하였다. 이모형은 신기술의 수용이 시스템 내부에서 인지 유용성(Perceived Usefulness: PU)과 인지 사용용이성(Perceived Ease of Use: PEU)이라는 잠재변수에 의해서 결정되고, 모형의 외부 잠재변수들은 이들 두 변수를 매개로 하여 수용성에 영향을 미친다고 전제한 전형적인 구조방정식모형(Structural Equation Model: SEM)이라고 할 수 있다(Venkatesh & Davis, 2000).

그 후 Rogers(1995)는 혁신확산이론(Diffusion of Innovation Theory)을 Davis(1989)의 기술수용모형(TAM)에 적용하였다. 이 연구에 따르면 신기술의 수용성은 그 기술이 가지고 있는 상대적 이점(Relative Advantage), 적합성(Compatibility), 복잡성(Complexity), 시도가능성(Trialability), 관찰가능성(Observability) 등 5개의 잠재변수에 의해 영향을 받는다. 여기서 상대적 이점과 적합성은 기술의 수용성에 직접적으로 정(+)의 영향을 주고, 복잡성은 부(-)의 영향을 미친다. 시도가능성은 기술의 수용에 직접적으로 정(+)의 영향을 주고, 동시에 관찰가능성에 정(+)의 효과를 통해서 간접적으로 영향을 준다. 관찰가능성은 기술의 수용에 직접적으로 정(+)의 효과를 주고, 동시에 기술수용으로부터 역으로 정(+)의 영향을 받는다.

Venkatesh & Davis(2000)는 기술수용모형(TAM)에서 인지된 유용성과 인지된 사용용이성에 영향을 주는 전후단계의 요인들을 외부변수, 태도, 그리고 의도변수로 구분하여 설명력을 높인 기술수용모형2(TAM2)를 제안하였다. Shih and Venkatesh(2004)는 기술수용모형(TAM)이 사용자들의 기술수용에 대한 과정을 정태적으로 설명하는 핵심적인 논리가 되지만 사용자의 특성에 따라 그 과정이 동태적으로 달라질 수 있다는 점을 설명할 수 없는 한계점을 지적하였다. 그리고 기술수용모형(TAM)의 대안으로 사용확산모형(Use Diffusion Model)을 제시하였다. 특히 과학의 발달로 기술혁신의 주기가 짧아지고 있는 현실에서 새로운 기술에 대한 수용은 사용자의 현재 기술에 대한 사용체험이 큰

영향을 줄 수 있다고 하였다.

Pavlou(2003)은 많은 인터넷상의 구매자들은 아직도 온라인 상점에서 구매하는 것을 망설이게 되는데, 이를 신뢰의 부족에서 오는 현상으로 이해하였다. 그리고 온라인의 신뢰형성에 대한 문제를 보안이나 프라이버시를 포함하는 위협지각요인이라고 하였다. Jarvenpaa & Todd(1997)은 새로운 기술의 수용 및 사용이 확산되어 가는 과정에서 고객들이 지각하는 위협도가 그 기술의 수용에 큰 장벽으로 작용하게 된다고 하였다. 나운규 등(2008)은 인터넷 쇼핑에서의 지각된 위협이 패션상품의 구매의도에 미치는 영향을 실증적으로 연구한 바 있다. 연구결과, 소비자가 지각하고 있는 위협이 쇼핑물 신뢰, 지각된 유용성, 그리고 지각된 용이성에 유의한 영향을 미친다는 것을 통계적으로 확인하였다.

개인의 혁신성이 새로운 기술의 수용 및 사용에 영향을 미친다는 주장(Rogers, 1995)이 기존 연구들을 통해서 검증되었다(Venkatesh & Davis, 2000; Agarwal et al., 2000; Lee et al., 2009). 특히 Agarwal & Prasad(1999)은 개인의 혁신성향이 새로운 정보 기술의 수용의도, 지각된 유용성, 사용 용이성 간에 조절효과가 있음을 확인하였다. 또한 Kishore et al.(2001)도 개인의 혁신성이 높을수록 새로운 IT기술 수용 및 사용에 대한 매개변수로서 지각된 용이성이 유의미한 영향을 미친다는 것을 통계적으로 검증하였다.

Rogers(2003)는 기술혁신의 확산을 사회체계 구성원 간에 시차를 두고 전달되는 과정으로 보고, 이 과정에서 수용자들이 혁신에 대한 특성을 인지하게 되고 이를 바탕으로 수용여부를 결정한다고 보았다. 그는 또한 혁신이 전달되는 과정에서 정부의 기술 확산 정책을 중요한 요인 중의 하나로 간주하고, 이를 위로부터의 혁신이라고 하였다. 즉, 정부나 기업과 같은 상위 조직이 그 구성원들에게 혁신에 따른 인센티브를 제공하여 해당 사회와 조직에 혁신이 확산되도록 조장한다는 것이다. 서현석 등(2010)은 확장된 TAM모형으로 정부지원정책이 IP(Internet Protocol)TV 수용에 미치는 영향도 분석을 하였고, 김상현 등(2017)은 SEM모형으로 OSS(오픈소스 소프트웨어)사용 확산에 영향을 주는 정부지원정책의 조절효과를 통계적으로 추정하여 그 효과를 제시하였다.

2.2. 후기수용모형(PAM)과 계획행동이론(TPB)

Bhattacharjee(2001a)는 마케팅 분야의 기대입증이론(Expectation Confirmation Theory: ECT)과 기술수용모형(TAM)을 근간으로 신기술을 수용한 사용자의 행동을 추론하기 위한 후기수용모형(PAM)을 제안하였다. 후기수용모형(PAM)은 소비자의 행동에서

채택된 기대입증이론(ECT)에 근거를 두고 있다(Oliver et al. 1997). 이모형에 의하면 사용자는 신기술의 수용에 따른 기대 유용성과 그 유용성에 대한 인식수준을 기초로 신기술에 대한 만족도를 평가하고, 그 평가결과에 기초하여 재사용 여부를 결정한다. Bhattacharjee(2001b)는 후기수용모형(PAM)을 기초로 신기술의 수용뿐만 아니라 지속적 사용을 설명하기 위해 기대 충족도(Confirmation), 인지 유용성(PU), 사용자 만족도(User Satisfaction), 지속적 사용의도(Continuous Intention to Use) 등 4가지 요인을 도입하였다.

최근에는 정보시스템(Information Systems)의 발달과 함께 후기수용모형(PAM)이 다양한 관점에서 연구되고 있다. Thong et al.(2006)은 기대입증모형(Expectation Confirmation Model: ECM)을 통해 인터넷 모바일 정보기술의 지속적인 사용행위와 그 기술에 대한 사용자의 신뢰도 간의 관계를 분석한 바 있다. 이 연구에서 후기수용모형(PAM)은 확장된 기대입증모형(ECM)으로 분류되며, 인지 유용성(PU), 인지된 즐거움, 그리고 인지 사용용이성(PEU)이 사용자의 신뢰도 요인으로 간주되었다.

Ye et al.(2008)은 후기수용모형(PAM)을 이용하여 기 사용중인 정보기술을 새로운 정보기술로 대체하는 요인에 대해 분석하였다. 이 연구에 따르면 기존에 사용하고 있는 Web 사용의 확장성과 사용자의 만족도는 다른 Web으로 전환하는데 부(-)의 영향을 보였다. 대체재의 인지 사용용이성, 상대적인 이점, 인지 보안성은 정(+)의 영향을 미쳤다. 반면, Web의 사용 용이성과 상대적인 이점은 사용자의 경험에 의해서 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Aizen(1988, 1991)은 사용자의 합리적인 행위에 대한 예측력을 제고하기 위해 기술수용모형(TAM)에 인지된 행위통제요인을 도입한 계획행동이론(TPB)모형을 제안하였다. 이모형은 사용자의 명확하고 확실한 믿음들이 주어진 행동을 인식하게 하고, 그 인식을 통해서 실제적인 행동을 하게 된다는 심리학적 접근방법이다. 이모형은 주로 광고, 홍보, 보건관리 등의 분야에서 적용되고 있다.

계획행동이론(TPB)모형은 행위 의도, 주관적 규범, 그리고 인지된 행위통제 지표들이 총체적으로 행위의도에 영향을 미치고, 그 행위의도가 최종적으로 행위에 영향을 주는 모형이다. 특히, 인지된 행위통제는 직접적으로 행동에 영향을 줄 뿐만 아니라 행위의도를 통해서 간접적으로 행동에 영향을 미치는 요인이다. 사용자들이 새로운 기술을 수용 또는 사용하는 행위는 그 기술에 대한 행위 의도, 주관적 규범, 그리고 인지된 행위통제가 클수록 증가하고, 역으로 그 기술의 수용 및 재사용도가 클수록 행위의

도, 주관적 규범, 그리고 인지된 행위통제는 큰 값을 가진다는 것이 이모형의 원리이다. 특히, 모형 내에서 행위통제 변수에 충분한 값을 부여할 경우 그 기술에 대한 수용 및 확산의 증대가 예상된다(Ajzen, 2002).

2.3. 시스템 다이내믹스(SD)

시스템 다이내믹스(SD)는 여러 변수들로 구성된 시스템이 시간의 변화에 따라 어떻게 반응하는지를 밝히고자 제안된 기법이다(Forrester, 1961). 시스템 다이내믹스(SD)는 먼저 문제와 관련된 변수들로 구성된 모형을 시스템으로 정의한다. 그리고 변수들 간의 관계를 정량적으로 표현할 수 있는 모형을 형성한 후, 일련의 시뮬레이션을 통해 시스템의 동태적인 행태를 밝힘으로써 문제의 해결점을 제시한다. Forrester(1961)는 전기공학분야에서 사용되는 순환고리(Feedback Loops: FL)이론을 일반적인 시스템에 적용할 수 있도록 연구모형을 개발함으로써 시스템 다이내믹스(SD) 모형의 개념과 논리를 제공하였다.

시스템 다이내믹스(SD)는 시스템을 구성하는 관련변수들 간의 관계를 잘 파악하여 이들 사이의 순환 고리(FL)를 이해하는 것이 중요하다. 일반적으로 시스템 다이내믹스(SD) 기법을 적용하여 시뮬레이션 모델을 개발하는 과정은 문제 정의 → 관련변수 선정 → 인과순환지도(Causal Loop Diagram: CLD) 작성 → 저장과 유량도표(Stock and Flow Diagram: SFD) 형성 → 모형 타당성 검증 → 모형분석 및 활용이라는 절차를 거친다(Powersim Software AS, 2016).

2.4. 인과순환지도(CLD)

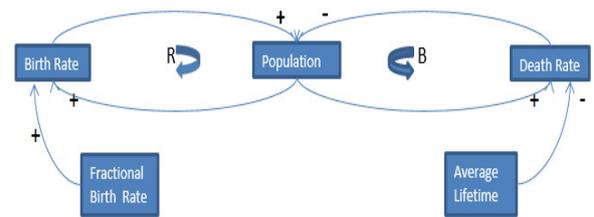
인과순환지도(CLD)는 모형을 구성하는 변수들 간의 인과관계를 나타내주는 지도를 말한다. 인과순환지도는 화살표(→), 부호(±), 그리고 순환고리(FL) 등으로 구성되며, 선택된 변수들 간의 상관관계는 화살표로 표시한다. 여기서 화살표의 시작점은 원인이 되고 끝점은 영향을 받은 결과가 된다. 그 받은 영향이 정의 관계이면 (+)로, 부의 관계이면 (-)로 표시한다. 이 관계를 수학적으로 표현하면 다음과 같다(식 1).

$$\begin{aligned}
 X \rightarrow^+ Y: \frac{\partial Y}{\partial X} > 0 \text{ and } Y &= \int_{t_0}^t X dx + Y_{t_0} \\
 X \rightarrow^- Y: \frac{\partial Y}{\partial X} < 0 \text{ and } Y &= \int_{t_0}^t -X dx + Y_{t_0}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

인과순환지도(CLD)에서 변수명은 명사형으로 표현하고, 다른 변수에 미치는 영향은 화살표에 부호를 표시하여 동시에 표현한다. 예를 들면, <그림 1>은 “사람이 많이 출생하면 인구는 증가하고, 사람이 많이 죽으면 인구는 감소한다”와 “인구가 많으면 출생도 증가하고, 인구가 많으면 사망도 증가한다”를 보여주는 간단한 인과순환지도(CLD)이다.

인과순환지도(CLD)에서 순환고리(FL)가 정(+의 순환고리인지 부(-)의 순환고리인지를 표시해야 하는데 순환고리(FL)를 구성하는 변수들이 모두 정(+의) 관계를 가지거나 정(+의) 부호를 가지는 개수가 짝수이면  와 같이 정(+의) 피드백 부호를, 부(-)의 부호가 홀수 개이면  와 같이 부(-)의 피드백 부호를 표시한다.

<그림 1> 인과순환지도(CLD)

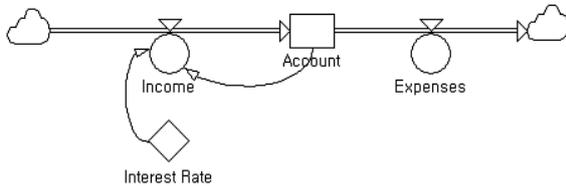


2.5. 저장-유량도표(SFD)

저장-유량도표(SFD)는 인과순환지도(CLD)를 근거로 변수들의 상관관계를 컴퓨터상에서 시뮬레이션 할 수 있도록 통계적 모형을 형성하고, 이들 변수에 정량적인 값을 부여해서 시뮬레이션의 해를 구할 수 있게 해주는 단계이다. 모형의 변수들은 저장(Stock or Level)변수, 유량(Flow or Rate)변수, 보조(Auxiliary)변수, 그리고 상수(Constant)로 구성된다. 여기서 저장변수는 시간이 경과하면서 누적되는 값을 가진다. 즉, 시간이 경과하면서 시스템에 유입되고 유출되는 유량변수에 의해서 그 값이 변동하는 변수이다. 유량변수는 변화를 변수라고도 하며, 저장변수의 값을 변화시키는 역할을 한다. 보조변수는 유량변수의 계산을 단순화하기 위해 도입되는 변수이다. 유량변수와 보조변수 간의 관계는 함수식으로 정의하여 표현한다. 특히, 보조변수 중에서 일정한 값을 가지는 변수를 상수라 한다. <그림 2>의 도표에서 구름모양의 아이콘()은 각각 유량변수 흐름의 출발점과 종착점을 나타낸다. 여기서 출발점은 모형의 외부에서 들어오는 유량을 의미하고, 종착점은 모형내부에서 외부로 나가는 유량을 의미한다. 이 출발점과 종착점은 무한대의 값을 가지며 유량자체를 제약하지

나 제한할 수 없다고 가정한다.

(그림 2) 은행계좌모형의 저장-유량도표(SFD)



저장-유량도표(SFD)에서 저장변수와 유량변수의 개념과 관계를 설명하기 위한 예로 어떤 개인의 은행계좌(Account)를 생각해 볼 수 있다(그림 2). 최초 은행계좌의 잔고는 \$1,000, 월 소득은 \$2,000, 월 지출은 \$1,000, 그리고 이자율은 연 3%라고 가정하자. 여기서 은행계좌는 저장변수가 되고, 그 소유주의 소득(Income)은 이 은행계좌에 유입되어 잔고를 증가시키는 유량변수 $I(s)$ 가 된다. 반면, 비용지출(Expenses: E)은 계좌에서 유출되어 잔고를 감소시키는 유량변수 $E(s)$ 가 된다. 주어진 기간($t = t_0, \dots, t$) 동안 어느 시점 s 에서의 계좌 잔고($A(t)$)는 당초 잔고($A(t_0)$)에 해당 기간 동안의 현금 유출입의 차이를 누적한 값이 되고, 수학적으로는 다음과 정의된다(식 2).

$$A(t) = \int_{t_0}^t [I(s) - E(s)] ds + A(t_0) \tag{2}$$

동일하게 은행계좌의 순 변화율은 진입된 소득과 유출된 비용의 차이가 되므로 다음과 같은 미분방정식이 된다(식 3).

$$\frac{d(A)}{dt} = I(t) - E(t) \tag{3}$$

유량변수인 월소득과 월지출이 저장변수에 미치는 영향을 반영하기 위해 보조변수인 이자율을 도입하자. 저장변수인 은행계좌의 잔고는 이자율에 따라 자동적으로 증가하며, 그 증가율은 저장변수의 값에 비례한다. 그러므로 유량변수는 저장변수와 함께 정(+의) 순환고리(FL)를 구성한다. 여기서 이자율은 상수로서 저장변수 값의 증가율을 의미한다. 이들의 순환고리(FL)를 함수식으로 표현하면 다음과 같다(식 4).

$$\begin{aligned} A_{\text{현재}} &= A_{\text{이전}} + (\text{시간단위}) \times I \\ I &= A_{\text{현재}} \times \text{Interest Rate} \end{aligned} \tag{4}$$

식 (4)는 월 소득이 계좌의 잔고에 영향을 주고 다시 계좌의 잔고는 역방향으로 월 소득에 영향을 주는 순환고리(FL)를 갖는 모형을 알 수 있다. 이러한 모형에서는 종속변수와 독립변수의 구분이 유지될 수 없으며, 모든 인과관계가 순환적인 관계로 귀결된다.

2.6. 모형의 검증

시스템 다이내믹스(SD) 모형은 다양한 상수와 변수들의 관계를 수식을 이용해서 시스템으로 정의하는 모형이다. 시뮬레이션 과정을 통해 시행착오적으로 동태적인 해를 찾는 접근방법이기 때문에 모형을 완성한 후에는 건전성(Verification)과 타당성(Validation)을 검증해야 한다. 특히, 현실에서 순환적인 구조를 가지는 시스템 다이내믹스(SD) 모형은 독립변수와 종속변수의 구분이 어렵고 그 관계도 비선형이기 때문에 통계학적인 검증은 적합하지 않다. 따라서 시스템 다이내믹스(SD) 모형의 타당성 검증은 시뮬레이션 결과와 현실 자료(상황)의 차이를 가지고 해야 한다. 만약에 현실 자료가 없을 경우에는 전문가나 사용자들의 의견을 참고하여 결정한다. 건전성(Verification) 검증은 모형 내에서 변수들의 관계와 정의식이 그 시스템의 문제를 제대로 반영하고 있는지를 확인하고 평가하는 과정이며, 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 통해 이루어진다. 일반적으로 시스템 다이내믹스(SD) 모형에서 입력되는 상수변수가 확률분포를 할 때, 시뮬레이션을 실시하고 그 결과에 기초하여 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95% 신뢰구간을 그래프로 출력해서 건전성을 검증한다. 이 신뢰구간의 폭이 클수록 상수변수의 민감도가 크다는 것을 의미하고, 폭이 작을수록 민감도가 작다고 할 수 있다.

3. 연구방법

3.1. 모형의 변수 설정

기존의 기술수용모형(TAM)과 후기수용모형(PAM)은 모형을 구성하는 요인들이 신기술을 수용하고 계속 사용하는데 얼마나 영향을 미치는지를 주어진 시점에서 정태적으로 추정하는 통계적 기법들이다. 이들 모형은 시스템을 구성하고 있는 요인들의 시간에 따른 변동이 수용 및 계속 사용 여부에 미치는 시계열적인 패턴을 파악할 수 없다. 즉, 기술혁신의 동태적인 수용 및 사용 확산 과정을 추론할 수 없다는 한계가 있다.

(표 1) 모형변수의 선정과 정의

구분	잠재변수	측정항목	출처
독립 변수	기술특성	Q1: 직파와 기계이앙재배 간의 노동과 비용 비교	Jeffres & Atkin(1996), Martin & Stewart(2001), Shih & Venkatesh (2004)
		Q2: 직파재배 시 앵미 출현의 문제점	
		Q3: 직파와 기계이앙재배 간의 대체 가능성	
	재배경험	Q4: 직파재배의 편리성과 유용성	Noyes & Garland(2006), Sandstrom(2008)
		Q5: 직파와 기계이앙재배 간의 기술숙지 용이성	
	개인의 혁신성	Q6: 신기술정보의 접근성	Agarwal & Karahanna(2000), Hung et al.,(2006), Lee, Rhee & Dunham(2009)
		Q7: 신기술보급의 수용성	
	지각된 위험도	Q8: 직파와 기계이앙재배 간의 소득 편차도	Jarvenpaa & Todd(1997), Pavlou(2003), Belanger & Carter(2008),
		Q9: 직파와 기계이앙재배 간의 성공·실패여부	
		Q10: 직파와 기계이앙재배 간의 재해 위험도	
정부지원 (주관적 규범)	Q11: 직파재배 시 정부기관의 재정·금융 지원	Leonard-Barton(1988), Venkatesh & Davis(2000), Rogers(2003), Zhu et al., (2006)	
	Q12: 직파재배 시 정부기관의 교육 및 기술지도		
	Q13: 정부기관 또는 선농민들의 직파재배 권유		
매개 변수	인지 사용성	Q14: 직파재배는 농민의 삶을 높여주는 기법	Wangpipatwong et al.,(2008), Teo et al.,(2008), Colesca & Dobrica(2008)
		Q15: 직파재배는 환경보존농법이므로 확대 필요	
	사용량	Q16: 직파재배면적의 확대 여부	Shih & Venkatesh(2004)
		Q17: 무경운직파재배 및 밭 작목 확대 여부	
만족도	Q18: 직파재배에 대한 만족도	Shih & Venkatesh(2004)	
종속 변수	재 재배	Q19: 직파재배 계속 여부	Hellier et al.,(2003), Islam & Kellermanns(2006), Sang et al.,(2010)
		Q20: 주위사람들에게 직파재배 권유	
		Q21: 직파재배의 문제점 해결 가능성	

본 연구에서는 두 모형을 통합해서 수용과 재사용에 대한 2가지 행동을 서로 연관시켜 주고 동시에 시간이 경과하면서 각 요인들이 가지는 피드백 작용도 함께 포함하는 시스템 다이내믹스(SD) 모형을 형성하였다. 그리고 시뮬레이션 기법으로 시스템의 동태적인 해를 구하였다. 이를 위해 실증모형에 포함되는 변수를 기존의 기술수용모형(TAM), 후기수용모형(PAM), 그리고 계획행동이론(TPB)에 관한 선행연구들(Davis, 1989; Rogers, 1995; Shih & Venkatesh, 2004; Ajili et al., 2012; 김웅 등, 2014; Abdullah & Ward, 2016)을 참고하여 선정하였다. 구체적으로 개인 혁신성, 지각 위험도, 재배경험, 기술특성, 주관적 규범, 인지 사용성, 사용량, 만족도, 재 재배 등 9개 요인을 선정하였다. 그리고 벼 무논직파재배기술의 사용 확산에 따른 동태적인 변화와 패턴을 분석하기 위해서 기존의 시스템 다이내믹스(SD)에 관한 선행연구들(Sterman, 2000; Fanta et al., 2016; Powersim Software AS, 2016)을 참고하여 시뮬레이션 모형을 형성하였다.

3.2. 자료수집 및 모형의 타당성 검증

본 연구에서는 벼 무논직파기술을 수용한 농민들을 대상으로

변수로 선정된 9개 요인에 대해 21개 문항을 구성하여 리커트식 7점 척도로 정량적인 값을 확보하였다. 농가조사는 2013년도에 벼 무논직파재배 시범단지로 지정되어 4년차 직파재배를 하고 있는 충북 00군의 00리 마을을 대상으로 현장 면접조사를 하였다. 조사는 2017년 2월초부터 3월말까지 두 달간 진행되었다. 조사대상 농민은 벼 무논직파기술을 최소한 1년 이상 적용하고 있는 45명 중 조사에 응한 31명이다.

본 연구에서 작성한 21개의 문항(측정변수)에 대한 타당성 검증을 위해 탐색적 요인분석을 실시하였다. 측정변수들의 구성요인을 추출하기 위해서 주성분분석을 사용하였고, 요인 적재치의 해석을 용이하게 하기 위해 직교회전(Orthogonal Rotation)을 하였다. 주성분분석에서 측정변수의 선택기준은 고유값(Eigenvalues) 1.0이상, 요인 적재치 0.4이상으로 하였다.

주성분분석으로 추출된 요인은 선행연구 및 본 연구에서 제안된 요인과 동일하게 9개 요인(복수요인 6개와 단일요인 3개)으로 구분되었다. 총 21개의 문항(Q1~Q21) 중에서 Q3(직파와 기계이앙재배 간의 대체 가능성), Q7(신기술보급의 수용성), Q10(직파와 기계이앙재배 간의 재해 위험도), Q12(직파재배 시 정부기관의 교육 및 기술지도), 그리고 Q21(직파재배의 문제점 해결 가능

(표 2) 측정지표의 타당성 및 신뢰도 분석

잠재요인*	측정문항	타당성(요인분석)				신뢰도 분석	
		요인적재량	공통성	고유값	분산설명력	α if Item Deleted**	Cronbach α
재 재배	Q20	0.862	0.902	2.661	20.470	0.805	0.896
	Q16	0.839	0.816			0.907	
	Q19	0.812	0.934			0.840	
지각위험도	Q5	0.912	0.910	2.169	16.684	0.863	0.925
	Q4	0.906	0.950			0.863	
개인혁신성	Q2	0.923	0.926	1.907	14.673	0.730	0.844
	Q1	0.895	0.915			0.730	
인지사용성	Q15	0.938	0.915	1.791	13.780	0.646	0.770
	Q14	0.832	0.887			0.646	
재배특성	Q8	0.875	0.890	1.731	13.316	0.488	0.654
	Q9	0.785	0.839			0.488	
주관적규범	Q11	0.962	0.948	1.439	11.067	0.579	0.723
	Q13	0.601	0.866			0.579	

KMO Statistic = 0.633, Bartlett's Test of Sphericity = 249.216 (P-value = 0.000)

* 잠재요인 중 재배경험, 만족도, 그리고 사용량은 각각 단일문항 Q6, Q18, Q17 요인임
 ** 측정문항이 2개로 구성된 요인들의 신뢰도 분석은 Corrected Item-Total Correlation값이 0.30이하이면 신뢰성이 없는 문항으로 간주함

성)은 다른 요인에 적재되는 것으로 나타나 분석에서 제외하였다. 그리고 재배경험, 사용량, 만족도는 단일문항인 Q6(신기술정보의 접근성), Q17(무경운직파재배 및 밭 작목 확대 여부), Q18(직파재배에 대한 만족도)로만 구성되는 단일성 요인들이다.

본 자료가 요인분석에 적합한 자료인지를 검증하기 위해 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)검정과 Bartlett검정을 하였다. 검증결과, 계산된 KMO검정치가 0.633으로 요인분석을 위한 문항들의 선정이 통계적으로 무난한 것으로 나타났다(표 2). Bartlett 구형성 검정치(Test of Sphericity)는 $\chi^2=249.216$ 으로 유의수준(p-value = 0.000)에서 기각되어 요인분석이 적합하며 공통요인이 존재한다는 결론을 내릴 수 있다. 본 모형에서 제안되고 확인된 복수요인 6개의 표본 집단의 총 분산에 대한 설명력은 89.99%로 나타났다. 그리고 각 요인별 문항들에 대해서 응답자들이 정확하고 일관되게 답변하였는지를 확인하기 위해서 Cronbach α 검정을 하였다. 분석결과 복수요인 6개의 Cronbach α 값이 모두 0.6이상이므로 각 요인의 문항들이 동질적이라는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 재 재배 문항 중에서 Q16를 제거했을 때의 α 값이 재 재배 요인의 Cronbach α 값 0.896보다 큰 0.907로 나타나 이 문항을 재 재배 요인에서 제거하였다. 2문항으로 구성된 요인들의 신뢰성 검정은 각 문항과 나머지 문항간의 상관관계를 나타내주는 Correlated Item-Total Correlation 검정치를 사용하였다. 이 검정치가 0.3이상이면 그 문항은 신뢰성이 있는 것으로 간주된다. 분석결과 나머지 5개 요인들은 모두 신뢰수준을 저해하는 문항이

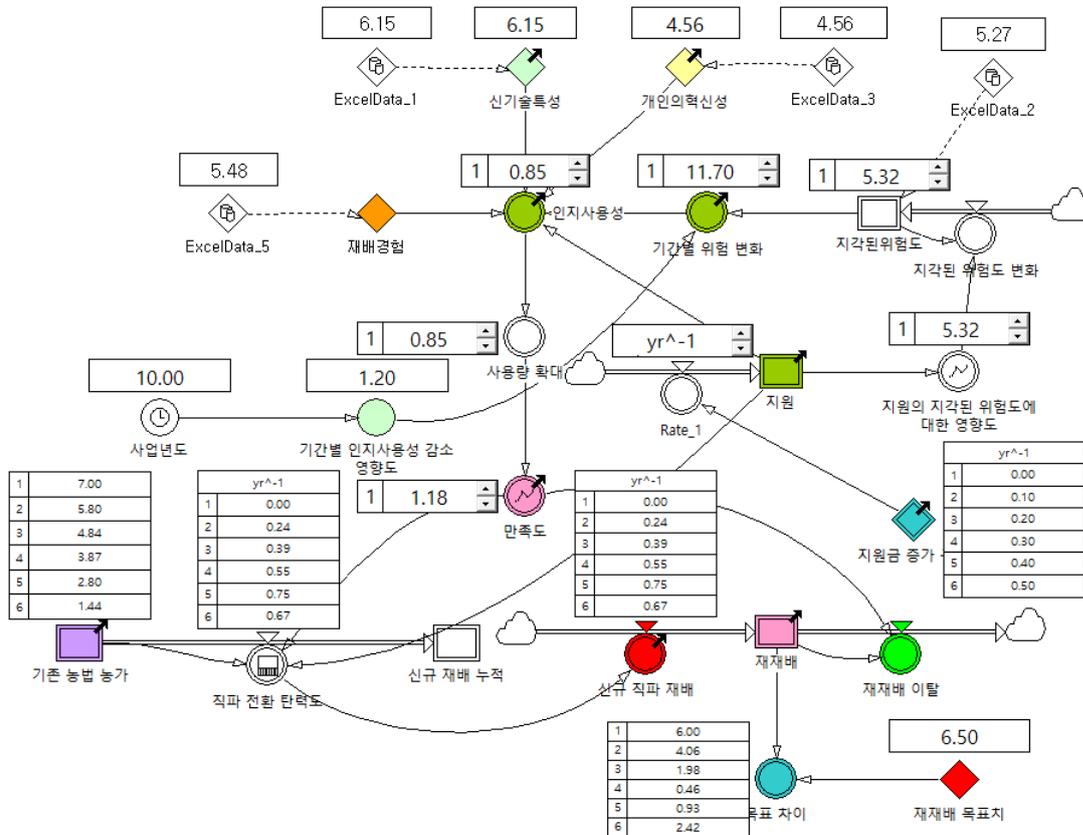
없는 것으로 나타났다.

3.3. 시뮬레이션 모델링

벼 무논직파재배를 2~4년 정도 연작할 경우 잡초성 벼(앵미)가 발생하기 때문에 수확 농민들의 이탈 현상이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 이 기간을 직파재배기술의 캐즘(Chasm)으로 간주하고 시뮬레이션 기간을 10년으로 하였다. 기술수용모형(TAM)과 후기수용모형(PAM), 계획행동이론(TPB)을 통합한 시스템 다이내믹스(SD) 모형에서 요인 간의 인과순환지도(CLD)를 기반으로 작성한 저장-유량도표(SFD)는 <그림 3>과 같다.

이 저장-유량도표(SFD)를 시스템 다이내믹스(SD) 시뮬레이션 모형으로 변환하기 위해서 연구자의 주관적인 의도를 가능한 제한할 수 있는 기초관계 정규화 단위모델링(Normalized Unit Modelling by Elementary Relationship: NUMBER) 방법을 적용하였다. 이 기초관계 정규화 단위모델링(NUMBER) 방법은 컴퓨터를 활용하여 복잡한 현실의 시스템 구조로부터 동태적인 행태를 추론하는 시뮬레이션 접근방법이다(Sterman, 2000). 이 방법론은 모든 변수의 단위를 1에서 7까지 정규화하여 모델링함으로써 추상적이고 질적인 변수를 계산이 가능한 양적인 변수로 전환할 수 있게 해준다(Kim, 2000). 본 연구의 시뮬레이션 분석에서는 각 요인들의 초기치를 7점 리커트 척도로 조사 집계된 구성항목들의 평균치로 사용하였다.

(그림 3) 무논직파재배 농민의 재 재배 시스템 다이내믹스(SD) 모형



주) 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형은 Powersim Studio 10에서 작성됨.

벼 무논직파재배기술을 수용한 대부분의 농민들은 재배경험을 토대로 <그림 3>과 같이 전후방 네트워크 단계를 거쳐 계속 재배여부를 결정한다. 즉, 재배경험을 통해 얻게 되는 인지 사용성과 만족도가 높으면 계속 재배(재 재배)를 하게 되고, 만족도가 낮으면 직파재배를 중지하고 관행 이앙재배로 전환한다. 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형에서는 벼 무논직파재배기술의 확산에 따른 동태적인 시뮬레이션을 분석하기 위해 모형을 4개 부분으로 구성하였다.

첫째, 무논직파재배기술의 수용부분이다. 기존의 관행 기계이앙재배를 하고 있는 농민들 중에서 상대적으로 혁신성을 가진 농민들이 무논직파재배기술을 수용하는 부분이다. 직파재배기술의 속성 중 개인의 혁신성, 직파재배기술이 가지고 있는 특성, 개인의 재배경험에 의해 기술의 수용이 결정된다.

둘째, 모형 내에서 사용 확산이 이루어지는 부분이다. 즉, 무논직파재배기술을 수용한 농민들이 그 재배과정과 결과를 보고 직파재배기술을 계속 사용할 것인지 또는 중단할 것인지를 결정하는 부분이다. 무논직파재배기술의 성공 및 만족 여부의 기준은

농민이 이 재배기술로 농사를 지어 본 경험을 바탕으로 인지하고 있는 위험도로 보였다. 그리고 무논직파재배 농민의 사용 만족도를 높여주는 주요인으로 인지 사용성과 사용량 확대를 포함하였다(Taylor et al., 1996). 관행 기계이앙재배를 하고 있는 농민들은 무논직파재배기술로 벼를 재배하고 있는 주변 농민들의 재배과정과 벼 포장을 관찰한 후 무논직파재배기술을 수용할 수 있다. 이 때, 신규 재배농민들의 유입량을 직파 전환 탄력도라는 유량 변수로 모형에 도입하여 재 재배 농민군으로 진입할 수 있도록 모형을 설정하였다. 반면, 기 수용한 농민들이 다음 해에 직파재배를 중단하고 이탈하는 경우가 발생할 수 있다. 이는 재배과정에서 경험하게 되는 부정적인 요인들로 인해 인지사용성이 낮아지고, 결과적으로 직파재배에 대한 만족도(효용성)가 낮아지기 때문인 것으로 가정하였다. 이러한 부분들은 시뮬레이션 모형에서 무논직파재배기술의 생명 주기상의 도입-성장-성숙-포화-퇴화에 해당하는 재배 농민의 수를 동태적으로 파악할 수 있게 해 준다.

셋째, 농민들이 무논직파재배기술을 수용하고 확산할 수 있도록

록 도와주는 정부의 지원 부분이다. 즉, 새로운 무논직파재배기술의 수용에 대한 위험도를 낮추어 주는 정부의 지원정책에 대한 효과를 보고자 하는 것이다. 정부의 지원정책이 증가하면 농민들이 느끼는 직파재배에 대한 위험도는 감소한다. 따라서 무논직파재배기술을 수용하는 농민의 수와 계속 재배하는 농민의 수는 증가한다. 여기서 정부의 지원정책이란 벼 직파재배의 문제점인 잡초성 벼 및 잡초발생 등을 방지할 수 있는 기술체계의 확립과 함께 직파재배기술의 교육·홍보·지도 강화 등을 말한다. 즉, 농민들이 무논직파재배기술을 수용하여 재배하는데 발생하는 위험도와 어려움을 완화시켜 주는 종합적인 지원체계를 의미한다. 이는 Rogers(1995)가 기술수용모형(TAM)에서 정부의 정책지원이 개인수준의 혁신을 조장하고 자극하기 때문에 혁신확산의 관리적인 상황을 모형에 포함시켜야 한다고 주장한 것과 같은 개념이다.

마지막으로 기존의 벼 무논직파재배 농민이 계속 재배하는 과정과 이탈하는 과정을 설명하는 부분이다. 미수용 농민은 기술혁신의 수용 과정을 거쳐 직파재배를 하는 농민으로 전환된다. 이때 기술의 수용은 기존 무논직파재배 농민의 직파재배에 대한 인지 사용성, 사용량 확대, 그리고 만족도에 따른 전이효과와 정부의 지원에 의한 혁신확산에 의해 영향을 받는다. 따라서 관행 기계이양농가에서 무논직파재배농가로의 진입율은 해당연도의 만족도와 정부지원의 변화율을 기준으로 하여 직파전환탄력도라는 수식으로 정의하였다. 여기서 만족도의 변화율에 관행 이양농가의 수를 곱한 값과 정부지원의 변화율에 관행 이양농가의 수를 곱한 값의 합이 0을 넘지 않으면 진입이 이루어지지 않고, 0을 초과하면 진입이 이루어진다. 기존 직파재배농가의 이탈은 재배 과정에서 발생하는 인지 사용성의 하락에 따른 만족도의 저하에 의해 발생한다고 보았다. 따라서 본 분석에서는 직파재배 농민의 만족도를 중위수인 4를 기준치로 하여 이 값보다 크면 이탈이 이루어지지 않고, 이 값보다 작으면 이탈이 이루어지는 것으로 하였다. 일반적으로 직파기술의 연장에 따른 잡초성 벼의 발생, 수량감소, 품질저하는 3년차부터 발생한다. 농민들이 직파재배를 중단하고 관행 기계이양재배로 전환하는 것이 이 때부터라고 할 수 있다.

4. 연구결과

본 장에서는 무논직파재배기술을 수용한 농민이 이 기술을 계속 사용할 것인지 또는 중단할 것인지를 결정하는데 영향을 주는

정부지원, 개인의 혁신성, 그리고 지각된 위험도 등 해당 요인의 변화가 기술의 수용자인 농민의 인지 사용성, 만족도, 신규진입, 재배이탈, 그리고 재 재배 변수에 미치는 영향도를 분석하였다. 시뮬레이션 분석에서 각 요인들의 초기치는 조사 구성항목의 평균치를 사용하였다. 각 요인들의 초기치는 외생변수인 재배경험=5.48, 신기술 특성=6.15, 개인의 혁신성=4.56, 지각된 위험도=5.27, 정부지원=2이다. 그리고 내생변수인 인지 사용성=5.47, 사용량=3.81, 만족도=4.29, 재 재배=4.29이다. 본 분석에서는 외생변수인 지각된 위험도, 개인의 혁신성, 그리고 정부지원의 변화를 중심으로 하여 20개의 시나리오를 구성하여 분석하였다. 시뮬레이션 분석에서는 타 변수들의 값을 고정시킨 채 해당 변수들의 변화에 따른 재 재배요인 등 4개 요인의 동태적인 변화를 살펴보고 있다.

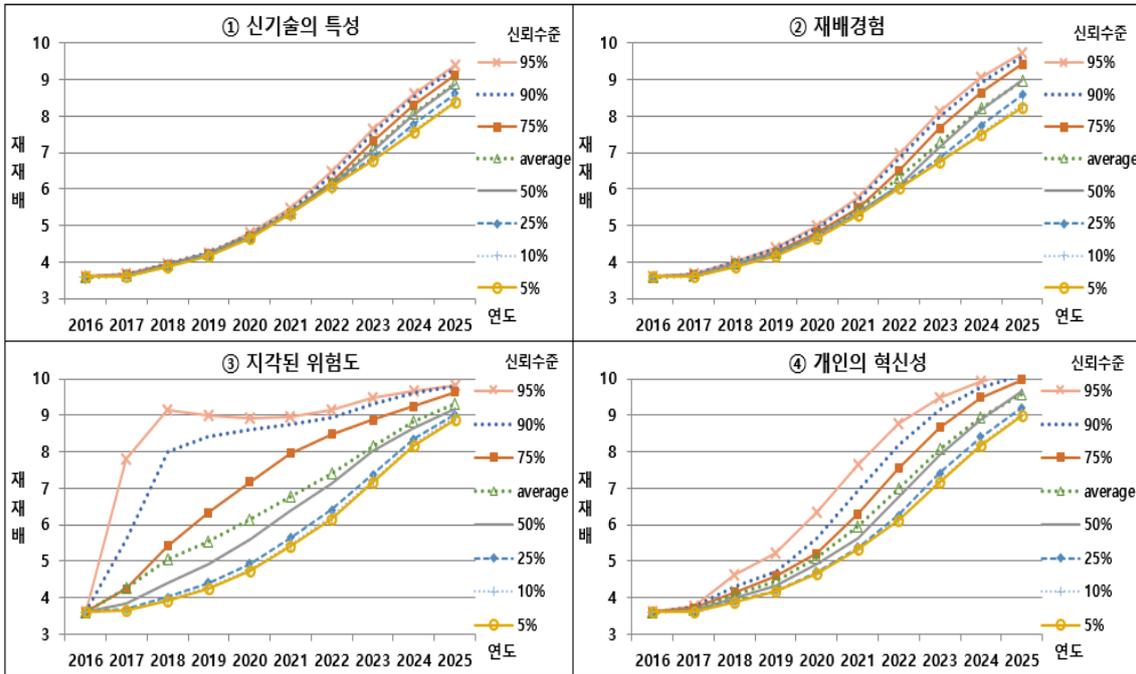
4.1. 모형의 타당성 검증

본 연구모형에 이용된 질적 변수들은 단위모델링(NUMBER) 방법을 적용하여 정규화된 7점 리커트 척도로 변환되었다. 또한 현실적으로 모형의 정확도와 수식에 불확실성이 발생할 수 있기 때문에 민감도 분석을 통해 모형의 타당성을 검증하였다.

민감도 분석은 시스템다이내믹스(SD)모형에서 상수변수가 변화할 때 내생변수가 동일한 유형의 결과를 보이는지를 확인하여 모형의 강건성(Robustness)을 평가하고 일반화하는 과정이다. 즉, 모형 내에서 상수변수가 무작위적으로 변동할 때 내생변수가 타당하게 변동하면 그 모형은 실제현상을 잘 반영한다고 볼 수 있다. 또한 내생변수의 변화에 따른 영향도가 동일하면 그 모형은 타당하다고 할 수 있다. 따라서 상수변수의 무작위 변동에 대한 내생변수의 변화를 나타내주는 그래프가 동태적으로 발산하지 않고 일정할 경우 그 모형은 타당한 모형이라 할 수 있다(Sterman, 2001).

본 시스템다이내믹스(SD)모형에서 시뮬레이션 결과에 영향을 주는 상수변수는 재배경험, 신기술특성, 개인의 혁신성, 지각된 위험도, 그리고 정부의 지원 등이다. 이 상수변수들 중에서 재배 경험과 신기술특성 변수는 불확실성이 비교적 적은 안정적인 변수이고, 개인의 혁신성과 지각된 위험도는 불확실성이 비교적 큰 변수들이다. 반면에 정부 지원수준은 정책당국에 의해서 결정되어지는 의사결정변수이다. 모형에서 목표변수(목표치)는 재 재배 목표치와 모형에서 도출된 재 재배 값의 차이이고, 내생변수는 재 재배이다. 따라서 민감도 분석은 불확실성 변수인 상수변수들의 변동에 따라 목표치이 변수를 최소화하면서 내생변수인 재 재배에 미치는 영향도를 알아보는 것이다.

〈그림 4〉 4개의 상수변수별 재 재배 민감도 분석



분석에서 재배경험과 신기술의 특성은 표본 조사치를 기본으로 하여 최소치와 최대치가 각각 (4, 7)과 (5, 7)를 가지는 무작위 단위균등분포를 하는 확률변수로 설정하였다. 개인의 혁신성은 절편이 1.5이고 평균이 4.56인 지수분포로, 그리고 지각된 위험도는 절편이 2.5이고 평균이 5.27인 지수분포를 하는 확률변수로 각각 설정하였다. 이들 분포함수의 범위 안에서 무작위로 난수를 생성하여 100회의 시뮬레이션을 수행하였다. 각 상수변수별 민감도분석의 신뢰도를 제고하기 위해서 재 재배변수에 큰 영향을 주는 정부지원은 매년 0.5단위 증가하는 것으로 하였다. 민감도 분석 결과는 신뢰수준 5, 10, 25, 50, average, 75, 90, 95%에서 7개의 신뢰구간을 구하고 그래프로 출력하였다(그림 4). 여기서 그래프의 폭이 넓을수록 해당 상수변수의 불확실성이 크고 내생변수에 미치는 영향도(민감도)가 크다는 것을 의미한다.

신기술의 특성과 재배경험 변수가 재 재배농민의 수에 미치는 영향도를 분석한 결과가 <그림 4>의 ①과 ②이다. 두 상수변수의 변동이 재 재배 농민의 수에 미친 영향도의 신뢰구간 폭이 작았다. 또한 두 변수 모두 기본모형의 평균치와 차이가 작았다. 따라서 이 변수들은 불확실성과 민감도가 작다고 할 수 있다. 그래프의 형태가 일정하고 안정적인 패턴을 보이고 있기 때문에 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형은 적절하게 설정된 모형이라고 할 수 있다.

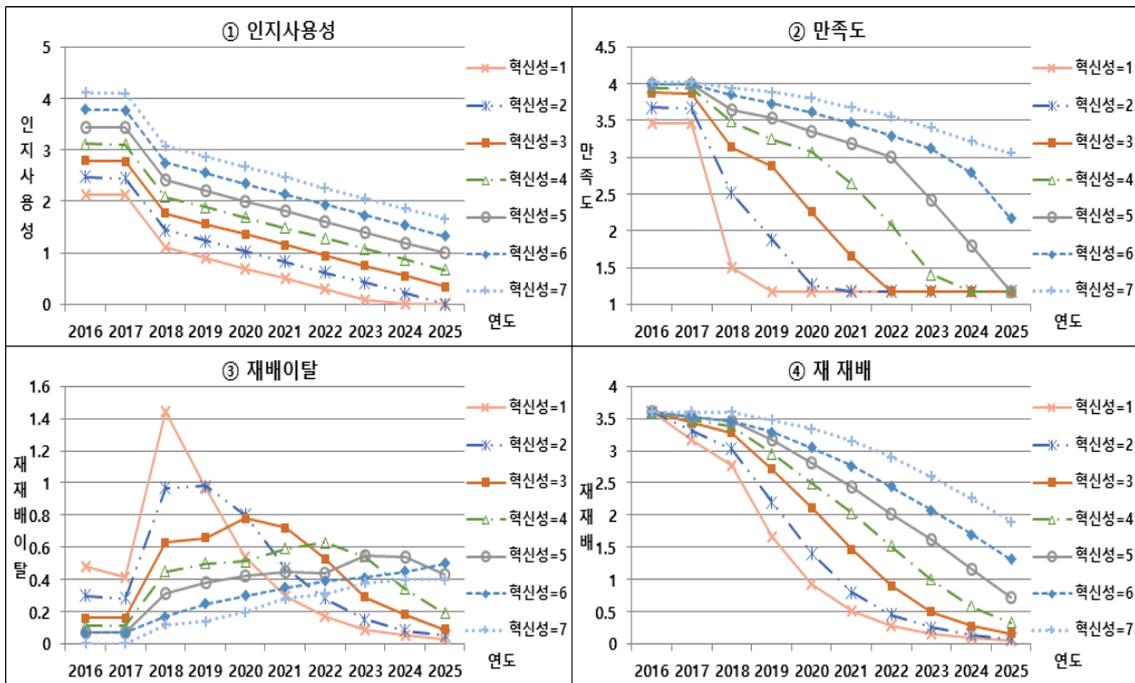
지각된 위험도 변수가 재 재배 변수에 미치는 영향도는 2~4년

차의 경우 기본모형의 평균치와의 차이가 각각 3.61, 4.61, 3.51로 매우 크게 나타났다. 그러나 시간이 경과하면서 9~10년차에는 각각 0.81, 0.50로 영향도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 2~4년 차에 잡초성 벼의 발생으로 인해 직파재배기술의 재 재배에 대한 결정이 위험에 대한 선호도(회피, 중립, 선호)에 따라 민감하게 반응함을 보여준다. 반면, 시간이 경과하면서 정부지원의 확대와 재배경험의 축적으로 인해 농민들이 위험도 수준에 덜 민감하게 반응한 결과라 할 수 있다. 이처럼 시간의 경과에 따라 위험도에 대한 재 재배의 민감도가 낮아져 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형이 강건해지는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 농민의 혁신성이 재 재배변수에 미치는 민감도는 1~7년차까지는 증가하다가 8년차부터는 감소하여 기본모형의 평균치로 접근하는 경향을 보였다. 그리고 혁신성의 영향도도 기본모형의 평균치와 거의 같은 패턴을 보이고 있고, 그 차이도 크지 않아 재 재배변수에 미치는 변화행태가 안정적이라 할 수 있다. 이와 같은 결과는 무논직파재배기술이 새로운 기술혁신수용에 대한 S-곡선이론과 마찬가지로 시간의 경과에 따라 도입기-성장기-성숙기를 거쳐 평준화되어가는 것으로 볼 수 있다.

본 시스템 다이내믹스(SD) 모형에서 상수변수가 재 재배농민의 수에 미친 영향도는 지각된 위험도 > 기술의 혁신성 > 신기술 특성 > 재배경험 순으로 나타났다. 또한 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형은 불확실성 변수들이 무작위적으로 변화하여도 재 재배에 미치는

(그림 5) 개인의 혁신성 변동분석



영향도와 기본모형의 평균치와의 차이가 크게 나타나지 않고 동태적으로는 감소하는 경향을 보여주고 있다. 그리고 신뢰구간을 나타내주는 그래프의 행태가 일정하고 안정적이어서 모형의 모든 변수들의 관계가 적절할 뿐 아니라 모형의 강건성도 확인할 수 있었다. 따라서 본 SD모형의 구조는 건전성(Verification)도 확보된 모형이라고 할 수 있다.

4.2. 개인의 혁신성

혁신성이란 외부로부터 새로운 지식과 정보를 소개 받거나 또는 습득한 경험이 없더라도 새로운 이념이나 기술 또는 제품을 수용하려고 하는 성향의 정도를 의미한다. 본 항에서는 무논직파재배 농민이 가지고 있는 혁신성의 차이가 직파재배기술에 반응하는 인지 사용성, 만족도, 신규진입, 재배이탈, 그리고 재 재배에 미치는 영향을 분석하였다. 모형에서 개인의 혁신성은 1~7단위로 1단위씩 증가하는 7개의 시나리오로 구성하였고, 그 외 모든 변수들의 값은 조사항목의 평균치를 사용하였다.

무논직파재배 농민이 직파재배기술에 느끼는 호감 및 유용성의 척도인 인지 사용성은 혁신성에 비례적으로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 혁신성이 인지사용성에 미치는 영향은 모든 혁신성의 수준에서 시간의 경과에 따라 동태적으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 모든 혁신성의 수준에서 3년차에 인지 사용성이

급격히 감소하였으며, 그 이후에도 인지사용성이 빠르게 감소하는 것으로 나타났다.

무논직파재배에 대한 만족도는 혁신성이 높을수록 큰 것으로 나타났다. 그러나 직파재배 만족도는 모든 혁신성의 수준에서 시간의 경과에 따라 동태적으로 감소하였다. 특히, 혁신성이 매우 낮은 수준(1 수준)에서는 3년차에 만족도가 매우 급격히 하락하는 것으로 나타났으며, 그 이후에는 최저치의 수준을 유지하였다. 전체적으로 혁신성의 수준이 높을수록 만족도의 하락 시기가 늦고 하락 폭이 작은 것으로 나타났다.

개인의 혁신성에 따른 재배이탈 수준은 혁신성이 높을수록 낮은 것으로 나타났다. 대부분의 혁신성 수준에서 3년차부터 재배이탈이 증가하는 것으로 나타났는데, 혁신성 수준이 낮을수록 재배이탈의 증가폭이 큰 것으로 나타났다. 특히, 혁신성이 가장 낮은 수준(1 수준)에서는 3년차에 재배이탈 수준이 매우 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 전반적으로 시간의 경과에 따른 재배이탈의 속도는 혁신성이 클수록 더딘 것으로 나타났다.

모형에서 재 재배농민의 수는 인지 사용성, 만족도, 신규진입, 그리고 재배이탈 등 4개 변수의 영향을 통합한 의미를 갖는다. 재 재배농민의 수는 혁신성이 높은 경우 현재 수준을 오랜 기간 유지하지만 혁신성이 낮은 경우는 5~7년 후에 거의 소멸하는 것으로 나타났다. 특히 혁신성이 1~3으로 낮은 농민은 2~3년차부터 직파재배를 이탈하는 포화기를 거쳐 5~7년차부터 쇠퇴기에 도달하게

됨을 알 수 있다. 반면에 혁신성이 6~7로 높은 농민의 경우는 재배의 초기치인 3.60을 3~4년간 유지하다가 그 후에 다소 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 혁신성이 높은 농민들의 경우 직파재배기술의 특성을 이해하고 재배기술상의 문제점들을 해결할 수 있는 능력을 갖추어 가기 때문인 것으로 생각된다.

4.3. 위험도

무논직파재배 농민이 지각하는 위험도란 직파재배에 따른 기대 성공률의 변동성을 의미한다. 본 분석에서는 무논직파재배를 하고 있는 농민들이 직파재배에 대해 인식하고 있는 위험도의 수준을 7점 리커트 척도로 사용하였다. 그리고 무논직파재배에 대한 위험도의 변화가 인지 사용성, 만족도, 신규진입, 재배이탈, 그리고 재 재배에 미치는 영향을 동태적으로 분석하였다.

농민의 인지 사용성은 지각된 위험도의 수준에 상관없이 시간의 경과에 따라 동태적으로 감소하였다. 인지 사용성의 동태적 감소폭은 지각된 위험도가 클수록 작았다. 특히, 지각된 위험도가 매우 큰 수준(7 수준)에서는 3년차부터 인지 사용성이 급격하게 감소하는 경향을 보였다.

지각된 위험도에 따른 직파재배의 만족도는 인지 사용성과 비슷한 경향을 보였지만 변화의 패턴은 다른 양상을 보였다. 전반적으로 지각된 위험도가 클수록 직파재배에 대한 만족도가 작았

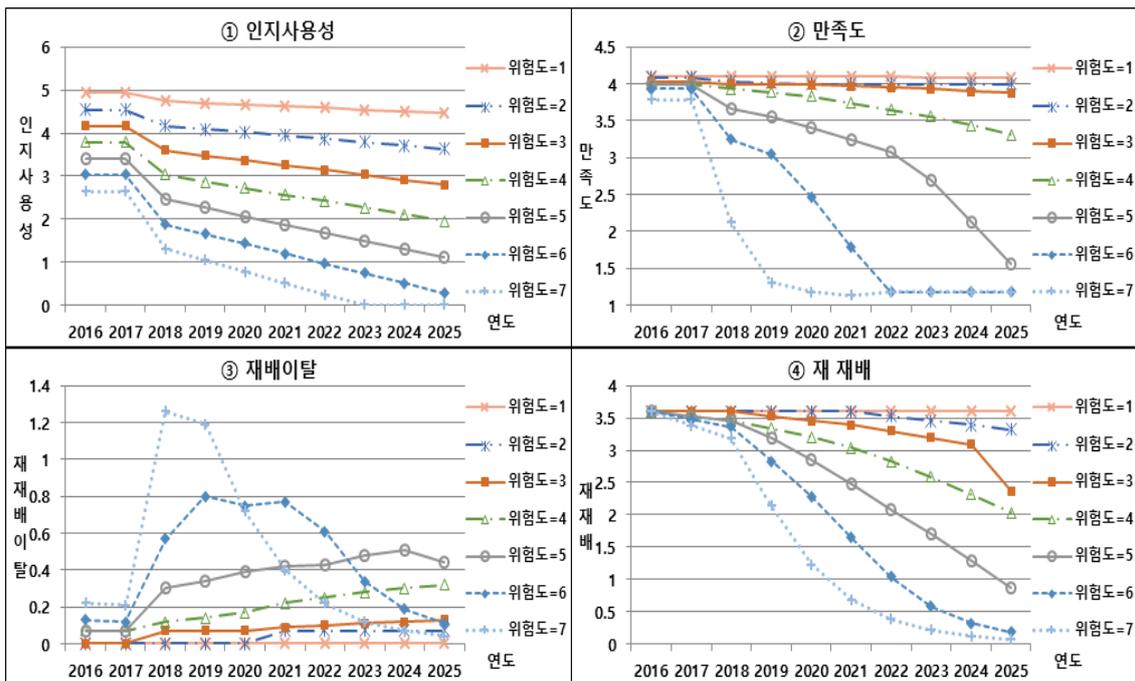
다. 그러나 시간의 경과에 따른 만족도의 동태적 패턴은 위험도가 낮은 1~4수준에서는 변화가 미미하였으며, 위험도가 높은 5~7 수준에서는 크게 감소하는 경향을 보였다. 특히, 최고 수준(7 수준)의 지각된 위험도에서는 3년차부터 직파재배에 대한 만족도가 매우 급격히 하락하여 4년차에는 최저치 수준에 도달하는 것으로 나타났다. 위험도 5~6수준에서도 3년차부터 직파재배에 대한 만족도가 빠르게 하락하는 것을 볼 수 있다. 이는 2~4년차부터 잡초성 비의 출현, 도복, 물 관리, 시비 및 병충해 방제 등의 문제점이 발생하여 직파재배에 대한 기대효용이 크게 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

직파재배 농민의 지각 위험도가 변화함에 따라 관행재배농민이 직파재배로 전환하는 정도를 나타내주는 신규진입은 모형의 특성상 별 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

반면, 지각된 위험도가 클수록 무논직파재배 농민의 이탈수준이 높은 것으로 나타났다. 위험도 수준이 낮은 1에서는 이탈 현상이 분석기간 동안 일어나지 않았고, 위험도 수준 3이상에서는 3년차부터 이탈현상이 발생하였다. 특히, 고위험도 수준에서는 3년차부터 이탈수준이 매우 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 시간의 경과에 따른 동태적 이탈수준은 위험도가 높을수록 빨리 나타나는 경향을 보였다.

이들 3개 요인의 영향을 통합한 재 재배 농민의 수는 위험도가 낮은 1~2수준에서는 시간이 경과하면서 거의 변화가 없는 것으

〈그림 6〉 지각된 위험도 변동분석



로 나타났다. 그러나 위험도 수준이 증가하면서 재 재배 농민의 수는 감소하는 경향을 보였고, 위험도가 클수록 감소폭도 증가하였다. 특히, 위험도 수준이 높은 7에서는 4년차부터 급격히 감소하여 6~8년차에 쇠퇴기에 도달하는 것으로 나타났다.

4.4. 지원단위 증가율

무논직파재배기술이 농민들에게 수용되고 확산되기 위해서는 재배기술의 교육, 재정 및 제도적인 지원이 함께 수반되어야 한다. 신기술에 대한 교육 및 지도는 현장에서 문제가 되고 있는 입모의 불안정, 잡초, 도복, 앵미 발생 등을 해결할 수 있는 관리 능력과 기술수준을 높이는 내용이 되어야 한다. 이는 농민들이 직파재배기술에 대한 이해도, 숙련도, 신뢰도 등이 부족하기 때문에 예기치 못한 상황이나 문제가 발생할 경우 직파재배를 중단할 수 있기 때문이다(최영찬 등, 2013).

모형에서 정부의 지원은 상수변수로서 교육, 기술, 행정, 금융 등을 포함하는 종합적인 지원을 의미한다. 시뮬레이션 분석은 정부지원의 수준을 초기치인 2에서 연차적으로 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5단위씩 증가하는 6개의 시나리오로 구분하여 실시하였다. 모형에서 현재의 정부지원 수준을 2로 가정하고 그 외의 모든 변수는 조사평균치를 초기치로 사용하였다. <그림 7>은 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형에서 정부지원 수준의 연차적 변동이 인지 사

용성, 만족도, 신규진입, 재배이탈, 재 재배에 미치는 동태적인 영향도를 보여준다.

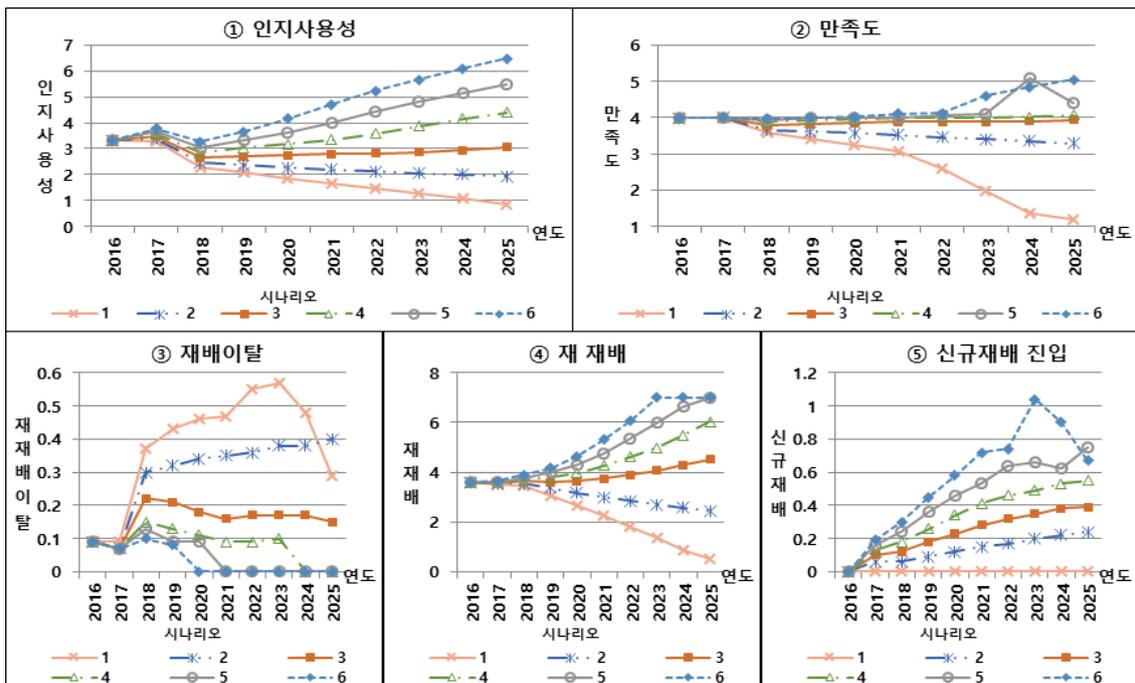
정부의 지원단위 증가에 따른 인지 사용성의 변화는 1~2년차까지는 증가하나 3년차에는 모든 시나리오에서 감소하였다. 3년차 이후에는 지원단위의 증가가 0과 0.1인 경우를 제외하고는 인지 사용성을 증가시켰으며, 특히 지원단위의 증가가 클수록 인지 사용성을 크게 증가시키는 것으로 나타났다.

정부의 지원단위 증가가 직파재배 농민의 만족도에 미치는 영향도도 증가단위가 0인 경우 3년차부터 만족도의 감소가 크게 나타났지만 증가단위가 0.1인 경우는 감소가 적게 나타났다. 반면에 증가단위가 0.2~0.5인 경우는 3년차 이후부터는 약하게 증가하는 경향을 보였다.

지원단위의 증가가 무논직파재배 농민의 이탈에 미치는 영향도는 직접적인 영향보다는 인지 사용성, 사용량, 그리고 만족도 변수의 영향과 연계되어 오는 간접적인 결과라고 할 수 있다. 직파재배 이탈 농민은 지원단위의 증가가 0.3, 0.4, 0.5인 경우에는 3년차에만 약간 발생하고 그 이후에는 발생하지 않았다. 그러나 증가단위가 0과 0.1인 경우에는 3년차부터 급격하게 증가하는 것으로 나타났다.

현장에서 관행재배 농민이 무논직파재배로 신규 진입하는 경우는 주위에서 무논직파재배를 하는 농민들의 권유와 함께 재배되고 있는 무논직파재배포장을 보고 수용을 결정을 하는 것이

<그림 7> 정부 지원단위 증가율 변동분석



일반적이다(김종인 등, 2013). 따라서 본 모형에서는 만족도와 정부 지원의 변화수준을 고려하여 직파재배에 대한 전환탄력도를 수식으로 정의하여 도출하였다. 직파재배로 신규 진입하는 농민의 수는 증가단위가 0인 경우를 제외하고 모든 시나리오에서 2년 차부터 증가하는 경향을 보였다. 그러나 0.5인 경우는 9년차부터 다시 감소하는 경향(1.04→0.90→0.67)을 보였다. 전반적으로 정부의 지원단위 증가가 클수록 신규 진입의 증가 폭이 증가하는 것으로 나타났다.

정부의 지원단위 증가가 0과 0.1일 때, 재 재배 농민의 수는 초기 2~3년차까지는 같은 수준을 유지하지만, 그 후부터는 크게 감소하는 경향을 보였다. 이는 잡초성 벼의 발생, 수확한 벼의 품질저하 등으로 농민들의 인지 사용성과 만족도가 저하되어 이탈하는 농민이 증가하기 때문이다. 현재의 지원수준인 2(증가단위=0)를 계속 유지할 경우 본 직파재배기술의 수명주기는 1~3년 간의 포화기를 거쳐 4년차부터 쇠퇴기에 진입하여 7~8년 후에는 거의 소멸되는 것으로 나타났다. 그러나 단위증가가 0.2 이상인 경우에는 시간이 경과하면서 재 재배 농민의 수가 모두 증가하는 경향을 보였다. 특히, 지원단위의 증가가 0.3인 경우는 3년차부터 도입기-성장기를 거쳐 수명주기가 계속 증가하는 것으로 나타났고, 지원단위의 증가가 0.4와 0.5인 경우에는 도입기-성장기-성숙기가 연장되어 수명주기가 10년차 까지 계속됨을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 벼 무논직파재배기술의 수용과 확산을 설명할 수 있는 시스템 다이내믹스(SD)모형을 형성하고, 다중적이고 피드백 작용이 있는 기술수용 요인간의 동태적이고 비선형적인 변화 행태를 컴퓨터 시뮬레이션 기법으로 분석하였다. 실증모형을 형성하기 위해서 기존의 기술수용모형(TAM), 후기수용모형(PAM), 계획행동이론(TPB) 모형에 관한 선행연구들과 벼 무논직파재배기술을 수용해서 재배하고 있는 농민들을 대상으로 직파재배에 영향을 미치는 요인들을 도출하였다. 도출된 요인들은 개인의 혁신성, 지각된 위험도, 재배경험, 신기술 특성, 주관적규범, 인지 사용성, 사용량, 만족도, 재 재배 등 9개 요인이다. 이와 같이 확인된 요인들이 정부의 관리적 정책에 의해 얼마나 영향을 받는지를 파악하기 위해서 모형의 외부변수로 정부의 정책적 지원을 포함하였다.

주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 벼 무논직파재배기술에서 농민들이 재 재배를 결정하는 다수의 요인들 간에는

인과순환적인 상호작용의 피드백구조가 내재하고 있었다. 따라서 직파재배의 만족도, 진입 및 이탈, 그리고 재 재배농민수의 변화는 동태적이면서 비선형적임을 확인할 수 있었다. 모형에서 상수변수인 지각된 위험도, 개인의 혁신성, 기술특성, 재배경험의 변동에 따른 재 재배의 민감도를 분석결과, 지각된 위험도 > 개인의 혁신성 > 기술특성 > 재배경험 순으로 영향도가 나타났다. 이들의 영향도와 기본모형의 평균치 간의 차이는 동태적으로 감소하였으며, 그 패턴이 일정하고 안정적으로 나타나 모형구조의 적정성과 강건성을 확인할 수 있었다. 따라서 본 시스템 다이내믹스(SD) 모형의 타당성(건전성)이 인정되었다. 향후 본 모형을 기반으로 하여 벼 직파재배의 변화, 진화, 발전, 그리고 쇠퇴의 행태를 예상할 수 있어 적절한 정책 처방과 대책을 수립하는데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 개인의 혁신성이 높은 농민은 현 직파재배 수준을 오랜 기간 유지하지만 혁신성이 낮은 농민은 3년차부터 감소하여 5~7년차에는 쇠퇴기에 도달하는 것으로 나타났다. 즉, 혁신성이 높은 농민들의 경우 직파재배과정의 특성과 기술을 적극적으로 수용함으로써 기술상의 문제점을 해결할 수 있음을 의미한다. 이는 개인의 혁신성이 높을수록 지각된 수용성과 용이성에 긍정적인 영향을 미쳐 새로운 기술 수용 및 사용이 확대된다는 선행연구와도 일치하는 내용이다(Agarwal & Prasad, 1997; Kishore et al., 2001; Lee, et al., 2009). 그러나 무논직파재배기술은 새로 개발된 농사기술이기 때문에 주로 조기수용자(Early Adopters)들을 중심으로 국한되어 재배되고 있는 것이 현실이다. 특히 직파재배기술은 2~3년차부터 발생하는 앵미와 잡초발생이라는 문제점이 있어 이 시점에서 많은 사용자들이 이탈하는 기술상의 개즘(Chasm) 현상이 발생한다. 따라서 무논직파재배기술의 보급은 초기에는 혁신성을 중시하는 혁신수용자(Innovators) 및 조기수용자를 중심으로 확산을 추진하고, 기술이 어느 정도 안정적으로 정착되는 4~5년 이후에는 다수수용자(Majority)와 지각수용자(Laggards)들을 자극하는 수용확산전략을 추진할 필요가 있다(Rogers, 1995).

셋째, 농민들이 지각하고 있는 위험도 요인은 직파재배의 확산에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 직파재배의 위험도가 높아지면 기대 성공률에 대한 불확실성이 증가한다. 불확실성의 증가는 인지 사용성과 만족도를 감소시킴으로써 직파재배의 이탈을 증가시킨다. 이는 고객들이 지각하는 위험도가 새로운 서비스나 기술의 수용에 대한 인지유용성과 사용용이성에 부정적인 영향을 줌으로써 수용 및 사용을 저해한다는 Jarvenpaa & Todd(1997)의 연구결과와 일치한다. 민감도 분석결과, 지각된 위험도는 재 재배에 미치는 영향도가 가장 큰 변수이며, 2~4년차에

는 기본모형과 3.5~4.2척도의 큰 차이를 보였다. 이는 2~4년차에 발생하는 잡초성 벼로 인해 위험선호도(회피, 중립, 선호)에 따라 직파기술의 재 재배를 결정하는데 큰 차이가 존재함을 의미한다. 농민들은 위험이 증가하면 기대효용이 감소하는 위험 회피형이 대부분이다. 따라서 기술교육, 재해보험 등의 위험경감 및 위험전가 수단을 통해 직파재배기술의 위험도를 낮추는 정책지원이 필요하다(나운규 등, 2008).

넷째, 정부지원은 인지 사용성과 만족도를 증가시키고 재 재배의 이탈을 방지해 주는 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 정부의 지원단위 증가가 0인 현재의 수준에서는 직파재배의 수명주기가 1~3년간의 포화기를 거쳐 4년차부터 쇠퇴기에 진입하여 7~8년 후에는 거의 소멸하는 것으로 나타났다. 그러나 지원단위 증가가 0.2이상인 경우에는 시간이 경과에 따라 직파재배의 수명주기가 모두 증가하는 경향을 보였다. 특히 지원단위 증가가 0.3인 경우는 3년차부터 도입기-성장기를 거쳐 수명주기가 증가하고, 지원단위 증가가 0.4와 0.5인 경우는 도입기-성장기-성숙기가 10년차까지 연장되는 것으로 나타났다. 이는 새로운 기술혁신이 확산되는 과정에서 정부의 역할이 위로부터의 혁신이라고 정의한 Rogers (2003)의 연구결과를 뒷받침한다.

이 연구에서는 무논직파재배농민들이 직파재배를 유지·확산 또는 중단할 것인가를 결정하는데 영향을 주는 요인들의 변화가 재 재배 변수에 미치는 동태적 영향과 패턴을 알아보았다. 다양한 실험적인 전략을 압축해서 실행할 수 있는 시스템 다이내믹스(SD) 시뮬레이션은 농가와 정부가 무논직파재배에 대한 보다 효율적이고 적절한 전략을 선택해서 운영할 수 있도록 도움을 줄 것이다. 또한, 개인적인 차원에서 기술사용의 확산을 추론하는 기존의 시스템 다이내믹스(SD)모형에 추가적으로 제도적이고 조직적인 차원의 정부지원 요인을 포함하여 분석함으로써 학술적으로도 기여하는 바가 크다.

다만, 벼 무논직파재배기술 사용 및 확산에 대한 전체적인 구조는 통계적인 건전성을 확보하였으나 세부적으로는 의사결정자의 연령 및 경력과 같은 개별 특성, 자연환경 및 사회·문화적 여건과 같은 집단 특성이 고려되지 못한 한계가 있다. 이러한 제한사항들의 보완은 향후 농가 및 정책지원 전략의 해를 구하는데 보다 현실적이고 유용한 방법이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김상현, & 송영미. (2017). 오픈소스: 소프트웨어 확산에

영향을 주는 조직필요성 및 기술필요성 요인과 정부지원의 조절효과에 대한 실증연구. *Information Systems Review*, 12(3), 89-116.

2. 김웅, 이기권, 유영석, & 최돈우. (2014). 오디 시설재배 조기 확산을 위한 수용요인분석. *농촌지도와 개발*, 21(2), 29-56.

3. 김종인, 길철순, 김기태, & 김원경. (2013). 마을단위 농업 경영체 조직전략 및 운영요소 도출 연구. *농촌지도와 개발*, 20(3), 777-822.

4. 나운규, 홍병숙, & 강성민. (2008). 인터넷 쇼핑에서의 지각된 가치와 위험이 패션상품 구매의도에 미치는 영향에 관한 연구. *한국의류학회지*, 32(8), 1213-1225.

5. 서현석, 김준호, & 이봉규. (2010). IPTV서비스의 수용과 확산을 위한 정부정책 프레임워크 분석. *한국인터넷정보학회*, 11(5), 37-58.

6. 정구현, 최영찬, 박훈돈, & 장익훈. (2010). 농업인의 혁신 기술 수용 및 지속적 사용 변수간의 관계. *농업교육과 인적자원개발*, 42(3), 109-137.

7. 최영찬. (2013). 농식품산업의 변화와 연구·지도사업의 과제: 지역R&D와 현장지도의 강화를 위해. *농촌지도와 개발*, 20(4), 839-869.

8. Abdullah, F., & Ward. R. (2016). Developing a general extended technology acceptance model for e-learning (getamel) by analyzing commonly used external factors. *Computer in Human Behavior*, 56, 238-356.

9. Agarwal, R., & Prasad, J. (1999). Are individual differences germane to the acceptance of new technologies? *Decision Sciences*, 30(2), 361-391.

10. Agarwal, R., & Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS Quarterly*, 24(4), 665-694.

11. Aizstrauta, D., Ginters, E., & Eroles, M-A. P. (2015). Applying theory of diffusion of innovations to evaluate technology acceptance and sustainability. *Procedia Computer Science*, 43, 69-77.

12. Ajili, A., Salehi, S., Kurosh, RM., Hayati, D., & Karbalaee, F. (2012). Estimating the Model of investigating attitude and intention in the usage of variable rate irrigation technology. *American Journal of Experimental Agriculture*, 2(3), 542-556.

13. Ajzen, I. (1988). *Attitudes, Personality, and Behavior*. Chicago: Dorsey Press.

14. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211.
15. Ajzen, I. (2002). Perceiver behavioral control, self-efficiency, locus of control, and the theory of planned behavior. *Journal of Applied Social Psychology*, 32, 665-683.
16. Belanger, F., & Carter, L. (2008). Trust and risk in e-government adoption. *The Journal of Strategic Information Systems*, 17(2), 1-15.
17. Bhattacharjee, A. (2001a). Understanding information system continuance: an expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 25(3), 351-370.
18. Bhattacharjee, A. (2001b). An empirical analysis of the antecedents of electronic commerce service continuance. *Decision Support Systems*, 32, 201-214.
19. Colesca, S. E., & Dobrica, L. (2008). Adoption and use of e-government services: the case of romania. *Journal of Applied Research and Technology*, 6(3), 204-217.
20. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340.
21. Fanta, G. B., Pretorius, L., & Erasmus, L. (2016). A system dynamics model of ehealth acceptance: A sociotechnical perspective. Paper presented at the International Association for Management of Technology, JAMOT Conference Proceeding, 259-271.
22. Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
23. Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge, MA: MIT Press.
24. Forrester, J. F. (1987). Lessons from system dynamics modeling. *System Dynamics Review*, 3(2): 136-149.
25. Hellier, P. K., Geursen, G. M., Carr, R. A., & Rickard, J. A. (2003). Customer repurchase intention: A general structural equation model. *European Journal of Marketing*, 37(11), 1762-1800.
26. Hung, S. Y., Chang, C. M., & Yu, T. J. (2006). Determinants of user acceptance of the e-government services: The case of online tax filing and payment system. *Government Information Quarterly*, 23(1), 97-122.
27. Islam, M., & Kellermanns, F. (2006). Firm- and individual-level determination of scorecard usage. *Canadian Accounting Perspectives*, 5(2), 181-207.
28. Jarvenpaa, S. L., & Todd, P. A. (1997). Consumer reactions to electronic shopping on the world wide web. *Journal of Electronic Commerce*, 1(2), 59-88.
29. Jeffres, L., & Atkin, D. (1996). Predicting use of technologies for communication and consumer needs. *Journal of Broadcasting and Electronic Media*, 40, 318-330.
30. Kim, D. H. (2000). A simulation method of cognitive maps. Paper presented at the 1st International Conference on System Thinking in Management, Deakin University, Australia.
31. Kishore, R., Lee, J., & Mclean, E. R. (2001). The role of personal innovativeness and self-efficacy information technology acceptance: An extension of tam with notions of risk. Paper presented at the *International Conference on Information Systems(ICIS)*, Paper 57, 469-474.
32. Lee, D., Rhee, Y., & Dunham, R. B. (2009). The role of organizational and individual characteristics in technology acceptance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(7), 623-646.
33. Legris, P., Ingham, J., & Collerelle, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management*, 40(3), 191-204.
34. Leonard-Barton, D. (1988). Implementation as mutual adaptation of technology and organization. *Research Policy*, 17(5), 251-267.
35. Martin, I. M., & Stewart, D. W. (2001). The differential impact of goal congruency on attitudes, intentions, and the transfer of brand equity. *Journal of Marketing Research*, 38(4), 471-484.
36. Noyes, J. M., & Garland, K. J. (2006). *International encyclopaedia of ergonomics and human factors* (3119-3121). Karwowski, W. (ed.). Taylor & Francis Group.
37. Pavlou, P. (2003). Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. *International Journal of Electronic Commerce*, 7(3), 101-134.
38. Powersim Software AS. (2016). *Powersim studio user's guide*. Dreggen, Bergen, Norway.
39. Rogers, E. M. (1995, 2003). *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.
40. Sandstrom, A. R. (2008). Ritual economy among the

Nahua of Northern Veracruz, Mexico. Dimensions of Ritual Economy, edited by E. Christian Wells and Patricia A. McNany. *Research in Economic Anthropology*, 27. JAI Press, Bingley, UK.

41. Sang, G., Valcke, M., Braak, J., & Tondeur, J. (2010). Student teachers' thinking processes and ICT integration: Predictors of prospective teaching behaviors with educational technology. *Computers & Education*, 54(1), 103-112.
42. Shih, C. F., & Venkatesh, A. (2004). Beyond adoption: Development and application of a use-diffusion model. *Journal of Marketing*, 68(January), 59-72.
43. Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: System thinking and modeling for complex world*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
44. Sterman, J. D. (2001). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Japanese Journal of System Dynamics*, 2, 79-96.
45. Taylor, M., Wang, W., & Banan, M. (1996). *Internetwork mobility: The CDPD approach*. New York: Prentice Hall.
46. Teo, T., Su Luan, W., & Sing, C. C. (2008). A cross-cultural examination of the intention to use technology between Singaporean and Malaysian pre-service teachers: An application of the technology acceptance model. *Educational Technology & Society*, 11(4), 265-280.
47. Thong, J. Y. L., Hong, S. J., & Tam, K. Y. (2006). The effect of post-adoption beliefs on the expectation-confirmation model for information technology continuance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64(9), 799-810.
48. Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46, 186-204.
49. Wangpipatwong, S., Chutimaskul, W., & Papisraton, B. (2008). Understanding citizen's continuance intention to use e-government website: A composite view of technology acceptance model and computer self-efficacy. *The Electronic Journal of e-Government*, 6(1), 55-64.
50. Ye, C., Seo, D. B., Desouza, K. C., Sangareddy, S. P., & Jha, S. (2008). Influences of IT substitutes and user experience on post-adoption user switching: An empirical investigation. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 59(13), 2115-2132.
51. Zhu, K., Kromer, K., & Xu, S. (2006). The process of

innovation assimilation by firms in different countries: A technology diffusion perspective on e-business. *Management Science*, 52(10), 1557-1776.

Received 18 April 2017; Revised 25 May; Accepted 10 June 2017



Seongsup Kim is a researcher at the Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University, South Korea. His research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance. Address: (28644)Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju, South Korea. e-mail) kss2486@nate.com



U Seok Jung is a researcher at the Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University, South Korea. His research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance. Address: (28644)Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju, South Korea. e-mail) jws0608@chungbuk.ac.kr



Jihee Ha is a researcher at the Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University, South Korea. Her research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance. Address: (28644)Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju, South Korea. e-mail) ghha6877@nate.com



Dr. Sangtaek Seo is a Professor at the Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University, South Korea. His research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance. Address: (28644)Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju, South Korea. e-mail) stseo@cbnu.ac.kr