

재배부문 저탄소농업 기술보급 확대를 위한 농업인 선호정책 분석

정학균* · 광혜선** · 한재환***†

*한국농촌경제연구원 거시농정연구본부 선임연구위원, **한국농촌경제연구원 거시농정연구본부 연구원, ***국립순천대학교 농업경제학과 교수

Agricultural policy preferences for promoting low-carbon agricultural technologies in crop cultivation

Jeong, Hak-Kyun* · Kwak, Hye-Sun** and Han, Jae-Hwan***†

*Research Director, Dept. of Macro-Agricultural Policy Research, Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea

**Researcher, Dept. of Macro-Agricultural Policy Research, Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea

***Professor, Dept. of Agricultural Economics, Suncheon National University, Suncheon, Korea

ABSTRACT

Achieving the 2030 Nationally Determined Contribution (NDC) reduction target in Korea's agricultural sector requires the widespread adoption of greenhouse gas (GHG) mitigation technologies. Beyond mere dissemination of technologies, policy design that incorporates farmer acceptance and preferences is essential for effective implementation. This study investigates how farmers' socio-economic characteristics and perceptions of climate change influence their preferences for policies promoting the off-field utilization of rice straw and the reduction of nitrogen fertilizer use. An online survey of 180 rice farmers was conducted in November 2024, and a Multinomial Logit model was employed to estimate the determinants of policy choice. The analysis revealed that, for nitrogen fertilizer reduction, "education and promotion on proper fertilizer use" and "economic incentives" were the most preferred policies; for rice straw utilization, "economic incentives" and "technical training" were prioritized. Willingness to participate in the Carbon Neutrality Program exceeded 80%, depending on the payment level. Moreover, climate change perception, education level, income, region, and farming experience significantly influenced policy preferences. Regional differences were pronounced: farmers in the Chungcheong region preferred "securing sales channels for livestock farms" while those in the Yeongnam region favored "technical training" for rice straw utilization. These findings underscore the necessity of differentiated policy designs that combine economic and non-economic support measures, while strengthening farmers' awareness, education, and promotional activities. The results provide practical insights for designing targeted GHG mitigation policies that align with diverse farmer needs and contribute to the effective achievement of national climate goals.

Key words : Greenhouse Gas Mitigation, Low-Carbon Agriculture, Farmer Preferences, Multinomial Logit Model, Policy Design

1. 서론

기후변화는 농업부문에 여러 가지 형태의 부정적 파급 영향을 미치고 있으며, 이에 따라 온실가스의 감축과 농

업부문의 기후변화 대응 전략에 대한 관심이 계속적으로 확대되고 있다. 특히 농업은 주요 온실가스 배출원 중 하나로 지목되고 있으며, 국제사회에서는 농업부문에서도 감축 기여를 요구하고 있다. 파리협약에 따른 신기후체제

†Corresponding author : jghan@scnu.ac.kr (255, Jungang-ro, Suncheon-si, Jeollanam-do (Seokhyeon-dong), 57922, Korea. Tel. +82-61-750-3275)

ORCID 정학균 0000-0002-9153-3667
광혜선 0009-0008-9563-2137

한재환 0000-0001-5495-6268

에서 기후변화협약에 가입한 모든 당사국에게 온실가스 감축 의무가 부과되었으며, 2015년에 채택된 파리협정은 이행협정 및 장기목표 달성 가능성을 평가하는 전 지구적 이행점검(global stocktaking)을 5년 주기로 운영하도록 규정하였다¹⁾. 2017년 COP23에서는 농업과 기후변화의 상호작용을 다루기 위한 코로니비아 합동작업(Koronivia Joint Work on Agriculture, KJWA)이 출범되었는데 주요 의제 가운데 하나로 ‘온실가스 감축 기회’가 제시되었다.

우리나라는 2015년 6월에 2030년 배출전망치 대비 37%를 감축목표로 제출하였으며, 이후 2018년 7월 ‘2030 국가 온실가스 감축 수정로드맵’을 마련하고 ‘저탄소 녹색성장 기본법 시행령’을 개정(2019년 12월)하는 등 감축 목표 이행을 위해 노력해왔다. 2021년 10월에는 감축목표를 “2018년 온실가스 총배출량 대비 40% 감축”으로 기존 목표인 2018년 온실가스 총배출량 대비 26.3% 감축에서 대폭 상향하였다. 농축수산부문의 온실가스 배출량은 2018년 24.7백만 톤에서 2030년 18.0백만 톤으로 설정되어 27.1% 감축이 목표가 되었다. 이에 따라 우리나라 또한 농업부문에서의 온실가스 감축을 위한 다양한 정책과 기술개발을 추진하고 있다.

벼짚무시용과 질소비료 사용량 감축은 농업부문 온실가스 배출 저감에 있어 핵심 기술로 꼽히며, 관련 정책 지원이 이루어지고 있다. 온실가스 감축 기술의 현장 확산을 위해서는 단순한 기술보급을 넘어 농업인의 수용성과 선호를 반영한 정책 설계가 필수적이다. 선행 연구들에서는 주로 기술적 가능성과 경제적 효과성에 초점을 맞추었으나, 농업인의 정책 선호도에 대한 실증적 분석은 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 농업인의 사회·경제적 특성과 기후변화 인식이 벼짚무시용 및 질소비료 저감 활성화와 정책에 대한 선호에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하고자 하였다. 이를 위해 2024년 수도작 재배 농업인을 대상으로 설문조사를 실시하고, 다항로짓 모형을 활용한 실증 분석을 수행하였다. 본 연구는 농업인의 수요에 기반한 정책 설계 방향성을 제시하고, 향후 온실가스 감축 정책의 실효성 제고를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

저탄소농업 기술보급 확대를 위한 농업인 선호정책 분석 관련 연구들이 국내외에서 제한적으로 이루어졌다. Jeong et al. (2016)은 농업인 정책선호 선택실험 예시와 속성 설계를 제시하였다. Jeong, Sung, et al. (2021)은 농

업인 인식조사와 더불어 감축수단과 정책수단 비교하고 적절한 보급전략을 제시하였다. Jeong, Lim, et al. (2021)은 설문조사와 프로빗 모형을 통해 저탄소농업 지원정책 참여요인을 분석한 결과, 경지 규모, 교육 참여도, 정책·감축목표 인지도, 영농경력이 참여 확률을 높이는 요인으로 나타났다. So et al. (2023)은 벼 재배 농가와 시설 재배 농가를 대상으로 온실가스 감축기술 도입 의향에 영향을 미치는 요인을 분석하였고 젊은 농가의 경우 경제적 지원, 고령 농가의 경우 교육·홍보 강화, 벼 재배 농가의 경우 신기술 개발, 시설 농가의 경우 초기비용 지원이 중요하다고 제안했다. So and Han (2024)은 397명의 농업인 설문을 통해 신재생에너지 수용성 결정요인을 분석했으며, 온실가스 감축 인식이 높을수록 도입 가능성이 커짐을 확인했다. 이를 바탕으로 교육·홍보 강화, 농업인 주도 사업 모델 발굴, 경제적 인센티브와 기술·설비 지원 확대를 제안했다. Jebari et al. (2024)은 영국 농지관리자 201명을 대상으로 온실가스 감축기술 도입 의향에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 농가·지역 주도의 정책 인센티브 필요성을 제시했다. Block et al. (2024)은 독일 농가를 대상으로 탄소격리 프로그램 참여 의향을 분석한 결과 탄소격리 축적 의지, 보조금 극대화 의향, 높은 가축 사육밀도는 참여를 촉진하며, 농장 규모와 위험 성향이 프로그램 설계 선호에 영향을 미침을 분석하였다. Cuong et al. (2024)은 벼짚 소각 대체 관행 보급을 위한 금전적 인센티브·기계화·거버넌스 속성의 효과 추정하였다. Halysia et al. (2025)은 물-에너지-식량-생태(WEFE) 연계형 저탄소 전략에 대한 농가 선호를 분석하였다. 또 Inkoom and Dadzie (2025)는 기후스마트 지도·컨설팅 서비스에 대한 WTP를 추정하였다.

선행연구들은 주로 농업인의 온실가스 감축기술 인식과 수용 의향, 저탄소농업 정책 참여 요인 등을 분석하였으며, 경제적 지원·교육·홍보 등의 필요성을 주로 제시했다. 하지만 벼짚무시용과 질소비료 저감 같은 개별 기술에 대한 구체적 정책 선호 분석은 부족했다. 기존 연구가 기후변화 대응 정책 전반 또는 채택 여부만을 다룬 데 비해, 본 논문은 벼짚무시용과 질소비료 감축 기술을 구체적으로 구분하여 각각의 정책 대안을 분석했다. 또한 로짓/프로빗이나 선택실험(DCE) 방식 대신 다항로짓 모형을 활용해 여러 정책 대안을 동시에 비교하고 선택 확률을 실증적으로 추정했다. 그뿐만 아니라 기술별로 서로

1) 파리협정 제4조 제12항에 따라 모든 당사국들은 자발적 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 주기적으로 기후변화협약 사무국은 이를 공공등록부로 관리해야 한다.

다른 참조 범주(reference category)를 설정해 세부 선호 차이를 분석함으로써 정책 설계에 더 정밀한 시사점을 제시했다.

2. 재배부문의 저탄소농업 기술

2.1. 재배부문 주요 기술

2022년 기준, 농작물 재배(경종) 부문(벼재배, 농경지 토양, 작물잔사소각)은 10.1백만 톤을 배출하여 감축잠재량이 적지 않음에도 불구하고 재배부문의 감축기술은 축산, 에너지부문에 비해 상당히 제한적인 것으로 알려져 있다. 2020로드맵과 2030로드맵을 보면 간단관개 기술을 제외하고는 재배부문 감축 기술이 다양하지 못하였다. 따라서 농업부문의 2030 NDC 목표를 달성하기 위해서는 재배부문에서 감축 효과성이 높은 기술을 발굴할 필요가 있다.

2.1.1. 볏짚무시용

최근 우리나라에서 새롭게 부각되고 있는 감축기술이 볏짚무시용이다. 농경지 유기물 투입은 일반적으로 수확 후 사용되지 않은 농산 부산물을 농경지로 환원하는 것을 말하며, 논에서의 대표적인 유기물 투입은 볏짚 환원으로 정의할 수 있다. 따라서 유기물 무시용은 볏짚을 환원하지 않는 것을 의미한다. 그런데 볏짚을 환원하지 않을 경우 논 유기물이 부족하기 때문에 가축분 퇴액을 대신 사용하게 된다.

논벼 생산 시 사용하는 유기비료인 볏짚·보릿짚 유기물 환원 면적 비율은 2017~2019, 2021년 Agriculture, Forestry and Fisheries Census (Statistics Korea)의 마이크

로 데이터를 근거로 산출된다. 1990년부터 2016년은 조사 자료가 없으므로 2017년 비율인 47.19%, 2018, 2019, 2021년은 농림어업조사를 근거로 산출한 46.03%, 55.93%, 64.02%이다. 2020년은 데이터의 일관성을 위해 2019년, 2021년 농림어업조사 값을 내삽하였다.

논의 경우 볏짚 환원 양 및 환원 시기 등 유기물 관리 형태에 따라 메탄 배출량이 현격히 차이가 난다. 농경지 볏짚 생산량(6톤/ha)을 전부 해당 논으로 환원할 경우 메탄 배출량은 2.5배 높아진다(Table 2). 2021년 기준 전체 논의 43.95%(National Greenhouse Gas Inventory Report 2023)가 유기물을 농경지로 환원하는 것으로 평가되어 인벤토리 상에 반영되고 있다.

가축분뇨 퇴액비의 경우 유기물과 비료가 혼합된 물질이며, 볏짚과 달리 난분해성 유기물로 구성되어 있어 논에서는 일부 메탄의 증가 요인과 토양 탄소 증가 요인 두 가지로 처리되고 있다(Ministry of Environment, 2009). 퇴액비 투입에 의한 메탄의 배출 증가는 3~8% 정도로 평가된다. 단 최근의 연구 등에 따르면 부숙퇴비가 논 토양의 토양성상(떼알구조 등)을 변화시켜 물빠짐을 원활하게 하는 작용을 하여 메탄 배출을 줄일 수 있다는 보고도 있기 때문에, 관련하여 Tier2 수준의 국내 계수를 개발한다면 퇴액비의 투입이 반드시 메탄 배출을 증가시킨다고 평가하지 않아도 된다(Korea Agricultural Technology Promotion Agency, n.d.). 또한, 퇴액비의 유기물 투입에 의한 농경지 유기탄소 증가는 3% 내외로 평가된다(Korea Agricultural Technology Promotion Agency, n.d.). 볏짚의 환원이 메탄 배출을 증가시킨다는 해외 연구를 보면 볏짚 환원이 메탄 배출을 증가시킨다는 결론을 도출하고 있다(Yan et al., 2009).

Table 1. Share of agricultural land under organic matter recycling with rice and barley straw (1990~2021)

1990-2017	2018	2019	2020	2021
47.19	46.03	55.93	59.98	64.02

Source: Statistics Korea (2017~2019, 2021)

Table 2. Correction factor by amount of organic matter applied

Organic matter application rate (dry weight basis)	Correction factor
5-7 ton/ha	2.5

Note: Country-specific emission factors applied (approved in 2014).

Source: Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea, Ministry of Environment (2023), pp. 5-22.

Table 3. Mitigation technologies and targets of the 2030 NDC

Mitigation technologies	Target of the 2030 NDC
Intermittent irrigation (≥ 2 Weeks) (%)	61.1
Intermittent shallow flooding - Proportion to intermittent irrigation (%)	10
Nitrogen fertilizer reduction (N kg/ha)	115
Biochar supply (tons)	40,500

Source: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2021).

2.1.2. 질소질비료 저감

농업분야의 탄소중립 추진전략은 2021년 12월에 발표되었으며, 재배, 축산, 에너지부문별로 2030 NDC 감축기술과 감축목표가 제시되었다. 재배부문은 물관리, 질소질비료 저감, 바이오차 보급량 등 세 가지 감축기술이 포함되었다.

2023년 기준 감축 이행 현황을 살펴본 결과, 2016년부터 2주 이상 간단관개 면적은 증가 추세로 나타나 2030년에는 감축목표를 상회할 것으로 예상되었으나, 질소질비료 저감의 경우 2030년까지 115 kgN/ha로 감축이 목표인 것에 반해 2023년 기준 137 kgN/ha로 나타나 현실적으로 달성하기 어려울 것으로 나타났다²⁾(Jeong et al., 2024). 따라서 향후 적절한 정책수단을 통해 질소질비료 저감목표를 달성하기 위해 노력할 필요가 있다.

2.2. 보급 관련 정책

볏짚무시용과 관련된 정책은 경축순환농업과 연관성이 있다. 즉, 볏짚을 가축에게 사료로 사용하고 가축분 퇴비를 생산하여 경종농가의 벼재배의 비료로 사용하게 하는 것이다. 이를 위해, 정부는 가축분 퇴비화 사업을 통해 농업인을 지원하고 있다. 하지만 볏짚무시용에 대해 명시적으로 저탄소농업 프로그램이나 농업환경보전프로그램을 통해 지원하고 있지는 않다. 따라서 볏짚무시용 수단에 대해 농업인의 인식을 기초로 적절한 정책이 필요하다.

질소질비료 저감의 경우는 볏짚무시용에 비해서는 정책적 지원이 많이 이루어지고 있다고 할 수 있다. 앞서서도 언급한 것처럼 질소질비료 저감은 2030 NDC의 감축기술로 관리되고 있으며, 공익형직불금의 수령조건으로 시비처방에 따른 적정 비료 투입이 포함되어 있다. 또한 농업환경보전프로그램을 보면 완효성 비료 사용이나 토

양검정 및 비료 처방에 따른 적정 시비에 대해 지원을 함으로써 질소비료 감축을 유도하고 있다.

이상에서 살펴본 것처럼 볏짚을 무시용하고 퇴액비를 투입할 경우 볏짚 시용을 하는 경우보다 온실가스를 감축시키는 효과가 있으며, 볏짚·보릿짚 유기물 환원 면적비율이 2021년 기준 64.02%로 높은 점을 감안할 때 적절한 선택 정책수단을 도입할 필요가 있다. 또 질소질비료 저감은 2030 NDC 감축기술에 포함되었으나 이행상황을 평가해 볼 때 목표를 달성하기 쉽지 않을 것으로 보이므로 마찬가지로 기술보급을 확대시킬 수 있는 최적의 정책수단을 도출할 필요가 있다.

3. 연구 방법

3.1. 농업인 조사 방법

농업인의 기후변화 대응을 위한 온실가스 감축 기술의 인식과 정책 선호도를 파악하기 위해 2024년 11월 한 달간 수도권 재배농가 180농가를 대상으로 온라인 설문조사를 실시하였다. 설문에는 대부분 남성이 참여하였으며, 교육 수준은 고등학교 졸업이 40.6%로 가장 높은 비율을 기록하였다. 설문참여자의 연 농업소득은 1천~2천만 원이 가장 많았고, 2천~3천만 원 미만과 3천~5천만 원 미만이 각각 20.0%로 동일한 비율을 보였다. 지역별로는 호남 및 제주 소재 농업인이 38.8%를 기록하여 가장 높은 비율을 보였다. 응답자가 호남 및 제주에 상대적으로 집중되어 나타난 것은 전국의 논 면적이 호남에 집중된 영향으로 보인다. 통계청의 2024년 농업면적조사에 따르면 호남 및 제주지역의 논 경지면적은 37.25%로 설문조사의 응답자 분포와 비슷한 양상을 나타낸다.³⁾

2) 「농업조사」 결과를 살펴보면, 논물 알계 걸러대기를 시행했다는 농가가 매우 높은 비중으로 나타나 통계자료의 신뢰성에 의문이 있는 상황이고, 바이오차 보급은 현재 보급량에 관한 통계자료가 없어 이 논문에서는 이행평가 결과를 제시하지 않음.

3) 2024년 전국의 논 경지면적은 761,011 ha로 호남 및 제주 지역의 논 경지면적은 283,500 ha (37.25%), 강원 및 경기 지역의 논 경지면적

Table 4. Socio-economic characteristics of the respondents

	Label	Number of respondents	Percentage (%)
Gender	Male	164	91.1
	Female	16	8.9
Educational attainment	Elementary school graduate or less	9	5.0
	Middle school graduate	23	12.8
	High school graduate	73	40.6
	College graduate	67	37.2
	graduate degree	8	4.4
Annual agricultural income	Less than 10 million KRW	19	10.6
	10 ~ 20 million KRW	40	22.2
	20 ~ 30 million KRW	36	20.0
	30 ~ 50 million KRW	36	20.0
	50 ~ 70 million KRW	23	12.8
	70 million KRW or more	26	14.4
Farming region	Gangwon and Gyeonggi region	37	20.6
	Chungcheong region	37	20.6
	Yeongnam region	36	20.0
	Honam region and Jeju	70	38.8
Total		180	100.0

3.2. 농업인의 선호정책 분석방법

온실가스 감축 기술 가운데 벚짚무시용과 질소비료 저감 활성화를 위한 농업인의 선호정책을 추정하기 위해 다항로짓 모형(Multinomial Logit)을 이용하였다. 다항로짓 모형은 종속변수가 2개 이상으로 구성되며, 비순서화된 경우에 적합한 분석 방법이다. 본 연구에서 다항로짓 모형은 농업인의 온실가스 감축 기술 시행 여부, 기후변화가 농업에 미치는 영향 인식, 그리고 사회·경제적 특성에 기반하여 온실가스 감축 선호 정책을 일련의 확률형태로 설명한다.

실증모형은 j 번째 정책이 선택되는 확률로 이루어진다. P_{ij} 를 농업인 i 가 벚짚무시용 및 질소비료 저감 활성화를 위한 선호 정책 j 를 선택할 확률이라고 가정할 때, 식 (1)과 같이 표현 가능하다(Wooldridge, 2002).

$$P[y_i = j|x_i] = \frac{\exp(x_i\beta_j)}{1 + \sum_{h=1}^J \exp(x_i\beta_h)}, \quad j = 1, \dots, J$$

$$P[y_i = 0|x_i] = \frac{1}{1 + \sum_{h=1}^J \exp(x_i\beta_h)}, \quad j = 1, \dots, J$$

(1)

식 (1)에서 벚짚무시용은 $j=3$ 개, 질소비료저감은 $j=4$ 개의 범주로 이루어진다. 벚짚무시용은, i) 보조금 등 경제적 인센티브 사업, ii) 벚짚무시용을 위한 기술교육, iii) 축산농가 판매처 확보로 구성되었다. 질소비료 저감은 i) 보조금 등 경제적 인센티브 사업, ii) 토양검정 방법 간소화, iii) 비료사용 처방 발급기관 확대(현재 농업기술센터 및 일부 농협만 가능), iv) 적정비료 사용 교육 및 홍보로 구성되었다. 실증 분석을 위해 벚짚무시용과 질소비료 저감에서 인센티브 사업과 비료사용 처방 발급기관 확대가 각각 참조 범주(reference category)로 선택되었다.

x 와 β 는 설명변수와 추정계수의 벡터이다. x 는 두 모형에서 각각 13개의 변수들로 이루어졌다. 다항로짓 모형의 추정은 최우추정법(maximum likelihood estimation)으로 실행되며, 로그우도 함수(log-likelihood function)는 식 (2)와 같다.

$$\log_i(\beta) = \sum_{j=0}^J 1[y_i = j] \log [p_j(x_i, \beta)]$$

(2)

다항로짓 모형의 추정계수는 설명변수와 선택대안 간

은 106,385 ha (13.98%), 충남 지역의 논 경지면적은 174,314 ha (22.91%), 영남 지역의 논 경지면적은 163,207 ha (21.45%)로 나타났다 (Statistics Korea, 2024).

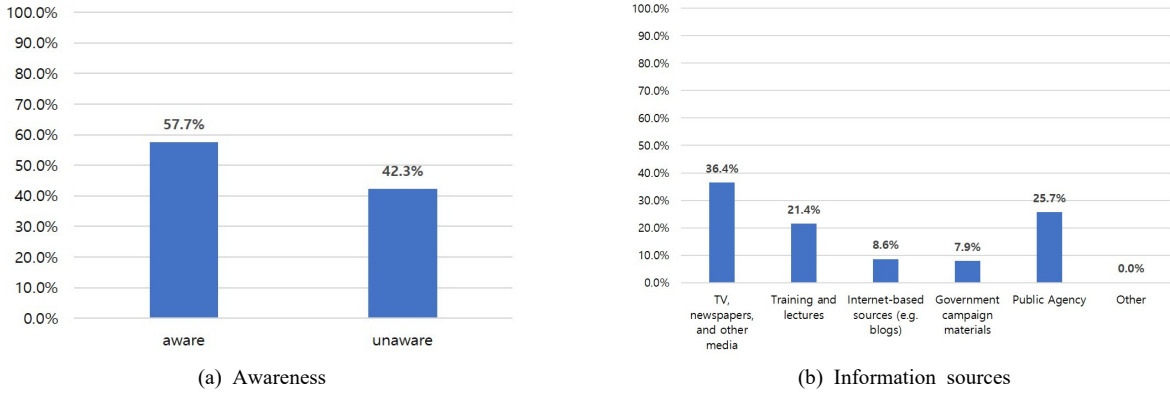


Fig. 1. Awareness and information sources related to the 2030 NDC

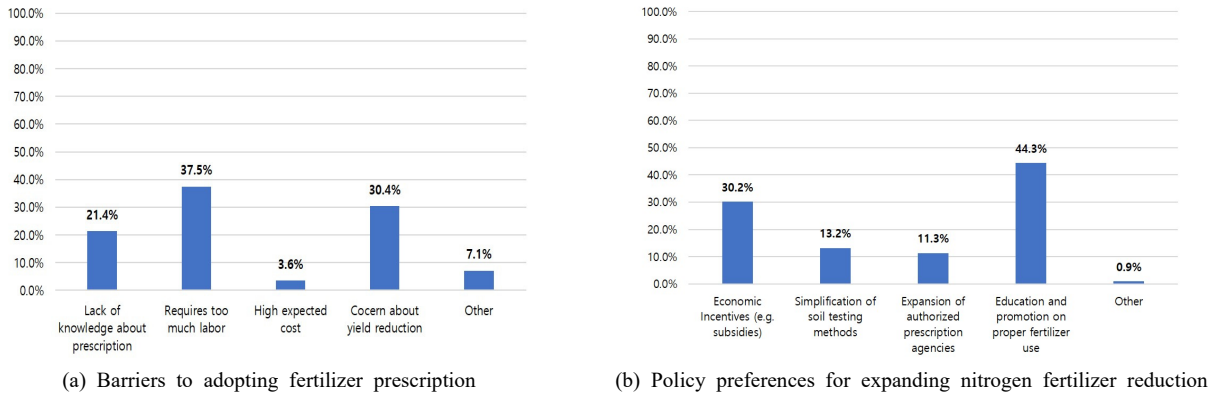


Fig. 2. Questions on the expansion of nitrogen fertilizer reduction

의 관계가 모수의 비선형함수 형태로 나타나므로, 그 경제적 의미를 명확하게 해석하는데 한계가 있다. 이러한 특성으로 연구에서는 한계효과(marginal effect)를 계측하고 식 (3), 식 (4), 설명변수의 종속변수에 대한 영향력을 추정하였다(Greene, 2003).

$$\delta_j = \frac{\partial P_j}{\partial x_i} = P_j(\beta_j - \sum_{l=1}^J P_l \beta_l) = P_{ij}(\beta_j - \bar{\beta}) \quad (3)$$

$$\Pr[Y=1|x_{(d)}, d=1] - \Pr[Y=1|x_{(d)}, d=0] \quad (4)$$

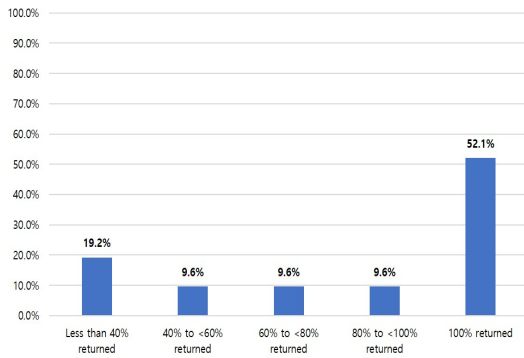
4. 선호정책 인식조사 결과

농업인들은 「2030 NDC」에 대해 들어본 경험이 있는지를 묻는 질문에서, 57.7%가 “들어본 적 있음”, 42.3%가 “들어본 적 없음”이라고 응답하였다. 이는 여전히 상당수가 관련 정보를 접하지 못한 상황임을 보여준다. 「2030

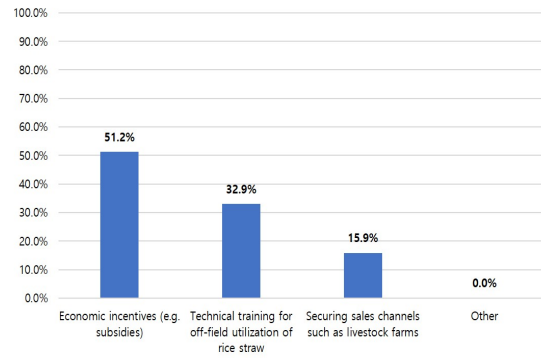
NDC」를 접한 경로는, “TV, 신문 등 언론”(36.4%), “정부기관(농업기술센터 등)”(25.7%), “교육 및 강연”(21.4%) 등의 순으로 나타났다.

비료사용 처방에 따라 비료를 적용하지 않는 이유를 질문한 결과, “노동력이 많이 들어서(37.5%)”, “생산량 감소가 우려되어서(30.4%)”, “비료사용 처방을 잘 몰라서(21.4%)” 등의 순으로 나타났다. ‘질소비료 저감 확대’를 위한 정책 선호도를 조사한 결과, 농업인들은 “적정 비료사용 교육 및 홍보(44.3%)”를 가장 많이 선택했으며, 그다음으로는 “보조금 등 경제적 인센티브 사업(30.2%)”, “토양검정 방법 간소화(13.2%)”, “비료사용 처방 발급기관 확대(11.3%)” 등의 순으로 나타났다.

뽕짚무시용 방식을 시행하지 않는 농가들을 대상으로 뽕짚의 논 환원 비중을 질문할 결과, 100% 환원(52.1%), 40% 미만 환원(9.6%), 60% 이상~80% 미만 환원(9.6%), 80% 이상~100% 미만 환원(9.6%)의 순으로 나타났다. 뽕짚무시용 확대를 위한 정책 선호도를 조사한 결과, 농

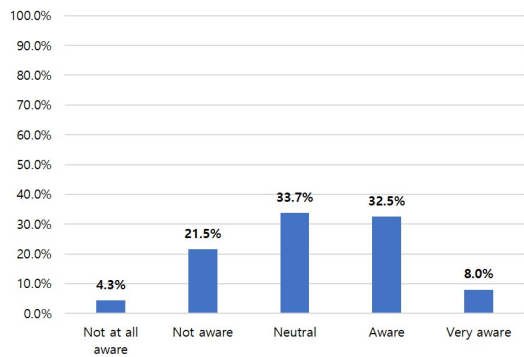


(a) Percentage of rice straw returned to paddy fields

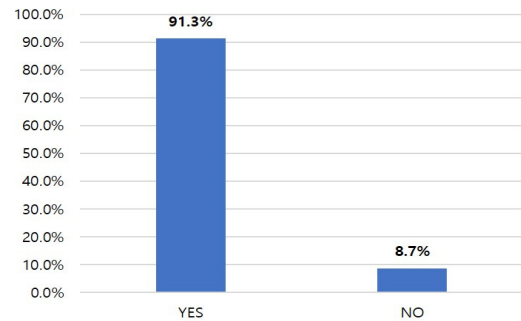


(b) Policy preferences for promoting the off-field utilization of rice straw

Fig. 3. Questions on promoting the off-field utilization of rice straw



(a) Awareness of the Carbon Neutrality Program



(b) Participation intention for the Carbon Neutrality Program

Fig. 4. Awareness and willingness to participate in the Carbon Neutrality Program

업인들은 “보조금 등 경제적 인센티브 사업(51.2%)”을 선택한 비율이 가장 높았으며, 이어서 “벼짚무시용을 위한 기술 교육(32.9%)”, “축산농가 판매처 확보(15.9%)” 등의 순으로 나타났다.

‘탄소중립 프로그램’에 대해 알고 있는지는 묻는 질문에 대해서는 “(잘)알고 있다”는 응답이 40.5%로 가장 높았고, 이어서 “보통이다”(33.7%), “(전혀)모른다”(25.8%) 등의 순으로 나타나 탄소중립 프로그램에 대해 인지하고 있는 비율이 더 높은 것으로 나타났다. ‘탄소중립 프로그램’이 본격적으로 시행될 경우 참여 의사를 물어본 결과, 91.3%의 농업인이 참여할 의향이 있다고 응답해 대부분 프로그램 참여에 긍정적인 것으로 나타났다.

‘탄소중립 프로그램’에 추후 참여하지 않는다고 응답한 이유를 질문한 결과 “사업의 교육 및 홍보 미흡(21.4%)”

과 “추가적 노동과 시간의 부담(21.4%)”의 응답이 가장 많았고, 이어서 “감축 인증 등 자료 준비 어려움(14.3%)”, “교육 및 훈련과정의 어려움(14.3%)” 등의 순서로 조사되었다.

탄소중립프로그램 단가에 따른 참여의향을 조사한 결과, 모든 활동에서 참여 의향이 80% 이상으로 높게 나타났다. 이는 농가들이 온실가스 감축과 관련된 활동에 대해 높은 관심과 긍정적 태도를 가지고 있음을 의미한다. ‘간단관개(중간물떼기, 중간낙수)’ 활동이 인정되어 지급 단가를 15만 원/ha으로 할 경우 참여의향을 질문한 결과, 응답자의 82.8%가 의향이 있다고 응답하였다. ‘논물얕게 대기’의 경우 지급단가가 16만 원/ha일 경우 81.8%가 참여할 의향이 있다고 응답하였다. 또 ‘바이오차 투입’의 경우 지급단가가 36.4만 원/ha일 때 84.1%, ‘가을경운’의

4) 현재는 저탄소농업 프로그램으로 명칭이 바뀌었음.

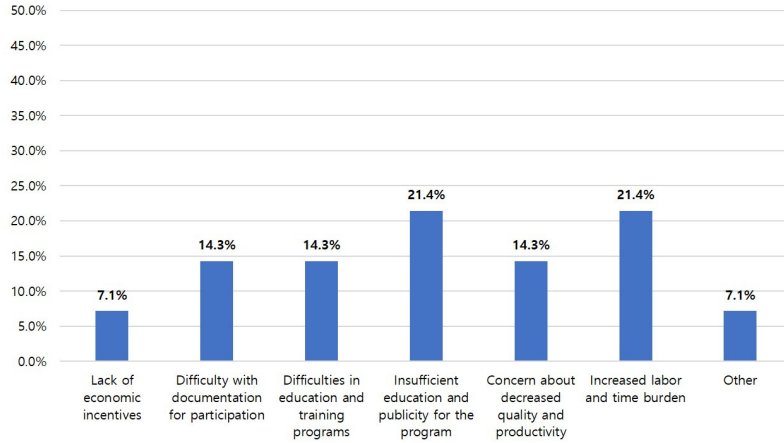


Fig. 5. Barriers to participation in the Carbon Neutrality Program

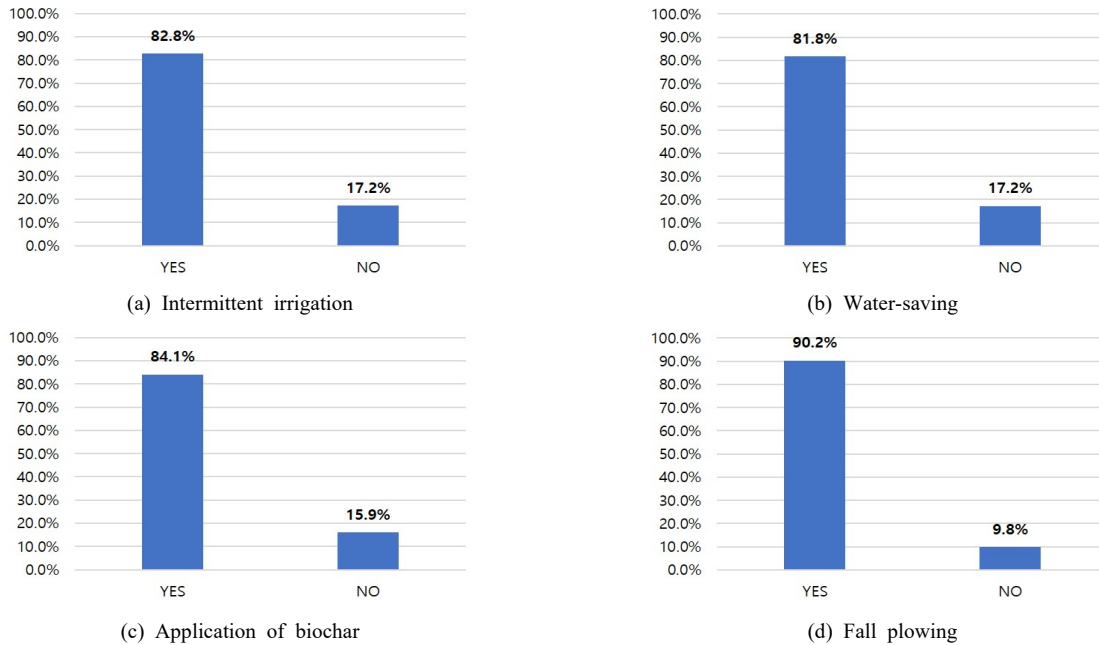


Fig. 6. Participation intention based on unit payment level

경우 지급단가가 46만 원/ha일 때 90.2%가 참여할 의향이 있다고 응답하였다.

5. 농업인의 선호정책 분석결과

5.1. 변수의 정의와 추정결과

실증분석에 이용된 변수들의 정의와 표본 통계량은 Table 5에 제시되었다. 농업인의 88.0%는 간단관개를

시행하고 있으며, 비료사용 처방에 따라 비료를 사용하는 농업인은 66.3%로 나타났다. 볏짚무시용 방식과 가을경운을 시행하고 있는 농업인은 각각 52.5%와 52.8%였다.

Table 6은 ‘볍짚무시용’과 ‘질소비료 저감’ 정책 활성화를 위해 선호하는 정책을 분석한 결과이다. 농업인들이 기후변화가 농업에 미치는 영향을 심각하게 인식할수록, 그리고 교육 수준과 소득수준이 높을수록, 볏짚무시용을 위한 기술교육을 선택할 가능성은 낮았다. 반면 강원 및

Table 5. Description of variables and summary statistics

Variable	Description	Mean	Std.Dev.
irrigation	Implementation of intermittent irrigation = 1, 0 otherwise	0.880	0.326
fertilizer	Prescription-based fertilizer application = 1, 0 otherwise	0.663	0.474
ricestraw	Adoption of off-field utilization of rice straw = 1, 0 otherwise	0.525	0.501
fcultivatn	Implementation of autumn plowing = 1, 0 otherwise	0.528	0.501
effect ^{a)}	Perceived impact of climate change on agriculture	4.361	0.567
area	Cultivated area	15871.430	23031.520
age	Age	67.061	88.892
career	Year of farming experience	34.867	14.184
edu	Educational attainment	3.233	0.910
inc	Annual agricultural income	3.456	1.569
kaky	Farming regions located in Gangwon and Gyeonggi = 1, 0 otherwise	0.206	0.405
chung	Farming regions located in Chungcheong = 1, 0 otherwise	0.206	0.405
young	Farming regions located in Yeongnam = 1, 0 otherwise	0.200	0.402

Note: To measure effect^{a)} a 5-point Likert scale was used. Education attainment was categorized as elementary school graduate or less, middle school graduate, high school graduate, college graduate, and graduate degree. Income level was classified into the following groups: the less than 10 million KRW, 10 to less than 20 million KRW, 20 to less than 30 million KRW, 30 to less than 50 million KRW, 50 to less than 70 million KRW, and 70 million KRW or more.

경기, 영남 지역에서 영농활동을 하는 농업인의 경우 기술교육을 선호할 확률은 크게 나타난다. 기후변화가 농업에 미치는 영향을 부정적으로 인식하거나 소득수준이 높을수록, 볏짚무시용 활성화 정책을 위해 축산농가 판매처 확보 정책을 선호할 가능성은 낮았다. 그러나 경지면적, 연령, 강원 및 경기, 충청, 영남지역 변수들은 축산농가 판매처 확보 정책과 정(+)의 관계를 보였다.

기후변화의 농업 분야 피해에 대한 농업인의 인식 정도가 클수록, 질소비료 사용량 감축을 촉진하는 경제적 유인 정책에 대한 선호도가 높아지는 경향을 보였다. 그러나 영농경력 및 교육수준과 질소비료 감축을 위한 경제적 보상 정책 지지도 간에는 부(-)의 상관관계가 관찰되었다. 가을경운을 실시하고 있는 농업인은 질소비료 저감 확대를 위해 토양검정 방법 간소화를 선호할 가능성이 컸지만, 고소득 농업인일수록 이에 대한 선호도는 낮았다.

한편 농업인이 재배 과정에서 볏짚무시용 방식을 시행하고 있는 경우, 질소비료 사용량 감축을 위해 적정비료 사용에 대한 교육 및 홍보를 선호할 가능성은 높았지만, 영농경력과 소득수준은 이와 부(-)의 관계를 보였다.

5.2. 농업인 선호정책에 관한 한계효과

온실가스 감축 기술인 볏짚무시용 기술 활성화를 위한

농업인의 선호 정책을 한계효과 추정을 통해 실증적으로 검토하였다. 농경지에서 비료 사용 처방에 따라 비료를 사용하고 있는 농업인이 보조금 등 경제적 인센티브 사업을 선택할 가능성은 19.8% 낮았다. 이들은 이미 친환경적 농업활동을 수행하고 있어 경제적 지원의 필요성을 낮게 인식하는 것으로 추정할 수 있다.

농업인이 기후변화의 농업 부문 피해를 심각하게 인식할수록 경제적 유인 정책을 선호할 확률은 26.7% 높았지만, 축산농가 판매처 확보 대안은 19.7% 낮은 것으로 추정되었다. 분석 결과에 의하면 농업인의 경지면적이 클수록, 연령이 높을수록 축산농가 판매처 확보 대안을 선호하였다. 규모가 큰 농업인의 경우 부산물을 안정적으로 처리할 수 있는 정책을 선호하는 것으로 이해된다.

농업인의 교육수준과 소득수준이 높을수록 경제적 인센티브 사업을 선택하는 경향이 있는 반면 축산농가 판매처 확보 정책은 소득수준과는 부(-)의 관계로 나타났다. 이는 고학력 및 고소득 농업인은 제도적 지원의 효과성을 긍정적으로 평가하고 있으며, 고소득 농업인은 자체적인 판매망을 확보하고 있음을 암시한다.

한편 영농지역 변수들은 경제적 인센티브 사업과 부(-)의 관계를 보였다. 이는 해당 지역의 농업인들이 기존 지원체계에 만족하거나, 새로운 경제적 지원보다는 다른 대안 정책들을 선호하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

Table 6. Estimation results of the multinomial logit

Variables	Promoting the off-field utilization of rice straw			Expansion of nitrogen fertilizer reduction							
	Technical training for off-field utilization of rice straw			Securing sales channels such as livestock farms		Economic incentives (e.g. subsidies)		Simplification of soil testing methods		Education and promotion on proper fertilizer use	
	Coeffs. (Std. Err.)	P-value		Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value
irrigation	0.481(0.876)	0.583		0.741(1.257)	0.556	-1.103(1.461)	0.450	-0.066(1.817)	0.971	-1.393(1.406)	0.322
fertilizer	0.979(0.656)	0.136		1.326(0.825)	0.108	-	-	-	-	-	-
ricestraw	-	-		-	-	0.672(0.837)	0.422	0.315(0.977)	0.747	1.351*(0.800)	0.091
feultivatn	-0.100(0.664)	0.881		-0.267(0.763)	0.727	0.623(0.835)	0.456	1.884*(1.035)	0.069	0.557(0.804)	0.488
effect	-1.168*(0.643)	0.069		-2.026*** (0.792)	0.010	2.014** (0.778)	0.010	1.083(0.832)	0.193	1.194(0.728)	0.101
area	3.69e-06(3.86e-05)	0.924		8.26e-05*** (3.08e-05)	0.007	5.8e-05(3.58e-05)	0.105	4.07e-05(4.68e-05)	0.385	5.86e-05(3.58e-05)	0.102
age	0.034(0.055)	0.544		0.145** (0.069)	0.036	-0.038(0.067)	0.571	0.066(0.863)	0.447	0.021(0.066)	0.751
career	-0.005(0.033)	0.888		-0.041(0.037)	0.276	-0.087*(0.470)	0.063	-0.079(0.051)	0.120	-0.078*(0.044)	0.074
edu	-0.737*(0.419)	0.078		-0.451(0.482)	0.349	-1.358** (0.644)	0.035	-1.162(0.711)	0.102	-0.947(0.625)	0.129
inc	-0.692** (0.299)	0.021		-0.879** (0.344)	0.011	-0.579(0.458)	0.206	-1.074** (0.522)	0.040	-0.862*(0.446)	0.053
kaky	1.763*(0.951)	0.064		2.299*(1.207)	0.057	0.949(1.067)	0.374	1.081(1.183)	0.361	1.357(1.017)	0.182
chung	0.722(0.892)	0.418		1.975** (0.962)	0.040	14.951(727.264)	0.984	15.957(727.265)	0.982	15.938(727.264)	0.983
young	2.042** (0.870)	0.019		1.992*(1.136)	0.079	1.206(1.134)	0.288	0.517(1.528)	0.735	1.375(1.071)	0.199
constant	5.171(4.942)	0.295		0.122(5.767)	0.983	3.458(6.737)	0.608	-1.223(8.179)	0.881	2.602(6.607)	0.694

Note: ***p < 0.01, **p < 0.05 and *p < 0.10, ① promoting the off-field utilization of rice straw; LR chi2(24)=38.69, Prob>chi2=0.0294, Log likelihood=-70.721, ② Expansion of nitrogen fertilizer reduction; LR chi2(36)=59.11, Prob>chi2=0.0089, Log likelihood=-108.206

Table 7. Estimated marginal effects for promoting the off-field utilization of rice straw

Variables	Promoting the off-field utilization of rice straw					
	Economic incentives (e.g. subsidies)		Technical training for off-field utilization of rice straw		Securing sale channels such as livestock farms	
	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value
irrigation	-0.103 (0.146)	0.478	0.035 (0.148)	0.813	0.068 (0.160)	0.670
fertilizer	-0.198** (0.100)	0.048	0.083 (0.099)	0.404	0.115 (0.098)	0.242
fcultivatn	0.029 (0.105)	0.782	1.732e-04 (0.104)	0.999	-0.029 (0.093)	0.751
effect	0.267*** (0.919)	0.004	-0.070 (0.091)	0.443	-0.197** (0.087)	0.023
area	-6.13e-06 (4.82e-06)	0.204	-4.75e-06 (6.37e-06)	0.456	1.09e-05*** (4.07e-06)	0.007
age	-0.014 (0.009)	0.108	-0.004 (0.008)	0.660	0.017** (0.008)	0.029
career	0.003 (0.005)	0.520	0.002 (0.005)	0.712	-0.005 (0.004)	0.242
edu	0.111* (0.062)	0.073	-0.098 (0.063)	0.119	-0.013 (0.058)	0.829
inc	0.136*** (0.040)	0.001	-0.062 (0.042)	0.136	-0.073* (0.038)	0.054
kaky	-0.350** (0.146)	0.017	0.155 (0.135)	0.250	0.195 (0.136)	0.153
chung	-0.215* (0.129)	0.095	-0.004 (0.137)	0.978	0.219* (0.112)	0.052
young	-0.359*** (0.127)	0.005	0.224* (0.126)	0.075	0.135 (0.133)	0.312

Note: ***p < 0.01, **p < 0.05 and *p < 0.10

충청지역 거주 농업인은 축산농가 판매처 확보 정책을 선호할 확률이 21.9% 높았으며, 영남권 농업인은 벚집무 사용을 위한 기술교육을 선호할 가능성이 22.4% 높았다. 분석결과로부터 충청권의 경우 부산물 유통 인프라가 상대적으로 미비하며, 영남권은 기술보급률과 정보 접근성이 부족함을 유추할 수 있다.

마찬가지로 질소비료 저감 기술을 통한 온실가스 감축 방안의 활성화를 위해 농업인들이 선호하는 정책 대안을 한계효과 추정을 통해 분석하였다. 농업인이 영농활동에서 벚집무사용 방식을 시행하고 있는 경우 적정 비료사용을 위한 교육 및 홍보 정책을 선호할 가능성은 19.0%, 그리고 가을경운을 수행하는 농업인이 토양검정 방법 간소화를 선호할 가능성은 12.4% 높은 것으로 추정되었다. 농

업인이 농업부문에 대한 기후변화 영향 정도를 심각하게 인식할수록 환경문제 해결을 위한 경제적 유인 정책의 필요성을 강하게 인식하고 있지만, 비료사용 처방 발급기관 확대와 같은 규제적 접근에 대해서는 부정적이었다.

경지면적과 비료사용 처방 발급기관 확대는 부(-)의 관계로 나타났다. 이는 대규모의 농업인의 경우 다원화된 서비스 체계 선호보다는 표준화되고 통합적인 서비스 제공을 우선하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 농업인의 영농경력, 교육수준, 그리고 소득수준이 높을수록, 비료사용 처방 발급기관 확대 정책에 대한 선호도가 높았다. 이러한 분석 결과는 영농경력이 많은 농업인은 기존 시스템이 제공하는 서비스에 만족하지 못함을 의미하며, 사회·경제적 지위가 높은 농업인들은 비료사용 처방 발급 확대 정

Table 8. Estimated marginal effects for expanding nitrogen fertilizer reduction

Variables	Expansion of nitrogen fertilizer reduction							
	Economic incentives (e.g. subsidies)		Simplification of soil testing methods		Expansion of authorized prescription agencies		Education and promotion on proper fertilizer use	
	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value	Coeffs. (Std. Err.)	P-value
irrigation	-0.018 (0.131)	0.890	0.094 (0.120)	0.431	0.084 (0.105)	0.424	-0.160 (0.150)	0.285
ricestraw	-0.057 (0.080)	0.478	-0.059 (0.059)	0.314	-0.074 (0.058)	0.198	0.190** (0.086)	0.027
fcultivatn	-0.005 (0.084)	0.949	0.124* (0.065)	0.058	-0.062 (0.058)	0.281	-0.057 (0.094)	0.544
effect	0.175** (0.070)	0.012	-0.014 (0.045)	0.756	-0.113** (0.051)	0.026	-0.048 (0.077)	0.534
area	1.87e-06 (2.45e-06)	0.446	-8.42e-07 (3.01e-06)	0.779	-4.32e-06* (2.61e-06)	0.099	3.29e-06 (3.27e-06)	0.314
age	-0.010 (0.007)	0.110	0.006 (0.006)	0.317	-0.001 (0.005)	0.894	0.006 (0.008)	0.462
career	-0.004 (0.004)	0.407	-0.001 (0.003)	0.768	0.006** (0.003)	0.044	-0.002 (0.005)	0.674
edu	-0.090* (0.050)	0.071	-0.022 (0.038)	0.575	0.087* (0.045)	0.054	0.025 (0.059)	0.674
inc	0.031 (0.037)	0.401	-0.037 (0.029)	0.206	0.062** (0.031)	0.047	-0.057 (0.042)	0.180
kaky	-0.028 (0.113)	0.805	0.002 (0.075)	0.976	-0.091 (0.073)	0.208	0.117 (0.124)	0.346
chung	0.249 (19.106)	0.990	0.228 (9.249)	0.980	-1.215 (56.611)	0.983	0.739 (28.257)	0.979
young	0.027 (0.119)	0.819	-0.055 (0.110)	0.614	-0.092 (0.078)	0.242	0.120 (0.138)	0.386

Note: ***p < 0.01, **p < 0.05 and *p < 0.10,

책을 지지함을 보여준다. 마지막으로 고학력 농업인은 경제적 인센티브 기반 정책에 부정적인 것으로 분석되었는데, 이는 이들이 금전적인 지원보다는 상대적으로 제도적 접근방식에 우호적임을 시사한다.

6. 요약 및 결론

본 연구는 기후변화 대응을 위한 농업부문 온실가스 감축 기술 중 벧짚무시용과 질소비료 저감 활성화를 위한 정책 선호도를 실증 분석하였다. 2024년 11월 수도권 재배 농가 180명을 대상으로 온라인 설문조사를 실시하고, 다항로짓 모형을 이용하여 농업인의 선호 정책 선택에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 정책 선호를 설문한 결과, 질소비료 저감은 “적정 비료 사용 교육 및 홍보(44.3%)”와 “보조금 지원 및 인센티브 사업(30.2%)”이 선호되었고, 벧짚무시용 확대의 경우 “보조금 등 경제적 인센티브 사업(51.2%)”과 “벧짚무시용을 위한 기술 교육(32.9%)”이 선호되었다. 둘째, 탄소중립 프로그램 참여 의향을 설문한 결과, 현재 설정된 지급단가에 대해 80% 이상의 높은 참여 의향을 보여 경제적 인센티브가 참여 의향의 주요 요인임을 나타냈다. 셋째, 농업인의 기후변화 인식, 교육수준, 소득수준, 영농지역, 영농경력 등이 정책 선호에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기후변화의 농업 부문 피해를 심각하게 인식할수록 경제적 인센티브 정책을 선호하는 경향이 강했으며, 교육

수준과 소득수준이 높을수록 제도적 지원에 대한 선호도가 높았다. 반면, 축산농가 판매처 확보와 같은 비경제적 지원정책에 대한 선호도는 경지면적, 연령 등의 변수와 정(+)의 관계를 보였다. 특히 지역별 차이가 두드러졌는데, 충청권 농업인은 축산농가 판매처 확보 정책을, 영남권 농업인은 벼짚무시용을 위한 기술교육을 선호하는 경향을 보였다. 이는 지역별 농업여건과 정책 수요의 차이를 반영하는 결과로 해석할 수 있다.

이상의 분석 결과는 농업부문 온실가스 감축 정책 설계 시 농업인의 실질적 수요를 고려한 차별화된 정책수단 도입의 필요성을 시사한다. 특히 활동비를 지원하는 ‘저탄소 농업 프로그램’과 같은 경제적 인센티브와 비경제적 지원 방안을 병행하고, 농업인의 인식 제고와 교육·홍보 정책을 강화하는 것이 중요하다. 비경제적 지원방안 및 교육 정책의 예시로 ‘저탄소농산물 인증 교육’을 들 수 있다. 교육을 통해서 농업인은 적용 가능한 저탄소 농업기술을 학습할 수 있으며, 더욱이 교육에 참여한 농업인은 저탄소 인증 지원사업 신청 가점을 받을 수 있어 저탄소인증 지원사업 대상자 선정 시 참여 농업인의 감축의지가 반영될 수 있다. 향후 연구에서는 다양한 작목과 농가 유형을 고려한 심층분석이 추가적으로 이루어질 필요가 있으며, 정책 실효성 검증을 위한 장기적 모니터링 연구도 필요할 것이다.

사사

이 논문은 농촌진흥청 연구 사업으로 수행한 「기후변화 대응을 위한 농축산부문 2030 NDC 온실가스 감축 이행평가(2단계)」(2024, 연구개발과제번호: RS-2024-00352385)의 일부를 발전시켜 작성함.

Reference

- Block JB, Danne M, Mußhoff O. 2024. Farmers' willingness to participate in a carbon sequestration program - A discrete choice experiment. *Environ Manag* 74: 332-349. doi: 10.1007/s00267-024-01963-9
- Cuong OQ, Demont M, Pabuayon IM, Depositario DPT. 2024. What monetary incentives will rice farmers accept to stop straw burning? Evidence from a choice experiment in Mekong Delta, Vietnam. *Environ Challenges* 15. doi: 10.1016/j.envc.2024.100913
- Greene WH. 2003. *Econometric analysis*, 5th edn. Prentice Hall.
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea, Ministry of Environment. 2023. National greenhouse gas inventory report 2023.
- Halytsia O, Vrachioli M, Kourgialas NN, Sauer J. 2025. Are farmers willing to adopt climate-smart water-energy-food-environment nexus designs? A case of olive producers in Crete using a participatory choice experiment. *Environ Impact Assess Rev* 115. doi: 10.1016/j.eiar.2025.108048
- Inkoom EW, Dadzie SKN. 2025. Cocoa farmers' preference and willingness to pay for climate-smart extension services (CES): A choice experiment approach. *SAGE Open* 15(2). doi: 10.1177/21582440251
- Jebari A, Oyetunde-Usman Z, McAuliffe GA, Chivers C-A, Collins AL. 2024. Willingness to adopt greenhouse gas mitigation measures: Agricultural land managers in the United Kingdom, *PLoS One* 19(7). doi: 10.1371/journal.pone.0306443
- Jeong HK, Lim YA, Jeong DH, Kwak HS, Hong SM. 2024. Performance evaluation of NDC for greenhouse gas reduction by 2030 for agriculture and livestock sector in response to climate change (step2). Naju, Korea: Korea Rural Economic Institute. Unpublished Report.
- Jeong HK, Lim YA, Kang KS, Han JH. 2021. Identifying factors participating in the low-carbon agriculture policy (in Korean with English abstract). *J Agric Life Sci* 55(5): 143-152. doi: 10.14397/jals.2021.55.5.143
- Jeong HK, Lim YA, Lee HJ, KIM CG. 2016. Current status of climate-smart agriculture and policy directions. Naju, Korea: Korea Rural Economic Institute. Research Report R780.
- Jeong HK, Sung JH, Lim YA, Kim HJ. 2021. A study on strategies to promote low-carbon agriculture. Naju, Korea: Korea Rural Economic Institute. Research Report C2021-70.
- Korea Agricultural Technology Promotion Agency. n.d.

- Internal data.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2021. 2050 carbon neutrality strategy in the agriculture and food sector.
- Ministry of Environment. 2009. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Korean edition for compilation of national GHG inventories.
- So YK, Han JH. 2024. Determinants of promoting renewable energy supply for farmers: Focused on Honam region (in Korean with English abstract). *J Agric Life Sci* 58(3): 149-159. doi: 10.14397/jals.2024.58.3.149
- So YK, Song KH, Han JH. 2023. An analysis of farmers' intention to adopt greenhouse gas reduction technology and factors of expansion of adoption (in Korean with English abstract). *Korean J Agric Manag Policy* 50(2): 211-234. doi: 10.30805/KJAMP.2023.50.2.211
- Statistics Korea. Various years (2017 ~ 2019, 2021). Agriculture, forestry and fisheries census.
- Statistics Korea. 2024. Survey of cultivated land area.
- Wooldridge JM. 2002. Econometric analysis of cross section and panel data. The MIT Press.
- Yan X, Akiyama H, Yagi K, Akimoto H. 2009. Global estimations of the inventory and mitigation potential of methane emissions from rice cultivation conducted using the 2006 IPCC guidelines. *Agric Ecosyst Environ* 133(3-4): 150-158. doi: 10.1016/j.agee.2009.05.008