

R 899 | 2020. 10. |

경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안

Analysis of the Integrated Crop Livestock
Farming System and Improvement Ways

정학균 임영아 강경수



한국농촌경제연구원

R 899 | 2020. 10. |

경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안

Analysis of the Integrated Crop Livestock
Farming System and Improvement Ways

정학균 임영아 강경수



연구 담당

정학균 | 연구위원 | 연구 총괄, 경제·환경적 분석, 정책 방안

임영아 | 부연구위원 | 경제·환경적 분석, 저해 요인 분석, 정책 방안

강경수 | 연구원 | 자료 수집 및 분석

연구보고 R899

경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2020. 10.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원
우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601
대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 지아이지인

I S B N | 979-11-6149-412-8 93520

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

기후변화협약에 따른 온실가스 감축 의무, 가축분뇨에 대한 관리 강화, 글로벌 리스크에 의한 비료와 사료 가격 상승 등은 지속가능한 농업을 위해 해결해야 할 주요 과제들이다. 최근 지속가능농업에 대한 하나의 수단으로 경축순환농업이 부각되고 있다. 경축순환농업은 농식품부산물과 가축분뇨를 자원화하여 사료와 비료로 활용함으로써 농업 환경을 보존하고 경제적인 이익을 창출하는 농업으로 제시되고 있다. 하지만 자원화업체의 운영난, 자원화된 비료에 대한 수요 부진, 퇴·액비화 시설 설치에 대한 민원 발생 등으로 활성화되지 못하고 있는 것으로 파악된다. 이 연구는 경축순환농업의 저해 요인 분석을 기초로 경축순환농업 활성화 방안을 제시하기 위해 수행되었다.

이 보고서는 ‘경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안’에 관한 연구원 기본 과제의 최종 결과물이다. 여기서는 우선, 경축순환농업의 정의 및 필요성을 제시하였고, 경축순환농업 관련 정책 추진현황을 살펴보았다. 더 나아가 경축순환농업의 경제적 및 환경적 편익을 분석하였다. 또한 자원화 사업 운영주체, 전문가, 사례지역 농가들의 경축순환농업에 대한 인식을 조사하여 저해 요인을 분석하였다. 또한 일본, 중국, 네덜란드 등 주요국의 경축순환농업 정책 및 사례를 제시하였다. 분석결과를 토대로 경축순환농업 활성화 방안을 법/제도적, 경제적, 기술적, 사회적 측면에서 제시하였다. 본 연구가 경축순환농업 활성화 방안을 도출하는 것에 기초자료 및 참고자료로 활용되기를 기대한다.

바쁘신 가운데에서도 연구 자문 위원으로 아낌없이 의견을 준 농림축산식품부 정경석 과장, KREI 시니어이코노미스트 박현태 박사 등 관계자들도 감사 드린다.

2020. 10.

한국농촌경제연구원장 김 홍 상

요 약

연구 배경과 목적

- 경축순환농업은 농식품부산물과 가축분뇨를 자원화하여 사료와 비료로 활용함으로써 농업환경을 보존하고 경제적인 이익을 창출하는 농업으로 제시되고 있다. 하지만 자원화업체의 운영난, 자원화된 비료에 대한 수요부진, 퇴·액비화 시설 설치에 대한 민원 발생 등으로 활성화되지 못하고 있는 것으로 파악된다. 이 연구는 최근에 지속가능한 농업의 중요 수단으로 부각되고 있는 경축순환농업의 개념 및 필요성을 살펴보고, 경축순환농업의 경제·환경적 편익 분석, 저해 요인 분석, 인식조사 분석 등을 기초로 경축순환농업의 활성화 방안을 제시하기 위해 수행되었다.

연구 방법

- 이 연구는 경축순환농업의 경제적 편익 분석을 위해 비용편익 분석 방법론을 적용하였다. 또한 경제적·환경적 편익 분석의 기초가 되는 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수(Directional Distance Function)를 추정하였고, 환경적 편익 분석을 위해 가상가치평가법(Contingent Valuation Method: CVM)을 적용하였다. 경축순환농업의 실태를 파악하기 위해서 가축분뇨 퇴·액비화 업체, 농식품부산물 사료화 업체를 대상으로 설문조사방법론을 적용하여 분석하였다. 뿐만 아니라 경축순환농업 관련 전문가 AHP 설문조사를 통해 경축순환농업의 저해 요인을 분석하였다. 일본, 중국, 네덜란드의 경축순환농업 관련 정책 및 사례조사를 위해 원고위탁을 추진하였다. 축산환경관리원 담당자와 충남 서천군 기산면 소재 경축순환농업단지 관계자, 그리고 퇴·액비화 및 사료화 업체 담당자와의 심층 면담 조사를 실시하였다.

주요 연구 결과

- 양분 투입 현황을 살펴본 결과, 화학비료 사용량(ha당)이 2011년 이후 연평균 1.8% 증가하고 있는 가운데, 가축분뇨 발생량, 부산물비료 생산량이 증가하고 있어 토질 및 수질오염 가능성이 여전히 높은 것으로 나타났다. 이에 따라 가축분뇨에 대한 규제가 강화되고 있으며, 파리기후변화협약하에서 온실가스 감축 의무를 이행해야 하는 것으로 나타났다. 비료비와 사료비가 생산비에서 차지하는 비중이 2019년 기준 각각 9.9%, 35.8%인 가운데 그 비중이 소폭 확대되고 있다. 뿐만 아니라 화학비료와 배합사료 원료 대부분을 해외에 의존하고 있는 가운데 금융위기, 전염병 세계 대유행, 이상기후와 같은 글로벌 위기로 가격상승의 위험에 직면해 있다. 이와 같은 환경적 의무와 생산비 부담은 지속가능한 농업의 걸림돌로 작용하고 있다.
- 경축순환농업은 가축분뇨와 농식품부산물을 자원화하여 비료와 사료로 이용하기 때문에 토질과 수질오염을 저하시키고, 온실가스 배출을 감소시킨다. 따라서 경축순환농업은 환경적 의무 이행에 유리하다. 농식품부산물과 가축분뇨를 자원화하여 배합사료와 화학비료를 대체하는 효과가 있으며, 지역 내 혹은 국가 내 자원을 활용하기 때문에 해외 의존도를 낮추게 되고 결과적으로 글로벌 리스크를 줄일 수 있다. 이와 같이 경축순환농업은 환경적·경제적 측면에서 지속가능한 농업을 가능하게 한다.
- 경축순환농업의 경제적 편익을 추정하기 위해 충남 서천군의 벼-한우 상호순환 사례와 강원 철원군의 가축분뇨 자원화 사례를 분석한 결과 모두 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 한편 편익이 양이 되는 시점은 서천이 5년 차, 철원이 13년 차로 나타났으며, 초기 투자 비용이 클수록 양이 되는 시점은 늦어지는 것

으로 나타났다. 충남 서천군 사례의 경우에 대해서는 토질·수질·대기질 개선, 생물다양성 증진, 경관보전 등 환경적 편익을 가상가치평가법(CVM)을 적용하여 분석하였다. 지불의사액은 평균값(절단) 기준 13,960원(연/가구당)이었으며, 경제적 편익은 207억 원으로 계산되었다. 따라서 경축순환농업의 편익은 경제적 편익뿐만 아니라 농업환경 개선 편익도 함께 고려해야 하며, 이를 근거로 일반 국민들의 인식 전환을 꾀하고 경축순환농업의 지원 정책을 추진할 수 있다.

- 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수를 추정된 결과, 벼재배와 대동물 사육을 같이 하는 농가들의 경우 유기질비료의 한계생산성이 높지 않은 것으로 나타났다. 반면 대동물을 사육하지 않고 벼재배만 하는 농가들의 경우 상당한 수준의 유기질비료 한계생산성을 보여주었다. 또 후자의 농가에서는 두 가지 유형 비료의 대체탄력성이 0.147 정도의 추정치를 보였다. 결과적으로 대동물 사육 농가의 농가 내 경축순환은 오히려 양분 과잉을 불러와서 양분이 환경을 악화시킬 수 있다. 반면에 비사육농가의 경우 화학비료의 대체를 통해 지역 내 양분의 과잉축적을 줄임에 따라 농업환경에 미치는 긍정적인 영향을 기대할 수 있다.
- 경축순환농업 관련 사업을 평가한 결과, 가축분뇨처리지원사업은 자원화업체의 운영비가 높고, 퇴·액비의 수요가 부진하다는 점이 애로사항으로 지적되고 있고, 광역친환경농업단지사업은 지역 내에서 친환경 경종과 친환경 축산의 규모가 다르고, 해당 지역 농업인의 참여도 및 관심도가 낮아 사업이 원활하게 추진되지 못하는 것으로 나타났다. 또 산지생태축산농장 조성사업의 경우 초지 조성 및 관리에 대한 비용부담이 높고, 과다 방목 시 환경오염 및 산림 훼손이 발생하기 때문에 사업 추진이 어려운 것으로 나타났다.

○ 가축분뇨 공동자원화 시설 운영 주체 설문조사 결과, 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 낮은 점, 시설 노후화에 따른 관리 비용 증가, 분뇨수거료 인상의 어려움, 퇴·액비 수요의 계절성 등이 애로사항으로 나타났고, 고품질 기술개발, 수요처의 다변화 등 퇴·액비 수요 확대를 위한 노력, 시설 노후화 해소, 분뇨수거료의 현실화 등 적절한 대응 방안이 필요한 것으로 나타났다. 농식품부산물 자원화 시설 운영 주체 설문조사 결과, 초기 시설 설치를 위한 높은 자본 부담 비용, 농식품부산물 원료의 높은 확보 비용, 농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움, TMR 사료 품질에 대한 축산농가들의 부정적인 인식 등이 애로사항으로 나타나 시설설치비 지원 확대, 농식품부산물 원료의 안정적 공급, TMR 사료 품질 개선 위한 기술개발 등 관련 정책 추진이 필요한 것으로 나타났다.

○ 전문가들을 대상으로 경축순환농업의 저해 요인을 질문한 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인(18.2%), 농식품부산물 사료화의 경제적 요인(16.1%), 국내산 조사료 생산 및 이용의 경제적 요인(16.1%), 가축분뇨 퇴·액비화의 사회적 요인(14.7%) 등의 순으로 나타났다. 보다 하위 저해 요인을 살펴본 결과 가축분뇨 자원화 시설의 높은 운영 비용, 농식품부산물 사료화를 위한 높은 초기 투자 비용, 국내산 조사료 재배의 낮은 경제성, 가축분뇨 자원화 시설 유치 관련 민원 발생 등이 우선순위로 제시되었다. 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 전문가들의 인식을 기초로 가축분뇨 퇴·액비화 시설의 운영 비용 지원, 농식품부산물 사료화의 초기 투자 비용 지원 확대, 농식품부산물 원료 확보 관련 정보 공유 플랫폼 구축, 악취 저감 기술개발 등을 고려할 수 있다.

- 경축순환농업은 환경적 의무 이행에 유리하며, 생산비 절감효과가 있어 지속 가능한 농업에 부합하며, 우수사례를 분석한 결과, 경제적·환경적 편익이 있는 것으로 나타났다. 하지만 중앙정부에서 추진한 관련 사업들을 살펴보고 자원화 업체들, 전문가들을 통해 실태를 파악한 결과 많은 저해 요인이 있는 것으로 드러났다. 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 이러한 저해 요인을 극복할 수 있는 다양한 법/제도적·경제적·기술적·사회적 측면의 활성화 방안을 마련하고 추진할 필요가 있다. 가축분 퇴·액비의 수요확충을 위해 현행 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」상 예외 조항을 통해 액비의 친환경농자재 인정, 퇴·액비 살포비 지원 확대, 퇴비·액비 유통협의체 구성·운영 의무화, 비료 성분 표시제 도입 등이 필요하다. 가축분뇨 및 농식품부산물 자원화를 위한 인프라 확대가 필요하고, 시설 유지 확대 방안을 도출할 필요가 있다. 자원화 시설의 높은 운영비를 고려하여 우수 운영사례에 대해 인센티브를 지급하거나 공익형 직불제와 연계하여 운영비를 지원하는 방안을 마련할 필요가 있다. 자원화 원료 및 제품 확보에 있어서 안정성을 담보할 수 있도록 관련 정보를 공유할 수 있는 시스템 구축할 필요가 있다. 시스템 구축은 정보 비용 절감, 접근성 제고 등을 통해 경축순환농업을 획기적으로 활성화시킬 것이다. 자원화된 비료와 사료 이용 확대를 위해 품질 제고는 필수적이므로 관련 기술개발을 추진할 필요가 있고, 농가 컨설팅 제공을 통해 자원화된 비료와 사료를 알맞게 이용하게 함으로써 작물 혹은 가축에 미치는 부정적 영향을 최소화하고, 환경적·경제적 측면에서 경축순환농업의 제 효과가 나타나게 해야 할 것이다.

ABSTRACT

Analysis of the Integrated Crop Livestock Farming System and Improvement Ways

Background and Purpose

- The integrated crop livestock farming system (ICLFS) is an innovative agricultural method that preserves the agricultural environment and creates economic benefits by using agri-food by-products and livestock manure as feed and fertilizer resources. In this regard, however, this type of agriculture has not been properly spread due to the operating difficulties of resource-processing companies, sluggish demand for fertilizers produced through this process of resource conversion, and complaints from nearby residents regarding the installation of composting and liquefaction facilities.
- Recently, ICLFS has emerged as an important means of sustainable agriculture. We will examine the concept and necessity of this farming system and analyze the economic and environmental benefits, factors impeding development, and people's perceptions of this farming system. This study aims to propose a way to revitalize the ICLFS based on the examination and analysis of this farming system.

Research Methodology

- To analyze the effect of the chemical fertilizer substitution for the organic fertilizer, which is the basis for economic and environmental

benefit analysis, we estimated the Directional Distance Function(DDF). In addition, the Contingent Valuation Method(CVM) was applied to analyze environmental benefits. In order to figure out the status of ICLFS matter, we conducted surveys targeting companies making compost or liquid fertilizers using livestock manure or feed using agri-food by-products. Also, we carried out an ICLFS-related AHP expert survey to find the inhibitors of ICLFS. Data research was commissioned for policies and case studies related to ICLFS in Japan, China and the Netherlands. We interviewed people working at the Institute of Livestock Environmental Management, the ICLFS complex (located in Kisan-myeon, Seocheon-gun, Chungcheongnam-do), and the composting, liquefaction and feed processing companies.

Key Findings

- Regarding the nutrient input status, the use of chemical fertilizers (per ha) has increased by 1.8% on an annual average since 2011. The production of livestock manure and by-product fertilizers is rising, indicating that the possibility of soil and water pollution is still high. Accordingly, restrictions on livestock manure have become stronger, and the obligation to reduce greenhouse gases under the Paris Climate Change Accord must be fulfilled. As of 2019, the ratios of fertilizer and feed cost to the livestock production cost accounted for 9.9% and 35.8%, respectively, and have increased slightly. In addition, most of the raw materials for chemical fertilizers and blended feeds are imported from abroad. There is a risk of rising prices of raw materials

due to global crises such as the financial crisis, pandemic, and abnormal climate. These environmental obligations and the burden of production costs are acting as obstacles to sustainable agriculture.

- ICLFS reduces soil and water pollution and greenhouse gas emissions because it makes fertilizer and feed by reprocessing livestock manure and agri-food by-products. Therefore, ICLFS is advantageous in fulfilling environmental obligations. If agri-food by-products and livestock manure are used as resources, they can replace the conventional compounded feed and chemical fertilizers. Because local or national resources are used, foreign dependence can be reduced, and as a result, global risks will go down. As such, ICLFS enables sustainable agriculture in both environmental and economic terms.

- In order to estimate the economic benefits of ICLFS, we analyzed rice-Korean cattle reciprocal circulation in Seocheon-gun, Chungcheongnam-do and the use of livestock manure resources in Cheorwon-gun, Gangwon-do, and both cases showed benefits. The benefits were gained in the 5th year in Seocheon and the 13th year in Cheorwon. The higher the initial investment cost, the later the benefits came. In the case of Seocheon-gun, Chungcheongnam-do, we applied the CVM to analyze environmental benefits such as soil, water and air quality improvement, biodiversity enhancement, and landscape conservation. The willingness to pay was an average of 13,960 won (per year per household), and the economic benefit was calculated as 20.7 billion won. Therefore, the benefits generated by

ICLFS should be considered not only economic benefits, but also outcomes of improving the agricultural environment. Based on this result, it is possible to promote the general public's perception of the benefits and support policies of ICLFS.

- As a result of estimating the DDF to analyze the chemical fertilizer substitution effect of organic fertilizer, we found that the marginal productivity of organic fertilizer is not high for farmers who cultivate rice and raise large animals. On the other hand, farmers who only produce rice without rearing large animals show a considerable level of marginal productivity of organic fertilizers. In addition, in the latter case, the alternative elasticity of the two types of fertilizers is estimated to be about 0.147. As a result, in large animal breeding farms, the ICLFS within the farm leads to an excess of nutrients, and nutrients can worsen the environment. On the other hand, in the case of farms that do not raise livestock, a positive impact on the agricultural environment can be expected by reducing the excessive accumulation of nutrients in the land through the substitution of chemical fertilizers.
- Regarding the projects related to ICLFS, there are various difficulties for each project, which hinder the project promotion. In the project supporting livestock manure treatment, the operating costs of participating resource-making companies are high, and demand for compost and liquefied fertilizer is sluggish. Regarding the regional eco-friendly agricultural complex project, the types of eco-friendly cultivation differ within the region, the size of eco-friendly livestock is

also different, and the participation and interest of local farmers are low. In the case of the project to establish a mountain ecological livestock farm, the cost of creating and managing grassland is high, and excessive grazing causes environmental pollution and forest damage.

- As a result of a survey related to the operation of joint facilities for livestock manure recycling, we found that the economic benefits of compost and liquid manure sales are low, and management costs increase due to aging facilities. Also, it is difficult to raise the manure collection fees, and the seasonality of compost and liquor demand is prevalent. In order to solve these problems, we discovered that appropriate countermeasures such as high-quality technology development, efforts to expand demand for compost and liquid waste, the improvement of old facilities, and realization of manure collection fees are required. Problems identified through the survey targeting agri-food by-product recycling facilities are high self-paying costs for initial facility installation, high cost of securing agri-food by-product, difficulty in transporting and storing agri-food by-products, and negative perceptions of livestock farmers on TMR feed quality. In order to solve these problems, it is necessary to promote related support policies such as increasing support to expenses required to install the facilities, stable supply of agri-food by-products, and technology development to improve TMR feed quality.
- In the questionnaire survey for experts, the factors that inhibited ICLFS are, in order, as follows: economic factors of composting and

liquefaction of livestock manure (18.2%), economic factors of feeding agri-food by-products (16.1%), and economic factors of production and use of domestic forage(16.1%) and social factors of manure composting and liquefaction(14.7%). As a result of examining more detailed obstacles, the high operating cost of livestock manure recycling facility, high initial investment cost for agri-food by-product feed, low profitability of domestic forage cultivation, and complaints related to livestock manure recycling facility are the most challenging problems to be solved. In order to further activate ICLFS, it should be considered for supporting the operating cost of livestock manure composting and liquefaction facilities, increasing initial investment cost support for agri-food by-product feed conversion, establishing an information-sharing platform related to securing agri-food by-products, and developing technologies to reduce odor.

- ICLFS is advantageous in fulfilling environmental obligations and has the effect of reducing production costs, making it suitable for sustainable agriculture. As a result of analyzing the best practices related to this, we discovered that there are economic and environmental benefits. However, as a result of examining the related projects promoted by the central government and grasping the actual situation through recycling companies and experts, we found that there are many obstacles. In order to revitalize ICLFS, it is necessary to prepare and promote various legal, institutional, economic, technical, and social revitalization schemes that can overcome these obstacles. In

order to expand the demand for compost and fertilizer, the current eco-friendly agricultural and fishery laws should stipulate exceptions to recognize liquefied fertilizer as eco-friendly agricultural materials. Also, it is required that support for compost and fertilizer spraying be expanded, a distribution consultative group to promote compost and liquefied fertilizer be established, and fertilizer ingredient labeling be introduced. It is necessary to expand the infrastructure for the use of livestock manure and agri-food by-products as resources, and to devise a scheme for expanding facility maintenance. Considering the high operating cost of recycling facilities, it is necessary to provide incentives for excellent operating cases or to provide a scheme to support operating expenses in connection with a public-interest type direct payment system. A system for sharing related information should be established to stably secure resources and products. When such a system is established, ICLFS will be remarkably activated by reducing information costs and increasing information accessibility. For a wider use of recycled fertilizers and feeds, it is inevitable to improve quality and develop related technologies. In addition, the government should offer consulting to farmers so that they can properly use recycled fertilizers and feeds to minimize negative impacts on crops or livestock, and to make the ICLFS effective in terms of environmental and economic aspects.

Researchers: Jeong Hakkyun, Lim Youngah, Kang Kyungsoo

Research period: 2020. 1. ~ 2020. 10.

E-mail address: hak8247@krei.re.kr

차 례

제1장 서론	1
1. 연구 필요성과 목적	3
2. 선행연구 검토	6
3. 연구 범위와 방법	11
제2장 경축순환농업의 정의 및 필요성	15
1. 경축순환농업의 정의	17
2. 경축순환농업의 필요성	25
제3장 경축순환농업 관련 정책 추진 현황	37
1. 관련 법 현황	40
2. 관련 사업 현황	46
3. 시사점	49
제4장 경축순환농업의 경제적·환경적 편익 분석	51
1. 편익 분석 개요	53
2. 비용편익 분석	54
3. 농업환경 개선효과 분석	70
4. 비료대체효과 분석	76
5. 경제적·환경적 편익 분석의 시사점	92
제5장 경축순환농업 인식조사	95
1. 자원화 사업 운영주체 및 사례지역 농업인 인식	97
2. 전문가 인식조사	117

제6장 주요국 경축순환농업 정책추진 현황	127
1. 일본	129
2. 중국	136
3. 네덜란드	141
제7장 경축순환농업 활성화방안	147
1. 비전과 기본방향	149
2. 경축순환농업 활성화를 위한 부문별 추진방안	153
제8장 요약 및 결론	169
부록	
1. 농산부산물 및 가축분뇨 발생량	177
2. 배합사료 및 화학비료 가격추이	179
3. 사료비 및 비료비 비중	180
4. 경축순환농업의 환경개선 가치조사표	183
5. 가축분뇨 퇴·액비화업체 조사표	190
6. 농식품부산물 사료화업체 조사표	197
7. 전문가 AHP 조사표	204
참고문헌	215

표 차례

제2장

〈표 2-1〉 선행연구에서 제시한 경축순환농업 유사 개념	21
〈표 2-2〉 우리나라 도별 양분수지 분석 결과(2014년 기준)	26
〈표 2-3〉 부산물비료 생산량 동향	27
〈표 2-4〉 비료 원료 및 중간자재 수입 실적(2016년 기준)	29
〈표 2-5〉 사료 수급실적	29
〈표 2-6〉 농가의 볏짚 활용 현황	33
〈표 2-7〉 주요 축종별 가축분뇨 발생량(2019년 기준)	33
〈표 2-8〉 자원화된 가축분뇨 비료 성분의 경제적 가치	36

제3장

〈표 3-1〉 퇴비액비화 기준	42
〈표 3-2〉 퇴비 및 액비의 부숙도 판정 기준	43
〈표 3-3〉 공동자원화 시설 현황(2018년 6월 기준)	46
〈표 3-4〉 광역 친환경농업단지 지자체별 현황	47
〈표 3-5〉 산지생태축산목장 지자체별 현황	48

제4장

〈표 4-1〉 농축산부산물의 환경적·경제적 편익·비용 내용과 추정방법	54
〈표 4-2〉 경축순환농업 운영성과(2014년 기준)	58
〈표 4-3〉 경축순환농업 경제성 평가(2019년 기준)	58
〈표 4-4〉 2019년 기준 단지 내 볏짚 생산량	59
〈표 4-5〉 서천군 경축순환농업 단지 이전과 이후의 비용편익 분석(부분예산법)	61
〈표 4-6〉 철원 청정양돈 공동자원화업체 시설투자 현황	62
〈표 4-7〉 회원 농가 가축분뇨 처리현황	63
〈표 4-8〉 철원 청정양돈 공동자원화업체 운영현황	63
〈표 4-9〉 기비용 액비 활용의 경제적 효과 추정	64

〈표 4-10〉 추비용 액비 활용의 경제적 효과(2019년 기준)	65
〈표 4-11〉 축산농가의 가축분뇨 처리비	65
〈표 4-12〉 철원 공동자원화업체의 비용편익 분석(부분예산법)	66
〈표 4-13〉 한우 비육두 두당 사육비 비교	68
〈표 4-14〉 한우 비육우 두당 판매금액 비교	69
〈표 4-15〉 영역별 제시금액	71
〈표 4-16〉 변수 설명	72
〈표 4-17〉 기술적 기초통계	73
〈표 4-18〉 추정 결과	75
〈표 4-19〉 경축순환농업에 의한 농업환경 개선 가치의 지불의사금액과 경제적 가치 ..	76
〈표 4-20〉 대동물 사육농가의 기초통계량 (N=687)	78
〈표 4-21〉 대동물 사육하지 않는 농가의 기초통계량 (N=467)	78
〈표 4-22〉 유기질비료/화학비료와 유기질비료/쌀생산량의 비율	79
〈표 4-23〉 모형 추정결과	85
〈표 4-24〉 유기질비료의 화학비료 대체율 추정결과	87
〈표 4-25〉 축종별 퇴비 사용량에 따른 양분 투입량	89
〈표 4-26〉 방향거리함수 추정치	90
〈표 4-27〉 방향거리함수에 영향을 미치는 변수들	91

제5장

〈표 5-1〉 가축분뇨 자원화 사업성과에 대한 의견	98
〈표 5-2〉 공동자원화 시설 설치 및 유지관리 측면(인프라) 관련 애로사항	99
〈표 5-3〉 공동자원화 시설운영 관련 애로사항	100
〈표 5-4〉 공동자원화 가축분뇨 수거 관련 애로사항	100
〈표 5-5〉 공동자원화 경종농가에 퇴·액비 공급 관련 애로사항	101
〈표 5-6〉 가축분뇨 공동자원화시설 운영상의 주요 애로사항	101
〈표 5-7〉 경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체의 인식 정도 ..	102
〈표 5-8〉 경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설의 기여 정도	102

〈표 5-9〉 경축순환농업의 세부 효과에 대한 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체의 인식	103
〈표 5-10〉 농식품부산물 자원화 사업성과에 대한 의견	104
〈표 5-11〉 농식품부산물 자원화 사업 시설 설치 및 유지관리 측면(인프라) 관련 애로사항	105
〈표 5-12〉 농식품부산물 자원화 사업 시설 운영 관련 애로사항	105
〈표 5-13〉 농식품부산물 자원화 사업 농식품부산물 확보 관련 애로사항	106
〈표 5-14〉 농식품부산물 자원화 사업 TMR 사료공급 관련 애로사항	106
〈표 5-15〉 농식품부산물 자원화 사업 운영상의 주요 애로사항	106
〈표 5-16〉 경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화 사업 운영 주체의 인식 정도	107
〈표 5-17〉 경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화시설의 기여 정도	108
〈표 5-18〉 경축순환농업의 세부 효과에 대한 농식품부산물 자원화사업 운영 주체의 인식	108
〈표 5-19〉 경종농가가 자원순환농업단지에서 재배를 결심한 이유	110
〈표 5-20〉 자원순환농업단지 이용 이후 개선된 항목에 관한 경종농가 인식	111
〈표 5-21〉 축산농가가 자원순환농업단지에서 재배를 결심한 이유	111
〈표 5-22〉 자원순환농업단지 이용 이후 개선된 항목에 관한 축산농가 인식	112
〈표 5-23〉 자원순환농업단지 내 경축순환농업 추진 애로사항	114
〈표 5-24〉 자원순환농업단지의 지역 내 기여도	115
〈표 5-25〉 경축순환농업 저해 요인의 계층표	118
〈표 5-26〉 경축순환농업 저해 요인 소분류의 중요도	124

제6장

〈표 6-1〉 2020년 기준 환경부하 경감 활동	130
-----------------------------	-----

제7장

〈표 7-1〉 가축분뇨 유래 액비화 사례	150
〈표 7-2〉 친환경농어업법 시행규칙 제3조(허용물질) [별표1] 개정(안)	158
〈표 7-3〉 퇴비·액비 유통협의체 구성·운영 의무화	159

그림 차례

제1장

〈그림 1-1〉 연구추진 체계도	13
-------------------------	----

제2장

〈그림 2-1〉 농업부문에서의 순환경제 개념도	18
〈그림 2-2〉 농축산물생산에서 식품 소비에서 순환경제 활성화 예시	19
〈그림 2-3〉 본 연구에서 분석하는 경축순환농업 개념도	22
〈그림 2-4〉 보유 경지면적별 축산농가 비율	23
〈그림 2-5〉 화학비료 사용량과 분뇨발생량 추이	27
〈그림 2-6〉 연도별 화학비료 가격	30
〈그림 2-7〉 연도별 배합사료 가격 추이	30
〈그림 2-8〉 비료와 사료가 생산비에서 차지하는 비중 변화(2006~2019년)	31
〈그림 2-9〉 농업부산물의 잠재발생량 연도 간 추이(2010~2019년)	32
〈그림 2-10〉 가축분뇨 발생량 연도 간 추이(2010~2019년)	34
〈그림 2-11〉 환경적 지속가능성에 기여	35
〈그림 2-12〉 경제적 지속가능성에 기여	36

제3장

〈그림 3-1〉 농축산 유기성폐자원의 범위	45
-------------------------------	----

제4장

〈그림 4-1〉 유기질비료/화학비료 사용비의 분포	80
〈그림 4-2〉 유기질비료/쌀 생산량의 분포	80
〈그림 4-3〉 방향거리함수 추정치의 분포	91

제5장

〈그림 5-1〉 자원순환농업단지의 규모 확대 가능성 및 타 지역 적용 가능성	114
〈그림 5-2〉 경축순환농업 저해 요인 대분류 구성요소의 중요도	120
〈그림 5-3〉 ‘가축분뇨 퇴·액비화’의 중분류 구성요소의 중요도	121
〈그림 5-4〉 ‘농식품부산물물의 사료화’의 중분류 구성요소의 중요도	122
〈그림 5-5〉 ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 중분류의 구성요소의 중요도	123

제6장

〈그림 6-1〉 사료용 쌀 생산자와 축산농가 간 매칭 체계	131
〈그림 6-2〉 ㈜바이오매스파워 시즈쿠이시 사업 개요도	133
〈그림 6-3〉 Winterswijk 지역의 농가 간 경축순환 방식	143

제7장

〈그림 7-1〉 경축순환농업의 비전과 활성화 기본방향	153
-------------------------------------	-----

제1장

서론

서론

1. 연구 필요성과 목적

1.1. 연구 필요성

농축산업에서 농업부산물, 가축분뇨가 발생되고 있으나 적절한 처리 및 활용이 미흡하여 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 경제적인 손실 발생으로 농업의 지속가능성이 저해되고 있는 것으로 알려진다. 2017년도 기준 OECD 양분 수지를 살펴보면, 질소 수지는 212.2kg/ha, 인 수지는 45.9kg/ha으로 회원국 중 각각 1위와 2위로 양분 수지가 매우 높은 수준이다.¹⁾ 농경지 면적은 감소하고 있음에도 불구하고 화학비료 판매량과 부산물비료 생산량, 그리고 가축분뇨 발생량은 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 양분 과잉 상태에 놓이게 되면서 토양과 수질이 오염되게 된다. 또한 비료와 사료는 원자재를 대부분 해외에서 수입하고 있으므로 외화를 소비하고 있으며, 금융위기, 전염병 세계 대유행, 기후변화 등의 글로벌 위기에 직면할 때 비료와 사료 가격 급등으로 농가는 생산비 압박을 받게 된다. 이와 같은 환경오염과 경영비 압박은 지속가능한 농업을 저해하게 된다.

1) OECD. Stat. (<<https://stats.oecd.org/>>. 검색일: 2020. 10. 19.

2015년 9월에 열린 UN 정상 회의에서 UN은 지속가능발전목표(SDGs)를 공식적으로 발표했다. 지속가능발전목표(SDGs) 중 12번째가 ‘책임 있는 생산과 소비’이며, 이를 위해 선형적 경제모델²⁾에서 순환 경제(circular economy)로의 전환이 제시되었다. 우리나라는 이에 대응하여 2016년에 자원순환기본법을 제정하여 2018년 1월부터 시행하고 있다. 환경부는 이 법에 근거를 두고 자원순환기본계획(2018~2027년)을 수립했다. 이 계획에 순환경제 실현을 위한 중장기 전략과 함께 정책과제가 담겨있다. 사람·환경·지역과 조화되는 지속가능한 농업·농촌에 대한 요구가 증가함에 따라 현 정부는 기존의 생산주의 농정의 전환을 추진하게 되었다(농어업·농어촌특별위원회 2019). 국정과제 중에서도 ‘지속가능한 농식품산업 기반 조성’이 포함되어 있으며, 2019년 12월 농어업·농어촌특별위원회는 지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안(안)을 제시한 바 있다.

경축순환농업은 최근 부각되고 있는 순환경제(Circular Economy)의 대표적인 사례로서 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴비화하여 경종농가에 작물의 양분으로 공급하고, 또한 경종농가에서 발생한 농업부산물을 사료화하여 축산농가에 가축 양분으로 공급함으로써 환경적인 부담을 줄이면서도 경제적인 편익을 얻는 농업으로 알려져 있다. 그동안 경축순환농업과 관련된 정부의 정책은 가축분뇨처리지원사업, 광역친환경농업단지조성사업, 산지생태축산농장 조성사업 등이 있었다. 하지만 경종농가와 축산농가의 연계 체계 미흡, 벧짚, 쌀겨 등 농식품부산물의 사료화 미흡, 가축분뇨 퇴비 및 농산부산물 사료의 낮은 품질, 생산비의 증가, 제도적 뒷받침 부족 등으로 이러한 사업이 효과적으로 이루어지지 못하고 있다.

환경오염과 경영 압박이 심화되어 가는 가운데 지속가능한 농업의 한 수단으로 제시되고 있는 경축순환농업이 활성화되기 위해서는 경축순환농업의 저해 요인들을 분석하고 이러한 요인에 효과적으로 대응하는 방안을 도출할 필요가 있다. 한편 경축순환농업에 대해 정말로 환경적 및 경제적 지속가능성을 담보할 수 있는 대안인지에 대한 의문이 제기되기도 한다. 따라서 이 연구는 경축순환농업의 필

2) 채굴-생산-소비-폐기로 이어지는 경제모델을 말한다.

요성을 지속가능성 측면에서 먼저 제시하고 경축순환농업의 저해 요인을 제도적, 경제적, 기술적, 사회적 관점에서 체계적으로 분석함으로써 경축순환농업의 활성화 방안을 도출하기 위해 추진되었다.

그동안의 경축순환농업 관련 연구는 경축순환농업의 경제적 영향(박현태 외 2008) 및 발전 방향(김창길·권태진 2008), 축산분뇨의 이용활성화 방안(정민국 외 2012b)을 주로 다루었다. 이 연구는 경축순환농업 추진의 필요성을 제시하고, 경축순환농업의 저해 요인을 체계적으로 진단함으로써 경종과 축산이 상호 연계되는 경축순환농업의 활성화 방안을 도출하는 데 선행연구와 차별성이 있다.

1.2. 연구 목적

경축순환농업은 농식품부산물과 가축분뇨를 자원으로 활용함으로써 농업환경을 보존하고 경제적인 이익을 창출하는 농업으로 알려져 있지만 현재 여러 가지 이유로 활성화되지 못하고 있다.

이 연구의 목적은 지속가능한 농업의 수단으로 제시되고 있는 경축순환농업이 현재 우리 농업 여건에서 왜 필요한지를 우선 알아보는 데 있다. 그리고 경축순환농업 저해 요인에 대해 집중적으로 분석하고, 경축순환농업의 활성화 방안을 제시하는 데 있다.

연구 목적을 달성하기 위해 경축순환농업의 필요성을 환경적 및 경제적 측면에서 분석하고, 지역 단위 혹은 농가 단위에서 추진되고 있는 국내외 경축순환농업 사례들을 발굴·정책적 시사점을 제시한다. 또한 경축순환농업 관련 사업을 평가하고, 자원화 운영 주체 및 전문가 인식조사를 실시함으로써 경축순환농업의 저해 요인을 분석한다. 분석결과를 바탕으로 경축순환농업 활성화 방안을 제시한다.

2. 선행연구 검토

2.1. 자연순환농업, 자원순환농업 관련 연구

윤종열·김호(2005)는 아산시 친환경 지역농업의 자원순환시스템 구축방향 연구를 수행했다. 이 연구에서 농업부문의 물질순환 투입-산출의 개념에 기반한 양분수지 분석 방법론을 적용하여 양분수지를 분석하고, 아산시 친환경 지역농업의 자원순환시스템 구축 방향을 제시했다.

유덕기 외(2006)는 자연순환형 유기농업 표준모델 개발을 위해 먼저 유기경종과 유기축산 육성 방안을 제시한 후 경종과 축산을 상호 연계시키는 모델을 개발했다. 이 연구는 환경적 측면을 비용요소로 분석하는 등 전과정 평가기법을 통해 경제성을 평가하는 방법을 개발하고 축산농가 사례에 적용하였다. 또한, 환경성 평가에서도 전과정 평가기법을 활용했다. 이와 더불어 생산, 유통 등 자연순환농업의 활성화를 위한 정책 방안을 제시했다.

박현태 외(2008)는 농촌 지역 중심의 순환농업시스템을 개발했다. 이 연구는 수리계획모형을 구축하고 지역 단위의 순환농업시스템의 효과를 분석하였으며, 전북 정읍 지역을 대상으로 농업부산물인 상호 연계되는 지역자원순환시스템을 구축했다. 순환농업체계의 제약요인으로 축분 퇴·액비의 품질에 대한 경종농가의 불신 만연 및 이를 해소하기 위한 교육과 정보 제공 미흡, 가축분뇨 발생·처리 시의 노천 야적, 무단 방류 등으로 인한 환경 피해 유발, 공급자와 수요자를 연결해주는 체계의 미비 등을 제시했다.

김완배 외(2008)는 팔당클린농업벨트 조성방안의 하나로 자연순환형 농업체계 구축방안을 제시했다. 이 연구는 자연순환형농업의 개념을 제시하고 친환경경종과 친환경축산이 서로 연계되는 자연순환형 농업을 추진하는 데 있어서의 문제점 및 개선 방안을 제시했다.

김창길·권태진(2008)은 농업 부문의 물질순환 투입-산출의 개념에 기반한 양분

수지 분석 방법론을 적용하여 한반도 전역을 대상으로 양분수지 분석을 시도했다. 그뿐만 아니라 이 연구는 한반도를 대상으로 하는 자원순환 친환경농업 발전의 기본방향과 향후 과제를 제시했다.

정민국 외(2012b)는 가축분뇨를 이용한 자원순환농업의 운영실태를 조사 분석하고 자원순환농업의 활성화를 위한 개선과제를 제시했다. 이 연구에서는 자원순환농업 주체인 농협과 축협을 대상으로 만족도, 자원화의 문제점, 필요한 정책 등을 파악하고자 설문조사를 하였으며, 설문조사를 기초로 농협의 퇴·액비 지불의 사금액(WTP)과 축협의 퇴·액비 수용의사금액(WTA)을 분석함으로써 자원순환농업 발전을 위한 개선과제를 제시했다.

최홍림 외(2012)는 지역 특성을 고려한 자연순환농업모델 연구에서 사례지역을 선정하여 현황 및 문제점을 파악하고, 경제성 분석을 통해 자연순환농업 도입을 위한 정책적 시사점을 도출했다. 분석 결과 해양 배출이 비교적 최근까지 계속되었던 지역에서는 자연순환농업 체계의 미비로 인한 가축분뇨 처리 및 자원화에 어려움을 겪고 있기도 하였으며, 공동자원화시설 건립 계획에 대한 지역주민들의 반발 등이 문제점으로 지적되었다. 이를 해소하기 위한 정책적 제언으로는 조직체계와 조직 간의 역할, 연결 관계를 고려한 정책적 지원 체계 마련, 민원 해결을 위한 행정 집행 근거 마련, 액비를 친환경 농자재로 인정하는 규정 신설, 시비 처방체계 개선, 경종농가 인식 개선을 위한 액비 홍보 및 교육을 제시했다.

2.2. 경축순환농업 관련 사업 및 정책 연구

허덕 외(2014)는 가축분뇨 액비 생산시설 우수사례를 발굴했다. 우수사례로 선정된 시설의 특징으로 전문 인력 확보를 통한 퇴·액비 생산 및 유통, 경종농가와의 협력, 주변 주민과의 상생을 위한 악취 발생 저감, 우수한 품질의 액비 생산을 위한 노력, 벼 이외의 작목에 대해서도 액비 살포 이용을 확대하려는 시도 등을 제시하였다. 한편, 성공적인 액비 생산시설 운영을 위해서는 지역주민들과의 소통이 가

장 중요하며 지속적인 지원, 사업 주체들 간 협력 시스템 정비, 액비 살포지 확대 및 악취 저감 노력, 전문가 육성, 관련 법규 등의 개정 및 보완이 필요함을 강조했다.

박배경 외(2014)에서는 현행 가축분뇨 자원화 정책은 지나친 퇴비화 의존, 퇴비 살포 시 주변 하천 및 호소의 부영양화 발생, 암모니아의 휘산 작용으로 인한 악취 발생 가능성이 있으므로 근본적인 대책 마련이 필요함을 지적하였다. 이를 해결하기 위해서는 퇴비 발생부터 살포까지의 발생량 및 살포량, 이동경로 등의 관리가 필요하며, 초과되는 퇴·액비를 자원 부족 지역으로 유통·판매할 수 있는 광역 시스템의 구축을 제안했다.

최덕천(2016)에서는 평창군의 한 농장을 중심으로 소규모 경축순환 유기농업 범위의 경제성을 계측하였다. 4년간의 자료를 토대로 분석한 결과 유기경종과 유기축산을 결합 생산하는 순환농업은 약간의 범위의 경제성이 실현되어 비경축순환농업을 실시한 농가에 비해 직접생산비가 적게 드는 것으로 나타났다. 따라서 이를 더 강화하기 위해서는 경종-축산 간의 중복비용 및 거래비용 절감을 위한 유기사료 제조비용을 낮추는 방안이 마련되어야 함을 주장했다.

안병구 외(2019)에서는 전북지역의 경축순환농업 실현을 위해 가축분 퇴·액비의 품질 개선, 현장 적용 기술개발, 경제성 분석 등을 수행하였다. 분석 결과 가축분 퇴비를 사용하면 일정 부분 무기질 비료를 대체할 수 있으므로 가축분퇴비의 품질을 보증할 수 있는 비료 성분 표시제가 도입되어야 함을 주장했다. 또한, 경제성 분석 결과 입상퇴비 판매 확대가 수입 확대에 중요한 요소임을 밝혔다. 한편, 제조업체는 입상퇴비의 향후 시장성에 대해 긍정적이며 농가는 사용 편리성에 대한 장점 및 비싼 가격으로 인해 정부 지원 및 적정 시비 기준 설정이 필요하다는 의견을 제시하였다.

2.3. 경축순환농업 관련 경제성·환경성 연구

경축순환농업에 관한 경제성 분석 연구는 주로 경영비 분석을 통한 비용편익 분석으로 이루어져 있으며 경제학 계량모형을 활용한 분석은 국내에서 찾기 어렵다. 가축분뇨 자원화의 효과로 화학비료 대체효과의 가치를 추정한 연구로 김창길(1999), 김태성(2011), 국승용 외(2017)가 존재하지만, 경축순환농업 체계 구축으로 발생하는 전체 편익을 다루었다고 보기는 어렵다. 허승욱·김호(2008)는 아산지역 푸른들영농조합의 지역 내 사료를 사용한 유기한우의 생산비가 높을 수밖에 없음을 지적하였으나 경영자료 분석에 그쳐 환경 편익에 대한 고려는 하지 않았다. 환경부(2011)는 가축분뇨 처리시설별 비용편익 분석에서 전과정비용(life cycle cost)과 수질오염 저감에 대한 환경 편익을 고려하여, 정화처리(단독, 연계), 퇴비화, 액비화, 바이오가스(단독, 연계) 처리에 대한 경제성을 비교했다. 서일환 외(2019)는 양분관리 시범사업 지역을 대상으로 조사료 생산을 활용한 양분관리 방안과 이로 인한 경제적 비용과 환경적 편익, 경종 농가 소득 증가분을 분석하여 양분관리 사업의 순편익이 존재함을 제시했다.

물질수지에 바탕을 둔 농업 및 축산 부문의 환경부하는 주로 ‘양분수지(nutrient balance)’를 통하여 분석되었으며, 경축순환자원 설계를 돕는 자료 생성을 위한 소프트웨어 개발 등이 이루어진 바 있다. 양분수지는 경계범위를 기준으로 투입된 양분과 산출된 양분의 차이로, 주로 질소와 인의 잔고(surplus)로 산정되며 환경에 관한 잠재적 오염부하를 나타내는 농업환경지표로 볼 수 있다. 국내 실증자료를 활용한 양분수지 산정에 관한 연구로는 김창길 외(2003), 윤영만 외(2016), 서일환 외(2017), 한국축산경제연구원(2018) 등이 있다. 최홍림 외(2008)는 지역 내 경축순환자원화센터의 설계 및 진단을 위한 물질수지 분석의 필요성을 제시하고, 경종 및 축산 농가 자료를 입력하여 가축분뇨 발생과 양분 필요량(질소, 인, 칼륨)을 산정하여 지역 내 경축순환자원 설계를 돕는 소프트웨어를 개발했다.

자원순환 측면에서 가축분뇨처리에 관한 개별 기술 개발과 효과성에 관한 분석 연구가 존재하며, 온실가스 배출과 같은 환경영향 평가에서 전과정평가(life cycle

assessment: LCA) 방법이 사용되었다. 유덕기 외(2006)는 경제성 및 환경성 분석을 위해 전과정 평가기법을 활용하였으나 환경성 분석의 경우 구체적 사례분석은 제시하지 못했다. 성진근 외(2008)는 실제 축산 및 경종농가를 대상으로 생리활성화 물질 처리를 한 돈분액비 사용 여부에 따른 돈분품질 변화, 암모니아가스 변화, 생산성 및 경영비 변화를 분석했다. 허중수 외(2012)는 인공습지를 통한 축산폐수 자연정화기술 개발과 수생식물의 퇴비재료화, 처리장 내 습지 퇴적층의 토양개량 제화를 제시하였으나 경제성 분석은 하지 않았다. 가축분뇨를 포함한 자원화 및 에너지화의 환경 영향에 관하여, 전과정평가를 사용한 남재작 외(2008), 소진영 외(2012), 윤석진 외(2015) 등의 연구가 있다. 그러나 이 중 남재작 외(2008)와 윤석진 외(2015)는 온실가스 배출량에 중점을 두고 평가함으로써 환경 영향의 일부만을 평가하였다고 볼 수 있다. 윤성이 외(2014)도 전과정 평가를 바이오매스 순환단지의 온실가스 배출량 평가에만 부분적으로 활용한 바 있다.

2.4. 본 연구의 차별성

최근 들어 농정패러다임이 고투입, 고산출 농업에서 지속가능한 농업으로 전환되고 있다. 지속가능한 농업을 실현하기 위해 환경오염을 저감시키고, 자원의 재 활용에 사회적 관심이 커지고 있다. 이 연구는 우리나라 농업의 지속가능성을 환경적, 경제적 측면에서 진단하고, 경축순환농업의 필요성을 분석하였다는 점에서 선행연구와 차별화된다.

기존의 자원순환 연구는 주로 가축분뇨를 어떻게 효율적으로 자원화하여 경종 농가에 공급할 것인지에 머물러 있다. 이 연구는 가축분뇨의 자원화뿐만 아니라 농산부산물을 사료화하여 축산농가에 공급하는 순환도 다룬다는 점에서 차별화된다. 또한, 기존의 연구가 경축순환농업의 경제적 편익을 주로 분석하고 있는 데 반해 이 연구는 경제성과 환경성을 종합적으로 분석한다는 점에서 선행연구와 다르다. 그뿐만 아니라 경축순환농업의 저해 요인을 제도적, 경제적, 기술적, 사회적

관점에서 체계적으로 분석하고, 경종과 축산이 상호 연계되는 경축순환농업의 활성화 방안을 도출한다는 점에서 선행연구와 차별화된다.

3. 연구 범위와 방법

3.1. 연구 범위

경축순환농업의 범위를 대상 품목, 자원화 종류, 공간에 대해 다음과 같이 설정하였다. 경종의 범위는 수도작(벼·짚), 조사료, 발작물(두류, 옥수수, 보리 등), 과수 등 생산 및 수확 단계에서 발생하는 것으로 한정하였다. 축산의 범위는 한우/젓소와 양돈을 대상으로 하였으며, 양계는 원 단위가 작고 잠재적 환경오염 부하가 적을 것으로 판단되어 대상에서 제외하였다. RPC와 APC에서 나오는 농산부산물, 가공부산물, 포항하나 전문가공업체에서 나오는 가공부산물, 음식물쓰레기, 임산물부산물 등은 제외하였다.

자원화 종류로는 사료와 비료를 대상으로 하였으며, 에너지는 제외하였다. 공간적 범위의 경우 마을, 광역 단위, 소규모 농가, 수자원의 유역 단위, 들녘단위 등이 고려될 수 있으나 행정적 편의성, 순환 가능한 경종과 축산의 규모 등을 고려할 때 지역 단위(시·군·면 단위) 및 인근 지역 단위로 설정하였으며, 대규모 농장을 소유한 농가의 경우 농가 단위도 포함하였다.

3.2. 연구 방법

이 연구는 다양한 방법론을 적용하였다. 먼저 국내 경축순환농업 관련 선행연구와 해외 경축순환농업 관련 선행연구를 검토하였다. 즉 농림축산식품부, 농촌진흥청, 한국환경정책평가연구원 등 유관기관과 연구기관 등에서 이루어진 선행

연구를 검토하고, 주요 국제기구(OECD, FAO 등)의 경축순환농업 관련 선행연구를 검토했다.

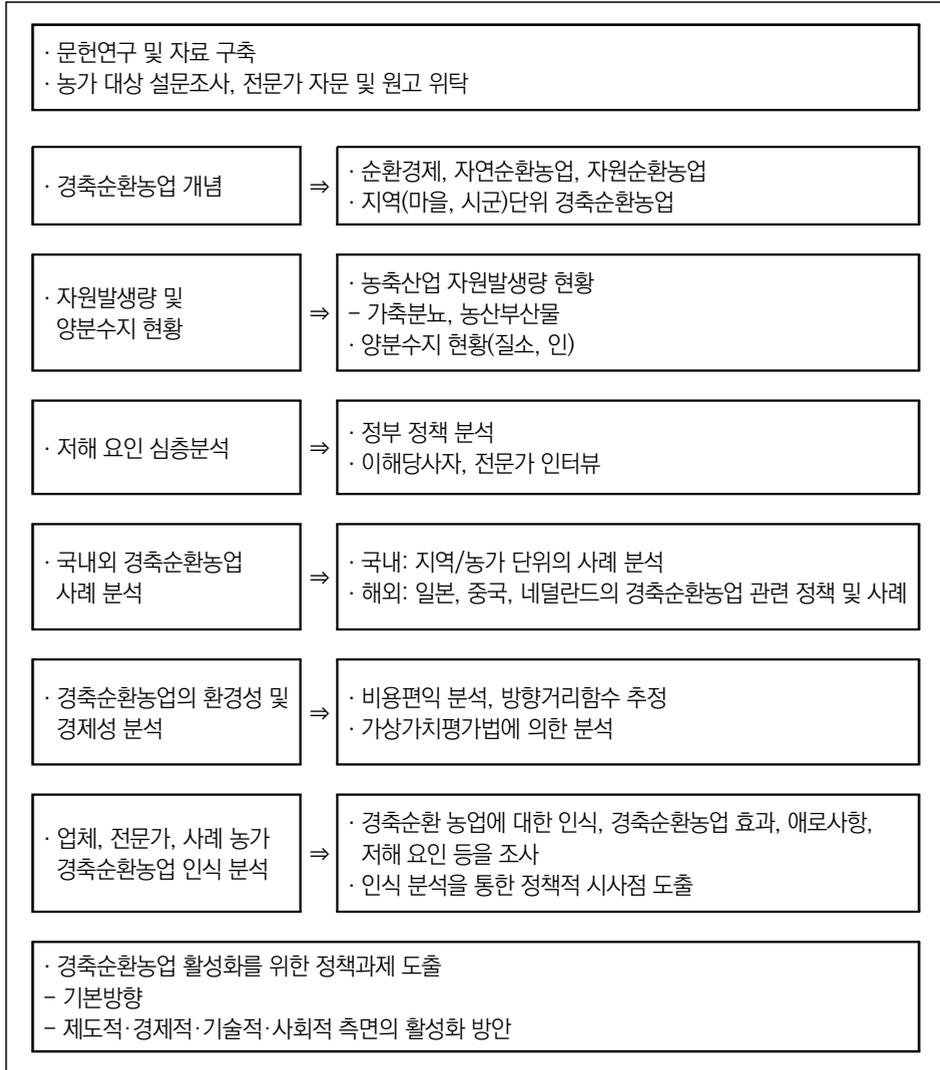
이 연구는 또 계량분석 및 통계분석을 실시하였다. 경축순환농업의 경제성 분석을 위해 비용편익 분석 방법론을 적용하였고, 경축순환농업의 경제적 및 환경적 편익의 기초가 되는 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수(Directional Distance Function)를 추정하였다. 또한 경축순환농업의 환경적 편익 분석을 위해 가상가치평가법(Contingent Valuation Method: CVM)을 적용하였다.

경축순환농업의 실태를 파악하기 위해서 설문조사방법을 이용했다. 먼저 전문조사업체에 의뢰하여 경축순환농업을 실천하고 있는 사례지역 농가를 대상으로 경축순환농업에 대한 인식을 조사했다. 또한 가축분뇨 퇴·액비화 업체, 농식품부산물 사료화 업체를 대상으로 경축순환농업에 대한 인식, 경축순환농업 효과, 경축순환농업 애로사항 등을 조사 및 분석하였다. 이뿐만 아니라 전문가를 대상으로 경축순환농업의 저해 요인에 대해 설문조사 및 분석하였다.

경축순환농업 관련 국내외 유관기관 방문 조사 및 현지 방문 사례 조사를 실시했다. 축산환경관리원을 방문하여 담당자 면담조사를 실시했으며, 충남 서천군 기산면 소재 경축순환농업단지 관계자를 면담 조사했다. 그뿐만 아니라 퇴·액비화, 사료화 업체를 방문하여 담당자 면담 조사를 했으며, 경축순환농업 관련 전문가를 만나 면담 조사를 실시했다.

3.3. 연구추진 체계

〈그림 1-1〉 연구추진 체계도



자료: 저자 작성.

제2장

경축순환농업의 정의 및 필요성

경축순환농업의 정의 및 필요성

1. 경축순환농업의 정의

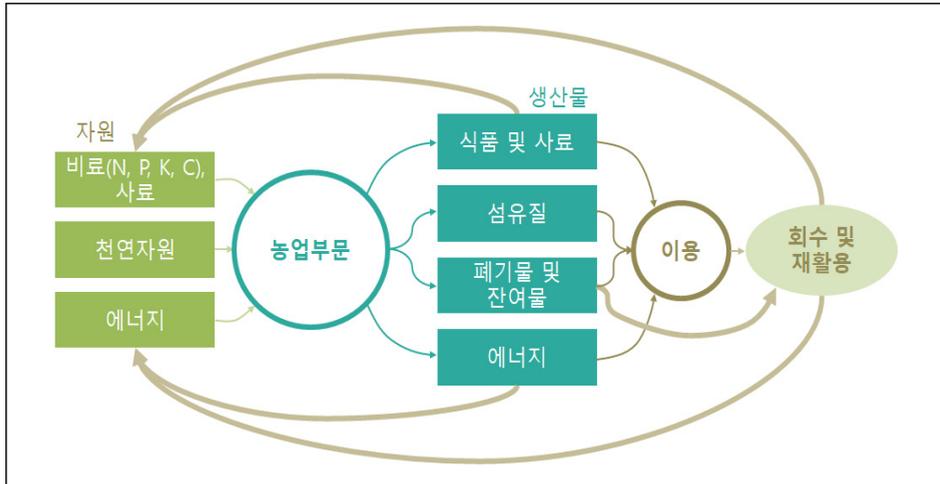
1.1. 순환경제의 의미

순환경제(Circular Economy: CE)의 등장 배경은 현재의 추출(extract)-생산(produce)-사용(use)-폐기(dump)로 이어지는 물질(material)과 에너지(energy)의 선형 경제 체계가 지속가능하지 않다는 점에서 출발했다(Frosch and Gallopoulos 1989). Korhonen et al.(2018: 39)은 순환경제(CE)를 “자연-사회-자연으로 이어지는 물질 및 에너지의 처리 흐름(throughput flow)에서 생산되는 서비스를 극대화하여 사회가 요구하는 생산-소비 시스템을 구축하는 경제 체계”로 정의했다. 이런 경제 체계는 물질 순환 흐름(cyclical material flows), 재생에너지, 에너지 재사용을 통해 이루어질 수 있다.

선형경제는 아래 그림에서 생산물을 이용하고 폐기하게 되지만 순환경제는 회수 및 재활용을 하게 된다<그림 2-1>. 따라서 선형경제는 자원비용 부담이 증가하고, 환경 및 기후에 대한 부하가 커지며, 자원 손실이 발생하지만 순환경제는 수입원이 많아지고, 환경 및 기후 목표를 달성할 수 있으며, 환경 및 기후에 대한 부하가

작아진다. 이뿐만 아니라 순환경제는 자원 유지 및 관리에 대한 부담이 작아진다 (Ben Allen 2015). 성공적인 순환경제는 지속가능한 개발의 세 가지 측면(경제, 사회, 환경)에 긍정적인 기여를 한다. 순환경제는 자연 자원을 활용한 경제 체계의 물질 및 에너지의 처리 흐름이 자연이 감당할 수 없는 수준으로 넘지 않게 제한한다.

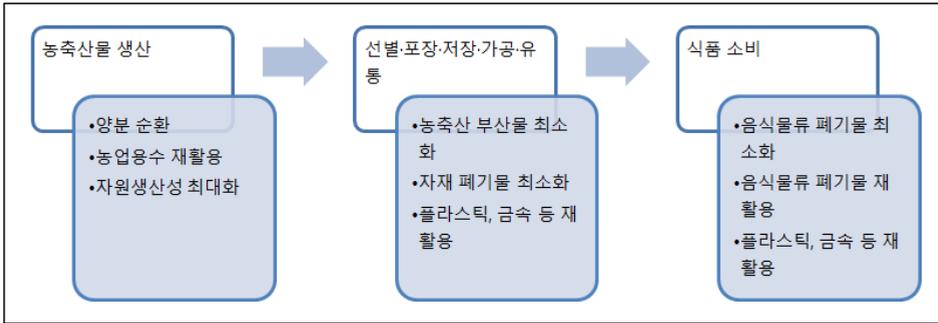
〈그림 2-1〉 농업부문에서의 순환경제 개념도



자료: Ben Allen(2015).

순환경제의 일반적 원칙은 ‘폐기물 발생량의 감소’, ‘발생한 폐기물의 재활용’, ‘폐기물 재활용을 포함한 자원생산성 최대화’로 정리할 수 있다. 이러한 원칙은 농업인이 농축산물을 생산하고 소비자가 최종 소비하기까지 다양한 단계에서 적용할 수 있다<그림 2-2>. 특히 1차 생산에 투입되는 부존자원을 대체하여 자원화된 폐기물이 투입될 수 있고 나아가 천연자원 보존을 돕는다는 점에서 순환경제가 가지는 의미가 크며, 농업 생산에서 적절한 양분의 재활용과 순환은 과잉되거나 처리되지 못한 양분으로 인한 환경부하를 낮출 수 있다는 장점이 있다.

〈그림 2-2〉 농축산물생산에서 식품 소비에서 순환경제 활성화 예시



자료: 저자 작성.

1.2. 경축순환농업의 개념

국내 선행연구들을 검토한 결과, 앞서 언급한 순환경제의 일부 사례로 국내에서는 자연순환농업, 자원순환농업, 경축순환농업 등이 제시되었다. 그리고 이러한 농업들은 경축순환농업과 맞닿아 있었다.

자연순환농업에 대해 농림축산식품부는 자연생태계의 영속적인 물질순환 기능을 활용하는 농업으로 설명했지만 김완배 외(2008)와 한국은행(2014)의 자연순환농업은 경축순환농업을 제시하고 있다. 농림축산식품부(2006)는 자연순환농업의 개념을 “자연생태계의 영속적인 물질순환 기능을 활용하여 작물과 가축이 건강하게 자라게 하고 농축산물의 안전성과 품질을 높이고자 하는 농업”으로 규정했다. 김완배 외(2008)는 자연순환형 농업을 “경종농가는 유기농산물과 유기사료작물을 생산하고, 축산농가는 유기사료작물과 유기 농업부산물(볏짚, 채소 찌꺼기, 미강, 비지 등)을 사료로 활용하여 유기축산물을 생산한다. 그리고 유기축산에서 발생하는 가축분뇨를 유기질 비료화(퇴·액비화)하여 다시 경종농가에 공급하는 것”으로 제시했다. 한국은행 내부자료(2014)에 따르면 “자연순환형 유기농업은 식물생육에 필요한 무기양분은 작물잔사와 가축분뇨 중의 성분으로 공급하고, 지역 조건에 알맞은 작부체계를 확립하여 토양비옥도를 높이며, 작물의 생산성과 안정성을 높여 가축에게 안전성이 높은 사료를 지속적으로 공급할 수 있다

록 유기 경종농업과 축산업의 연계모형”으로 제시했다.

자원순환농업은 최대한으로 부산물을 재활용하고, 환경용량에서 수용가능한 양의 폐기물을 농업계 외부로 배출하는 농업으로 정의되며, 역시 경종 부문과 축산 부문 생산의 부산물을 농업생산에 재활용하는 것으로 제시되었다. 김창길 외(2003)는 자원순환형 농업을 “농축산물의 생산과정에서 발생하는 부산물(또는 폐기물)을 최대한 재활용하고 환경용량에서 수용할 수 있는 만큼의 폐기물을 농업계 외부로 배출함으로써 농업생태계에서 물질의 선순환이 이루어지는 농축산물의 생산활동을 의미한다”고 제시했다. 유찬주·박현태(2009)는 자원순환농업을 물질순환체계의 범위를 기준으로 협의의 개념과 광의의 개념으로 구분하였는데, “물질순환 환경을 농업 내부에서 국한하여 농업생산의 부산물을 농업생산에 재활용함으로써 농업환경과 생태계를 보전하고 지역 내 농산업 간 연계 체계를 구축하는 농업(협의의 개념)”과 “농업을 포함하여 지역 전체 환경을 물질순환 환경으로 설정하고 농업부문의 생산과 지역의 소비 부문을 연계시킨 농업(광의의 개념)”으로 구분했다. 정민국 외(2012b)는 “가축 사육 과정에서 발생하는 가축분뇨를 퇴비나 액비로 자원화하여 토양에 환원함으로써 화학비료 사용을 절감하고, 토양을 건전하게 유지·보전하면서 농업생산성을 확보하고자 하는 농업”으로 정의했다.

농어업·농어촌특별위원회(2019)에서는 지역자원기반 경축순환농업을 “지역자원기반 경축순환농업은 농업 생산의 부산물(가축분뇨, 볏짚, 버섯 배지 등)을 농업 생산 내부에서 다시 활용함으로써 농업 환경 및 생태계를 보전하고 지역 내 농축산업 간 연계를 높여 지역 순환구조를 확립하고자 하는 농업”으로 정의했다.³⁾ 지역별로 특화되어 있는 자원을 최대한 활용하는 경축순환농업으로 경축순환농업의 효과성을 최대화하는 전략이 내포된 것으로 보인다.

3) 농어업·농어촌특별위원회(2019)는 최홍림 외(2012)의 정의를 재인용했다.

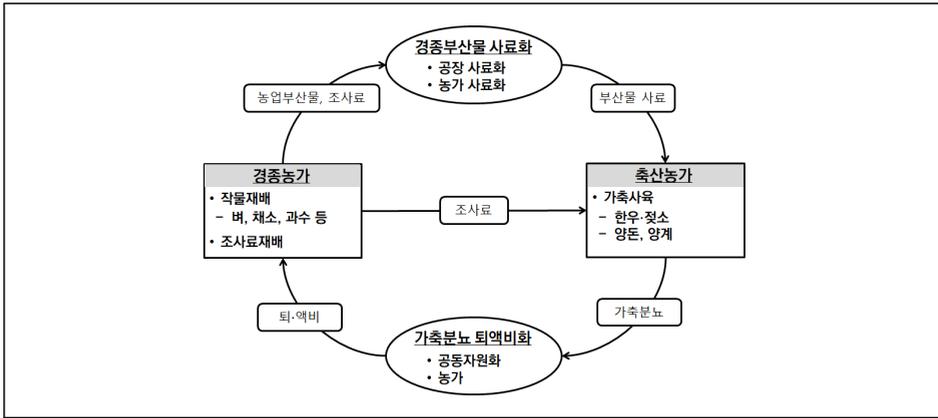
〈표 2-1〉 선행연구에서 제시한 경축순환농업 유사 개념

구분		정의
자연 순환	농림축산 식품부 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • 자연생태계의 영속적인 물질순환 기능 활용 • 작물과 가축이 건강하게 자라게 함. • 농축산물의 안전성과 품질을 높이고자 함.
	김완배 외 (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • 경종농가는 유기농산물과 유기사료작물을 생산 • 축산농가는 유기사료작물과 유기 농업부산물을 사료로 활용하여 유기축산물을 생산 • 유기축산에서 발생하는 가축분뇨를 유기질 비료화(퇴·액비화)하여 다시 경종농가에 공급하는 것
	한국은행 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • 식물생육에 필요한 무기양분은 작물잔사와 가축분뇨 중의 성분으로 공급하고, 지역 조건에 알맞은 작부체계를 확립하여 토양비옥도를 높임. • 작물의 생산성과 안정성을 높여 가축에게 안전성이 높은 사료를 지속적으로 공급함.
자원 순환	김창길 외 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • 농축산물의 생산과정에서 발생하는 부산물(또는 폐기물)을 최대한 재활용하고 환경영량에서 수용할 수 있는 만큼의 폐기물을 농업계 외부로 배출함. • 농업생태계에서 물질의 선순환이 이루어지는 농축산물의 생산활동
	유찬주·박현태 (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • 농업 생산의 부산물을 농업 생산에 재활용함으로써 농업 환경과 생태계를 보전 • 지역 내 농산업 간 연계 체계를 구축하는 농업
	정민국 외 (2012b)	<ul style="list-style-type: none"> • 가축사육 과정에서 발생하는 가축분뇨를 퇴비나 액비로 자원화하여 토양에 환원함으로써 화학비료 사용을 절감 • 토양을 건전하게 유지·보전하면서 농업생산성을 확보하고자 하는 농업
경축 순환	농어업·농어촌 특별위원회 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • 농업생산의 부산물(가축분뇨, 볏짚, 버섯 배지 등)을 농업생산 내부에서 다시 활용 • 농업 환경 및 생태계를 보전하고 지역 내 농축산업 간 연계를 높여 지역 순환구조를 확립하고자 하는 농업

자료: 저자 작성.

자연순환농업, 자원순환농업, 경축순환농업은 농업부산물, 축산부산물, 폐기물 등을 자원화하여 재활용된다는 개념이 포함되어 있고, 농업 환경을 보전 혹은 개선하며, 건강한 농산물 생산을 통해 생산자 및 소비자를 모두 이롭게 하는 농업으로 제시되었다. 따라서 본 연구에서는 경축순환농업을 “축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하고, 경종농가에서 발생한 농업부산물과 경종농가에서 재배한 조사료를 사료화하여 축산농가에 공급함으로써 환경 부담을 줄이고 경종농가와 축산농가가 서로 이익을 얻는 농업”으로 정의했다<그림 2-3>.

〈그림 2-3〉 본 연구에서 분석하는 경축순환농업 개념도



주 1) 경종 및 축산농가에서 1차 생산을 통해 발생하는 부산물을 사료 및 비료로 활용하는 부분에 초점을 맞추어서 경축순환을 정의함. 조사료 재배 및 생산은 경종농가에서 축산농가로의 물질 이동이 이루어지는 부분이므로 부산물의 자원화 과정을 거치지 않는다 하더라도 경축순환의 범위에 포함하였음.
 2) 경종부산물 사료화나 가축분뇨 퇴·액비화 둘 중 하나만 고려하는 것은 제한된 경축순환농업으로 볼 수 있음.
 자료: 저자 작성.

1.3. 경축순환농업의 범위 및 유형

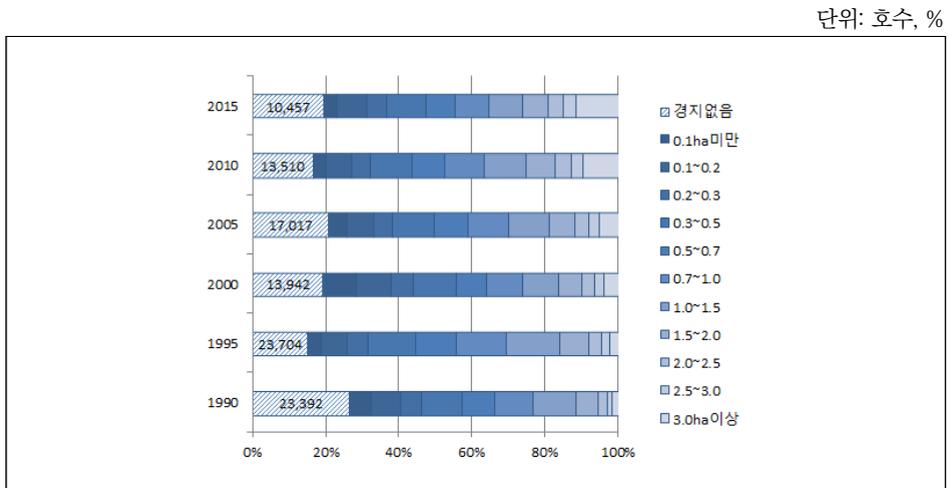
‘경축순환’은 순환경제의 특성을 가지는 자원순환형 농업을 의미하는 것으로, 경종 활동과 축산 활동 사이의 물질이동 경로를 가지는 것을 특징으로 한다. 앞서 언급한 순환경제의 일반 원칙을 적용하자면 ‘경종 및 축산 농가의 폐기물(이하 농축산 부산물) 발생량의 감소’, ‘농축산 부산물의 재활용’, ‘농축산 부산물 재활용을 포함한 자원생산성 최대화’가 모두 순환경제 영역에 속할 수 있으나, 경축순환은 이 중에서도 ‘농축산 부산물의 재활용’과 이를 통한 ‘자원생산성 최대화’에 중점을 둔 개념이다. 다시 말해, 경축순환 농업은 농산부산물이 축산 활동의 자원으로, 축산부산물이 경종 활동의 자원으로 활용되어 자원 이용의 효율성을 높이는 농업체계를 의미한다. 여기서 자원 생산성은 주어진 부존자원을 통한 생산 효율성을 나타내는 지표로, 부존자원을 투입하였을 때 산출되는 농축산물의 양을 기준으로 정의하는 물리적 생산성이나 환경적 혹은 사회적 지속가능성 측면에서는 외부효과를 내재화하였을 때 실현되는 농축산물 가격을 고려한 부가가치생산성

등으로 표현할 수 있다. 즉, 순환경제는 단순한 폐기물의 재활용에서 그치는 개념이 아니라 자원 이용의 효율성을 극대화하는 측면에서 이해해야 하며, 이것은 경축순환에서도 마찬가지다.

국내 축산농가의 경지면적별 구성을 살펴보면, 2015년 기준으로 축산농가의 약 20%가 경지를 가지지 않고 축산업에 종사하는 것으로 조사되었다<그림 2-4>. 3ha 이상 경지를 보유한 축산농가의 비율은 증가 추세로 나타나, 경지를 보유한 축산농가의 경종 활동에서 규모화가 진행되었음을 추측할 수 있다. 이것은 농업정책이 시장개방에 맞서서 규모화를 통한 경영비 절감과 경쟁력 확보에 초점을 맞추어서 진행되어 온 것과 일맥상통한 결과기도 하다.

그러므로 국내 경축순환 관련 농업정책은 두 가지 방향으로 나누어서 접근할 필요가 있다. 첫째는 경종-축산 혼합농가의 경종 및 축산 생산 규모를 단혀진 순환 고리를 가지도록 균형 있게 조정하고 부산물의 재활용을 활성화하는 것(농가 내 순환)이며, 둘째는 경종과 축산이 분리된 농가를 대상으로 농가 범위를 넘어선 지역 단위 혹은 나아가 지역 사이의 순환성을 높이는 것(지역 내 순환 및 지역 간 순환)이다. 즉, 물질순환 경계(boundary)에 따라서 구분된 정책이 필요하다.

<그림 2-4> 보유 경지면적별 축산농가 비율



자료: 통계청 『농림어업총조사』의 연도별 자료를 저자가 재구성.

‘농축산부산물의 재활용’과 ‘자원 생산성 최대화’ 측면에서 볼 때, 경축순환 물질이동은 농경지 양분 원으로 축산부산물을 활용하는 것과 사료 원료로 농산부산물을 이용하는 것이 핵심이다. 이때, 농산부산물을 농경지로 환원하는 것은 축산 활동을 하지 않는 경종 농가에서도 이루어질 수 있다는 점에서 넓게는 순환경제의 일부로 볼 수 있지만, 경축순환이 이루어지기 위한 필수조건으로 보기는 어렵다. 그리고 조사료 재배 활동은 농산부산물의 재활용과는 다소 차이가 있으나 동일 경계 범위(농가, 지역 혹은 국가) 내 축산부산물이 활용되고 농경지에서 발생한 생산물이 사료 원료로 투입된다는 점에서 경축순환 물질이동에 포함될 필요가 있다. 단, 볏짚과 같은 농산부산물을 통한 이윤 창출은 주산물을 통한 이윤에 비해 그 비율이 낮아서 농가 의사결정 과정에 미치는 영향이 작을 수 있으나, 조사료 재배는 주산물을 조사료로 하여 소득을 창출하고자 한다는 점에서 농가 의사결정 과정에 미치는 영향이 상대적으로 클 수 있다.⁴⁾

순환경제 측면에서는 가공이나 최종 식품 소비에서 발생하는 부산물 및 음식물류 폐기물의 자원화도 중요한 부분이지만, 본 연구에서는 경종농가와 축산농가의 물질 흐름에 초점을 맞추어서 경종농가와 축산농가의 1차 농축산물 생산에서 발생하는 부산물의 자원화와 경종(축산)농가에서 축산(경종)농가로 자원화된 물질이 실제 이동하는 경우를 ‘경축순환’의 범위로 설정한다. 음식물류 폐기물은 사료 또는 퇴비로 활용될 수 있다는 점에서 순환경제의 중요한 부분을 차지한다. 그렇지만 음식물류 폐기물은 경종 혹은 축산농가의 1차 생산에서 발생하기보다 가공업체, 식당과 같은 최종 음식 소비지에서 발생하는 경우가 많으므로 경종 및 축산농가의 생산 활동으로 발생하는 부산물을 활용하여 자원생산성을 높인다는 경축순환의 취지와는 별도의 분석이 필요한 주제다.

우리나라 농업 규모는 소규모 가족농에서 대규모 기업농까지 다양하다. 그런데 우리나라 농업이 전업화되어가고 있고, 또 자원화 시설에 적지 않은 비용이 투입

4) 다비성 조사료 작물 재배는 소득 창출 목적 외 과잉양분을 삭감하기 위한 양분관리 수단으로도 활용될 수 있으나, 본 연구에서는 경종 농가가 조사료를 소득 창출 목적으로 재배하는 것을 주된 이유로 보고 분석을 진행하였다.

되고 있는 점을 감안할 때 시·군·면 단위의 규모화된 경축순환농업이 가능할 것으로 판단된다. 이 보고서에서 얘기하고자 하는 경축순환농업은 기존의 화학비료, 배합사료를 퇴·액비와 섬유질 배합사료로 완전히 대체하는 개념이 아니며 퇴·액비와 섬유질 배합사료의 비중을 보다 확대시키는 것이다. 시·군·면 단위 지역 내에서 발생하는 부산물 및 가축분뇨를 우선적으로 활용하고 부족할 경우 타 지역의 부산물 및 가축분뇨를 활용할 수 있다. 경축순환농업은 농업부산물을 자원화하여 축산의 사료로 투입하는 유형, 축산분뇨를 자원화하여 경종 재배의 비료로 투입하는 유형, 그리고 위의 순환의 형태를 띠며 동시에 이루어지는 유형을 모두 포함할 수 있다.

2. 경축순환농업의 필요성

우리 농업이 지속가능하려면 환경적, 경제적, 사회적 측면에서 지속가능해야 한다(김창길 외 2015). 여기에서는 논의를 단순화하기 위해 환경적, 경제적 측면에서의 우리 농업의 지속가능성을 살펴보고자 한다. 그리고 농업부산물, 가공식품 부산물, 가축분뇨 등을 자원화하여 재활용하는 경축순환농업이 환경적, 경제적 측면에서의 지속가능한 농업인지를 살펴봄으로써 경축순환농업의 필요성을 제시하고자 한다.

2.1. 농업의 지속가능성

2.1.1. 환경적 측면

환경적 측면의 지속가능성을 평가하는 지표로 여러 가지 지표가 활용될 수 있으나 대표적으로 양분수지가 활용되고 있다. 우리나라 양분수지를 살펴보면, 양

분(질소, 인)초과율⁵⁾이 평균 134.5%를 나타내고 있다(김창길 외 2015). 질소 수치는 OECD 국가 중 가장 높은 수준이며, 인 수치는 일본 다음으로 높은 수준이다.

〈표 2-2〉 우리나라 도별 양분수지 분석 결과(2014년 기준)

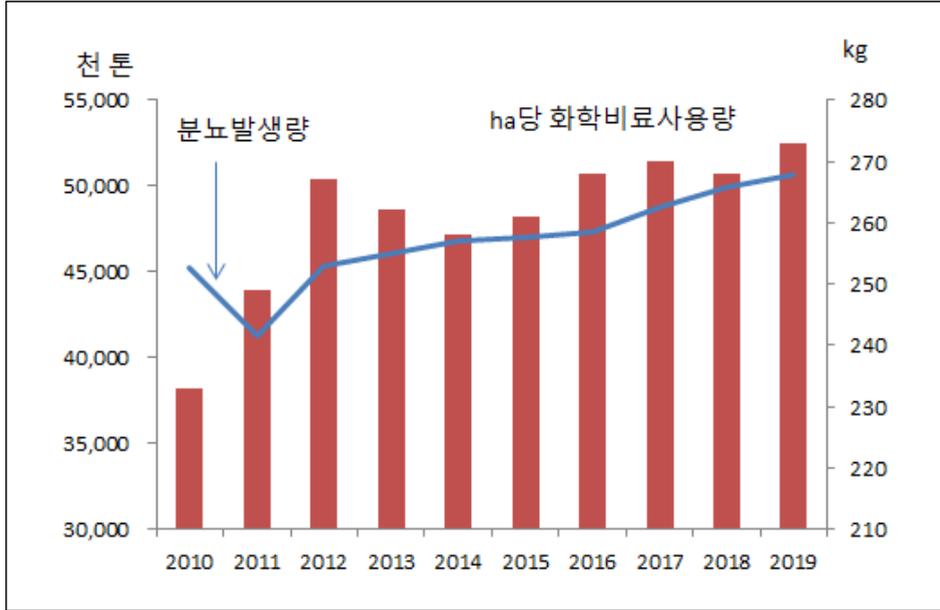
도	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	계
경기도	242.1	173.0	415.0	233.5	314.4	274.1
강원도	150.1	80.2	230.4	125.8	142.5	134.2
충청북도	164.9	92.5	257.4	167.1	175.3	171.2
충청남도	155.1	80.7	235.8	147.9	142.9	145.4
전라북도	169.9	78.1	248.0	154.6	120.3	137.5
전라남도	107.3	33.9	141.2	87.4	50.0	68.7
경상북도	144.9	91.0	235.9	142.6	172.1	157.4
경상남도	83.8	48.6	132.3	68.6	78.3	73.4
제주도	77.4	42.5	119.9	51.8	45.9	48.9
평균	143.9	80.0	224.0	131.0	138.0	134.5

자료: 김창길 외(2015: 91).

양분수지는 화학비료 사용량, 가축분뇨 발생량, 부산물비료(부숙유기질비료, 유기질비료 등) 투입량 등의 양분공급량과 작물에 의해 흡수되는 양 사이의 관계를 나타낸다. 즉 양분공급량이 양분흡수량에 비해 많으면 양분초과 상태가 된다. 우리나라 양분수지가 이렇게 높은 이유는 양분 공급량은 지속적으로 늘어나는 데 반해 양분흡수량은 경지면적 감소로 지속적으로 감소하기 있기 때문이다. <그림 2-5>는 ha당 화학비료 사용량과 분뇨발생량 추이를 보여주고 있다. ha당 화학비료 사용량은 2011년 이후 연평균 1.8% 증가하고 있으며, 가축분뇨 발생량은 같은 기간 연평균 1.4% 증가하고 있다. 또한 부산물 비료 생산량 동향을 보면 2014~2018년 사이에 연평균 10.1%로 증가하고 있다<표 2-3>. 이렇게 양분공급량이 지속적으로 늘어나고 있기 때문에 위의 <표 2-2>에서 제시한 양분수지는 2015년 이후 개선되었다고 말할 수 없다.

5) 양분초과율은 농경지 양분요구량 대비 초과양분의 비율을 나타낸다(김창길 외 2015).

〈그림 2-5〉 화학비료 사용량과 분뇨발생량 추이



주: 분뇨발생량은 〈부표 1-2〉의 가축분뇨 발생량 연도 간 추이 자료임.
 자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

〈표 2-3〉 부산물비료 생산량 동향

단위: 톤, %

구분	2014	2015	2016	2017	2018
유기질비료	960,266 (14.2)	730,235 (10.0)	722,074 (9.3)	644,535 (7.0)	806,240 (8.2)
부숙유기질비료	5,783,286 (85.8)	6,538,550 (90.0)	7,036,280 (90.7)	8,532,341 (93.0)	9,081,129 (91.8)
합계	6,743,552	7,268,785	7,758,354	9,176,876	9,887,369

주: 괄호 안 숫자는 전체 합계 대비 비율(%)을 나타냄.
 자료: 농협경제제주 자재부(2019). 재인용. 성재훈 외(2020)에서 재인용함.

양분 과잉으로 작물이 흡수하지 못한 잉여 양분이 토질과 수질과 대기질을 오염시키는 등 환경에 매우 부정적인 영향을 미치게 된다. 화학비료의 지속적인 사용은 토양을 산성화⁶⁾시키게 되고 산성화된 토양에서 작물의 생산성이 저하될 수

6) 비료에는 황산암모늄·과인산석회·황산칼륨 등이 들어 있는데, 식물이 자라는 데 필요한 질소, 인산, 칼륨을 이용하고 황산이 남기 때문에 흙이 산성으로 변하게 된다. 토양이 산성화되면 식물이 제대로

밖에 없을 뿐만 아니라 산성화된 토양을 중화시키기 위해 규산질과 석회질 비료를 투입해야 하므로 추가적인 비용이 발생하게 된다. 농업환경의 오염은 농업 활동의 국민적 공감대를 형성하지 못하고 결국 지속가능한 농업을 저해하는 요인이 되고 있다. 따라서 농업 활동에 의한 환경 부담을 낮추는 노력이 요구된다.

환경을 보전하고 기후 위기에 대응하기 위한 국제협약이 가시화되고 있고 가축 분뇨 관리에 대한 규제가 강화되는 점 또한 농업에 적지 않은 부담이 되고 있다. 축산에서 가축분뇨의 부적절한 처리는 온실가스를 배출하게 되어 대기질을 오염시키게 된다. 파리기후변화협약⁷⁾하에서 정부는 가축분뇨 자원화 시설과 에너지화 시설 보급을 확대하여 축산에서의 온실가스를 배출을 줄여야만 하는 의무를 갖게 되었다(정학균 외 2018). 다시 말하면 축산업에서도 국제 기후변화협약에 따른 의무(환경적 의무)를 이행해야만 지속적으로 생산 활동을 할 수 있다는 의미이다. 환경부는 가축분뇨에 대한 규제를 통해 환경오염을 방지하는 정책을 추진해 왔다. 2014년 가축분뇨법을 개정함으로써 퇴·액비 관리를 강화하였고, 「가축분뇨법」 제13조의 2에 ‘퇴비액비화기준’을 신설했다. 이후 퇴비 및 액비에 대한 부속도 기준은 강화되어 왔으며, 특히 2020년 3월부터는 가축분 퇴비 부속도 검사 의무화가 시행되었다.

2.1.2. 경제적 측면

농업 생산 활동을 하는 데 있어 주요 투입재는 경종에서는 화학비료이고, 축산에서는 배합사료이다. 이러한 투입재의 원료는 대부분 외국으로부터 수입되고 있

자라지 못하게 되며, 낙엽이나 동물 사체의 분해가 제대로 되지 않아 토양 동물의 영양공급이나 먹이 제공에 직접적으로 영향을 주게 된다. 따라서 산에 있는 흙을 넣거나 석회를 뿌려서 중화시키기도 한다(<https://terms.naver.com>, 검색일: 2020. 10. 23.).

7) 2015년 12월 프랑스 파리에서 열린 제21차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국총회(COP21)에서 채택된 것으로, 2020년 이후의 새 기후변화 체제 수립을 위한 최종 합의문이다. 즉 2020년 만료 예정인 교토의정서를 대체해 2020년 이후의 기후변화 대응을 담은 국제협약이다(<https://terms.naver.com>, 검색일: 2020. 10. 23.).

다. 2016년 기준 암모니아 1,163천 톤, 요소 500천 톤, 인광석 598천 톤, 염화칼륨 543천 톤 등 화학비료 원료 및 중간자재 대부분이 해외에서 수입되었다. 사료 수급실적을 보면, 2018년 기준 수입 배합사료는 14,069천 톤, 국내산은 5,816천 톤으로 수입 비중이 71%를 차지했다<표 2-4>.

<표 2-4> 비료 원료 및 중간자재 수입 실적(2016년 기준)

단위: 천 톤

암모니아	요소	인광석	염화칼륨
1,163	500	598	543

자료: 한국비료협회(2017).

<표 2-5> 사료 수급실적

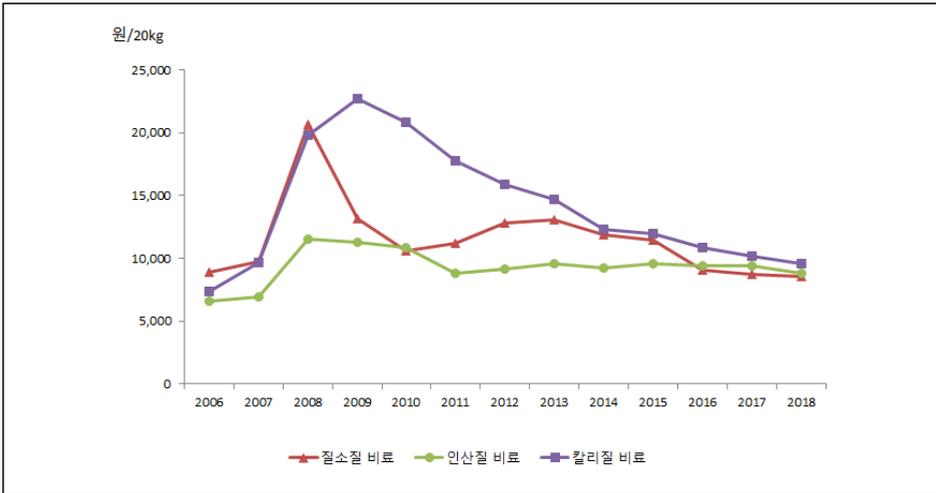
단위: 천 톤, %

연도	합계	농후사료						조사료
			배합사료			농가 자급사료		
			국내산	수입	자급률			
2005	20,283	16,152	15,278	3,730	11,403	25	874	4,131
2010	25,157	20,124	17,710	4,338	13,246	25	2,414	5,033
2015	27,426	21,900	19,295	4,510	14,628	23	2,608	5,526
2017	27,752	21,987	19,204	5,403	13,546	29	2,783	5,765
2018	28,687	22,791	20,139	5,816	14,069	29	2,652	5,896

자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

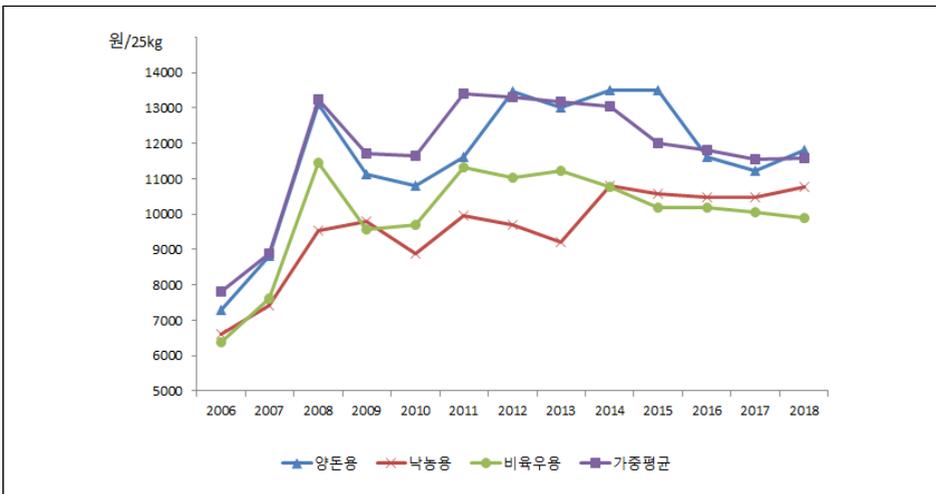
이렇게 화학비료와 배합사료 원료 대부분을 해외에 의존하고 있기 때문에 화학비료와 배합사료 원료 수입으로 외화를 낭비하는 결과를 낳게 된다. 그뿐만 아니라 금융위기, 전염병 세계 대유행, 이상기후와 같은 글로벌 위기가 닥쳤을 때 수출국의 금수조치, 환율 상승 등으로 수입이 불가능한 상황이 발생하거나 가격이 급격히 상승할 수 있다. 실제로 2008년 화학비료와 배합사료 가격이 크게 상승하였다. 연도별 화학비료 가격 추이를 살펴보면, 2008년 금융위기의 여파로 질소질 비료 가격은 2006년 8,900원(20kg)에서 2008년 20,700원으로 상승하였다가 점차 하락하여 2019년에는 8,600원 수준을 보이고 있다<그림 2-6>. 연도별 배합사료 가격 추이를 살펴보면, 2008년에 애그플레이션⁸⁾이 발생하여 급격하게 상승하였다<그림 2-7>.

〈그림 2-6〉 연도별 화학비료 가격



자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

〈그림 2-7〉 연도별 배합사료 가격 추이



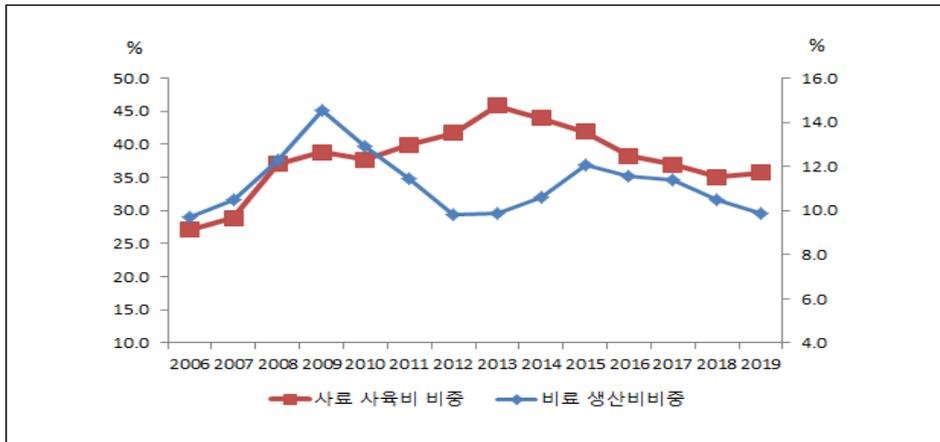
자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

- 8) “세계적으로 농산물 가격은 2007~2008년에 급등하기 시작했다. 농산물(agricultural products)의 지속적인 가격상승 현상을 애그플레이션(agflation)이라고 한다. 애그플레이션은 농업(agriculture) 부문의 인플레이션(inflation)을 의미하는 합성어이다”(네이버 지식백과, 검색일: 2020. 10. 3.).

비료비와 사료비가 생산비에서 차지하는 비중을 논벼와 한우 비육우를 기준으로 살펴본 결과, 2006~2019년간 각각 연평균 0.7%, 2.5% 확대되고 있으며, 비료비와 사료비 가격에 따라 확대되거나 축소되는 경향을 보이고 있다<그림 2-8>. 또한 비료비의 경우 2019년 기준 생산비 비중이 9.9%⁹⁾(6.4%)를 차지하고 있고, 사료비의 경우 35.8%를 차지하고 있어 적지 않은 생산비 부담을 가지고 있다<부표 3-2>, <부표 3-3>.

이러한 비료와 사료의 적지 않은 생산비 비중, 원료의 높은 해외 의존도에 의한 가격 상승 위험은 지속가능한 농업을 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 따라서 화학비료와 배합사료 이용을 낮추는 노력이 필요하며 비료와 사료 자급률을 제고시키는 노력이 또한 요구된다.

<그림 2-8> 비료와 사료가 생산비에서 차지하는 비중 변화(2006~2019년)



자료: 통계청(각 연도). 『농축산물생산비조사』.

2.2. 경축순환농업과 환경·경제적 지속가능성

앞서 우리나라의 고투입고산출 농업, 비료와 사료의 높은 해외 의존성은 환경

9) 9.9%는 직접생산비 비중이며, 간접생산비까지 포함하는 전체 생산비 비중은 6.2%임.

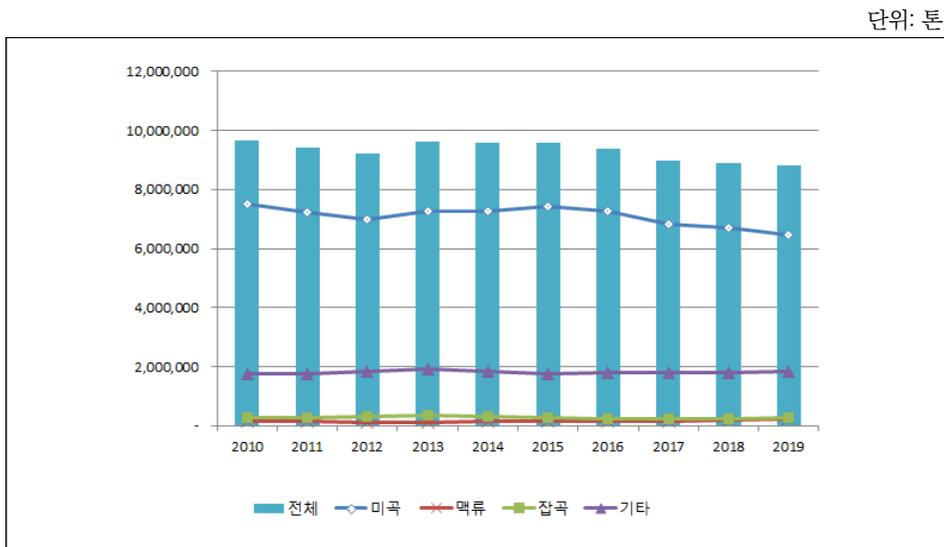
적, 경제적 측면에서 우리의 농업이 더 이상 지속가능하지 않다는 점을 보였다. 여기에서는 경축순환농업이 환경적, 경제적 측면에서 어떻게 지속가능한 농업이 되는지를 살펴보고자 한다. 경축순환농업의 지속가능성을 논하기 전에 우선 경축순환농업의 출발점이 되는 농식품 부산물(농업부산물, 가공식품 부산물)과 가축분뇨의 발생 및 처리현황을 살펴볼 필요가 있다.

2.2.1. 농식품 부산물 및 가축분뇨 발생 및 처리현황

가. 농업부산물

2019년 기준 농업부산물의 잠재 발생량은 볏짚 비중이 58.1%가장 높았고, 왕겨(10.1%), 느타리 폐배지(6.5%), 미강(4.6%) 등의 순으로 나타났다<부표 1-1>. <그림 2-9>는 농업부산물의 품목류별 잠재발생량의 연도 간 추이를 나타내고 있다. 전체적으로 2011년 이후 연평균 1.0% 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 가장 큰 비중을 차지하는 미곡 부산물이 연평균 1.6% 감소하고 있기 때문이다<부표 1-2>.

<그림 2-9> 농업부산물의 잠재발생량 연도 간 추이(2010~2019년)



자료: 저자 작성.

농업부산물 이용 현황 관련 자료를 찾기가 매우 어렵다. 통계청에 따르면 농가의 볏짚 활용은 자가 논외 비료로 활용이 50.7%, 외부 판매가 26.2% 등으로 나타났다.

〈표 2-6〉 농가의 볏짚 활용 현황

단위: 농가 수, %

판매	비료로 활용	사료로 활용	소각처리	기타	합계
203,602	394,376	133,450	10,437	35,602	777,467
26.2	50.7	17.2	1.3	4.6	100.0

자료: 통계청. 논벼 수확농가의 볏짚 처리방법별 농가. 『2010년 농업총조사』.

나. 가축분뇨

〈표 2-7〉은 2019년 기준 주요 축종별 가축분뇨 발생량을 나타내고 있다. 가축분뇨 발생량은 사육마릿수에 가축분뇨배출원단위를 곱하여 산정된다. 돼지 분뇨가 21,179천 톤으로 가장 큰 비중(41.8%)을 차지하고 있고, 다음으로 한·육우 16,011천 톤(31.6%), 닭 7,924천 톤(15.6%), 젖소 5,573천 톤(11.0%) 등의 순이다.

〈표 2-7〉 주요 축종별 가축분뇨 발생량(2019년 기준)

단위: 두수(수수), 천 톤, %

구분	한·육우	젖소	돼지	닭	합계
사육두수	3,202	405	11,377	180,907	195,891
가축분뇨 (비중)	16,011 (31.6)	5,573 (11.0)	21,179 (41.8)	7,924 (15.6)	50,686 (100.0)

주 1) 사육 두수는 통계청의 가축동향조사의 분기별 자료를 평균한 값임.

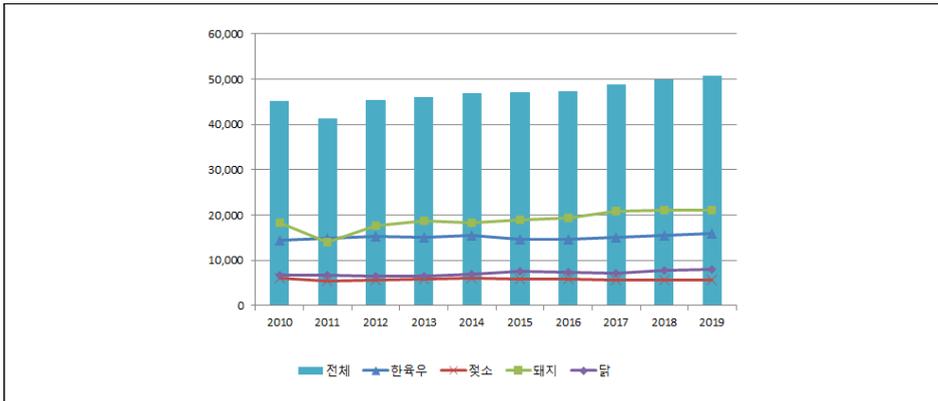
2) 가축분뇨 발생량은 사육마릿수에 가축분뇨배출원단위(한·육우 13.7kg/1일/1마리, 젖소 37.7kg, 돼지 5.1kg, 산란계 0.12kg)를 곱한 값임.

자료: 환경부(<http://www.me.go.kr/>, 검색일: 2020. 8. 2.). 『가축분뇨 배출원단위』.

〈그림 2-10〉는 가축분뇨 발생량의 연도 간 추이를 나타내고 있다. 전체적으로 연평균 1.4% 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 젖소를 제외하고 사육두수 증가에 따라 돼지, 한·육우, 닭의 분뇨 발생량이 각각 2.4%, 1.3%, 2.1% 증가하고 있기 때문이다.

〈그림 2-10〉 가축분뇨 발생량 연도 간 추이(2010~2019년)

단위: 톤



자료: 저자 작성.

농림축산식품부에서 매년 발표하는 가축분뇨 발생량 및 처리현황에 의하면 자원화 및 퇴비화 비중은 증가하나 정화방류 처리는 축소되는 것으로 나타났다<부표 2-1>. 정부의 가축분뇨 자원화 정책에 따라 자원화 비중은 2006년 86.6%에서 2019년 91.4%로 꾸준히 확대되고 있다. 퇴비화 비중은 2010년 80.0%에서 2019년 79.9%로 소폭 축소된 데 반해 액비화 비중은 6.6%에서 11.5%로 확대되었다. 이는 논밭에서 액비를 이용하는 농가가 늘어나고 있는 실태와 일치하고 있다. 정화 방류 처리되는 비중은 개별과 공공처리장 처리를 합하여 2010년 9.0%에서 2019년 7.4%로 축소되었다.

2.2.2. 경축순환농업과 환경·경제적 지속가능성

가. 환경적 지속가능성에 기여

앞서 살펴보았듯이 화학비료의 사용량(ha당)은 최근 10년간 조금씩 증가하고 있다. 화학비료를 작물재배에 지속적으로 사용할 경우 토양의 산성화를 초래하게 되고, 작물 생산성 및 품질을 저해할 수 있다. 가축분 퇴·액비를 이용할 경우 풍부한 유기질을 공급하게 됨으로 토양을 기름지게 하고 작물이 잘 자랄 수 있는 건전한 토양 여건을 조성할 수 있게 된다.

경축순환농업은 오염원이 되는 가축분뇨를 자원화하여 화학비료를 대체하기 때문에 외부로부터의 양분 유입에 의한 양분 과잉상태를 해소할 수 있어 환경적 지속가능성에 기여하게 된다. 예를 들어 A라는 지역에서 벼 100ha와 한우 1,000마리를 사육하고 있고, 벼는 화학비료를, 한우는 배합사료를 농자재로 이용하고 있으며, 농업부산물인 볏짚과 한우 분뇨는 부적절하게 처리되고 있는 상황을 가정할 수 있다. 외부로부터 화학비료와 배합사료는 A 지역으로 투입되고 있고 볏짚과 한우 분뇨는 A 지역에 계속 남아 양분 과잉 상태를 이루고 있다. 이때 볏짚을 소의 조사료로 먹이고 한우의 분뇨를 벼의 비료로 이용함으로써 화학비료와 배합사료를 대체한다면 A 지역의 양분 공급을 감소시킬 수 있다.

경축순환농업은 파리기후변화협약과 같은 국제협약과 퇴·액비화 기준 강화 같은 규제에 대응할 수 있는 하나의 수단이 될 수 있다. 가축분뇨 자원화 시설과 에너지화 시설은 경축순환농업의 핵심적인 시설이며, 이러한 시설 보급에 의한 경축순환농업의 확대는 온실가스 감축이라는 환경적 의무를 이행하면서 지속적인 축산업에 기여할 수 있게 한다. 경축순환농업은 또한 퇴·액비화 시설을 통해 자원화된 고품질 비료를 농경지에 살포함으로써 퇴·액비화 규제 강화에 대응할 수 있다.

환경적인 편익은 또 생물다양성 증진, 경관 보전 등을 얘기할 수 있다. 또한 악취 저감, 미세먼지 저감 등의 편익도 이야기할 수 있다. 하지만 환경적 편익은 그 편익을 정확히 분석하는 데 상당한 애로 요인도 동시에 가지고 있다.

〈그림 2-11〉 환경적 지속가능성에 기여



자료: 저자 작성.

나. 경제적 지속가능성에 기여

비료비와 사료비가 생산비에서 차지하는 비중은 소폭 확대되는 가운데 적지 않

은 생산비 부담을 가지고 있다. 경축순환농업은 농업부산물과 가축분뇨를 자원화하여 화학비료와 배합사료를 대체하게 됨에 따라 생산비 부담을 줄일 수 있다. 선행연구를 보면 자원화된 가축분뇨의 퇴·액비 상당액을 경제적 가치로 평가하였는데 2017년 기준 3,841억 원으로 추정되었다(김현중 외 2018)<표 2-8>.

〈표 2-8〉 자원화된 가축분뇨 비료 성분의 경제적 가치

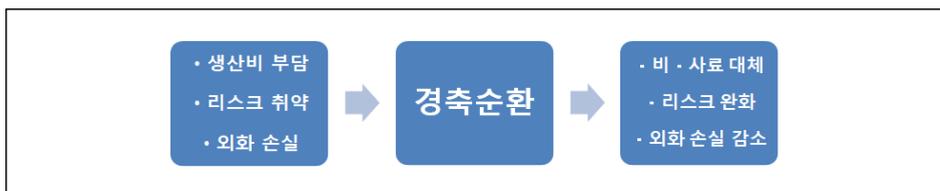
단위: 억 원

연도	질소	인	칼리	합계
2006	914	682	606	2,202
2007	1,034	742	831	2,607
2008	2,208	1,216	1,722	5,146
2009	1,559	1,318	2,167	5,043
2010	1,342	1,354	2,122	4,818
2011	1,345	1,014	1,726	4,084
2012	1,662	1,171	1,672	4,505
2013	1,702	1,230	1,545	4,476
2014	1,569	1,217	1,299	4,085
2015	1,550	1,288	1,270	4,109
2016	1,259	1,311	1,180	3,750
2017	1,269	1,390	1,183	3,841
평균(최근 5년)	1,470	1,287	1,295	4,052

주: 경제적 가치=자원화된 가축분뇨 비료 성분 배출량×성분별 화학비료 가격
 자료: 김현중 외(2018: 78).

앞서 살펴본 대로 비료비와 사료비가 생산비에서 차지하는 비중의 변동은 글로벌 리스크를 그대로 반영하고 있다. 경축순환농업은 지역 내 혹은 국가 내에서 발생하는 자원을 재활용하기 때문에 글로벌 리스크를 줄일 수 있다. 이뿐만 아니라 대부분의 원자재를 수입함에 따라 외화 손실을 초래하게 되는데 경축순환농업은 자원 재활용에 따른 수입량 감소로 외화 손실을 줄일 수 있게 된다.

〈그림 2-12〉 경제적 지속가능성에 기여



자료: 저자 작성.

제3장

**경축순환농업 관련 정책
추진 현황**

경축순환농업 관련 정책 추진 현황

2015년 9 월에 열린 UN 정상 회의에서 UN은 지속가능발전목표(SDGs)를 공식적으로 발표했다. 지속가능발전목표(SDGs) 중 12번째가 ‘책임 있는 생산과 소비’이며, 이를 위해 선형적 경제모델¹⁰⁾에서 순환 경제(circular economy)로의 전환이 제시되었다. 우리나라는 이에 대응하여 2016년에 자원순환기본법을 제정하였고, 2018년 1월부터 시행하고 있다. 환경부는 이 법에 근거를 두고 자원순환기본계획(2018~2027년)을 수립했으며, 이 계획에 순환경제 실현을 위한 중장기 전략과 함께 정책과제가 담겨있다.

농림축산식품부에서는 가축분뇨를 자원화하여 농경지에 투입하는 정책을 추진해 왔다. 하지만 경축순환농업과 관련된 정부의 총괄적이고 종합적인 정책은 부재하였다. 2004년 정책에서 경축순환이 언급되었지만 가축분뇨 처리에 초점이 맞추어져 있다(농어업·농어촌특별위원회 2019). 그리고 2004년 농림부와 환경부가 공동으로 ‘가축분뇨 관리·이용대책 추진기획단’을 설립하여 축산분뇨 종합관리대책을 발표하였고, 2007년부터 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」이 시행되었다(박현태 외 2008). 정부에서는 순환농업의 일환으로 2005년 ‘광역 친환경농업단지 조성사업’, ‘자원순환형 사회축진을 위한 중장기 비전 및 국가자원순환 기본계획’, 2006년 ‘가축분뇨를 활용한 자연순환 농업 추진대책’을 추진하였으며, 최근에는 2014~2016년 시범사업 추진 이후 2017년부터 ‘산지생태축산농장

10) 채굴-생산-소비-폐기로 이어지는 경제모델을 말한다.

조성사업'을 시행하고 있다. 2006년 자연순환농업 추진 대책을 보면 자연순환농업 협약을 체결¹¹⁾하였고, 자연순환농업 추진체계가 제시되었다. 하지만 더 이상 활성화되지 못하였고, 현재는 자연순환농업을 추진하는 공동자원화센터에서 자연순환농업을 하는 경우 자금 대출을 해주고 있다.

1. 관련 법 현황

1.1. 가축분뇨법

가축분뇨의 관리, 이용, 처리 등과 관련된 법령으로는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하 「가축분뇨법」), 「악취방지법」, 「비료관리법」, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 등이 있는데, 가축분뇨와 관련된 대부분의 사항은 「가축분뇨법」에서 규정하고 있다(김현중 외 2018). 이때, 「가축분뇨법」을 근거로 농림축산식품부, 환경부, 농촌진흥청의 고시들과 지자체별 조례들이 제정 및 시행되고 있다. 「비료관리법」은 부숙유기질비료에 해당하는 가축분퇴비, 가축분뇨발효액(액비)의 기준을 제시하고 있다는 측면에서 연관성이 있다.

「가축분뇨법」은 가축분뇨를 자원화하거나 적정하게 처리하여 환경오염을 방지함으로써 환경과 조화되는 지속가능한 축산업의 발전 및 국민 건강의 향상에 이바지함을 목적으로 하고 있으며, 가축분뇨의 관리, 배출시설·처리시설의 관리 및 퇴비·액비 살포, 가축분뇨의 이용촉진, 공공처리 및 관련 영업과 관련된 규정을 다루고 있다. 가축분뇨는 2006년 법 제정 이전에는 자원이 아닌 폐기물로 인식되었고, 관련 법도 「오수분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」로 명명되어 있었다. 그러나 2006년에 가축분뇨의 자원화 촉진 및 체계적인 관리를 통해 환경 보전과 지속가능한 축산업 실현을 위해 가축분뇨법을 제정하였다. 이를 통해 수질오염의

11) 2012년 기준 축협 73개소, 농협 318개소가 협약을 체결함(정민국 외 2012a).

방지에 역점을 두고 가축분뇨를 정화 후 하천 등으로 방류하는 정화 위주의 법제 대신 가축분뇨를 자원으로 인식하고 이를 활용하기 위한 법률이 마련되었다. 2006년 법 제정 시 농식품부, 환경부가 합동으로 축산분뇨에 대한 종합적인 관리 대책을 마련하여 각 부처 간 가축분뇨 자원화·처리 및 이용에 대한 정책 연계성을 강화하고자 하였다(강기철 외 2018). 「가축분뇨법」으로 법이 변경되면서 가축분뇨를 퇴·액비 등으로 활용하기 위한 자원화 개념이 도입되었으며, 가축분뇨의 적정한 처리를 위한 가축분뇨 자원화 시설에 대한 지원이 제도화되었다.

「가축분뇨법」은 제정 이후 지속적으로 개정되어 관리·감독 등 규제가 강화되어 왔고, 시설 확충을 통해 가축분뇨 자원화를 촉진하였다(김현중 외 2018). 2006년 「가축분뇨법」 제정 이후 “폐기물 배출에 의한 해양오염 방지에 관한 국제협약(런던의정서)” 발효에 따라 2012년 가축분뇨 해양투기 전면금지에 대비하기 위해 2007년 7월에는 가축분뇨 해양배출 감축대책이 수립되었다. 2013년에는 무허가 축사 관리를 강화했고, 가축분뇨 퇴·액비화 기준을 신설하였으며, 가축분뇨 전자인계제도를 도입했다. 2015년에는 무허가 축사의 적법화를 위해 3년간 행정처분 유예기간을 두고, 자원화 중심의 공공처리시설 설치, 가축분뇨 실태조사 도입, 가축사육제한구역 대상 확대, 축산환경관리원 설립 및 운영 등의 내용을 포함한 가축분뇨법이 개정되었다. 2016년에는 축산업의 안정적 발전, 가축분뇨 자원화 촉진을 위한 자연순환 농업 활성화 등을 위해 ‘깨끗한 축산농장 조성 대책’을 마련하였고, 2018년에는 경축순환농업 실현, 사육 환경 기준 강화, 축산농가에 대한 관리 및 지원 강화, 양분관리제 부담금 도입 검토 및 암모니아 저감 등의 내용이 포함된 축산환경개선 종합대책을 마련 중에 있다.

1.2. 비료관리법

「비료관리법」은 비료의 품질을 보전하고 원활한 수급과 가격 안정을 통하여 농업생산력을 유지·증진시키며 농업환경을 보호함을 목적으로 하고 있다. 또한 비

료의 정의, 공정규격 설정, 비료생산업 등록, 보증 표시 및 판매 관리, 품질관리 및 관리 의무, 등록 및 신고의 제한 등과 관련된 규정을 다루고 있다.

「비료관리법」¹²⁾에 의하면 가축분퇴비와 가축분뇨발효액(액비)은 부산물비료 중 부숙유기질비료에 해당한다. 「비료관리법」에 의해 비료가 되려면 공정규격을 준수해야 하는데, 공정규격이란 ‘농림축산식품부장관이 규격을 정하는 것이 필요하다고 인정하는 비료에 대하여 주성분의 최소량, 비료에 함유할 수 있는 유해성분의 최대량, 주성분의 효능 유지에 필요한 부가성분의 함유량과 유통기한 등 비료의 품질 유지를 위하여 농림축산식품부장관이 정하여 고시한 규격’을 의미한다.

환경부에서는 퇴·액비 관리 강화를 통한 환경오염의 방지를 위해 2014년 가축분뇨법을 개정하였고, 「가축분뇨법」 제13조의 2에 ‘퇴비액비화기준’을 신설했다.

〈표 3-1〉 퇴비액비화 기준

퇴비화 기준			액비화 기준		
축종	항목	기준	축종	항목	기준
모든 가축	부숙도	환경부장관이 농림축산식품부장관과 협의하여 정하여 고시하는 기준에 적합할 것	돼지·젖소	부숙도	환경부장관이 농림축산식품부장관과 협의하여 정하여 고시하는 기준에 적합할 것
	함수율	70% 이하		함수율	돼지: 95% 이상 젖소: 93% 이상
돼지	구리	500mg/kg 이하		염분	2.0% 이하
	아연	1,200mg/kg 이하		구리	70mg/kg 이하
소·젖소	염분	2.5% 이하		아연	170mg/kg 이하

주: 부숙도 관련 부분은 다음 각 호의 구분에 따른 날부터 적용함.

1. 퇴비화 기준 중 부숙도 기준: 2020년 3월 25일

2. 액비화 기준 중 부숙도 기준

가. 허가대상 배출시설설치자, 재활용신고자 및 가축분뇨처리업자가 설치한 자원화시설의 경우: 2017년 3월 25일

나. 가목 외의 자원화시설의 경우: 2019년 3월 25일

자료: 환경부, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령」 별표 3(개정: 2019. 7. 2.).

12) 「비료관리법」에 의해 비료를 구분하면 크게 보통비료, 부산물 비료로 나누어짐. 보통비료는 부산물 이외의 비료로서 비료관리법 제4조에 따라 공정규격이 설정된 것을 의미하며, 부산물비료는 “농업·임업·축산업·수산업·제조업 또는 판매업을 영위하는 과정에서 나온 부산물(副産物), 사람의 분뇨(糞尿), 음식물류 폐기물, 토양미생물 제제(토양효소 제제를 포함), 토양활성제 등을 이용하여 제조한 비료로서 비료관리법 제4조에 따라 공정규격이 설정된 것”을 의미함.

퇴비 및 액비 부숙도 기준은 가축분뇨법 제13조의 2와 동법 시행령 제12조의 2에 의거하여 「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」에 별도로 규정하고 있다. 해당 고시는 퇴비·액비의 부숙도 정의뿐만 아니라 측정 방법 및 판정 기준 등에 관해 규정함을 목적으로 한다. 부숙도는 ‘퇴비·액비의 원료가 퇴비·액비화 과정을 거치어 식물과 토양에 대해 안정적인 반응을 나타내는 것’으로 정의된다(고시 제2조). 퇴비의 부숙도 측정은 「비료관리법 시행령」제 15조에 따른 「비료품질검사방법 및 시료채취기준」¹³⁾을 따라 이루어지며, 부숙도 판정 기준¹⁴⁾은 단계(미부숙, 부숙초기, 부숙중기, 부숙후기, 부숙완료)를 구분하여 산정한다. 액비의 부숙도 측정 방법¹⁵⁾은 부숙 정도에 따라 미부숙, 부숙중기, 부숙완료 단계로 구분하며 부숙도 적용은 퇴비화시설 설치자별로 아래 <표 3-2>의 적용 기준 및 적용 시기를 따른다.

〈표 3-2〉 퇴비 및 액비의 부숙도 판정 기준

퇴비 부숙도 기준			액비 부숙도 기준	
구분	콤백 (CoMMe-100)	솔비타 (Solvita)	구분	기계적 분석법
미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태	1	미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태
부숙초기	부숙이 진행되는 초기 상태	2	부숙중기	부숙 기간이 좀 더 필요한 상태
부숙중기	부숙 기간이 좀 더 필요한 상태	3		
부숙후기	퇴비의 부숙이 거의 끝나는 상태	4-6	부숙완료	액비의 부숙이 완료됨
부숙완료	퇴비의 부숙이 완료됨	7-8		

자료: 환경부(2017). 「퇴비액비화 기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」.

- 13) 퇴비의 부숙도 측정방법은 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정방법 1. 콤백(CoMMe-100)을 이용한 측정법, 2. 솔비타(Solvita)를 이용한 측정법이 있음. 다만, 위 기준에 따른 측정법 검사 후에도 냄새에 의한 부숙이 의심될 경우 종자발아법으로 측정함(이때, 종자발아법은 부숙완료 단계에 적용하고 발아지수를 70 이상으로 함) (「비료의 품질검사방법 및 시료채취 기준」 농촌진흥청 고시 제2020-29호, 별표 1).
- 14) 부숙도는 미부숙(未腐熟), 부숙초기, 부숙중기, 부숙후기, 부숙완료 단계로 구분하며, 솔비타 측정법의 경우 이산화탄소(CO₂) 및 암모니아(NH₃) 가스 농도를 숫자(1부터 8까지)로 표시함(「비료의 품질검사방법 및 시료채취기준」 농촌진흥청 고시 제2020-29호, 별표 1).
- 15) 액비의 기계적 부숙도 측정방법은 암모니아(NH₃) 및 황화수소(H₂S)의 가스 농도와 분광광도계(分光光度計)를 이용한 색도 측정으로 정하되, 부숙 정도에 따라 미부숙, 부숙중기, 부숙완료 단계로 구분함. 다만, 위 기준에 따른 기계적 부숙도 측정방법에 의한 부숙이 의심될 경우 퇴비와 마찬가지로 액비 종자 발아법으로 검사하고 발아지수는 70 이상으로 함(「비료의 품질검사방법 및 시료채취 기준」 농촌진흥청 고시 제2020-29호, 별표 1).

퇴비 및 액비에 대한 부숙도 기준은 강화되어 왔다. 특히 2020년 3월부터는 가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화가 시행되었다. 그러나 현장의 상황 등을 감안하여 1년간 계도기간을 운영한다(농림축산식품부 보도자료 2020. 3. 25.). 퇴비 부숙도 관리 실태 조사 결과 관리 대상 축산농가 50,517호 중 28.8%가 관리가 필요한 것으로 나타났다(농림축산식품부 보도자료 2020. 7. 6.). 2015년 3월에 「가축분뇨법」시행령이 개정되었으며 그 이후, 5년간의 유예기간을 거쳐 가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화가 2020년 3월 25일부터 시행되었다. 퇴비 부숙도 관리가 필요한 농가(14,573호) 중 52.7%는 부숙도 관리만 미흡한 농가로 나타났으며, 부숙도 관리와 더불어서 교반장비 부족, 퇴비사 부족, 교반장비/퇴비사 부족의 애로사항 있는 농가가 각 22.1%, 19.7%, 5.5%로 조사되었다(농림축산식품부 2020).

가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화는 「가축분뇨법」에 따라 신고규모 농가(돼지 50~1,000㎡, 소 100~900㎡, 가금 200~3,000㎡)는 연 1회, 허가규모 농가(돼지 1,000㎡ 이상, 소 900㎡ 이상, 가금 3,000㎡ 이상)는 6개월에 1회 퇴비부숙도 검사를 받고 그 결과를 3년간 보관해야 하며, 가축분 퇴비를 농경지에 살포 시 축사면적 1,500㎡ 이상 농가는 부숙후기 또는 부숙완료, 1,500㎡ 미만은 부숙중기 이상으로 부숙하여야 한다는 것을 주요 내용으로 하고 있다. 만약 계도기간 중 퇴비 부숙 기준에 미달하는 퇴비 살포, 부숙도 검사(1~2회/연) 미실시 등 위반 시 행정처분은 유예되나, 부숙되지 않은 퇴비의 무단 살포로 인한 수계오염(가축분뇨법), 악취 민원(2회 이상) 발생(악취방지법) 시 지자체장의 판단하에 행정처분이 가능하다. 정부는 지자체와 지역의 농축협, 그리고 축산단체 등과의 협력을 통해 가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화 계도기간 내 퇴비 부숙도 제도 정착을 위한 단계별(준비-이행-확산·정착 단계) 대책을 추진하고 있다.

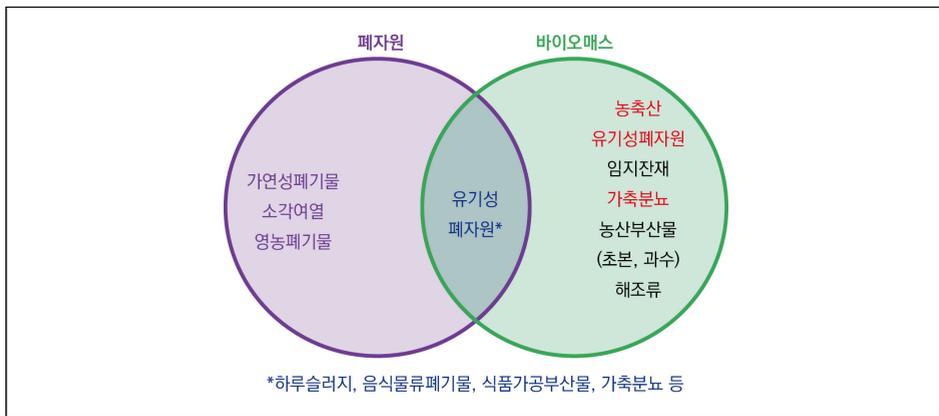
1.3. 폐기물처리법

농축산 유기성폐자원인 농산부산물, 식품가공 부산물, 가축분뇨 중 가축분뇨를

제외하고는 「폐기물관리법」의 관리 대상이다(서대석 외 2017). 유기성 폐자원의 정의에 따라 그 범위는 농산부산물, 가축분뇨, 임목잔재 등으로 정할 수 있고, 농산물 상품화 과정에서 발생하게 되는 왕겨, 미강, 그리고 가축의 도축 과정에서 발생하는 비식용 부산물도 이에 해당한다. 유기성폐자원 중 식품가공 부산물은 사업장에서 발생하는 사업장 폐기물로 환경부에서 관리하고 있는 「폐기물관리법」 대상이며, 미곡처리장 등에서 발생하는 왕겨, 미강 등과 식음료 사업장에서 발생하는 감귤박, 양파박 등이 포함된다.

농산부산물 중 벚짚은 농식품부의 가축 조사료 수급 활성화 정책에 따라 관리되고 있으며, 이외의 품목은 명확한 관리 제도가 없는 상황이다. 이러한 농산부산물의 대부분은 발생량 및 처리량이 통계적으로 집계되지 않고 있으며, 농경지에 환원되거나 자체 소각 처리되고 있는 것으로 파악된다(윤영만 외 2017).

〈그림 3-1〉 농축산 유기성폐자원의 범위



자료: 서대석 외(2017).

현재 「폐기물관리법」에 의거하여 농촌 지역 영농부산물·폐비닐·생활쓰레기 등을 노천에서 소각하거나 아궁이 등의 연료로 사용하는 것은 폐기물 불법 소각으로 처벌 대상에 해당한다. 농촌진흥청에서는 미세먼지 저감 및 산불 방지 등을 위해 관행적인 영농부산물 소각에 대한 자제를 당부하고 있으며, 영농부산물(벼짚·보릿대, 고춧대, 깻단, 과수 전정가지 등)은 토양 유기물 함량을 높일 수 있는 자원으

로 보고 파쇄하여 흙갈이(로터리) 작업 중 퇴비로 사용하는 것을 권장하고 있다 (농촌진흥청 보도자료 2020. 1. 21.). 2018년 기준 불법 소각 단속 결과 전국에서 16,686건이 적발되었으며 과태료 부과는 927백만 원이었다. 이에 농촌진흥청에서는 시·군농업기술센터와 협업하여 농기계 임대사업소에 있는 임대용 동력파쇄기를 활용한 시·군·마을 단위의 영농부산물 파쇄작업을 지원하기도 했다.

2. 관련 사업 현황

가축분뇨처리지원사업은 가축분뇨 시설·장비 등을 지원하여 가축분뇨를 퇴비·액비·에너지 등으로 자원화하여 자연순환 농업 활성화 및 환경오염을 방지하기 위한 사업이다(농림축산식품부 2020). 본 연구에서 가축분뇨처리지원사업의 애로사항을 조사한 결과, 높은 운영 비용, 초기 시설설치비에 대한 자부담 비중, 생산된 가축분 퇴·액비에 대한 경종농가의 낮은 인식 등으로 나타났다.

〈표 3-3〉 공동자원화 시설 현황(2018년 6월 기준)

단위: 개소

구분	퇴·액비화			에너지화		
	소계	가동	인허가·공사	소계	가동	인허가·공사
2006	1	1				
2007	4	4				
2008	15	15				
2009	18	17	1			
2010	17	17		2	2	
2011	11	11				
2012	16	16		1	1	
2013	5	5		1	1	
2014	4	3	1	1	1	
2015	1	1		2		2
2016	1		1	3		3
2017						
2018	2		2	1		1
소계	95	90	5	11	5	6

자료: 김현중 외(2018).

광역친환경농업단지조성사업은 농업환경 개선과 친환경농업육성을 위해 시·군 수계단위로 경종(耕種)과 축산을 연계한 광역단위 자원순환형 단지를 구축하기 위한 사업이다(농림축산식품부 2014). 2006년 3개소(완주, 순천, 울진) 시범사업 추진 이후, 2014년까지 45개소로 확대되었다. 사업시행지침서에 따르면 광역친환경농업단지 조성사업은 개소당 60억~100억 원(국고 30%, 지방비 50%, 자부담 20%)을 지원하며, 사업내용에는 친환경농자재 생산시설·장비, 친환경 농축산물 생산시설·장비, 친환경산지유통시설, 농축순환자원화시설, 친환경 교육·체험 시설 지원 등이 있다. 광역친환경농업단지사업은 사업에 대한 해당 지역 농업인의 참여도 및 관심도 저조, 주요 시설물과 장비 운영계획 및 사후관리 방안 수립 미흡, 광역단지 조성 목표치 과다 등이 있다(김창길 외 2008). 한국은행(2014) 제주·목포·전북 본부는 광역친환경농업단지사업 추진상의 문제점을 제시하고 제주·호남지역 간 밸류체인 구축방안을 제시했다. 이 보고 자료는 유기축산이 유기사료 공급 애로 등으로 경종과 축산 간 성장 불균형이 발생하였고 이로 인해 경종과 축산이 연계되지 못하고 있다고 지적하고 유기축산이 많은 제주와 유기경종이 많은 호남지역을 하나로 묶어 밸류체인 구축방안을 제시했다.

〈표 3-4〉 광역 친환경농업단지 지자체별 현황

지자체별	'06-'07 (3개소)	'07-'08 (6개소)	'09-'11 (11개소)	'10-'12 (7개소)	'11-'13 (7개소)	'12-'14 (11개소)
경기(1개소)	-	-	-	양평	-	-
강원(2개소)		양구	정선	-	-	-
충북(6개소)		옥천	진천	증평, 괴산	-	충주, 제천
충남(2개소)	-	-	-	-	예산	아산
전북(8개소)	완주	익산	무주, 고창	군산	장수	순창, 임실
전남(9개소)	순천	장흥	영암, 신안, 화순	함평	곡성	나주, 담양
경북(9개소)	울진	성주	영천	김천	포항	안동, 영주, 봉화, 군위
경남(7개소)	-	산청	사천, 거창, 고성	남해	창녕, 함양	-
제주(1개소)	-	-	-	-	제주	-

자료: 농림수산식품부 친환경농업과 보도자료(2012. 11. 5.) 및 통계청(2020) 친환경농업단지 현황(검색일: 2020. 2. 11.).

산지생태축산농장 조성사업은 유희 산지(山地)를 활용한 조사료 자급으로 생산비를 절감하고, 동물복지축산과의 연계를 바탕으로 지속가능한 축산기반 구축을 지원하기 위한 사업이다(농림축산식품부 2020). 산지생태축산 운영 시 초지 조성 및 관리에 대한 비용부담이 높아지며, 가축 과다 방목 시 환경오염 및 산림훼손의 우려가 존재하기도 한다. 또한, 과거의 산지축산 활성화 실패사례들을 검토해 보면 불리한 지형(경사지)에 따른 효율성, 생산성 저하 및 관리부담, 저렴한 농후자료 구입활용을 통한 밀식사육 및 양축인 고령화, 경제성이 높은 타 용도 전환(골프장 등) 및 편법활용, 산지초지 운영기술 및 산지 방목기술 등의 개발 미흡, 규제 강화에 따른 허가 절차의 복잡성과 환경영향평가 등으로 산지활용 위축 등이 원인으로 활성화 저해 요인으로 분석되었다(농림축산식품부 2013).

〈표 3-5〉 산지생태축산목장 지자체별 현황

시도	목장명
울산(1개소)	- 신우목장
경기(1개소)	연천군(1) 연천명성한우
강원(12개소)	정선군(1) 황우목장
	춘천시(1) 해피초원목장
	평창군(9) 대관령하늘목장, 대관령양떼목장, 설목장, 알프스양떼목장, 산너미목장, 보배목장, 하늘마루염소목장, 삿갓봉목장, 청정도래덕목장
	태백시(1) 삼수령농장
	괴산군(3) 하늘목장, 풍산농원, 알프스농장
충북(6개소)	제천시(1) 원목장
	보은군(1) 대진목장
	충주시(1) 보늬숲밤농장
충남(3개소)	금산군(1) 이담산양목장
	부여군(1) 성동목장
	서산시(1) 대곡목장
전북(1개소)	진안군(1) 데미샘목장
	정읍시(1) 다움농장
전남(3개소)	강진군(1) 수암영농조합법인
	구례군(1) 초원목장
	완도군(1) 백두목장
경북(3개소)	김천시(1) 추풍령산양목장
	상주시(1) 무지개목장
	칠곡군(1) 칠곡양떼목장
경남(2개소)	사천시(1) 흙사랑농장
	거창군(1) 군암목장

주: 2019년 기준의 현황임.

자료: 축산환경관리원 내부자료(2020).

3. 시사점

기존 폐기물로 인식되던 가축분뇨는 자원화 가능한 원료로 그 인식이 변화하였고, 관련 법령이 지속적으로 개정되어 가축분뇨 자원화를 촉진하는 방향으로 가축분뇨 처리 정책이 진행되고 있다. 반면에, 농축산 유기성폐자원인 농산부산물, 식품가공 부산물의 경우 현재 폐기물로 분류되어 「폐기물관리법」의 관리 대상이며, 농식품부의 조사료 수급 활성화 정책에 의해 관리되고 있는 볏짚을 제외하고는 명확한 관리 제도가 없는 실정이다. 또한, 가축분뇨 발생 및 처리에 비해 농업부산물 발생량 및 처리량이 통계적으로 파악되지 않고 있다. 따라서 경종부문에서 발생한 영농부산물이 축산부문과 연계하여 퇴비, 사료 등으로 활용되기 위해서는 영농부산물의 폐기물 분류에 대한 재검토와 관련 법령 정비, 현황 파악을 위한 통계자료 수집이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

가축분뇨가 자원으로 활용되면서 2012년 가축분뇨 해양투기 전면금지, 2013년 가축분뇨 퇴비·액비화 기준 신설, 2014년 무허가 축사 적법화, 2020년 가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화 등 가축분뇨 처리에 대한 관리와 감독 등의 규제는 강화되어 왔다. 또한, 현재 환경부에서 가축분뇨 규제를 강화하는 방향으로 「가축분뇨법」 개정을 위한 연구용역을 추진 중에 있다.¹⁶⁾ 가축분뇨 퇴비·액비 기준 강화 및 퇴비 부숙도 검사 의무화 등 관련 제도의 규제강화는 초기에는 도입에 따른 축산 현장에서의 어려움이 발생할 수 있으나, 장기적으로는 가축분 품질관리를 통한 경종농가 신뢰도 향상 및 유통 활성화를 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

현재 「가축분뇨법」의 소관부서는 환경부이며, 「비료관리법」의 소관부서는 농식품부로 분리되어 있다. 「가축분뇨법」은 농식품부와 매우 관련성이 높지만, 제

16) 2020년 3월 기준, 환경부가 가축분뇨법 개정과 관련된 5개의 연구용역 입찰공고를 냈음. 구체적으로 5개의 연구용역은 ▲가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 정비방안 연구 ▲가축분뇨 관리 종합 계획 수립연구 ▲가축분뇨 자원화시설 표준설계도 개정방안 연구 ▲퇴비부숙도 분석법 평가 및 제시 ▲가축분뇨 전자인계관리시스템 정보서비스체계 기능 고도화임.

정 당시에도 축산업자들의 반대 및 다른 정책들과의 불합치 문제로 「가축분뇨법」은 환경부에서 단독으로 제정을 추진한 바 있다. 한편, 환경부에서는 2021년도에 지속가능한 농축산 환경 조성을 위해 화학비료 및 가축분뇨 퇴·액비 양을 관리하는 양분관리제를 도입 계획 중에 있다. 양분관리제에서 가축분뇨 퇴·액비 관리 관련 내용이 큰 비중을 차지할 것으로 예상하지만 아직 두 주무 부처인 환경부와 농림축산식품부 간 논의가 부족한 상황이다. 따라서 농식품부와 환경부가 상생하여 관련 현안에 대처하는 방안을 모색하는 것이 중요하다.

영농부산물 소각금지, 미세먼지 저감 및 산불 방지 차원에서 시행되고 있으나, 소각하지 않은 영농부산물을 퇴비나 사료로 활용하는 방안에 대한 고려는 사회적으로 미흡하다. 현재 영농부산물의 재활용은 파쇄 후 퇴비화하여 토지에 환원시키는 측면에서만 이루어지고 있는 상황이다. 하지만 향후 토지 환원 차원에서 접근뿐만 아니라 축산 분야에서도 영농부산물을 활용하는 방안을 마련하여 물질이동경로를 다양화하는 것이 필요하며, 이를 통해 물질의 선순환 구조를 확립하는 것이 요구된다.

제4장

**경축순환농업의
경제적·환경적 편익 분석**

경축순환농업의 경제적·환경적 편익 분석

1. 편익 분석 개요

앞에서 언급한 대로 경축순환농업은 환경적 및 경제적 지속가능성에 기여할 것으로 예상되지만 이를 입증하기 위해서는 환경적·경제적 편익이 반드시 추정되어야 한다. 경축순환농업의 편익은 농업부산물과 가축분뇨의 적절한 처리에 의한 편익인 환경적 편익과 자원화하여 화학비료와 배합사료를 대체하는 경제적 편익으로 접근할 수 있다. 환경적 편익으로는 토양 및 수질오염 개선효과를 우선적으로 추정할 수 있다. 또 화학비료에 의해 산성화된 토양을 중성화하는 데 투입되는 규산질 비료의 가치를 토양오염 저감의 환경편익으로 추정할 수 있으며, 가축분뇨를 자원화하여 처리할 경우 온실가스 배출을 줄이게 되는데 이때 온실가스 배출을 줄이는 양에 탄소가격을 곱하여 대기질 개선의 환경편익을 산정할 수 있다. 경제적 편익의 경우 가축분 퇴비의 화학비료 대체효과, 농업부산물의 배합사료 대체효과, 외화절감 효과 등을 측정할 수 있을 것이다.

경축순환농업은 편익만 발생하는 것은 아니다. 퇴액·비화 시설, 사료화 시설 등 자원화에 많은 초기 투자 비용과 운영비가 소요될 수 있다. 또한 자원화된 비료와 사료가 적절하게 사용될 수 있도록 가이드라인이나 컨설팅을 제공하는 데 비용이

들어가며, 이해관계가 다를 수 있는 자원화업체, 경종농가, 축산농가, 지역주민 등을 하나로 묶고 소통하며 경축순환농업을 추진하는 데 비용이 수반될 수 있다.

환경적 편익을 추정하는 데는 대체법이나 비시장가치법 등 다양한 방법이 활용되고 있다. 예를 들어 가축분뇨에 의한 오염을 줄이기 위해 정화처리시설을 이용하여 방류하게 되는데 이때 정화처리시설 및 정화처리에 따른 운영비가 수질오염을 줄이는 편익이 될 수 있다. 또한 환경편익을 향유하는 사람에게 설문을 통해 직접 그 가치를 직접 물어서 추정하는 방법이 있다. 경제적 편익을 측정하는 방법으로 대표적으로 비용·편익분석을 들 수 있을 것이다.

〈표 4-1〉 농축산부산물의 환경적·경제적 편익·비용 내용과 추정방법

구분		추정방법	
편익	환경적 편익	<ul style="list-style-type: none"> • 토양 및 수질오염 개선 • 대기질(악취, 온실가스, 미세먼지) 오염 개선 • 온실가스 감축 • 생물다양성 증진 • 경관 보존 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 대체법 • 비시장가치법
	경제적 편익	<ul style="list-style-type: none"> • 화학비료, 배합사료 대체 • 글로벌 리스크 완화 • 외화 손실 절감 	<ul style="list-style-type: none"> • 비용편익 분석 • 방향거리함수
비용	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴액·비화 시설, 사료화 시설 등 초기 투자 비용 • 시설 운영비 • 건설팅 비용 • 이해관계자 네트워크 추진비 		

자료: 저자 작성.

2. 비용편익 분석

비용편익 분석은 특정 선택지로 인해서 발생하는 편익과 비용을 비교하는 분석 방법론을 지칭한다. 비용편익 분석 방법론에 대해서는 정학균 외(2016)에서 제시한 방법론을 이용했는데, 여기에서는 실무적인 비용편익 분석에서 고려할 사항을 몇 가지 제시하고 있다. 그 주요 내용을 보면 어떤 프로젝트 혹은 정책을 평가할 것

인지, 누구의 비용과 편익인지, 할인율을 어떻게 결정할 것인지, 불확실성을 어떻게 고려할 것인지 등이 있다. 이 연구에서는 경축순환농업이라는 프로젝트를 어느 지역에서 추진했을 때 자원화 운영주체, 경종농가, 축산농가의 비용과 편익을 계산하며, 할인율의 경우 공공투자사업보다는 민간자본시장에 가깝기 때문에 시장이자율을 이용한다. 또한 불확실성을 고려하기 위해 할인율을 변화시켜 민감도를 분석한다.

경축순환농업을 대상으로 비용편익 분석을 시도한 선행연구로는 정민국 외(2012a), 서일환 외(2019), 최홍림 외(2012) 등이 있다.

정민국 외(2012a)는 비용·편익 분석을 통해 가축분뇨의 자원화 기술의 경제성 평가를 시도했다. 가축분뇨 퇴·액비에 대한 공급 및 수요함수, 공급과 수요가 일치되는 점에서 균형식을 가정하고, 가축분뇨 자원화 기술개발의 파급효과를 시장의 균형점 이동을 통해 추정했다. R&D 기여 수요 변화분을 이용하여 균형물량과 균형가격을 추정함으로써 완료기술의 편익을 추정하였고, 가축분뇨 자원화 프로젝트에 대한 연구비용을 비용으로 산정하여 비용·편익을 분석했다. 분석 결과 1.3~2.7의 비용·편익 비율이 제시되었다.

서일환 외(2019)는 소옥천유역의 양분관리제도 도입의 비용·편익을 분석했다. 발생하는 비용으로 양분관리제도를 위한 인건비, 퇴비 살포를 위한 장비 구입 및 인건비, 조사료 생산을 위한 비용 등을 고려했다. 발생하는 편익으로는 정화시설을 설치하지 않고 친환경적으로 발생하는 가축분뇨를 농경지에 환원하는 것을 가정하여 가축분뇨 처리비용(톤당 1만 원), 정화처리시설 설치 비용, 조사료 생산을 통한 사일리지 판매수익 등을 고려했다. 2019년부터 2028년까지 10년간의 사업에 대한 순현재가치를 221억 원으로 평가했다. 한편 사업 전과 후의 농가소득을 비교한 결과, 조사료 수입, 비료비 절감, 노동비 절감 등으로 ha당 2.57백만 원의 추가적인 소득이 발생했다.

최홍림 외(2012)는 에너지화 공동자원화시설 1개소와 분산형 공동자원화시설 3개소 설치 및 운영에 따른 비용 및 편익을 산정했다. 발생하는 비용으로는 고정비용, 연간 운영 비용(인건비, 운송비, 수리유지비, 미생물제 등)을 산정했다. 발생

하는 편익으로는 직접편익(액비 살포 및 판매), 분뇨자원화 효율증진분, 전력 판매 등), 간접편익(화학비료 대체, 화석연료 대체, 단수 증가 등), 환경적 편익(정화 방류 대체, 해양배출 대체, 온실가스 저감 등) 등을 산정했다. 분석결과, 에너지화 공동자원화시설 1개소는 모든 시나리오에서 B/C가 1보다 큰 것으로 나타났고, 공동자원화시설 3개소는 B/C가 모든 시나리오에서 0.9보다 큰 것으로 나타났다.

여기에서 비용편익 분석 방법으로 분석하고자 하는 경축순환농업 대상은 경축순환농업의 정의에서 제시한 세 가지 유형의 사례들이다. 즉 경종과 축산부문이 상호 순환하는 사례로 서천군의 벼재배-한우사육 사례, 가축분뇨 자원화 유형의 강원도 철원군의 양돈분뇨 자원화 사례, 농식품부산물 자원화 유형의 대전광역시 농식품 부산물 자원화 사례들이다. 서천군 사례와 철원군 사례는 지역단위 사례인 데 반해 대전광역시는 농장단위 사례이다. 지역단위에서 농식품부산물을 자원화한 사례는 많지 않은 것으로 확인되어 농식품 농장단위의 사례를 제시하게 되었다.

2.1. 상호 순환 사례: 서천군 경축순환농업¹⁷⁾

2.1.1. 개요

충남 서천군 기산면에 위치한 경축순환농업단지(이하 재배농가(2019년 기준 62ha)와 한우 사육농가가 연계하였고, 퇴비 중심의 사례이다. 공동퇴비사를 운영하고 있는데 운영주체는 퇴비유통전문조직 신청을 완료하였으며, 공동퇴비사 물량은 전량 참여 경종농가로 환원되고 있다.

경축순환농업단지는 2014년에 총 150백만 원(도비 30%, 군비 40%, 자담 30%)

17) 충남 서천군 기산면 경축순환농업 관계자(조합장, 회장, 총무, 기술센터) 심층면접조사(2회) 결과와 축산환경관리원 내부자료(2020. 2. 17.), 서천군농업기술센터 내부자료(2019)를 이용하여 정리하였음을 밝혀둔다.

을 투자하여 공동퇴비사 1동(876㎡)을 건축하고 퇴비 살포기 2대를 구입했다. 이는 서천군에서 추진한 가축분뇨활용 자원순환농업단지 조성사업이었다. 서천군은 또 들녘경영체 육성사업으로 교육 및 컨설팅에 1년 차인 2017년에 30백만 원, 2년 차인 2018년에 10백만 원이 지원되었다. 경축순환 세부내용을 보면 다음과 같다.

경축순환 세부내용

- 경종농가는 벼와 사료작물을 재배하고 있으며, 병해충은 공동 방제를 하고 있다. 축산농가로부터 제공받은 가축분뇨 부숙퇴비를 비료로 이용하고 있다.
- 축산농가는 경종농가에서 제공하는 사료작물과 볏짚을 이용하여 한우를 사육하고, 부숙퇴비를 생산하여 경종농가에 제공하고 있다. 6호의 축산농가가 HACCP·무항생제인증을 받았다.
- 농업단지는 농진청 컨설팅·과제교육 25회, 현장연시·평가회·벤치마킹 15회 등을 실시했다.
- 농업기술센터와 농축협은 영농기술 지도, 퇴비·토양 분석 등 과학영농 지원, 퇴비 살포 및 생산 농산물 유통 지원 등을 담당하고 있다.

2.1.2. 경제적·환경적 편익

서천군 농업기술센터 내부 자료에 따르면 2014년 기준 시범단지의 사료작물 재배면적은 50ha, 퇴비 살포면적은 84ha이다. 또 시비량은 ha당 우분 20톤, 화학비료 0.5톤이었으며 이때 일반(비시범단지)의 화학비료 사용량은 0.6톤이었다. 조사료 생산은 ha당 20톤이었으며, 우분 처리비용은 ha당 500천 원으로 나타났다.

<표 4-2> 경축순환농업 운영성과(2014년 기준)

구분	사료작물 재배면적(ha)	퇴비살포 면적(ha)	시비량(톤/ha)		조사료생산 (톤/ha)	우분처리 비용 (천원/ha)
			우분	화학비료		
시범단지	50	84	20	0.5	20	500
일반	-	-	-	0.6	-	-

자료: 서천군 농업기술센터 내부자료(2019).

<표 4-3>는 서천군 농업기술센터에서 작성한 2014년 기준 경축순환농업 경제성 평가 자료를 농가판매가격지수(2015=100)와 농가구입가격지수(2015= 100)를 적용하여 2019년 기준으로 산정한 결과이다. 시범 단지의 경축순환농업 조성 사업을 평가한 결과, 일반(비시범단지)과 비교할 때 조사료 재배면적 증가로 소득이 20.7% 증가하는 것으로 나타났다.

<표 4-3> 경축순환농업 경제성 평가(2019년 기준)

구분		경제성 분석(천 원/ha)			비교
		조수입	경영비	소득	
시범 단지	벼	13,387	5,236	8,150	120.7 (20.7%)
	조사료	2,900	1,257	1,644	
	계	16,287	6,493	9,794	
일반		12,829	4,713	8,116	100

주: 2014년 기준 자료를 농가판매가격지수(2015=100)와 농가구입가격지수(2015=100)를 이용함으로써 물가변동률을 고려하여 2019년 기준으로 산정함.

자료: 서천군 농업기술센터 내부자료(2019).

위의 서천군 농업기술센터 경제성 분석 자료를 기초로 경축순환농업 단지 이전과 이후의 경제적 및 환경적 비용·편익 산정을 <표 4-5>와 같이 시도했다. 먼저 비용 측면을 보면 초기 투자비와 단지 운영비를 생각할 수 있다.¹⁸⁾ 단지 형성 초기에 공동퇴비사 1동 설치에 1억 2,000만 원이 소요되었고, 퇴비 살포기 2대에 3,000만 원이 소요되었다. 퇴비 살포 비용은 현재 축협에서 500만~1,000만 원을 지원받고

18) 가축분뇨 및 짚의 수집 및 운반비용을 고려되지 않았다.

있어서 여기에서는 1,000만 원을 퇴비 살포비 등 단지 운영비로 산정했다.

다음으로 편익 측면을 보면 경종농가의 조사료 재배 수입, 화학비료 감축 편익, 볏짚 판매 수입 등을 들 수 있다. 조사료 재배는 단지가 형성되기 이전에 40ha 정도 재배되었고, 단지화 이후에 50ha가 재배되었다고 가정했다. 농업기술센터 내부자료에 의하면 조사료 ha당 소득이 164.4만 원이므로 10ha에 164.4만 원을 곱해주면 전체 1,644만 원의 편익이 발생한 것으로 나타났다. 화학비료 감축의 경우 화학비료 시비량이 0.6톤에서 0.5톤으로 감소하였으므로 감축비율은 16.7%가 된다. 2019년 기준 충남 지역 벼 생산비 자료를 보면 무기질 비료비가 10a당 38,469원이므로 여기에 감축 비율 16.7%를 적용하면 단지의 무기질 비료비는 32,058원이 된다. 따라서 시범단지는 비시범단지에 비해 10a당 6,412원의 화학비료 사용금액이 감소되었다고 할 수 있다. 이를 시범단지의 벼 재배면적에 적용하면 397.5만 원이 된다.

볏짚 판매수입의 경우 볏짚은 단지화 이전에 전체 생산량의 30%는 토지 환원에, 나머지 70%는 축산농가에 판매하고 있었으며 단지화 이후에는 100%를 판매하고 있다. 아래 <표 4-4>는 단지 내 볏짚 생산량 현황을 보여준다. 평당 볏짚 생산량이 3.3kg일 때 186,000평(62ha)에서 생산되는 볏짚은 613,800kg이며 이 가운데 30%에 해당하는 184,140kg(460롤)이 새롭게 판매되는 양이 된다. 1롤당 55,000원일 경우 볏짚 판매 수입은 2,530만 원이 된다.

<표 4-4> 2019년 기준 단지 내 볏짚 생산량

재배면적(평)	평당 볏짚 생산량(kg)	전체 생산량(kg)
186,000	3.3	613,800

주: 1롤당 400kg으로 산정됨.

자료: 서천군 농업기술센터 담당자 심층면접조사치.

공동퇴비사 1동과 퇴비살포기 2대의 내구연수를 20년으로 하고 비용 합계의 흐름과 편익 합계의 흐름을 <표 4-5>와 같이 나타낼 수 있다. 할인율을 5.5%로 하여 비용 순현재가치와 편익 순현재가치를 계산하고 편익에서 비용을 제외한 순현재

가치를 계산하면 2억 7,681만 원으로 산정되며, 순현재가치가 양이 되는 시점은 5년 차가 되는 것으로 나타났다. 할인율을 3.5%와 7.5%로 변화시켜 민감도를 분석한 결과, 3.5%이면 순 현재가치는 3억 5,760만 원으로, 7.5%이면 순 현재가치는 2억 1,410만 원으로 나타났다.

〈표 4-5〉 서천군 경축순환농업 단지 이전과 이후의 비용편의 분석(부본예산법)

단위: 천 원

번호	단지 비용 공동투자비 1동	단지 비용 투자비 2대	축산농가 비용		비용 순현재가치	경종농가 편익 조사료 재배 수입	경종농가 편익 확박비료 감축	경종농가 편익 벗길 판매 수입	편익합계	편익 순현재가치	순현재가치	순현재가치 누적합계
			축산농가 비용 퇴비실포비 등 운영비	퇴비실포비 2대								
0	120,000	30,000	0	150,000	150,000	0	0	0	0	0	-150,000	-150,000
1	0	0	10,000	10,000	9,479	16,440	3,975	25,300	45,715	43,332	33,853	-116,147
2	0	0	10,000	10,000	8,985	16,440	3,975	25,300	45,715	41,073	32,089	-84,058
3	0	0	10,000	10,000	8,516	16,440	3,975	25,300	45,715	38,932	30,416	-53,642
4	0	0	10,000	10,000	8,072	16,440	3,975	25,300	45,715	36,902	28,830	-24,812
5	0	0	10,000	10,000	7,651	16,440	3,975	25,300	45,715	34,978	27,327	2,515
6	0	0	10,000	10,000	7,252	16,440	3,975	25,300	45,715	33,155	25,902	28,418
7	0	0	10,000	10,000	6,874	16,440	3,975	25,300	45,715	31,426	24,552	52,970
8	0	0	10,000	10,000	6,516	16,440	3,975	25,300	45,715	29,788	23,272	76,242
9	0	0	10,000	10,000	6,176	16,440	3,975	25,300	45,715	28,235	22,059	98,301
10	0	0	10,000	10,000	5,854	16,440	3,975	25,300	45,715	26,763	20,909	119,210
11	0	0	10,000	10,000	5,549	16,440	3,975	25,300	45,715	25,368	19,819	139,028
12	0	0	10,000	10,000	5,260	16,440	3,975	25,300	45,715	24,045	18,786	157,814
13	0	0	10,000	10,000	4,986	16,440	3,975	25,300	45,715	22,792	17,806	175,620
14	0	0	10,000	10,000	4,726	16,440	3,975	25,300	45,715	21,604	16,878	192,498
15	0	0	10,000	10,000	4,479	16,440	3,975	25,300	45,715	20,477	15,998	208,497
16	0	0	10,000	10,000	4,246	16,440	3,975	25,300	45,715	19,410	15,164	223,661
17	0	0	10,000	10,000	4,024	16,440	3,975	25,300	45,715	18,398	14,374	238,034
18	0	0	10,000	10,000	3,815	16,440	3,975	25,300	45,715	17,439	13,624	251,658
19	0	0	10,000	10,000	3,616	16,440	3,975	25,300	45,715	16,530	12,914	264,572
20	0	0	10,000	10,000	3,427	16,440	3,975	25,300	45,715	15,668	12,241	276,813
전체	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276,813	0

주 1) 보유 장비인 조사료 6종 15대와 퇴비 3종 5대는 단지와 이전에 가지고 있었고 때문에 초기 비용에 포함시키지 않음.
 2) 조사료 재배는 단지와 이전에 40ha 정도 재배되었고 단지와 이후에 50ha 재배되었다고 가정하여 10a 증기분을 고려함.
 3) 벗길은 단지와 이전에 전체의 30%는 토지환원, 70%는 축산농가에 판매함. 단지와 이후에 100% 판매함. 따라서 30%에 해당하는 184,140kg인 460톤을 판매수입으로 계산함.
 4) 벗길 판매수입의 경우 1톤(=400kg)당 55,000원으로 계산함.
 5) 축산농가의 배합사료 급여가 조사료가 늘어나면서 30% 감소함. 배합사료가 조사료로 대체되면서 생기는 비용변화는 고려하지 않음.
 6) 가축분뇨 처리에 따른 온실가스 감축효과, 축산농가의 가축분뇨 처리 절감효과는 고려되지 않음.

자료: 저자 작성.

2.2. 가축분뇨 자원화 사례: 강원도 철원 사례¹⁹⁾

2.2.1. 개요

강원도 철원군은 1999년부터 시설채소 재배농가에 추비용 정제액비를 공급해 왔으며 현재 경종농가 23호가 참여하고 있다. 철원 청정양돈 공동자원화업체가 생산한 액비를 정제²⁰⁾하여 양질의 추비용 정제액비를 시설채소 재배농가에 공급하고 있으며, 김화농협 및 한바이오가 액비생산 및 시용농가 컨설팅을 담당하고 있다.

철원 청정양돈 공동자원화업체(이하 공동자원화업체)는 2009년에 국가보조 3억 5,700만 원, 지방비 4억 8,800만 원 등 총 11억 9,000만 원을 투자하여 액비 공동자원화 시설을 설치하였다. 회원은 총 12 농가이며, 2019년 현재 28,193마리의 양돈을 기르고 있다. 그리고 공동자원화업체에서 생산된 액비 2만 톤은 기비용 액비로 1만 8,000톤, 추비용 액비로 2,000톤이 공급되고 있다.

〈표 4-6〉 철원 청정양돈 공동자원화업체 시설투자 현황

단위: 원

국가보조	지방비	국비 용자	자부담	비용합계
357,000,000	488,000,000	145,000,000	200,000,000	1,190,000,000

자료: 한바이오 원고위탁 조사치.

공동자원화업체에서는 연간 약 2만 톤의 돈 분뇨를 처리하고 있으며 이 가운데 70%인 1만 4,000톤을 회원 농가로부터 수거하며, 나머지 30%는 비회원 농가로부터 수거하고 있다. 회원 농가에서 발생하는 가축분뇨는 전체 약 3만 4,999톤인데 공공처리시설 위탁 1만 4,000톤(40.0%), 공동자원화 처리 1만 4,000톤(40.0%), 기타 7,000톤(20.0%) 등으로 처리하고 있다.

19) 한바이오(대표 이병오 박사)에 원고위탁 결과와 축산환경관리원 내부자료(2020. 7. 20.)를 이용하여 저자가 정리했다.

20) 철원 청정양돈 공동자원화업체에서 호기 발효시킨 액비를 우선 2차 폭기를 한 후에 침전조로 이동시킨 다음 상등수를 필터로 정제한다.

〈표 4-7〉 회원 농가 가축분뇨 처리현황

단위: 톤, %

	공공처리	공동자원화	기타	전체
분뇨 처리량	14,000	14,000	7,000	34,999
처리 비중	40.0	40.0	20.0	100.0

주: 분뇨발생량은 통상 사육두수에 원단위 5.1kg(1일/1마리)을 곱하나 이곳 농가에서의 분뇨 발생량이 세정수 사용량 감소로 평균치에 비해 적다고 함. 따라서 3.4kg(1일/1마리)을 곱하여 34,999톤이 산정됨.

자료: 한바이오 원고위탁 조사치.

아래 <표 4-8>은 공동자원화업체 운영 현황을 보여주고 있다. 비용을 보면 인건비가 1억 3,000만 원으로 가장 크고, 다음으로 유류비가 5,000만 원으로 크며, 전체 2억 6,900만 원이다. 수익을 보면 분뇨 수거비가 2억 9,000만 원, 액비 판매비 750만 원 등 2억 9,750만 원이다. 따라서 순이익은 2천 850만 원이다.

〈표 4-8〉 철원 청정양돈 공동자원화업체 운영현황

비용항목	금액(원)	수익항목	금액(원)
시설유지비	20,000,000	분뇨수거비	290,000,000
인건비	130,000,000	퇴비 판매비	
유류비	50,000,000	액비살포비(정부지원)	
수도광열비	14,000,000	액비 판매비	7,500,000
감가상각비	25,000,000	지자체 운영비 지원(공공처리시설)	
차량유지보수비	20,000,000		
기타경비	10,000,000		
	269,000,000		297,500,000
순이익			28,500,000

자료: 한바이오 원고위탁 조사치.

2.2.2. 경제적·환경적 효과

위의 공동자원화업체의 시설투자비 및 운영현황 등의 자료를 기초로 경축순환 농업의 경제적 및 환경적 비용·편익 산정을 <표 4-12>와 같이 시도했다. 먼저 비용 측면을 보면 공동자원화업체의 초기 투자비와 운영비를 생각할 수 있다. 공동자원화업체는 시설 설치를 위해 위에서 제시된 대로 총 11억 9,000만 원을 투자했다. 공동자원화업체 운영현황을 보면, 운영비가 2억 6,900만 원이다. 시설투자비

의 경우 2009년 당시 퇴·액비화 시설 사업비 26억 8,700만 원에 대해 액비화 시설에 11억 9,000만 원, 퇴비화 시설에 14억 9,700만 원을 분리(44.3:55.7)하여 투자했다. 따라서 2020년 기준 퇴·액비화 사업비(1일 70톤 이상 처리 시 톤당 70백만 원) 49억 원을 2009년 당시 사업비 비중으로 분리하여 적용한 결과 액비화 시설비는 약 21억 7,000만 원으로 산정되었다.

다음으로 편익 측면을 보면 경종농가의 기비 및 추비 활용, 공동자원화업체의 수익, 축산농가의 정화처리비용 절감 등을 들 수 있다. 경종농가 기비활용 편익은 화학비료와의 대체에 의한 편익으로 산정할 수 있다. 비료협회에 따르면 600kg의 화학비료(단한번비료)에 질소의 성분량은 108kg이다. 이를 이용하여 기비용 액비 활용의 경제적 효과를 추정할 수 있다. 기비로 활용되는 액비는 1만 8,000톤이며 질소함유량 0.15%를 적용하면 질소성분량은 2만 7,000kg이다. 위의 화학비료(단한번비료)의 질소성분량 비중을 이용하여 액비 1만 8,000톤을 화학비료(단한번비료)로 환산하면 60kg짜리 2,500포에 해당된다. 따라서 화학비료 절감편익은 포당 가격 18,000원을 적용하여 4,500만 원으로 추정할 수 있다.

〈표 4-9〉 기비용 액비 활용의 경제적 효과 추정

단위: kg

구분	시용량	질소성분량
화학비료(단한번비료)	600	108
액비	150,000	27,000

자료: 한바이오 원고위탁 조사치.

한바이오 내부자료에 따르면 파프리카, 토마토 등의 시설하우스 재배에서 비료비는 300평당 관행시비 66만 2,000원인 데 반해 추비용 액비의 경우 15만 3,000원으로 나타났다. 따라서 추비용 액비 사용에 따른 경제적 편익은 10a당 50만 9,000원이다. 2019년 기준 9.9ha에 추비용 액비를 활용하였으므로 여기에 10a당 편익을 적용하면, 5천 39만 1,000원의 편익이 발생한다.

〈표 4-10〉 추비용 액비 활용의 경제적 효과(2019년 기준)

단위: 원

작목	관행시비	액비사용	차이값
파프리카, 토마토 외	662,000	153,000	509,000

자료: 한바이오 내부자료(2019).

한바이오 조사 자료에 따르면 공동자원화시설 위탁의 경우 회원 농가는 톤당 1만 6,000원, 비회원은 2만 2,000원의 비용이 발생하는데 여기에서는 회원을 중심으로 분석하므로 1만 6,000원을 가축분뇨 처리비용으로 산정할 수 있다. 축산 농가들이 공동자원화시설을 이용하지 않고 공공처리시설에 위탁할 경우 톤당 2만 5,000원의 비용이 발생한다. 따라서 공동자원화시설과 공공처리시설 위탁 비용의 차이 값인 톤당 9,000원을 축산농가의 가축분뇨 처리비 절감 편익으로 산정할 수 있다. 공동자원화 시설을 통하여 처리하는 분뇨가 1만 4,000톤이므로 전체 편익은 1억 2,600만 원이다.

〈표 4-11〉 축산농가의 가축분뇨 처리비

단위: 원/톤

공동자원화시설 위탁	정화처리	차이값
16,000	25,000	9,000

주: 공동자원화시설 위탁의 경우 회원은 톤당 1만 6000원, 비회원은 2만 2000원이나 여기에서는 회원을 중심으로 분석하므로 1만 6000원으로 산정함.

자료: 한바이오 원고위탁 조사치.

공동자원화시설의 내구연수를 20년으로 하고 비용 합계의 흐름과 편익 합계의 흐름을 <표 4-12>와 같이 나타낼 수 있다. 할인율을 5.5%로 하여 비용 순현재가치와 편익 순현재가치를 계산하고 편익에서 비용을 제외한 순현재가치를 계산하면 8억 1,621만 4,875원으로 산정되며, 순현재가치가 양이 되는 시점은 13년 차가 되는 것으로 나타났다. 할인율을 3.5%와 7.5%로 변화시켜 민감도를 분석한 결과, 3.5%이면 순현재가치는 13억 8,147만 원으로, 7.5%이면 순현재가치는 3억 7,743만 원으로 나타났다.

〈표 4-12〉 철원 공동자원화업체의 비용편익 분석(부분예산법)

단위: 천 원

번호	자원화업체 비용		비용합계	비용		경증농가 편익		경증농가 편익		자원화업체 편익	자원화시설 수익성	축산농가 편익	정화 처리비	편익합계	편익 순현재가치	순현재가치	순현재가치 누적합계
	시설투자	운영비		기비 활용	추비 활용	기비 활용	추비 활용	정화 처리비	정화 처리비								
0	2,170,078	0	2,170,078	2,170,078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,170,078	-2,170,078	
1	0	269,000	269,000	254,976	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	491,840	518,891	236,864	-1,933,215	
2	0	269,000	269,000	241,684	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	466,199	518,891	224,515	-1,708,699	
3	0	269,000	269,000	229,084	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	441,895	518,891	212,811	-1,495,889	
4	0	269,000	269,000	217,141	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	418,858	518,891	201,716	-1,294,173	
5	0	269,000	269,000	205,821	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	397,021	518,891	191,200	-1,102,972	
6	0	269,000	269,000	195,091	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	376,324	518,891	181,232	-921,740	
7	0	269,000	269,000	184,921	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	356,705	518,891	171,784	-749,956	
8	0	269,000	269,000	175,280	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	338,109	518,891	162,829	-587,127	
9	0	269,000	269,000	166,142	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	320,482	518,891	154,340	-432,787	
10	0	269,000	269,000	157,481	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	303,775	518,891	146,294	-286,493	
11	0	269,000	269,000	149,271	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	287,938	518,891	138,667	-147,826	
12	0	269,000	269,000	141,489	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	272,927	518,891	131,438	-16,388	
13	0	269,000	269,000	134,113	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	258,699	518,891	124,586	108,198	
14	0	269,000	269,000	127,121	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	245,212	518,891	118,091	226,289	
15	0	269,000	269,000	120,494	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	232,428	518,891	111,934	338,223	
16	0	269,000	269,000	114,212	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	220,311	518,891	106,099	444,322	
17	0	269,000	269,000	108,258	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	208,826	518,891	100,568	544,890	
18	0	269,000	269,000	102,614	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	197,939	518,891	95,325	640,215	
19	0	269,000	269,000	97,265	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	187,620	518,891	90,355	730,570	
20	0	269,000	269,000	92,194	45,000	50,391	297,500	50,391	297,500	297,500	126,000	126,000	177,839	518,891	85,645	816,215	

주 1) 시설투자비의 경우 2009년 액비화 시설에 1190백만 원, 퇴비화 시설에 1,497백만 원을 분리하여 적용함. 4900백만 원을 2009년 당시 사업비 비중으로 분리하여 적용함.

2) 경증농가 추비활용 편익은 한바이오 분석결과를 기초로 10a당 509,000원이 절감되므로 액비 사용면적 9,9ha에 적용한 것으로 산정함.

3) 경증농가 기비활용 편익은 화학비료와의 대체에 의한 편익으로 산정함. 기비로 활용되는 액비는 18000톤이며 질소함유량 0.15%를 적용하면 질소성분량은 27000kg당인. 화학비료(단한비료)의 질소성분량 18%를 기준으로 액비 18000톤을 화학비료(단한비료)로 환산하면 60kg짜리 2500포에 해당됨. 따라서 화학비료 절감편익은 포당 가격 18000원을 적용하여 산정함.

자료: 저자 작성.

2.3. 농식품부산물 자원화 사례: 대전광역시 석척농장 사례

2.3.1. 선행연구 사례

지상윤 외(2013)는 농축산부산물의 단위가축(비육돈, 육계) 사료화 연구를 시도했다. 비육돈에서 비육후기에 두부비지박과 전통주박을 각각 5%까지 급여한 경우 대조구와 비슷한 생산성을 나타냈다. 버섯배지 부산물 급여 시에는 기호성이 매우 낮고 소화율이 낮아 이용에 한계가 있는 것으로 나타났다. 산란계에 대해서 정제 폐대두유를 급여한 결과 계란 생산성과 품질에 부정적인 영향을 주지 않은 것으로 제시되었다.

강환구 외(2016)는 쌀 가공 부산물을 이용한 가금용 발효사료 개발에 관한 연구를 시도했다. 1% 흥국 씨라기를 첨가한 급여구에서 대조구 대비 사료 요구율이 4% 개선되었으며, 소화율 또한 49% 이상 개선되었다. 향산화 강화 미강 추출물을 육계와 산란계 사료 내 급여 시 증체량과 산란율이 대조구 대비 각각 5.1%, 1.7% 개선되는 효과가 나타났다. 계육 내 지방산패도²¹⁾도 39% 개선되는 효과가 발생했다.

오영균 외(2015)는 한우를 대상으로 농식품부산물을 활용한 섬유질배합사료의 급여체계를 구축하고 연구 수행했다. 흥성 맹호농장의 경우 섬유질배합사료 급여 체계로 전환한 후 도체중²²⁾ 증가, 등심단면적 증가, 근내지방도 개선되었으며, 사료비는 17% 절감되어 소득이 87% 개선되었다. 봉화한약우에서 이용한 농산부산물은 맥주박, 감귤박, 비지, 버섯배지, 제과부산물이었으며, 1+등급 이상 출현율과 근내 지방도 출현율이 향상되었다. 진주시 삼솔농장의 경우 이용한 농산부산물은 버섯배지, 비지 및 깻묵 등이었으며, 등심단면적도 12.2% 증가하였고 근내지방도가 5.1에서 7.6으로 49% 개선되었다. 사료비는 17% 절감되어 소득이 2.7배 개선되

21) 산패도(酸敗度, rancidity)란 유지를 보존하면 공기, 광선, 습기, 효소 등의 작용으로 점차 열화하여 결국에는 허를 찌르는 것 같은 맛과 불쾌한 냄새가 나게 되는 현상. 산패에 포함되는 화학 반응은 매우 복잡하며, 산패의 원인으로 여겨지는 주반응 또는 주생성물의 종류에 따라 산화형 산패, 가수분해형 산패, 케톤형 산패로 구분된다(<https://search.naver.com>, 검색일: 2020. 11. 7.)

22) 도체중이란 도살한 가축의 가죽, 머리, 발목, 내장 등을 제거한 체중을 말한다.

었다. 농식품부산물(사료)이 활용되기 어려운 이유로 ‘농식품부산물(폐기물)로 규정되어 있어 사료공장이나 농가에서 사용하고자 할 때 복잡한 행정절차 필요’, ‘농식품부산물의 발생이 일부 지역에 국한되어 있음’ 등을 제시했다.

2.3.2. 대전광역시 석청농장²³⁾

석청농장은 대전광역시 유성구에 소재하고 있으며, 1981년에 설립되었고, 한우 약 110마리를 사육하고 있다. 자가배합사료 개발을 통해 획기적으로 비용을 절감하였다. 1997년 IMF 위기 때 수입 사료값이 2배, 수소 가격은 3분의 1, 송아지 가격은 4분의 1 수준으로 하락하였다. 이때 농진청에서 배운 대로 여러 가지를 섞은 사료(Total Mixed Ration: TMR)를 만들었다. 쌀겨에 비지, 깻묵, 옥수수, 소금 등을 섞은 TMR에 비타민 A를 넣어 소에게 먹였다. 가공과정 중에 발생하는 부산물을 활용하는 등 농식품부산물을 사료화하여 급여한 결과 사료비가 비육우 1마리당 173만 원 소요되었다.

품질 및 생산성을 개선하였는 바 한우 평균 도체중이 440kg인데 석청 소는 497kg에 달했다. 농가 평균 1++와 1+등급 비중이 55%인데 석청은 80%에 이른다. 1호 한우 기술명인이 되었으며, 축산 전문가 네트워크를 활용하여 품질 향상을 추구했다.

〈표 4-13〉 한우 비육두 두당 사육비 비교

단위: 원/두

구분	전국평균(A)	석청농장(B)	비용차이(B-A)	비율(B/A*100)
가축비	3,579,213	3,579,213	0	100.0
사료비	3,110,541	1,730,000	-1,380,541	55.6
기타	2,010,534	2,010,534	0	100.0
합계	8,700,288	7,319,747	-1,380,541	84.1

주: 석청농장의 사료비용에는 농업부산물을 운반하는 데 소요되는 노동력이 포함되어 있음.
 자료: 석청농장 방문 조사 결과를 토대로 저자 작성.

23) 석청농장(대표: 백석환)을 방문 조사한 결과를 정리하였음을 밝혀둔다.

〈표 4-14〉 한우 비육우 두당 판매금액 비교

구분	전국평균 (A)	석청농장 (B)	차이 (B-A)	비율 (B/A*100)
한우 무계(kg/마리)	440	497	57	113
1++A와 1+ A등급(kg/마리)	242	398	156	164
1+B 등급(kg/마리)	198	99	-99	50
1++A와 1+A 평균가격(원/kg)	26,435	26,435	0	100
1+B 가격(원/kg)	22,439	22,439	0	100
한우 판매금액(원/마리)	10,840,071	12,740,794	1,900,723	118

주 1) 1++A와 1+A 등급비중이 석청농장은 80%이고 일반 농가는 55%임.

2) 판매가격은 음성축산물공판장 자료를 이용함.

자료: 석청농장 방문 조사 결과를 토대로 저자 작성.

경증농가의 경우 적절한 양분 투입을 위해서 토양검정과 시비처방을 받는 것과 비교할 때, 축산농가의 경우에도 맞춤형 사료를 통한 양분관리가 필요할 수 있다. 석청농장의 경우, 국립축산과학원에서 개발, 배포한 ‘한우농가 자가 배합사료 프로그램’을 적극 활용하고 있다. 참고로, 국립축산과학원에서는 홈페이지의 농가 활용 프로그램²⁴⁾ 게시물을 통해 TMR 배합비 프로그램(2019 버전)과 한국돼지사양표준 사료배합프로그램(2018 버전)을 배포 중이다.

석청농장의 경우에는 사료비용을 절감하기 위해서 다양한 음식물류 폐기물을 포함한 다양한 농산부산물을 확보하는 노력을 하였으며, 이것을 민간 검사기관에 의뢰하여 영양 성분 분석 결과를, 국립축산과학원의 ‘한우농가 자가 배합사료 프로그램’에 입력하여 활용 중이다.

24) 농촌진흥청 국립축산과학원. “농가활용 프로그램.”

〈<http://www.nias.go.kr/front/researchUtilizeBoardList.do?attribute=1&cmCode=M090918001117679>〉. 검색일: 2020. 11. 17.

3. 농업환경 개선효과 분석

3.1. 분석개요

앞서 2장에서 논의한 대로 경축순환농업은 가축분뇨와 농식품부산물을 자원화하기 때문에 화학비료와 배합사료를 대체하게 되고 지역 내 양분을 줄임으로써 토양과 수질을 개선하게 된다. 또한 가축분 퇴·액비를 사용함으로써 화학비료의 지속적인 사용에 의한 산성화된 토양을 기름지게 할 수 있다. 경축순환농업은 가축분뇨를 적절히 처리함에 따라 미세먼지와 온실가스 배출량을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 생물다양성 증진, 경관 보전, 악취 저감 등의 편익도 고려할 수 있다.

여기에서는 경축순환농업의 환경적 편익을 추정하고자 한다. 널리 활용되는 비시장재 평가법인 가상가치평가법(contingent valuation method: CVM)을 이용하여 경축순환농업의 농업환경 개선에 대한 지불의사금액을 평가하여 경제적 편익을 제시하고자 한다.

3.2. 자료 및 분석모형

3.2.1. 자료²⁵⁾

가상가치평가법(Contingent Valuation Method: CVM)을 이용하여 경축순환농업의 농업환경 개선의 가치를 평가하고자 대전광역시와 충남지역 도시민을 대상으로 지불의향가격에 대한 설문조사를 실시하였다. 충남 서천군의 경축순환농업 단지 사례를 제시하면서 충남 서천군의 경축순환농업을 활성화시키기 위해 추가적인 세금 지불의향가격을 설문조사했다.

25) 자료는 설문조사 전문업체 엠브레인을 통해 이루어졌다.

지불의향가격을 제시하기에 앞서 일반관행농업의 농업환경에 미치는 부정적인 영향, 경축순환농업이 농업환경 개선에 미치는 긍정적인 영향을 제시하였다.²⁶⁾ 경축순환농업의 농업환경 개선에 대한 적절한 수준의 지불의향 가격을 제시하기 위해 온라인 조사 방식으로 예비 설문조사²⁷⁾를 실시하여 제시금액을 <표 4-15>와 같이 다섯 개 그룹으로 구성했다.

〈표 4-15〉 영역별 제시금액

단위: 원

1그룹	2그룹	3그룹	4그룹	5그룹
1,000	5,000	10,000	20,000	50,000

자료: 저자 작성.

그룹별로 위의 <표 4-15>의 금액을 제시하고 ‘예’라고 대답한 응답자에게 2배의 금액을 한 번 더 질문하여 가부를 대답하게 하고, ‘아니오’라고 대답한 응답자에게 2분의 1배의 금액을 한 번 더 질문하여 가부를 대답하게 하도록 설계했다. 경축순환농업의 농업환경 개선의 경제적 가치평가를 위한 본조사는 2020년 9월 29일~10월 8일까지 대전 광역시 및 충남지역 도시민 가운데 만 20세에서 59세 남녀 총 525명을 대상으로, 온라인 조사 방식으로 실시했다.

설문 응답자의 특성을 살펴보면, 조사대상 가구의 사회적, 경제적인 특징을 살펴보면, 성별은 남자가 280명(53.3%), 여자가 245명(46.7%)이었다. 응답자 연령은 20대가 115명(21.9%), 30대가 125명(23.8%), 40대가 146명(27.8%), 50대가 139명(26.5%)으로 연령대별로 골고루 분포하였다. 거주 지역은 대전이 270명(51.4%), 충남 지역이 255명(48.6%)이었다. 응답자의 최종학력은 고졸 이하가 132명(25.1%), 대졸이 341명(65.0%), 대학원 입학 이상이 52명(9.9%)이었다. 응답자의 소득수준을 보면, 200만 원 미만이 10.7%, 200만~300만 원 18.3%, 300만~500만

26) 관행농업이 환경에 미치는 부정적인 영향을 제시하였는데 만약 관행농가가 적정 투입의 건전한 농업을 할 경우 환경에 미치는 영향은 적을 수 있는데 이 점은 고려하지 못했다.

27) 예비조사는 2020년 9월 23일부터 9월 28일까지 대전 광역시 및 충남지역 도시민 가운데 만 20~59세 남녀 총 100명을 대상으로 하였다.

원 34.7%, 500만 원 이상 36.4%를 차지하였다.

서천군 경축순환농업의 농업환경 개선의 경제적 가치평가를 위해 지불의사 금액, 성별, 나이, 소득, 교육 등 9개의 변수를 설정하였다. 설정된 변수에 대한 설명을 <표 4-16>에 제시하였다. 여기에서 제시된 지불의사 금액(원)을 BID로 나타냈다. 성별은 SEX로 나타냈으며, 남자의 경우에는 1로, 여자는 0으로 표시했다. 응답자의 나이는 AGE로 나타냈으며, 만 20~29세는 1로, ... 만 50~59세는 4로 표시했다.

응답자 가구의 월평균 소득은 INC로 나타냈으며, 100만 원 미만인 경우에는 1로, 200만 원 미만인 경우에는 2 등으로 각각 표시했다. 교육수준은 EDU로 나타냈으며, 초등학교 졸업인 경우 1로, 중학교 졸업인 경우 2 등으로 각각 표시했다. 농업이 공익적 기능 제공 역할도 해야 한다는 인식의 정도는 PBFUN으로 나타냈으며, ‘전혀 그렇지 않다’는 인식의 경우 1로, ... ‘매우 그렇다’는 인식의 경우 5로 표시했다. 가축분뇨 악취 경험은 BSMELL로 나타냈으며, ‘있다’는 경우 1로, ‘없다’는 경우 0으로 표시했다. 가축분뇨 퇴액비를 이용한 농산물에 대한 인식은 APRECOG로 나타냈으며, ‘매우 부정적이다’는 인식의 경우 1로, ... ‘매우 긍정적이다’는 인식의 경우 5로 표시했다. 농촌 생활 경험은 RLIFE로 나타냈으며, ‘있다’는 경우 1로, ‘없다’는 경우 0으로 표시했다.

<표 4-17>은 제시된 변수들에 대한 기술적 통계량을 보여준다. 소비자들이 경축순환농업의 농업환경 개선을 위해 제시한 평균 제시 금액은 17,200원, 최대 금액은 34,400원, 최소 금액은 8,600원이다.

<표 4-16> 변수 설명

변수명	설명
BID	응답자에게 제시된 지불의사 금액(원)
SEX	성별(남=1, 여=0)
AGE	나이(만 20~29세=1, ... 만 50~59세=4)
INC	응답자의 월평균수입(100만 원 미만=1, ... 1000만 원 이상=6)
EDU	교육수준(초졸=1, ... 대학원 이상=5)
PBFUN	농업이 공익적 기능 제공 역할도 해야 한다는 인식의 정도(전혀 그렇지 않다=1, ... 매우 그렇다=5)
BSMELL	가축분뇨 악취 경험(있다=1, 없다=0)
APRECOG	가축분뇨 퇴액비를 이용한 농산물에 대한 인식(매우 부정적이다=1, ... 매우 긍정적이다=5)
RLIFE	농촌생활 경험(있다=1, 없다=0)

자료: 저자 작성.

〈표 4-17〉 기술적 기초통계

	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum	표본수
SEX	0.5	0.5	0	1	525
AGE	2.6	1.1	1	4	525
BD1	17200	17605	1000	50000	525
BD2H	34400	35211	2000	100000	525
BD2L	8600	8803	500	25000	525
PBFUN	4.1	0.6	1	5	525
BSMELL	0.9	0.3	0	1	525
APRECOG	3.4	0.9	1	5	525
RLIFE	0.4	0.5	0	1	525
EDU	3.8	0.6	1	5	525
INC	4.0	1.2	1	6	525

자료: 저자 작성.

3.2.2. 분석모형²⁸⁾

경축순환농업이 가지는 비시장적 가치는 Hanemann(1984)의 효용격차이론을 바탕으로 농업환경 개선 기능에 대한 가치를 평가했다.

경축순환농업의 최종 생산으로부터 개인의 효용형태는 두 가지가 기대된다. 즉 가격 $P = (P_1, P_2, \dots, P_N)$ 의 함수인 시장재화 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN})$ 와 가격이 ‘zero’인 비시장재화 $Z_i = (Z_1, Z_2, \dots, Z_M)$ 로 가정된다. 이에 따라 개인 i 의 효용함수는 다음과 같이 설정 가능하다.

$$U_i = U_i(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN}; Z_1, Z_2, \dots, Z_M) = U_i(X_i, Z_i) \quad (\text{식 1})$$

개인의 소득(y_i) 및 가격(P)이 주어져 있으면 환경개선 기능의 생산벡터(Z)는 농업정책이 어떻게 되느냐에 따라 외생적으로 결정될 것이다. 그리고 생산벡터(Z)는 식 (2)와 같이 간접효용함수인 V_i 에다가 최적결정벡터인 $X_i^*(P, y_i, Z)$ 를 대입함으로써 나타내게 된다.

$$V_i[X_i^*(P, y_i, Z), Z] = V_i(P, y_i, Z) \quad (\text{식 2})$$

28) 분석모형에 대한 설명은 남지호(2009)에 잘 제시되어 있다.

정부가 시장재와 비시장재의 생산에 대한 정책을 도입한 이전과 이후에 발생하게 되는 효용격차는 곧 후생변화(*Welfare Change, WC*)를 결정하게 된다.

$$WC = V_i^1 - V_i^0 = V_i^1(P^1, y_i^1, Z^1) - V_i^0(P^0, y_i^0, Z^0) \quad (\text{식 3})$$

위 (식)으로부터 정책도입에 따른 후생의 변화를 Hicks의 보상변화(HC_i)를 이용하여 아래 식(4)와 같이 더욱 일반화시킬 수 있다.

$$V_i^1(P^1, y_i^1 - HC_i, Z^1) = V_i^0(P^0, y_i^0, Z^0) \quad (\text{식 4})$$

여기에서 HC_i 는 소비자 i 의 후생변화를 나타내고 있다. 만약 정부의 정책이 소비자의 후생을 증대시키게 된다면 HC_i 는 소비자의 지불의사(WTP)를 나타내게 된다. 개인의 평균지불의사금액은 추정결과로부터 아래의 식 (5)에 적용하여 계산할 수 있다.

$$WTP_{mean} = \frac{-\bar{X}\beta'}{\beta_0} \quad (\text{식 5})$$

식 (5)에서 \bar{X} 는 각 변수평균의 열벡터를, β' 은 추정된 계수값(BID 제외)의 행 벡터를, β_0 는 BID 의 계수값을 각각 나타낸다.

지불의사를 추정하기 위한 함수의 설정은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$dv = f(BID, SEX, AGE, PBFUN, BSMELL, APRECOG, RLIFE, EDU, INC) \quad (\text{식 6})$$

여기에서 BID 는 제시된 지불의사 금액을, SEX 는 응답자의 성별을, AGE 는 응답자의 나이를, INC 는 월평균수입을, EDU 는 교육수준을, $PBFUN$ 은 농업의 공익

적 기능을, BSMELL는 가축분뇨 악취 경험을, APRECOG는 가축분뇨 퇴·액비 이용 농산물 인식, RLIFE는 농촌생활 경험을 각각 나타낸다.

3.3. 분석결과

이중양분선택형 가상가치평가법에서 각 함수의 파라미터를 로그 로짓 모델(Log Logit Model)로 추정했다. 추정된 결과의 유의성을 검정하기 위해 예상된 부호와의 일치 여부, 개별 독립변수에 대한 t-검정, 그리고 대수우도(Log-likelihood Function)의 적합성 검정 등을 실시했다. 아래 <표 4-18>은 추정결과를 나타내고 있다. Mcfadden's R2는 0.111로 나타났으며, LR 통계량은 80.929로 높게 나타났다.

제시 금액(LBD)에 대한 부호는 기대된 대로 음의 부호였으며, 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 농업이 공익적 기능 제공 역할도 해야 한다는 인식(PBFUN)의 경우 양의 부호가 유의하게 나타나 긍정적 인식이 높을수록 지불의향가격이 높은 것으로 나타났다. 가축분뇨 악취 경험(BSMELL)이 있을수록, 가축분뇨 퇴·액비를 이용한 농산물에 대한 인식(APRECOG)이 긍정적일수록 지불의향가격이 높게 나타났다.

<표 4-18> 추정 결과

변수명	Coeff.	Std.Err.	t-ratio
ONE	4.878***	0.931	5.241
SEX	-0.217	0.173	-1.254
LINC	0.374	0.232	1.613
AGE	-0.129	0.080	-1.618
PBFUN	0.566***	0.153	3.704
BSMELL	0.919***	0.294	3.131
APRECOG	0.169*	0.100	1.697
EDU	-0.082	0.148	-0.555
RLIFE	0.203	0.179	1.138
LBD	-0.944***	0.060	-15.836

Mcfadden's R2 :0.111, LR Stastic(p-value): 80.929(0.000), 표본수: 525

주: ***, **, *은 각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의수준을 나타냄.

자료: 저자 작성.

위의 추정 결과를 바탕으로 충남 서천군의 경축순환농업에 의한 농업환경 개선 가치의 지불의사금액과 경제적 가치는 다음 <표 4-19>와 같이 나타났다. 지불의사금액은 평균값이 20,719원(연/가구당), 절단된 평균은 13,960원, 중앙값은 7,361원이다. 경축순환농업의 환경보전적 기능에 대한 지불의사금액을 분석한 결과를 바탕으로 지불의사금액에 가구 수를 곱하여 경제적 가치를 도출할 수 있다. 최종적인 경제적 가치(절단된 평균값 기준)는 207억 원으로 나타났다.

<표 4-19> 경축순환농업에 의한 농업환경 개선 가치의 지불의사금액과 경제적 가치

단위: 원/연간

구분	대전·충남지역 가구당 지불의사	경축순환농업에 의한 서천군 농업환경 개선의 경제적 편익
평균	20,719	30,756,816,806
절단 평균값	13,960	20,723,257,040
중앙값	7,361	10,927,213,114

주: 농업환경 개선의 경제적 편익은 대전·충남지역 2020년 총가구수(1,484,474호, 통계청)를 이용하였음.
자료: 저자 작성.

4. 비료대체효과 분석²⁹⁾

4.1. 분석개요

본 절에서는 경축순환농업의 경제적 기여도를 계량 분석하고자 한다. 현재 이용 가능한 자료 등을 감안하여 특히 축산분뇨를 이용해 생산된 유기질비료가 화학비료의 소비를 대체하고, 그 결과 토양 내 양분의 과잉축적을 줄이고, 자원화를 통해 축산분뇨를 보다 효과적으로 처리하며, 온실가스 배출저감에도 기여할 수 있는 바를 추정하고자 한다. 서천 사례와 같이 가축분뇨 퇴비를 벼농사에 사용하는

29) 비료대체효과 분석은 서울대학교 농경제사회학부 권오상 교수에게 연구를 위탁하여 얻은 결과물을 요약정리한 것임을 밝혀 둔다.

경우를 중심으로, 유기질비료가 화학비료를 대체하는 정도를 계량모형을 이용해 추정하였다. 대동물을 사육하고 있는 농가와 사육하고 있지 않은 농가를 구분하고, 두 유형 농가에서의 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하고, 그 의미 및 시사점을 도출하였다.

4.2. 자료 및 분석모형

4.2.1. 자료

유기질비료가 화학비료를 대체하는 정도는 두 유형의 비료에 함유된 질소질 등의 성분량을 측정하여 평가할 수도 있다. 그러나 유기질비료에는 많은 종류가 있고, 농가에서 관행적으로 사용하는 비료는 실험 공간을 통제된 상태에서 사용되는 것이 아니므로, 실제 농가 현장에서 두 비료 간의 대체율이 어느 정도인지를 분석할 필요가 있다. 그러므로 본 연구에서는 농가의 실제 경영자료를 활용하였다.

유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해서, 2017년 기준 통계청 쌀 생산비 자료와 2017년 기준 통계청 농가경제조사 자료를 이용하였다.³⁰⁾ 분석에는 총 1,154농가가 포함되었다.

우선 통계청의 마이크로데이터 통합서비스(MicroData Integrated Service)에서 농가경제조사의 가축사육현황(대동물)자료를 다운로드 받았고, 이어서 농산물생산비조사의 10a당 평가액 집계자료, 투입물량 집계자료를 각각 다운로드 받아 농가 KEY를 이용하여 병합하였다. 각 자료는 벼 재배 농가를 중심으로 수집하였고, 사육 현황에 포함된 대동물에는 한·육우, 젓소, 돼지, 염소 등이 해당한다.

벼 재배 농가는 두 개의 그룹으로 나누었다. 하나는 벼를 재배하면서 대동물을 사육하는 농가이고 다른 하나는 벼는 재배하지만 대동물을 사육하지 않는 농가이다. 전자는 쌀을 재배하면서 대동물을 사육하고 있기 때문에, 농가 내 경축순환을

30) 2018년부터는 두 조사의 샘플이 달라졌기 때문에 본 분석을 위해 활용할 수 있는 최신 자료는 2017년 자료이다.

일정 수준 하고 있을 가능성이 높다. 후자는 벼 재배에 필요한 유기질비료를 농가 외부로부터 조달하고 이용하고 있다고 볼 수 있다.

대동물 사육으로부터 발생하는 가축분 퇴·액비는 벼재배뿐만 아니라 밭작물, 과수에도 이용되었을 가능성이 있지만, 분석을 단순화하기 위해 벼재배만 고려하였으며 이는 본 연구에서 사용된 자료의 한계라고 할 수 있다.

투입물은 자가노동, 고용노동, 유기질비료, 화학비료, 기타 생산비 5가지로 구성된다. 유기질비료와 화학비료는 톤, 여타 투입물은 100만 원이 단위이다. 산출물은 주산물인 조곡과 부산물로 나누며 톤 단위다.

총 1,154농가 중에서 687농가는 대동물을 사육하고 있어 축분 등을 이용해 유기질비료의 상당 부분을 자가 생산할 수 있다. 나머지 467농가는 대동물을 사육하지 않는 농가로서 유기질비료는 대부분 외부에서 조달할 가능성이 높다. 이 두 가지 유형의 농가들의 투입물 사용량과 생산량의 기초통계량은 <표 4-20> 및 <표 4-21>과 같다.

<표 4-20> 대동물 사육농가의 기초통계량 (N=687)

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
자가노동	2.30	2.72	0.044	19.69
고용노동	1.78	1.92	0	19.33
유기질비료	4.25	7.94	0	101.37
화학비료	1.05	2.18	0	30.02
기타 생산비	5.21	6.99	0.170	57.43
주곡생산량	10.07	12.68	0.67	93.21
부산물	8.49	10.81	0.82	88.86

자료: 연구진 작성.

<표 4-21> 대동물 사육하지 않는 농가의 기초통계량 (N=467)

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
자가노동	2.44	4.18	0.119	40.18
고용노동	1.82	1.81	0	14.54
유기질비료	5.00	12.23	0	116.63
화학비료	1.24	2.87	0	30.87
기타 생산비	6.81	14.67	0.312	128.51
주곡생산량	12.11	23.26	0.8	189.96
부산물	9.80	18.43	0.64	152.04

자료: 연구진 작성.

대동물을 사육하지 않는 농가의 평균 쌀 생산량이 대동물을 사육하는 농가에 비해 약 20%가 더 많다.

<표 4-22>와 <그림 4-1>, <그림 4-2>는 두 유형의 농가에 있어 유기질비료와 화학비료의 사용비율, 그리고 쌀 단위 생산량당 유기질비료 사용량을 보여준다. 유기질비료 대비 화학비료 사용량과 쌀 단위 생산량당 유기질비료 사용량이 모두 대동물을 사육하는 농가의 경우가 더 많다. 이는 역시 동물사육농가는 유기질비료를 자가 생산하는 데 있어 상대적으로 유리함을 반영하는 것이다.

<표 4-22> 유기질비료/화학비료와 유기질비료/쌀생산량의 비율

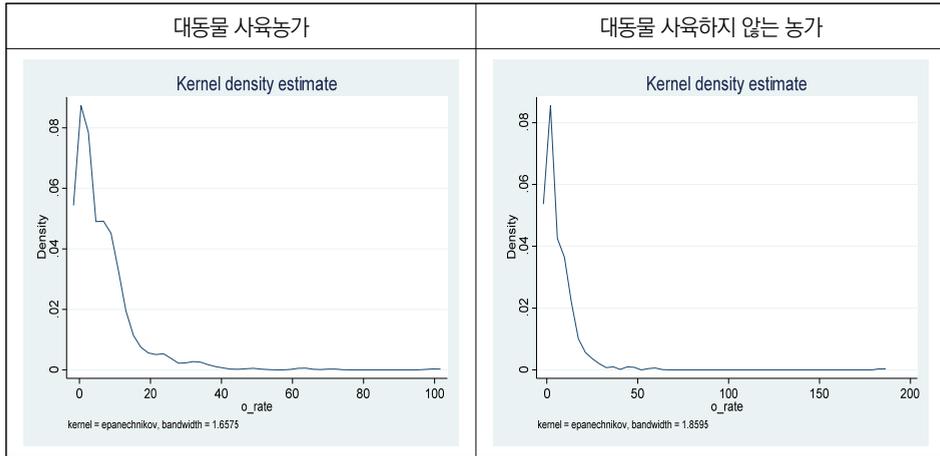
구분	변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
대동물 사육농가	유기질비료/화학비료	6.70	9.38	0	100.0
	유기질비료/쌀생산량	0.452	0.413	0	2.11
대동물 비사육 농가	유기질비료/화학비료	6.66	11.71	0	184.59
	유기질비료/쌀생산량	0.436	0.427	0	3.28

자료: 연구진 작성.

<그림 4-1>의 커널밀도함수를 보면 화학비료 대비 유기질비료 사용량이 대동물 사육농가의 경우가 좀 더 오른쪽으로 두꺼운 분포를 보여준다. 즉, 일반적으로 대동물 사육농가의 경우 화학비료 사용량 대비 유기질비료 사용량이 사육하지 않는 농가보다 더 높은 수준이다.

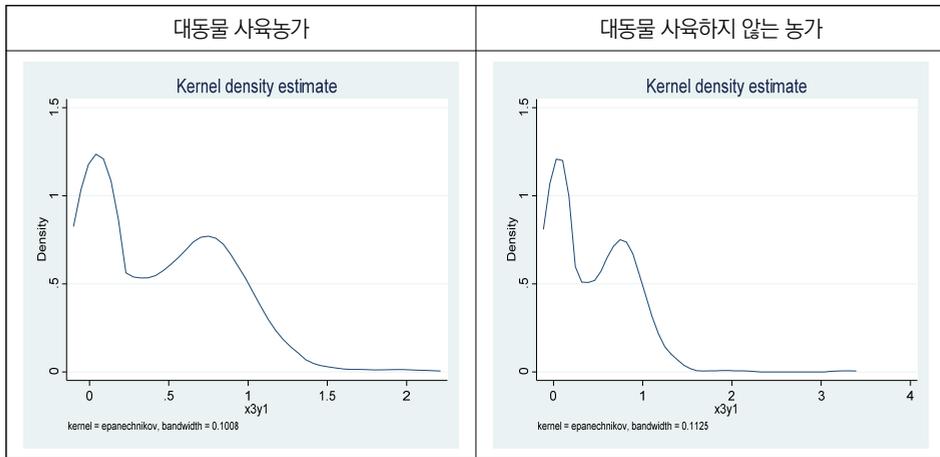
<그림 4-2>의 커널밀도함수는 쌀 단위 생산량당 유기질비료 사용량의 분포를 보여준다. 이 비율은 특이하게 그 분포의 봉우리가 두 개다. 즉 단위 생산량당 유기질비료 사용량이 적은 수준에서의 최빈값이 형성되고, 이어서 단위 생산량당 유기질비료 사용량이 좀 더 많은 수준에서의 봉우리가 다시 형성이 된다. 역시 대동물 사육 농가의 경우 오른쪽으로 두꺼운 그래프를 보여, 동일한 쌀 생산량을 가지는 경우에도 사육하지 않는 농가보다 유기질비료를 더 많이 사용하는 농가 수가 많음을 보여준다.

〈그림 4-1〉 유기질비료/화학비료 사용비의 분포



자료: 연구진 작성.

〈그림 4-2〉 유기질비료/쌀 생산량의 분포



자료: 연구진 작성.

4.2.2. 분석모형

유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해, 생산기술을 방향거리함수를 통해 분석하였다.

$x \in R_+^N$ 의 투입물을 이용해 $y \in R_+^M$ 을 생산하는 생산자가 있다. 생산이 가능한

투입-산출조합으로 구성되는 기술집합을 T 라 하면, 이 생산자의 생산기술 특성을 다음과 같은 방향거리함수로 나타낼 수 있다.

$$\text{식 (1)} \quad \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) = \max\{\beta : (x - \beta g_x, y + \beta g_y) \in T\}$$

식 (1)에서 g_x 와 g_y 는 각각 비음의 N 및 M 벡터로서, 투입물들과 산출물들의 값을 변화시키는 방향을 나타낸다. 방향거리함수는 이들 방향으로 모든 투입물은 최대한 사용량을 줄이고, 모든 산출물은 최대한 생산량을 늘릴 수 있는 정도를 나타낸다. 특정 투입-산출조합 (x, y) 가 기술집합 T 에 속하면 $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) \geq 0$ 의 관계가 성립한다.

방향거리함수는 생산기술의 특성을 나타내는 수단으로서 여러 함수적 성질을 가지는데, 투입물 x 에 대해 감소하지 않으며, 산출물 y 에 대해 증가하지 않는다. 그리고 평행이동성질, 즉 $\vec{D}_T(x - \theta g_x, y + \theta g_y; g_x, g_y) = \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) - \theta$ 의 성질을 가진다(Chambers, R. G. 1988; 권오상 2019 제3장).

어떤 생산자가 $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) = 0$ 이어서 기술집합 T 의 경계에 위치하고, 기술적인 비효율성은 없이 생산을 하고 있다고 하자. 이 생산자가 여전히 생산경계에 머무르도록 하면서 유기질비료가 화학비료를 얼마나 대체할 수 있는지에 우리는 관심이 있다. x_O 를 유기질비료, x_C 를 화학비료, 그리고 z 를 여타 모든 투입물의 벡터라고 하면, z 와 산출물벡터 y 를 고정시킨 상태에서 방향거리함수를 전미분하여 두 가지 비료투입물간의 한계기술대체율을 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$\text{식 (2)} \quad -\frac{dx_C}{dx_O} = \frac{\partial \vec{D} / \partial x_O}{\partial \vec{D} / \partial x_C}$$

식 (2)의 한계기술대체율을 추정하기 위해서는 방향거리함수를 미분이 가능한 형태로 설정하여야 한다. Chambers(2002)는 다음과 같은 2차형식의 함수를

제안하였고, 이 함수형태가 실증분석에서 방향거리함수의 형태로서 일반적으로 사용되고 있다(Serra et al. 2011). 특히 이 함수는 일부 투입물과 산출물이 0의 값을 지닐 경우에도 사용될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{식 (3)} \quad \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) \\
 & = \alpha_0 + \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} x_i x_j + \sum_{k=1}^M \beta_k y_k \\
 & + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M \beta_{kl} y_k y_l + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \gamma_{ik} x_i y_k \\
 & \alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \beta_{kl} = \beta_{lk}, \sum_{k=1}^M \beta_k g_{yk} - \sum_{i=1}^N \alpha_i g_{xi} = -1, \\
 & \sum_{k=1}^M \gamma_{ik} g_{yk} - \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} g_{xj} = 0, \sum_{l=1}^M \beta_{kl} g_{yl} - \sum_{i=1}^N \gamma_{ik} g_{xi} = 0
 \end{aligned}$$

위의 방향거리함수에서 파라미터에 대한 제약은 대칭성 제약과 함께 평형이동 성질을 부과하는 것이다. 만약 모든 g_{xi} 와 g_{yk} 가 1이면 위의 제약은 $\sum_{k=1}^M \beta_k - \sum_{i=1}^N \alpha_i = -1$, $\sum_{k=1}^M \gamma_{ik} - \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} = 0$, $\sum_{l=1}^M \beta_{kl} - \sum_{i=1}^N \gamma_{ik} = 0$ 로 바뀐다. 본 연구에서는 투입물 간의 대체관계에 초점을 맞추고 있으므로 모든 g_{yk} 를 0으로 두고, 모든 g_{xi} 는 1로 두도록 한다.

본 연구에 있어서는 대동물 사육을 하면서 쌀을 생산하는 농가, 즉 유기질비료를 자체 조달할 수 있는 농가와 대동물 사육 없이 쌀을 생산하는 농가 사이에 생산 기술의 차이와 투입물 사용의 차이, 특히 유기질비료 투입량의 차이가 뚜렷할 수 있기 때문에 두 가지 유형의 생산자를 구분할 필요가 있다. 따라서 식 (4)에 대동물을 사육할 경우 1의 값을 가지고 그렇지 않을 경우 0의 값을 가지는 더미변수 A 를 반영하도록 한다. 이 경우 2차형식의 방향거리함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
& \text{식 (4)} \quad \vec{D}_T(x, y; g_x, g_y) \\
& = \alpha_0 + \sum_{i=1}^N \alpha_i x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^N \delta_i A x_i \\
& + \sum_{k=1}^M \beta_k y_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M \beta_{kl} y_k y_l + \sum_{k=1}^M \tau_k A y_k + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \gamma_{ik} x_i y_k \\
& \alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \beta_{kl} = \beta_{lk}, \sum_{k=1}^M (\beta_k + \tau_k A) g_{yk} - \sum_{i=1}^N (\alpha_i + \delta_i A) g_{xi} = -1, \\
& \sum_{k=1}^M \gamma_{ik} g_{yk} - \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} g_{xj} = 0, \sum_{l=1}^M \beta_{kl} g_{yl} - \sum_{i=1}^N \gamma_{ik} g_{xi} = 0
\end{aligned}$$

총 T 개의 의사결정체(decision making unit: DMU)의 자료가 이용가능하다고 하자. t 번째 DMU의 $\vec{D}_T(x_t, y_t; g_x, g_y)$ 는 0 이상이므로 $\epsilon_t = [\vec{D}_T(x_t, y_t; g_x, g_y) - 0]$ 라 하자. ϵ_t 는 0 이상의 값을 가지고 있고, 또한 거리함수는 투입물에 대해서는 비감소, 산출물에 대해서는 비증가라는 부등식 제약을 가지고 있으므로 Aigner and Chu(1968)가 제안한 확정적 프론티어(deterministic frontier) 추정법을 다음처럼 사용한다.

$$\begin{aligned}
& \text{식 (5)} \quad \min_{\{\alpha_0, \alpha_i, \beta_k, \alpha_{ij}, \beta_{kl}, \delta_{ik}\}} \sum_{t=1}^T \epsilon_t \\
& \text{s.t., } \epsilon_t = \vec{D}_T(x_t, y_t; 1, 0) \geq 0, \forall t \\
& \quad \partial \vec{D}_T(x_t, y_t; 1, 0) / \partial x_{it} \geq 0, \forall t, i \\
& \quad \partial \vec{D}_T(x_t, y_t; 1, 0) / \partial y_{kt} \leq 0, \forall t, k \\
& \quad \sum_{i=1}^N \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^N \delta_i = 0, \sum_{j=1}^N \alpha_{ij} = 0, \sum_{i=1}^N \gamma_{ik} = 0, \forall j, k \\
& \quad \alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \beta_{kl} = \beta_{lk}, \forall i, j, k, l
\end{aligned}$$

식 (5)의 확정적 프론티어 추정법은 통계적인 분석이 아니기 때문에 추정파라

미터의 통계적 유의성을 바로 도출할 수는 없다. 이 추정모형은 확률변수 ϵ_t 가 지수분포(exponential distribution)를 따를 경우에는 최우추정법(MLE)에 해당되는 파라미터 추정치를 도출한다. 하지만 이 모형의 로그우도함수의 1계미분의 기댓값이 0이 아니며, 또한 그 헤시안도 특이행렬이 되기 때문에 추정 파라미터의 분산-공분산행렬을 도출할 수가 없다(Schmidt 1976; Greene 1993).

이런 문제로 인해 관행적으로 확정적 프론티어를 이용하는 분석법은 모두 파라미터 추정치의 통계적 유의성은 검토하지 않는다. 하지만 본 연구는 이 문제를 부트스트래핑(bootstrapping) 방법을 이용해 해결한다. 즉 전체 표본에서 반복을 허용하며 표본을 B 차례 추출하고, 매 추출된 표본에서 식 (5)를 추정한다. 그 결과 예를 들어 파라미터 α_{ij} 의 부트스트래핑 분산을 다음처럼 도출한다.

$$\text{식 (6)} \quad s^2(\hat{\alpha}_{ij}) = \frac{1}{B-1} \sum_{b=1}^B (\hat{\alpha}_{ijb} - \bar{\hat{\alpha}}_{ij})^2$$

한편, 유기질비료와 화학비료 간의 대체관계는 김원희 외(2003)가 사용한 것과 같은 비모수적 방법을 이용해서 분석할 수도 있다. w_O 와 w_C 를 각각 두 가지 비료의 가격이라 하자. 특정 산출량 벡터 y 와 비료를 제외한 여타 투입물 벡터 z 를 유지한 상태에서 생산자는 생산비 $c(w_O, w_C, z, y)$ 를 최소로 만드는 x_O 와 x_C 사용량을 선택할 수 있다. 만약 K 명의 생산자 자료를 확보하고 있다면 이 선택 문제는 다음과 같은 최적화 문제로 설정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{식 (7)} \quad & \min_{x_O, x_C} w_O x_O + w_C x_C \\ \text{s.t., } & x_O \geq \sum_{k=1}^K \lambda_k x_O^k, \quad x_C \geq \sum_{k=1}^K \lambda_k x_C^k \\ & z \geq \sum_{k=1}^K \lambda_k z^k, \quad y \leq \sum_{k=1}^K \lambda_k y^k \\ & \lambda_k \in R_+, \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \end{aligned}$$

즉 관측되는 K 명의 생산자 투입-산출자료를 이용해 선형근사된 기술집합을 만들고, 그 기술집합 내에 존재할 수 있는 투입물을 선택하여 비료에 대한 지출비용을 최소로 만든다. 위의 문제는 두 가격의 조합 (w_O, w_C)를 다양하게 변화시키며 풀 수가 있고, 이를 이용해 두 비료의 상대가격이 달라져 비용 투입량 비율이 달라질 때 어떤 한계기술대체율을 보이는지를 확인할 수 있다.

이 방법은 특정한 형태의 거리함수나 생산함수를 가정하지 않는 비모수적 분석법이라는 장점을 가지지만, 모형의 특성상 두 비료의 등량곡선이 선형으로 근사되기 때문에 많은 가격조합을 가지고 실험을 해도 관측되는 투입물 사용량 변화가 비교적 소수에 불과하다는 단점을 가진다. 따라서 본 연구는 이러한 비모수적 분석법보다는 식 (5)의 모수적 분석법을 채택하고, 또한 식 (6)처럼 부트스트래핑을 이용하여 분산 추정치를 도출한다.

4.3. 분석결과

식 (5)의 추정결과는 <표 4-23>와 같다. 추정 파라미터의 t 값은 식 (6)과 같은 부트스트래핑 절차를 거쳐 도출되었는데, 총 1,000회의 표본추출을 시행하였다. 모든 최적화와 부트스트래핑, 그리고 그 결과를 이용한 계산작업에는 GAMS 25.1.3이 사용되었다.

<표 4-23> 모형 추정결과

파라미터	추정치	SE	파라미터	추정치	SE
α_0	0.002	0.025	α_{55}	-3.75E-4	9.63E-4
α_1	0.086	0.055	β_{11}	-0.002	0.001
α_2	0.105	0.037***	β_{12}	0.001	0.001
α_3	0.014	0.008**	β_{22}	-0.002	0.002
α_4	0.772	0.068***	γ_{11}	0.004	0.002**
α_5	0.023	0.021*	γ_{21}	8.58E-4	0.001
β_1	-0.060	0.010***	γ_{31}	9.30E-5	1.34E-4

(계속)

파라미터	추정치	SE	파라미터	추정치	SE
β_2	-0.004	0.009	γ_{41}	-0.005	0.002***
α_{11}	-0.020	0.006***	γ_{51}	1.88E-4	7.40E-4
α_{12}	0.010	0.005**	γ_{12}	-4.59E-4	0.002
α_{13}	5.49E-6	3.10E-4	γ_{22}	9.65E-5	0.001
α_{14}	0.010	0.005***	γ_{32}	8.08E-5	1.46E-4
α_{15}	-1.47E-4	0.002	γ_{42}	3.27E-4	0.002
α_{22}	-0.013	0.005***	γ_{52}	-4.55E-5	6.56E-4
α_{23}	-8.49E-5	1.89E-4	δ_1	0.092	0.053*
α_{24}	0.002	0.006	δ_2	0.026	0.031
α_{25}	3.72E-4	0.002	δ_3	-0.014	0.008*
α_{33}	-1.09E-4	7.09E-5	δ_4	-0.087	0.040**
α_{34}	2.38E-4	3.47E-4	δ_5	-0.017	0.016
α_{35}	-5.04E-5	1.10E-4	τ_1	0.030	0.019
α_{44}	-0.013	0.006**	τ_2	-0.030	0.019
α_{45}	2.01E-4	0.002			

주: 투입요소는 자가노동, 고용노동, 유기질비료, 화학비료, 기타생산비의 순서이고 산출물은 주산물과 부산물의 순서임.

<표 4-23>의 추정결과를 보면, 유기질비료의 경우 α_3 가 통계적으로 유의하지 만 α_{3j} 나 β_{3k} 는 대부분 통계적으로 유의하지 않아 방향거리함수에 선형에 가까운 영향을 미치고 있다. 반면 화학비료의 경우 α_4 와 함께 α_{14} , α_{44} , γ_{41} 등의 2차항들도 통계적으로 유의하며, 따라서 방향거리함수에 비선형의 영향을 미친다. 아울러 δ_1 , δ_3 , δ_4 가 모두 통계적으로 유의하여 대동물 사육농가와 사육하지 않는 농가 사이에 투입물 사용에 있어 질적인 차이가 발견되며, 유기질비료와 화학비료 모두의 사용행태에 있어 차이가 있다. 그리고 τ_1 과 τ_2 도 유의수준이 거의 10%에 가까워 주산물과 부산물의 구성에 있어서도 어느 정도는 두 유형의 농가 간에 차이가 있다고 할 수 있다.

<표 4-24> 유기질비료의 화학비료 대체율 추정결과

구분	변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
사육 농가	$\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_O}$	0.0011	0.0016	0	0.0131
	$\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_C}$	0.6510	0.0574	0.0060	0.6942
	$-\frac{\partial x_C}{\partial x_O}$	0.0051	0.0810	0	2.1203
	편도체탄력성	0.0142	0.1894	0	4.9071
비사육 농가	$\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_O}$	0.0157	0.0028	0.0112	0.0433
	$\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_C}$	0.7280	0.1013	0	0.7929
	$-\frac{\partial x_C}{\partial x_O}$	0.0245	0.0341	0.0182	0.5606
	편도체탄력성	0.1471	0.2645	0	3.6948

자료: 연구진 작성.

<표 4-24>는 대동물 사육농가와 비사육농가로 구분하여 추정한 유기질비료와 화학비료의 대체율과 대체탄력성을 보여준다. 대동물 사육농가의 경우 $\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_O}$, 즉 유기질비료 한 단위 증투가 방향거리함수에 미치는 영향이 평균 0.0011로서 대단히 작은 값이고 0에 매우 가까운 값이다. 따라서 대동물 사육농가들은 유기질비료를 거의 포화상태까지 투입하고 있는 상태라는 것이 확인된다. 반면 이 농가들의 $\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_C}$, 즉 화학비료의 한계적인 생산영향은 평균 0.651로서 상대적으로 큰 수치를 보여준다. 이 두 가지 한계적 효과의 비율을 취하여 $-\frac{\partial x_C}{\partial x_O}$ 즉, 유기질비료 한 단위 증투가 화학비료를 절감하는 비율을 구하면 대동물 사육농가의 경우 0.0051로 매우 작은 값이 추정되는데, 이는 물론 분자인 $\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_O}$ 추정치가 0에 가깝기 때문이다.

유기질비료와 화학비료의 평균 사용량이 크기 면에서 차이가 있기 때문에 대체율을 탄력성 $\sigma_{OC}^D = -\frac{\partial x_C}{\partial x_O} \frac{x_O}{x_C} \Big|_{D_r=0}$ 의 형태로 계산한 것이 <표 4-24>의 편도체탄력성이다. 이 탄력성 σ_{OC}^D 는 두 가지 비료성분 외의 다른 투입물과 산출물 변수

는 모두 고정시킨 상태에서 유기질비료가 화학비료를 대체하는 정도를 탄력성 형태로 계산한 것이므로 편대체탄력성이자 직접(direct) 대체탄력성이다. 이 수치의 대푯값은 0.0142로서 유기질비료 1% 증투는 화학비료를 0.0142% 절감한다는 것을 의미하므로 역시 대단히 낮은 대체율이다.

<표 4-24>에서 대동물을 사육하지 않는 농가의 경우 $\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_O}$ 의 평균값이 0.0157로서 사육농가에 비하면 훨씬 큰 값을 보여준다. 이 결과는 유기질비료를 외부에서 조달하는 농가들은 포화상태에 이르기까지는 유기질비료를 사용하지 않는다는 것을 의미한다. 이것은 대동물 비사육농가의 경우 주된 관심사가 벼의 생산에만 국한되지만, 대동물 사육농가의 경우 벼 재배가 가축분뇨를 처리하기 위한 용도로도 고려되기 때문에 벼의 생산이 아닌 가축분뇨 처리 관점에서 퇴비를 투입하는 경향 때문일 수 있다. 다른 해석으로는 유기질비료의 종류가 다양할 수 있는데, 대동물 사육농가는 축분 위주의 퇴비를 주로 사용하기 때문에 대동물을 사육하지 않는 농가가 사용하는 유기질비료와는 질적인 차이를 가질 수도 있다는 것이다. 시판 퇴비 제품의 경우 축산농가에서 자가 제작하는 퇴비에 비해 보다 엄격한 품질 관리를 받을 수 있다는 점을 고려할 수 있다.

화학비료의 한계적 영향인 $\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_C}$ 의 추정치는 0.7280으로서 대동물 사육농가의 추정치 0.6510에 비해서는 더 크다. 하지만 그 차이는 유기질비료의 한계적 영향만큼은 두드러지지 않는다. 따라서 대동물 사육농가와 일반 경종농가 사이에는 유독 유기질비료의 사용량에 있어 구조적인 차이가 크다는 것을 다시 확인할 수 있다.

대동물을 사육하지 않는 농가에서는 $-\frac{\partial x_C}{\partial x_O}$ 의 추정치가 0.0245이다. 따라서 유기질비료 사용량을 1톤 늘리면, 화학비료 사용량은 24.5kg만큼 줄일 수가 있다. 이를 단위당 비료성분량의 차이로 해석한다면 화학비료는 유기질비료에 비해 약 41배가 많은 비료 성분을 가진다고 말할 수 있다. 아래 <표 4-25>의 퇴비 영양분

함유량을 보면 우분퇴비를 기준으로 질소 성분량이 0.41%이다. 화학비료의 경우 ‘단한번’과 ‘하나로’를 기준으로 질소 함량이 18%(농촌진흥청 2019: 35)이므로 같은 중량일 때 화학비료가 우분퇴비보다 44배 질소량이 많은 것으로 계산된다. 이 결과는 위의 분석 결과와 거의 일치한다. 외부에서 유기질비료를 구입해서 사용하는 대동물 비사육농가는 성분량에 있어서 화학비료와 대체되는 수준의 유기질비료를 투입하고 있어 매우 효율적으로 유기질비료를 사용하고 있다고 해석할 수 있다. 만약 농가 외부에서 구입한 퇴비가 지역 내 발생한 원료로 제작되었다면 지역 단위에서는 이러한 화학비료 대체로 양분 과잉이 완화되었을 수도 있다. 그러나 환경적으로 적정 수준의 양분을 투입하고 있는지에 대해서는 세부적인 비료 사용에 관한 자료를 사용하여, 추가적인 분석이 필요하다.

〈표 4-25〉 축종별 퇴비 사용량에 따른 양분 투입량

종류와 투입량	성분함량(%)	질소(kg)	인산(kg)	가리(kg)	수분함량(%)
계분퇴비 1,000kg	1.73-1.65-0.47	17.3	16.5	4.7	66.7
돈분퇴비 2,000kg	0.90-1.49-0.19	18.0	29.8	3.8	75.2
우분퇴비 3,000kg	0.41-0.56-0.09	12.3	16.8	2.7	80.0

자료: 휴살림 재배기술 홈페이지.³¹⁾

대동물을 사육하지 않는 농가에 있어 $\sigma_{OC}^D = -\frac{\partial x_C}{\partial x_O} \frac{x_O}{x_C} \Big|_{D_r=0}$ 의 추정치는 0.1471이다. 따라서 유기질비료 1%의 사용량 증대는 화학비료 사용량을 약 0.15% 줄이는 역할을 할 수 있다.

한편, <표 4-24>의 추정결과에서 유기질비료가 방향거리함수에 미치는 영향에 있어 2차항들의 파라미터 추정치는 매우 작으면서 통계적으로 유의하지 않았기

31) 휴살림 유기농업기술 재배기술. <http://heuk.or.kr/info/sub2_3.asp?seq=746&boardId=info_02_3&page=22&searchField=2&searchValue=&sCategory=&mode=read>. 검색일: 2020. 10. 13.

때문에 $\frac{\partial \vec{D}}{\partial x_0}$ 추정치의 농가 간 격차는 크지 않다. 즉 대동물 사육 여부는 추정치에 큰 변화를 가져오지만 사육농가 그룹 내에서는 농가 간 추정치 차이가 크지 않고, 또한 비사육농가 그룹 내에서도 농가 간 추정치 차이가 크지 않다.

〈표 4-26〉 방향거리함수 추정치

구분	변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
사육 농가	$\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$	0.7370	0.9979	0	9.1818
비사육 농가	$\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$	0.6207	0.8687	0	6.5658

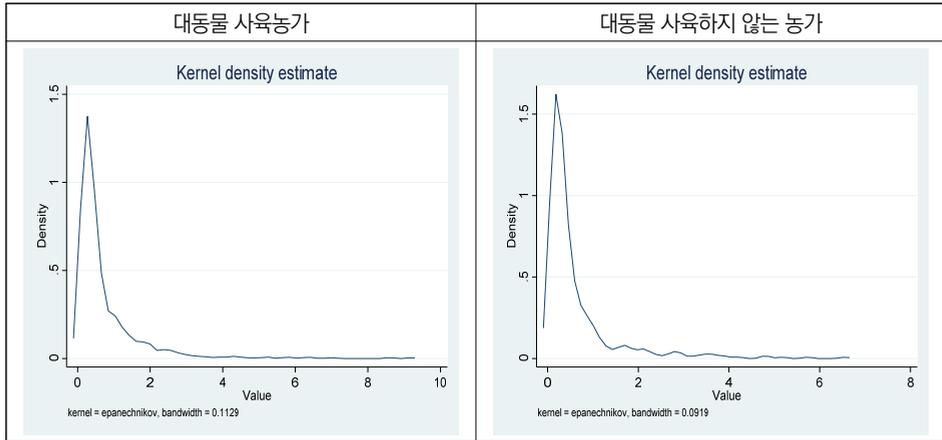
자료: 연구진 작성.

〈표 4-26〉은 생산자들의 생산효율성을 의미하는 방향거리함수 $\vec{D}_T(x, y; g_x, g_y)$ 의 추정치를 보여준다. 이 값이 작을수록 생산 경계(frontier)에 가까이 위치한 생산자를 의미한다. 1,154개의 농가 중 대동물 사육농가 중에는 7농가가, 사육하지 않는 농가 중에는 8농가가 방향거리함수의 값이 0이었다. 즉 이 15개 농가가 생산 경계를 이룬다.

방향거리함수의 평균값은 대동물 사육농가가 0.737로서 비사육농가 0.6207보다 더 높다. 따라서 쌀의 생산에 관해 대동물 비사육농가가 투입물을 더 효율적으로 사용하고 있다는 결론을 내릴 수 있다. 그러나 이것을 대동물 사육농가의 생산이 경종 전문 농가에 비해 비효율적이라고 해석해서는 안 된다. 정확한 비교를 위해서는 경종과 축산물을 모두 산출물로 반영하는 생산기술을 분석해야 하고, 이를 기초로 범위의 경제성(economies of scope)을 도출하는 작업을 하여야 한다.

〈그림 4-3〉은 두 유형의 농가들에 있어 방향거리함수 추정치의 분포를 보여준다. 두 유형 모두에 있어 분포곡선의 봉우리는 한군데에서만 형성된다. 그리고 커널밀도함수가 오른쪽으로 긴 어느 정도의 비대칭성을 보여준다.

<그림 4-3> 방향거리함수 추정치의 분포



자료: 연구진 작성.

<표 4-27> 방향거리함수에 영향을 미치는 변수들

변수명	추정치	t-값
주산물 생산량	0.062	23.80***
주산물 생산량의 제곱	-0.0032	-14.70***
유기질비료/화학비료	-0.0115	-5.48***
대동물 사육여부	0.110	2.46**
상수항	0.171	4.06***
No. Obs	1132	
F(4, 1127)	199.02	
Prob > F	0.0000	
Adj R-squared	0.412	

자료: 연구진 작성.

<표 4-27>은 방향거리함수에 영향을 미치는 변수들을 회귀분석결과를 이용해 확인한다. 유기질비료/화학비료의 값이 정의되는 1,132개 농가의 분석 결과를 활용하였다.

<표 4-26>이 보여준 바와 같이 다른 조건이 동일하다면 대동물을 사육하지 않는 농가의 방향거리함수 값이 더 작아, 이들 농가가 보다 생산 경계에 가까이 위치한다. 즉 효율적인 생산을 한다고 볼 수 있다. 주산물 생산량과 제곱의 변수의 계수 추정치를 보면, 주산물 생산량은 방향거리함수에 \cap 자 형의 영향을 미치고 있다. 이것은 생산규모가 상대적으로 작은 영역에서는 생산규모가 커질수록 거리함수

값이 커지고 효율성이 낮아지지만, 생산규모가 어느 수준 이상이 되면 생산규모가 클수록 방향거리함수의 값이 줄어들고 생산효율성이 높아지는 것을 의미한다.

유기질비료와 화학비료의 사용비율이 높을수록 생산효율성을 높이는 경향이 있다. 대동물 사육농가는 유기질을 거의 포화상태까지 사용하는 경향이 있었다. 단, 대동물 사육여부를 더미변수를 활용해 통제하고, 생산규모의 효과까지 통제하면 화학비료 대비 유기질비료 사용량이 높은 농가가 더 작은 방향거리함수 값을 가지고 더 높은 생산효율성을 가지는 것으로 분석된다.

5. 경제적·환경적 편익 분석의 시사점

비용편익 분석결과 서천사례와 철원사례 모두 분석 기간 20년을 고려할 때 모두 편익이 발생하는 것으로 분석되었다. 하지만 편익이 양이 되는 시점은 서천이 5년 차, 철원이 13년 차로 초기 투자 비용이 클수록 양이 되는 시점은 늦어지는 것으로 나타났다. 단기적인 관점에서 투자한다면 투자 유인이 있다고 말하기 어렵다. 비용편익 분석에는 토양, 수질, 대기질 개선, 생물다양성 증진, 경관 보전, 악취 저감 등의 농업환경 개선이 편익이 포함되지 않은 한계가 있다. 만약 환경적 편익을 추정할 경우 전체 편익은 현재 클 것으로 보인다. 따라서 경제적 편익과 환경적 편익을 종합적으로 고려한 경축순환농업의 편익이 추정될 필요가 있다. 대전사례의 경우 생산비가 크게 감소하였고 품질 또한 제고되었다. 이는 가공과정에서 발생하는 농식품부산물을 적극적으로 사료화한 결과이며, 축산 전문가의 네트워크를 활용하였기 때문이다.

경축순환농업의 농업환경 개선기능의 경제적 가치를 가상가치평가법을 이용하여 평가했다. 대전·충남지역 시민 525명을 대상으로 가상가치평가법을 적용함으로써 지불의사금액을 산정한 결과, 경축순환농업의 농업환경 개선 기능에 대한 지불의사액은 평균값(절단) 기준 13,960원(연/가구당)이었다. 그리고 지불의사금액을 이용한 경축순환농업의 농업환경 개선 기능에 대한 경제적 편익은 최소 109

억 원에서 최대 308억 원으로 분석되었다. 평균값(절단)을 이용한 경제적 편익은 207억 원이므로 충남 서천군 2019년 기준 경지면적 13,203ha가 모두 경축순환농업으로 재배했다고 가정하면, ha당 157만 원의 경축순환농업에 의한 농업환경 개선 가치가 있는 것으로 계산된다. 경축순환농업의 경제적 편익과 환경적 편익 분석 결과는 일반 국민들의 인식 전환과 경축순환농업의 지원에 대한 근거로 활용할 수 있을 것이다. 현재 정책적으로 추진되고 있는 자원화 시설 보급의 확대뿐만 아니라 경축순환농업 활성화를 위한 교육 및 홍보, 연구개발 지원 등 관련 정책을 도입하는 근거로 활용해야 할 것이다.

경축순환농업의 경제적·환경적 영향을 평가하기 위해 기초가 되는 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수를 추정하였다. 농가경제조사와 농산물 생산비조사를 병합하여 쌀재배 농가의 생산비 및 대동물 소유 마릿수 자료를 구축하였고, 대동물 사육농가와 비사육농가로 그룹화하였다. 두 그룹으로 나누어 유기질비료의 화학비료 대체효과를 처음 추정하면서 파라미터들의 통계적 유의성은 부트스트래핑 기법을 이용해 확인했다. 분석결과, 대동물을 사육하고 그래서 유기질비료를 농가 내에서 공급하기 용이한 농가들의 경우 유기질비료의 한계생산성이 높지 않은 것으로 나타났다. 이는 이 농가들이 유기질비료를 거의 포화상태까지 사용하고 있음을 의미한다. 반면 대동물을 사육하지 않고 그래서 유기질비료를 외부에서 조달해야 하는 일반 경종농가들의 경우 상당한 수준의 유기질비료 한계생산성을 보여주었다. 후자의 농가에서는 두 가지 유형 비료의 대체탄력성이 0.147 정도의 추정치를 보였다. 유기질비료가 화학비료를 대체하는 정도가 대동물 사육농가와 비사육농가가 다르게 나타나고, 또한 유기질비료의 한계생산성의 차이를 고려할 때 경축순환농업의 환경에 미치는 영향 또한 두 그룹 간에 다르게 나타날 것으로 예상할 수 있다. 즉 대동물 사육 농가의 농가 내 경축순환은 오히려 양분 과잉을 불러오게 해 이에 따라 작물에 의해 흡수되지 못한 양분이 환경을 오히려 악화시킬 수 있다. 반면에 비사육농가의 경우 화학비료의 대체를 통해 지역 내 양분의 과잉축적을 줄임에 따라 농업환경에 미치는 긍정적인 영향을 기대할 수 있다.

제5장

경축순환농업 인식조사

경축순환농업 인식조사

1. 자원화 사업 운영주체 및 사례지역 농업인 인식

1.1. 공동자원화 시설 운영주체

(사)친환경자연순환농업협회에 소속된 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체를 대상으로 2020년 5월 25일부터 5월 29일까지 가축분뇨 공동자원화시설 운영현황 및 경축순환농업에 대한 인식을 설문조사 하였다. 총 100개 업체들 중 30개소가 응답해 30%의 응답률을 보였다.

응답자의 시설이 위치한 지역은 경기 3개소, 충북 1, 충남 4, 전북 6, 전남 3, 경북 3, 경남 4, 제주 4, 세종 1개로 나타났다. 1개소는 소재 지역을 응답하지 않았다. 시설 운영 기간은 최소 5년에서 최대 30년으로 평균 운영 기간은 약 10년 5개월이며, 운영 인력은 최소 3명에서 최대 25명으로 평균 7명으로 나타났다.

수거 대상 축종의 경우 하루 평균 수거량은 한우 분뇨가 33.7톤/일(7개소), 돼지 분뇨가 99.1톤/일(29개소), 계분 23.3톤/일(4개소), 기타 가축분뇨(음식물쓰레기 포함)가 평균 32.5톤/일(2개소) 수거되고 있다고 응답하였다.

생산되는 자원화 생산물 종류 및 생산량은 가축분퇴비가 최소 15톤/년에서 최대 19,650톤/년으로 평균 4,831톤/년으로 나타났다. 생산된 가축분퇴비의 판매처

는 시설마다 다르지만 관내에서 100% 처리한다는 시설이 10곳, 관외에서 100%로 처리하는 곳은 없었으며, 기타(비판매) 100%로 응답한 시설이 6곳으로 집계되었다.

가축분뇨발효액(액비)의 경우 생산량은 최소 80톤/년에서 최대 58,883톤/년으로 평균 26,091톤/년으로 나타났다. 생산된 가축분뇨발효액(액비)의 판매처는 시설마다 다르지만 관내에서 100% 처리한다는 시설이 10곳, 관외에서 100%로 처리하는 곳은 없었으며, 비판매가 15곳으로 나타났다.

생산된 가축분뇨발효액(액비)의 살포지에서 주로 재배되는 작물은 1순위가 논작물(벼) 22명으로 나타났으며 2순위는 초지 및 사료작물(사료용 옥수수, 수수, 수단그라스, 호밀, 귀리, 답리작 사료작물 등) 13명으로 나타났다. 그다음으로는 밭작물(보리, 옥수수, 고추, 오이, 토마토, 상추 등)에 11명이 응답하였다.

가축분뇨 자원화 사업성과 중 가축분뇨 처리 축산농가의 만족도, 퇴·액비 이용 경종농가의 만족도, 환경 보전 효과, 작물 재배여건 개선 항목에서는 비교적 긍정적인 답변이 도출되었다. 하지만 다른 항목들과 달리 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득과 관련된 항목에서는 긍정적 의견보다는 부정적 의견이 약 52%로 높게 나타나 개선이 필요하다<표 5-1>.

<표 5-1> 가축분뇨 자원화 사업성과에 대한 의견

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 있다	6 (19.4)	10 (32.3)	11 (35.5)	2 (6.5)	2 (6.5)
2. 가축분뇨 처리 축산농가의 만족도가 상승한다	1 (3.2)	0 (0.0)	5 (16.1)	18 (58.1)	6 (19.4)
3. 퇴·액비 이용 경종농가의 만족도가 상승한다	1 (3.2)	2 (6.5)	4 (12.9)	18 (58.1)	6 (19.4)
4. 화학비료의 대체를 통한 환경 보전 효과가 있다	2 (6.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (29.0)	20 (64.5)
5. 퇴·액비 이용을 통해 작물 재배 여건이 개선된다	1 (3.2)	1 (3.2)	4 (12.9)	20 (64.5)	5 (16.1)

주: 2번 항목의 경우 결측치 발생으로 n=29임.
자료: 저자 작성.

가축분뇨 공동자원화시설 운영상의 애로사항은 시설(인프라), 운영, 수거, 살포 과정 순으로 분리하여 설문하였다. 시설 설치 및 유지(인프라)와 관련된 항목에서는 ‘시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움’이 1순위, ‘인허가 및 주민 동의 과정상의 문제점 발생’이 2순위로 나타났다. 이는 가축분뇨 처리시설의 경우 암모니아 발생 등으로 인해 시설의 노후화 속도가 일반 건축물에 빠르기 때문인 것으로 사료된다. 기타 의견으로는 자원화사업장별 품질편차가 심화되고 있다는 의견이 있었다<표 5-2>.

〈표 5-2〉 공동자원화 시설 설치 및 유지관리 측면(인프라) 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설 설치 및 유지관리 측면 (인프라)	1. 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움	43.3
	2. 인허가 및 주민 동의 과정상의 문제점 발생	20.0
	3. 가축분뇨 퇴·액비화 시설 개수 혹은 처리용량 부족	15.6
	4. 시설 설치 및 유지관리에 대한 정부 제도의 미비	8.9
	5. 자원화시설 설치를 위한 자부담 비용	7.8
	6. 퇴·액비화 시설 설치 및 관리 기술개발 미흡	2.2
	6. 기타	2.2

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

시설운영과 관련된 항목에서는 ‘낮은 수익성’이 1순위, ‘시설 운영에 대한 정부 제도의 미비’가 2순위로 나타났다. 낮은 수익성의 경우 업체 면담 조사 결과 자원화업체들이 수익의 대부분을 정부 보조금 수익에 의존하고 있다고 응답하였다. 정부 제도 미비의 경우 나주소재의 시설 두 곳을 방문 면담 조사한 결과 시비처방서의 현실화, 분뇨 수집 운반 업체를 제도권으로 들여오거나 관련 규정을 마련하는 등의 제도적 보완에 대한 의견을 개진한 것이라고 판단된다. 기타 의견으로는 허가를 받았음에도 민원으로 사업 추진 불가능과 환경규제 강화에 따른 대응 경비 증가가 있었다<표 5-3>.

〈표 5-3〉 공동자원화 시설운영 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설운영	1. 낮은 수익성	46.7
	2. 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비	37.8
	3. 지속적인 노동 인력 확보의 어려움(정규 직원, 액비 살포 전문 인력 등)	7.8
	4. 기타	3.3
	5. 암모니아 가스 노출 등에 따른 직원 건강 악화	2.2
	5. 퇴·액비화 기술개발 미흡	2.2

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산 함.
자료: 저자 작성.

축산농가에서의 가축분뇨 수거 항목에서는 ‘분뇨 수거료 인상의 어려움’이 1순위, ‘시설 용량을 넘어선 가축분뇨 수거 요구량’이 2순위로 나타났다. 분뇨 수거료 인상은 낮은 수익성과도 연계되어 있는 부분이며, 농가 간 수거 거리 차이로 인한 비용 차이가 존재하지만 현재 수거료는 일괄적으로 적용된다는 점에서 농가 간 갈등을 유발하기도 하는 것으로 파악되었다<표 5-4>.

〈표 5-4〉 공동자원화 가축분뇨 수거 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
축산농가에서의 가축분뇨 수거	1. 분뇨 수거료 인상의 어려움	47.1
	2. 시설 용량을 넘어선 가축분뇨 수거 요구량	23.0
	3. 낮은 품질의 원료(가축분뇨)의 반입	21.8
	4. 가축분뇨 수거, 이동 시 악취에 의한 민원 발생	6.9
	5. 기타	1.1

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

경종농가의 가축분 퇴·액비 공급 관련 애로사항은 ‘퇴·액비 수요의 계절성’이 1순위, ‘퇴·액비 살포 인력 및 장비 운영 비용’이 2순위로 나타났다. 퇴·액비 수요의 계절성의 경우 퇴·액비가 적정 시기에 필요한 곳에 살포되지 못했을 때의 문제점도 초래하지만, 계절적 업무량 차이로 인해 고정인력 운용에도 영향을 주는 것으로 보인다. 기타 의견으로는 현실성 없는 시비처방서 발급 문제와 액비가 정

기적으로 검사성적서를 내지만 타 비료와 다르게 살포 시 시비처방서를 받아야 하는 것은 부당하다는 의견이 있었다<표 5-5>.

〈표 5-5〉 공동자원화 경종농가에 퇴·액비 공급 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
경종농가로의 가축분 퇴·액비 공급	1. 퇴·액비 수요의 계절성	50.0
	2. 퇴·액비 살포 인력 및 장비 운영 비용	23.3
	3. 액비 살포 과정에서 지형상의 문제로 인한 어려움 발생	8.9
	4. 퇴·액비 품질에 대한 경종 농가들의 부정적인 인식	7.8
	5. 낮은 퇴비 단가	6.7
	6. 퇴·액비 살포 경종농가 피해 및 보상 문제	2.2
	7. 기타	1.1

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

〈표 5-6〉 가축분뇨 공동자원화시설 운영상의 주요 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설 설치 및 유지관리 측면 (인프라)	1. 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움	43.3
	2. 인허가 및 주민 동의 과정상의 문제점 발생	20.0
시설 운영	1. 낮은 수익성	46.7
	2. 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비	37.8
축산농가에서의 가축분뇨 수거	1. 분뇨 수거로 인상의 어려움	47.1
	2. 시설 용량을 넘어선 가축분뇨 수거 요구량	23.0
경종농가로의 가축분 퇴·액비 공급	1. 퇴·액비 수요의 계절성	50.0
	2. 퇴·액비 살포 인력 및 장비 운영 비용	23.3

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체의 인식 정도를 분석한 결과, ‘알고 있다’와 ‘잘 알고 있다’로 응답한 비율이 93.3%로 매우 높게 나타나 대부분의 운영 주체가 경축순환농업에 대해서 인지하고 있는 것으로 파악되었다 <표 5-7>.

〈표 5-7〉 경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체의 인식 정도

단위: 명, %

전혀 모른다	모른다	보통이다	알고 있다	잘 알고 있다
0 (0.0)	1 (3.3)	1 (3.3)	12 (40.0)	16 (53.3)

자료: 저자 작성.

경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설의 기여 정도와 관련된 인식 역시 ‘어느 정도 기여함’과 ‘매우 기여함’ 항목에 대한 응답비율이 96.7%로 매우 높은 비중을 차지하였다. 한편, ‘전혀 모른다’와 ‘모른다’에 응답한 조사자는 없으므로 나타나 대부분의 운영 주체가 가축분뇨 공동자원화시설이 경축순환 농업에 긍정적으로 기여한다고 인식하는 것으로 파악되었다<표 5-8>.

〈표 5-8〉 경축순환농업에 대한 가축분뇨 공동자원화시설의 기여 정도

단위: 명, %

전혀 기여하지 않음	기여하지 않음	보통	어느 정도 기여함	매우 기여함
0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.3)	6 (20.0)	23 (76.7)

자료: 저자 작성.

경축순환농업 세부 효과에 대한 인식을 조사한 결과 대부분의 운영 주체가 모든 항목에서 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단하였음을 알 수 있었다. 특히, ‘화학비료 사용대체’, ‘작물 생산성 증대’, ‘환경친화적 농산물 생산 확대’, ‘토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선’, ‘축산농가의 가축분뇨 처리비용 절감’, ‘경종농가의 판매수입 증가’, ‘바이오가스 등 신재생에너지 생산을 통한 환경 부담 감소’ 항목에서 긍정적으로 응답한 비율이 모두 80% 이상으로 나타났다. 하지만 ‘경종농가의 투입재 비용 절감’ 항목은 다른 항목에 비해 긍정적으로 응답한 비율이 62%로 비교적 낮게 나타났다<표 5-9>.

〈표 5-9〉 경축순환농업의 세부 효과에 대한 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체의 인식

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 화학비료 사용 대체	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (6.7)	15 (50.0)	13 (43.3)
2. 작물 생산성 증대	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (16.7)	19 (63.3)	6 (20.0)
3. 환경친화적 농산물 생산 확대	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.3)	10 (33.3)	19 (63.3)
4. 토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (16.7)	20 (66.7)	5 (16.7)
5. 축산농가의 가축분뇨 처리비용 절감	0 (0.0)	1 (3.3)	4 (13.3)	16 (53.3)	9 (30.0)
6. 경종농가의 투입재 비용 절감	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (13.3)	7 (23.3)	19 (63.3)
7. 경종농가의 판매수입 증가	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (37.9)	15 (51.7)	3 (10.3)
8. 바이오가스 등 신재생에너지 생산을 통한 환경부담 감소	0 (0.0)	1 (3.6)	5 (17.9)	18 (64.3)	4 (14.3)

주: 7번, 8번 항목의 경우 결측치 발생으로 각각 n=29, n=28임.

자료: 저자 작성.

1.2. TMR 사료 생산시설 운영주체

농협과 한국단미사료협회에 소속된 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체를 대상으로 2020년 9월 10일부터 9월 25일까지 TMR업체 운영현황 및 경축순환농업에 대한 인식을 설문조사 하였다. 53개 업체들 중 17 개소가 응답해 32%의 응답률을 보였다.

응답자의 시설이 위치한 지역은 경기 1개소, 충북 2, 충남 2, 전북 3, 전남 3, 경북 1, 경남 3, 제주 1, 인천 1개소로 나타났다. 시설 운영 기간은 최소 3년에서 최대 22년으로 평균 운영 기간은 약 11년이며, 운영 인력은 최소 5명에서 최대 59명으로 평균 14명으로 나타났다.

사업운영현황을 보면 평균 연간 생산량은 21,910톤, 평균 연간 매출액은 77억

원, 평균 연간 기준 단가는 758원/kg, 평균 1일 최대 생산가능량은 89톤, 평균 연간 작업일수는 276일로 나타났다.

TMR 사료는 대부분 동일한 시·군·구 내나 도내에 판매가 되는 것으로 분석되었다. 동일한 시·군·구에서 100% 판매하는 업체는 3곳, 동일한 도내에 100% 판매하는 업체는 3곳으로 나타났다.

생산된 TMR 사료 급여지에서 주로 사육되는 축종은 1순위가 한우로 12곳으로 나타났으며 2순위는 육우가 3곳으로 나타났다. 그다음으로는 젖소 2곳, 기타(염소, 사슴) 2곳이라고 응답하였다.

농식품부산물 자원화 사업성과 중 대부분 항목에서는 비교적 긍정적인 답변이 도출되었다. 대부분 항목에서 부정적인 의견은 없지만 TMR 사료 판매를 통해 얻는 경제적 이득 항목과 TMR 사료 이용을 통해 가축 사육 여건 개선 항목에서는 부정적 의견이 존재하였다<표 5-10>.

<표 5-10> 농식품부산물 자원화 사업성과에 대한 의견

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. TMR 사료 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 있다	0 (0.0)	2 (12.5)	5 (31.2)	9 (56.3)	0 (0.0)
2. 농식품부산물 처리 경종농가 및 가공업자의 만족도가 상승한다	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (66.7)	5 (33.3)	0 (0.0)
3. TMR 사료 이용 축산농가의 만족도가 상승한다	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (52.9)	6 (35.3)	2 (11.8)
4. 배합사료의 대체를 통한 환경 보전 효과가 있다	0 (0.0)	0 (0.0)	6 (37.5)	10 (62.5)	0 (0.0)
5. TMR 사료 이용을 통해 가축 사육 여건이 개선된다	0 (0.0)	3 (17.7)	2 (11.8)	9 (52.9)	3 (17.7)

주: 1번, 3번 항목의 경우 결측치 발생으로 n=16, 2번 항목의 경우 결측치 발생으로 n=15임.

자료: 저자 작성.

농식품부산물 자원화 사업 운영상의 애로사항은 시설 설치 및 유지관리(인프라), 시설 운영, 농식품부산물 확보, 축산농가에 TMR 사료 공급과 관련해 설문하였다. 시설 설치 및 유지(인프라)와 관련된 항목에서는 ‘초기 시설 설치를 위한 자

부담 비용'이 1순위, '시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움'이 2순위로 나타났다<표 5-11>.

〈표 5-11〉 농식품부산물 자원화 사업 시설 설치 및 유지관리 측면(인프라) 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설 설치 및 유지관리 측면 (인프라)	1. 초기 시설(TMR 배합기, 지게차, 창고 등) 설치를 위한 자부담 비용	34.0
	2. 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움	34.0
	3. 시설 설치 및 유지관리에 대한 정부 제도의 미비	16.0
	4. TMR 사료 제조업체들 간 경쟁 심화로 매출액 감소	16.0
	5. 농식품부산물 사료화 시설 처리용량 부족	0.0
	6. 사료화 시설 설치 및 관리 기술개발 미흡	0.0
	7. 기타	0.0

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

시설운영과 관련된 항목에서는 '농식품부산물 원료 확보 비용이 높음'이 1순위, '사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨'이 2순위로 나타났다<표 5-12>.

〈표 5-12〉 농식품부산물 자원화 사업 시설 운영 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설 운영	1. 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)	47.1
	2. 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨	25.5
	3. 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비	11.8
	4. 농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음	9.8
	5. 사료화 기술개발 미흡	3.9
	6. 기타	2.0

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

경종농가 및 가공업자로부터 농식품부산물을 확보할 때 애로사항으로는 '농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움'이 1순위, '농식품부산물 원료 구입비용의 상승'이 2순위로 나타났다<표 5-13>.

〈표 5-13〉 농식품부산물 자원화 사업 농식품부산물 확보 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
경증농가 및 가공업자에서 농식품부산물 확보	1. 농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움	36.3
	2. 농식품부산물 원료 구입비용의 상승	33.3
	3. 낮은 품질의 원료(농식품부산물) 반입	16.7
	4. 농식품부산물 원료가 연중 공급되지 않음	13.7
	5. 기타	0.0

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

축산농가의 TMR 사료 공급 시 애로사항은 ‘TMR 사료 품질에 대한 축산농가들의 부정적인 인식’, ‘TMR 사료의 낮은 판매단가’, ‘축산농가 자가 TMR 급여 또는 TMR 제조업체의 경쟁 심화로 TMR 공급처 확보의 어려움’을 1순위로 동등하게 응답하였다. 2순위는 ‘TMR 사료 유통 인력 및 장비 운영 비용’으로 나타났다 <표 5-14>.

〈표 5-14〉 농식품부산물 자원화 사업 TMR 사료공급 관련 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
축산농가에 TMR 사료공급	1. 축산농가 자가 TMR 급여 또는 TMR 제조업체의 경쟁 심화로 TMR 공급처 확보의 어려움	28.0
	2. TMR 사료의 낮은 판매단가	26.0
	3. TMR 사료 품질에 대한 축산 농가들의 부정적인 인식	24.0
	4. TMR 사료 유통 인력 및 장비 운영 비용	20.0
	5. 기타	2.0

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

〈표 5-15〉 농식품부산물 자원화 사업 운영상의 주요 애로사항

단위: %

항목	이유	비율
시설 설치 및 유지관리 측면 (인프라)	1. 초기 시설(TMR 배합기, 지게차, 창고 등) 설치를 위한 자부담 비용	34.0
	2. 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움	34.0
	3. 시설 설치 및 유지관리에 대한 정부 제도의 미비	16.0
	4. TMR 사료 제조업체들 간 경쟁 심화로 매출액 감소	16.0

(계속)

항목	이유	비율
시설 운영	1. 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)	47.1
	2. 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨	25.5
경종농가 및 가공업자에서 농식품부산물 확보	1. 농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움	36.3
	2. 농식품부산물 원료 구입비용의 상승	33.3
축산농가에 TMR 사료공급	1. 축산농가 자가 TMR 급여 또는 TMR제조업체의 경쟁 심화로 TMR 공급처 확보의 어려움	28.0
	2. TMR 사료의 낮은 판매단가	26.0

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화 사업 운영 주체의 인식 정도를 분석한 결과 ‘전혀 모른다’와 ‘모른다’, ‘보통이다’라고 응답한 비율이 41.2%로 ‘알고 있다(23.5%)’와 ‘잘 알고 있다(11.8%)’고 응답한 비율보다 높게 나타났다. 실제 설문조사 추진 과정에서 업체 방문, 전화통화에서 경축순환농업이 무엇인지 되묻는 경우가 많아 농식품부산물 자원화 사업체들은 경축순환농업에 대한 인지도가 낮은 것으로 파악되었다<표 5-16>.

<표 5-16> 경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화 사업 운영 주체의 인식 정도

단위: 명, %				
전혀 모른다	모른다	보통이다	알고 있다	잘 알고 있다
0 (0.0)	1 (5.9)	6 (35.3)	4 (23.5)	2 (11.8)

자료: 저자 작성.

경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화시설의 기여 정도와 관련된 인식은 ‘어느 정도 기여함’과 ‘매우 기여함’ 항목에 대한 응답비율이 70.0%로 높은 비중을 차지하였다. 한편, ‘전혀 기여하지 않음’과 ‘기여하지 않음’에 응답한 경우는 없는 것으로 나타나 대부분의 운영 주체가 농식품부산물 자원화시설이 경축순환농업에 대해 긍정적으로 기여하고 있다고 인식하는 것으로 파악되었다<표 5-17>.

〈표 5-17〉 경축순환농업에 대한 농식품부산물 자원화시설의 기여 정도

단위: 명, %

전혀 기여하지 않음	기여하지 않음	보통	어느 정도 기여함	매우 기여함
0 (0.0)	0 (0.0)	3 (30.0)	6 (60.0)	1 (10.0)

자료: 저자 작성.

경축순환농업 세부 효과에 대한 인식을 조사한 결과 대부분의 운영 주체가 모든 항목에서 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단하였음을 알 수 있었다. 특히, ‘환경친화적 축산물 생산 확대’, ‘토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선’ 항목에서 긍정적으로 응답한 비율이 모두 80% 이상으로 나타났다. 하지만 ‘축산 농가의 사료 비용 절감’과 ‘축산농가의 판매수입 증가’ 항목은 다른 항목에 비해 긍정적으로 응답한 비율은 40% 이하로 비교적 낮게 나타났다<표 5-18>.

〈표 5-18〉 경축순환농업의 세부 효과에 대한 농식품부산물 자원화 사업 운영 주체의 인식

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 배합사료 사용 대체	0 (0.0)	1 (10.0)	4 (40.0)	4 (40.0)	1 (1.0)
2. 축산 생산성 증대	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (40.0)	6 (60.0)	0 (0.0)
3. 환경친화적 축산물 생산 확대	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (20.0)	8 (80.0)	0 (0.0)
4. 토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (20.0)	7 (70.0)	1 (10.0)
5. 농식품부산물 처리비용 절감	0 (0.0)	1 (10.0)	3 (30.0)	6 (60.0)	0 (0.0)
6. 축산농가의 사료비용 절감	0 (0.0)	1 (10.0)	6 (60.0)	3 (30.0)	0 (0.0)
7. 축산농가의 판매수입 증가	0 (0.0)	1 (10.0)	5 (50.0)	4 (40.0)	0 (0.0)

자료: 저자 작성.

1.3. 사례지역 농업인 인식조사³²⁾

충남 서천군 기사면의 자원순환농업단지에 참여하는 전체 37농가를 대상으로 2020년 7월 20일부터 8월 3일까지 경축순환농업에 대한 인식을 설문조사 하였다.

총 37농가 중 경종농가 23농가, 축산농가 7농가였고 경종·축산 모두 하는 농가는 7농가로 나타났다. 응답 농가의 평균연령은 만 65세, 경종농가의 재배경력은 최소 2년에서 최대 60년으로 평균은 32년, 축산농가의 사육경력은 최소 10년에서 최대 45년으로 평균은 25년으로 나타났다.

경종농가의 공동퇴비사 퇴비이용 경력은 최소 2년에서 최대 15년으로 평균은 8년, 축산농가가 공동퇴비사에 가축분뇨를 처리한 연수를 보면 최소 5년에서 최대 15년으로 평균 9년으로 나타났다.

경종농가를 대상으로 자원순환농업단지에 참여한 이유와, 단지에서 생산한 퇴비를 사용하기 전과 이후의 논벼 생산에 관한 의견을 물었다. 경종농가가 자원순환농업단지에서 재배를 결심한 이유 중 1순위는 ‘고품질 농산물 생산 기대’가 33.3%로 가장 높게 나타났으며, 2순위로는 ‘농산물 생산량 증대’가 26.7%로 나타나 경종농가는 경축순환농업을 통해 농산물의 품질 및 수량 증대를 기대하고 있음을 확인할 수 있었다<표 5-19>. 이것은 경축순환농업이라는 구조의 변화가 있더라도 경종농가가 1차적으로 생산하는 주요 생산물의 품질과 수량을 우선 생각함을 보여준다. 그리고 ‘지역 환경질 개선의 필요(약취, 수질 등)’가 세 번째로 높은 이유로 선택되어 작물생산 이외에도 환경적 요인이 경축순환농업에 참여하게 만든 이유임을 반영한다. ‘기타’(2.2%) 의견으로는 ‘토지의 질 향상 기대’가 있었다.

32) 농업인 인식조사는 설문조사 전문업체 리서치앤리서치를 통해 이루어졌다.

〈표 5-19〉 경종농가가 자원순환농업단지에서 재배를 결심한 이유

단위: %	
이유	비율
1. 고품질 농산물 생산 기대	33.3
2. 농산물 생산량 증대 기대	26.7
3. 지역 환경질 개선의 필요(약취, 수질 등)	13.3
4. 고품질 유기질비료 투입 가능	11.1
5. 퇴비 생산·구입·투입 관련 노동 및 비용 절감	7.8
6. 축산농가 및 지역 주민과의 관계 개선	5.6
7. 기타	2.2

주: 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

자원순환농업단지 참여 이후 개선된 항목별로 개선된 정도에 대해 질문하였다. 경종농가들은 모든 항목에서 자원순환농업단지 이후 긍정적으로 개선되었다고 응답하였으며 특히, ‘농산물 품질이 좋아짐’과 ‘퇴비 생산·구입·투입 노동 및 비용이 절감됨’ 항목에서 긍정적으로 응답한 비율이 80% 비율로 높게 나타났다. 모든 항목이 긍정적인 비율이 70% 이상으로 많았으나 ‘농산물 생산량 많아짐’은 60% 대로 다른 항목에 비해서 긍정적인 비율이 비교적 낮게 나타났다<표 5-20>.

앞서 자원순환농업단지 참여 이유와 비교해 볼 때, 경종농가의 기대에 비해 농산물 생산량 증대에 관한 체감도는 상대적으로 낮다고 볼 수 있다. 그러나 고품질 농산물 생산에 대해서는 개선 정도에 대해 긍정적으로 응답한 비율이 가장 높아 자원순환농업단지 참여 이유와 실제 체감도의 우선순위가 일치한다. 추후 정량적인 분석이 보완되어야 하는 부분이지만, 서천에서는 지역 가축분뇨 퇴비 활용이 벼 수량보다 품질을 높이는 것에 더 영향을 주었을 가능성이 크다. 그리고 퇴비 생산·구입·투입 관련 노동 및 비용 절감에 관한 부분은 경종농가의 기대에 비해 실제 체감도가 높은 것으로 보인다. 그러나 실제 퇴비 제작과 살포를 담당하는 자원순환영농조합법인에서는 지자체 및 축협 지원금 없이 살포작업의 어려움을 겪고 있어 향후 퇴비 제작과 살포의 비용부담 혹은 지원에 관한 논의가 필요함을 시사한다.

〈표 5-20〉 자원순환농업단지 이용 이후 개선된 항목에 관한 경종농가 인식

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 지역 환경질이 개선됨(악취, 수질 등)	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (26.7)	11 (36.7)	11 (36.7)
2. 농산물 품질이 좋아짐	1 (3.3)	1 (3.3)	3 (10.0)	11 (36.7)	14 (46.7)
3. 농산물 생산량이 많아짐	1 (3.3)	2 (6.7)	8 (26.7)	7 (23.3)	12 (40.0)
4. 고품질 유기질비료를 투입함	1 (3.3)	0 (0.0)	7 (23.3)	9 (30.0)	13 (43.3)
5. 퇴비 생산·구입·투입 노동 및 비용이 절감됨	1 (3.3)	0 (0.0)	5 (16.7)	13 (43.3)	11 (36.7)
6. 축산농가 및 지역 주민과 관계가 개선됨	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (23.3)	12 (40.0)	11 (36.7)
7. 기타	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.3)	0 (0.0)

주: 기타에 관한 세부 의견을 질문하였으나 응답은 하지 않음.

자료: 저자 작성.

축산농가를 대상으로 자원순환농업단지에 분뇨를 공급한 이유와 공급 전후 변화에 관해 물었다. 축산농가가 자원순환농업단지에 분뇨를 공급한 이유 중 1순위는 ‘지역 내 환경 질 개선(악취 수질 등)’이 45.2%로 가장 높게 나타났으며, 2순위로는 ‘가축분뇨 처리에 필요한 노동 및 비용 절감 기대’가 28.6%로 나타났다. 경종농가와 달리 오염원인 가축분뇨를 배출하는 주체이므로 1차 축산물 생산보다 환경부하에 더 큰 비중을 두고 경축순환을 실천하고 있음을 알 수 있다. 자원순환농업단지로부터 공급될 조사료에 대해선 수량보다 품질에 더 많은 관심을 가지는 것으로 나타났으며, 축산물 품질개선에 대한 기대는 없는 것으로 나타났다<표 5-21>.

〈표 5-21〉 축산농가가 자원순환농업단지에서 재배를 결심한 이유

단위: %

이유	비율
1. 지역 내 환경질 개선(악취, 수질 등)	45.2
2. 가축분뇨 처리에 필요한 노동 및 비용 절감 기대	28.6
3. 단지에서 생산된 양질 조사료 및 볏짚 수령 기대	11.9
4. 경종농가 및 지역 주민과의 관계 개선	7.1

(계속)

이유	비율
5. 축산물 생산량 증대 기대	4.8
6. 단지에서 생산된 값싼 조사료 및 볏짚 수령 기대	2.4
7. 고품질 축산물 생산 기대	0.0
8. 기타	0.0

주 1) 기타에 관한 세부 의견을 질문하였으나 응답은 하지 않음.

2) 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.
자료: 저자 작성.

축산농가에 자원순환농업단지 이용 이후 개선된 항목에 대해 모두 긍정적으로 응답하였으며 부정적인 응답은 없었다. ‘축산물 생산량이 많아짐’(64.3%)과 ‘값싼 조사료 및 볏짚 이용’(78.6%)을 제외한 항목에서 긍정적이라고 응답한 비율이 90% 이상으로 나타났다<표 5-22>.

축산농가의 경우, 기대치가 상대적으로 낮았던 축산물 생산량 증대나 단지에서 생산된 값싼 조사료 및 볏짚 수령 부분은 긍정에 대한 비율도 상대적으로 낮게 나왔다. 고품질 축산물 생산에 관한 부분은 기대치는 비율이 0으로 조사되었으나, 실제 자원순환농업단지 참여 이후 고품질 축산물 생산에 관한 긍정이 93%로 나타났다. 경종농가의 경우와 마찬가지로 추후 정량적 분석이 보완되어야 할 부분이지만, 서천에서는 지역 내 생산된 조사료 및 볏짚을 활용하였을 경우 축산물 품질이 높아질 가능성이 높다고 보인다.

<표 5-22> 자원순환농업단지 이용 이후 개선된 항목에 관한 축산농가 인식

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 지역 환경질이 개선됨(악취, 수질 등)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)
2. 축산물 품질이 좋아짐	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	6 (42.9)	7 (50.0)
3. 축산물 생산량이 많아짐	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (35.7)	4 (28.6)	5 (35.7)

(계속)

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
4. 가축분뇨 처리에 필요한 노동 및 비용이 줄어듦	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	7 (50.0)	6 (42.9)
5. 경종농가 및 지역 주민과의 관계가 개선됨	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.1)	5 (35.7)	8 (57.1)
6. 양질 조사료 및 볏짚 이용	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (14.3)	4 (28.6)	8 (57.1)
7. 값싼 조사료 및 볏짚 이용	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (21.4)	4 (28.6)	7 (50.0)
8. 기타	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

주: 기타에 관한 세부 의견을 질문하였으나 응답은 하지 않음.

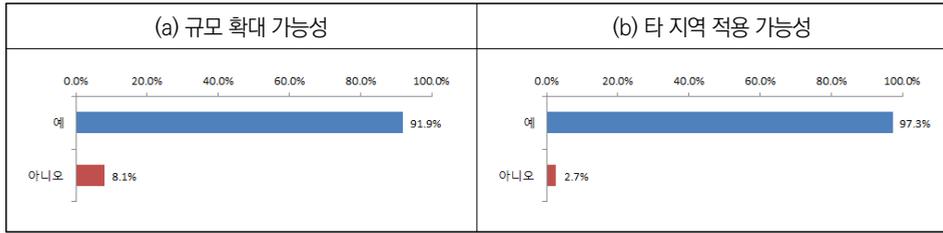
자료: 저자 작성.

경종농가와 축산농가 구분 없이 모든 농가에 지역 경축순환 인식 정도를 조사하고자 현재 자원순환농업단지 확대 가능성, 애로사항, 다른 지역 적용 가능성, 지역 내 기여도에 관해 물었다. 자원순환단지의 확대 가능성에 91.9%의 농가가 규모 확대 가능성에 대해 긍정적이라고 응답하였다<그림 5-1-a>. 실제 현장 면담에서도 자원순환영농조합법인의 퇴비 제작 및 살포에 관한 적자가 애로사항으로 지적되지만, 고품질의 퇴비를 사용할 수 있다면 경종농가의 수요는 늘어날 것으로 예측되었다. 이것은 퇴비 제작 및 살포 주체의 경영안정성이 확보된다면 경축순환 규모가 커질 수 있음을 시사한다.

농가 설문에서, 현재 자원순환농업단지 규모 확대 가능성에 대해 부정적으로 응답한 이유는 ‘중앙정부의 지원 부족’, ‘지자체의 지원 및 관심 부족’, ‘공급·수요의 불균형’, ‘참여농가의 적극성 부족’, ‘후보 농지 부족’이 있었으나, 소수의 의견이었다.

자원순환농업단지의 서천 이외 타 지역에서의 적용 가능성을 물었을 때 대부분이 긍정적(97.3%)으로 응답하여 참여 농가들이 타 지역 적용 가능성에 대해 높게 평가하고 있다고 나타났다<그림 5-1-b>. 이것은 서천 지역과 같이 한우농가와 벼 및 조사료 재배농가의 적절한 규모를 확정하고 연결할 경우, 경축순환이 이루어질 수 있다는 점에 대해 현장 농가가 긍정적으로 생각함을 보여준다.

〈그림 5-1〉 자원순환농업단지의 규모 확대 가능성 및 타 지역 적용 가능성



자료: 저자 작성.

자원순환농업단지에서 현행 경축순환 추진 시 느끼는 애로사항에 대해서는 ‘지자체의 지원 및 관심 부족’(35.1%), ‘중앙정부의 지원 및 관심 부족’(34.2%)이 각각 1순위, 2순위로 나타나 정부 지원에 대한 수요가 높은 것으로 분석되었다. 이것은 앞서 언급했듯이 자원순환영농조합법인에서 퇴비 제작 및 살포비용 확보에 어려움을 겪고 있기 때문으로 보인다. 또한 앞서 자원순환농업단지 규모 확대가 가능하다고 대다수가 응답한 것에 비추어 볼 때, ‘비참여 농가의 협조 및 관심 부족’(18.9%)에 관한 부분은 기존 자원순환농업단지에서 이루어지는 경축순환 유형에 관한 지역 내 인지도가 높아지는 것이 선행되어야 함을 시사한다.

〈표 5-23〉 자원순환농업단지 내 경축순환농업 추진 애로사항

이유	비율
1. 지자체의 지원 및 관심 부족	35.1
2. 중앙정부의 지원 및 관심 부족	34.2
3. 비참여 농가의 협조 및 관심 부족	18.9
4. 공급과 수요가 균형 상태이므로 증감이 어려운 상태	11.7
5. 기타	0.0

주 1) 기타에 관한 세부 의견을 질문하였으나 응답은 하지 않음.

2) 1순위, 2순위 응답 비율에 가중치를 부여하여 산정함. 1순위에 2점, 2순위에 1점을 곱한 후 합산함.

자료: 저자 작성.

자원순환농업단지의 지역 내 기여도와 관련해서는, 설문에서 제시된 모든 항목에서 긍정적 응답 비율이 높았다. ‘공동체 구성과 참여를 활성화시킨다’에 긍정적으로 응답한 비율이 89.1%로 높게 나타났으며, 다음으로 ‘농축산업 작업환경 안

전에 기여한다'가 75.6%로 나타났다. 상대적으로 '지역 고용 안전에 기여한다'는 항목의 긍정적인 응답 비율은 60%대로 다른 항목에 비해 낮은 응답률을 보였다 <표 5-24>. 이것은 서천 자원순환농업단지 참여 농가가 지역 내 경축순환농업이 경종농가 및 축산농가의 생산물의 품질을 높이고 지역 내 공동체 의식 제고에 기여하였다는 것에 동의하지만, 추가적인 일자리를 만들거나 고용률을 높이는 것은 상대적으로 적게 동의하는 것을 보여준다.

〈표 5-24〉 자원순환농업단지의 지역 내 기여도

단위: 명, %

항목	매우 부정	부정	보통	긍정	매우 긍정
1. 지역 고용 안전에 기여한다	0 (0.0)	2 (5.4)	10 (27.0)	11 (29.7)	14 (37.8)
2. 농축산업 작업환경 안전에 기여한다	1 (2.7)	0 (0.0)	8 (21.6)	15 (40.5)	13 (35.1)
3. 농축산부산물 거래를 투명하게 만든다	0 (0.0)	1 (2.7)	11 (29.7)	15 (40.5)	10 (27.0)
4. 지역 거주민의 삶의 질을 향상시킨다	0 (0.0)	1 (2.7)	9 (24.3)	13 (35.1)	14 (37.8)
5. 공동체 구성과 참여를 활성화시킨다	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (10.8)	15 (40.5)	18 (48.6)

자료: 저자 작성.

1.4. 시사점

가축분뇨 공동자원화 시설 운영주체 설문조사 결과를 종합해보면, 가축분뇨 공동자원화시설 운영 주체는 경축순환농업에 대해 매우 잘 인지하고 있는 것으로 나타났다으며, 경축순환농업이 환경적인 측면에서뿐만 아니라 비용 절감과 관련된 경제적 측면에서도 긍정적인 역할을 하는 것으로 인식하였다.

그러나 가축분뇨 자원화 사업성과에 대한 의견을 살펴보면 가축분뇨 처리 축산농가의 만족도, 퇴·액비 이용 경종농가의 만족도, 환경 보전 효과, 작물 재배 여건

개선 항목에서는 성과에 대한 긍정적인 의견이 제시되었으나, 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득 항목에서는 부정적인 의견이 긍정적인 의견보다 많아 자원화 사업 경제성 개선을 위한 방안을 모색해야 할 것으로 보인다.

한편, 가축분뇨 공동자원화시설 운영과 관련된 애로사항에서는 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보, 낮은 수익성, 분뇨수거료 인상의 어려움, 퇴·액비 수요의 계절성 등에 대한 응답이 높게 나타나 분뇨수거료의 현실화 및 수요처의 다변화, 수급 조절을 위한 시스템을 활용하는 등 수요의 계절성을 해소하기 위한 방안 마련이 요구된다. 또한, 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비와 같은 제도적 측면과 관련된 항목에서의 응답 비중이 높았던 만큼 환경부 등 유관기관과의 협조를 통한 제도 보완이 필요하다.

농식품부산물 자원화시설 운영주체 설문조사를 종합해보면, 농식품부산물 자원화시설 운영 주체는 경축순환농업에 대한 인지도는 낮지만 경축순환농업에 긍정적으로 기여하고 있다고 인식하고 있었다.

농식품부산물 자원화 사업 성과에 대한 의견을 살펴보면 대부분 부정적인 의견보다 긍정적인 의견이 더 많이 나타났다. 특히, ‘배합사료 대체를 통한 환경 보전 효과가 있다’와 ‘TMR 사료 이용을 통해 가축 사육 여건이 개선된다’ 항목에 긍정적으로 응답한 비율이 60% 이상 높게 나타났다.

농식품부산물 자원화 사업 운영과 관련된 애로사항에서는 ‘초기 시설(TMR 배합기, 지게차, 창고 등) 설치를 위한 자부담 비용’, ‘농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)’, ‘농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움’, ‘TMR 사료 품질에 대한 축산농가들의 부정적인 인식’, ‘TMR 사료의 낮은 판매단가’, ‘축산농가 자가 TMR 급여 또는 TMR 제조업체의 경쟁 심화로 TMR 공급처 확보의 어려움’에 대한 응답이 높게 나타났다.

사례지역의 자원순환농단지에 참여하는 농업인을 대상으로 경축순환 인식에 대해 조사한 결과 대부분 긍정적으로 경축순환에 대해 인식하고 있는 것으로 나타났다.

자원순환농업단지 참여에 관한 기대를 살펴보면, 경종농가와 축산농가가 각각

지향하는 부분은 다르게 나타났다. 경종농가는 자원순환농업단지에 참여하기 전 ‘고품질 농산물 생산’과 ‘농산물 생산량 증대’, 즉 생산성 개선을 기대하며 사업에 참여하였다고 응답하였으나, 축산농가는 축산물 품질과 생산량에 대한 기대는 낮았고 ‘지역 내 환경질 개선’과 ‘가축분뇨 처리에 필요한 노동 및 비용 절감’에 긍정적으로 응답해 환경개선과 비용절감을 기대하며 사업에 참여한 것으로 나타났다.

실제 자원순환농업단지 참여 전후 개선 정도를 비교할 때는 기대치와 부합하는 부분과 그렇지 않은 부분이 있었으나, 경종농가 및 축산농가의 생산물의 품질을 높였다는 점에서는 대부분 긍정적으로 응답하였다.

그리고 자원순환농업단지에 참여하는 모든 농가를 대상으로 본인들이 참여하는 사업의 확대 가능성과 타 지역 적용 가능성에 대해서 가능하다고 응답한 비율이 높게 나타나 퇴비 제작 및 살포의 경영 안정성 확보 이후 동일 유형의 경축순환농업단지의 확대 및 신설의 가능성을 보여주었다.

경축순환농업의 지역 내 기여도에서는 공동체 구성과 활성화, 농축산업 작업환경 안전 기여에 가장 긍정적으로 응답하여 경종농가와 축산농가를 연계한 순환농업이 지역 활성화에 기여하고, 작업 안전성을 높일 가능성이 큼을 시사하였다.

2. 전문가 인식조사³³⁾

2.1. 분석방법

경축순환농업의 저해 요인을 분석하기 위해 관련 업계 전문가들을 대상으로 계층화분석과정(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 이용하였다. 계층화분석과정은 요인별 중요도를 체계적으로 나누어 파악해 의사결정자의 우선순위를 객관적·주관적 요소와 정량적·정성적 요소도 고려하여 평가할 수 있는 장점이 있다.

33) 전문가 인식조사는 설문조사 전문업체 리서치앤리서치를 통해 이루어졌다.

2.2. 계층화 및 자료

AHP 분석을 위해 경축순환농업의 저해 요인을 대·중·소분류로 나누어 연구진 회의와 전문가 자문을 통해 요소들을 계층화하였다. 대분류는 3가지 요소로 ‘가축 분뇨 퇴·액비화’, ‘농식품부산물물의 사료화’, ‘국내산 조사료 생산 및 이용’으로 구성하였다. 중분류는 ‘가축분뇨 퇴·액비화’와 ‘농식품부산물물의 사료화’의 구성요소로 4가지 ‘경제적 요인’, ‘법·제도적 요인’, ‘기술적 요인’, ‘사회적 요인’으로 구성하였고, ‘국내산 조사료 생산 및 이용’의 구성요소로 2가지 ‘경제적 요인’, ‘기술적 요인’으로 구성했다. 소분류는 각 중분류의 구성요소를 3~5가지로 구성하였다. 종합적인 계층화한 표는 다음<표 5-25>와 같다.

<표 5-25> 경축순환농업 저해 요인의 계층표

대분류	중분류	소분류
가축분뇨 퇴·액비화	경제적 요인	·자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼
		·낮은 퇴액비 판매 수입
		·자원화시설의 높은 운영 비용
		·자원화시설 고용인력 확보의 어려움
		·화학비료보다 비싼 퇴비 가격
	법제도적 요인	·친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함
		·퇴액비 비료성분 표시 미흡
		·가축분뇨처리 관련 규제의 잦은 변화
		·「가축분뇨법」에서 퇴액비유통합의체의 구성 및 운영이 의무화되지 않음
		·액비 관련 염분 및 중금속 기준 미흡
	기술적 요인	·부속도 제고 기술 미흡
		·악취 제거 기술 미흡
		·염분 및 중금속 처리 기술 부족
		·퇴액비 비료성분 표시를 위한 기술 부족
		·경종농가의 퇴액비 사용편의성(운반, 살포) 부족
	사회적 요인	·자원화시설 유치 관련 민원 발생
		·퇴액비 사용 관련 민원 발생(악취 등)
		·퇴액비 사용에 관한 경종농가의 부정적 인식
		·퇴액비 재배 농산물에 관한 소비자의 부정적 인식

(계속)

대분류	중분류	소분류
농식품 부산물물의 사료화	경제적 요인	·사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼
		·농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)
		·사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨
		·농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음
	법제도적 요인	·농식품부산물(농산부산물, 식품가공부산물)이 「폐기물관리법」에서 관리됨
		·농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우 '폐기물처리업 및 폐기물처리신고' 등 법적 절차 존재
		·부산물사료유통협의체 구성 및 운영이 법령으로 의무화되지 않음
		·농식품부산물을 원료로 사용한 사료기준 미흡
	기술적 요인	·농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족
		·농식품부산물 이용 사료에 대한 사양관리 프로그램 미비
		·시중 배합사료 대비 사료급여(운반, 보관, 급여)의 편의성 부족
		·계절에 따른 농식품부산물 발생량 변동에 따른 원료 수급의 불안정
	사회적 요인	·농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식
·농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식		
·농식품부산물 재활용의 필요성에 관한 낮은 인식		
국내산 조사료 생산 및 이용	경제적 요인	·국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음
		·연중 공급능력 부족으로 장기보관비용 발생
		·생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음
		·품질 측면에서 국내산 조사료보다 수입 조사료 선호
	기술적 요인	·국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족
		·벼 이앙시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡
		·기후변화에 대응한 재배기술 및 품종개발 미흡
		·작부체계 보급 및 재배 기술지원 부족

자료: 저자 작성.

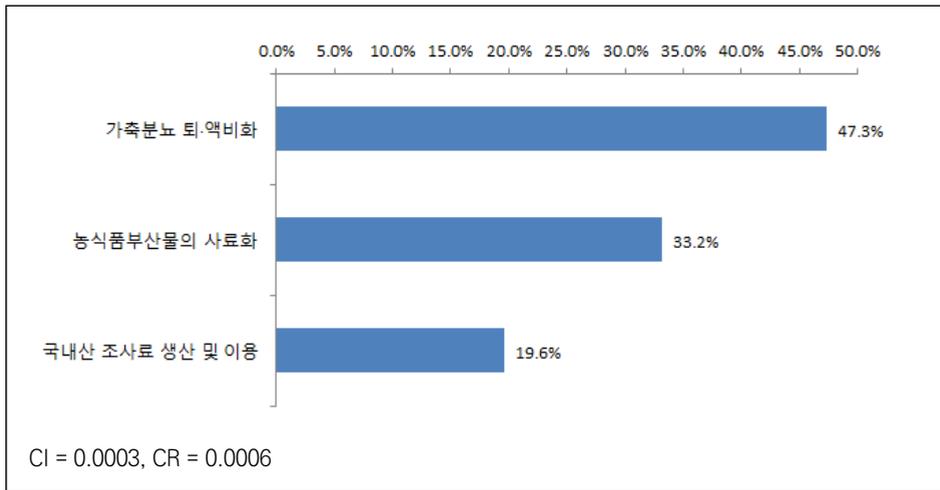
분석에 사용된 자료는 관련 전문가 35명을 대상으로 한 설문조사 결과를 사용하였다. 설문조사는 2020년 9월 7일부터 9월 18일까지 온라인을 통해 응답을 받았다.

2.3. 분석결과

2.3.1. 대분류 구성요소의 중요도

대분류는 3가지 요소로 ‘가축분뇨 퇴·액비화’, ‘농식품부산물물의 사료화’, ‘국내산 조사료 생산 및 이용’으로 구성했다. 분석결과 대분류 구성요소 중요도는 ‘가축분뇨 퇴·액비화’(47.3%), ‘농식품부산물물의 사료화’(33.2%), ‘국내산 조사료 생산 및 이용’(19.6%)으로 분석되었다. 일관성 지수인 CI 값은 0.0003, 일관성 비율인 CR 값은 0.0006으로 나타나 합리적 일관성을 유지하는 것으로 나타났다<그림 5-2>. 이는 전문가들이 경축순환농업의 저해 요인으로 ‘가축분뇨 퇴·액비화’를 1순위로 생각하고 있으며, 경축순환 농업활성화를 위해선 저해 요인 중 ‘가축분뇨 퇴·액비화’ 문제해결이 선행되어야 하는 것으로 볼 수 있다.

〈그림 5-2〉 경축순환농업 저해 요인 대분류 구성요소의 중요도



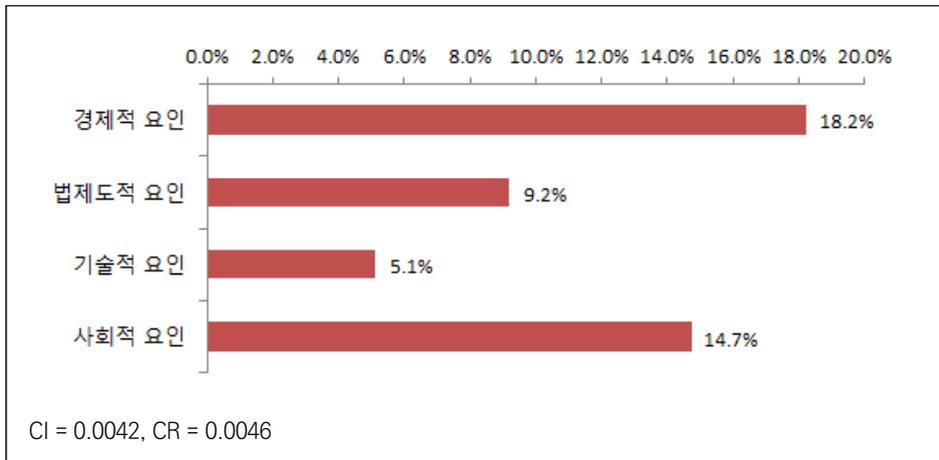
자료: 저자 작성.

2.3.2. 중분류 구성요소의 중요도

중분류는 ‘가축분뇨 퇴·액비화’와 ‘농식품부산물물의 사료화’의 구성요소로 4가지 ‘경제적 요인’, ‘법·제도적 요인’, ‘기술적 요인’, ‘사회적 요인’으로 구성되었으며, ‘국내산 조사료 생산 및 이용’만 구성요소로 2가지 ‘경제적 요인’, ‘기술적 요인’으로 구성했다. 각 대분류의 구성요소를 이루는 중분류 2~4가지 요인의 중요도를 분석하였다.

‘가축분뇨 퇴·액비화’의 중분류 구성요소 중요도는 ‘경제적 요인’(18.2%), ‘법·제도적 요인’(9.2%), ‘기술적 요인’(5.1%), ‘사회적 요인’(14.7%)으로 나타났다. 일관성 지수인 CI 값은 0.0042, 일관성 비율인 CR 값은 0.0046으로 나타나 합리적 일관성을 유지하는 것으로 분석되었다<그림 5-3>. 이는 경축순환농업의 저해 요인 중 하나인 ‘가축분뇨 퇴·액비화’ 부문에서 ‘경제적 요인’이 저해 요인 중 가장 큰 중요도를 가지며, ‘사회적 요인’, ‘법·제도적 요인’, ‘기술적 요인’ 순으로 중요하다고 볼 수 있다.

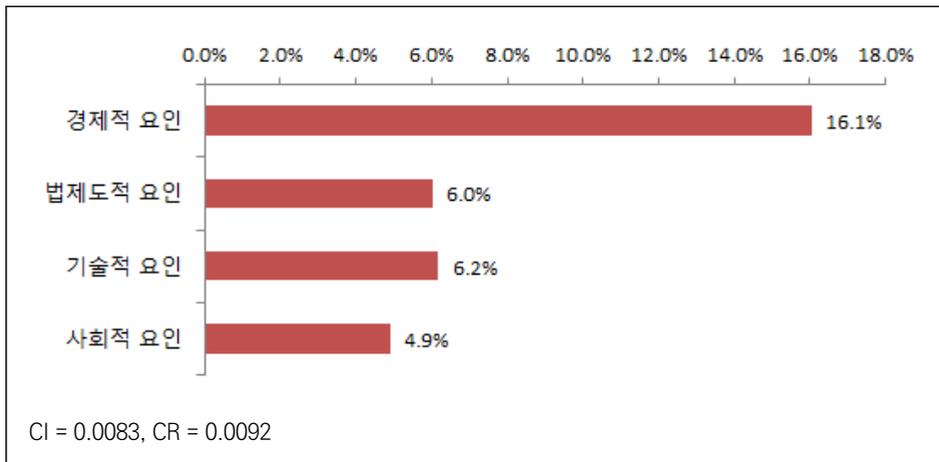
<그림 5-3> ‘가축분뇨 퇴·액비화’의 중분류 구성요소의 중요도



자료: 저자 작성.

‘농식품부산물물의 사료화’의 중분류 구성요소 중요도는 ‘경제적 요인’(16.1%), ‘법·제도적 요인’(6.0%), ‘기술적 요인’(6.2%), ‘사회적 요인’(4.9%)으로 나타났다. 일관성 지수인 CI 값은 0.0083, 일관성 비율인 CR 값은 0.0092로 나타나 합리적 일관성을 유지하는 것으로 분석되었다<그림 5-4>. 이는 경축순환농업의 저해 요인 중 하나인 ‘농식품부산물물의 사료화’ 부문에서 ‘경제적 요인’이 저해 요인 중 가장 큰 중요도를 가지며 그다음으로 ‘기술적 요인’, ‘법·제도적 요인’, ‘사회적 요인’ 순으로 분석되었다.

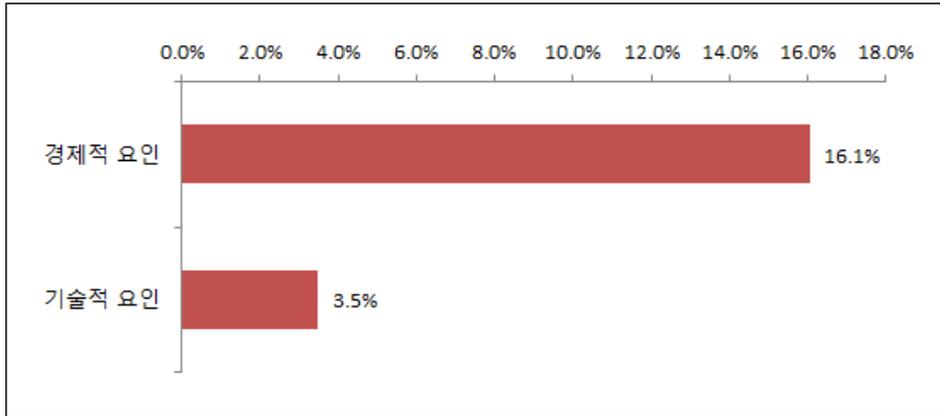
<그림 5-4> ‘농식품부산물물의 사료화’의 중분류 구성요소의 중요도



자료: 저자 작성.

‘국내산 조사료 생산 및 이용’의 중분류 구성요소 중요도는 ‘경제적 요인’(16.1%), ‘기술적 요인’(3.5%)으로 나타났다<그림 5-5>. 이는 경축순환농업의 저해 요인 중 하나인 ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 부문에서 ‘경제적 요인’이 저해 요인 중 가장 큰 중요도를 가지며 그다음으로 ‘기술적 요인’이 중요하다고 볼 수 있다.

〈그림 5-5〉 ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 중분류의 구성요소의 중요도



자료: 저자 작성.

2.3.3. 소분류 구성요소의 중요도

소분류는 각 중분류의 구성요소로 3~5가지 애로사항들로 구성했으며, 분석 결과는 다음 <표 5-26>과 같다. ‘가축분뇨 퇴·액비화’의 구성요소 중 ‘경제적 요인’에선 ‘자원화 시설의 높은 운영 비용’(3.9%)이 1순위로 나타났으며 ‘법·제도 요인’에서는 ‘친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함’(2.4%)이 1순위로 나타남. ‘기술적 요인’에선 ‘염분 및 중금속 처리 기술 부족’(1.2%), ‘사회적 요인’은 ‘자원화 시설 유치 관련 민원 발생’(4.8%)이 각각 요인의 1순위로 분석되었다.

‘농식품부산물의 사료화’의 구성요소 중 ‘경제적 요인’에선 ‘사료화를 위한 초기 투자 비용이 큼’(4.6%)이 1순위로 나타났으며 ‘법·제도 요인’에서는 ‘농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우, ‘폐기물처리업 및 폐기물처리신고’ 등 법적 절차 존재’(1.8%)가 1순위로 나타났다. ‘기술적 요인’에선 ‘시중 배합사료 대비 사료급여의 편의성 부족’(1.8%), ‘사회적 요인’은 ‘농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식’(1.9%)이 각각 요인의 1순위로 분석되었다.

‘국내산 조사료 생산 및 이용’의 구성요소 중 ‘경제적 요인’에선 ‘국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음’(4.9%)이 1순위로 나타났으며 ‘기술적 요인’에선 ‘벼 이앙 시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡’(0.9%)이 1순위로 분석되었다.

〈표 5-26〉 경축순환농업 저해 요인 소분류의 중요도

대분류	중분류	소분류		
		예로사항	중요도	순위
가축분뇨 퇴·액비화	경제적 요인	·자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼	3.9%	2
		·낮은 퇴액비 판매 수입	3.8%	3
		·자원화시설의 높은 운영 비용	4.0%	1
		·자원화시설 고용인력 확보의 어려움	3.5%	4
		·화학비료보다 비싼 퇴비 가격	3.1%	5
	법·제도적 요인	·친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함	2.4%	1
		·퇴액비 비료성분 표시 미흡	1.7%	3
		·가축분뇨처리 관련 규제의 잦은 변화	2.1%	2
		·「가축분뇨법」에서 퇴액비유통협의체의 구성 및 운영이 의무화 되지 않음	1.6%	4
		·액비 관련 염분 및 중금속 기준 미흡	1.4%	5
	기술적 요인	·부숙도 제고 기술 미흡	0.9%	4
		·악취 제거 기술 미흡	1.1%	2
		·염분 및 중금속 처리 기술 부족	1.2%	1
		·퇴액비 비료성분 표시를 위한 기술 부족	1.0%	3
		·경종농가의 퇴·액비 사용편의성(운반, 살포) 부족	0.9%	5
	사회적 요인	·자원화시설 유치 관련 민원 발생	4.8%	1
		·퇴액비 사용 관련 민원 발생(악취 등)	4.2%	2
		·퇴액비 사용에 관한 경종농가의 부정적 인식	3.9%	3
		·퇴액비 재배 농산물에 관한 소비자의 부정적 인식	1.7%	4
	농식품 부산물의 사료화	경제적 요인	·사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼	4.6%
·농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)			4.5%	2
·사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨			3.9%	3
·농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음			3.0%	4
법·제도적 요인		·농식품부산물(농산부산물, 식품가공부산물)이 「폐기물관리법」 에서 관리됨	1.6%	2
		·농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우 '폐기물처리업 및 폐기 물처리신고' 등 법적 절차 존재	1.8%	1
		·부산물사료유통협의체 구성 및 운영이 법령으로 의무화되지 않음	1.4%	3
		·농식품부산물을 원료로 사용한 사료기준 미흡	1.3%	4
기술적 요인		·농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족	1.4%	4
		·농식품부산물 이용 사료에 대한 사양관리 프로그램 미비	1.5%	2
		·시중 배합사료 대비 사료급여(운반, 보관, 급여)의 편의성 부족	1.8%	1
		·계절에 따른 농식품부산물 발생량 변동에 따른 원료 수급의 불 안정	1.4%	3

(계속)

대분류	중분류	소분류		
		애로사항	중요도	순위
농식품 부산물의 사료화	사회적 요인	·농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식	1.4%	3
		·농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식	1.9%	1
		·농식품부산물 재활용의 필요성에 관한 낮은 인식	1.6%	2
국내산 조사료 생산 및 이용	경제적 요인	·국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음	4.9%	1
		·연중 공급 능력 부족으로 장기보관비용 발생	3.9%	2
		·생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음	3.8%	3
		·품질측면에서 국내산 조사료보다 수입 조사료 선호	3.5%	4
	기술적 요인	·국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족	0.9%	2
		·벼 이앙시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡	0.9%	1
		·기후변화에 대응한 재배기술 및 품종개발 미흡	0.8%	4
		·작부체계 보급 및 재배 기술지원 부족	0.9%	3

자료: 저자 작성.

2.4. 시사점

전문가들을 대상으로 ‘가축분뇨 퇴·액비화’, ‘농식품부산물의 사료화’, ‘국내산 조사료 생산 및 이용’에 대해서 ‘경제적 요인’, ‘법·제도적 요인’, ‘기술적 요인’, ‘사회적 요인’에 대해 저해도를 질문(국내산 조사료 생산 및 이용의 경우 경제적 요인과 기술적 요인에 대해서만 질문함)한 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인의 저해도가 18.2%로 가장 높았고, 농식품부산물의 사료화의 경제적 요인과 국내산 조사료 생산 및 이용의 경제적 요인이 16.1%, 그리고 가축분뇨 퇴·액비화의 사회적 요인이 14.7%로 그다음을 이었다.

가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인에선 ‘자원화 시설의 높은 운영 비용’이 1순위로, ‘자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼’이 2순위로 나타났으며, 농식품부산물의 사료화의 경제적 요인에선 ‘사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼’이 1순위로, ‘농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)’이 2순위로 나타났다. 또 국내산 조사료 생산 및 이용의 경제적 요인에선 ‘국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음’이 1순위로, ‘연중 공급능력 부족으

로 장기보관비용 발생'이 2순위로 나타났다. 마지막으로 가축분뇨 퇴·액비화의 사회적 요인에선 '자원화 시설 유치 관련 민원 발생'이 1순위로, '퇴·액비 사용 관련 민원 발생(악취 등)'이 2순위로 각각 나타났다.

경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 전문가들의 인식을 기초로 저해도가 높은 요인에 대해 정책적인 노력을 통해 저해도를 낮추는 노력이 필요하다. 예를 들어 가축분뇨 퇴·액비화 시설의 운영 비용을 지원해주거나 가축분뇨 퇴·액비화와 농식품부산물 사료화의 초기 투자 비용에 대한 지원을 확대해 주는 노력이 필요하다. 또한 농식품부산물 원료 확보 비용을 낮추기 위해 정보 공유를 위한 플랫폼을 구축하는 방안을 검토할 수 있으며, 가축분뇨 퇴·액비화 시설 유치 관련 민원 발생을 줄이기 위해 악취 발생을 저감시킬 수 있는 기술개발을 검토할 수 있다.

제6장

**주요국 경축순환농업
정책추진 현황**

주요국 경축순환농업 정책추진 현황

1. 일본³⁴⁾

1.1. 정책추진 배경 및 관련 정책 현황

일본에서 경축순환³⁵⁾ 농업 관련 정책을 추진하게 된 배경은 크게 환경적 측면, 산업적 측면으로 요약할 수 있다. 환경적 측면에서는 가축분뇨의 퇴비화를 중심으로 경축순환 농업이 논의되어 왔다. 농업 분야가 환경에 미치는 악영향을 최소화하면서 지속가능한 농업을 목표로 하는 순환형 농업이 친환경 농업의 일부를 구성하는 형태로 대두되었다. 특히 축산업의 가축분뇨로부터 야기되는 악취, 수질 오염, 해충 등의 피해를 저감할 수 있는 방안의 하나로 분뇨의 퇴비화가 거론되었으며, 이에 대한 논의는 자연스럽게 경축순환 농업으로 확장되었다. 경종 부문에서도 지력의 유지 및 향상을 위해 화학비료의 대체품을 요구하게 되면서 가축분뇨를 활용하는 방안이 활발하게 논의되기 시작했다. 산업적 측면에서는 사료 수급

34) 일본 사례는 한국마사회 조현경 박사에게 원고 위탁한 결과물을 요약정리한 것임.

35) 일본에서는 경축순환이라는 용어 대신 경축연계(耕畜連携)라는 용어를 사용하는데 이는 순환보다 완화된 형태인 경축 간 일방적인 연계도 포함함.

안정화 및 주식용 쌀 공급과잉 해소 등을 목표로 한 작물의 사료화를 중심으로 경축순환 농업이 논의되었다. 일본의 축산업은 우리나라와 유사하게 상대적으로 저렴한 수입 사료를 바탕으로 성장해왔으나, 2006년 이후 수입 사료의 가격이 급등하면서 안정적인 수급이 어려워지자 저조한 사료 자급률을 제고시킬 수 있는 대안 마련이 필요했다. 최근에는 다시 사료 가격이 안정세에 접어들었으나 위기의식은 계속되어 2025년 사료 자급률 목표 40%를 달성하기 위한 정책이 꾸준히 시행 중이다. 또한, 쌀의 과잉 생산이 오래전부터 문제였으며 이를 해결하기 위해 논의하고 다양한 활용 방안을 모색해왔다.

1.1.1. 환경부하 경감형 낙농경영 지원 사업 (에코낙(酪) 사업)

환경적 측면 정책의 대표적인 예로 낙농에서 기인하는 환경부하를 목표로 하는 ‘환경부하 경감형 낙농경영 지원사업(에코낙(酪) 사업)’이 추진되었다. 이 사업의 2020년 예산 규모는 61억 8,300만 엔이며, 분뇨 환원에 필요한 사료 작부 면적을 확보하면서 환경부하 경감 활동을 실천하는 낙농가에 사료 면적에 따라 교부금을 지원하는 사업이다<표 6-1>. 또한, 유기 사료 생산활동에는 교부금을 추가로 지급한다. 교부금은 사료 작부 면적에 따라 ha당 1만 5,000엔씩 지급되며 유기 사료의 경우 ha당 1만 5,000엔에 3만 엔이 추가적으로 지급된다.

〈표 6-1〉 2020년 기준 환경부하 경감 활동

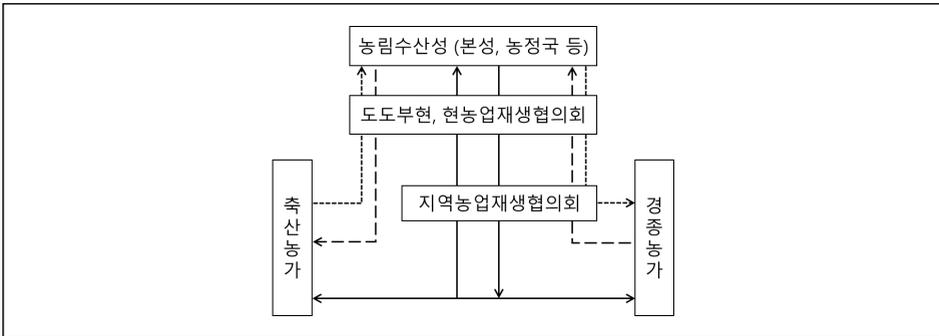
목적	환경부하 경감 활동
자원 순환 촉진	퇴비의 적정 환원 활동
	국산 부산물 이용 촉진
	슬러리 등의 토중 시용
지구 온난화 방지	사일리지 생산의 적정관리
	온실가스 방출량 저감 활동
	화학비료 이용량 감소
	연작 방지 실시
생물 다양성 보전	방목 실시
	농약 사용량 감소

자료: 農林水産省, 「令和元年度・令和2年度畜産・酪農關係予算の概要」.

1.1.2. 사료용 쌀 생산자와 축산농가의 매칭 지원

산업적 측면에서 정책으로 일본 정부는 생산된 사료용 쌀의 효과적인 수급 관리를 위해 적극적으로 사료용 쌀 생산자의 공급 관련 정보와 축산농가의 수요 관련 정보 교류를 증대하는 정책을 추진했다. 예산 산업으로 진행되지는 않았지만 새로운 사료용 쌀의 공급을 희망하는 축산농가의 연락처 및 희망 수량·가격 등의 거래 조건을 정리하여 산지 측(지역재생협의회, 경종농가 등)에 제공하거나, 지역(재생협의회)에서 사료용 쌀의 재배면적과 수량을 정리해 축산농가 등에 제공하여 각 관계 기관이 연계를 통해 매칭 활동을 추진하는 형태이다<그림 6-1>.

<그림 6-1> 사료용 쌀 생산자와 축산농가 간 매칭 체계



자료: 農林水産省(2019). 『飼料用米の推進について』.

1.2. 일본 경축순환농업 사례

1.2.1. 우분 및 계분의 퇴비화 사례(이와테현 시즈쿠이시조 코이와이 농장)³⁶⁾

일본 이와테현(岩手縣)은 2019년 2월 사육 규모 기준 젓소 4위, 육용우 5위, 돼

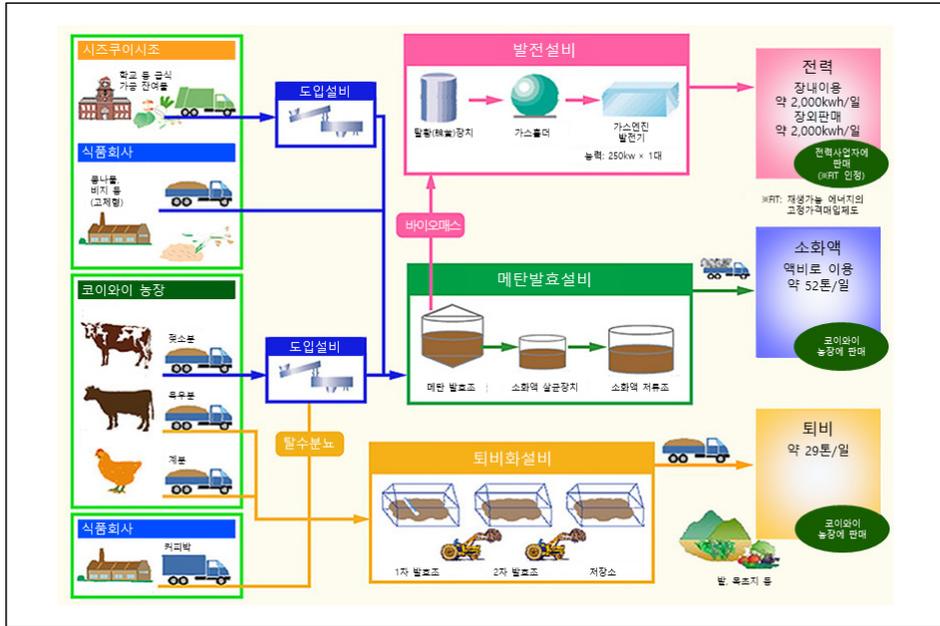
36) 小岩井農牧株式會社(2019)와 일본 농림수산성(農林水産省)의 바이오매스를 활용한 활동의 소개(バイオマスを活用した取組の紹介) 페이지를 참고함. <www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_jirei/H28.html>. 검색일: 2020. 5. 28.

지 8위, 육계 3위를 기록하며 산란계를 제외한 주요 축종에서 10위권 이내 규모를 나타내는 지역이다. 이와테현 시즈쿠이시조(雫石町)에 소재한 코이와이(小岩井) 농장은 1999년 「가축배설물법」의 제정에 따라 소(약 2,000두)와 닭(약 60,000수)에서 매일 발생하는 가축 배설물 처리와 지역 내 소각 처리된 식품 폐기물이 수분을 많이 함유하고 있어 소각 온도 저하에 의한 다이옥신 발생 우려를 해결하고 했다. 이를 위해 친환경 순환형 사회 조성을 목적으로 코이와이 농장을 운영하고 있는 코이와이 목장(주)과 더불어 이와테현 시즈쿠이시조, 미쓰비시 중공업(주) 등이 출자해 2004년 (주)바이오매스파워 시즈쿠이시를 설립하였다. 관련 법령 검토 및 필요 시설 조성을 마친 2006년부터 가축 배설물과 식품 폐기물을 원료로 하여 에너지 등을 생산·이용하는 사업을 시작하였다.

사업 추진을 위해 민관이 협력하여 (주)바이오매스파워 시즈쿠이시 설립을 통해 사업을 추진했다. (주)바이오매스파워 시즈쿠이시의 설립을 위한 출자는 코이와이 목장(주), 미쓰비시 중공업(주), 동북발전공업(주), 동경산업(주) 등의 민간 부문은 물론 시즈쿠이시조 지자체에 의해서도 이루어졌다. 지역 내부적으로도 식품 폐기물 처리에 대한 수요가 있었기 때문에 주민들의 반응도 호의적이었다. 소재지는 코이와이 농장 부지(약 3,000ha) 내이며, 해당 기관에서는 가축분뇨의 퇴비화뿐만 아니라 가축 배설물을 발효시켜 발생한 메탄가스로 발전(發電)을 하는 등 가축 배설물 고도 이용이 가능했다. 퇴·액비로 생산과 축분과 식품 폐기물로부터 발생한 바이오가스 판매를 위해 가축 배설물과 식품 폐기물을 수집했다. 가축 배설물은 코이와이 농장에서 수집되며 축종별로 하루당 젖소 38.1톤, 육성우 24.5톤, 비육우 11.9톤, 닭 8.5톤 등 합계 83톤 정도의 분뇨가 수거된다. 이 중 절반은 퇴비화 과정을, 나머지 절반은 메탄 발효 과정을 거친다. 식품 폐기물의 경우 인근 학교 등에서 발생한 급식 가공 잔여물이나 식품 제조회사의 가공 잔여물 등을 해당 지역의 소각 비용보다 저렴하게 수용하고 있으며, 하루당 수거 규모는 약 32톤 수준이다. 제조된 퇴비와 소화액은 코이와이 농장에서 전량 이용된다. 액비는 하루당 52톤, 퇴비는 29톤 수준이 생산되고 있다. 축분과 식품 폐기물로부터 발생한 바이오가스는 시설 내에서 일부 사용 후 잉여분을 고정가격매입제도에 따라 도호쿠 전력(주)에

판매한다. 하루에 약 4,000kwh가 생산되는데 이 중 2,000kwh가 판매분에 해당한다 <그림 6-2>.

<그림 6-2> (주)바이오매스파워 시즈쿠이시 사업 개요도



자료: (株)バイオマスパワーしずくいし(www.bps-koiwai.co.jp, 검색일: 2020. 5. 28.).

이 사업을 통해 지역 내 폐기물의 효율적 이용 및 고용 창출 성과가 있었다. (주) 바이오매스파워 시즈쿠이시 설립에 의해 지역 내 가축 배설물, 식품 폐기물 등의 효율적 이용이 가능해졌으며 악취, 수질오염 등의 피해를 저감시킬 수 있었다. 또한 (주)바이오매스파워 시즈쿠이시는 6명의 추가적인 고용 창출도 유발하였다. 그리고 각종 대회 에너지 활용 부문 수상에 따른 관광객 수 증가 효과도 함께 있었다. 2012년 동북 재생가능 에너지 이용·활용 대상, 2014년 신에너지 대상 자원에너지 청장관상 등을 수상하면서 코이와이 농장 관광객 수는 연간 80만 명으로 크게 증가하였다. 부가적으로 이는 지역 경제에도 긍정적인 효과를 유발하였다.

1.2.2. 규격 외 연근-연근 돼지 간 경축 연계 (이바라키현 가스미가우라 호수 인근)³⁷⁾

지하수가 풍부해 연근 생산에 적합한 이바라키현(茨城縣)은 쌀 생산 조정 정책인 감반(減反)정책으로 연근의 생산 진흥이 추진되었다. 전국 생산량의 약 절반 정도가 이바라키현에서 생산되고 있으며 상당수는 일본에서 두 번째로 큰 호수인 가스미가우라 호수 주변에서 재배되고 있다. 1988년에 설립된 JA 쓰치우라(土浦)³⁸⁾ 연근 센터의 연근 출하 이용자는 75명이며 연간 약 1,500톤 이상을 출하했다. 연근 센터의 규격 외 연근의 발생률은 10% 수준이다. 이 같은 지역적인 특성과 맞물려 양돈 농가와 경축연계를 추진했다. 양돈 농가 히로하라(廣原)축산은 이바라키현 가스미가우라시(かすみがうら市)에 소재한 양돈 농가로, 모돈 70두, 비육돈 연간 약 1,200두를 출하한다. 연근을 사료로 이용하기 전 히로하라 축산에서는 전부 배합사료를 사양해왔다. 쓰치우라시에 있는 이바라키 협동 식육 주식회사에 도축을 위탁하고 JA전농 미트푸드 주식회사에 그 고기를 판매했다. 그러나 판매 단가 및 이윤 증대를 위해서 돈육 차별화, 지역 자체 브랜드 개발 및 가공·판매 체제 정비가 요구되었고, 이에 2010년부터 규격 외 연근을 사료로 활용한 연근 돼지의 사육을 시작해오고 있다.

연근센터와 히로하라 축산의 추진체계를 보면 JA 쓰치우라 연근 센터는 센터에서 발생한 규격 외 연근 중 10% 정도는 부패한 것으로 산업 폐기물로 취급한다. 나머지 중 30%는 히로하라 축산에, 70%는 2개의 가공업자에 납품된다. 산업 폐기물로 처리할 경우 연근 센터가 kg당 5엔을 지불한다. 반면, 히로하라 축산에는 무상으로, 가공업자에게는 kg당 100~300엔을 받고 공급하고 있다. 히로하라 축산에 무상으로 공급하는 것은 양측의 협의에 의해 결정된 부분이다. 그리고 규격 외 연근은 단경기인 여름을 제외한 대부분의 시기에 안정적으로 공급된다. 하지만 그 대로 저장할 수 없어 연중 출하가 어렵다는 문제가 있었다. 이에 이바라키현 축산

37) 豊智行(2017), 石川尚基(2019)를 참고하여 작성함.

38) 쓰치우라시는 가스미가우라시 접경 지역임.

센터의 연구소와 제휴해 사일리지화 시험을 실시하고 밀폐·건조 방법 등을 검토한 결과 장기 저장에 성공해 연중 출하도 가능하게 된다. 히로하라 축산은 출하 두수 중 상등품 비율은 약 70%이며, 출하 두수 전체의 10~20%를 연근 돼지로 판매하고 있다. 생후 180일 정도에 출하되는 비육돈은 출하 전 45일 동안 사료에 15%의 연근이 급여된다. 이 방법은 단계별(자돈기, 비육기), 급여기간별(60일, 45일, 30일), 급여비율별(30%, 15%, 10%) 등 3가지 항목에 대해 급여 시험 실시 결과에 따른 것이다. 연근은 모돈에게도 급여되며 이는 모유 분비에 도움을 준다. 또한, 퇴비 생산을 위해 왕겨를 사용하여 약 3개월에 걸쳐 완숙시킨다. 이렇게 생산된 퇴비는 1자루³⁹⁾당 250엔 수준이며 연근 농가 8~9호에만 판매되고 있으며, 연간 약 3,000자루의 수요가 있지만 공급은 약 1,500자루로 공급보다 수요가 많다. 연근 및 퇴비의 수송은 모두 히로하라 축산이 담당하며 30~40km의 먼 거리인 경우도 있다. 그리고 2011년에는 현의 보조 사업 ‘음식과 농업의 도전 사업’을 활용하여 가공 시설을 조성했다. 연근 돼지 부분육을 JA 전농 미트푸드에서 가공하여 판매하도록 되어 있으며, 현지 재료를 선호하고 차별화를 지향하는 인근의 연근 돼지 취급 음식점에 일반 돼지보다 높은 가격에 납품하고 있다.

1.3. 시사점

일본에서의 경축순환은 반드시 달성해야 하는 목표라기보다는 환경적, 산업적 측면의 현안을 좀 더 효과적으로 해결할 수 있는 하나의 대안으로 논의되는 것으로 보인다.

일본 정부는 분뇨 환원에 필요한 사료 작부 면적을 확보하면서 환경부하 경감 활동을 실천하는 낙농가에 사료 면적에 따라 교부금을 지원하고 있다. 또 사료와 퇴비의 생산을 지원하는 것에 그치지 않고 생산된 사료나 퇴비의 수급이 원활하게 이루어질 수 있도록 매칭 활동을 실시하거나 지원한다는 점도 특징이다. 퇴비에

39) 단위 정보가 부재함.

대해서는 축산·토양 조성 퇴비 생산 유통 체제 지원 사업을 통해 니즈를 파악하고 사료용 쌀에 대해서는 사료용 쌀 생산자와 축산 농가와의 매칭 활동을 추진하고 있다.

우분 및 계분, 그리고 식품 폐기물을 수집하여 전력을 생산하고 전력, 퇴·액비를 생산하여 전력은 판매하고 퇴비와 액비는 전량 작물 재배에 이용하고 있다. 이 사례는 가축분뇨의 퇴·액비화에 그치지 않고 에너지화가 병행되면서 보다 많은 수익이 창출될 수 있음을 시사한다. 규격 외 연근을 이용하여 품질이 좋은 돼지를 생산함으로써 사료비를 줄이고 시장에서도 좋은 반응을 얻고 있다. 이 사례는 규격 외 연근을 사료로 이용함으로써 생산비를 줄일 뿐만 아니라 시장에서의 가격 차별화를 꾀함으로써 소득을 향상시킬 수 있음을 시사한다. 특히 우리나라 사례들(서천, 철원)은 아직 가격 차별화까지 가지 못하고 있는데, 경축순환을 통해 생산된 쌀(서천)과 토마토(철원)를 적극적으로 홍보하여 가격을 차별화시킬 필요가 있다.

2. 중국⁴⁰⁾

2.1. 정책추진 배경 및 관련 정책 현황

중국에서 농경과 가축의 순환을 “종양(种養)순환농업⁴¹⁾”으로 정의하고 있다. 중국의 경축순환농업은 순환경제이론이 농업에 적용되어 탄생된 개념이다. 이는 순환경제에 따라, 생태농업을 발전시키려면, 반드시 전통적인 ‘자원—농작물—폐기물’이라는 일방향 생산방식에서 벗어나 ‘자원—농작물—폐기물—재생자원’으로 순환되는 회로형태의 생산방식으로 새롭게 전환해야 한다는 개념이다.

40) 중국 사례는 중국사회과학원 바오샤오빈 박사에게 원고 위탁한 결과물을 요약 정리한 것임.

41) 이해도를 높이기 위해 ‘종양(种養)’은 ‘경축’으로 대체하여 서술함.

중국 정부는 여러 차례 경축순환 관련 정책들을 발표 및 추진해 오고 있다. 2013년 발표한 ‘순환경제발전전략 및 단기실천계획’은 순환형 농업시스템 구축에 대한 중국 정부 의지를 반영하고 있다. 중국 정부는 농업 분야에 자원 절약, 클린 생산, 산업체인 순환, 폐기물 자원화 개념을 도입하고, 농업, 임업, 목축업, 어업이 상생하는 순환형 농업생산방식을 추구하고 있다. 또한, 절약형 식물재배업을 육성하고 있다. 2015년에는 ‘전국 지속가능한 농업 발전계획(2015~2030)’을 발표해 경축업 혁신, 경축순환 활성화, 농·목업 결합, 농·임업 결합 촉진, 식량·사료 구조 개혁(粮改飼), 경축결합형 순환농업 시범사업, 물·비료·약품 등 자원 절약 관련 농업기술, 논 양식장(稻魚共生), 돈분 메탄가스를 이용한 과실수확(猪沼果), 삼림경제 등 생태순환 농업 모델에 관한 구체적인 내용을 담고 있다.

이처럼 중국 정부는 농업·목축업 순환경제 산업체인을 구축하는 데 힘쓰고 있다. 농산물 및 가공 부산물의 자원화 활용, 논밭을 이용한 재배와 수산양식 결합, 가축 분변 에너지화, 양식장 절수 순환시스템 등을 지원하고 있다.

2.2. 중국 경축순환농업 사례

2.2.1. 헤이룽장성 자무쓰시(佳木斯市) 탕위안현(湯原縣) 사례 - 정부 지원 사례

자연친화적 순환체인 형성을 위해 100ha에 달하는 농경지에 육우 300마리를 사육할 수 있는 목장을 묶어 순환 유닛으로 조성했다. 그리고 벧짚 또는 옥수수 짚에 프로바이오틱스를 첨가하여 발효 후 육우에게 먹이고, 다시 소 분변에 프로바이오틱스를 첨가하여 발효시켜 만든 유기농 비료를 밭에 공급해 친환경 유기농 벼를 재배한다. 그리고 벼재배에 있어 화학비료, 농약 대신 분변을 퇴비화하고, 유기농 모판을 사용하도록 권장하고 있다. 또한, 분해 가능한 덮개나 오리와 계를 이용한 제초, 바이오 제제를 해충 제거에 이용하고 있다. 이를 통해 유기농 벼를 재배하고 고품질 육우를 사육하고 있다.

2017~2018년 현(縣) 정부 자체 투입 자금은 4,000여만 위안에 달하며, 특히 성 정부 ‘2소1돈’ 대규모 축산단지 정책지원에 따른 자금 1.636억 위안을 유치하였다. 이를 통해 경축업을 통해 지역경제 성장, 환경보호, 지역사회 발전으로 이어지도록 관련 정책을 펼쳐가고 있다. 동시에 육우축사 조성, 프로바이오틱스 사용, 기계 배치 등 다양한 부분에 재정적 지원을 하고 있다.

중국 정부는 농업순환경제를 기반으로 환경친화적 농업을 육성하고, 무공해 농산물, 친환경 식품, 유기농 제품을 생산하여, GI(지리적 상표표시, Geographic Indication), 농업모범인증을 지원하고 있으며, 초기투자, 제품인증, 시장개척 등에서 다양한 혜택을 제공하고 있다. 현에서 경축순환으로 생산된 농산물, 축산품은 이미 중국 대도시에서 판매되고 있으며, 자무쓰, 이춘(伊春) 등에 직영매장이 있다. 또한, 온·오프라인에서 친환경, 유기농 제품을 동시판매하고 있다.

탕위안현에 순환농업이 성공적으로 정착하면서 벧짚→육우→축분비료→논→벼→벧짚으로 이어지는 폐쇄순환체인이 형성되었다. 초기 ‘재배와 목축’ 구조에서 ‘재배-목축-가공-판매’ 결합구조로 확대되고 있으며, 이로써 농가의 ‘자립 재배 및 사육(自養自種)’, ‘재배와 목축(種養) 결합’, ‘재배-목축-가공-판매’ 결합 모델이 정착되었다. 현재 탕위안현 경축결합농업 순환경제 모델이 적용되는 경작지는 3만 묘에 이르며, 이로 인한 연간 원가절감 및 가치 증가 환산액은 300만 위안에 달하는 등 농가소득 증대로 이어지고 있다.

2.2.2. 안후이성 덩위안현(定遠縣) 사례 - 민간 주도 사례

덩위안현은 중국 전역 상품식량 생산거점 현이지만, 최근 몇 년 연속 안후이성에서 목축업 상위 10위권에 속한 현이다. 체계적인 기술을 기반으로 천혜자원, 농업자원, 경축결합에 대한 시민인식이 결합되면서 돼지, 소, 거위, 새우를 이용한 특색 농업이 점차 정착되고 있다. 산업 발전 속에서 덩위안현의 농업기술 부처가 앞장서서 보리 경축 신모형을 대대적으로 장려하면서 현지 농민소득 향상과 농업 분야 새로운 경영 주체의 수익 창출을 이끌고 덩위안현의 경축결합형 농업성장,

원가절감, 수익증가 등 큰 성과를 얻고 있다. 크게 민간 주도 부문에서 보리재배-육우사육의 결합 모델과 보리재배-양돈 결합 모델이 있다.

보리재배와 육우사육 결합 모델 사례로 덩위안현의 카이니우(開牛) 농업과기 주식유한공사와 덩위안현 용강진(永康鎮)에는 차이윈(彩雲) 가족농장이 있다. 카이니우 농업과기주식유한공사는 장화이 물소(江淮水牛) 품종을 사육, 가공, 판매하는 사유기업으로, 20ha 규모의 경작지를 보유하고 있으며, 실제 사육두수는 500두에 달한다. 장화이 물소 현지 전통사육방식과 풍부한 짚 자원을 강점으로 내세워, 경축 결합 모델을 접목한 현대적인 농업 모델을 구축하였다. 차이윈 가족농장은 현지 토종인 산황우(山黃牛)를 주로 사육하며, 연간 사육두수는 300두 이상, 사용권을 양도받은 토지는 21ha이다. 2015년부터 보리를 재배하기 시작했으며, 재배 면적은 대략 6.7ha이다. 매년 4월 중순 보리를 수확하여 어미소와 송아지에 게 급여하고, 청사료로 보충한다. 매년 절감되는 사육원가는 마리당 450위안에 달하며, 해당 농장에서 출하되는 우육은 시장에서 좋은 반응을 얻고 있다. 넓은 판로를 보유하고 있으며 시장가격에 비해 10% 높은 가격으로 판매되고 있다. 최근에는 ‘당씨 황우육’이라는 브랜드를 출시하였다.

보리재배와 양돈 결합 모델로 2009년 설립된 안강(安康)농목유한공사가 있다. 안강농목유한공사는 덩위안현 흑돈산업 성장에 앞장서고 있으며, 현재 3,000두 규모의 종돈장 1곳을 운영하고 있다. 사용권을 양도받은 66.7ha 토지에 보리를 재배하여 돼지사료로 공급하면서, 생돈의 살코기 비율과 육질을 개선시켰다. 이를 통해 점차 경축 결합형 (농업) 기업으로 성장하고 있다.

2.3. 시사점

중국의 경축순환농업은 환경과 화합하는 경제성장의 새로운 모델이자, 농업경제의 질적 성장을 추구하기 위한 중요한 선택이다. 이를 통해 농업의 현대화, 고품질 농산품 공급 확대, 농업 부문 오염원 경감, 빈곤 농민층 구제를 실현하고자 한

다. 농업 현대화를 위해 양개사 사업 확대, 농·임·목축·어업 결합, 재배·사육·가공 일체화, 1·2·3차산업 융합발전을 추진했다. 경축결합 순환농업 시범사업 가속화, 재배와 사육 통합발전, 농·목축업 순환성장 모델 실시를 통해 경축결합을 통한 농업순환경제 촉진, 현대과학 응용기술을 농기계 개선에 적용, 농업 규모화, 현대농업을 현(縣) 전체로 확대했다. 경축결합을 통한 고품질 농산품 공급 확대가 농업순환경제를 가속화하고, 특색 농업, 일류 농업, 수출 지향적 농업을 실현케 했다. 토양 개량, 지력 강화, 친환경·유기농 농산품 생산력 강화, 농업공급시스템 효율성 제고를 통한 농산품 공급을 늘리고 소비자 입맛에 맞는 품종과 품질을 개발하여 합리적인 농산품 공급구조를 구축하였다.

농업 부문 오염원 경감을 추구하고 있다. 재배업과 목축업 구조조정을 통해 농약·화학비료 사용량을 최소화하는 대신 이용률은 늘리고 가축사육으로 인한 수질과 토양자원 오염을 최소화한다. 동시에 생태농업 시범향(鄉), 시범단지, 경축순환유닛 시범사업 등을 통해 주변 지역에 롤 모델을 제시해 파급효과를 도모하고 자원 이용률을 높이고 있다. 경축결합과 농업순환경제를 통해 빈곤 농민층 구제를 가능하게 한다. 농업·목축업, 친환경·유기농 벼농사를 결합하여 농민과 빈곤 농가가 사회 일원으로 살아갈 수 있도록 지원하고 고품질·고부가가치 농산품을 생산하여 경축순환 모델의 수익 창출을 극대화한다.

중국 경축순환농업의 사례를 보면 다음과 같은 공통점이 있다. 사례 지역 경제에서 축산 부문이 차지하는 비중이 크며, 단순히 재배와 목축에서 나오는 부산물의 순환과 활용뿐만 아니라 품목의 품질 개선도 함께 이루어지고 있다. 이를 통한 브랜드화도 추진되고 있다. 또한, 정부 주도의 사례뿐만 아니라 민간 주도의 사례에서도 정부의 농업기술부처가 앞서서 보리 신품종을 장려한 점을 보아 경축순환 체계 구축을 위해선 정부의 지원이 어느 정도 뒷받침 되어야 함을 시사한다. 중국의 사례를 보면 정부가 주도적으로 경축순환을 장려하며 지원하고 있는 데 반해 우리나라 서천군의 경우 민간에서 자발적으로 경축순환을 추진하다 보니 운영비에 대한 지원이 필요한 상황에 직면해 있다. 따라서 우리나라도 정부 차원에서 보다 적극적인 관심과 지원이 필요하다.

3. 네덜란드⁴²⁾

3.1. 정책추진 배경 및 관련 정책 현황

환경과 농업 간의 경쟁이 아니라 선순환이 가능한 관계로 전환하고 생물의 다양성을 가급적 훼손하지 않는 생산과 소비 패턴이 필요하다는 공감대가 형성되었다. 원료의 사용량과 폐기물을 줄이거나 재활용하여 이용 효율을 높이기 위해 새로운 농업패러다임으로 자원순환고리를 형성하는 순환농업을 제시했다.

2017~2020년까지 정부는 네덜란드 환경평가기관(PBL Netherlands Environmental Assessment Agency)은 순환경제 이행을 위한 식품 정책 개요 발표하고 네덜란드 농업자연식품부(Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality) 순환농업 선도를 위한 농정 비전을 발표했다. 이후 네덜란드 농업자연식품부는 “순환농업으로의 전환 지원 실행계획”을 발표하고 2020년 중 전국 농지 토질 측정을 완료할 예정이다.

2030년까지 가급적 가장 작은 지역 단위 내에서 사료 양분 순환이 이루어지도록 하여 특히 농축산어업 부문에서 발생하는 폐기물 이동, 식품, 탄소, 에너지, 수자원 손실을 최소화한다는 방침이다. 이에 따라 농가가 직접 사료를 제조하거나 지역 내 업체로부터 구매할 수 있도록 지원하며 식품산업 폐기물이나 부산물을 사료로 활용하는 비중을 확대했다.

지역 내 자원 순환은 크게 두 가지 형태가 가능한데, 하나는 한 농장 안에서 사용된 자원이 다른 목적으로 활용되는 비중을 높이는 것이고(“농가 내 순환”), 다른 하나는 축산농가가 주변 농장의 풀, 사료작물, 부산물이나 식품업계 잔여물을 가축 사료로 활용케 하거나 농작물의 부산물이나 가축분뇨를 유기 비료로 가공해 경작지와 초지 토질 관리에 활용하는 “농가 간 순환”이다.

42) 네덜란드 사례는 벨기에 루벤대학교 이해진 박사과정생에게 원고 위탁한 결과물을 요약정리한 것임.

3.2. 경축순환농업 사례

3.2.1. 유기농가 간 경축순환

2001년 네덜란드의 남서지역에서 유기농가로 전환한 지 얼마 되지 않은 농가를 대상으로 경축순환이 추진되었다. 재배면적이 각각 70ha, 65ha인 두 경종농가가 낙농가와 연계되어 가축사료 제공을 위해 초지클로버(grass clover)를 재배했으며, 낙농가는 약 26~50km 떨어진 지역에 위치하고 있었다. 이에 대해 낙농가는 비료로 이용될 수 있는 가축분뇨를 제공하는 것으로 농가 간 순환이 이루어졌다.

클로버의 수송비용이 높은 편이었으나, 클로버가 토양의 유기질과 질소고정에 중요한 역할을 하고 경종농가에서 부담해야 하는 클로버 재배 노동량이 낮았다. 클로버 재배는 낙농가가 거래하는 계약업자에 의해 이루어졌으며 재배에 소요되는 비용을 낙농가가 부담하도록 동의되었기 때문이었다. 경종농가의 윤작시스템에 맞지 않아 농후사료를 위한 곡류는 생산하지 않기로 결정하였다.

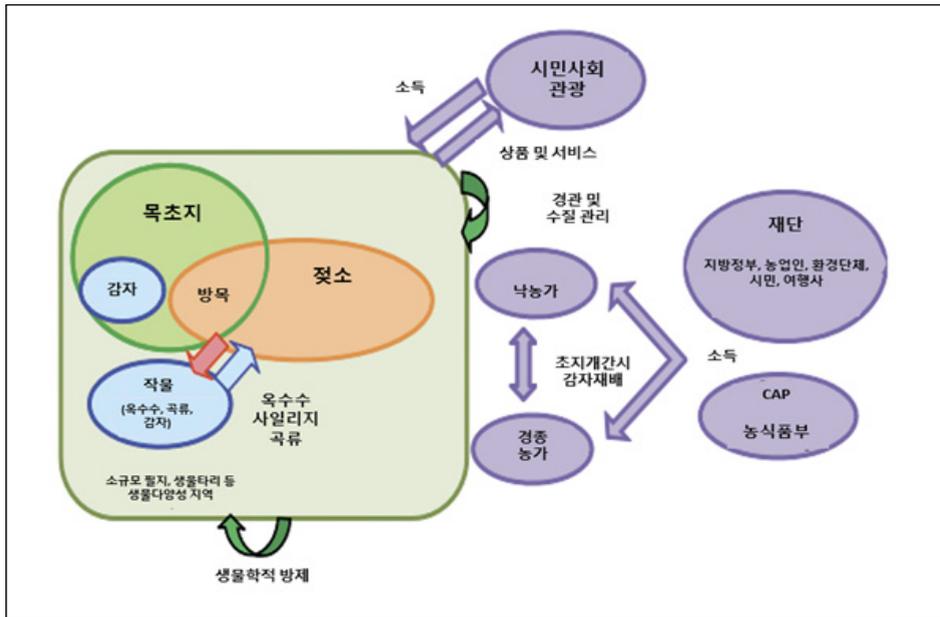
경종농가가 직접 클로버를 재배하는 것이 아닌 낙농가의 계약업자에 의해 재배되는 것은 낙농가에서 요구되는 사일리지 품질과 관련돼 있었다. 초지클로버의 적절한 수확시기를 선택하는 데 어려움을 겪어 많은 경종농가들이 낙농가에서 요구하는 수준의 양질의 사일리지를 생산하지 못하기 때문이다. 이 사례에서는 별도의 계약업자들이 경종농가의 클로버 재배를 담당하는 방식이었지만 제삼자의 개입 없이 낙농가가 경종농가에 적절한 수확시기에 대한 관리 지원을 하는 것은 거리상 운전으로 30분 이내에 거리에 위치한 농가 간 교환일 때만 해당되는 사항이었다.

교환되는 자원의 양 등은 매년 방문에서 합의되고 교환시기 등과 같은 비교적 사소한 결정들은 전화를 통해 결정되었다. 어떠한 합의들도 계약서상으로 기입되거나 등록되어 형식적으로 진행되지 않았다. 즉 신뢰를 바탕으로 농가 간 경축순환이 이루어지고 있는 것을 알 수 있다.

3.2.2. Winterswijk 지역의 농가 간 경축순환

네덜란드 동쪽에 위치한 Winterswijk는 Gelderland 주의 지역(municipality)에서 농가 간 경축순환이 이루어졌다. 이 경축순환은 경종재배농가와 낙농가 간의 농지 교환을 통해 초지가 개간될 때 감자재배를 할 수 있도록 하는 순환 방식이다. 초지 방목시스템을 개발하고 더 적은 투입재를 이용하는 작물재배 방식을 재구성하는 것이다.

〈그림 6-3〉 Winterswijk 지역의 농가 간 경축순환 방식



자료: Moraine et al.(2014).

초지를 감자 윤작에 통합시키고 가축분뇨를 감자재배 면적에 살포하는 방식의 자원 순환 형태이다. 감자재배의 병해충을 방지하기 위해서는 최소 3년의 휴경기가 필요한데 이는 특히 소규모 농가의 감자재배 비용에 큰 부담으로 작용한다. 주변 낙농가에서 임차한 농지에 감자를 재배하게 되면 본래 감자가 재배되는 농지를 휴경하거나 다른 작물의 윤작을 통해 감자를 재배하면서 이후 감자 병해충에 대한

위험도 줄일 수 있게 된다. 이뿐만 아니라 초지를 경운할 때 자연적으로 발생하는 질소를 감자재배에 이용할 수 있다는 이점도 있다. 낙농가는 임대한 초지의 경우 비용을 줄일 수 있고 가축분뇨 여분 또한 감자비료로 쉽게 이용될 수 있는 장점이 있다.

낙농가의 가축분뇨(slurry)를 감자재배지에 살포하는 조건으로, 농지를 대부분 연단위로 임대한다. 1ha당 약 750유로의 비용으로 낙농가의 초지를 경종농가가 임차했다. 8~9월 감자 수확 이후 임대한 초지를 돌려받은 낙농가는 초지를 재파종한다. Winterswijk 지역의 농지 임대차는 일반적으로 계약서로 진행되지 않는다. 설문결과 평균적으로 낙농가들은 한 호의 경종농가에 6ha의 감자재배지를 임대하고, 경종농가들은 최대 32개의 낙농가로부터 144ha의 농지를 임차하여 감자와 사일리지 옥수수를 생산하는 것으로 나타났다.

참여 경종농가의 전문화 경향으로 인해 농지 이용의 다양성은 농가 간 경축순환 경종농가보다 ‘비참여 경종농가’(전문 경종농가)와 ‘농가 내 경축순환 낙농가’에서 더 높게 나타났다. 비참여 전문 낙농가와 참여 낙농가 간의 수치는 비슷했다.

이처럼 농가 간 경축순환 방식은 농가의 전문화 정도를 완화하는 것이 아니라 이미 전문화되어 있는 농가의 이점을 이용하는 것이므로 이 사례에서 나타난 참여 경종농가의 전문화 경향은 의외의 결과가 아니다. 전반적인 환경적 편익에서는 농가 간 경축순환이 전문농에 비해 뛰어나진 않았지만 농가 간 경축순환 주요 목적을 질소 양분 효율성으로 본다면 질소양분에 대한 농가 간 경축순환의 환경적 편익은 존재하는 것으로 보인다.

3.3. 시사점

네덜란드는 농투입재 판매 기업이나 유통상인, 농업기술 및 설비 관련 기업과 연구기관, 소비자의 다양한 연결고리에서 발생할 수 있는 폐자원을 포착하고 공급사슬의 전후 단계에서 활용할 방안을 다각적으로 검토하고 있다. 순환농업 정

책은 다양한 공급사슬 내 이해관계자의 상호작용을 전제로 각 이해관계자의 책임과 역할을 정책 전반에 걸쳐 강조하고 정부가 제시한 새 패러다임으로의 이행에 참여할 것을 독려하고 있다.

현실적으로 자원 순환고리 형성이 가능하고 효과적인 단위를 지역으로 보고, 지역 주민 주도의 이니셔티브에 대한 지원책을 강구하고 있으며 지역단위 거버넌스 틀을 존중하고 이를 중심으로 다양한 시도가 이루어지도록 하고 있다. 이는 순환농업의 주요 이행 주체와 정책의 적용 범위와 단위를 설정하는 문제로, 정책 설계와 시행 이전에 우리나라 농촌 지역 현실과 농정 체계에 적합하고 효과적인 주요 집행기구와 적용단위에 관한 고민과 합의가 필요함을 시사한다.

네덜란드의 농가 간 경축순환 사례에서 드러났듯 비용 및 지속가능성 측면에서 거리상 근접한 곳에 위치하는 가축농가와 경종농가를 연계하는 것이 중요하며 개별 농가 간 경축순환을 우선적으로 추진하는 것이 적절하다. 네덜란드 경축순환 농업으로 제시된 두 사례 모두 농가를 한 공간에서 통합시키는 것이 아닌 독립적인 개별농가 간의 협력을 통한 방식이다. 나아가 Winterswijk의 사례는 농가 간 농지를 임대차하는 방식으로 자원 공유를 통해 경축순환이 이루어지는 특징이 있다. 자원을 공유하는 경축순환은 농가 간 협력 수준이 높아야 하는데, 지역 내 다양한 이해관계자들이 모여 설립된 조직이 이러한 경축순환을 성공적으로 이끌었다고 평가된다. 두 사례 모두 계약서 등의 공식적인 수단보다는 농가 간 신뢰와 협력을 바탕으로 자원을 순환한다.

네덜란드 경축순환농업의 특징은 농가 간 연계가 이루어진다는 점, 그리고 상호 신뢰를 바탕으로 자원을 순환한다는 점인데 우리나라의 경우도 대농의 경우 단일 농가 간 연계도 검토할 수 있으며, 서로의 이해관계에서 비롯되는 문제를 해소하기 위해 신뢰를 바탕으로 자주 소통의 기회를 가질 필요가 있다.

제7장

경축순환농업 활성화 방안

경축순환농업 활성화 방안

1. 비전과 기본방향

1.1. 비전

일반 관행농업의 경우 화학비료의 지속적인 사용과 양분 과잉 공급 등으로 토양, 수질, 대기질 등 환경이 오염되고 있고, 토양이 산성화되어 작물의 생산성과 품질에 영향을 미치는 등 환경적 지속가능성을 저해하고 있다. 이뿐만 아니라 농축산물 생산비 중 비료비와 사료비가 지속적으로 상승하고 있고, 금융위기, 전염병 세계 대유행, 기후변화 등 글로벌 리스크에 직면함에 따라 점점 경제적 지속가능성을 담보하기 어려운 상황이다.

본 연구에서 경축순환농업은 폐기물로 여겨지는 경종부산물과 축산부산물(가축분뇨)을 자원화하여 비료와 사료로 이용함으로써 환경적 부담을 줄이고 경제적 편익을 얻을 수 있는 농업으로 정의하였다. 따라서 경축순환농업의 비전은 이러한 경축순환농업의 장점을 극대화하기 위하여 ‘경축순환을 통한 자원생산성 제고와 지속가능한 농업 실현’으로 설정하였다.

1.2. 기본방향

1.2.1. 경축순환농업의 기본모델 정립 방향

경축순환농업의 모델은 농가단위 내, 농가 간, 지역단위 내 등으로 분류할 수 있다. 품목에 따라 소와 벼, 돼지와 벼, 돼지와 발작물, 돼지와 시설하우스 등으로 접근할 수 있을 것이다. 경축순환농업의 내용적인 측면에서 유형은 크게 경축 상호순환 모델, 경종부산물 자원화 모델, 가축분뇨 자원화 모델 등으로 나눌 수 있다. 경축순환농업의 모형을 선정할 때는 지역의 부존자원을 최대한 활용하는 방향으로 지역별 특성을 고려하여 정립하는 것이 중요하다. 그러므로 지역특이성에 따라서 경축순환 모형은 자원화 및 순환의 주체에 따른 분류(예, 경종농가 주도형, 축산농가 주도형, 지역 거버넌스 주도형, 정부 주도형, 농축협 주도형 등), 경종부산물 자원화에 따른 분류(예, 경종부산물의 퇴비화형, 경종부산물의 사료화형, 조사료 재배형 등)와 경종부산물 자원화 활용에 따른 분류(예, 논작물 퇴비 시비형, 발작물 퇴비 시비형, 시설작물 퇴비 시비형, 경종부산물 사료화형, 조사료 사료화형), 가축분뇨 자원화에 따른 분류(예, 가축분뇨 유래 퇴비화형, 가축분뇨 유래 액비화 등)와 가축분뇨 자원화 활용에 따른 분류(예, 논작물 퇴·액비 시비형, 발작물 퇴·액비 시비형, 시설작물 퇴·액비 시비형 등) 등 다양하게 나타날 수 있다.

〈표 7-1〉 가축분뇨 유래 액비화 사례

구분	분뇨 공급	액비 소비
충남 논산 계룡 축협	축산농가 160가구에서 매일 400t 수거	350농가, 2100ha 액비 살포
경북 군위 축협	매일 140t 수거(돼지 100, 소·돼 40)	1,200농가, 600ha 액비 살포
경기 여주 한돈협회	56농가에서 일일 200t 수거	350농가, 1,800ha 액비 살포
경남 합천축협	40농가에서 일일 93t 수거	1,000농가, 700ha 액비 살포

자료: 농림축산식품부 내부자료(2020. 2.).

경축순환을 위한 물질이동 경계 범위의 결정이나, 어떤 품목끼리 연계시킬 것인지, 경축농가 사이의 상호 순환 모델 혹은 경종농가나 축산농가로만 물질이 이

동하는 일방순환 모델로 할 것인지 등은 지역에 위치한 농가에서 발생하는 부산물의 양과 수요 사이의 균형을 맞추어서 결정해야 한다. 부산물 발생과 가용 자원화량에 관한 객관적인 데이터가 있다면 이에 근거한 경계범위 설정이 용이할 것이나 현재 국내에서는 가축분뇨 발생량에 관한 자료만이 발생 원단위를 이용해서 추정 가능하며, 지자체별 조사료 재배량이나 농산부산물 발생량에 관한 통계자료는 전무한 실정이다. 또한 가축분뇨 발생량 원단위의 경우에도 축종별, 월령별 분뇨 발생량까지 반영한 통계자료는 구축되어 있지 않으므로 평균값에 근거한 통계자료로 보아야 한다.

그러므로 경축순환농업 범위 설정에서는 (가칭) 경축순환농업 협의체를 구성하여 정성적으로 그 가능성을 검토하고 추진하는 것이 지역특이성을 반영할 수 있는 가장 합리적 방법이다. 협의체는 중앙정부 정책 담당자, 지자체 정책 담당자, 농촌진흥청 전문가, 농협 관계자, 축협 관계자, 경축순환농업 학계 전문가, 현장 경종 및 축산 농가 등으로 구성할 수 있다. 경축순환농업 협의체는 지역별 최적 모델을 선정할 뿐만 아니라 연계 시스템(네트워킹시스템)을 구축하는 역할을 담당하고, 또한 어느 주체가(누가) 주도적으로 추진할 것인지 등을 정하는 정책 협의회 역할을 겸할 수 있다.

그러나 장기적인 관점에서는 경축순환을 위한 통계자료 구축이 필요하며, 여기에는 가축분뇨 통계만을 다루는 것이 아니라 농산부산물, 더 나아가 음식물류폐기물의 발생과 이동 자원화에 관한 정량화된 자료를 포함하도록 하는 것이 중요하다. 특히 음식물류폐기물의 경우 농림축산식품부가 아닌 환경부 소관의 영역이 존재하므로 중앙부처 간의 협업이 중요한 부분이다.

이와 더불어 실제 경종 및 축산농가에서 실제 부산물 비료와 사료를 사용할 경우의 생산성과 관련한 선행연구가 존재하지만 현장에서 농업인이 체감하는 생산성과 괴리가 있다고 보이므로, 실증형 연구가 여전히 필요한 영역이기도 하다. 특히 물질순환을 통한 자원생산성 향상이라는 점에서의 환경적 가치와 경제적 이익 창출 부분에 관한 현장에서의 검증된 연구가 다양하게 진행될 필요가 있다.

1.2.2. 활성화를 위한 기본방향

경축순환을 통한 지속가능농업 실현을 위해서는 경축순환농업 활성화가 필요하며, 이를 위한 기본 방향을 비용효과적인 환경정책 수행을 위한 일반적인 방법을 따라 제시할 수 있다.

첫째, 경축순환농업의 저해 요인을 파악하고 저해도가 높은 요인에 대해서 실행가능성을 고려하면서 저해도를 낮추기 위한 정책을 요인별로 추진한다. 즉 저해도를 낮출 대상과 대응해야 할 정책의 선정은 선택과 집중을 통해 예산효율성이 높은 대안을 추진한다.

둘째, 경축순환농업을 활성화시키기 위한 정책은 단기와 중장기로 나누어서 단계적으로 접근한다.

셋째, 경축순환농업에 관한 중앙정부의 기본모델(가이드라인)을 제시하되 실제 현장에서는 지역별 특성을 감안하여 현지화된 모델을 적용하도록 한다.

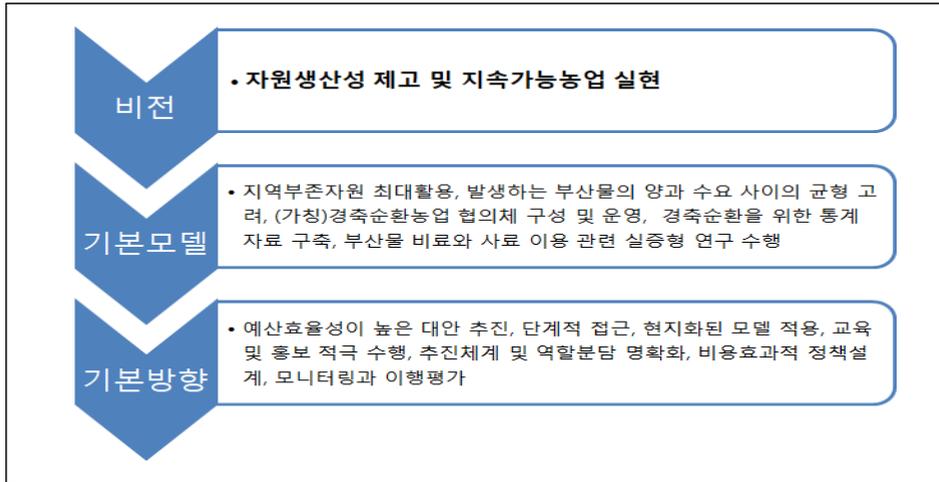
넷째, 경축순환농업에 대한 환경적·경제적 효과를 정량화하고 협의체에 포함되는 다양한 주체를 대상으로 경축순환농업에 관한 정확한 정의와 범위, 효과를 인식하도록 교육 및 홍보를 적극 수행한다.

다섯째, 경축순환농업은 다양한 이해관계자가 참여하므로 일관성 있게 추진되기 어렵고 이해관계자 간 역할분담이 불명확할 수 있으므로 추진체계 및 역할분담을 명확히 하여 추진한다.

여섯째, 비용효과적 정책 설계를 위해 지역별로 경축순환을 통해 달성하고자 하는 환경적·경제적 성과에 관한 표적화(targeting)를 명확히 하며, 참여 주체의 자격 설정이나 수혜 대상의 범위를 정량적인 기준으로 설정한다.

일곱째, 정책적 의사결정 과정에서 모니터링과 이행평가에 필요한 데이터 수집에 관한 주체별 협력 방안을 마련하고, 주기적인 성과평가와 반성을 활용한 정책 환류(feedback) 작업을 수행하되, 이러한 성과평가 및 반성을 수행하는 컨트롤타워의 역할을 사전에 명확히 설정한다.

〈그림 7-1〉 경축순환농업의 비전과 활성화 기본방향



자료: 저자 작성.

2. 경축순환농업 활성화를 위한 부문별 추진방안

경축순환농업에서는 대부분의 비료 및 사료의 원료가 해외에서 수입된다는 점에서 국내에서 발생하는 자원을 우선 활용하는 ‘지산지소형’ 접근이 최우선되어야 한다. 이 경우, 환경적 혹은 사회적 편익을 고려하지 않을 경우에는 가격 경쟁력 면에서 국내 농축산부산물을 자원화하여 사용하는 것이 우수하다고 말하기는 어려울 수 있다. 시장 측면에서 가격 경쟁력을 확보하는 것도 중요하지만, 지속가능성 측면에서 순환경제의 활성화와 자원생산성 향상이라는 측면에서는 다소 정책 비용이 소요되더라도 경축순환농업을 지지하는 것이 필요할 수 있다. 이러한 비용효과성에 관한 판단은 정책적으로 이루어질 필요가 있으나, 2020년 한국형 뉴딜 중 그린뉴딜이 강조되면서 경축순환농업 활성화는 농업 부문에서 주요한 그린 뉴딜 정책 수단이 될 수 있다.

경축순환농업 활성화는 자원화된 부산물의 공급과 수요 측면으로 나누어서 접근할 수 있다. 본 절에서는 농축산부산물의 자원화 및 활용에 대해서 법/제도적 수

단, 경제적 수단, 기술적 수단, 사회적 수단으로 나누어서 정책 방안을 제시하되, 공급과 수요 측면에서의 활성화 방안으로 구분하여서 제안하였다.

2.1. 법/제도적 수단

2.1.1. 가축분뇨 자원화 및 이용 활성화를 위한 법/제도 개선

□ 가축분뇨 유래 고품질 퇴·액비 공급을 위한 개선 방안

2021년 환경부 주도로 ‘지역단위 양분관리제도’가 도입되는 것이 가시화되고 있으므로, 축산부산물 퇴·액비 활용을 위한 제도 개선 방안은 환경부 주도의 오염물질 규제에 대응하는 것이 우선되어야 한다. 서일환 외(2020)에서는 양분관리의 기본원칙으로 ① 올바른 사육환경, ② 올바른 가축분뇨 관리, ③ 올바른 양분 이용, ④ 올바른 영농법, ⑤ 올바른 정보를 제시하였다. 여기에서 축산농가의 가축분뇨 관리와 직접적으로 관련되는 부분은 ② 올바른 가축분뇨 관리다. ‘올바른 가축분뇨 관리’는 가축사육시설에서 유출되는 양분(분뇨)의 중점적 관리로 오염 물질의 관점에서 가축분뇨 배출 관리를 의미한다.

서일환 외(2020)에서는 올바른 가축분뇨 관리를 위한 중점과제에 ‘가축분뇨 퇴·액비 품질 제고’를 포함하고 세부과제로 퇴·액비 수요의 계절성에 대응하기 위한 가축분뇨 및 퇴·액비 저장시설 개선, 원료 표시를 통한 퇴·액비 품질기준 강화, 퇴·액비 부속 관련 단속·계도를 통한 감독 강화, 자원화 시설을 갖추지 못한 축산농가의 개별처리 의무 이행률 제고, 음식물류 폐기물 원료 투입 개선을 단계적으로 이행하는 것을 제시하였다.

가축분뇨 자원화업체 대상 설문조사 결과, 경종농가로의 가축분 퇴·액비 공급 측면에서의 애로사항으로 ‘퇴·액비 수요의 계절성’(50.0%)이 가장 많은 응답을 받았는데, 가축분뇨 및 퇴·액비 저장시설 개선은 이러한 퇴·액비 활용의 계절 및 작부 간 변동성을 고려한 조치로 저장용량을 증설하는 것을 의미한다. 현재 「가축분뇨

의 관리 및 이행에 관한 법률(이하 가축분뇨법) 시행규칙」(시행 2020. 2. 20., 환경부령 제 849호) [별표 2]에서는 퇴비화시설의 경우 “배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 1개월 이상(톱밥 등 수분조절제를 사용하는 경우에는 2개월 이상) 건조·발효할 수 있는 퇴비화시설을 설치”하도록 규정하며, 액비화시설의 경우 “축사에서 발생한 가축분뇨를 4개월 이상 저장할 수 있는 저장조를 설치”하되 교반장치가 설치되지 않은 저장조의 경우 저장조를 2단으로 나누어 설치하여 “1단계 저장조는 가축분뇨를 4개월 이상, 2단계 저장조는 가축분뇨를 1개월 이상 저장할 수 있는 용량”으로 정하고 있다. 추후 경종 부문 퇴·액비 수요와 비교하는 검증 과정이 필요할 것이나, 현재는 자료의 제약으로 구체적인 저장용량을 제안하기에는 무리가 있다. 단, 덴마크의 경우 「가축분뇨 및 사일리지법(Order on Commercial Livestock, Livestock Manure, Silage, etc.)」 제4장 제9조에 가축분뇨 저장시설의 용량에 대해 명시하고 있으며 대개 최소 9개월분을 저장할 수 있도록 정하고 있고, 핀란드의 경우에는 「축산 및 작물재배의 배출물질 제한에 관한 정부 법령(Government Decree on Limiting Certain Emissions from Agriculture and Horticulture)」에 따라 12개월간 분뇨를 저장할 수 있도록 분뇨저장조의 용량을 결정하고 있어(구본경 외 2018: 95) 국내 저장조 규격이 해외의 경우보다 작음을 알 수 있다. 그러므로 경종 부문 퇴·액비 수요 발생과 자원화 시설의 기존 용량 등을 고려하여서 저장시설의 용량을 확대하도록 법령을 개정할 필요를 검토해야 할 것이다.

가축분뇨 유래 퇴·액비의 경우, 부숙도 기준 강화와 중금속 기준 강화에 관한 요구가 지속적으로 제기되어 왔다. 가축분뇨 유래 부숙유기질비료(퇴·액비)의 중금속 및 부숙도 기준은 「가축분뇨법 시행령」(시행일 2019. 7. 12., 대통령령 제29950호) 제12조의 2 퇴비액비화기준 등과 관련해 [별표 3] 퇴비액비화기준과 「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」(시행 2018. 7. 12., 환경부고시 제 2018-115호)로 규정되어 있다. 중금속 기준은 동물용 사료를 대상으로 「배합사료 제조용 동물용의약품등 사용기준」(시행 2018. 3. 5., 농림축산검역본부고시 제 2018-10호)에서도 정하고 있는데, 구리, 아연의 경우에는 동 기준 [별표 3]에서 양돈용 사료와 양돈용 배합사료만을 대상으로 기준을 정하고 있다.⁴³⁾ 이것은 퇴비

액비화 기준에서도 돼지를 대상으로 구리, 아연 기준을 정한 것과 일맥상통한다.

사료 및 퇴·액비 중금속 기준에 관한 경종 농가의 불안감은 실제 중금속 기준이 토양질을 양호하게 유지하기 위한 기준에 못 미치기 때문이거나, 정량적인 기준에는 문제가 없지만 경종농가의 주관적 불안감이 반영되는 경우로 나누어 이해할 수 있다. 전자의 경우라면 관련 기준을 강화하고 더 나아가 돼지 이외 축종에도 중금속 기준을 부여하는 것을 검토하여야 할 것이나 후자의 경우라면 경종농가의 부정적 인식을 개선하는 캠페인이나 교육에 초점을 맞추어야 할 것이다.

퇴·액비 부숙도와 관련하여서는, 2020년 3월 25일 환경부와 농림축산식품부가 축산농가 퇴비 부숙도 검사를 의무로 부여하고 1년의 유예 기간을 둬으로써 제도적으로 퇴비 부숙도 검사 기준이 강화되었다고 볼 수 있다. 그러므로 미부숙 퇴·액비의 문제는 관련 기준을 강화하는 것보다 기존에 강화되고 있는 기준을 제대로 준수하지 않기 때문에 발생하는 것으로 보는 것이 합리적이다. 이러한 위법의 경우는 가축분뇨 수거 혹은 자원화업체가 고의적으로 위법을 행하는 것과 영세규모 자원화 시설을 가진 업체 혹은 축산농가의 기술 부족으로 부숙도 기준을 충족시키지 못하는 경우로 나누어서 해석할 수 있다. 전자의 경우에는 집중 단속 기간을 가지거나 지자체별로 계도 및 교육 기간을 가지고 행정지도를 하도록 하여 불법행위를 단속하는 것, 불법행위에 관한 벌칙을 강화하는 것을 고려할 수 있다. 덧붙여,

43)

구분	사료명	허용기준
구리	양돈용 사료	젓먹이 및 젓 똥 돼지용: 135ppm 이하 육성돈: 130ppm 이하(전기용), 60ppm 이하(후기용) 비육돈 및 종돈용: 25ppm 이하
아연	양돈용 배합사료	젓먹이 및 젓 똥 돼지용: 120ppm 이하(설사 방지를 위하여 ZnO를 첨가하는 경우에는 2,500ppm 이하) 육성돈: 100ppm 이하(전기용), 75ppm 이하(후기용) 비육돈 및 종돈용: 75ppm 이하
인	어류용 배합사료(갑각류를 제외한 담수양식어류용)	어린 물고기·종묘용·육성용: 1.8% 이하 큰 물고기용: 1.5% 이하 뱀장어 및 해수어용: 2.7% 이하
항산화제	배합사료 (프리믹스용 첨가사료 제외)	150g 이하/배합사료 1톤(다만, 양어용은 300g 이내/배합사료 1톤)
항곰팡이제	배합사료 (프리믹스용 첨가사료 제외)	3kg 이하/배합사료 1톤

가축분뇨 전자인계관리시스템을 확대하여 가축분뇨의 무단 배출을 모니터링하는 것도 인프라 설치 비용을 고려하지 않는다면 단속에 관한 행정비용을 아끼면서 미부속 가축분뇨의 투기를 막기 위한 방법이 될 수 있다. 후자의 경우에는 부속도를 올리기 위한 기술 및 재정적 지원이 뒷받침될 필요가 있는데 이것은 근거 법령을 개정하기보다 지원사업을 통하여 이루어지는 것이 행정비용을 절감할 수 있는 방안일 것이다. 특히 이러한 기술지원과 관련하여서는 국립축산과학원의 전문성을 활용한 매뉴얼 구성 및 기술 보급과 중앙정부 및 지방정부의 재원을 활용한 시설(예, 교반장치) 지원 등을 구분하여서 설계할 필요가 있다.

□ 가축분뇨 유래 퇴·액비 수요를 위한 개선 방안

앞서 제시한 퇴·액비의 중금속 및 부속도 기준 강화는 궁극적으로 비료 소비 경종 농가의 신뢰도를 높이는 방법이기도 하지만 정량적인 기준 수준은 작물과 환경에 미치는 영향을 과학적으로 고려해서 결정하는 것이다. 그러므로 과학적 기준이 제대로 정립되어 있다면 실제 기준을 강화하는 것보다 수요 측면에서 경종 농가의 인식을 개선하는 것이 우선되어야 하는 부분이다. 실제로, 한살림 기술위원의 면담에서 친환경농자재 기준을 포함한 법적 품질 기준을 만족한 퇴·액비에 대해 친환경농산물 인증농가에서도 사용이 가능하다는 의견을 청취할 수 있었다.

이에 비해 가축분뇨 유래 퇴·액비의 원료 표시 강화는 외부 유입 원료나 음식물류 폐기물 등에 관한 부정적 인식을 가진 경종농가의 신뢰성을 높이기 위한 방안으로 실제 환경 영향과는 관계가 없는 부분이다. 가축분뇨 자원화시설 업체 및 축산환경관리원 전문가와의 인터뷰 결과, 경종농가가 가지는 가축분뇨 유래 퇴·액비 원료와 관련한 부정적 인식⁴⁴⁾은 해당 지역 외에서 유입되는 폐기물이 원료로 사용된다는 불안감(예, 도시 지역에서 유입되는 음식물류폐기물)과 중금속 함량이 높거나 미부속된 퇴·액비를 사용할 경우 땅을 오염시킨다는 인식이었다. 그러므로 부속유기질

44) 퇴·액비 살포의 어려움이나 양분 상태에 관한 부정적 인식은 원료보다 최종 비료 생산물과 관련한 부분이므로, 여기서 다루는 원료 관련 부정적 인식과는 구분하여 접근할 필요가 있다.

비료(퇴·액비)의 원료 표시 강화는 이러한 불안감을 낮추는 역할을 할 수 있다.

이것은 가축분 퇴·액비 성분표시제에도 적용이 된다. 퇴·액비는 유기물, 유용미생물, 미량원소 등을 함유하고 있음에도 불구하고 그 성분에 대한 표시가 제대로 되고 있지 않다. 현재 퇴비는 유기물 함량(30% 이상)에 대해서만, 액비는 N, P, K 합계(0.3%)에 대해서만 성분이 표시되어 있어 농가가 정확한 성분 정보를 알지 못하고 있어 화학비료 대체량이나 지력 개선을 위한 투입량을 산정하는 것을 어렵게 한다. 예를 들어, 네덜란드에서 수입되는 퇴비의 경우 원료 표시⁴⁵⁾를 정확하게 하고 있는데 최종 수요자의 신뢰도를 높이고, 작물 생장 및 토양질을 고려한 효율적인 비료 투입량 산정을 위해서 국내에서도 이러한 원료 표시를 강화하여야 한다.

경축순환의 환경적 편익을 고려한다면 가축분뇨 퇴·액비를 친환경농자재로 활용하여 수요처를 증가시키는 것을 고려할 수 있다. 현행 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」(이하 친환경농어업법)상 예외 조항을 통해 가축분뇨 퇴비만 친환경농자재로 인정하고 있다. 따라서 액비 수요 확대를 위해 친환경농어업법 및 유기농업자재 공시 기준에 액비를 포함하도록 관련 법령·고시를 개정할 필요가 있다(농림축산식품부 내부자료 2020. 8.). 다시 말하면 친환경농어업법 시행규칙 제3조(허용물질)에서 액비를 허용물질의 종류에 포함할 필요가 있다. 다만, 이러한 액비를 통해 재배된 농산물이 인증기준을 충족시킬 수 있도록 친환경(유기와 무항생제) 및 동물복지축산 인증 농장에서 발생되고, 비료공정 규격(농촌진흥청장 고시)상 가축분뇨 발효액의 기준을 충족시키는 데 액비에 대해서만 허용할 필요가 있다.

〈표 7-2〉 친환경농어업법 시행규칙 제3조(허용물질) [별표1] 개정(안)

관련법령	현행	개정
친환경농어업법 시행규칙 제3조 [별표1]	1) 토양개량과 작물 생육을 위하여 사용이 가능한 물질 가) 생략 나) 퇴비화 된 가축배설물	1) 토양개량과 작물 생육을 위하여 사용이 가능한 물질 가) 생략 나) 퇴비·액비화 된 가축배설물

자료: 축산환경관리원 내부자료(2020. 6.). 『지역단위 경축순환농업 활성화를 위한 제도개선(안)』.

45) 예를 들어, 네덜란드에서 수입되는 컬테라 스페셜 비료의 경우 포장지에 질소, 인산, 가리, 고토, 칼슘, 미량요소, 유기물 함량 비율을 표시하고 있다. (<https://www.xplant.co.kr/shop/item.php?it_id=1504594534>. 검색일: 2020. 11. 9.

초지를 통해 경축순환이 이루어지는 해외의 경우, 가축분뇨 퇴비 살포지를 확보해야 가축사육이 가능하다(예, 덴마크의 하모니룰(Harmony Rules)). 그러나 경종농가와 축산농가의 생산활동이 분리되고, 초지를 통한 경축순환이 이루어지기 어려운 국내의 경우에는 가축사육업자가 살포지를 확보하는 것이 농가 내 의사결정이 아니라 농가 밖 이해당사자와의 협의나 계약을 통해 이루어지기 때문에 상대적으로 살포지 확보가 어려울 수 있다. 그러므로 가축분뇨 유래 퇴·액비 수요 확보를 지역 내 물질이동 관점에서 촉진하기 위해서는 축산농가와 경종농가, 자원화 업체를 중심으로 한 협의체 구성과 협의체를 통한 의견 조율이 더 중요해진다.

현행 가축분뇨법 제22조 제1항에 따르면 시장·군수·구청장은 퇴·액비 유통협의체를 “구성·운영할 수 있다”라고 되어 있지만 강제력이 없는 관계로 형식적으로 되고 있는 실정이다. 유통협의체는 퇴·액비의 이용 및 유통 촉진을 통해 경축순환 농업을 활성화하는 데 매우 중요하므로 이를 의무화할 필요가 있다. 따라서 가축분뇨법 제22조 제1항을 아래와 같이 퇴비·액비유통협의체를 “구성·운영하여야 한다”로 개정할 필요가 있다.

〈표 7-3〉 퇴비·액비 유통협의체 구성·운영 의무화

관련법령	현행	개정
가축분뇨법 제22조 (퇴비·액비의 유통 활성화)제1항	① 시장·군수·구청장은 관할구역에서 생산되는 퇴비·액비의 이용 및 유통을 촉진하기 위하여 축산업자·경작농가·생산자단체 등으로 구성되는 유통협의체(이하 "퇴비·액비유통협의체"라 한다)를 구성·운영할 수 있다.	① 시장·군수·구청장은 관할구역에서 생산되는 퇴비·액비의 이용 및 유통을 촉진하기 위하여 축산업자·경작농가·생산자단체 등으로 구성되는 유통협의체(이하 "퇴비·액비유통협의체"라 한다)를 구성·운영하여야 한다.

자료: 축산환경관리원 내부자료(2020. 6.). 『지역단위 경축순환농업 활성화를 위한 제도개선(안)』.

2.1.2. 농산부산물 자원화 및 이용 활성화를 위한 법/제도 개선

□ 농산부산물 사료 공급을 위한 개선 방안

유기성폐기물의 관점에서 본다면 가축분뇨뿐만 아니라 농산부산물도 자원으로로서 활용할 가치가 있다고 볼 수 있다. 강재원 외(2004: 3)에서는 유기성폐기물을

“생물에 유래한 동식물성의 폐기물로서 유기물의 함량이 40% 이상인 폐기물”로 정의하고, 유기성폐기물의 발생원과 관리 주체가 다양하며 명칭조차 통일되지 못하고 있음을 지적한 바 있다. 강재원 외(2004: 3)는 농업부산물을 유기성폐기물의 일부로 보고, 생산지에서 토양 및 환경으로 환원, 부가가치가 있는 부분의 사료 및 퇴비화, 특수용도로 회수되는 것으로 분류하였다. 이 중 본 연구의 경축순환 분석에서 고려하는 부분은, 경종 농가의 1차 생산 활동에서 발생하는 부산물 중에서 사료화 부분이다. 문제는 농산부산물 또한 환경부의 「폐기물관리법」을 통해 유기성폐기물의 일부로 관리되지만 많은 부분이 음식물류폐기물 처리 및 활용에 초점을 맞추고 있다는 점이다. 또한 농림축산식품부의 기존 정책은 축산부산물인 가축분뇨 자원화에 초점을 맞추어 와, 상대적으로 농산부산물의 자원화에 관한 제도 정비나 지원사업 도입에는 소홀한 면이 있다.

이런 점은 관계 법령의 유무에서도 확인된다. 가축분뇨의 경우 「가축분뇨법」, 산림 바이오매스의 경우 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」, 식품산업 발생 유기성폐기물의 경우 「폐기물관리법」으로 관리가 되지만 경종농가에서 발생하는 농산부산물을 관리하는 (가칭) 「농산부산물 관리 및 이용에 관한 법률」은 부재한 상황이다. 관계 법령으로 바이오고형연료(Bio-SRF) 이용에 관한 「자원의 절약 및 재활용 촉진에 관한 법률」이 있지만 농산부산물의 재활용과는 다소 거리가 있다. 그러므로 장기적인 관점에서 「농산부산물 관리 및 이용에 관한 법률」을 지정하여 경종 농가에서 발생하는 부산물의 사료 및 퇴비화, 에너지화를 총괄하도록 하는 것이 경축순환을 통한 순환농업 체계 구축에 필요할 것이다.

농산부산물의 사료화와 관련해서는, 현행 「사료 등의 기준 및 규격」(시행 2019. 10. 24., 농림축산식품부고시 제2019-58호)을 참고 가능하다. 동 고시에서는 단미 사료의 원료를 [별표 1]에서 정하고 있다. 여기에는 강피류(곡물부산물류), 박류(단백질류), 식품가공부산물류, 섬유질류 기타를 사용할 수 있도록 규정하고 있고, 동 고시 [별표 5] 단미사료의 품목별 기준 및 규격에서 각 원료에 관한 기준과 규격을 제시한다. 가축분뇨 퇴·액비 품질 제고에 관한 경종농가의 요구가 있는 것과 마찬가지로, 농산부산물 사료에 대해서도 축산농가에서 요구하는 것은 법적 기준 및

규격에 부합하되 높은 수준의 품질을 유지하는 것이다. 그러므로 제도적 측면에서 농산부산물 사료 공급 활성화는 기존 법적 기준을 준수하면서 고품질 농산부산물 사료가 생산될 수 있도록 지원하는 정책이 적극적으로 도입될 필요가 있다.

□ 농산부산물 사료 수요를 위한 개선 방안

기존에 가축분뇨 퇴·액비 이용 활성화 부분에서의 자원화 업체 및 경종농가 참여 방안에 관한 논의는 많았지만, 상대적으로 농산부산물 사료 이용 활성화 부분에서의 자원화 업체 및 축산농가 참여 방안에 관한 논의는 이루어지지 않았다. 그럼에도 불구하고, 농림축산식품부는 2016년 영세한 농산부산물 사료제조업체의 경우 「사료관리법」에 근거한 사료제조업 등록을 면제하도록 시행규칙을 개정한 바 있다. 이러한 제조업체에 관한 부분이 「사료관리법」과 「폐기물관리법」에서 모두 다뤄지며 그 관리 부처가 나뉘어 있다는 점에서도 앞서 언급한 「농산부산물 이용 및 활용에 관한 법률」을 제정하여 통합관리가 이루어지도록 할 필요가 있다.

2.2. 경제적 수단

2.2.1. 자원화를 위한 인프라 지원 및 시설유지관리 사업 확대

가축분뇨 및 농산부산물을 자원화하기 위해서는 자원화 인프라가 필요하다. 또 퇴·액비 부숙도 기준 강화로 부숙도 기준을 충족시키기 위한 시설이 필요하나 축산농가 조사 결과, 6,890농가가 퇴비 부숙도 관리를 위해 교반 장비 및 퇴비사가 부족했다(농림축산식품부 보도자료 2020. 7. 6.). 따라서 공동자원화시설 등 가축분뇨 전문 처리시설과 퇴비 부숙도 수준⁴⁶⁾ 향상을 위한 공동퇴비장 등 마을형 퇴

46) 가축분뇨법에서는 부숙중기까지 퇴비를 부숙하도록 규정하고 있지만, 최근 축산 약취 민원이 빠르게 증가하고 있는 상황에서 부숙도 수준을 부숙후기나 부숙완료로 높일 필요가 있다(김현중 외 2020).

비자원화 시설을 확충할 필요가 있다(김현중 외 2018).

가축분뇨 자원화업체 설문에서는 애로사항으로 ‘퇴·액비 살포 인력 및 장비 운영 비용’(23.3%)을 두 번째로 많이 선택하였다. 김현중 외(2018)는 재정지원액이 1억 원 증가하면 자원화 물량은 약 9천 톤 증가하는 것으로, 재정지원액이 1% 증가하면 자원화율은 0.08%(퇴비화율 0.01%, 액비화율 0.96%) 증가한다고 분석한 바가 있으므로, 국가적으로 제고해야 하는 가축분뇨 자원화율에 관한 목표에 따라서 재정지원의 규모를 검토할 필요가 있을 것이다.

전문가를 대상으로 저해 요인을 분석한 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인에선 ‘자원화시설 설치를 위한 자부담 비용이 큼’이 2순위로 나타났으며, 농식품부산물의 사료화의 경제적 요인에선 ‘사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)’이 1순위로 나타나 자원화 시설 초기시설비 지원 비중을 보다 더 확대할 필요가 있는 것으로 보인다.

또한 전문가 조사 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인에서 ‘자원화 시설의 높은 운영 비용’이 저해 요인 1순위로 나타났다. 한바이오가 조사한 강원도 횡성군 공동자원화 시설업체의 운영 현황자료에 따르면, 2019년 기준 8,660만 원의 적자가 발생하였고, 결국 이 업체는 운영을 중단한 것으로 나타났다. 시설 노후화가 운영 비용을 증가시키는 요인이 되고 있으므로 노후화된 시설을 개선할 수 있도록 지원을 확대시킬 필요가 있다. 그러나 경축순환이 주는 사회적 편익과 비교할 때 이러한 지원이 과도하게 필요하다면, 가축분뇨 자원화 활용에만 중점을 두는 것이 아니라 정화처리하여 환경관리를 하는 것도 고려할 필요는 있다.

그리고 서천지역 현장 면담에서와 같이, 영농법인을 중심으로 생성된 지역 내 자원순환농업단지의 경우에는 그 규모가 확대되거나, 다른 지역에서도 적절한 규모의 경축농가가 연계된다면 경축순환농업을 확대할 수 있을 것으로 기대된다. 단, 이때에도 마을공동퇴비사와 같은 법인에서 운영하는 중소규모 자원화 시설의 유지관리비는 확보가 되어야 할 필요성이 제기되어 향후 정부의 지원이나 혹은 경영비를 절감하거나 농축산물 품질을 높일 수 있는 농가의 비용 부담에 관한 논의가 필요함을 시사하였다.

현재 추진되고 있는 경축순환농업 관련 사업으로 가축분뇨처리지원 사업과 조
사료생산기반구축 사업이 있다. 가축분뇨처리지원 사업의 경우는 운영의 어려움
이 있는 것으로 나타났으며, 조사료생산의 경우 경제성이 부족한 것으로 조사되
었다. 따라서 이러한 사업을 잘 추진하고 있는 단지를 선별하여 인센티브를 부여
한다면 경축순환농업 활성화에 기여할 수 있다.

또한 현재 액비 살포비는 면적을 기준으로 ha당 20만 원 내외로 중앙정부와 지
자체가 지급하고 있다. 하지만 토양검정 결과에 따라서는 액비 살포가 추가적으
로 2회 이상 이루어질 수 있으나 면적으로만 지원하다 보니 추가 살포비 지원은 받
지 못하고 있다. 액비 제조 시 원심분리, 유기물 산화, 폭기 등 몇 가지 과정을 거치
는 동안 농도가 낮은 액비가 만들어지고 이러한 저농도 액비는 많은 양이 살포되
고 있는 실정인 바 살포량에 비해 지원금액이 너무 적은 것으로 판단된다(김현중
외 2018). 따라서 향후 경축순환농업 활성화를 위해서는 시비처방을 근거로 하여
면적 기준이 아닌 살포량 기준으로 살포비를 지원하는 방안을 모색할 필요가 있
다. 또한 퇴비 살포비의 경우 액비살포비가 차등지급되기 전의 액비 살포비를 준
용하여 현재 20만 원(/ha)이다. 하지만 퇴비의 경우 굴삭기, 트럭, 트랙터 및 살포
기 등 액비 살포에 더 많은 장비 또는 인력이 필요하므로 이러한 비용을 고려하여
퇴비 살포비를 현실화할 필요가 있다.

2.2.2. 축산환경지불 정책과의 연계

전문가를 대상으로 저해 요인을 분석한 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요
인에 ‘자원화시설의 높은 운영 비용’이 1순위로 꼽혔다. 경축순환농업은 토질 및
수질 개선, 대기질 개선, 생물다양성 증진 등 다양한 환경적 개선효과가 있다. 가
상가치평가법을 통해 분석한 결과, 충남 서천군의 경축순환농업단지화 되었을 경
우를 가정하면 ha당 157만 원의 경축순환농업에 의한 농업환경 개선 가치가 있는
것으로 산정되었다.

경축순환농업을 실천하는 경우 적절한 인센티브 지급은 농업환경지불 정책을

통해 이루어질 수 있다. 농업환경지불 정책이란 목표로 하는 환경질 달성이나 정책적으로 이행하기를 희망하는 농가 행동 변화를 목표로 하여, 해당 행위로 인해 발생하는 추가 비용 및 소득 손실을 보상하는 제도다. 지불금 단가는 환경적 편익을 고려하여서도 설정이 가능하지만 추가 비용 및 소득 손실분과는 다르게 환경적 편익 부분은 국민이 가지는 주관적 가치에 따라서 변화할 수 있어 단가 설정에 있어서 사회적 합의가 선행되어야 한다.

2020년 5월부터 도입된 공익형직불제 중 선택형 공익직불은 이러한 농업환경지불 정책의 성격을 가진 것으로 보이기 때문에 향후 선택형 공익직불을 경축순환 축진에 적극 활용할 수 있다. 대동물 사육농가에 비해 경종 전문 농가의 유기질비료 한계생산성과 화학비료 대체효과가 더 컸던 계량분석 결과를 고려한다면, 직불제를 통한 경종 전문 농가를 대상으로 한 유기질비료 사용 인센티브 지급은 화학비료 대체효과 및 나아가 양분 과잉을 비용효과적으로 줄일 수 있는 방안이 될 수 있다.

경종 전문 농가와 다르게 축산농가를 대상으로 한 공익형직불제 설정은 기본형 공익형직불에서 준수해야 하는 교차준수(cross-compliance) 설정 가능 여부, 가축 분뇨를 환경오염 물질로 관리함에 있어서 사회적으로 오염자부담원칙 적용에 관한 목소리가 큰 점을 고려할 때, 공익형직불제가 아닌 별도의 축산환경지불 정책을 통하여 축산농가가 경축순환에 참여하도록 유도해야 할 것이다.

2.3. 기술적 수단

농가들이 자원화된 비료와 사료를 이용하도록 하려면 고품질의 균일한 퇴·액비 및 사료를 생산해야 한다. 작물과 가축의 생산성 및 품질을 높일 수 있고 안전한 농축산물을 생산할 수 있는 비료와 사료 자원화 기술을 개발할 필요가 있다. 더 나아가 국내 수요 창출을 위해서뿐만 아니라 중장기적으로 퇴비를 수출할 수 있도록 고품질 생산기술을 개발할 필요가 있다.

퇴·액비 품질 제고와 관련해서는 앞서 말했듯이 부숙도 및 중금속 기준을 강화

하고 이를 준수하기 위한 기술적 지원이 뒷받침되어야 한다. 최근 강화된 퇴비 부속도 기준 이외 중금속 기준의 경우에는 기준 강화의 필요성을 과학적 관점에서 먼저 검토해야 할 것이다. 특히 구리와 아연이 논란이 되는데, 사료용 구리, 아연의 대체물질 개발이나 배설된 분뇨 내 구리, 아연 저감 기술은 현재 개발된 것이 없으므로 장기적 연구개발 과제로 진행해야 할 것이다.

고품질 농산부산물 사료 제조 및 이용은 기존 단미사료 및 배합사료 연구개발 속에서 함께 병행해야 하는 부분이다. 특히 대전 석청농장의 사례를 보면, 농가에서 자발적으로 각종 농산부산물을 수집하여 민간 연구소 성분 분석을 통해 그 원료별 영양 성분을 조사하고, 이것을 국립축산과학원에서 개발한 한우농가 자가 배합사료 프로그램⁴⁷⁾을 적극 활용하여서 생산성과 수익성을 모두 확보하고 있었다. 농산부산물 사료를 적극 활용한 사례를 찾기 어려우므로, 하나의 사례이지만 기존 사료 배합에 관한 기술 활용의 중요성을 보여주는 예라고 할 수 있다. 그러므로 토양 검정 및 시비처방서 발급과 같이, 축산 사료 부문에서도 원료 검정 및 배합사료 프로그램을 적극 활용하도록 홍보 및 교육을 하는 것이 중요하다고 할 수 있으며, 이것은 신규 기술 개발을 필요로 하는 부분은 아니다. 또한 농산부산물 사료를 생산하는 업체나 축산농가에서의 자가 배합기술 전문성이 부족하면 균등한 품질의 사료가 생산되기 어렵다는 점에서 자원화 주체를 대상으로 한 기술 교육도 필요하다.

고품질 비료와 사료의 제조뿐만 아니라 이용기술도 개발할 필요가 있다. 또한 자원화를 위한 매뉴얼을 개발하고 이용의 편의성을 제고시킬 필요가 있다. 매뉴얼 개발은 기술적, 환경적 개선과 함께 축산 및 경종농가의 비용, 민원문제를 일정 부분 해소할 수 있을 것이다. 매뉴얼 내용으로는 다음의 것을 포함할 수 있다(최홍림 외 2012).

47) 현재 2019년 4월 배포된 TMR 배합비 프로그램이 가장 최신 버전으로 확인된다. 농촌진흥청 국립축산과학원 홈페이지. “농가활용 프로그램”(<<http://www.nias.go.kr/front/researchUtilizeBoardView.do?cmCode=M090918001117679&cntntsNo=8515&columnName=title&searchStr=>>). 검색일: 2020. 11. 9.

자원화 매뉴얼

- 액비생산공정의 표준화를 위한 고액분리 등의 전처리 기술 확립
- 비효가 높은 균질한 액비 생산 공정, BOD COD를 액비 살포량 설정 시 중요 인자로 고려
- 퇴비 품질에 대한 정확한 기준 제시
- 최소의 탄질비 규정
- 토양 염류 집적도에 영향을 미치게 되는 다른 종류의 염류에 관한 기준 제시
- 주기적으로 온도 측정하여 필요에 따라 추가적 교반 필요 등

자료: 최홍림 외(2012).

또한 지역 내 중소 규모 경축순환 고리를 확립하기 위해서는 경제성을 고려한 적정 수준의 경종 및 축산농가 규모를 산정하고 이를 연계하는 의사결정이 중요하다. 그러므로 농가 혹은 지자체를 대상으로 이러한 적정 규모 산정을 도울 수 있는 매뉴얼이나 가이드라인, 혹은 의사결정 프로그램이 지원될 필요가 있다. 또한 농가 혹은 마을 자체 제작 부숙유기질비료의 품질을 높이기 위한 기술지원도 함께 고려할 필요가 있다.

가축분뇨 퇴·액비화의 사회적 요인에선 ‘자원화 시설 유치 관련 민원 발생’이 1순위로, ‘퇴·액비 사용 관련 민원 발생(악취 등)’이 2순위로 각각 나타났다. 따라서 향후 경축순환농업을 활성화시키기 위해선 악취를 저감시킬 수 있는 기술개발이 동시에 요구된다.

경축순환농업과 스마트팜의 연계방안도 생각할 수 있다. 특히 자원화 시설의 경우 전문 노동력 확보가 쉽지 않기 때문에 정보통신기술을 활용하여 자원화시설을 운영하는 것도 중장기적으로 고려할 수 있는 대안이다.

2.4. 사회적 수단(정보 공유·교육·홍보)

2.4.1. 경축순환농업 관련 이용정보공유 플랫폼 구축

농식품부산물의 경우 어떻게 처리되고 있는지 현황자료가 부재하며, 가축분뇨의 경우는 자원화에 대한 정확한 모니터링이 되고 있지 않은 것이 현실이다. 농식품부산물의 사료화의 경제적 요인에서 ‘농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)’이 2순위로 나타났다. 또한 국내산 조사료 생산 및 이용의 경제적 요인에서 ‘생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음’이 3순위로 나타났다. 따라서 원료 관련 정보를 공유할 수 있는 시스템을 구축함으로써 농가들의 원료 확보에 있어서 안정성을 확보할 수 있도록 해야 한다. 플랫폼을 통해 제공할 수 있는 정보로는 퇴비 발생량 및 살포량, 이동 경로, 농식품부산물 발생량 등이다. 시스템 구축은 정보 비용 절감, 접근성 제고 등을 통해 경축순환농업을 획기적으로 활성화시킬 것이다.

2.4.2. 경축순환농업에 대한 인식 전환 및 교육

전문가의 경축순환농업 저해 요인을 보면 민원 발생이 저해도가 매우 높다. 악취 저감기술과 함께 경축순환농업이 농업환경에 미치는 긍정적인 효과에 대해 집중적으로 교육할 뿐만 아니라 경축순환농업이 경우에 따라서는 악취를 저감시킬 수 있는 농업이라는 점을 교육할 필요가 있다.

유희지를 활용한 시범포(교육홍보포)를 통해 경종농가와 소비자의 홍보 및 교육이 필요하다. 시범포 내용으로는 가축분뇨 수거, 처리, 살포되는 과정 설명회 및 시연회, 퇴·액비의 성분, 토양, 작물에 미치는 영향에 관한 교육 등을 포함할 수 있다(최홍림 외 2012). 지역단위의 현장에서 방문이나 견학을 통해서 실시하며, 이런 농가교육 및 협의 활동을 지원하기 위한 예산 항목을 신설할 필요가 있다.

한돈 자조금을 활용하여 경종농가를 대상으로 하는 액비 홍보 사업 검토가 필요하다(최홍림 외 2012). 농민신문 등에 광고를 내거나 우수사례, 액비 효용 등을 소개하는 기획 기사를 실어 액비에 대한 인식을 개선할 필요도 있다.

퇴·액비와 TMR 사료 이용으로 인한 부정적 위험을 줄이기 위해서는 현장 기술 교육을 확대함과 동시에 농업기술 컨설팅을 제공할 필요가 있다. 시비처방서를 기초로 적정 양분이 작물에 공급될 수 있도록 해야 하며, 권장되는 급여 체계에 맞추어서 사료를 가축에게 공급해야 부정적인 결과를 얻지 않고 경축순환농업의 효과를 극대화할 수 있다.

2.5. 추진체계 및 역할분담

경축순환농업을 누가 먼저 추진할 것인지가 중요한 문제로 대두된다. 서천 사례의 경우 농업인들이 자발적으로 연계한 가운데 충남도와 서천군의 지원을 받았고, 철원 사례의 경우 철원군의 위탁을 받은 김화농협, 그리고 한바이오 컨설팅 회사가 연계하였으며, 석청농장은 개인적으로 추진한 사례이다. 각 사례의 특성이 다르기 때문에 일반화하기 어렵지만 결국 자원화시설이라는 고비용의 투자가 수반되기 때문에 중앙정부가 컨트롤 타워 역할을 해야 한다. 앞서 기본 방향에서 제시한 대로 지역단위(가칭)경축순환농업협의체가 만들어져서 실질적으로 경축순환농업을 추진할 수 있도록 해야 한다. 이 협의체는 중앙정부 정책 담당자, 지자체 정책 담당자, 농촌진흥청 전문가, 농협 관계자, 축협 관계자, 경축순환농업 학계 전문가, 현장 경종 및 축산농가 등으로 구성할 수 있다.

중앙정부와 지방정부는 우선 이 협의체를 만드는 데 관여해야 하고, 또한 협의체 운영을 위한 제반 비용을 지원해야 한다. 경축순환농업 협의체는 지역별 최적 모델을 선정할 뿐만 아니라 연계 시스템(네트워킹시스템)을 구축하는 역할을 담당하고, 또한 어느 주체가(누가) 주도적으로 추진할 것인지 등을 정하는 정책 협의회 역할을 겸할 수 있다. 그뿐만 아니라 경축순환농업의 경제적 및 환경적 영향을 평가하고, 퇴·액비화업체, 사료화업체, 경종농가, 축산농가 간 이해관계가 대립될 때 조정하는 역할을 담당해야 한다. 더 나아가 모니터링을 통해 문제점을 발견하고 정책 피드백을 줄 수 있다.

제8장

요약 및 결론

요약 및 결론

경축순환농업은 농식품부산물과 가축분뇨를 자원으로 활용함으로써 농업환경을 보존하고 경제적인 이익을 창출하는 농업으로 제시되고 있다. 하지만 자원화 업체의 운영난, 자원화된 비료에 대한 수요 부진, 퇴·액비화 시설 설치에 대한 민원 발생 등으로 활성화되지 못하고 있는 것으로 파악된다. 이 연구는 최근에 지속 가능한 농업의 수단으로 부각되고 있는 경축순환농업의 개념 및 필요성을 살펴보고, 경축순환농업의 경제·환경적 편익 분석, 저해 요인 분석을 기초로 경축순환농업의 활성화 방안을 제시하기 위해 수행되었다.

이 연구는 경축순환농업의 경제적 편익 분석을 위해 비용편익 분석 방법론을 적용하였고, 또한 경제적 및 환경적 편익 분석의 기초가 되는 유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수(Directional Distance Function)를 추정하였다. 또한 환경적 편익 분석을 위해 가상가치평가법(Contingent Valuation Method: CVM)을 적용하였다. 경축순환농업의 실태를 파악하기 위해서 가축분뇨 퇴·액비화 업체, 농식품부산물 사료화 업체를 대상으로 설문조사방법론을 적용하여 그 실태를 분석하였다. 그뿐만 아니라 경축순환농업 관련 전문가를 대상으로 AHP 설문조사를 실시하였으며 이를 통해 경축순환농업의 저해 요인을 분석하였다. 더 나아가 축산환경관리원 담당자와 충남 서천군 기산면 소재 경축순환농업단지 관계자, 그리고 퇴·액비화 및 사료화업체 담당자와의 심층 면담조사를 실시하였다.

양분 투입 현황을 살펴본 결과, 화학비료 사용량(ha당)이 2011년 이후 연평균

1.8% 증가하고 있는 가운데, 가축분뇨 발생량, 부산물비료 생산량이 증가하고 있어 토질 및 수질오염 가능성이 여전히 높은 것으로 나타났다. 이에 따라 가축분뇨에 대한 규제가 강화되고 있으며, 파리기후변화협약하에서 온실가스 감축 의무를 이행해야 하는 것으로 나타났다. 비료비와 사료비가 생산비에서 차지하는 비중이 2019년 기준 각각 9.9%, 35.8%인 가운데 그 비중이 소폭 확대되고 있다. 그뿐만 아니라 화학비료와 배합사료 원료 대부분을 해외에 의존하고 있는 가운데 금융위기, 전염병 세계 대유행, 이상기후와 같은 글로벌 위기로 가격 상승의 위험에 직면해 있다. 이와 같은 환경적 의무와 생산비 부담은 지속가능한 농업의 걸림돌로 작용하고 있다.

경축순환농업은 가축분뇨와 농식품부산물을 자원화하여 비료와 사료로 이용하기 때문에 토질과 수질오염을 저하시키게 되며, 온실가스 배출을 감소시키게 된다. 따라서 경축순농업은 환경적 의무 이행에 유리하다. 농식품부산물과 가축분뇨를 자원화하여 배합사료와 화학비료를 대체하는 효과가 있으며, 지역 내 혹은 국가 내 자원을 활용하기 때문에 해외 의존도를 낮추게 되고 결과적으로 글로벌 리스크를 줄일 수 있다. 이와 같이 경축순환농업은 환경적, 경제적 측면에서 지속가능한 농업을 가능하게 한다.

경축순환농업의 경제적 편익을 추정하기 위해 충남 서천군의 벼-한우 상호순환 사례와 강원 철원군의 가축분뇨 자원화 사례에 대해 분석한 결과 모두 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 한편 편익이 양이 되는 시점은 서천이 5년 차, 철원이 13년 차로 나타났으며, 초기 투자 비용이 클수록 양이 되는 시점은 늦어지는 것으로 나타났다. 충남 서천군 사례의 경우에 대해서는 토질·수질·대기질 개선, 생물다양성 증진, 경관 보전 등 환경적 편익을 가상가치평가법(CVM)을 적용하여 분석하였다. 지불의사액은 평균값(절단) 기준 13,960원(연/가구당)이었으며, 경제적 편익은 207억 원으로 계산되었다. 따라서 경축순환농업의 편익은 경제적 편익뿐만 아니라 농업환경 개선 편익도 함께 고려해야 하며, 이를 근거로 일반 국민들의 인식 전환과 경축순환농업의 지원 정책을 추진할 수 있다.

유기질비료의 화학비료 대체효과를 분석하기 위해 방향거리함수를 추정한 결

과, 벼재배와 대동물 사육을 같이 하는 농가들의 경우 유기질비료의 한계생산성이 높지 않은 것으로 나타났다. 반면 대동물을 사육하지 않고 벼재배만 하는 농가들의 경우 상당한 수준의 유기질비료 한계생산성을 보여주었다. 또 후자의 농가에서는 두 가지 유형 비료의 대체탄력성이 0.147 정도의 추정치를 보였다. 결과적으로 대동물 사육 농가의 농가 내 경축순환은 오히려 양분 과잉을 불러와서 양분이 환경을 오히려 악화시킬 수 있다. 반면에 비사육농가의 경우 화학비료의 대체를 통해 지역 내 양분의 과잉축적을 줄임에 따라 농업환경에 미치는 긍정적인 영향을 기대할 수 있다.

경축순환농업 관련 사업을 평가한 결과, 가축분뇨처리지원사업은 자원화 업체의 운영비가 높고, 퇴·액비의 수요가 부진하다는 점이 애로사항으로 지적되고 있고, 광역친환경농업단지사업은 지역 내에서 친환경경종과 친환경축산의 규모가 다르고, 해당 지역 농업인의 참여도 및 관심도가 낮아 원활하게 추진되지 못하는 것으로 나타났다. 또 산지생태축산농장 조성사업의 경우 초지 조성 및 관리에 대한 비용부담이 높고, 과다 방목 시 환경오염 및 산림 훼손이 발생하기 때문에 사업 추진이 어려운 것으로 나타났다.

가축분뇨 공동자원화 시설 운영 주체 설문조사 결과, 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 낮은 점, 시설 노후화에 따른 관리 비용 증가, 분뇨수거료 인상의 어려움, 퇴·액비 수요의 계절성 등이 애로사항으로 나타나 고품질 기술개발, 수요처의 다변화 등 퇴·액비 수요 확대를 위한 노력, 시설 노후화 해소, 분뇨수거료의 현실화 등 적절한 방안이 필요한 것으로 나타났다. 농식품부산물 자원화 시설 운영 주체 설문조사 결과, 초기 시설 설치를 위한 높은 자부담 비용, 농식품부산물 원료의 높은 확보 비용, 농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움, TMR 사료 품질에 대한 축산 농가들의 부정적인 인식 등이 애로사항으로 나타나 시설 설치비 지원 확대, 농식품부산물 원료의 안정적 공급, TMR 사료 품질 개선을 위한 기술개발 등 관련 정책의 추진이 필요한 것으로 나타났다.

전문가들을 대상으로 경축순환농업의 저해 요인을 질문한 결과, 가축분뇨 퇴·액비화의 경제적 요인(18.2%), 농식품부산물 사료화의 경제적 요인(16.1%), 국내

산 조사료 생산 및 이용의 경제적 요인(16.1%), 가축분뇨 퇴·액비화의 사회적 요인(14.7%) 등의 순으로 나타났다. 보다 하위의 저해 요인을 살펴본 결과 가축분뇨 자원화 시설의 높은 운영 비용, 농식품부산물 사료화를 위한 높은 초기 투자 비용, 국내산 조사료 재배의 낮은 경제성, 가축분뇨 자원화 시설 유치 관련 민원 발생 등이 우선순위로 제시되었다. 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 전문가들의 인식을 기초로 가축분뇨 퇴·액비화 시설의 운영 비용 지원, 농식품부산물 사료화의 초기 투자 비용 지원 확대, 농식품부산물 원료 확보 관련 정보 공유 플랫폼 구축, 악취 저감 기술개발 등을 고려할 수 있다.

경축순환농업은 환경적 의무 이행에 유리하며, 생산비 절감효과가 있어 지속가능한 농업에 부합하며, 우수사례를 분석한 결과, 경제적 및 환경적 편익이 있는 것으로 나타났다. 하지만 중앙정부에서 추진한 관련 사업들을 살펴보고 자원화업체들, 전문가들을 통해 실태를 파악한 결과 많은 저해 요인이 있는 것으로 나타났다. 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 이러한 저해 요인을 극복할 수 있는 다양한 법/제도적, 경제적, 기술적, 사회적 측면의 활성화방안을 마련하고 추진할 필요가 있다. 가축분 퇴·액비의 수요 확충을 위해 현행 친환경농어업법상 예외 조항을 통해 액비도 친환경농자재로 인정, 퇴·액비 살포비 지원 확대, 퇴비·액비유통협의체 구성·운영 의무화, 비료성분 표시제 도입 등이 필요하다. 가축분뇨 및 농식품부산물 자원화를 위한 인프라 확대가 필요하고, 시설 유지 확대 방안을 도출할 필요가 있다. 자원화 시설의 높은 운영비를 고려하여 우수 운영사례에 대해 인센티브를 지급하거나 공익형직불제와 연계하여 운영비를 지원하는 방안을 마련할 필요가 있다. 자원화 원료 및 제품 확보에 있어서 안정성을 확보할 수 있도록 관련 정보를 공유할 수 있는 시스템을 구축할 필요가 있다. 시스템 구축은 정보 비용 절감, 접근성 제고 등을 통해 경축순환농업을 획기적으로 활성화시킬 것이다. 자원화된 비료와 사료 이용 확대를 위해 품질 제고는 필수적이므로 관련 기술개발을 추진할 필요가 있고, 농가 컨설팅 제공을 통해 자원화된 비료와 사료를 알맞게 이용하게 함으로써 작물 혹은 가축에 미치는 부정적 영향을 최소화하고, 환경적, 경제적 측면에서 경축순환농업의 제 효과가 나타나게 해야 할 것이다.

이 연구는 경축순환농업을 가축분뇨의 퇴·액비화, 농식품부산물의 사료화를 중심으로 다루었다. 음식물 폐기물의 사료화 또는 퇴비화도 순환경제의 중요한 부분이지만 이 연구에서는 경종 혹은 축산농가의 1차 생산에서 발생하는 부산물에 초점을 맞추다 보니 음식물 폐기물이 분석 대상에서 제외되면서 보다 광의의 경축순환농업을 다루지 못한 한계가 있다. 음식물 폐기물을 포함한 보다 광의의 경축순환농업은 별도의 연구 과제로 남겨놓고자 한다. 또한 자원화 가운데 에너지화도 중요한 연구 대상이지만 경종과 축산이 상호 순환하는 경축순환의 범위를 벗어나는 것으로 판단하여 본 연구에는 포함시키지 않았다. 하지만 가축분뇨, 농식품부산물, 음식물 폐기물의 에너지화는 현재 추진되고 있는 그린뉴딜의 핵심적인 내용이므로 향후 관련 연구가 추진될 필요가 있다. 더 나아가 경축순환농업의 유형별(주체별, 자원화 방법별 등) 저해 요인을 분석한다면 보다 더 실효성 있는 정책 도출이 가능하다고 판단되며 이 또한 추후 연구에서 다루어질 필요가 있다.

농산부산물 및 가축분뇨 발생량

〈부표 1-1〉 국내 농산부산물의 잠재발생량 조사(2019년 기준 생산량)

단위: 톤

분류	구분	생산량	부산물	전환계수	연간발생량	비중
미곡	논벼	5,015,237	벼짚	1.020	5,115,542	58.1
			왕겨	0.177	887,697	10.1
	밭벼	846	벼짚	1.062	898	0.0
			왕겨	0.236	200	0.0
	기타	5,016,083	미강	0.080	401,287	4.6
			청미	0.0055	27,588	0.3
쇄미			0.0064	32,103	0.4	
맥류	겉보리	50,082	보리짚	1.230	61,601	0.7
			보리기울	0.305	15,275	0.2
	쌀보리	104,750	보리짚	0.662	69,345	0.8
			보리기울	0.240	25,140	0.3
	맥주보리	45,172	보리짚	0.690	31,169	0.4
			보리기울	0.200	9,034	0.1
밀	25,788	밀짚	0.708	18,258	0.2	
		밀기울	0.140	3,610	0.0	
잡곡류	메밀	2,908	메밀짚	1.278	3,716	0.0
	콩	105,340	줄기	1.000	105,340	1.2
			깍지	0.417	43,927	0.5
	팥	5,640	줄기	1.079	6,086	0.1
			깍지	0.368	2,076	0.0
	녹두	2,083	줄기	1.092	2,275	0.0
깍지			0.404	842	0.0	
옥수수	78,012	줄기	1.189	92,756	1.1	
특용작물	느타리	66,039	폐배지	8.7	574,539	6.5
	팽이	33,416	폐배지	9.4	314,110	3.6
	새송이	44,098	폐배지	6.5	286,637	3.3
유지작물	땅콩	11,002	줄기	1.780	19,584	0.2
			깍지	0.278	3,059	0.0
근채류	고구마	305,304	줄기	0.850	259,508	2.9
	감자	630,140	줄기	0.180	113,425	1.3
	마늘	387,671	줄기	0.713	276,409	3.1
합계					8,803,035	100.0

주: 잠재발생량은 생산량에 전환계수를 곱하여 산정됨.

자료: 구교영 외(2016)를 2019년 생산량 자료를 이용하여 업데이트함.

〈부표 1-2〉 연도별 가축분뇨 발생량 및 처리현황

단위: 천 톤, %

연도	가축분뇨 발생량	자 원 화			정화방류		해양 배출	기타 (증발 등)
		소계	퇴비	액비	개별 처리	공공 처리장		
2010	46,534 (100)	40,286 (86.6)	37,220 (80.0)	3,066 (6.6)	1,427 (3.1)	2,727 (5.9)	1,070 (2.3)	1,024 (2.2)
2011	42,685 (100)	37,396 (87.6)	34,393 (80.6)	3,003 (7.0)	1,527 (3.6)	2,057 (4.8)	767 (1.8)	938 (2.2)
2012	46,489 (100)	41,236 (88.7)	37,656 (81.0)	3,580 (7.7)	1,999 (4.3)	2,211 (4.8)	- (0)	1,043 (2.2)
2013	47,235 (100)	42,129 (89.2)	38,132 (80.7)	3,997 (8.5)	1,552 (3.3)	2,510 (5.3)	- (0)	1,044 (2.2)
2014	46,233 (100)	41,469 (89.7)	37,495 (81.1)	3,974 (8.6)	1,339 (2.9)	2,496 (5.4)	- (0)	929 (2.0)
2015	46,530 (100)	41,991 (90.2)	37,244 (80.0)	4,747 (10.2)	1,064 (2.3)	2,977 (6.4)	- (0)	499 (1.1)
2016	46,988 (100)	42,576 (90.6)	37,417 (79.6)	5,159 (11.0)	1,084 (2.3)	2,762 (5.9)	- (0)	566 (1.2)
2017	48,460 (100)	44,104 (91.0)	38,848 (80.2)	5,256 (10.8)	1,095 (2.3)	2,762 (5.7)	- (0)	499 (1.0)
2018	51,013 (100)	46,530 (91.2)	40,647 (79.7)	5,884 (11.5)	1,167 (2.3)	2,751 (5.4)	- (0)	565 (1.1)
2019	51,838 (100)	47,404 (91.4)	41,428 (79.9)	5,976 (11.5)	1,167 (2.3)	2,630 (5.1)	- (0)	636 (1.2)

자료: 농림축산식품부 축산환경자원과 내부자료(2020).

배합사료 및 화학비료 가격추이

〈부표 2-1〉 연도별 배합사료 가격 추이

단위: 원/25kg

연도	양돈용	낙농용	비육우용	가중평균
2000	6,075	5,964	5,066	6,617
2005	7,407	6,273	6,084	7,590
2006	7,303	6,619	6,382	7,807
2007	8,809	7,411	7,619	8,880
2008	13,126	9,548	11,467	13,230
2009	11,140	9,780	9,559	11,727
2010	10,788	8,884	9,689	11,651
2011	11,605	9,971	11,335	13,399
2012	13,483	9,687	11,033	13,313
2013	13,002	9,197	11,212	13,181
2014	13,506	10,796	10,779	13,033
2015	13,492	10,573	10,198	12,023
2016	11,606	10,470	10,200	11,825
2017	11,240	10,473	10,060	11,550
2018	11,825	10,775	9,900	11,575

주 1) 양돈용은 비육돈출하, 낙농용은 비유말기, 비육우용은 큰소비육후기 기준임.

2) 가중평균은 양계용, 양돈용, 낙농용, 비육우용의 모든 시기의 기준임.

자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

사료비 및 비료비 비중

〈부표 3-1〉 연도별 화학비료 가격

단위: 원/20kg

연도	질소질 비료	인산질 비료	칼리질 비료
2006	8,900	6,600	7,350
2007	9,750	6,950	9,700
2008	20,700	11,550	19,800
2009	13,200	11,300	22,750
2010	10,650	10,900	20,850
2011	11,200	8,850	17,800
2012	12,850	9,200	15,900
2013	13,050	9,550	14,700
2014	11,850	9,250	12,300
2015	11,500	9,550	11,950
2016	9,100	9,450	10,850
2017	8,700	9,450	10,200
2018	8,600	8,850	9,600
2019	8,600	8,850	9,600

주: 질소질 비료 가격으로는 요소 비료, 인산질 비료 가격으로는 용성인비 비료, 칼리질 비료 가격으로는 염화 가리 비료 가격을 사용함. 단, 2006년과 2007년 염화가리 비료 가격은 수집되지 않아, 대신 황산칼륨고토 비료 가격을 사용함.

자료: 농림축산식품부(각 연도). 『농림축산식품 주요통계』.

〈부표 3-2〉 한우 비육우 두당 사육비(2019년 기준)

단위: 원/두, %

비목별	금액	비중
비용합계	8,700,288	100.0
가축비	3,579,213	41.1
사료비	3,110,541	35.8
농후사료	1,844,540	21.2
조사료	513,412	5.9
TMR사료	752,589	8.7
수도광열비	76,384	0.9
방역치료비	50,813	0.6
자동차비	45,473	0.5
감가상각비	41,316	0.5
수리유지비	3,714	0.0
임차료	443	0.0
농구비	229,513	2.6
감가상각비	213,045	2.4
수리유지비	10,478	0.1
임차료	546	0.0
소농구비	5,444	0.1
영농시설비	197,316	2.3
감가상각비	152,513	1.8
수리유지비	42,524	0.5
임차료	2,279	0.0
기타재료비	100,095	1.2
차입금이자	74,050	0.9
토지임차료	1,721	0.0
고용노동비	59,532	0.7
분뇨처리비	12,070	0.1
생산관리비	33,133	0.4
기타비용	29,620	0.3
일반비소계	7,599,474	87.3
자가노동비	880,963	10.1
자본용역비	187,252	2.2
고정자본이자	77,755	0.9
유동자본이자	109,497	1.3
토지용역비	32,599	0.4

자료: 통계청(2020). 『농축산물생산비조사』.

〈부표 3-3〉 논벼 생산비(2019년 기준)

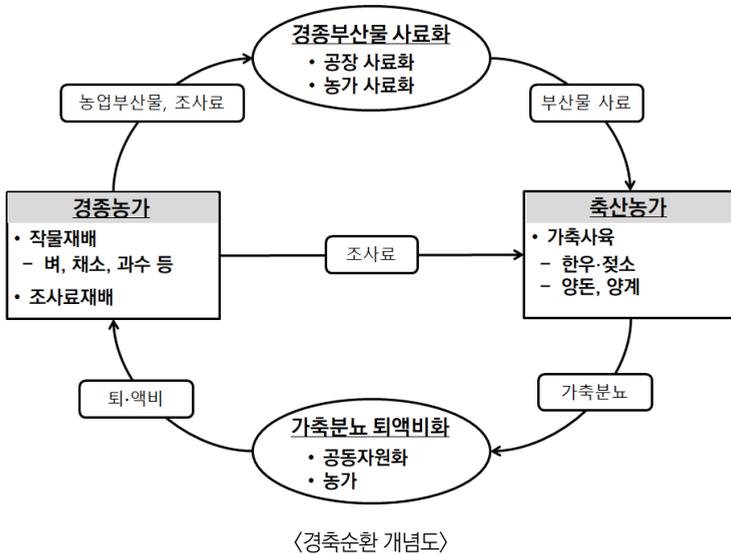
단위: 원/10a, %

비목별	금액	생산비 비중	직접생산비 비중
생산비 합계	773,205	100.0	
직접생산비	504,284	65.2	100.0
종묘비	21,504	2.8	4.3
비료비	49,757	6.4	9.9
무기질	34,010	4.4	6.7
유기질	15,746	2.0	3.1
자금	11,657	1.5	2.3
구입	4,089	0.5	0.8
농약비	28,260	3.7	5.6
기타 재료비	13,326	1.7	2.6
수도광열비	7,714	1.0	1.5
농구비	36,856	4.8	7.3
영농시설비	2,099	0.3	0.4
자동차비	6,653	0.9	1.3
노동비	193,533	25.0	38.4
위탁영농비	123,567	16.0	24.5
기타비용	20,328	2.6	4.0
생산관리비	687	0.1	0.1
간접생산비	268,921	34.8	53.3
토지용역비	258,641	33.5	51.3
자본용역비	10,281	1.3	2.0
부산물생산비	24,942	3.2	4.9
부산물공제생산비	748,263	96.8	148.4

자료: 통계청(2020). 『농축산물생산비조사』.

※ 다음은 경축순환농업에 대한 설명입니다.

경축순환농업이란 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하고, 경종농가에서 발생한 농업부산물과 경종농가에서 재배한 조사료를 사료화하여 축산농가에 공급함으로써 환경 부담을 줄이고 경종농가와 축산농가가 서로 이익을 얻는 농업입니다.



※ 다음은 경축순환농업의 환경보전 등 공익적 가치에 대한 내용입니다. 잘 읽으시기 바랍니다.

일반관행농업은 주로 화학비료를 이용하여 농작물을 재배하고 배합사료를 이용하여 가축을 사육하고 있습니다. 생산과정에서 발생하는 경종부산물, 가공부산물, 가축분뇨는 방치되거나 부적절하게 처리되어 토양이 오염되고, 수질이 악화될 뿐만 아니라 대기질이 오염됩니다. 화학비료의 지속적인 사용으로 저하된 토양의 질을 개선하기 위해 규산질 비료와 석회질 비료의 공급비용은 2019년 기준 513억 원에 달합니다.

또한 오염된 수질을 개선하는 데 비용이 투입됩니다. 예를 들어 지하수의 질산성 질소 처리를 위한 내화학성 이온교환막 및 전기투석공정의 처리비용은 톤당 100원이 소요됩니다(김정훈 외 2010).

또한 온실가스를 감축하는 데도 톤당 10,000원의 비용이 소요됩니다(농림축산식품부 내부자료 2020).



경축순환농업은 이러한 농식품부산물, 가축분뇨를 자원화하여 비료와 사료를 만들어 농작물을 재배하고, 가축을 사육하게 됩니다. 그 결과 관행농업에서 주로 이용하는 화학비료와, 배합사료를 대체하게 됩니다.

경축순환농업은 토질, 수질, 대기질의 오염을 막을 뿐만 아니라 유기질비료를 이용하기 때문에 땅을 기름지게 하고 건강하게 만듭니다. 국가 전체적으로 보면 자원 손실을 줄일 수가 있으며, 화학비료와 배합사료 원료 수입 감소로 외화 낭비도 줄일 수 있게 됩니다.



충남 서천군(기산면)에서는 경종농가와 축산농가가 서로 협력하여 이러한 경축순환농업을 실시한 사례가 있습니다. 가축분뇨를 자원화하여 비료로 이용하고 짚을 소의 먹이로 활용하고 있습니다. 토질 및 수질의 오염원을 감소시켰고, 가축분뇨를 잘 부숙시켜 비료로 활용하기 때문에 악취가 적습니다.

충남 서천군은 자연경관이 좋고 좋은 유적이 많이 있습니다. 귀하가 빼어난 자연경관과 문화유적이 존재하는 충남 서천지역을 방문할 때 이러한 깨끗한 농업환경을 체험할 수 있을 것입니다. 뿐만 아니라 충남 이외 지역의 사람들도 충남 서천군을 더 많이 방문하여 지역경제 파급효과도 나타날 것입니다.

(서천군 마량리 동백나무 숲)	(서천군 한산 모시마을)
	

※ 아래 글을 읽고 질문에 답해 주시기 바랍니다.

충남 서천군에 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 자원화 시설 설치비, 운영비 등 적지 않은 비용이 필요하며 이 비용은 세금으로 충당해야 합니다. 이 재원 마련을 위해서는 귀하 가구가 향후 매년 납부하는 가구 총 소득세의 추가적인 인상이 필요합니다. 그런데 만약 여러 사람들이 이런 추가되는 소득세를 지불하지 않는다면 충남 서천군의 경축순환농업 활성화는 불가능할 수 있습니다. 반면에 여러 사람들이 추가적인 소득세 지불에 동의한다면 충남 서천군의 경축순환농업은 활성화될 수 있습니다.

이제 충남 서천군의 경축순환농업 활성화 사업 추진을 위해 귀하의 가구가 자발적으로 부담코자 하는 추가인상 소득세 수준에 대해 살펴보려고 합니다.

- ① 귀 가구 소득은 제한되어 있으며 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 합니다.
- ② 정부(농림축산식품부)가 해야 하는 사업은 충남 서천군 경축순환농업 활성화 사업 이외에도 다양한 사업들이 있습니다.
- ③ 귀하께서 지불하시는 소득세는 충남 서천군의 경축순환농업을 위한 자원화 시설 설치와 운영에 소요되는 비용에만 사용될 예정입니다.
- ④ 정부(농림축산식품부)가 농업환경을 개선하기 위해 추진하고 있는 사업은 친환경농업 육성, 농업환경보전프로그램, 공익형 직불제, 토양개량제 지원, 농업용수 수질 개선 사업 등이 있습니다.

[To prog : 응답자 105명씩 첫 제시가격을 랜덤 구성해주세요]

* 첫 제시가격(A) : 1,000원, 5,000원, 10,000원, 20,000원, 50,000원

A2-1. 귀하께서는 충남 서천군에서의 경축순환농업육성을 통해 충남 서천군의 농업환경을 현재 수준보다 개선시키기 위해, 1년에 (A)원의 세금을 추가로 지불할 용의가 있으십니까?

- ① 있다 (A2-1-1번으로) ② 없다 (A2-1-2번으로)

A2-1-1. 그렇다면 귀하께서는 충남 서천군에서의 경축순환농업육성을 통해 충남 서천군의 농업환경을 현재 수준보다 개선시키기 위해, 1년에 (A×2)원 세금을 추가로 지불할 용의가 있으십니까?

- ① 있다 ② 없다

A2-1-2. 그렇다면 귀하께서는 충남 서천군에서의 경축순환농업육성을 통해 충남 서천군의 농업환경을 현재 수준보다 개선시키기 위해, 1년에 (A÷2)원 세금을 추가로 지불할 용의가 있으십니까?

- ① 있다 ② 없다

A3. 귀하께서는 충남 서천군에서의 경축순환농업육성을 통해 충남 서천군의 농업환경을 현재 수준보다 개선시키기 위해 추가로 지불할 수 있는 최대 금액은 어떻게 되십니까? ()원

[To prog : A2-1=①, A2-1-1=① 범위 A×2 ~ 500,000원 A2-1=①, A2-1-1=② 범위 A ~ ((A x 2)-100)원 A2-1=②, A2-1-1=① 범위 (A÷2) ~ (A-100)원 A2-1=②, A2-1-1=② 범위 0 ~ ((A÷2)-100)원 설정해주세요]

※ 경축순환농업으로 생산된 농축산물에 대한 인식에 대해 몇 가지 여쭙어보겠습니다.

B1. 귀하는 농축산물은 오염되지 않은 건강한 땅과 건강한 물 등 깨끗한 자연환경에서 재배되거나 사육되어야 한다고 생각하십니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

B2. 귀하는 농업의 기능이 식량 생산의 역할도 있지만 깨끗한 자연환경 및 자연경관 등 공익적 기능을 제공하는 역할도 해야 한다고 생각하십니까?

- ① 전혀 그렇지 않다 ② 그렇지 않다 ③ 보통이다
④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

B3. 귀하는 농촌을 다니면서 가축분뇨로 인한 악취를 경험한 적이 있습니까?

- ① 있다 ② 없다 ③ 잘 모른다

B4. 귀하는 가축분뇨 퇴·액비(가축분뇨를 자원화하여 만든 퇴비와 액체비료를 말함)를 이용하여 생산한 농산물에 대해 항생제, 바이러스, 영양부족 등의 측면에서 어떻게 생각하십니까?

- ① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다
④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

B5. 귀하는 농식품부산물 사료(농식품부산물을 자원화하여 만든 사료를 말함)를 이용하여 생산한 축산물에 대해 항생제, 바이러스, 영양부족 등의 측면에서 어떻게 생각하십니까?

- ① 매우 부정적이다 ② 부정적이다 ③ 보통이다
④ 긍정적이다 ⑤ 매우 긍정적이다

※ 다음으로 인구 통계적 특성에 관한 질문(1~6)을 드리고자 합니다.

DQ1. 귀하께서는 농촌에서 최소 6개월 이상 생활하신 적이 있습니까?

- ① 그렇다 ② 아니다

DQ2. 귀하의 가족(부모 혹은 형제) 가운데 농사를 짓는 분이 있나요?

- ① 그렇다 ② 아니다

DQ3. (DQ2=①만) 귀하의 부모나 형제 중에 경축순환농법으로 농사를 짓는 분이 있습니까?

- ① 그렇다 ② 아니다

DQ4. 최종학력이 어떻게 되는지 말씀해 주시겠습니까?

- ① 초등학교 졸업 이하 ② 중학교 졸업 이하
③ 고등학교 졸업 이하 ④ 대학교 졸업 이하
⑤ 대학원 입학 이상

DQ5. 귀하의 가족은 현재 모두 몇 명이 함께 거주하고 계십니까? ()명

[To prog : 1 ~ 10명]

DQ6. 귀 닥의 한 달 평균 월수입(가구원 전체 합산)은 얼마입니까?

- ① 100만 원 미만 ② 100만~200만 원 미만
③ 200만~300만 원 미만 ④ 300만~500만 원 미만
⑤ 500만~1,000만 원 미만 ⑥ 1,000만 원 이상

- 설문에 응해 주셔서 대단히 감사합니다 -

가축분뇨 퇴·액비화업체 조사표

「경축순환농업에 관한 현황 및 인식조사」

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 현재 저희 연구원에서는 『경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안』에 관한 연구를 수행하고 있습니다.

본 설문조사는 가축분뇨 처리 실태 및 경축순환농업에 대한 인식을 조사하여 경축순환농업 제도의 활성화 방안 제시하고자 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일절 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 환경자원연구부

주소: (우)58321, 전라남도 나주시 빛가람로 601

조사관련 문의: 연구책임자 정학균 061-820-2248

참여자 임영아 061-820-2106

참여자 이현정 061-820-2240

※ 다음의 응답자 정보를 기입해 주십시오.

귀사가 위치한 지역은 어디입니까?	도	시(군)
귀사는 시설을 운영한 지 몇 년이 되었습니까?		년
현재 귀사의 고용 인력은 총 몇 명입니까?		명

<사업 운영 현황>

1. 다음 축종의 분뇨가 수거대상입니까? 그렇다면 해당 축종 분뇨의 일일 수거량은 얼마입니까?

축종	해당 유무		수거량(톤/일)
한육우	예	아니오	()톤/일
젖소	예	아니오	()톤/일
돼지	예	아니오	()톤/일
닭	예	아니오	()톤/일
기타 가축 분뇨(음식물쓰레기 포함)	예	아니오	()톤/일

2. 다음 자원화 생산물을 생산 중이십니까? 그렇다면 해당 자원의 연간 생산량은 얼마입니까?

종류	해당 유무		생산량(연간)
가축분퇴비 → 2-1번 응답 필수	예	아니오	()톤/년
가축분뇨발효액(액비) → 2-2번 응답 필수 2-3번 응답 필수	예	아니오	()톤/년
바이오가스	예	아니오	()m ³
전기	예	아니오	()kw/년
기타	예	아니오	()

2-1. 생산된 가축분퇴비 판매처의 관내 및 관외 비율이 어떻게 됩니까?

관내(업체 소재 시·군·구) ()%

관외(관내 외) ()%

기타(비판매) ()%

2-2. 생산된 가축분뇨발효액(액비) 소비처의 관내 및 관외 비율이 어떻게 되십니까?

관내(업체 소재 시·군·구) ()%
 관외(관내 외) ()%
 기타(비판매) ()%

2-3. 생산된 가축분뇨발효액(액비)의 살포지에서 주로 재배되는 작물은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 논작물 (벼)
- ② 밭작물 (보리, 옥수수, 고추, 오이, 토마토, 상추 등)
- ③ 과수원 (사과, 배, 포도, 감귤 등)
- ④ 초지 및 사료작물 (사료용 옥수수, 수수, 수단그라스, 호밀, 귀리, 닭리작 사료작물 등)
- ⑤ 잔디, 수목 등 기타 ()

3. 가축분뇨 자원화 사업성과에 대한 귀하의 의견을 항목별로 선택해 주십시오.

항목	매우부정	부정	보통	긍정	매우긍정
3-1. 퇴·액비 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 있다	①	②	③	④	⑤
3-2. 가축분뇨 처리 축산농가의 만족도가 상승한다	①	②	③	④	⑤
3-3. 퇴·액비 이용 경종농가의 만족도가 상승한다	①	②	③	④	⑤
3-4. 화학비료의 대체를 통한 환경 보전 효과가 있다	①	②	③	④	⑤
3-5. 퇴·액비 이용을 통해 작물 재배 여건이 개선된다	①	②	③	④	⑤
3-6. 기타 ()					

4. 시설 설치 및 유지관리(인프라 측면)에서 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 인허가 및 주민 동의 과정상의 문제점 발생
- ② 자원화시설 설치를 위한 자부담 비용
- ③ 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움
- ④ 가축분뇨 퇴·액비화 시설 개수 혹은 처리용량 부족
- ⑤ 시설 설치 및 유지관리에 대한 정부 제도의 미비
- ⑥ 퇴·액비화 시설 설치 및 관리 기술개발 미흡
- ⑦ 기타 ()

5. 시설 운영에서 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 낮은 수익성
- ② 지속적인 노동 인력 확보의 어려움(정규 직원, 액비 살포 전문 인력 등)
- ③ 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비
- ④ 암모니아 가스 노출 등에 따른 직원 건강 악화
- ⑤ 퇴·액비화 기술개발 미흡
- ⑥ 기타 ()

6. 축산농가에서 가축분뇨를 수거할 때, 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 시설 용량을 넘어선 가축분뇨 수거 요구량
- ② 분뇨 수거료 인상의 어려움
- ③ 가축분뇨 수거, 이동 시 악취에 의한 민원 발생
- ④ 낮은 품질의 원료(가축분뇨) 반입
- ⑤ 기타 ()

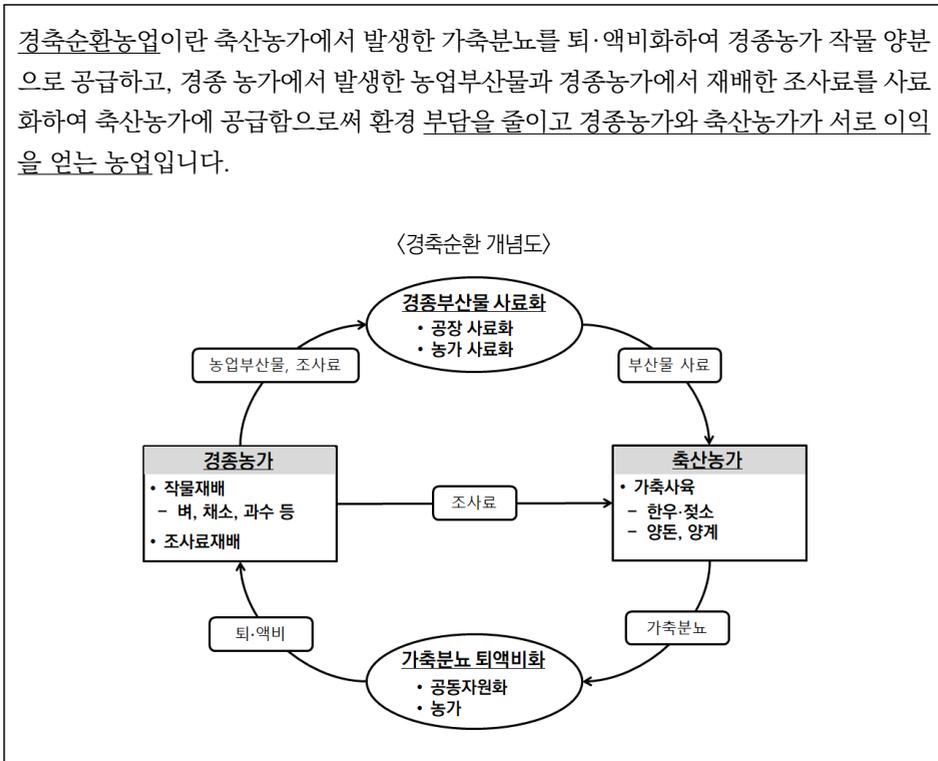
7. 경종농가에 가축분 퇴·액비를 공급할 때, 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 퇴·액비 품질에 대한 경종 농가들의 부정적인 인식
- ② 퇴·액비 수요의 계절성
- ③ 낮은 퇴비 판매단가
- ④ 퇴·액비 살포 인력 및 장비 운영 비용
- ⑤ 퇴·액비 살포 경종농가 피해 및 보상 문제
- ⑥ 액비 살포 과정에서 지형상의 문제로 인한 어려움 발생
- ⑦ 기타 ()

<경축순환농업 관련 인식>

경축순환농업이란 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하고, 경종 농가에서 발생한 농업부산물과 경종농가에서 재배한 조사료를 사료화하여 축산농가에 공급함으로써 환경 부담을 줄이고 경종농가와 축산농가가 서로 이익을 얻는 농업입니다.



8. 경축순환농업에 대해 어느 정도 알고 계십니까?

(1, 2번 응답 → 11번 질문으로, 3, 4, 5번 응답 → 9번 질문으로)

- ① 전혀 모른다 ② 모른다 ③ 보통이다
 ④ 알고 있다 ⑤ 잘 알고 있다

9. 귀하의 업체를 포함한 전체 가축분뇨 자원화시설이 경축순환농업에 기여한다고 생각하십니까?

- ① 전혀 기여하지 않음 ② 기여하지 않음 ③ 보통
 ④ 어느 정도 기여함 ⑤ 매우 기여함

10. 앞에서 설명하였듯이 ‘경축순환농업’은 환경 부담을 줄이고 축산농가와 경종농가가 상생하는 농업체제입니다. 경축순환농업이 다음에 제시하는 세부 효과에 어느 정도 기여한다고 생각하십니까?

항목	매우부정	부정	보통	긍정	매우긍정
10-1. 화학비료 사용 대체	①	②	③	④	⑤
10-2. 작물 생산성 증대	①	②	③	④	⑤
10-3. 환경친화적 농산물 생산 확대	①	②	③	④	⑤
10-4. 토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선	①	②	③	④	⑤
10-5. 축산농가의 가축분뇨 처리비용 절감	①	②	③	④	⑤
10-6. 경종농가의 투입재 비용 절감	①	②	③	④	⑤
10-7. 경종농가의 판매수입 증가	①	②	③	④	⑤
10-8. 바이오가스 등 신재생에너지 생산을 통한 환경부담 감소	①	②	③	④	⑤
10-9. 기타 ()					

11. 그 외 경축순환농업과 관련된 귀하의 의견이 있다면 자유롭게 기입해 주십시오.

귀중한 시간 내어주셔서 감사합니다!

소정의 사례금(3만 원 상당의 해피머니)을 드리려고 합니다. 적어주신 개인정보는 사례금 지급의 목적으로만 사용됩니다.

핸드폰 번호 :

농식품부산물 사료화업체 조사표

「경축순환농업에 관한 현황 및 인식조사」

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 현재 저희 연구원에서는 『경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안』에 관한 연구를 수행하고 있습니다.

본 설문조사는 농식품부산물 처리 실태 및 경축순환농업에 대한 인식을 조사하여 경축순환농업 제도의 활성화 방안 제시하고자 실시하는 것입니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일절 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 환경자원연구부

주소: (우)58321, 전라남도 나주시 빛가람로 601

조사관련 문의: 연구책임자 정학균 061-820-2248

참여자 임영아 061-820-2106

참여자 강경수 061-820-2349

※ 다음의 응답자 정보를 기입해 주십시오.

귀사가 위치한 지역은 어디입니까?	도	시(군)
귀사는 시설을 운영한 지 몇 년이 되었습니까?		년
현재 귀사의 고용 인력은 총 몇 명입니까?		명

<사업 운영 현황>

1. 귀 업체 운영개요에 대해 말씀해 주십시오.

구분	운영 개요
연간 생산량	톤/연간
연간 매출액	억 원/연간
2019년 기준 단가	원/kg
1일 최대생산가능량	톤/1일
연간 작업 일수(일)	일

2. 농식품부산물(농업부산물, 가공부산물, 조사료) 연간 원료 사용량은 종류 별로 얼마나 되며, 공급처 및 원산지는 어디입니까?

구분	사용량 (톤/연간)	공급처	원산지 (√ 표시)	
			국내	국외
벗짚 조사료	()톤/연간			
조사료 이름 1	()	()톤/연간		
조사료 이름 2	()	()톤/연간		
조사료 이름 3	()	()톤/연간		
기타 조사료	()	()톤/연간		
배합사료	()톤/연간			
단미사료 이름 1	()	()톤/연간		
단미사료 이름 2	()	()톤/연간		
단미사료 이름 3	()	()톤/연간		
기타 단미사료	()	()톤/연간		
합계	()톤/연간			

3. TMR 사료의 지역별 판매 비중은 어떻게 됩니까?

구분	비중
동일한 시군구내	()%
동일한 도내	()%
도외	()%
합계	100%

4. 생산된 TMR 사료의 급여지에서 주로 사육되는 축종은 무엇입니까?

1순위	2순위

- ① 한우
- ② 육우
- ③ 젖소
- ④ 기타 ()

5. 농식품부산물 자원화 사업성과에 대한 귀하의 의견을 항목별로 선택해 주십시오.

항목	매우부정	부정	보통	긍정	매우긍정
5-1. TMR 사료 판매를 통해 얻는 경제적 이득이 있다	①	②	③	④	⑤
5-2. 농식품부산물 처리 경종능가 및 가공업자의 만족도가 상승한다	①	②	③	④	⑤
5-3. TMR 사료 이용 축산농가의 만족도가 상승한다	①	②	③	④	⑤
5-4. 배합사료의 대체를 통한 환경 보전 효과가 있다	①	②	③	④	⑤
5-5. TMR 사료 이용을 통해 가축 사육 여건이 개선된다	①	②	③	④	⑤
5-6. 기타 ()					

6. 귀 업체의 시설 설치 및 유지관리(인프라 측면)에서 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 초기 시설(TMR 배합기, 지게차, 창고 등) 설치를 위한 자부담 비용
- ② 시설 노후화로 인한 관리 비용 증가에 따른 경제성 확보 어려움
- ③ 농식품부산물 사료화 시설 처리용량 부족
- ④ 시설 설치 및 유지관리에 대한 정부 제도의 미비
- ⑤ 사료화 시설 설치 및 관리 기술개발 미흡
- ⑥ TMR 사료 제조업체들 간 경쟁 심화로 매출액 감소
- ⑦ 기타 ()

7. 귀 업체의 시설 운영에서 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)
- ② 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨
- ③ 농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음
- ④ 시설 운영에 대한 정부 제도의 미비
- ⑤ 사료화 기술개발 미흡
- ⑥ 기타 ()

8. 귀 업체에서 경종농가 및 가공업자에게서 농식품부산물을 확보할 때, 가장 큰 애로사항은 무엇입니까?

1순위		2순위	
-----	--	-----	--

- ① 농식품부산물 원료 구입비용의 상승
- ② 농식품부산물 원료의 운송 및 보관의 어려움
- ③ 농식품부산물 원료가 연중 공급되지 않음
- ④ 낮은 품질의 원료(농식품부산물) 반입
- ⑤ 기타 ()

10. 경축순환농업에 대해 어느 정도 알고 계십니까?(1,2번 응답 → 13번 질문으로, 3, 4, 5번 응답 → 11번 질문으로)

- ① 전혀 모른다 ② 모른다 ③ 보통이다
 ④ 알고 있다 ⑤ 잘 알고 있다

11. 귀하의 업체를 포함한 전체 농식품부산물 자원화시설이 경축순환농업에 기여한다고 생각하십니까?

- ① 전혀 기여하지 않음 ② 기여하지 않음 ③ 보통
 ④ 어느 정도 기여함 ⑤ 매우 기여함

12. 앞에서 설명하였듯이 ‘경축순환농업’은 환경 부담을 줄이고 축산농가와 경종농가가 상생하는 농업체제입니다. 경축순환농업이 다음에 제시하는 세부 효과에 어느 정도 기여한다고 생각하십니까?

항목	매우부정	부정	보통	긍정	매우긍정
12-1. 배합사료 사용 대체	①	②	③	④	⑤
12-2. 축산 생산성 증대	①	②	③	④	⑤
12-3. 환경친화적 축산물 생산 확대	①	②	③	④	⑤
12-4. 토양질, 대기질, 수질 등 농업환경 개선	①	②	③	④	⑤
12-5. 농식품부산물 처리비용 절감	①	②	③	④	⑤
12-6. 축산농가의 사료 비용 절감	①	②	③	④	⑤
12-7. 축산농가의 판매수입 증가	①	②	③	④	⑤
12-8. 기타 ()					

13. 그 외 경축순환농업과 관련된 귀하의 의견이 있다면 자유롭게 기입해 주십시오.

귀중한 시간 내어주셔서 감사합니다!

소정의 사례금(3만 원 상당의 해피머니)을 드리려고 합니다. 적어주신 개인정보는 사례금 지급의 목적으로만 사용됩니다.

핸드폰 번호 :

전문가 AHP 조사표

경축순환농업의 저해 요인에 대한 전문가 AHP 조사

통계법 제33조(비밀의 보호 등)

- ① 통계의 작성과정에서 알려진 사항으로서 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
- ② 통계의 작성을 위하여 수집된 개인이나 법인 또는 단체 등의 비밀에 속하는 자료는 통계작성 외의 목적으로 사용되어서는 아니 된다.

2020090204-0

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구 사업을 수행하고 있습니다. 현재 저희 연구원에서는 『**경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안**』에 관한 연구를 수행하고 있습니다.

이에 농업분야 전문가분들을 대상으로 경축순환농업의 저해 요인을 파악하여 향후 경축순환농업의 활성화방안을 제시하고자 합니다. 답변해주시는 내용은 연구자료 이외에 다른 용도로 사용되지 않을 것이며, 개인에 관한 사항은 일절 공개되지 않음을 약속드립니다.

바쁘시더라도 설문조사에 많은 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.

※ 본 조사는 「통계법」 제33조 및 「개인정보 보호법」 제18조(개인정보의 목적 외 이용·제공 제한)에 의거, 사업체의 비밀이 엄격히 보장됩니다.

※ 본 조사는 조사전문업체인 (주)리서치앤리서치에 위탁하여 실시합니다.

내용 관련/불편 사항	한국농촌경제연구원 환경자원연구부 정학균 연구책임자 (061-820-2048)	
조사 관련	한국농촌경제연구원 (주)리서치앤리서치(R&R)	임영아 연구원 (061-820-2106) 강경수 연구원 (061-820-2349) 오아라 연구원 (02-3484-3035)

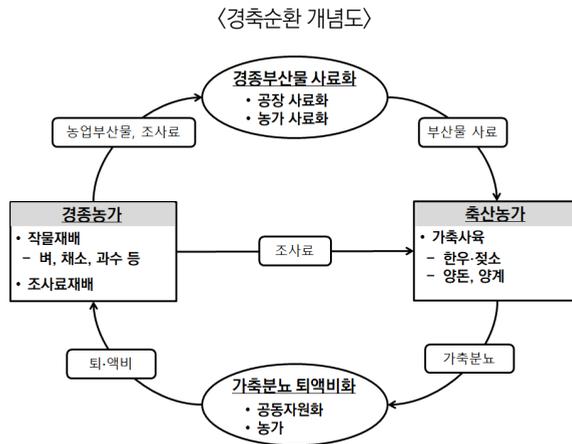
SQ1. 귀하께서는 어느 분야에서 일하고 계십니까?

- 1) 학계 및 연구계 2) 정부 부처 3) 농업 종사

PART A. 경축순환농업 저해 요인 이해

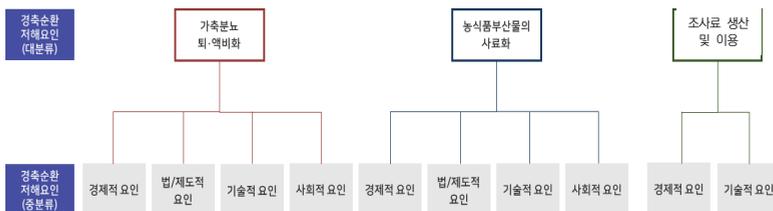
경축순환농업의 개념은 다음과 같습니다.

경축순환농업이란 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하고, 경종농가에서 발생한 농업부산물과 경종농가에서 재배한 조사료를 사료화하여 축산농가에 공급함으로써 환경 부담을 줄이고 경종농가와 축산농가가 서로 이익을 얻는 농업입니다.



경축순환농업의 저해 요인은 다음과 같이 도식화할 수 있습니다.

경축순환농업은 위에서 설명 드린 대로 환경부담을 줄이고 경종농가와 축산농가가 서로 이익을 얻는 농업이지만 경축순환농업을 추진하는 데는 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있습니다. 경축순환농업을 활성화시키기 위해서는 이러한 저해 요인을 파악하고 그에 대응한 적절한 정책 추진이 필요합니다. 경축순환농업의 저해 요인을 파악하는 데 있어 크게 ① ‘가축분뇨 퇴·액비화’, ② ‘농식품부산물의 사료화’, ③ ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 측면에서 접근할 수 있습니다.



경축순환 농업 저해 요인에 관한 설명은 다음과 같습니다.

총위	구성 요소	설명
대분류	가축분뇨 퇴·액비화(농가, 공동자원화 모두 해당)	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 퇴·액비화는 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하는 것을 말하는데 이러한 과정에서 경제적, 법/제도적, 기술적, 사회적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼', '친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함', '부숙도 제고 기술 미흡', '자원화시설 유지 관련 민원 발생'
	농식품부산물물의 사료화(농가, 공장 제조 모두 해당)	<ul style="list-style-type: none"> 농식품부산물물의 사료화는 경종 농가에서 발생한 농업부산물, 가공업체에서 발생한 가공부산물, 경종농가에서 재배한 조사료를 TMR(완전배합사료)로 만들어 축산농가에 사료로 공급하는 것을 말하는데 이러한 과정에서 경제적, 법/제도적, 기술적, 사회적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼', '농식품부산물이 「폐기물관리법」에서 관리됨', '농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족', '농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식'
	국내산 조사료 생산 및 이용	<ul style="list-style-type: none"> 국내산 조사료 생산 및 이용은 이탈리아 라이그라스, 수단그라스, 호밀, 옥수수 등 국내산 조사료를 경종농가에서 생산하여 TMR 사료화, 직접 공급 등을 통하여 축산농가 가축 사료로 이용하도록 하는 것인데 이러한 과정에서 경제적, 기술적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음', '국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족'

가축분뇨 퇴·액비화 차원에 있어서, 다음과 같은 저해 요인들이 고려될 수 있습니다.

총위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> 자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼 낮은 퇴·액비 판매 수입 자원화시설의 높은 운영 비용 자원화시설 고용인력 확보의 어려움 (동일 양분 기준) 화학비료보다 비싼 퇴비 가격
	(2) 법/제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> 친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함 퇴·액비 비료성분 표시 미흡 가축분뇨처리 관련 규제의 잦은 변화 「가축분뇨법」에서 퇴·액비유통합의체의 구성 및 운영이 의무화되지 않음 액비 관련 염분 및 중금속 기준 미흡
	(3) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> 부숙도 제고 기술 미흡 악취 제거 기술 미흡 염분 및 중금속 처리 기술 부족 퇴·액비 비료성분 표시를 위한 기술 부족 경종농가의 퇴·액비 사용편의성(운반, 살포) 부족
	(4) 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> 자원화시설 유지 관련 민원 발생 퇴·액비 사용 관련 민원 발생(악취 등) 퇴·액비 사용에 관한 경종농가의 부정적 인식 퇴·액비 재배 농산물에 관한 소비자의 부정적 인식

농식품부산물의 사료화 차원에 있어서, 다음과 같은 저해 요인들이 고려될 수 있습니다.

총위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼 • 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등) • 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨 • 농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음
	(2) 법/제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물(농산부산물, 식품가공부산물)이 「폐기물관리법」에서 관리됨 • 농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우 '폐기물처리업 및 폐기물처리 신고' 등 법적 절차 존재 • (퇴액비유통협의체와 같은) 부산물사료유통협의체 구성 및 운영이 법령으로 의무화되지 않음 • 농식품부산물을 원료로 사용한 사료 기준 미흡
	(3) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족 • 농식품부산물 이용 사료에 대한 사양관리 프로그램 미비 • 시중 배합사료 대비 사료급여(운반, 보관, 급여)의 편의성 부족 • 계절에 따른 농식품부산물 발생량 변동에 따른 원료 수급의 불안정
	(4) 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식 • 농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식 • 농식품부산물 재활용의 필요성에 관한 낮은 인식

국내산 조사료 생산 및 이용 차원에 있어서, 다음과 같은 저해 요인들이 고려될 수 있습니다.

총위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음 • 연중 공급능력 부족으로 장기보관비용 발생 • 생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음 • 품질측면에서 국내산 조사료보다 수입 조사료 선호
	(2) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족 • 벼 이앙시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡 • 기후변화에 대응한 재배기술 및 품종개발 미흡 • 작부체계 보급 및 재배 기술지원 부족

농업구조 변화 방향과 전략에 관한 문항은
AHP (Analytic Hierarchy Process : 계층화 분석법) 방식으로 진행됩니다.

〈AHP 평가에 대한 이해〉

1. AHP (Analytic Hierarchy Process : 계층화 분석법)

- 의사결정의 평가기준이 다수이며, 복잡한 경우, 평가에서 고려되는 항목을 계층화하여 주요 요인을 분석하고, 이를 쌍대비교(Pair-wise comparison)함으로써 평가 항목 간 상대적 중요도를 측정하여 종합적인 판단을 도출하는 의사결정 기법입니다.

2. AHP 설문 응답 방법

- 변수요소 간 상대적 중요도를 비교하는 쌍대비교표가 제시됩니다. 중요하다고 생각하는 항목 쪽으로 중요도만큼의 숫자 아래에 체크하면 됩니다.
- 평가기준 A에 대해 판단하고자 하는 항목 B가 항목 C보다 “매우 중요”하다고 생각하시면 아래와 같이 “⑦ 매우 중요”에 표시하면 됩니다.

평가 항목	절대 중요		매우 중요		중요		약간 중요		동등		약간 중요		중요		매우 중요	절대 중요	평가 항목
B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	C
			v														



※ AHP 응답 일관도

- AHP 분석에서는 비일관적인 답변일 경우, 사용이 힘들기 때문에, 다음 사항을 주의 하여 응답 부탁드립니다.

A > B : A가 B보다 2배 중요하다고 응답
A >> C : A가 C보다 4배 중요하다고 응답
B > C : B가 C보다 2배 중요하다고 응답해야 함

원인1	✓ 서수적 일관성 결여: 위 사례에서 C가 B보다 중요하다고 응답할 경우
원인2	✓ 기수적 일관성 결여: 위 사례에서 B가 C보다 9배 중요하다고 응답할 경우

Q01. 귀하께서는 경축순환농업에서 ‘가축분뇨 퇴·액비화’와 ‘농식품부산물의 사료화’ 중 어떤 요소가 더 어려움으로 작용을 한다고 생각하십니까?

층위	구성 요소	설명
대분류	가축분뇨 퇴·액비화(농가, 공동자원화 모두 해당)	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 퇴·액비화는 축산농가에서 발생한 가축분뇨를 퇴·액비화하여 경종농가 작물 양분으로 공급하는 것을 말하는데 이러한 과정에서 경제적, 법/제도적, 기술적, 사회적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼', '친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함', '부숙도 제고 기술 미흡', '자원화시설 유치 관련 민원 발생'
	농식품부산물의 사료화(농가, 공장 제조 모두 해당)	<ul style="list-style-type: none"> 농식품부산물의 사료화는 경종농가에서 발생한 농업부산물, 가공업체에서 발생한 가공부산물, 경종농가에서 재배한 조사료를 TMR(완전배합사료)로 만들어 축산농가에 사료로 공급하는 것을 말하는데 이러한 과정에서 경제적, 법/제도적, 기술적, 사회적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼', '농식품부산물이 「폐기물관리법」에서 관리됨', '농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족', '농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식'
	국내산 조사료 생산 및 이용	<ul style="list-style-type: none"> 국내산 조사료 생산 및 이용은 이탈리아 라이그라스, 수단그라스, 호밀, 옥수수 등 국내산 조사료를 경종농가에서 생산하여 TMR 사료화, 직접 공급 등을 통하여 축산농가 가축 사료로 이용하도록 하는 것인데 이러한 과정에서 경제적, 기술적 저해 요인을 생각할 수 있습니다. - 예시) '국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음', '국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족'

항목 (A)	A가 중요 ←								동등	→ B가 중요								항목 (B)
	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	
가축분뇨 퇴·액비화																		농식품부산물의 사료화
가축분뇨 퇴·액비화																		국내산 조사료 생산 및 이용
농식품부산물의 사료화																		국내산 조사료 생산 및 이용

※ 여기서부터는 ‘가축분뇨 퇴·액비화’ 저해 요인이 경축순환농업에 미치는 영향에 대한 질문입니다.

Q02. ‘가축분뇨 퇴·액비화’ 저해 요인의 4가지 차원이 경축순환농업에 미치는 부정적 영향을 상호 비교해 주십시오.

층위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼 • 낮은 퇴액비 판매 수입 • 자원화시설의 높은 운영 비용 • 자원화시설 고용인력 확보의 어려움 • (동일 양분 기준) 화학비료보다 비싼 퇴비 가격
	(2) 법/제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함 • 퇴액비 비료성분 표시 미흡 • 가축분뇨처리 관련 규제의 잦은 변화 • 「가축분뇨법」에서 퇴액비유통합의체의 구성 및 운영이 의무화되지 않음 • 액비 관련 염분 및 중금속 기준 미흡
	(3) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 부숙도 제고 기술 미흡 • 악취 제거 기술 미흡 • 염분 및 중금속 처리 기술 부족 • 퇴액비 비료성분 표시를 위한 기술 부족 • 경종농가의 퇴·액비 사용편의성(운반, 살포) 부족
	(4) 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 자원화시설 유지 관련 민원 발생 • 퇴·액비 사용 관련 민원 발생(악취 등) • 퇴액비 사용에 관한 경종농가의 부정적 인식 • 퇴액비 재배 농산물에 관한 소비자의 부정적 인식

항목 (A)	A가 영향이 큼 ←								동등	→ B가 영향이 큼								항목 (B)
	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	
경제적 요인																		법/제도적 요인
경제적 요인																		기술적 요인
경제적 요인																		사회적 요인
법/제도적 요인																		기술적 요인
법/제도적 요인																		사회적 요인
기술적 요인																		사회적 요인

Q03. 경제적 요인에 해당되는 5가지 세부사항의 저해 정도를, 1~5순위를 매겨 주십시오.

구분	경제적 요인의 저해 정도 순위
(1) 자원화시설 설치 위한 자부담 비용이 큼	위
(2) 낮은 퇴액비 판매 수입	위
(3) 자원화시설의 높은 운영 비용	위
(4) 자원화시설 고용인력 확보의 어려움	위
(5) (동일 양분 기준) 화학비료보다 비싼 퇴비 가격	위

Q04. 법/제도적 요인에 해당되는 5가지 세부사항의 저해 정도를, 1~5순위를 매겨 주십시오.

구분	법/제도적 요인의 저해 정도 순위
(1) 친환경인증 농가에서 액비를 사용하지 못함	위
(2) 퇴액비 비료성분 표시 미흡	위
(3) 가축분뇨처리 관련 규제의 잦은 변화	위
(4) 「가축분뇨법」에서 퇴액비유통협의체의 구성 및 운영이 의무화되지 않음	위
(5) 액비 관련 염분 및 중금속 기준 미흡	위

Q05. 기술적 요인에 해당되는 5가지 세부사항의 저해 정도를, 1~5순위를 매겨 주십시오.

구분	기술적 요인의 저해 정도 순위
(1) 부숙도 제고 기술 미흡	위
(2) 악취 제거 기술 미흡	위
(3) 염분 및 중금속 처리 기술 부족	위
(4) 퇴액비 비료성분 표시를 위한 기술 부족	위
(5) 경종농가의 퇴액비 사용편의성(운반, 살포) 부족	위

Q06. 사회적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	사회적 요인의 저해 정도 순위
(1) 자원화시설 유치 관련 민원 발생	위
(2) 퇴액비 사용 관련 민원 발생(악취 등)	위
(3) 퇴액비 사용에 관한 경종농가의 부정적 인식	위
(4) 퇴액비 재배 농산물에 관한 소비자의 부정적 인식	위

※ 여기서부터는 ‘농식품부산물 사료화’ 저해 요인이 경축순환농업에 미치는 영향에 대한 질문입니다.

Q07. ‘농식품부산물 사료화’ 저해 요인의 4가지 차원이 경축순환농업에 미치는 부정적 영향을 상호 비교를 해주십시오.

층위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼 • 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등) • 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨 • 농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음
	(2) 법/제도적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물(농산부산물, 식품가공부산물)이 「폐기물관리법」에서 관리됨 • 농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우 ‘폐기물처리업 및 폐기물처리 신고’ 등 법적 절차 존재 • (퇴액비유동협업체와 같은) 부산물사료유동협업체 구성 및 운영이 법령으로 의무화되지 않음 • 농식품부산물을 원료로 사용한 사료기준 미흡
	(3) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족 • 농식품부산물 이용 사료에 대한 사양관리 프로그램 미비 • 시중 배합사료 대비 사료급여(운반, 보관, 급여)의 편의성 부족 • 계절에 따른 농식품부산물 발생량 변동에 따른 원료 수급의 불안정
	(4) 사회적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식 • 농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식 • 농식품부산물 재활용의 필요성에 관한 낮은 인식

항목 (A)	A가 영향이 큼 ←								동등	→ B가 영향이 큼								항목 (B)
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

경제적 요인																		법/제도적 요인
경제적 요인																		기술적 요인
경제적 요인																		사회적 요인
법/제도적 요인																		기술적 요인
법/제도적 요인																		사회적 요인
기술적 요인																		사회적 요인

Q08. 경제적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	경제적 요인의 저해 정도 순위
(1) 사료화를 위한 초기 투자 비용(TMR 배합기, 지게차, 창고 등)이 큼	위
(2) 농식품부산물 원료 확보 비용이 높음(구입, 보관, 운송료 등)	위
(3) 사료화 과정에서 많은 노동력 투입이 요구됨	위
(4) 농식품부산물 이용 사료가 배합사료 가격보다 높음	위

Q09. 법/제도적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	법/제도적 요인의 저해 정도 순위
(1) 농식품부산물(농산부산물, 식품가공부산물)이 「폐기물관리법」에서 관리됨	위
(2) 농식품부산물 사료화 농가/공장의 경우 '폐기물처리업 및 폐기물처리신고' 등 법적 절차 존재	위
(3) (퇴액비유통합협의체와 같은) 부산물사료유통협의체 구성 및 운영이 법령으로 의무화되지 않음	위
(4) 농식품부산물을 원료로 사용한 사료기준 미흡	위

Q10. 기술적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	기술적 요인의 저해 정도 순위
(1) 농식품부산물 이용 사료의 영양성분 표시 기술 부족	위
(2) 농식품부산물 이용 사료에 대한 사양관리 프로그램 미비	위
(3) 시중 배합사료 대비 사료급여(운반, 보관, 급여)의 편의성 부족	위
(4) 계절에 따른 농식품부산물 발생량 변동에 따른 원료 수급의 불안정	위

Q11. 사회적 요인에 해당되는 3가지 세부사항의 저해 정도를, 1~3순위를 매겨 주십시오.

구분	사회적 요인의 저해 정도 순위
(1) 농식품부산물 사료급여에 관한 축산농가의 부정적 인식	위
(2) 농식품부산물 사료급여 축산물에 관한 소비자의 부정적 인식	위
(3) 농식품부산물 재활용의 필요성에 관한 낮은 인식	위

※ 여기서부터는 ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 저해 요인이 경축순환농업에 미치는 영향에 대한 질문입니다.

Q12. ‘국내산 조사료 생산 및 이용’ 저해 요인의 2가지 차원이 경축순환농업에 미치는 부정적 영향을 상호 비교를 해주십시오.

층위	구성 요소	설명
중분류	(1) 경제적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음 • 연중 공급능력 부족으로 장기보관비용 발생 • 생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음 • 품질측면에서 국내산 조사료보다 수입 조사료 선호
	(2) 기술적 요인	<ul style="list-style-type: none"> • 국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족 • 벼 이앙시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡 • 기후변화에 대응한 재배기술 및 품종개발 미흡 • 작부체계 보급 및 재배 기술지원 부족

항목 (A)	A가 영향이 큼 ←								동등	→ B가 영향이 큼								항목 (B)
	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8	
경제적 요인																		기술적 요인

Q13. 경제적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	경제적 요인의 저해 정도 순위
(1) 국내산 조사료 재배의 경제성이 낮음	위
(2) 연중 공급능력 부족으로 장기보관비용 발생	위
(3) 생산의 지역편중이 심하여 유통 및 정보 비용 높음	위
(4) 품질측면에서 국내산 조사료보다 수입 조사료 선호	위

Q14. 기술적 요인에 해당되는 4가지 세부사항의 저해 정도를, 1~4순위를 매겨 주십시오.

구분	기술적 요인의 저해 정도 순위
(1) 국내산 조사료의 품질(사료영양분, 균일성) 개선 기술 부족	위
(2) 벼 이앙시기를 피할 수 있는 조생품종 개발 미흡	위
(3) 기후변화에 대응한 재배기술 및 품종개발 미흡	위
(4) 작부체계 보급 및 재배 기술지원 부족	위

- 강기철·박비오·고영삼·황제아·김병훈·장도현. 2018. 『남원시 가축분뇨관리 세부계획』. 남원시.
- 강재원·배재근·신득철·김진홍·황의영·이승재·신용식·민경진·김석환·조창호·이현희·김영구·김준호·편의식·박상준·김수일·공규식. 2004. 『유기성 폐기물 종합관리기술 구축(I)』. 국립환경과학원.
- 강환구·황보 중·전익수·김찬호·박성복. 2016. 쌀 가공 부산물을 이용한 가금용 발효사료 개발. 농촌진흥청.
- 구교영·방서연·방순민·김용현·김수진·김은화·강현준. 2016. 『농식품부산물의 거래 활성화를 위한 유통체계 구축 및 제도 개선』. 농촌진흥청.
- 구본경·이혜경·하운주·조홍래·김중구·정의상·이태환. 2018. 『가축분뇨 관리 제도개선을 위한 선진사례 조사·분석 연구』. 국립환경과학원 용역과제 보고서.
- 국승용·김규호·김성훈·김윤진·김윤형·김현중·마상진·박문호·박재홍·우병준·이병훈·이실·이형용·장재봉·전상곤·전형현·최지선·한보현·허덕. 2017. 『2017 농림축산식품사업 성과평가』. 한국농촌경제연구원.
- 국립축산과학원. <<http://www.nias.go.kr/front/researchUtilizeBoardView.do?cmCode=M090918001117679&cntntsNo=8515&columnName=title&searchStr>>. 검색일: 2020. 10. 10.
- 권오상. 2019. 『생산경제학』. 박영사.
- 김완배·권오상·안동환·임정빈·전창후·최진용·최장호·조현정·전지연·최애선·서명천·기타무라 레이코·김광수·장석진·손인성·민자혜·송정화·유승환. 2008. 『팔당클린농업벨트 조성방안』. 서울대학교.
- 김원희·권오상·안동환. 2003. “농업용수의 잠재가격 분석.” 『농업경제연구』 44(2): 1-18.
- 김정훈·장봉준·이정수·유민철. 2010. 『지하수의 질산성 질소 처리를 위한 내화학적 이온교환막 및 전기투석공정 개발에 관한 연구』. 한국화학연구원 환경부.
- 김창길. 1999. “가축분뇨처리의 경제성 분석.” 『농촌경제』 22(3): 53-72.

- 김창길·강창용·허장·김태영·노기안·김민경·최지용·한대호. 2003. 『농업생태계의 물질 순환 및 환경부하 분석(1차년도)』, R451. 한국농촌경제연구원.
- 김창길·정학균·이상건. 2008. 『광역친환경농업단지 성과제고 및 사후관리 방안』, C2008-40. 한국농촌경제연구원.
- 김창길·권태진. 2008. “한반도의 자원순환형 친환경농업 발전 방향과 과제.” 『농촌경제』 31(1): 1-30.
- 김창길·정학균·임평은·김태훈. 2015. 『양분총량제 도입방안 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 김태성. 2011. 『가축분뇨 자원화 이용현황과 당면과제』. 농협경제연구소.
- 김현중·박성진·김태후·강수진. 2018. 『가축분뇨처리 사업군 심층평가』, E18-2018-2. 한국농촌경제연구원.
- 김현중·정학균·임영아·이용건·정민국. 2020. “가축분뇨 자원화 여건 변화와 대응과제.” 『KREI 현안분석』. 한국농촌경제연구원.
- 남재작·윤영만·이영행·소규호·김창현. 2008. “전과정평가 방법을 이용한 가축분뇨/음식 폐기물 통합 소화형 바이오가스 시설의 온실가스 배출량 평가.” 『한국환경농학회지』 27(4): 406-412.
- 남지호. 2009. 『농업·농촌의 다원적 기능에 대한 경제적 가치평가』. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- 네이버 지식백과. <<https://terms.naver.com>>. 검색어: 토양의 산성화, 파리기후변화협약. 검색일: 2020. 10. 23.
- _____. 검색어: 산패도. 검색일: 2020. 10. 10.
- _____. 검색어: 애그플레이션. 검색일: 2020. 10. 3.
- 농림축산식품부. 2013. 『산지생태 축산 활성화 및 시범사업 추진계획』.
- _____. 2014. 『농림축산식품부 사업시행지침서』.
- _____. 2020. 『농림축산식품부 사업시행지침서』.
- _____. 각 연도. 『농림축산식품 주요통계』.
- 농림축산식품부 내부자료. 2006. “가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진 대책.”
- 농림축산식품부 축산환경자원과 내부자료. 2020. “연도별 가축분뇨 발생량 및 처리현황.”
- 농림축산식품부 내부자료. 2020. “농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업.”
- 농림축산식품부 내부자료. 2020. 2. “기획 기사 우수사례별 정리.”
- 농림축산식품부 내부자료. 2020. 8. “일반 가축분뇨 액비를 유기농업자재에 포함하도록 제도 개선.”

- 농림축산식품부 보도자료. 2020. 3. 25. “3월 25일부터 가축분 퇴비 부숙도 검사 의무화 시행, 1년간 계도기간 운영.”
- 농림축산식품부 보도자료. 2020. 7. 6. “농식품부, 축산농가 퇴비 부숙도 시행 차질없이 준비.”
- 농림수산식품부 친환경농업과 보도자료. 2012. 11. 5. “광역친환경농업단지 42개소 활성화 방안 공유.”
- 농어업·농어촌특별위원회 내부자료. 2019. 지역자원 기반 경축순환농업 활성화 방안(안). 농촌진흥청. 2019. 『2019 농업과학기술 경제성 분석 기준자료집』.
- 농촌진흥청 국립축산과학원 홈페이지. “농가활용 프로그램.” <<http://www.nias.go.kr/front/researchUtilizeBoardView.do?cmCode=M090918001117679&cntntsNo=8515&columnName=title&searchStr>>. 검색일: 2020. 10. 10.
- 농촌진흥청 국립축산과학원 홈페이지. “농가활용 프로그램.” <<http://www.nias.go.kr/front/researchUtilizeBoardList.do?attribute=1&cmCode=M090918001117679>>. 검색일: 2020. 10. 15.
- 농촌진흥청 보도자료. 2020. 1. 21. “농촌진흥청, 관행적인 논·밭두렁 불태우기 자제 당부.”
- 농협경제지주 자재부. 2019. 『2019 비료사업통계요람』.
- 박배경·류홍덕·안기홍·김선정·최성아·신동석·박지형·김홍태·김용석·류덕희·어성욱. 2014. 『가축분뇨 자원화 시설 처리 및 배출실태 조사 연구』. NIER-RP2014-320. 국립환경과학원.
- 박현태·강창용·김연중·정은미·한혜성·이용연. 2008. 『지역 단위의 순환농업시스템 개발에 관한 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 서대석·강창용·김원태·최진용. 2017. 『농축산 폐자원의 효율적 자원화 방안 연구』. 연구보고 R833. 한국농촌경제연구원.
- 서일환·최충식·강마야·정학균·장은혜. 2020. 『지역단위 양분관리 시범사업(I)』. 국립환경과학원 용역보고서.
- 서일환·장태일·오병욱·양현용·이성원·조준현·소현철·김완주. 2017. 『지역의 양분관리를 위한 양분수지 산정·삭감·평가 등에 관한 시행계획 수립 및 현장적용』. 전북대학교.
- 서일환·어성욱·양현용·오병욱·이성원·정지훈·서효재·조효진·김창수·옥전재·손정우·이은성. 2019. 『소옥천유역 양분관리 시범적용을 위한 양분저감 등 시행계획 수립 연구』. 국립환경과학원.

- 서천군 농업기술센터 내부자료. 2019. 『경종과 축산이 상생하는 자원순환농업단지 운영 사례』.
- 성재훈·김태훈·추성민. 2020. 『친환경농자재 산업 실태와 정책과제』. 연구보고 R(2021년 발간 예정). 한국농촌경제연구원.
- 성진근·황남열·조가옥·나종삼. 2008. 『새만금 유역 오염부하 저감을 위한 왕궁양돈단지 가축분뇨 자원화시스템 및 자연순환농법의 개발』. (사)한국농업경영포럼.
- 소진영·권혁수·박형수·고아라·김보미·서민석·성종환·윤영만. 2012. 『바이오에너지 전과정평가(LCA): 바이오가스를 중심으로』. 에너지경제연구원.
- 안병구·노재종·최창학·문형철·엄미정·고도영·전형권·권석주·김종엽·이석영·이정임. 2019. 『삼락농정 실현을 위한 경축순환농업 연구보고서(1단계: 2016~2018)』. GOVP1201948422. 전라북도농업기술원.
- 엑스플랜트 홈페이지. <https://www.xplant.co.kr/shop/item.php?it_id=1504594534>. 검색일: 2020. 10. 15.
- 오영균·백열창·김도형·장선식·박동하·김기진·유대중·최상문. 2015. 『농산부산물을 활용한 한우고기 생산 종합 수익모델』. 농촌진흥청.
- 유덕기·윤성이·조익환·이주삼·안종호. 2006. 『자연순환형 유기농업 표준모델 개발』. 동국대학교.
- 유찬주·박현태. 2009. “자원순환농업의 현황과 과제.” 『농업전망 2009』. 한국농촌경제연구원.
- 윤석진·김기훈·이동현·허진호·최은정·이종식·정현철. 2015. “국내 부숙비료의 전과정 온실가스 배출량 산정.” 『한국환경기술학회지』 16(5): 397-402.
- 윤성이·김태호·이성용·홍정학. 2014. 『농·임·축산 바이오매스 순환 실증단지(Biopia) 모델구축 및 사업지침서 개발』. 동국대학교 산학협력단.
- 윤영만·김창현·구현화·오승용·홍종미·윤성휘·김창규·이만희. 2016. 『양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구』. 한경대학교 산학협력단.
- 윤영만·서대석·강창용·김원태·최진용. 2017. 『농축산 유기성폐자원의 자원화 기술 현황과 발전 방향』. R833 연구자료-1. 한국농촌경제연구원.
- 윤종열·김호. 2005. “아산시 친환경 지역농업의 자원순환시스템 구축방향.” 『한국유기농업학회지』 13(1).
- 정민국·허덕·이명기·김윤희·이형우·김현중·이용건. 2012a. 『지역단위 가축분뇨의 자원

- 순환 모델 개발』. PJ007818. 농촌진흥청.
- 정민국·이형우·이용진. 2012b. “가축분뇨 자원순환농업 실태 분석과 개선과제.” 『농업 경영·정책연구』 39(4): 870-888.
- 정학균·임영아·이혜진·김창길. 2016. 『기후스마트농업의 실태진단과 과제』. R780. 한국 농촌경제연구원.
- 정학균·임영아·성재훈·이현정. 2018. 『신기후체제에 따른 농축산식품부문 영향과 대응 전략』. 한국농촌경제연구원.
- 지상윤·오상집. 2013. 『농축산부산물의 단위가축 사료화 연구』. 농촌진흥청.
- 최덕천. 2016. “소규모 경축순환 유기농가 경영에서의 범위의 경제성 실증 분석 - 평창군 ‘W농장’ 사례를 중심으로.” 『한국유기농업학회』 24(4): 665-680.
- 최홍림·박성용·강아람·허용준·Suresh·Yao·곽병오·함영화·육태호·박영숙. 2008. 『광역 친환경농업단지 맞춤형 경축순환자원화센터의 설계와 진단을 위한 사용자 중심의 현장적용시스템 개발에 관한 연구』. 서울대학교·(주)애니인포넷.
- 최홍림·임정빈·이준희·이문호·김규호·강혜진·박동석·강선우·이수관·배상은·옥승연·Rian·Sartika. 2012. 『지역특성을 고려한 자연순환농업모델 연구』. 농림수산 식품부.
- 축산환경관리원 내부자료. 2020. 6. 『지역단위 경축순환농업 활성화를 위한 제도개선(안)』.
- 축산환경관리원 내부자료. 2020. 『산지생태축산목장 현황』.
- 축산환경관리원 내부자료. 2020. 2. 17. 『경축순환농업 우수사례 현장방문 결과보고 (서천군)』.
- 축산환경관리원 내부자료. 2020. 7. 20. 『강원도 지역단위 경축순환농업 우수사례 현장 방문 결과보고』.
- 통계청. 논벼 수확농가의 볏짚 처리방법별 농가. 『2010년 농업총조사』.
- 통계청. 마이크로데이터 통합서비스. <<https://mdis.kostat.go.kr/index.do>>. 검색일: 2020. 10. 15.
- 통계청. 친환경농업단지 현황. <<https://www.data.go.kr/dataset/15002540/fileData.do>>. 검색일: 2020. 2. 11.
- 통계청. 각 연도. 『농림어업총조사』.
- 통계청. 각 연도. 『농축산물생산비조사』.
- 한국비료협회. 2017. 『비료연감』.

- 한국은행 내부자료. 2014. 『친환경농업 활성화를 위한 제주·호남지역간 value chain 구축 방안』.
- 한국축산경제연구원. 2018. 『양분관리 매뉴얼 개발』.
- 한바이오 내부자료. 2019. 『2019년 추비용 맞춤형액비 관비재배 시험컨설팅』.
- 허덕·김현중·이창수·정세미. 2014. 『가축분뇨 액비 생산 시설 우수사례』. D384. 한국농촌경제연구원.
- 허승욱·김호. 2008. “지역자원 순환형 유기한우의 경영모델.” 『한국유기농업학회지』 16(1): 1-19.
- 허종수·서동철·박종환·박성규·천영석·임종서·김아름·김성현·이충현·정창윤·이성태·이준호·이정구·심혜진·하가영·이홍재·조주식·정용화·한명자·최익원·강세원·서영진·이상규·한종학·김민옥·장현숙·구제복·김은미·양주동. 2012. 『자연정화공법을 이용한 자원순환형 축산폐수 처리기술 개발』. 경상대학교·순천대학교.
- 환경부. 2011. 『가축분뇨 처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치·운영 개선 방안 등에 관한 연구』. 한국환경공단.
- 환경부. 2017. 「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」.
- 환경부. 2019. 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령」.
- 환경부. 『가축분뇨 배출원단위』. <<http://www.me.go.kr/>>. 검색일: 2020. 8. 2.
- 흡살림. “유기농업기술 재배기술.” <http://heuk.or.kr/info/sub2_3.asp?seq=746&boardId=info02_3&page=22&searchField=2&searchValue=&sCategory=&mode=read>. 검색일: 2020. 10. 13.
- Aigner, D. J. and S. J. Chu. 1968. “On Estimating the Industry Production Function.” *American Economic Review* 58: 826-839.
- Ben Allen. 2015. “The role of agriculture and forestry in the circular economy.” EIP-AGRI Workshop on circular economy. Institute for European Environmental Policy(IEEP).
- Chambers, R. G. 1988. *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. Cambridge University Press.
- Chambers, R. G. 2002. “Exact Nonradial Input, Output, and Productivity Measurement.” *Economic Theory* 20: 751-765.
- Frosch, Robert A., and Nicholas E. Gallopoulos. 1989. “Strategies for manufacturing.”

- Scientific American* 261(3): 144-153.
- Greene, W. H. 1993. "The Econometric Approach to Efficiency Analysis." in H. O. Fried, C. A. K. Lovell, S. S. Schmidt, eds., *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. Oxford University Press.
- Hanemann, W. M. 1984. "Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses." *American Journal of Agricultural Economics* 66: 332-341.
- Korhonen, Jouni, Antero Honkasalo, and Jyri Seppälä. 2018. "Circular economy: the concept and its limitations." *Ecological economics* 143: 37-46.
- Moraine, M. et al. 2014. "Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe." *Animal* 8(8): 1204-1217. doi: 10.1017/S1751731114001189.
- OECD. Stat. <<https://stats.oecd.org/>>. 검색일: 2020. 10. 19.
- Schmidt, P. 1976. "On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Functions." *Review of Economics and Statistics* 58: 238-239.
- Serra, T., A. O. Lanink, and S. E. Stefanou. 2011. "Measurement of Dynamic Efficiency: A Directional Function Parametric Approach." *American Journal of Agricultural Economics* 93: 756-767.
- (株)バイオマスパワーしずくいし. <www.bps-koiwai.co.jp>. 검색일: 2020. 5. 28.
- 農林水産省. 2019. 『飼料用米の推進について』.
- 農林水産省. "バイオマスを活用した取組の紹介." <www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_jirei/H28.html>. 검색일: 2020. 5. 28.
- 農林水産省. "令和元年度・令和2年度畜産・酪農関係予算の概要." <https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_zigyo/191212.html>. 검색일: 2020. 8. 1.
- 小岩井農牧株式會社. 2019. 『小岩井農場環境報告書 2019』.
- 豊智行. 2017. "規格外れんこんを飼料利用する株式會社廣原畜産とJA土浦管内れんこん農家との耕畜連携." 『畜産の情報』 2017年8月号, pp. 45-52.
- 石川尙基. 2019. "國産子實トウモロコシで卵の旨みアップ、採卵期間も伸びた." 『現代農業』 2019年7月号.

KREI

www.krei.re.kr

경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안

Analysis of the Integrated Crop Livestock
Farming System and Improvement Ways



한국농촌경제연구원

전라남도 나주시 빛가람로 601
T. 1833-5500 F. 061) 820-2211

