

노지 및 시설재배 고추에 대한 전과정평가

박정아, 정순철, 허진호, *소규호, *노기안

환경경제네트워크(주) 에코솔루션사업본부, *국립농업과학원 기후변화생태과

Life Cycle Assessment for Open field and Greenhouse Peppers

Jeong a Park, Soon chul Jung, Jin ho Huh, *Kyu ho So, *Kee an Roh

Eco-Solution Business Division, EcoNetwork Co., Ltd.

* Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science

Abstract

Demographic and economic growth leads naturally to an increase in demand for resources, with the extraction, processing, use and disposal of these resources causing a wide variety of environmental problems such as wastes and emissions in the air and in the water. To analyze and manage the subsequent impacts on the environment, tools such as life cycle assessment (LCA) is being widely used. Due to the increasing of interest about food safety and environmental performance, life cycle assessment for agri-food sector is being essential part. So this paper carries out life cycle assessment for open field and greenhouse peppers. The results of assessment, open field peppers are more environmental friendly at four impact categories; abiotic resource depletion, global warming potential, fresh water aquatic eco toxicity potential and terrestrial eco toxicity potential. And the other impact categories show reverse trends. Key issue of environmental burden for open field peppers are production of inorganic fertilizer and other greenhouse material, and for greenhouse peppers are direct air emission from energy use and crude that oil extracted for diesel production.

1. 서론

식품안전사고가 빈번히 발생함에 따라 친환경농산물에 대한 수요가 급증하고 있다. 이에 정부는 친환경농산물 생산을 장려하기 위한 친환경농산물 인증제도, 이력추적관리제도, 우수농산물 인증제도 등의 제도를 시행하고 있다. 그러나 이 제도들은 농산물 생산의 전과정에 대한 환경정보를 정량적으로 제공하고 있지 않아 농산물의 환경성에 대하여 정확한 판단을 하기에는 어려움이 있다. 따라서 농산물에 대한 전과정평가(Life Cycle Assessment; LCA) 도입의 필요성이 제기되고 있다. 전과정평가는 대상 시스템의 전과정(원료채취, 생산, 사용, 운송 및 폐기 등)에 걸쳐서 소모되는 자원과 발생하는 배출물의 양을 정량화하여 이로 인한 잠재적 환경영향을 종합적으로 평가하는 환경성 평가 방법으로, 정량적인 제품의 환경성적 평가 지표를 제공하고 개선안을 도출할 수 있게 한다.

고추 생산 시스템은 농약 사용량이 상대적으로 많아 안전성과 환경성에 대한 문제가 끊임없이 제기되어 왔으며, 농약 사용량 절감을 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히 시설재배 고

추의 경우 시설 운영에 따른 에너지 사용량 절감 방안이 주요 이슈로 떠오르고 있다. 그러나 농업 분야 전과정평가의 도입이 지연됨에 따라 고추 생산 시스템에 대한 정량적인 환경성 정보는 제공된 바가 없어 좀 더 실질적이고 세부적인 환경성 개선안이 제시되지 않은 상태이다.

본 연구에서는 전과정평가 기법을 활용하여 두 가지 고추 생산 시스템인 노지 및 시설재배 고추¹⁾에 대한 환경성평가를 실시함으로써 주요 환경측면을 규명하고 환경영향 저감 기회를 규명하고자 한다.

2. 전과정평가 수행

2.1 목적 및 범위정의

2.1.1 목적정의

본 연구의 목적은 다음과 같다.

Table 1. 연구 목적 정의

연구의 목적	○ 노지 및 시설고추의 환경성 평가
대상 청중	○ 정부기관의 농업 환경 담당자 ○ 산업체 환경담당자 ○ 농식품 환경 관련 연구자 ○ 환경에 관심있는 개인
연구의 이용분야	○ 국내 농업환경정책 수립 ○ 환경친화적 농식품 생산을 위한 참고자료 ○ 지속가능한 농업 시스템 구축 ○ 농식품분야 TypeIII라벨링제도 도입

2.1.2 범위정의

2.1.2.1 기능단위

본 연구의 대상 시스템은 노지 및 시설고추 생산 시스템으로, 기준흐름은 ‘노지 및 시설고추 1kg 생산’으로 설정하였다.

Table 2. 기능, 기능단위 및 기준흐름

대상 시스템	노지고추 및 시설고추 생산 시스템
기능	식용 및 각종 식품 제조의 원료 생산
기능단위 및 기준흐름	식용 및 식품 제조의 원료용으로 사용되는 노지 및 시설고추 1kg 생산

2.1.2.2 시스템 경계

본 전과정평가의 시스템 경계는 노지 및 시설고추 생산 과정에 사용되는 원료물질의 채취로부터 노지 및 시설고추가 생산되기까지의 모든 과정을 포함한 cradle to gate의 범위를 가지고 있다. 노지고추와 시설고추는 일반적으로 Fig. 1에 제시된 바와 같이 종자를 심어 기르는 육묘 과정, 다

1) 노지재배 고추란 개방된 토양에 고추를 심어 재배하는 전통적인 방식을 의미하며, 시설재배 고추란 일반적으로 폴리에틸렌 필름을 이용한 간이 온실에서 재배하는 방식을 의미한다.

자란 종묘를 옮겨 심는 정식 과정, 비료, 농약, 에너지 및 기타 유틸리티 등을 투입하여 고추를 기르는 재배 과정, 인력을 통해 고추를 얻는 수확 과정을 통해 고추를 생산하게 된다. 단, 시설고추는 노지고추와 달리 폴리에틸렌 시설 하우스 내부에서 연중 지속적으로 재배되며, 연중 생산에 적합한 환경을 제공하기 위한 추가 에너지 및 유틸리티가 요구된다.

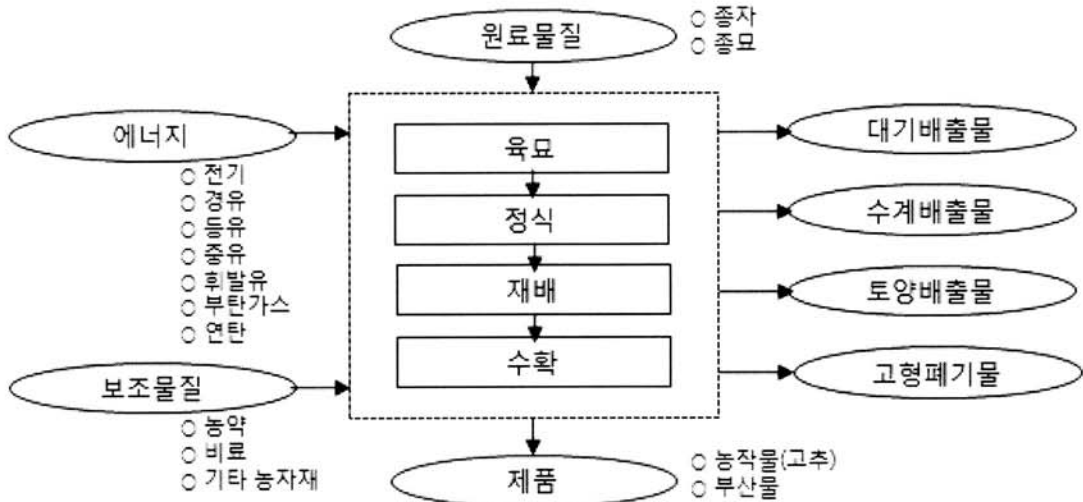


Fig. 1. 고추 생산 시스템의 시스템 경계

2.1.2.3 데이터 수집 및 데이터 품질 요건

데이터 수집은 국내 고추 생산 시스템을 의미하는 대상 시스템 내부와 원료 물질 생산 시스템 혹은 폐기물 처리 시스템 등의 대상 시스템 외부로 구분할 수 있다. 국내 고추 생산 시스템에 대한 원료물질, 보조물질, 에너지 투입량 데이터는 농촌진흥청과 통계청의 실제 농산물 별 원부자재 투입물량 통계인 2007년 농축산물소득자료집을 바탕으로 수집하였다. 상위, 하위 흐름은 가능한 국내 지식경제부, 환경부의 데이터베이스를 우선적으로 사용하였으나 일부 데이터베이스가 없는 원부자재 생산에 대한 상위 흐름의 경우 해외 데이터베이스를 사용하였다.

Table 3. 시간, 지역적, 기술적 경계

	대상 시스템 내부	대상 시스템 외부
시간적 경계	2007년	① 최근 5년 이내 데이터 ② 최신 데이터
지역적 경계	국내 노지 및 시설고추 생산 시스템	① 국내 데이터 ② 해외 데이터
기술적 경계	현재 국내에서 상용화된 기술	① 동일 시스템에 대한 데이터 ② 유사 시스템에 대한 데이터

2.1.2.4 할당

노지 및 시설고추의 경우 재배 과정에서 고춧대 등의 부산물이 발생한다. 그러나 이는 활용 가치가 없으며, 발생 후 노지에 그대로 폐기되어 썩는 등 별도의 처리 과정이 요구되지 않는다. 이렇듯 부산물이 경제적 가치를 가지지 않는 것이 대부분이며 부산물 처리 및 재활용 과정에 인위적인 요소가 거의 없으므로 제품과 부산물 간 할당을 적용하지 않았다. 그 외 할당이 요구되는 폐기

물에 대해서는 Extraction Load 방법론을 적용하였다. 향후 농산물 전과정평가에서의 부산물 할당에 대한 추가 연구가 요구된다.

2.1.2.5 영향평가 범주 및 영향평가 방법론

본 연구에서는 지식경제부 영향평가 방법론을 적용하여 전과정 영향평가를 수행하였으며, 각 목록항목이 영향범주에 미치는 환경영향을 정량화하는 특성화 단계까지 수행하였다. 고려된 영향범주와 상응인자는 다음과 같다.

Table 4. 지식경제부 영향평가 방법론

영향범주		단위	특성화 모델
무생물 자원고갈	ARD (Abiotic Resource Depletion)	1/yr	EIA, International Energy Annual 2000, U.S Geological survey(USGS) 2001~2002
지구 온난화	GWP (Global Warming Potential)	gCO ₂ -eq/g	IPCC 1996(100 year)
오존층 고갈	ODP (Ozone Depletion Potential)	gCFC-11-eq/g	UNEP Ozone Secretarist, April, 2002~3[Handbook for the Montrial Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer]
산성화	ACP (Acidification Potential)	gSO ₂ ⁻ -eq/g	CML 1999, Hauschild & Wenzel, 1998
부영양화	EUP (Eutrophication Potential)	gpO ₄ ³⁻ -eq/g	Heijungs et al 1992,(with some modification)
광화학 산화물 생성	POCP (Photo-chemical Oxidant Creation Potential)	gC ₂ H ₄ -eq/g	CML 1999, Jenkin & Hayman, 1999; Derwent et al. 1998; high NOx
인간독성	HTP (Human toxicity Potential)	g1.4DCB-eq/g	CML, 1999, Huijbregts et al., 2000a HTP(100yr)
생태독성	담수 생태독성	FAETP (Fresh Water Aquatic Eco Toxicity Potential)	g1.4DCB-eq/g Guinee et al.,(1992) Eco-indicator
	해수 생태독성	MAETP (Marine Aquatic Eco Toxicity Potential)	g1.4DCB-eq/g Guinee et al.,(1992) Eco-indicator
	토양 생태독성	TETP (Terrestrial Eco Toxicity Potential)	g1.4DCB-eq/g Guinee et al.,(1992) Eco-indicator

2.1.2.6 가정 및 제한사항

- ① 공산품과 달리 농산물은 특성상 원료물질 투입량과 제품 생산량 간 질량 보존의 법칙이 성립

하지 않는다.

- ② 원료물질인 종자와 종묘는 특성상 질량 단위로의 환산이 무의미할 뿐만 아니라, 단위 환산 과정에서 데이터 불확실성이 크기 때문에 통용되고 있는 단위를 그대로 사용하였다.
- ③ 복합비료의 경우 유효성분사용량을 바탕으로 사용량을 추정하였으며, 통계자료에 명시된 사용량과 다소 차이가 있다.
- ④ 시설고추의 유기질 비료 중 유기액비의 성분은 전문가 의견을 바탕으로 민감도 분석을 수행한 결과에 따라 계분 단일성분으로 적용하였다.
- ⑤ 농약병, 비료포대 등 원부자재 포장에 대한 환경부하는 고려하지 않았다.
- ⑥ 연료 사용 및 비료 사용으로 인한 직접대기배출물은 IPCC 배출계수를 통해 도출하였다.
- ⑦ 비료 사용으로 인한 직접토양배출물은 적합한 배출계수의 부재로 고려하지 않았다.
- ⑧ 영구 재사용이 가능한 농자재는 시설로 간주하여 이로 인한 환경영향은 고려하지 않았다.
- ⑨ 데이터베이스가 존재하지 않는 파라미터의 경우 상위흐름 연결이 불가능하므로, 이를 기본흐름으로 가정하여 향후 데이터베이스 구축 시 적용하도록 하였다.

2.2 전과정 목록분석

2.2.1 데이터 분석 및 계산

몇 가지 주요 데이터 계산 방법을 다음에 설명하였다.

2.2.1.1 복합비료 생산에 대한 데이터 계산

국내 복합비료는 일반적으로 질소, 인산, 칼륨(N, P, K) 성분을 포함하도록 기존 단일비료를 블렌딩하여 제조하게 된다. 그러므로 한국비료공업협회의 비료 생산 출하실적을 활용하여 복합비료 제조에 투입된 무기질 비료의 양을 계산하였으며 비료 회사를 대상으로 설문조사를 실시하여 제조 과정에 투입된 에너지의 양을 도출하였다.

2.2.1.2 작물별 연간 농약 사용량 계산

농약 연보에 통계된 연간 농약 사용량, 농약사용지침서에 서술된 작물별 사용 농약 및 작물별 재배 면적을 바탕으로 노지 및 시설고추 농약 사용량을 도출하였다. 또한 작물의 농약 사용 특성을 반영하기 위하여 연간 사용 횟수 및 회당 살포량을 가중치로 적용하였다.

신물종명	연간 사용량	경지면적					
		브리:면적	육수수:면적	감자:면적	양파:면적	마늘:면적	
리뉴론·펜디메탈린 유제	3,767	690,449	40,365	10,046	26,271	14,072	30,397
		122,673	5.95%	1.45%	3.90%	2.04%	4.40%
		10	○	○	○	○	○
		853	529	392	171	115	246
		1,298	323	676	453	978	

① 리뉴론·펜디메탈린 유제를 사용하는 작물들의 경지면적 합계 = 리뉴론·펜디메탈린 유제가 사용되는 총 경지면적
 ② 농약사용지침서의 작물별 사용약량 및 사용횟수 고려한 작물별 농약 사용량 가중치 (리뉴론·펜디메탈린 유제를 사용하는 작물들 간의 상대적인 수치)
 ③ 각 작물의 경지면적비율(작물별 경지면적 / 리뉴론·펜디메탈린 유제가 사용되는 총 경지면적 ①)에 작물별 농약 사용 가중치 적용한 지수 산출
 ④ 리뉴론·펜디메탈린 유제의 연간 사용량 X 작물별 농약 사용 가중치 지수 비율

Fig. 2. 리뉴론·펜디메탈린 유제 사용량 계산 예시

2.2.1.3 기타 농자재 사용량 및 폐기 흐름 계산

전문가 인터뷰 및 시장조사를 통하여 표준제품을 선정 후 제품의 재질 및 무게를 적용하였으며, 농림부의 시설 농업용 폐영농자재에 대한 통계를 바탕으로 평균 내구수명을 추정·적용하였다. 또한 환경자원공사의 영농폐기물 발생 및 처리 현황 통계를 바탕으로 폐기흐름을 추정하였다.

Table 5. 기타농자재 사용량 계산 적용 규격

농자재	표준제품	무게	평균수명
비닐	농업용 HDPE	0.00925kg/m 0.01016kg/m ² ※ 환경자원공사에서 공개한 농업용 폐 LDPE, HDPE 발생 비율로 각각 무게 계산	1년
비닐끈	고추용 PP 비닐끈	0.00115kg/m	1년
보온덮개	부직포	1.97kg/m 1.09kg/m ²	3.15년
포트	검정색 PS 트레이	0.00101kg/구 ※ 농림부, 시설 농업용 폐영농자재의 농가처리실태와 효율적 관리제도	2.37년
망사 및 갑바	PE 갑바	0.112kg/m ²	3.61년

2.2.1.4 직접대기배출물 계산

연료 연소 및 비료 사용으로 인한 직접대기배출물 배출량은 IPCC 1996 배출계수를 적용하여 계산하였다.

연료 연소로 인한 직접대기배출량(kgGHG)

$$= \text{연료사용량}(l/\text{yr}) \times \text{저위발열량}(MJ/l) \times \text{단위전환계수}(10^{-6}) \times \text{배출계수}(kgGHG/TJ)$$

Table 6. 연료원별 온실가스 배출계수

연료원	배출계수(kg/TJ)			저위발열량 (MJ/l, NM ³)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
경유	74,100	3.9	3.9	35.4
등유	71,900	3	0.6	35
중유	77,400	3	0.6	39.1
휘발유(이동연소)	69,300	33	3.2	31
가스(부탄/LPG)	63,100	1	0.1	45.7
천연가스	64,200	3	0.6	40
무연탄	98,300	1	1.5	19.3

$$\text{비료 사용으로 인한 직접대기배출량}(kgN_2O) = \text{비료 사용 면적}(ha) \times \text{배출계수}(kgN_2O/ha)$$

Table 7. 비료 사용에 따른 N₂O 배출계수

	EF1(upland)	EF1FR(rice)
1996	0.0125	-

2.2.2 gate to gate 목록 작성

수집된 데이터의 분석 및 계산 과정을 통해 gate to gate 목록을 작성하였다. gate to gate 목록은 기능단위인 노지 및 시설고추 1kg 기준으로 작성되었다.

Table 8. 노지 및 시설고추의 gate to gate 목록

1. 노지고추

INPUT		
항목	단위	Amount
종자	L	1.76E-04
종묘	주	1.01E+00
퇴구비	kg	1.75E+00
요소	kg	2.15E-02
유안	kg	1.24E-04
용성인비	kg	9.69E-06
용과린	kg	3.23E-05
염화칼리	kg	1.36E-03
황산칼리	kg	6.04E-04
복합비료21-17-17	kg	9.98E-02
복합비료17-21-17	kg	2.23E-03
복합비료15-15-15	kg	7.02E-04
복합비료기타	kg	2.67E-01
농용석회	kg	1.08E-01
규산질	kg	1.10E-02
농약	kg	5.38E-03
전기	kW	2.21E-01
경유	kg	4.25E-02
등유	kg	1.45E-01
휘발유	kg	6.30E-03
비닐(HDPE)	kg	9.47E-03
비닐(LDPE)	kg	1.17E-02
부직포	kg	2.13E-02

2. 시설고추

INPUT		
항목	단위	Amount
종자	L	3.98E-05
종묘	주	3.85E-01
퇴구비	kg	7.81E-02
생짚	kg	6.82E-02
유기액비(계분)	kg	2.70E-03
요소	kg	4.45E-03
유안	kg	1.33E-04
용성인비	kg	4.47E-03
염화칼리	kg	1.40E-03
붕소	kg	7.58E-05
농용석회	kg	8.36E-03
복합비료	kg	2.39E-02
규산질	kg	3.03E-03
농약	kg	2.98E-04
전기	kW	6.68E-01
경유	kg	7.31E-01
등유	kg	5.70E-03
휘발유	kg	1.61E-03
가스	kg	3.29E-05
연탄	kg	1.83E-01
비닐(HDPE)	kg	1.00E-03
비닐(LDPE)	kg	1.24E-03
비닐끈(HPP)	kg	2.39E-03
부직포	kg	2.98E-02
풋트(GPPS)	kg	1.27E-03

OUTPUT		
항목	단위	Amount
노지고추	kg	1.00E+00
CO ₂	kg	5.83E-01
CH ₄	kg	3.36E-05
N ₂ O	kg	1.05E-03
HDPE소각폐기물	kg	1.21E-03
LDPE소각폐기물	kg	1.49E-03
플라스틱매립폐기물	kg	2.70E-03
일반소각폐기물	kg	4.15E-03

OUTPUT		
항목	단위	Amount
시설고추	kg	1.00E+00
CO ₂	kg	2.81E+00
CH ₄	kg	1.32E-04
N ₂ O	kg	1.86E-04
HDPE소각폐기물	kg	1.28E-04
LDPE소각폐기물	kg	1.58E-04
PP소각폐기물	kg	3.05E-04
PS소각폐기물	kg	5.31E-04
플라스틱매립폐기물	kg	1.13E-03
일반소각폐기물	kg	5.79E-03

2.2.3 상위/하위 데이터베이스 연결을 통한 전과정 목록(Life Cycle Inventory) 구축

전과정평가 소프트웨어 PASS를 활용하여 상위/하위 데이터베이스를 연결시키고, 전과정 목록을 구축하였다. 환경부와 지식경제부의 국가 데이터베이스를 우선 연결하되, 불가능한 항목에 대해서는 해외 데이터베이스를 연결하였다.

2.2.4 주요 목록 분석

도출된 전과정 목록을 토대로 교토의정서에서 규정한 6대 온실가스 배출량에 대하여 분석하였다.

Table 9. 노지 및 시설고추 생산 시스템에서의 주요 온실가스 배출량(Unit: kg)

	노지고추	시설고추
Carbon dioxide	3.12E+00	4.29E+00
Methane	2.28E-02	1.09E-02
Nitrous oxide	1.71E-03	5.66E-04
HFC-134a	4.34E-09	2.58E-10
HFC-152a	1.42E-10	6.82E-11
HFC-23	5.83E-11	6.48E-12
Sulfur Hexafluoride	1.04E-07	1.23E-07
CFC-14	1.21E-07	2.84E-08

가장 큰 배출량을 보이는 이산화탄소는 시설고추 생산 시스템에서의 배출량이 노지고추 생산 시스템 배출량의 약 138%로 나타났다. 이산화탄소와 육불화황을 제외한 6개 온실가스의 경우 노지고추 생산 시스템에서의 배출량이 많은 것으로 분석되었다.

Table 10. 이산화탄소 배출 기여도 분석(Unit: kg)

	직접 대기배출물	유기질비료	무기질비료	농약	에너지	기타 시설농자재 (폐기 포함)
노지고추	5.83E-01	9.56E-01	8.58E-01	4.20E-02	1.74E-01	5.08E-01
기여도(%)	19	31	28	1	6	16
시설고추	2.81E+00	3.52E-01	5.97E-02	2.33E-03	4.10E-01	6.59E-01
기여도(%)	65	8	1	0	10	15

노지고추는 유기질비료로 인한 이산화탄소 배출량이 31%로 가장 큰 기여도를 보인 반면, 시설고추는 직접 대기배출물로 인한 이산화탄소 배출량이 65%로 가장 큰 기여도를 보였다. 노지고추의 경우 퇴구비 생산 과정에서 배출되는 이산화탄소의 영향이, 시설고추의 경우 농기계 및 시설 운영 시 사용하는 에너지 사용과 그에 따른 직접대기배출물로 인한 영향이 주원인으로 분석되었다.

2.3 전과정 영향평가

영향범주별 특성화 결과는 Table 11과 같다. 지구온난화, 자원고갈, 담수생태독성, 토양생태독성 범주에서는 시설고추의 환경영향이 더 큰 것으로, 나머지 6개 영향범주에서는 노지고추의 환경영향이 더 큰 것으로 분석되었다.

Table 11. 영향범주별 특성화 결과

영향범주	노지고추	시설고추
자원고갈	1.70E-02	2.25E-02
지구온난화	4.13E+00	4.70E+00
오존층파괴	1.43E-06	2.44E-07
산성화	1.32E-02	8.10E-03
부영양화	1.36E-03	9.48E-04
광화학산화물	6.01E-04	3.84E-04
인체독성	4.76E-01	2.59E-01
담수생태독성	2.70E-01	3.57E-01
해수생태독성	4.03E-01	1.13E-01
토양생태독성	2.71E-02	3.00E-02

2.4. 전과정 해석

영향범주별 세부 항목의 환경영향 기여도를 분석하였다. 노지고추의 경우 대부분 영향범주에서 무기질비료와 기타 시설농자재로 인한 환경영향이 큰 것으로 나타났으며, 시설고추의 경우 에너지 사용과 그에 따른 직접대기배출물, 그리고 기타농자재로 인한 환경영향이 큰 것으로 나타났다.

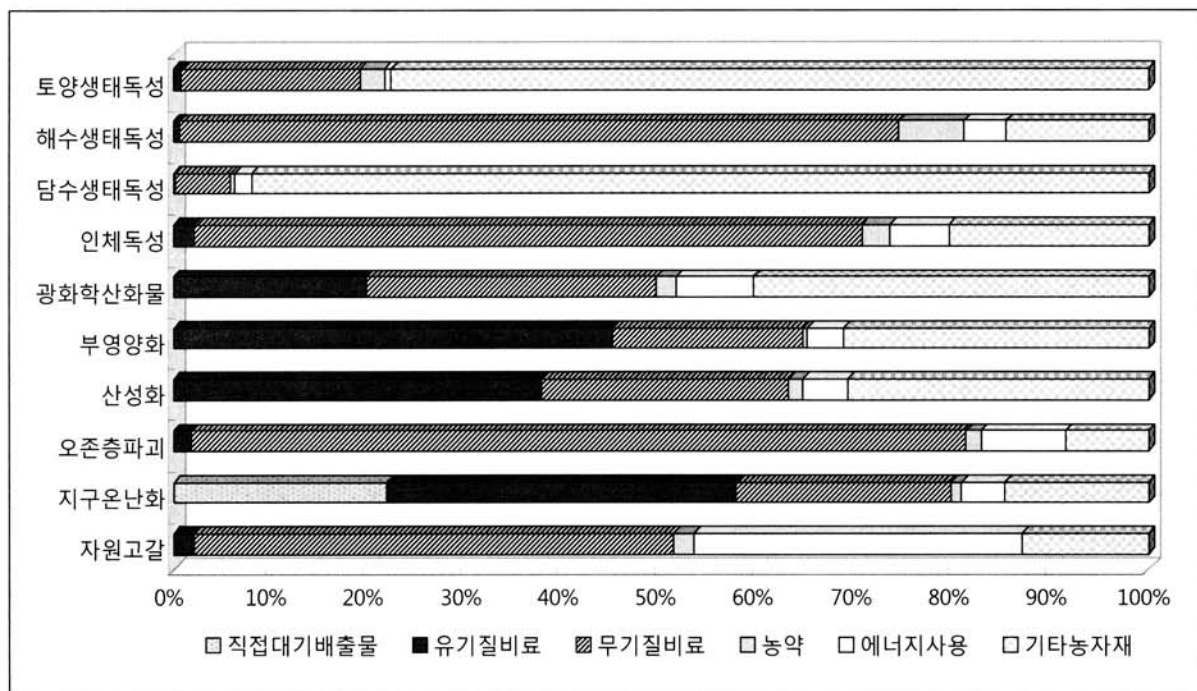


Fig. 3. 노지고추 특성화 결과에 대한 세부 항목별 기여도

노지고추 1kg 생산 시 투입되는 무기질비료는 0.516kg으로 시설고추 1kg 생산 시 투입되는 무기질비료의 0.0458kg보다 약 11배 정도 많다. 또한 노지고추 1kg 생산에 사용되는 부직포는 시설고추 1kg 생산 시 투입되는 부직포 0.00127kg에 비하여 약 17배 많은 0.0213kg이다. 이에 대한 절감 노력도 필요하겠지만, 이러한 결과는 시설고추의 단위면적당 생산량이 노지고추에 비해 약 18배

정도 많아 생산량당 환경부하가 상대적으로 적게 나타난 결과임을 감안하여야 할 것이다.

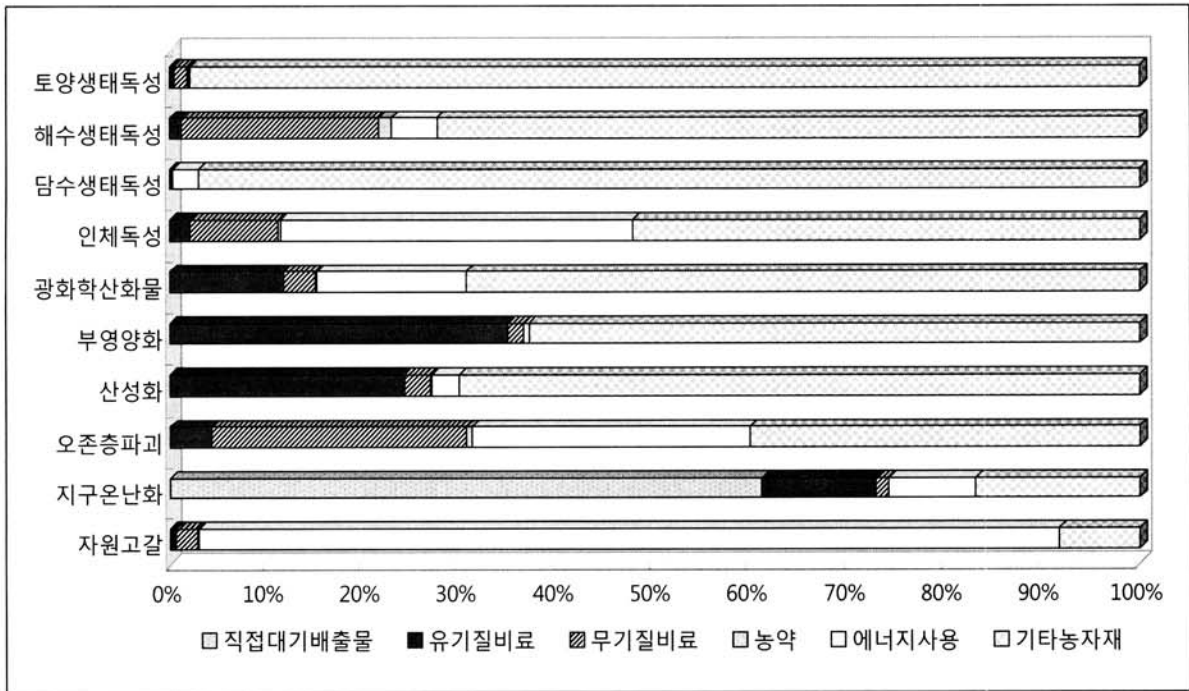


Fig. 4. 시설고추 특성화 결과에 대한 세부 항목별 기여도

시설고추의 경우 노지고추와는 달리, 에너지 생산 및 사용으로 인한 환경영향이 자원고갈 범주와 지구온난화 범주에서 크게 나타나고 있다. 지구온난화 범주에서는 이산화탄소 발생량이 전체 온실가스 발생량의 대부분을 차지하고 있으며, 자원고갈 범주에서는 crude oil이 약 87%, Coal이 약 8%, LNG가 약 5%로 분석되었다. 각 주요 환경 영향 인자들의 발생원들을 누적질량기여도 90%까지 분석한 결과는 다음과 같다.

Table 12. 이산화탄소 주요 발생원

발생원	발생량(kg CO ₂ -eq)	기여도(%)
직접대기배출(에너지 사용 및 토양 비료 사용)	2.81E+00	65
부직포 생산	6.45E-01	15
퇴구비 생산	3.50E-01	8
전기 생산	3.26E-01	8

Table 13. Crude oil 고갈 주요 발생원

발생원	발생량(1/yr)	기여도(%)
디젤 생산	1.86E-02	85
중유 생산	1.67E-03	8
부직포 생산	4.79E-04	2
전기 생산	3.61E-04	2

총 이산화탄소 발생량의 65%는 농기계 사용 및 시설 운영에 투입되는 연료 연소로 인한 온실가스 배출, 토양 시용으로 인한 대기 중 아산화질소 배출에 기인하였다. 따라서 시설고추 생산 과정에서 발생하는 온실가스 양을 줄이기 위해서는 사용되는 연료의 양을 절감하는 것이 가장 효과적인 방법이라 사료된다. 또한, 고추 1kg을 생산하기 위해 채취되는 crude oil의 85%는 디젤 생산에 따른 것이다. 그러므로 자원고갈 범주의 환경영향을 저감하기 위해서는 디젤 사용량을 저감시키는 것이 가장 효과적일 것이며, 디젤 사용량 저감에 따라 직접대기배출물 또한 줄어들어 지구온난화 범주까지 긍정적인 결과를 가져올 것으로 기대된다.

해외의 경우 고추에 대한 전과정평가 사례는 없다. 단 시설작물과 노지작물의 전과정평가 비교사례는 종종 있는데, 이 경우 대부분 시설작물의 지구온난화 범주의 환경영향이 큰 것으로 나타나고 있다. 그러나 시설 농업의 단위면적당 생산성과 신선한 농산물의 연중 소비자 공급 문제, 수확 후 저장 시 비용 및 환경성 문제 등을 고려하였을 때 노지 농산물과 시설 농산물의 환경성 및 경제성에 대한 비교 연구는 좀 더 신중하게 검토되어야 할 것이다.

3. 결론

국내의 농식품분야 전과정평가는 아직 도입수준에 그치고 있다. 탄소성적표지제도가 식품분야 전반에 걸쳐 활발히 진행됨에 따라 식품뿐만 아니라 그 근간이 되는 농수축산물의 전과정평가 연구가 점차 활발해질 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 재배 형태에 따른 두 가지 고추, 즉 노지 고추와 시설고추에 대한 전과정평가를 수행하였다. 전과정평가 결과 지구온난화, 자원고갈, 담수생태독성, 토양생태독성 범주에서는 시설고추의 환경영향이 더 큰 것으로, 나머지 6개 영향범주에서는 노지고추의 환경영향이 더 큰 것으로 나타났다. 노지고추의 주 환경영향 발생 인자는 무기질 비료 생산과 기타 시설 농자재 생산으로 분석되었으며 시설고추의 주 환경영향 발생 인자는 에너지 사용으로 인한 직접대기배출물과 디젤 생산 시 채취되는 crude oil의 영향으로 분석되었다. 고추 1kg 생산에 따른 전과정 탄소성적은 노지고추가 4.13kg, 시설고추가 4.70kg으로 나타났다. 도출된 환경영향 발생 인자를 제어함으로써 저탄소 친환경 농산물 생산 시스템을 구축하는 데 일조할 수 있을 것이다. 본 연구는 국내 농산물 전과정평가의 초기 단계의 연구이므로 지속가능한 농업을 위하여 앞으로 더 활발한 연구를 통해 방법론을 확립하고 활용 분야를 넓혀가야 할 것이다.

Reference

- 1) 농촌진흥청(2007), 2007 농축산물소득자료집
- 2) 한국작물보호협회(2007), 농약연보
- 3) 한국작물보호협회, 농약사용지침서
- 4) 한국비료공업협회(2007), 2007 비료 생산 출하실적
- 5) 농림수산식품부(2004), 시설 농업용 폐영농자재의 농가처리실태와 효율적 관리제도
- 6) 한국환경자원공사(2007), 영농폐기물조사
- 7) 박정아, 허진호, 신소연, 임송택, 이길재, 심교문, 노기안(2009), 주요 식량작물의 전과정 온실가스 배출량 산정에 관한 연구, 한국전과정평가학회 학술연구논문발표회
- 8) IPCC(1996, 2006), IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories
- 9) ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment

- 10) 이건모, 허탁, 김승도(1998), 환경 전과정평가(LCA)의 이론과 지침
- 11) Ecoinvent(2007), Life Cycle Inventories of Agricultural Production System
- 12) NREL(2005), Quantifying Cradle-to-farm Gate Life-Cycle Impactss Associated with Ferrilizer Used for Corn, Soybean, and Stover Production
- 13) DIAS(2003), Life Cycle Assessment in the Agri-food sector