

보리의 생산과정에서 발생하는 탄소배출량 산정 및 전과정평가 적용

소규호* · 박정아¹ · 이길재² · 유종희 · 심교문 · 노기안

국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과, ¹에코네트웍(주), ²농업기술실용화재단

Estimation of Carbon Emission and Application of LCA (Life Cycle Assessment) from Barely (*Hordeum vulgare* L.) Production System

Kyu-Ho So*, Jung-Ah Park¹, Gil-Zae Lee², Jong-Hee Ryu, Kyo-Moon Shim and Kee-An Roh

National Academy of Agricultural Science, Suwon, 441-707, Korea

¹Econetwork Co., Ltd. Seoul, 137-888, Korea

²Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer Suwon, 441-857, Korea

This study was conducted to estimate the carbon footprint and to establish the database of the LCI (Life Cycle Inventory) for barely cultivation system. Barley production system was separated into the naked barley, the hulled barley and the two-rowed barley according to type of barley species. Based on collecting the data for operating LCI, it was shown that input of fertilizer was the highest value of 9.52E-01 kg kg⁻¹ for two-rowed barley. For LCI analysis focussed on the greenhouse gas (GHG), it was observed that carbon footprint were 1.25E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ naked barley, 1.09E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ hulled barley and 1.71E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ two-rowed barley; especially two-rowed barley cultivation system had highest emission value as 1.09E+00 kg CO₂ kg⁻¹ barley. It might be due to emit from mainly fertilizer production for barley cultivation. Also N₂O was emitted at 7.55E-04 kg N₂O kg⁻¹ barley as highest value from hulled barley cultivation system because of high N fertilizer input. The result of life cycle impact assessment (LCIA), it was observed that most of carbon emission from barely cultivation system was mainly attributed to fertilizer production and cropping unit. Characterization value of GWP was 1.25E+00 (naked barley), 1.09E+00 (hulled barley) and 1.71E+00 (two-rowed barely) kg CO₂-eq. kg⁻¹, respectively.

Key words: LCI, Carbon footprint, LCIA, LCA, Barley production system, Naked barley, Hulled barley, Two-rowed barley

서 언

국내에서 LCA를 적용한 환경평가의 대표적인 사례는 환경부에서 2001년 2월부터 시행한 환경성적표지제도이다. ISO/TR14025로 표준화된 Type III의 환경성적표지제는 자사제품의 환경성을 주장하고자 하는 모든 당사자가 공인된 제3자의 인증을 통하여 제품에 대한 정량적인 환경정보를 소비자에게 알리는 제도로 LCA를 통해 제품의 정량적 환경정보를 도출하게 된다 (ISO 14025, 2006; 환경부, 2004). 또한, 국가 차원에서 범국민적으로 진행되고 있는 '저탄소 녹색성장' 정책 하에 2009년 2월 시행한 '탄소라벨링'제도 역시 LCA를 적용하여 온실가스 배출량 및 저감량을 평가하고 있다 (환경부, 2009).

그러나 LCA를 적용한 국내 농업환경평가 연구 현황은 미비한 실정이다. 비록, 현재까지 탄소라벨링 인증을 받은 68개의 제품 중 60%에 해당하는 40개의 제품이 식품이며 이들 중에는 두부, 햇반과 같은 1차 농산물 가공 식품류가 포함되어 있으나, 이들의 환경영향평가를 수행하기 위해 요구되는 1차 농수축산물에 대한 국내 데이터베이스의 부재로 1차 농수축산물은 탄소라벨링 인증대상에서 제외되어 있는 실정이다 (환경부, 2009). 따라서 이에 대한 연구가 시급하다고 할 수 있다.

보리는 겨울을 지나는 작물로서 겨울철 유희농경지 활용이 가능하며, 우리나라에서는 벼-보리 이모작 재배의 작부형태로 많이 재배되고 있다. 우리나라 가을보리의 재배한계선은 1월 평균기온 -6°C이고 벼와 이모작의 가을보리는 -4°C, 봄보리는 -8°C이다 (Shim et al. 2004). 맥종별로는 1월 평균최저기온이 쌀보리 -7°C, 쌀보리 -3°C, 맥주보리 -3°C이다 (농촌진흥청, 1989). 2007 농산물 소득자료에 의하면 보리의 생산규모는 재

접수 : 2010. 9. 30 수리 : 2010. 10. 15

*연락처 : Phone: +82312900230

E-mail: khs0@korea.kr

배면적 40,365 ha, 평균생산 345 kg 10a⁻¹, 총생산 139 ton이다 (RDA, 2008). 2006년 쌀보리 재배면적은 25,000 ha, 겉보리 재배면적은 8,000 ha, 맥주보리는 24,000 ha였고 쌀보리는 맥류의 총 재배면적의 44%를 차지하며, 겉보리는 13%, 맥주보리는 40%를 차지하였다 (NAQS, 2006).

본 연구에서는 파종에서 수확기까지 1년 1기작을 기준으로 보리의 종류를 겉보리, 쌀보리, 맥주보리로 구분하여 대상 작물에 대한 1차 농산물 및 농자재의 LCI D/B 구축과 탄소원단위 산정 및 전과정 영향평가를 수행하였다.

재료 및 방법

보리의 전과정 평가 (LCA, Life Cycle Assessment)는 쌀보리, 맥주보리, 겉보리로 구분하여 국제표준화기구 (ISO, International Standard Organization)에서 제정한 환경경영체제에 관한 국제표준 ISO 14040의 규격에 의거하여 연구 목적 및 범위, 전과정 목록분석, 전과정 영향평가, 해석의 단계를 거쳐 수행하였다 (ISO, 2006).

연구 목적 및 범위 (Goal and Scope definition)

연구 목적 및 범위 단계에서 보리의 기능을 식용 및 각종 식품 제조의 원료로, 기능 단위는 식품 및 식품 제조의 원료용으로 사용되는 보리 1 kg 생산으로 정의하였다. 보리의 생산의 작부형태는 농진청의 품목별 재배 매뉴얼을 기준으로 하였으며, 이에 따르면 보리는 파종 전 준비 작업인 종자소독에서 보리 파종, 보리 생육, 보리 수확 및 정선 작업이 이루어지며, 보리 생육 중에는 배수로 정비와 잡초방제가 중요하고 출수후 40일 전후에 수확해야 고품질 보리쌀을 얻을 수 있다. 보리의 LCA 수행을 위한 생산 시스템 범위와 경계를 Fig. 1과 같이 설정하였다. 정의된 시스템 범위 및 경계는 Gate to gate (GtG)를 원칙으로 농작물 생산단계 (육묘, 정식, 재배, 수확)에 사용되는 원료물질 (종자, 묘), 보조물질 (농약, 비료, 농자재 등), 에너지 (전기, 경유 등) 농작물의 투입물과 대기, 수계, 토양을 부하되는 배출물 및 투입물의 생산공정과 폐기물처리공정의 상·하위 공정 (sub-system) 등을 포함하였다. 본 연구에서는 LCI D/B 구축 및 전과정평가를 수행할 때, 겉보리, 맥주보리, 쌀보리의 맥종별 구분하였으나, 시스템범위는 동일

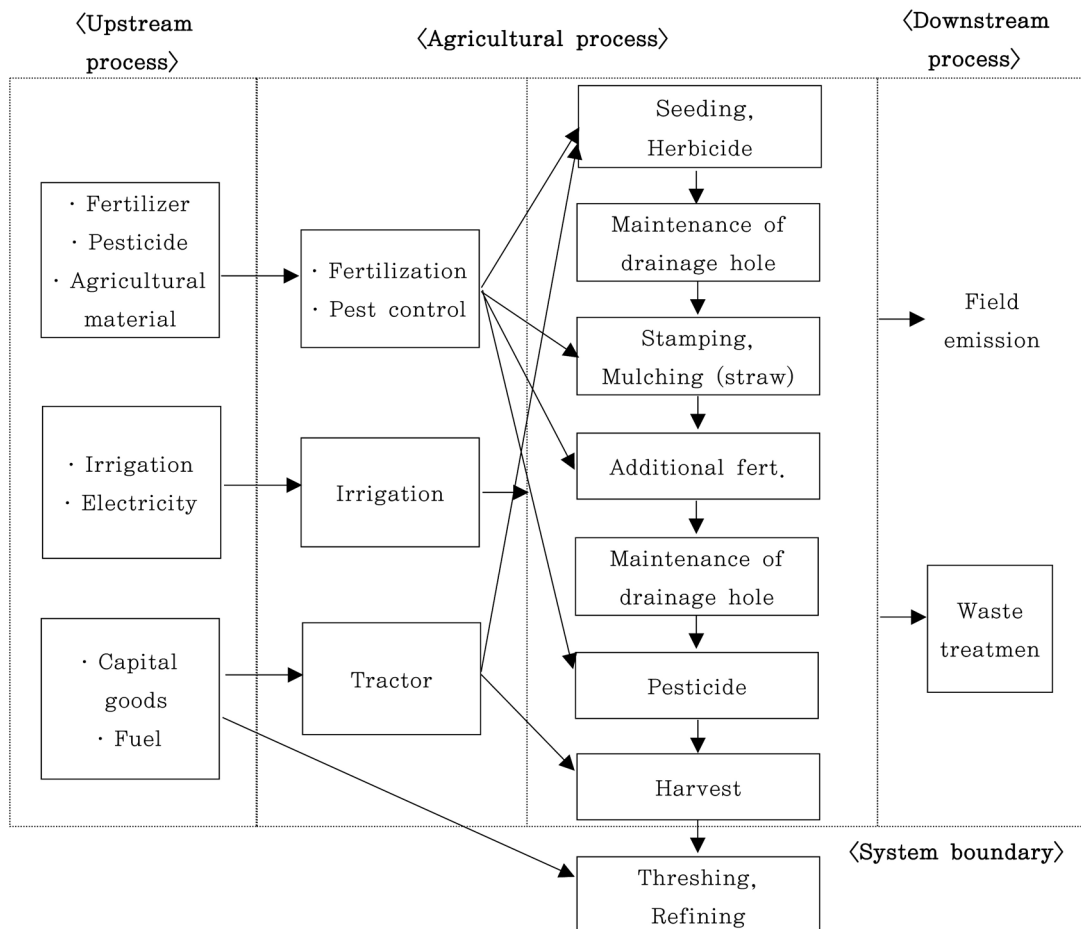


Fig. 1. System boundary (gate to gate) for production of barley.

하게 적용하였다. 이는 맥종별로 비료시비량 등 세부적인 차이가 있으나 전체적인 작부체계는 차이가 없기 때문이다.

전과정 목록분석 (Life Cycle Inventory Analysis)
LCI D/B 구축을 위하여 영농 투입·배출물에 대한 관련 자료는 2007 농축산소득자료집 (RDA, 2008)을 중심으로 관련 통계, 문헌자료, 설문조사, 전문가 인터뷰, 현장방문을 통하여 수집하였다. 영농 투입량을 수집할 때 복합비료의 사용량은 유효성분사용량을 바탕으로 추정하였으며, 농약사용량은 작물별 농약 사용가중치를 적용한 지수를 사용하여 계산하였고 (KCPA, 2007), 연료 사용 및 비료 사용으로 인한 대기배출물은 IPCC 1996 배출계수를 통해 배출량을 산출하였다. 영농폐기물 배출 및 처리량은 농업폐기물 통계 (KWA, 2007, MIFAFF, 2004) 등의 자료를 토대로 배출량을 산정하였다. 여기서 농약병, 비료포대 등의 운부자재 포장에 대한 환경부하는 고려되지 않았고, 비료 사용으로 인한 직접토양배출물은 적합한 배출계수의 부재로 고려하지 않았다. 영구재사용이 가능한 농자재는 시설로 간주하여 이로 인한 환경영향은 고려하지 않았다. LCI 분석을 통한 탄소원 단위 성과와 전과정 평가를 위하여 지식경제부 산하 한국인정원에서 개발한 소프트웨어 (PASS 4.1.3)를 사용하였다. 이때 시스템 상·하위 흐름 D/B는 국내 환경부, 지경부 D/B와 국내 구축물이 없는 경우 해외 D/B (스위스 Ecoinvent database)를 사용하였다.

전과정 영향평가 (Life Cycle Impact Assessment)
전과정 영향평가를 위하여 지식경제부의 영향평가 방법론을 도입한 PASS software를 사용하였다. 전과정 영향평가의 의무수행 사항인 분류화와 특성화에서 규정되는 환경영향범주와 그 단위는 Table 1과 같이 표시된다. 각 영향범주의 단위는 관련된 잠재적 환경영향을 대표하는 기준물질로 정해지며, 관련물질들은 기준물질에

대한 상응값을 적용하여 특성화 값을 산정하였다.

결과 및 고찰

전과정 목록분석 전과정 목록구축을 위한 영농 투입·배출물과 이에 따른 투입량과 배출량에 대한 자료 출처 및 데이터 값을 Table 2에 나타내었다. 자료조사 결과 쌀보리의 경우 유기질비료 (46%) 화학비료 (38%)로 전체 투입량의 약 84%의 비중을 보였고, 겉보리는 유기질 비료 (27%), 화학비료 (50%)로 전체 투입량의 약 77%를 차지하였으며, 맥주보리의 경우 유기질 비료 (53%)와 화학비료 (31%)가 전체 투입량의 약 80% 이상을 차지하였다. 맥주보리의 경우 전반적인 투입량이 맥종 중 가장 높았고, 그중에서도 비료투입량이 월등히 높았다. 이에 따른 포장에서의 직접대기배출량도 가장 높게 나타났다. 이 중 맥종간 투입량이 가장 큰 것은 유기질 비료로 쌀보리 $4.57E-01 \text{ kg kg}^{-1}$ naked braley, 겉보리 $2.10E-01 \text{ kg kg}^{-1}$ hulled braley, 맥주보리 $9.52E-01 \text{ kg kg}^{-1}$ two-rowed braley였다. 포장에서의 직접대기배출물 산정값은 쌀보리 $5.23E-02 \text{ kg kg}^{-1}$ naked braley, $6.66E-02 \text{ kg kg}^{-1}$ hulled braley, $9.74E-02 \text{ kg kg}^{-1}$ two-rowed braley이었다.

위와 같이 수집된 입출력 데이터를 LCI 평가도구인 PASS software로 분석하여 결과를 교토의정서 규정 6대 온실가스를 중심으로 CO₂값으로 환산하여 나타내었다 (Fig 2). 여기서 6대 온실가스 (GHG, Green House Gas)는 이산화탄소 (CO₂), 메탄 (CH₄), 아산화질소 (N₂O), 수소불화탄소 (HFCs), 육불화황 (SF₆), 과불화탄소 (PFCs)이며, 발농사에서 주로 배출되는 온실가스는 CO₂, CH₄, N₂O이다 (IPCC 2001, Lee and Suh, 1993).

보리 생산체계에 대한 온실가스배출에 대한 LCI 분석 결과 쌀보리, 겉보리, 맥주보리의 탄소성적값은 각각 $1.25E+00 \text{ kg CO}_2\text{-eq. kg}^{-1}$ naked braley, $1.09E+00 \text{ kg CO}_2\text{-eq. kg}^{-1}$ hulled braley, $1.71E+00 \text{ CO}_2\text{-eq. kg}^{-1}$

Table 1. Impact categories in LCIA (by MKE, Ministry of knowledge Economy methodology).

Impcat categories	Abbreviation	Unit
Abiotic resource Depletion	ADP	1 yr ⁻¹
Global Warming Potential	GWP	kg CO ₂ -eq. kg ⁻¹
Ozone Depletion potential	ODP	kg CFC-eq. kg ⁻¹
Acidification Potential	AP	kg SO ₂ -eq. kg ⁻¹
Eutrophication Potential	EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq. kg ⁻¹
Photochemical Ozone Creation Potential	POCP	kg C ₂ H ₄ -eq. kg ⁻¹
Human Toxicity Potential	HTP	kg 1,4 DCB-eq. kg ⁻¹
Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential	FAETP	kg 1,4 DCB-eq. kg ⁻¹
Marine Aquatic Ecotoxicity Potential	MAETP	kg 1,4 DCB-eq. kg ⁻¹
Terrestrial Ecotoxicity Potential	TETP	kg 1,4 DCB-eq. kg ⁻¹

Table 2. Background data of Inputs and outputs for the barely cultivation.

Input/Output	Unit	Quantity			Data source
		Naked barley	Hulled barley	Two-rowed barley	
---kg ⁻¹ product---					
Input					
seed	kg	7.23E-02	8.26E-02	4.65E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
composts	kg	4.57E-01	2.10E-01	9.52E-01	2007 incomes data (RDA, 2008)
N fertilizers	kg	6.25E-02	6.82E-02	2.50E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
K fertilizers	kg	-	-	4.72E-04	2007 incomes data (RDA, 2008)
compound fertilizers	kg	3.09E-01	3.22E-01	5.34E-01	incomes data (RDA, 2008; KFIA, 2007)
lime	kg	-	3.05E-03	5.68E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
silicate fertilizer	kg	2.49E-03	8.79E-04	2.48E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
pesticides	kg	7.61E-04	2.51E-04	5.06E-04	Agrochemical year book, Agrochemical use guide book (KCPA, 2007)
electricity	kw	9.80E-03	9.80E-03	3.28E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
fossil feul	L	2.19E-02	2.19E-02	3.19E-02	2007 incomes data (RDA, 2008)
HDPE-film	m	-	-	4.25E-03	2007 incomes data (RDA, 2008)
Output					
direct emissions (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	kg	5.23E-02	6.66E-02	9.74E-02	IPCC 1996
waste treatment	kg	-	-	1.08E-03	KWA, 2007; MIFAFF, 2004
product (barley)	kg	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	2007 incomes data (RDA, 2008)

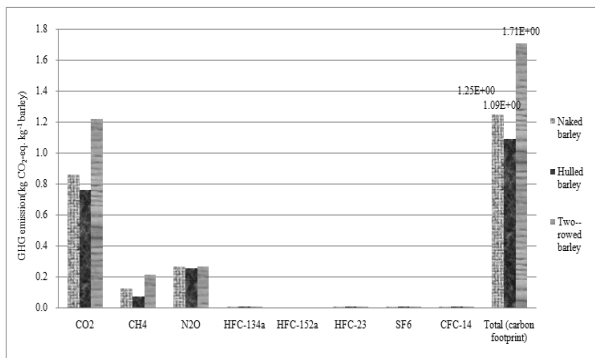


Fig. 2. Carbon footprint of barley production system calculated by LCI.

kg⁻¹ two-rowed barley였다. 맥종 중 맥주보리의 탄소 성적이 가장 높은 것은 영농투입량이 맥주보리가 가장 많은 것에 기인한 것으로 판단되었다. 6종의 온실가스 중 CO₂의 배출량이 가장 높았고, 그 값은 쌀보리 8.58E-01 kg CO₂-eq. kg⁻¹naked braley, 겉보리 7.61E-01 kg CO₂-eq. kg⁻¹hulled braley, 맥주보리 1.22E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ two-rowed barley였다. 특히 맥주보리의 CO₂ 배출량이 다른 두 종에 비하여 매우 높은 값을 보였다. 농업분야 온실가스발생의 주요인자인 CO₂, CH₄, N₂O의 보리 생산에서 발생하는 비율은 각각 약 70%, 10%, 20%였고, 발생량의 비중이 CO₂가 매우 높고, 그 다음이 N₂O와CH₄의 순으로 맥종별 온실가스 발생경향이 유사하였다.

전과정 영향평가 전과정 영향평가를 위하여 지식 경제부의 영향평가 방법론을 대입한 PASS software의

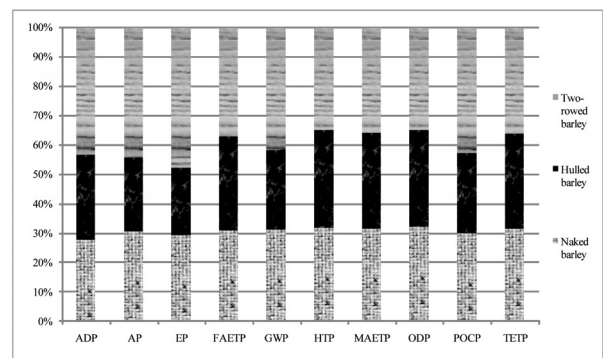


Fig. 3. Comparison of Charaterization value among the barley production systems.

분석 결과를 각 영향범주별로 나타내었다 (Fig. 3).

평가 결과 대부분의 영향범주에서 맥주보리의 환경부하의 기여도가 가장 높았고 쌀보리와 겉보리의 각 영향 범주별 환경부하의 기여도가 비슷하나 쌀보리가 겉보리 보다 지구온난화 범주 (GWP)와 광화학산화물생성 (POCP) 범주에서의 환경부하가 높게 나타났다. 맥종별 환경부하 기여도는 LCI 분석 결과와도 일치하는 경향을 보였으며, 농업에서 발생하는 주요 환경부하 인자인 N₂O, CO₂에 영향을 받는 GWP와 POCP 등의 영향범주에서 이러한 경향이 뚜렷이 나타났다.

지구온난화 영향범주의 특성화값은 쌀보리, 겉보리, 맥주보리가 각각 1.25E+00, 1.09E+00, 1.71E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹이었고, 광화학산화물생성 범주는 1.42E-04, 1.30E-04, 2.04E-04 kg C₂H₄-eq. kg⁻¹였다. GWP 값에 영향을 주는 보리생산체계의 주요공정은 비료생산과 보리재배작업이었다. 품종별 GWP 값의 생산공정별

기여도는 쌀보리의 경우 비료생산공정이 77%, 쌀보리 생산공정 (field emission)이 22%, 겉보리의 경우 비료 생산 71%, 겉보리 생산 28%, 맥주보리는 비료생산 82%, 맥주보리생산 16%였다. 맥주보리의 비료생산에 의한 기여도가 가장 높은 것은 다른 품종에 비하여 비료투입량이 많기 때문으로 판단되었다.

해 석 (Interpretation) LCI로 산정된 탄소성적의 공정별 기여도를 분석하였다. 보리생산 전과정을 비료 생산공정, 농약 생산공정, 에너지 생산공정, 농자재 생산공정, 보리생산공정, 폐기물처리공정으로 구분하고, 온실가스 중 밭 작물생산에서 주로 발생하는 CO₂, N₂O를 대상으로 공정간 기여도를 비교하였다 (Fig. 4). CO₂는 비료생산과 보리생산에서 주로 발생하였고, 비료생산공정에서 가장 많은 발생하였다. 품종 중에는 맥주보리가 1.09E+00 kg CO₂ kg⁻¹ barley으로 가장 높았다. 보리를 재배할 때 맥종 중 맥주보리가 CO₂ 직접발생량이 9.68E-02 kg CO₂ kg⁻¹ barley로 가장 높았다. N₂O는 비료생산보다 보리생산과정에서 가장 많이 배출되었다. 이 중 겉보리의 발생량이 가장 많았고 값은 7.55E-04 kg N₂O kg⁻¹ barley였다. 전체 비료 투입량이 가장 많은 맥주보리보다 겉보리의 N₂O이 많은 이유는 질소투입량만을 보았을 때 겉보리의 투입량이 가장 많기 때문인 것으로 판단되었다. Iserman (1994)은 농경지 토양에서 대기로 배출되는 N₂O 농도중에 81%가 질소질 비료

에 의해 배출된다고 하였다. 비료생산의 공정은 맥주보리가 2.77E-04 kg N₂O kg⁻¹ barley의 가장 많은 배출량을 보였다. 분석 결과 보리생산체계에서 탄소배출의 주요 원인은 비료생산 과 질소비료사용이므로 시비량과 시비법의 개선이 CO₂ 및 N₂O의 배출 저감에 가장 효과적일 것으로 예상되었다.

LCA 평가는 환경부하의 주원인을 분석하고 이 결과를 정책적 개선안으로 제시하는 목적이 있는데, 좀 더 정량적인 저감효과를 제시하기 위해서는 투입량 변화에 따른 환경부하량과 환경영향결과의 변화를 알아보는 시나리오 분석을 추가적으로 수행해야 할 것으로 판단되었다.

적 요

보리생산체계의 탄소성적을 평가하기 위하여 쌀보리, 겉보리, 맥주보리로 구분하여 LCI database 구축하고 전과정 영향평가를 통한 잠재적 환경영향을 평가하였다. LCI 구축을 위한 영농 투입물과 산출물에 대한 데이터 수집결과 맥주보리의 경우 전반적인 투입량이 맥종 중 가장 높았으며, 특히 비료투입량이 9.52E-01 kg kg⁻¹ two-rowed braley로 다른 품종에 비해 월등히 높았으며, 이에 따른 포장에서의 직접대기배출량 (CO₂, CH₄, N₂O)도 9.74E-02 kg kg⁻¹ two-rowed braley로 가장 높게 나타났다.

LCI 분석 결과 쌀보리, 겉보리, 맥주보리의 탄소성적 값은 각각 1.25E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ naked braley, 1.09E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹ hulled braley, 1.71E+00 CO₂-eq. kg⁻¹ two-rowed barley였다. 영농투입량이 가장 많은 맥주보리의 탄소성적이 가장 높았다. CO₂는 주로 비료생산공정과 보리생산에서 발생하며, 품종 중에서 맥주보리의 CO₂ 발생이 1.09E+00 kg CO₂ kg⁻¹ barley으로 가장 높았다. N₂O는 질소시비에 의한 재배 포장의 배출량이 가장 많았고, 특히 질소시비량이 가장 많은 겉보리가 재배 중 직접배출량이 가장 많았고 값은 7.55E-04 kg N₂O kg⁻¹ barley였다.

전과정 영향평가 수행결과 GWP의 특성화 값은 쌀보리, 겉보리, 맥주보리가 각각 1.25E+00, 1.09E+00, 1.71E+00 kg CO₂-eq. kg⁻¹이었고, GWP 값에 영향을 주는 보리생산체계의 주요 요인은 비료생산과 보리재배 작업이었다.

인 용 문 헌

농촌진흥청. 1989. 농업지대별 작목배치도. p. 741.
 환경부. 2004. 환경성적표지 작성지침 및 인증기준. 환경부고시 제2004-26호.

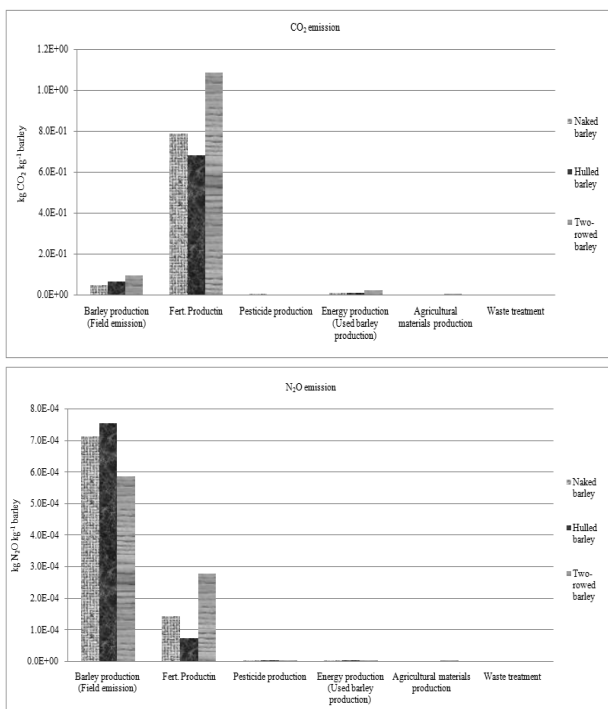


Fig. 4. Comparison of GHG emission (CO₂ and N₂O) among the barley production systems.

- 환경부. 2009. 탄소성적표지 인증제품 현황.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. Climate change 2001, Radioactive forcing of climate change, The scientific basis. Cambridge University press, UK. pp. 388-390.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- Iserman, K. 1994. Agriculture's share in the emissions of trace gases affecting the climate and some cause oriented proposal for reducing this share, Environ. Pollut. 83:95-11.
- ISO (International Organization for Standardization), 2006. ISO 14040:2006(E) Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.
- ISO 14025. 2006. Environmental labelling and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures. International Standard. ISO, Geneva, pp. 25.
- KCPA (Korea Crop Protection association). 2007. Agrochemical use guide book. Korea Crop Protection association. Seoul, Korea.
- KCPA (Korea Crop Protection association). 2007. Agrochemical year book. Korea Crop Protection association. Seoul, Korea.
- KFIA (Korea Fertilizer Industry Association). 2007. fertilizer production data. Korea Fertilizer Industry Association. Seoul, Korea. www. fert-kfia.or.kr.
- KWA (Korea Waste Association). 2007. Agricultural waste data. Korea Waste Association. Seoul, Korea. www. kwaste. or. kr/data/
- Lee, S.K. and J.S. Suh. 1993. Emission of Greenhouse in the agricultural environment. 1. The cropping system and emssion of the greenhouse -CO₂, CH₄, N₂O- under different cropping system. Journal of Korean soc. soil sci. fert. 26:49-56.
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2004. A study on Establishing effective management system for equipped agricultural input wastes. C2004-A1. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Seoul, Korea.
- NAQS (National Agricultural production Quality management Service). 2006. cultivation trend of Major crops.
- RDA (Rural Development Administration). 2008. 2007 Agro-livestock incomes data book. Rural Development Administration. Suwon, Korea.
- Shim, K.M., J.T. Lee, Y.S. Lee, and G.Y. Kim. 2004. Recalssification of winter barley cultivation zone in Korea based on recent evidences and in climate change. Korean J. of Agricultural and Forest meteorology. 6: 218-234.