

## 전과정평가를 통한 유기농자재의 탄소배출량 산정연구\* -유기질비료를 중심으로-

윤성이\*\* · 권혁준\*\*\*

### A Study on the Amount of Carbon Emission of Organic Materials through Life-Cycle Assessment (LCA)

Yoon, Sung-Yee · Kwon, Hyuk-Jun

The current world is suffering abnormal climate caused by global warming. The main cause of global warming is greenhouse gas such as carbon dioxide. The carbon labeling system and carbon traceability system being pushed ahead in the agricultural sector is the policy for responding to climate change to reduce greenhouse gas emissions. To make this policy more effective and enhanced, the amount of carbon emissions should be calculated based on the kind of crops or the various businesses in the agricultural sector. Therefore, in order to estimate the accurate amount of carbon emissions, it is necessary to establish carbon dioxide emission intensity of various agricultural materials added onto the agriculture, and to calculate the amount of carbon dioxide emission for each crop according to agricultural production. The purpose of this study is to establish the amount of emission, emission per agricultural materials, of agricultural materials being added for crop production as a basic step, and emission intensity which can be used in the future market in order to estimate accurate amount of carbon emission in all the policies being promoted in the agricultural sector. Therefore, in this study, in order to build LCI D/B about organic fertilizers among many organic materials added onto the organic agriculture sector, one leading company in organic fertilizer production was selected and LCA was conducted for this leading company. We had to build the intensity and integrated average concept of intensity upon the two cases once production farmers for their own consumption and farms besides organic fertilizer company were categorized even if it's little amount. But in this study, individually produced organic fertilizers were excluded. Calculated results are following. Carbon emission of mixed expeller cake fertilizer in organic fertilizer

---

\* 본 연구는 2009학년도 동국대학교 논문게재장려금 지원으로 이루어졌음.

\*\* 동국대학교 식품산업관리학과 교수

\*\*\* 동국대학교 식품산업관리학과 대학원 박사과정

was 1,106,966.89kg-CO<sup>2</sup> and emission intensity was 0.01606kg-CO<sup>2</sup>, respectively. Total emission of mixed organic fertilizers was 241,523.2kg-CO<sup>2</sup> and emission intensity was 0.01705kg-CO<sup>2</sup>. And total emission of organic compound fertilizers was 94,592.66kg-CO<sup>2</sup> and emission intensity was 0.01769kg-CO<sup>2</sup>, respectively.

Key words : *carbon emission, LCA (life cycle assessment), organic materials*

## I. 서 론

현재 전 세계는 이상기후로 몸살을 앓고 있다. 이러한 이상기후의 가장 큰 이유로는 지구 온난화이며, 지구 온난화의 가장 큰 원인은 이산화탄소와 같은 온실가스 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 산업부문 이외에도 소비자부문에 있어서까지 다양한 정책과 제도가 구축되고 있다.

농업부문에 있어서 추진하고자 하는 탄소성적표지제도 및 탄소라벨링과 탄소이력추적제도 같은 정책도 이러한 맥락에서 이해해야 할 것이다. 이 정책을 효율적이고 완성도를 높이기 위해서는 농업부문의 작물별 혹은 다양한 사업별 탄소배출량을 산정해야한다. 따라서 탄소배출량을 정확히 산정하기 위해서는 농업에 투입되는 각종 농자재에 대한 이산화탄소 배출 원단위를 구축하여 농업생산에 따른 각 작물별 이산화탄소배출량을 계산할 수 있게 할 필요가 있다.

본 연구에서는 이러한 농업부문에서 추진되고 있는 모든 정책의 탄소배출량을 정확하게 산정하게하기위한 기초단계인 작물생산에 투입되는 농자재로 인한 배출량 즉 농자재별 배출량을 구축하고 향후 시장에서 사용할 수 있는 배출원단위를 구축하고자 하는 것이 본 연구의 목적이라고 하겠다.

친환경농업의 농자재 종류는 다양하기 때문에 우선 유기질비료에 대한 원단위를 구축한다. 그리고 연구의 범위는 유기질비료의 전과정에서 생산공정의 배출량만을 산정하는 것으로 한다.

국내 농식품 부문 탄소배출량을 주체로 하는 다양한 정책은 우선 농식품 분야 LCA를 수행해야 하는데 이를 위해선 LCI D/B가 구축되어 있어야 한다.

하지만 국내 농식품 분야 LCI D/B는 전무한 상황이므로 이번 연구를 통하여 농식품 부문 중 유기 농업 분야에 대한 LCI D/B를 구축하는 장을 개척하고자 하는 목적도 있다고 하겠다.

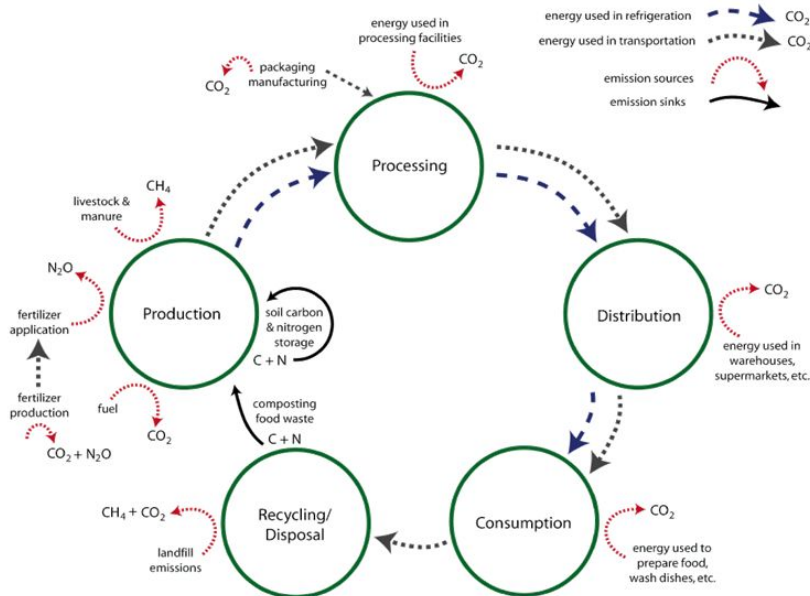
유기 농업 분야에 대한 LCI D/B 구축을 위해서는 기본적으로 유기농자재에 관한 국내 수요·공급량을 알아야한다. 현재 국내 유기농업분야에 대한 통계적 자료나 제도는 아직 걸음마 단계이므로 정확한 수치의 국내 유기농자재의 수요·공급량을 알 수는 없었으나 국내

친환경 유기농자재 전문가의 도움과 실질적인 시장조사를 통하여 시장 유통량의 약 70%에 대한 국내 유기농자재의 수요·공급량을 수치적으로 뽑아 낼 수 있었다.

이렇게 얻은 자료를 통하여 국내 유기 농자재 생산업체중 대표기업을 뽑아, 그 대표기업에 대한 LCA를 수행하였다. 여기에 미미한 량에 불가하지만 기업적 유기질비료 생산업체 이외에 자가소비를 위한 생산농가 및 농장을 구분하여 두 가지 경우의 원단위와 통합된 평균개념의 원단위를 구축해야 하겠지만 본 연구에서는 농가단위에서 개별적으로 생산되는 유기질 비료에 대해서는 제외하였다. 유기질비료의 종류로는 혼합유박비료, 혼합유기질비료, 유기복합비료이다.

## II. 선행연구 및 유기농자재현황과 관리

본 연구와 관련된 선행연구로서 외국의 사례는 다소 존재하고 있다. 국내의 경우 관행농업에 투입되는 농자재의 연구는 존재하지만 유기농자재와 관련한 연구는 전무하다고 할 수 있겠다.



<그림 1> Food system에서 GHG배출의 Sources와 Sinks

<그림 1>에서 처럼 농업부문에서의 전라이프사이클에서 탄소배출량을 산정해야 하고 이 중 생산부문에서의 정확한 산출은 기본이 된다. 물론 각 공정상에서 투입자재에

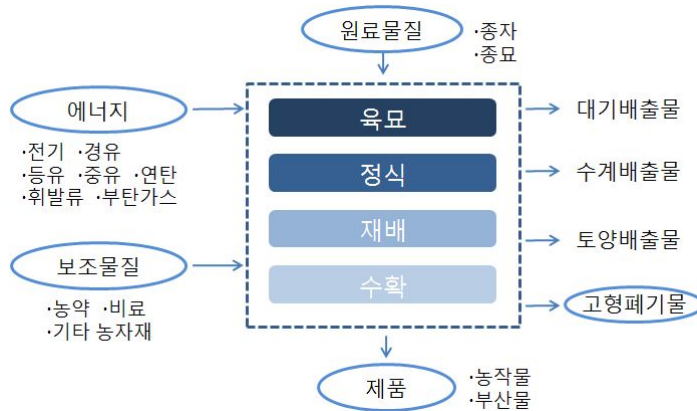
대한 배출원단위는 기본산출의 기초라고 보면 되겠다.

### 1. 국내 선행연구 분석

#### 1) 농업부문 LCA 방법론 개발

농업부문의 연구는 우선 이 분야 연구의 기본이 되는 LCA방법론 개발이 되겠다. LCA방법론은 1998년에서부터 시작되었다고 해도 과언이 아니다.1) 이 이후에 2008년도에 들어서야 LCA방법론이 활발하게 연구되기 시작했고 농진청을 중심으로 활발한 연구가 진행되어 현재 추진 중에 있다고 하겠다.

그 내용을 보면 '08년도부터 시작되어 현재 진행되고 있는 농진청의 기초자료 조사 및 시범 DB 구축과 해외 LCA 사례 분석 등이 그 전부이고 현재 농진청에서 국내농업시스템 조사 및 평가를 10개 농산물 즉, 쌀, 보리, 고추, 고구마, 감자, 콩, 양파에 대해서 실시하고 있다.



자료 : 농촌진흥청, 2009

<그림 2> 농업부문 LCA 방법론

위 그림은 이 연구의 방법론으로 사용하고 있는 LCA의 인벤토리 구축 경계설정과 관련된 라이프사이클의 범위를 표현하는 내용이다.

2010년에는 본 연구자를 비롯해 농과원을 중심으로 LCA 평가 목표와 탄소표시제도 구축을 위한 기초를 수립하고 범용 비료, 농약, 농자재에 대한 LCA에 방법과 국내 고유 LCI DB 구축 및 탄소원단위 산정과 30개 LCI DB 구축을 목표로 국내 고유의 LCI DB 구축을

1) 윤성이, “LCA 수법을 이용한 농축산분야의 온실효과가스의 정량적 평가”, 한국유기농업학회, 7권 1호, 1998. 12.

시도하고 있다. 본 연구는 이러한 맥락에서 추진된 연구결과이다. 보다 구체적으로는 유기농자재를 작물별, 작물에 따른 농법별, 용도별로 투입되는 형태로 구분하고 이들의 유기농자재를 표준화하여 LCA방법을 사용하여 산정하는 것이다.

## 2) 농업부문 LCI DB 구축 현황

화학비료(단비, 복비), 농약, 기타농자재(비닐류)의 탄소배출량 산정 작업은 일부 완료되었으며, 일부는 계속 진행 중에 있다. 2012년까지 맞춤형 비료, 시설농자재의 LCI DB 구축을 완료할 예정으로 있다. 단일비료의 성분별 탄소배출원단위가 CO<sub>2</sub>kg/kg 단위로 구축되고 있다. 여기에 복합비료의 성분별 탄소배출원단위 또한 한국비료협회의 통계데이터를 이용하여 제조 시 투입물량 및 에너지 사용량으로 산정하고 있다. 이 이외에도 농약의 유효성분에 따른 탄소배출원단위를 산정하고 있으며 온실재료(플라스틱류)와 같은 농자재도 탄소배출원단위를 산정하여 여러 정책에 활용하고자 준비되고 있다. 이에 반해 유기농자재, 유기농산물 등에 대한 연구는 '10년부터 시작되었다고 보면 되겠다.

농산물 품목별 시범 LCI DB 구축 사례를 보면 10개 작목을 대상으로 배출량 계산을 수행였고 여기에는 유기농자재, 기타농자재, 운송 및 판매 등에 대한 배출평가가 이루어지지 않은 값을 제시하고 있다.<sup>2)</sup>

## 2. 국내 친환경 유기농자재 현황 및 관리

### 1) 친환경 유기농자재 현황

친환경 유기농자재란 인축 및 환경에 해가 없으면서 토양개량 및 양분공급과 병해충관리 목적으로 활용되는 물질로서 친환경농산물중 유기농산물 생산을 위해 사용될 수 있는 자재(친환경유기농자재 목록공시 기준 및 품질규격 제2조)라 정의 되어있다.

즉, 원료가 천연에서 유래한 것으로서 화학비료와 유기합성농약 등 화학합성 물질 혼입 및 주요제조공정이 화학적 공정을 거치지 아니한 자재로서 친환경농산물 중 유기농산물 생산을 위해 사용이 가능한 자재를 말한다. 그러나 제조공정 중 화학적 공정이 아닌 기계적, 물리적, 효소적 공정 등을 거친 자재는 사용될 수 있다.

#### (1) 친환경 유기농자재 목록공시제도

이 제도는 2007년 3월 28일 친환경농산물 중 유기농산물의 생산을 위한 자재의 사용기준에 적합하다고 인정되는 경우 친환경농자재심의회의 심의를 거쳐 그 제품의 명칭과 주성분, 유기농업에의 사용가능성 등 관련정보를 공시하여 주는 제도로서 시행되고 있다.

2) 농림수산물분야 탄소표시제 및 탄소포인트제 도입방안, 2010. 9.

이러한 제도가 도입이 된 이유는 현재 친환경농업육성법 시행규칙에 유기농산물을 생산할 때 사용가능한 자재만 명시되어 있을 뿐 관리규정은 없다. 그래서 자재로 인해 유기농산물 인증이 취소되는 피해사태가 발생하기도 하는데, 이는 생산자뿐만이 아니라 더 나아가 소비자까지 피해를 입게 한다.

더욱이 유기농자재는 사용목적이 광범위하고, 함유성분이 복잡적이며, 제품의 균일화, 품질규격 설정이 미비하고 농약이나 화학비료에 비해 효과의 재현성이 낮은 등 관리의 어려움이 분명히 존재한다. 따라서 이 제도를 통하여 환경보전 및 유기농업 실천농가가 피해를 입지 않고, 소비자가 안심하고 먹거리를 제공 받을 수 있게 하기 위함이다.

본 연구의 대상 또한 이러한 기준을<sup>3)</sup> 만족하는 유기농자재를 대상으로 한다.

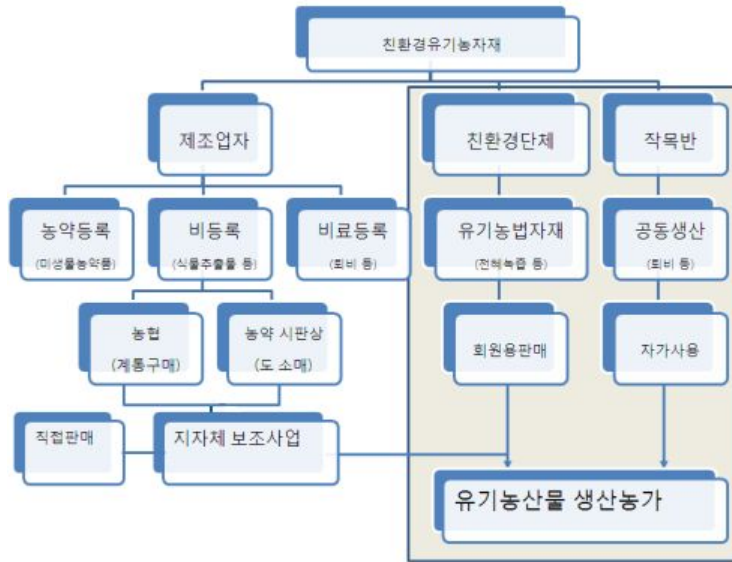
## (2) 친환경 유기농자재의 종류

친환경 유기농자재의 종류는 농촌진흥청 고시 「친환경유기농자재목록공시기준」 제10조 규정에 따라 ① 토양개량용 자재(토양에 시비하여 토양의 이화학을 좋게 하거나 미생물의 활성화를 통하여 작물 생육에 간접적으로 효과를 주는 자재), ② 작물생육용 자재(엽면 및 관주처리를 통하여 직접적으로 작물의 생육에 효과를 주는 자재), ③ 토양개량 및 작물생육용 자재(토양에 시비하여 토양의 이화학성 등을 좋게 할 뿐만 아니라 작물에 직접적으로 영양을 공급하는 자재), ④ 작물병해관리용 자재(작물의 병을 직간접적으로 관리할 목적으로 사용하는 자재), ⑤ 작물충해관리용 자재(작물의 충을 직간접적으로 관리할 목적으로 사용되는 자재), ⑥ 작물병해충관리용 자재(작물의 병과 충을 동시에 직/간접적으로 관리할 목적으로 사용되는 자재) ⑦ 기타 자재로 분류하고 있다.

## (3) 친환경 유기농자재 관리 유통시스템

유기농자재에 대한 국가D/B를 구축하기 위해서는 그림에서 보는 것처럼 제조업자와 친환경단체 및 작목반과 개별적 생산에 대한 생산농자재 전부의 유통을 조사하여야 한다. 하지만 전 유통량에 대한 통계는 존재하지 않고 있다. 특히 개별농가와 작목반 및 친환경단체에서 생산되어 사용되는량은 전혀 통계치로 발표되지 않고 다만 추정치로서 논의되고 있는 정도이다. D/B의 완전성과 정밀성을 위해서는 이들 통계도 포함시켜야 하지만 본 연구에서는 제조업자가 생산 유통하는 유기농자재에 한해서 국가D/B를 구축하는 방법 및 원단위를 산정하기로 하겠다.

3) 농진청 자료.



<그림 3> 유기농자재 유통시스템

(4) 친환경 유기농자재의 시장 현황

국내 유기농자재 생산업체는 1,300곳이 있고 이중 목록공시가 된 곳은 373곳(작물생육 335 곳, 병해충관리 81곳)이며 목록 공시된 제품은 1,070제품(작물생육 661제품, 병해충관리 387제품)이 있다. 이들 중 제품을 수출하는 곳은 25여 개사(약 500만불)가 있고, 피마자 박 등 유박원료(연 30만톤), 수입제품(약 500톤), 천연추출물 및 천연광물 원료(연 200톤)를 수입 하고 있다.

국내 친환경 농자재를 생산 하고 있는 업체의 종류와 수는 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 친환경 유기농자재 종류별 국내 생산기업체 수

천연물	키토산	유기질 +미생물	토양 개량제	상토	퇴비	유박류	총
약 50곳	약 25곳	약 90곳	약 150곳	약 22곳	약 1,020곳	약 415곳	약 1,300곳

위의 표에서처럼 현재 국내에서 가장 활발히 생산되고 있는 유기 농자재는 퇴비이며 그 다음으로 유박류이다.

2) 국내 유기농업 작물별 농법 및 투입농자재 조사

(1) 주요 작물별 농법

주요 작물별 농법조사는 대표적인 작물인 벼의 사례에 대하여 살펴보기로 한다. 벼의 유

기동법은 유기농업에 있어서 대표적이고 기술이 다양하며 가장 오래된 것이며 <표 2>와 같은 종류가 있다.

<표 2> 버의 유기농법과 내용

농 법	내 용
왕우렁이 농법	왕우렁이를 사용하여 벼농사를 짓는 농법임. 왕우렁이는 정지작업 직후부터 이앙 후 5일 이내 투입 하며, 10a당 치패 1kg(약 2,000개), 중패 3~5kg(kg당 200~300개)를 살포한다. 약 95%의 잡초방제 효과를 보여준다.
쌀겨농법	인산이나 미네랄, 비타민이 많고 발효되면서 물속의 산소가 적어져 혐기상태로 피 같은 잡초를 잡으며 물달개비나 올미 같은 잡초는 쌀겨가 분해되면서 발생하는 유기산으로 잡는다. 동절기 100~200kg 살포 후 이앙 후 4~5일에 100kg 정도를 균일하게 살포(2차)하게 된다. 잡초방제 효과가 약 30%~60%로 효과 병동이 크다.
오리농법	오리는 모내기 후 7~14일에 방사하여 약 2~2.5개월 정도 방사한다. 약 80~90% 정도 잡초, 해충, 썩레질과 타수(물흐림), 양분공급, 벼잎자극, 병균 방제 효과가 있다.
EM당밀멸칭농법	EM당밀에서 발생한 얇은 막이 논바닥을 피복함으로써 햇빛차단 및 당밀 분해에 따른 유기산의 발생으로 잡초의 발아와 발근 저해하는 원리를 이용. 당밀 20L, EM 활성액 20L, 물 80L/10a를 혼용하여 사용 썩레질을 한 달을 기준으로 5일 이내에 살포

(2) 유기벼의 투입농자재

농법별 사용 유기농벼의 투입농자재는 아래의 <표 3>과 같다.

<표 3> 유기벼 농법별 사용 농자재

농법 유기농자재	왕우렁이농법	쌀겨농법	오리농법	EM당밀멸칭농법	참계농법
강 전 해 수	-	-	사용	-	-
규산질 비료	300kg/10a	-	300kg	200kg	-
당 밀	-	-	-	12.5 l	-
마 늘 유	-	500배액	-	-	-
목 초 액	500배액	100배액, 1,000배액, 500배액-2개	사용	-	-
맥 반 석	-	140kg	-	-	-



유기농자재 \ 농법	왕우렁이농법	쌀겨농법	오리농법	EM당밀멸칭농법	참게농법
미생물제	사용	-	-	-	-
백초액	-	1,000배액-2개, 500배액-4개, 300배액-2개	-	-	-
벗짚	-	500kg	-	-	-
생계분	-	300kg	-	-	-
생석회	-	-	-	-	30kg
쌀겨퇴비	1kg/3.3m <sup>2</sup>	220kg	-	-	-
왕겨훈탄	-	1,000 l	-	-	-
유황소금	-	100배액, 500배액	-	-	-
유황	-	사용	-	-	-
EM 미생물	1kg/3.3m <sup>2</sup>	-	-	-	-
EM 퇴비	-	-	-	160kg	-
EM 활성액	-	-	-	12.5 l	-
천보효소	-	2kg	-	-	-
천해녹즙	1,000배액	-	사용	-	-
키토산	-	-	-	-	-
퇴비	-	-	200kg	1,000kg	2,000kg
한방영양제	-	-	사용	-	-
현미식초	-	1,000배액-2개, 500배액-3개	-	2.5 l	-
황토	-	2,000kg	-	-	-

이렇게 해서 본 연구에서 선정한 유기농자재의 종류는 유기벼 재배에 있어서 농법별 투입되는 농자재 중 가장 일반적인 농자재를 선정하였다.

위의 <표 3>에서처럼 현 국내 농자재 생산량 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 유기농자재는 부산물(퇴비), 유기상토, 유기질(유박), 토양개량제 순인데 부산물(퇴비)은 그 종류가 매우 다양하고 공정과정 또한 복잡하다. 따라서 퇴비에 비해 비교적 공정과정이 단순하고 유기농자재 중 대표성이 있다고 할 수 있는 유기질 비료를 우선 일차적인 대표 유기농자재

로 선정하여 조사를 실시하였다.

#### 가) 유기질 비료

유기질비료의 주요 제품은 원료 그 자체인 동식물성 박류와 이를 혼합한 혼합유박(60%) 및 혼합유기질(30%)과 유기복합비료(10%)이다.

〈표 4〉 원료별 성분(국립농업과학원 분석치 평균)

(단위 : %)

원료별	질소	인산	加里	유기물	수분	염분
대 두 박	7.6	2.3	1.3	77.8	12.9	0.08
미 강 박	2.6	5.0	2.2	76.6	11.7	0.10
채종유박	6.1	2.2	1.5	76.6	10.7	0.19
면실유박	4.9	1.5	2.0	77.5	12.2	0.26
갯 목	7.1	2.8	1.2	67.9	5.9	0.12
피마자박	5.4	1.9	1.3	72.3	9.6	0.14
야자유박	3.3	1.2	2.4	76.8	13.2	0.20
옥수수박	2.3	1.1	1.0	75.6	12.4	0.10
어 박	6.9	3.8	0.9	68.7	16.9	1.07

#### (가) 혼합유박

채종유박, 갯목, 미강박, 면실유박, 잠용유박, 낙화생유박, 피마자박 등 식물성유박 중 2종 이상이 혼합된 것으로서 질소, 인산, 가리전량의 합계량이 7% 이상인 것을 각각 보증해야 한다. 부산물비료와 달리 부숙된 원료를 사용해서는 안 되며, 지효성이므로 기비로 사용되나 과수 등 영년생작물에는 추비로도 사용된다. 성분함량은 대개 질소전량 5, 인산 2.2, 가리 1.7, 유기물 70% 정도이다.

#### (나) 혼합유기질

어박, 골분, 계분가공비료, 아미노산발효부산비료박, 증제피혁분, 맥주오니, 식물성 유박 중 2종 이상이 혼합된 것으로서 질소, 인산, 가리전량 중 2종 이상의 합계량이 7% 이상인 것을 각각 보증해야 한다. 사용법 및 특성은 혼합유박과 비슷하며, 성분함량은 질소전량 5%, 인산전량 2.9%, 가리전량 2.2%, 유기물 67% 정도이다. 혼박유박과 달리 원료가 동물성 박류, 아미노산부산박, 증제피혁분, 맥주오니를 사용할 수 있어 품질이 다양하나 아미노산 부산발효박 원료 사용시는 폐액 농축 분리과정에서 화학처리된 물질과 맥주오니, 증제피혁

분을 원료로 사용할 시는 납, 크롬 등 유해성분을 규제해야 하므로 포장대에 원료 투입비율을 표기하여야 한다.

#### (다) 유기복합비료

유기복합비료는 유박, 골분 등 동식물성 유기물과 랑베나이트, 구아노 등 천연 광물질을 배합하여 고품질 안전농산물 생산을 위해 '03년도에 개발된 새로운 개념의 비료로서 질소, 인산, 가리전량 3종의 합계량이 8%, 가용성고토 1.5%, 유기물 70% 이상을 보증해야 한다. 따라서 이상적 비료임에는 틀림없으나 유기물 70% 이상을 보증하려면 랑베나이트 등 원료 구입시 고비용이 들어 원가를 낮추기가 어렵다. 주원료인 랑베나이트(Sulpomag)는 주로 캐나다에서 생산되는 천연 암염광물로서 유황 22%, 고토 18%, 가리 22%가 함유되어 있고, 구아노포스페이트(Guano Rock Phosphate)는 칠레 등지에서 생산되는 갈매기 등 조류배설물로서 질소 2~3%, 인산 20~30%, 칼슘 10~30% 정도로 고품질의 구용성 인산과 칼슘이 많이 함유된 천연광물이다.

그밖에 유박류 외 유기질비료로는 계분을 원료로 하여 질소, 인산, 가리전량 합계량이 6% 이상을 보증한 계분가공비료와 조미료 생산시 발생하는 아미노산발효부산물로서 질소, 인산, 가리 합계량이 5% 이상을 보증하는 아미노산 발효부산물비료(박)이 있다.

### Ⅲ. 유기농자재 탄소 원단위 산정

#### 1. 유기질 비료 공정의 검토

원단위 산정과 관련한 경계설정은 기본적으로 위 <그림 1과 2>에 준해서 하기로 하고 또 원단위산정과 관련 세부적인 방법과 관련해서는 ISO 국제표준에 의거해서 추진되고 있는 국내 환경성적표지제도의 표준화지침에 준하는 것으로 한다. 그리고 본 원단위 산정에 사용되는 에너지 원단위 또한 국가D/B를 사용하는 것으로 한다. 이렇게 해서 유기농자재의 탄소원단위를 산출한다.

##### 1) 유기질 비료 공정과정

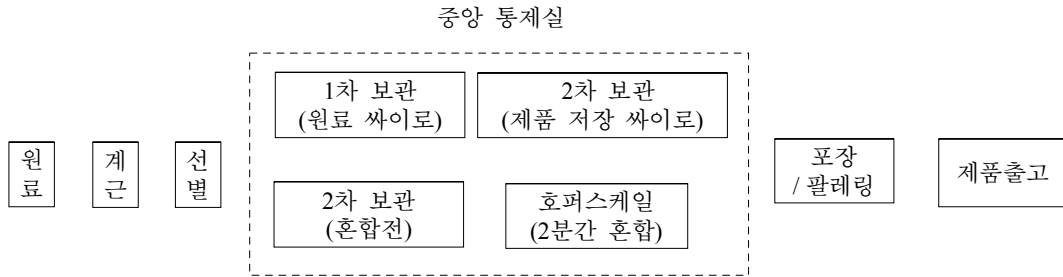
유기질 비료의 생산 공정은 자동화 시스템 유무에 따라 약간 차이가 나지만 비교적 단순한 편이다.

본 연구를 대상으로 하는 회사의 경우<sup>4)</sup> (이하 “유기질비료공장”으로 표기한다) 유기질

4) 회사의 탄소배출량 내용을 공개하지 않기로 하고 데이터를 받았기 때문에 공개하지 않고 기명으로

비료 공장의 생산 공정에 자동화된 기계와 설비를 중앙에서 통제하는 시스템을 통해 비교적 큰 규모로 유기질 비료를 생산하고 있다.

대규모 생산 능력은 원료 배합, 포장, 팔레팅 등의 생산 공정이 자동화된 시설 및 장비에 의해 이루어짐으로써 가능하다.



〈그림 4〉 유기질 비료 공정과정

2) 유기질 비료 사용 원료

유기질 제품의 주원료는 주로 박 종류로서 대부분이 수입되고 있다.

〈표 5〉 유기질비료의 사용원료

원료		비율 (%)	수입현황
주원료	피마자박	50	인도
	야자박	20	동남아(태국, 필리핀 등)
	기타 식물성 유박	30	-
부재료	대두박	-	미국, 캐나다
	채종유박, 미강 등	-	-

주원료의 수입량은 회사마다 차이가 있지만, 원료가 제품의 무게와 거의 일치한다고 가정하면 연간 원료의 수입량은 약 50만톤에 이르는 것으로 생각해 볼 수 있다. 본래의 유기질비료의 전과정 평가에 의한 배출량을 계산한다면 이러한 원료 수입과정의 배출도 고려되어야 하지만 본 연구에서는 생략한다.

처리함.

3) 유기농자재 LCI D/B 구축 대상범위 선정

앞에서 설명하였듯이 유기질 비료는 국내 유기농자재 생산량 공정과정이 기타 다른 농자재에 비해 단순하며, 많은 비중을 차지하기 때문에 일차적인 대표 농자재로 선정하였다.

현재 국내에서 생산되는 대부분의 유기질 비료 물량은 생산자가 직접 유통하건 영업 전문업자를 통한 유통이건 간에 농협을 통한 계통출하가 많은 비중을 차지한다. 유기질비료 생산 기업 생산량 순위(자료 출처: 농협, '09년도 총 판매량)를 판매량 기준으로 정리하고 이들 총 판매량에서 30%의 비율을 점하는 상위회사를 총 산정대상의 범위에 포함하였다.

2. 배출원단위 산출 모형

1) 경유에 사용에 의한 배출량 산정

에너지 부문에서 발생하는 온실가스는 주로 연료사용에 의한 것으로 본 유기질비료공장의 사용연료는 경유이다.

IPCC 2006년 개정판에서는 연료 사용량과 배출계수를 활용하여 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O)의 배출량을 산정하도록 제시하고 있으며 연료의 특성에 따라 발열량과 배출계수가 달라진다. 본 연구에서는 에너지 기본법(2006)의 시행규칙에서 제시하고 있는 연료별 에너지 열량환산 기준 중 IPCC에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량 계산 시 적용하도록 권고하고 있는 순발열량을 참고하여 사용하였다.

$$\text{배출량} = \sum(\text{EF}_a \times \text{Activity}_a)$$

EF = 배출계수, Activity = 연료소비, a = 연료종류

현재 국내의 경우 국가 고유의 연료별 배출계수를 개발 중에 있어 IPCC에서 제공하고 있는 이산화탄소 배출계수는 경유의 경우 <표 6>과 같다.

<표 6> 연소에 대한 CO<sub>2</sub> 배출계수 기본값

연료종류	기본값 (kg/GJ)	탄소산화계수 기본값	유효 CO <sub>2</sub> 배출계수(kg/TJ) <sup>2</sup>		
			기본값	95% 신뢰구간	
	A	B	C=A*B*44/12*1000	하한	상한
디젤 오일	20.2	1	74,100	72,600	74,800

주 : 1. 95% 신뢰구간의 하한 및 상한은 로그정규분포로 가정하여 국가 인벤토리 보고서, IEA 데이터 및 이용 가능한 국가 데이터를 기초로 데이터 셀이 갖추어졌다.

2. 1TJ=1,000GJ

자료 : 국가 온실가스 인벤토리 작성을 위한 2006 IPCC 가이드라인 제2권

2) 전력사용에 의한 배출량 산정

전력사용에 의한 온실가스 배출량은 사용 부문에 따라 구분하여 사용량과 배출계수를 통해 산정하여야 한다. 예를 들면 구매전력의 배출원단위를 구분해서 적용해야한다는 점이다. 하지만 아래의 표처럼 세부적으로 구분하여 전력에 의한 배출원단위를 발표하고 있지 않기 때문에 전력사용에 따른 배출원단위 즉, 배출계수는 전력거래소(2007)의 전력평균거래 데이터에 의한 이산화탄소 배출계수인 0.4281kgCO<sub>2</sub> e/kWh를 적용하였다.

〈표 7〉 구매전력의 배출원단위

구 분	세부구분	
직접 원단위	전전원평균 원단위 (원자력, 신재생에너지 포함)	발전단 원단위
		송전단 원단위(발전소내 전기사용량 고려)
		수요단 원단위(송전과 변전로스 고려)
	화력발전 평균 원단위	발전단 원단위
		송전단 원단위(발전소내 전기사용량 고려)
		수요단 원단위(송전과 변전로스 고려)
전과정 원단위	전과정을 고려한 위 세부내용의 원단위	

그리고 배출량 산정은 다음의 식을 사용하였다.

$$\text{배출량} = \sum(\text{EF}_a \times \text{Activity}_a)$$

EF = 배출계수, Activity = 전력 사용량, a = 사용 부문

이러한 배출계수와 식을 적용하여 산출한 값이 다음과 같다.

〈표 8〉 유기질비료공장의 탄소배출량

유기질비료공장					
공정과정	에너지사용 (경유)	에너지사용 (전기)	공정과정	에너지사용 (경유)	에너지사용 (전기)
하차		62,708.0	혼합		175,585.0
선별		37,625.0	pellet	110,179	501,670.0
싸이로(저장)		25,084.0	냉각		50,167.0

공정과정	에너지사용 (경유)	에너지사용 (전기)	공정과정	에너지사용 (경유)	에너지사용 (전기)
분쇄		150,501.0	선별		25,084.0
Bin		50,167.0	포장		125,417.0
계량		50,167.0	출하	27,545	
에너지 총 사용량	에너지사용(경유)		에너지사용(전기)		
	137,724		1,254,175.0		
배출량	탄소배출량(경유)		탄소배출량(전기)		
	361,049.5kgCO <sub>2</sub>		536,912.3kg-CO <sub>2</sub>		
	897,961.8kg-CO <sub>2</sub>				

위 표는 A사의 공정에서 필요로 하는 모든 설비 및 기계와 기구 등에 대한 사용과 사용 목적 등에 대한 조사를 하고 이렇게 조사된 내용에 에너지 사용량을 조사하여 탄소배출량을 산정하였다.

위의 공정별 계산방식에 의해서 본 연구의 조사대상인 모든 회사의 유기질비료 생산 공정에서의 배출량 통합계산 결과는 다음과 같다.

〈표 9〉 각사의 총배출량 및 배출원단위

생산제품명	총생산량(kg)	총배출량(kg/CO <sub>2</sub> )	배출원단위(kg-CO <sub>2</sub> )
혼합유박비료	68,940,256	1,106,966.89121	0.01606
혼합유기질비료	14,163,248	241,523.21389	0.01705
유기복합비료	5,348,516	94,592.659107	0.01769

## IV. 결 론

이상에서 유기질비료의 혼합유박비료 탄소배출량은 1,106,966.89121kg-CO<sub>2</sub>였다. 따라서 배출원단위는 0.01606kg-CO<sub>2</sub>였다. 혼합유기질비료 총배출량은 241,523.21389kg-CO<sub>2</sub>였으며 배출원단위는 0.01705kg-CO<sub>2</sub>였다. 그리고 유기복합비료의 총배출량은 94,592.659107kg-CO<sub>2</sub>였고 배출원단위는 0.01769kg-CO<sub>2</sub>였다. 연구개발결과의 활용방안으로는 유기농산물에 대한 LCA 평가를 통하여 우리는 여러 가지 정책수립의 기초 자료로 사용할 수 있는데, 첫째, 유

기능산물 판로확대를 위한 유통정책 수립의 기초자료로 활용할 수 있다. 둘째, 유기농산물 유통 및 가격경쟁력 제고 관련 컨설팅의 기초자료로 활용할 수 있다. 셋째, 유기농업전환촉진정책 수립의 기초자료로 활용할 수 있다. 넷째, 유기농장의 생산-가공-판매와 연계된 유통기능 활성화로 판로안정 및 고부가가치 창출로 농가소득 증대정책에 활용할 수 있다. 즉, 탄소라벨링, 풋프린트, 탄소이력제와 같은 유사한 정책에 필연적으로 활용되어질 것이다. 다섯째, 유기농산물 선진 유통 Innovation 도입 촉진에 기여하고 유기농장 지원 육성지표 이용 및 프로그램 개발에 활용될 것이다. 여섯째, 유기농가의 마케팅 전략 수행능력 제고로 시장변화에 대한 대응력 강화 및 마케팅 교육 활성화와 유기농식품 소비시장 신뢰성 및 투명성 제고에 기여할 것이다. 이외에도 경제적·산업적 측면으로 기후변화 대응과 관련 소비자들의 저탄소 제품에 관한 소비증가로 인한 경제적 산업적 측면의 성장이 예상된다.

[논문접수일 : 2011. 3. 4. 논문수정일 : 2011. 3. 18. 최종논문접수일 : 2011. 3. 25]

## 참 고 문 헌

1. 배난주. 2007. 기후변화와 탄소발자국 -지역실천을 위한 가이드라인. 한국지속가능발전센터.
2. 최정윤. 2008. 최근 우리나라의 산업별 온실가스 배출구조 분석. 계간 국민계정 2008년. 3: 121-147.
3. 친환경상품진흥원. 2008. 탄소라벨링 전략제품군 선정을 위한 조사.
4. 환경부. 2007. 환경경제통합계정 작성 기반 구축 및 활용방안 연구(VI).
5. 농림수산식품부. 2010. 9. 농림수산식품분야 탄소표시제 및 탄소포인트제 도입방안.
6. 윤성이. 1998. 12. LCA수법을 이용한 농축산분야의 온실효과가스의 정량적 평가. 한국유기농업학회 7(1).
7. 윤성이. 2010. 6. 중구의 저탄소녹색성장을 위한 마스트플랜 2030수립. 서울시 중구.