

## 탄산가스 배출과 국내 작물 생산성의 중요성

신진철\* · 김준환 · 손지영 · 양운호 · 이충근 · 양원하  
농촌진흥청 작물과학원

(2008년 5월 22일 접수; 2008년 6월 25일 수정; 2008년 6월 27일 수락)

## Importance of National Crop Productivity in View of CO<sub>2</sub> Balance

Jin Chul Shin\*, Jun Hwan Kim, Ji Young Shon, Woon Ho Yang,  
Chung Guen Lee and Won Ha Yang

National Institute of Crop Science, Suinro 151, Seodundong, Kwonseongu, Suwon, Korea  
(Received May 22, 2008; Revised June 25, 2008; Accepted June 27, 2008)

### ABSTRACT

Crop production in a country is very crucial not only in a country's crop self-sufficiency, but also in carbon recycle. Crop can capture and store the emitted CO<sub>2</sub> by cereal food consumption. However, imported cereal food is not concerned in carbon recycle and this hinders the accurate estimation of carbon recycle. Korea imports major grain products including wheat, corn, soybean, and rice and about 90% of the grain composition consists of carbohydrate, protein and lipid. Carbon portions in carbohydrate, protein and lipid are 45, 53, and 77%, respectively. When the carbon portions are digested and converted into CO<sub>2</sub> completely, one ton of rice, wheat, corn, and soybean can release 1.51, 1.63, 1.56, and 1.56 tons of CO<sub>2</sub> to the atmosphere, respectively. Based on this premise, the evolved CO<sub>2</sub> calculated from imported grains for the last 4 years in Korea was over 21 MT of CO<sub>2</sub>. This amount is equivalent to 4.8 billion US dollars in the conception of carbon tax. These results suggest that a decrease in a cereal import (i.e., an increase in a country's crop self-sufficiency) can lower CO<sub>2</sub> release to the atmosphere.

**Key words :** Carbon dioxide, Climate change, Green house gas, Imported grain

### I. 서 론

지구온난화는 불과 수십 년 전만해도 과학자들 사이에 제기된 문제였으나 80년대 말부터 국제 정치 쟁점으로 부각되었다. 기후변화로 인한 각종 기상이변과 생태계의 변화가 인간에게 미치는 영향은 산업과 경제 활동 전반에 걸쳐 엄청난 영향을 주고 있으며 특히, 농업과 생태계에 미치는 영향은 절대적이며 극적인 변화를 초래할 수 있다. 더욱이 세계의 농업은 선진국이든 후진국이든 기후자원에 절대적으로 의존하고 있다는 데 기후변화가 미칠 파장은 더욱 크다.

이러한 기후 변화의 주요인은 대기 중에 인간활동에 의해 각종 가스(탄산가스, 메탄, 산화질소, 염화불화탄소, 수증기 등)의 증가에 따른 것으로서, 전체 온실효과에 대해 약 60%는 이산화탄소에 의한 것이고 메탄은 15~10%, 그 외 20%는 염화불화탄소, 산화질소 등에 의한 것이다(Hardy, 2003). 따라서 기후변화대책에 관한 최종목표는 온실가스저감이므로 탄산가스 배출규제에 대한 문제가 최우선적으로 고려되고 있다. 이와같이 이 대책은 기후변화에 대한 작물의 적응성 문제와 탄산가스에 대한 대책인 것이다(Kim *et al.*, 2005; Shin *et al.*, 2000). 이 때문에 1997년 선진국들

은 온실가스 감축의무를 규정하는 교토의정서를 채택하였으나 최근 각국은 이를 둘러싼 경제적 이해로 침해하게 대립하고 있는 실정이다. 탄산가스의 배출경로는 산업활동에 기인한 것으로 공장굴뚝, 자동차, 화력발전소, 도시의 대형 빌딩, 석유 및 가스 유전 등이 주 배출경로로 꼽히며 현재 탄산가스 저감대책으로는 이와 관련한 에너지 저감대책과 에너지 재활용방안이 핵심대안으로 제시되고 있다(삼성경제연구소, 2001).

탄산가스 저감대책으로는 조립 등을 이용한 탄산가스 흡수원을 확대하는 방안이 고려되고 있으나 도시화와 산업화에 따라 산림면적은 계속 줄어들고 있는 실정이며, 화석연료 사용에 대한 저감 대책이 주된 문제로 인식되고 있다. 그러나 본 논문에서는 새로운 측면에서 탄산가스 배출 저감 문제를 논의해 보고자 한다.

인간이 음식을 소비하여 발생하는 탄산가스는 인 구밀도, 소비패턴 등에 따라서 발생 정도의 차이는 있으나, 모든 음식물이 곡물을 기본으로 하여 이루어졌고, 곡물의 주성분은 탄수화물인 만큼 공기 중의 이산화탄소를 광합성으로 고정한 분량 만큼에 해당한다고 할 수 있다. 만일 식량이 자급되는 나라를 가정한다면 식량 소비에 의해 배출된 탄산가스는 다시 작물의 광합성에 의해서 곡물로 합성된다고 볼 수 있다. 따라서 그 국가의 이산화탄소 수지는 변동이 없다고 할 수 있다. 그러나 식량을 수출 또는 수입한다면 이산화탄소의 수지에 변동이 생긴다고 할 수 있다. 식량을 수출하는 나라의 입장에서 보면 곡물을 수출하는 만큼 자국에서 화석연료 사용에 의해 발생하는 탄산가스를 흡수해서 다른 나라로 수출하는 역할을 하는 것이며, 식량 수입국의 입장에서 보면 식량이 수입되는 만큼의 탄산가스가 수입되는 것이므로 곡물의 수입과 수출에 따른 탄산가스의 국가간 배출 문제는 반드시 고려되어야 할 것이다.

따라서 본 연구는 우리나라와 같이 식량 자급도가 26% 밖에 미치지 못하는 경우 곡물 수입에 의한 탄산가스 수입량이 얼마나 되는가를 검토해 보았다.

## II. 재료 및 방법

주요 식량작물로는 양곡으로 쌀, 보리, 옥수수, 밀, 콩 등이며, 서류로서 감자, 고구마 등이 있다. 그 중에서 우리나라에서 식량작물로 주로 이용되는 양곡이 쌀, 옥수수, 밀, 콩이며, 쌀을 제외한 대부분이 수입에

의존한다. 따라서 이들 곡물의 영양성분 구성비율을 중심으로 곡물별 탄소함량과 이들이 음식물로 이용되어 최종 분해되었을 때 나오는 탄산가스 양을 산출하였다. 각 곡물의 구성 성분은 Juliano(2003)과 Penning de Vries *et al.*(1999)을 따랐으며, 각 작물별 양분 구성 성분에 따른 탄소 구성비는 Penning de Vries *et al.*(1999)의 결과를 사용하였다. 작물별 구성 성분 비율 등을 산출한 후 우리나라에서 이용된 작물 총 이용량을 산출 할 수 있었으며 수입된 작물 총량으로부터 총탄소량을 얻었으며 탄소가 완전히 산화되었을 것으로 가정하여 수입된 곡물로부터 발생하는 CO<sub>2</sub> 양을 계산하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1. 우리나라 수입 주요 곡물의 영양성분 구성비율

우리나라에 수입되는 주요 곡물로는 쌀, 밀, 옥수수, 콩 등이 있다. 이들 곡물들은 주 성분이 탄소를 기본으로 하는 유기물로서 탄수화물, 단백질, 지질 등으로 구성되어 이들 성분이 90% 이상을 차지하고 있다 (Table 1).

주요 수입 곡물 중에서 탄수화물의 비율은 쌀이 약 83%, 밀이 76%, 옥수수가 75%, 콩이 54%로서 쌀이 가장 많고, 단백질은 콩이 33%, 밀이 12%이며, 지질은 옥수수가 5%로 가장 많다. 또한 이들 각 성분은 탄소 비율이 다르므로 최종 분해되어 산화되는 경우 탄산가스가 생성되는 양이 다르다.

### 3.2. 곡물 소비에 따른 탄산가스 방출량

이들 곡물들은 각 성분마다 구성원소 중 탄소의 비율이 다르다. 유기영양분은 대부분 탄소, 수소, 산소, 질소 등으로 구성되는데 탄소부분은 최종적으로 탄산가스로 산화되게 된다. 탄수화물에서 탄소가 차지하는 비율은 45%, 단백질과 지질에서는 각각 53%, 77%이다. 그러므로 각 곡물의 단위 g당 탄소량은 Table 2

Table 1. Chemical composition (%) of major grains

Component	Milled Rice	Wheat	Corn	Soybean
Carbohydrate	83	76	75	54
Protein	7	12	9	33
Lipid	0	2	5	1

(adapted from Juliano, 2003; Penning de Vries *et al.*, 1999)

**Table 2.** Carbon contents per 1g of grains (Unit: g)

Component	Milled Rice	Wheat	Corn	Soybean
Carbohydrate	0.374	0.342	0.337	0.243
Protein	0.035	0.064	0.049	0.176
Lipid	0.003	0.015	0.038	0.008
Total	0.412	0.421	0.424	0.427

**Table 3.** CO<sub>2</sub> emission per 1g of grains: if carbon in grain converted into carbon dioxide completely (Unit: g)

Component	Milled Rice	Wheat	Corn	Soybean
Carbohydrate	1.37	1.25	1.24	0.89
Protein	0.13	0.24	0.18	0.64
Lipid	0.01	0.14	0.14	0.03
Total	1.51	1.63	1.56	1.56

와 같다.

백미에는 탄소가 약 41.2%, 밀에는 42.1%, 옥수수에는 42.4%, 콩에는 42.7%의 비율로 곡물 1g당 탄소가 약 0.42g정도로 구성되어 있다. 결국 이들 탄소가 완전 산화되어 탄산가스로 대기 중에 배출될 것이다. 따라서 이들 백미, 밀, 옥수수 및 콩의 완전 산화에 의한 탄산가스 배출량을 계산하면 Table 3과 같다.

백미 1g이 완전히 산화되면 그 구성 성분 중에서 탄수화물로부터 1.37g의 탄산가스가 발생하고 단백질로부터 0.13g, 지질로부터 0.01g이 발생하여 총 1.51g의 탄산가스가 발생하게 된다. 같은 방법으로 밀 1g이 이용되어 산화되면 1.63g의 탄산가스, 옥수수와 콩은 각각 모두 1.56g의 탄산가스를 배출하게 되는 것으로 곡물 소비량의 1.5~1.6배의 탄산가스를 대기 중에 배출하는 것과 같은데 밀이 1.63배로 가장 높다.

### 3.3. 우리나라 곡물 수입에 의한 탄산가스 방출량

우리나라에서 수입된 곡물 양을 연차별로 보면 Table 4와 같다(Rural Development Administration, 2007). 쌀이 4년 평균 20만톤으로 점차 증가되는 추세이며 밀이 357만톤, 옥수수가 868만톤, 콩이 133만톤으로 이들 작물의 연간 총 수입량은 1,378만톤이 된다. 결국 이들 수입된 곡물들은 우리나라에서 소비되었고 완전히 탄산가스로 변하여 대기 중으로 방출되었다고 볼 수 있다. 따라서 이들 수입된 곡물을 탄산가스로 환산하여 보면 Table 5와 같다.

Table 5에서 보는 바와 같이 밀을 수입 소모하여 연평균 582만톤의 탄산가스가 방출되었을 것이며, 옥수수 수입으로 1,350만톤, 콩 수입으로 208만톤의 탄

**Table 4.** The amount of imported grains during the last 4 years in South Korea (Unit: KT)

Year	Milled Rice	Wheat	Corn	Soybean
2003	180	3,858	8,840	1,492
2004	205	3,269	8,671	1,373
2005	204	3,645	8,533	1,330
2006	211	3,524	8,670	1,127
Average	200	3,574	8,678	1,330

**Table 5.** CO<sub>2</sub> emission from imported grains (Unit: KT of CO<sub>2</sub>)

Year	Milled Rice	Wheat	Corn	Soybean	Total
2003	272	6,281	13,746	2,333	22,632
2004	310	5,322	13,483	2,147	21,262
2005	308	5,934	13,269	2,080	21,591
2006	318	5,737	13,482	1,763	21,300
Average	302	5,819	13,495	2,080	21,696

산가스가 방출되었을 것이다.

이와 같이 곡물을 만약 수출하게 되면 그만큼 대기 중의 탄산가스를 곡물이 광합성에 의하여 고정된 것을 외국으로 배출하게 되므로 국지적으로 보면 탄산가스 배출이 되는 것이며 곡물을 수입하게 되면 그만큼 탄산가스를 수입하게 되는 것이다. 온실가스 저감비용은 톤당(TC) 851 US dollars(USD)가 될 것으로 추정되는데(삼성경제연구소, 2001) 이를 이산화탄소 톤당으로 계산하면 232USD이다. 현재 곡물 수입량을 이산화탄소로 계산한 Table 5를 볼 때 지난 4년간 평균 약 48억USD를 온실가스 저감비용으로 지출해야 되는 셈이다. 이를 각 작물 별로 반영해 본다면 밀의 경우 톤당 297USD이며 쌀, 옥수수, 콩의 경우 각각 350, 310, 363USD이다. 06/07년간의 곡물가격은 밀, 쌀, 콩의 경우 각각 204, 538(미국산), 233USD였다. 따라서 온실가스 저감 비용이 수입가격에 반영되어야 한다면 각 양곡별로 밀은 수입가격의 145%, 쌀은 65%, 콩은 158%의 탄소세가 현재 수입가격에 추가되어야 할 것이다. 탄산가스 배출은 전 지구적인 문제이지만 그에 대한 배출 감소는 각 나라별로 할당된 문제이기 때문에 이러한 부분에서의 비용문제를 감안해야만 한다.

우리나라와 같이 식량의 자급도가 26%밖에 되지 않는 나라에서 식량의 자급률을 높이는 것은 그만큼 탄산가스 수입을 줄이는 것이 되며 이것은 결국 탄산가스 저감 비용을 절약하게 되는 것이다. 더욱이 식량

을 자국에서 생산하여 이용하는 것은 그만큼의 탄산가스를 재활용하는 역할을 한 경우이기 때문에 이런 결과는 식량작물생산 직불제에 도입하는 것도 가능할 것이다. 즉 쌀을 1톤 생산하면 탄산가스 1.5톤을 제거 이용한 것이 되므로 232USD를 탄소세로 지원해 줄 수 있는 것이 된다.

### 적 요

우리나라에서 수입되는 곡물은 주로 밀, 옥수수, 콩 및 쌀이며 이들 곡물은 탄수화물, 단백질, 지질이 약 90%를 구성하고 있다. 탄수화물, 단백질 및 지질은 각각 45, 53, 77%가 탄소로 이루어져 있고 이들 곡물은 완전히 소화 이용되면 탄소부분은 전부 탄산가스로 산화 되어 대기 중에 방출된다. 따라서 쌀 1톤을 소비하면 탄산가스 1.51톤, 밀은 1톤을 소비하면 1.63톤, 옥수수와 콩은 1톤을 소비하면 1.56톤의 탄산가스를 방출하게 된다. 우리나라는 곡물 자급도가 26%밖에 되지 않아 지난 4년간 연평균 약 2,170만톤 이상의 탄산가스를 외국으로부터 수입하는 것과 같으며 이를 비용으로 계산하면 48억USD에 달한다.

### 감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 국책연구과제의 연구비 지원

에 의해서 수행되었으며 수행할 수 있게 하여 주신 농촌진흥청 작물과학원 원장 및 동료 직원들께 감사드립니다.

### REFERENCES

- Hardy, J. T. 2003: *Climate Change*, John Wiley & Sons Ltd, 20pp.
- Juliano, B. O. 2003: *Rice Chemistry and Technology*. AACC
- Kim, Y. K., J. C. Shin, M. G. Choi, B. C. Koo, and S. D. Kim. 2005. Response of rice growth under CO<sub>2</sub> enrichment. *Korean Journal of Crop Science* **50**(3), 179-185(in Korean with English abstract).
- Penning de Vries, F. W. T., H. H. van Laar, and M. C. M. Cardon, 1999: Bioenergetics of growth of seeds, fruits and storage organs. *Proceedings of Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environment*, IRRI, Los Banos, 38-39.
- Rural Development Administration, 2007: *Major Statistics of Korean Agriculture*, 31pp.
- Shin, J. C., C. G. Lee, Y. H. Yoon, and Y. S. Kang. 2000: Impact of climate variability and change on crop productivity. *Conference on the Korean Society of Crop Science*, 12-27 (in Korean with English abstract)
- 삼성경제연구소, 2001: 기후변화협약의 도전과 한국의 대응.