

시설원에 이산화탄소 발생 실태 Status of Carbon Dioxide Emission in Protected Horticulture

전 희* · 김학주 · 이시영 · 염성현 · 강윤임 · 최영준

원예연구소 시설원예시험장

Hee Chun* · Hark-Joo Kim · Si-Young Lee · Sung-Hyun Yum,

Yun-Im Kang · Young-Jun Choi

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

서 론

인류의 산업활동이 증대됨에 따라 여러 형태의 기후변화가 나타나고 있다. 특히 지구의 평균기온은 갈수록 상승되고 있다. 이것은 이산화탄소 등과 같은 온실가스의 발생량이 증가하고 이에 따라 대기의 온도가 상승하는 온실효과에 의한 것이다. 따라서 기후변화에 따른 이산화탄소의 발생과 이용에 대하여 국가적인 차원의 분석과 대책이 요구되고 있다. 특히 시설원에 분야는 난방에너지의 사용과 작물에 의한 이산화탄소의 흡수 이용이라는 양면성을 가지고 있다. 따라서 시설원예에 있어서의 이산화탄소 발생과 이용에 대한 정확한 분석이 요구된다. 이 연구의 목표는 시설원예에 사용되는 에너지원별 이산화탄소 발생 정도를 분석하고, 시설유형과 주요작물별로 이산화탄소를 발생하는 정도를 구명하는 기초 자료로 활용하는데 있다.

재료 및 방법

시설원예에 이용되는 경유, 벙커씨유, 연탄, 석탄 등의 난방연료 종류별로 이산화탄소의 발생정도를 분석하기 위하여 통계자료에 의거 2004년도 전국 시설원에 난방면적 12,981ha를 난방원료별로 구분하여 다음과 같은 방법으로 이산화탄소 발생량을 계산하였다.

1. 난방연료 종류별 이산화탄소 발생량 계산방법 : 경유 기준

- 전국 난방 면적 : 12,981ha
- 일반적인 평당 난방소모량 : 30L/평

- $12,981\text{ha} \times 3000\text{평} \times 30\text{L/평} = 1,168,290,000\text{L}$ (전국 총 난방소모량)
- 경유 1kg의 탄소(C) 발생량 : 0.770kg
- 경유 1kg의 이산화탄소(CO₂) 발생량 : 2.824kg
- 경유 비중 : 0.85 kg/L
- 이산화탄소 발생량 : 전국총난방소모량 × 경유비중 × 이산화탄소발생량 × 0.001

기타 난방연료의 종류별로는 최대 이산화탄소 농도의 가중치를 고려하여 계산하였다.

이산화탄소 흡수는 소다라임을 이용하여 시설유형과 주요 작물별로 흡착량을 계산하였다. 지역은 먼저 전국을 난방부하를 고려하여 3개 권역으로 등분하면 경기도와 강원도를 중북부 지역, 충청남북도를 중부지역, 전라남북도와 경상남북도를 남부지역으로 구분하였다. 시설 유형은 가온시설을 감안하여 유리온실과 대동연동으로 시설된 플라스틱필름온실로 구분하였다. 조사된 시설에서의 재배작물의 생육을 균일하게 하기 위하여 과채류인 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토는 정식후 3~6개월 경과된 것을 대상으로 하였고, 목본성 화훼인 절화장미는 2년생을 대상으로 하였다.

2. 시설재배 지역별 이산화탄소 발생량 측정방법

- 흡착제 : soda lime (NaOH+Ca(OH)₂)
- 전처리 : 100℃ 오븐, 24시간 건조
- 받침대 : 플라스틱, 300 cm²
- 시설유형 : 유리온실, 비닐하우스
- 시험작물 : 풋고추, 토마토, 착색단고추, 오이, 장미
- 이산화탄소 흡착량 산정방식 : Terarosa & Gloser, 1976

이산화탄소를 플라스틱통에 투명플라스틱 접시용기를 놓고 40g의 soda lime을 7일간 노출시켜 흡수되어 증가된 이산화탄소의 양을 100℃ 오븐에서 건조시켜 수분을 제거시킨 다음 무게를 측정하였다.

결과 및 고찰

시설원에 난방은 화석에너지를 소모하여 이산화탄소를 발생시키기도 하지만 작물의 광합성에서 이산화탄소를 흡수하기도 한다. 시설원예에서 사용되는 평당 난방소모량은 경유를 기준으로 30L 정도이다. 따라서 전국의 총 난방소모량을 계산하면 $12,981\text{ha} \times 3000\text{평} \times 30\text{L} = 1,168,290,000\text{L}$ 가 된다. 경유 1kg의 탄소(C) 발생량은 0.770kg이고, 경유 1kg의

이산화탄소(CO₂) 발생량은 2.824kg이다. 경유의 비중이 0.85 kg/L 인 것을 감안하면 연간 시설원예난방으로 발생하는 이산화탄소량은 다음과 같이 계산될 수가 있다. 168,290,000L (전국 총난방소모량)×0.85kg/L(경유비중)×2.824(이산화탄소 발생량)×0.001=2,804,363 ton. 이것을 실제 사용하는 열료원별로 비중을 고려하여 살펴보면 다음과 같다.

경유 : 12,482ha×3000평×30L/평 = 1,123,380,000L, 연탄 : 254ha×3000평×46.5L/평 = 35,433,000L, 천연가스 : 12ha×3000평×22.3L/평 = 802,800L, 코크스 : 6ha×3000평×39.7L/평 = 714,600L, 기타 : 247ha×3000평×41.6L/평 = 30,825.

표 1에서는 2004년도 농림부 통계를 기준으로 분석된 시설원예 난방에너지의 총 CO₂ 발생량은 2,896,231 TC(탄소톤) 이었고, 난방종류별로는 유류가 2,696,561 TC으로 전체의 93.1%를 차지하는 것으로 분석되었다.

온실에서는 탄소를 흡수하여 동화작용을 하기 때문에 이산화탄소를 고정하게 된다. 식물체의 광합성능력과 시설유형별로 차이를 보이고 있다. 소다라임을 이용하여 실험을 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 중북부지역의 유리온실에서 소다라임으로 흡착된 방법으로 측정된 이산화탄소의 발생량은 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 4.13, 4.01, 3.96, 3.56, 4.68(g/m²/day)이었고, 플라스틱필름온실에서는 이산화탄소의 발생량이 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 6.68, 6.64, 6.41, 6.12, 8.87 (g/m²/day) 이었다. 중부지역의 유리온실에서 소다라임으로 흡착된 방법으로 측정된 이산화탄소의 발생량은 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 4.56, 4.09, 4.01, 3.74, 4.87 (g/m²/day)이었고, 플라스틱필름온실에서는 이산화탄소의 발생량이 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 6.94, 6.67, 6.51, 6.16, 9.32(g/m²/day) 이었다. 남부지역의 유리온실에서 소다라임으로 흡착된 방법으로 측정된 이산화탄소의 발생량은 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 4.67, 4.13, 4.03, 3.87, 5.00 (g/m²/day) 이었고, 플라스틱필름온실에서는 이산화탄소의 발생량이 풋고추, 착색단고추, 오이, 토마토, 장미에서 각각 7.00, 6.70, 6.57, 6.23, 9.57 (g/m²/day) 이었다. 전반적으로는 시설유형별 CO₂ 발생량은 멀칭 비율이 적은 플라스틱필름온실에서 많았고, 작물의 CO₂ 고정율이 적은 장미 온실에서 많았다.

표 1. 시설난방 에너지 종류별 CO₂ 발생량 (2004 농림부 통계 기준)

연료종류	유류	연탄	천연가스	코크스	기타 (폐목 등)	계
사용면적(ha)	12,462	254	12	6	247	12,981
(%)	(96.0)	(2.0)	(0.1)	(-)	(1.9)	(100.0)
CO ₂ 발생량(TC)	2,696,561	85,053	1,450	2,479	110,688	2,896,231
(%)	(93.1)	(2.9)	(-)	(-)	(4.0)	(100.0)

표 2. 중북부지역의 시설유형 및 작물별 CO₂ 발생량

시설유형	작 물	CO ₂ 발생량 (g/m ² /day)
유리온실	풋 고 추	4.13±0.58
	착색단고추	4.01±0.51
	오 이	3.96±0.42
	토 마 토	3.56±0.39
	장 미	4.68±0.47
플라스틱필름온실	풋 고 추	6.89±0.61
	착색단고추	6.64±0.50
	오 이	6.41±0.37
	토 마 토	6.12±0.35
	장 미	8.87±0.61

표 3. 중부지역의 시설유형 및 작물별 CO₂ 발생량

시설유형	작 물	CO ₂ 발생량 (g/m ² /day)
유리온실	풋 고 추	4.56±0.60
	착색단고추	4.09±0.52
	오 이	4.01±0.41
	토 마 토	3.74±0.39
	장 미	4.87±0.48
플라스틱필름온실	풋 고 추	6.94±0.68
	착색단고추	6.67±0.49
	오 이	6.51±0.38
	토 마 토	6.16±0.34
	장 미	9.32±0.65

표 4. 남부지역의 시설유형 및 작물별 CO₂ 발생량

시설유형	작 물	CO ₂ 발생량 (g/m ² /day)
유리온실	풋 고 추	4.67±0.61
	착색단고추	4.13±0.54
	오 이	4.03±0.44
	토 마 토	3.87±0.42
	장 미	5.00±0.53
플라스틱필름온실	풋 고 추	7.00±0.71
	착색단고추	6.70±0.52
	오 이	6.57±0.41
	토 마 토	6.23±0.39
	장 미	9.57±0.68

인 용 문 헌

1. Cambell, G. S. 1985. Soil physics with BASIC: Transport models for soil-plant system, Elsevier Sci., New York.
2. IPCC. 2003. "Good practice guidance for land use, land-use change and forestry", Institute for global environmental strategies.
3. Matson, P. A., and R. C. Harrison. 1995. Biogenic trace gases: Measuring emission from soil and water. University Cambridge. 20-23.