

# 온실난방과 가스사고<sup>1)</sup>

## Crop Gas poisoning and Greenhouse Heating

김영중 \*  
정희원  
Y.J. Kim

### 1. 서론

시설하우스 농사에서 가스사고는 언론에서 보도될 만치 흔히 있는 일은 아니지만 알게 모르게 가끔 일어나는 사고다. 가스사고가 일어나면 대체로 온실작물은 생장이 더 이상 진행되지 않거나 낙과, 갈변현상 등이 생겨 경작자는 한해 농사를 망치고 재산상 큰 손실을 입고 더러는 가스사고의 원인을 제 공한 공급자와 법정문제로 까지 비화되기도 한다.

소비자보호원의 도움으로 입수한 1999년부터 2005년 까지 농업용난방기관련 상담구제신청사례 통계를 보면 작물피해원인은 난방기의 품질불량(41.3%), 화재 (17.2%), 배기가스관련피해는 24.1% 로 피해구 제 상담건수에서 2위를 차지했다 (표1).

표 1. 농업용 난방기 사고 피해원인별 (소비자보호원, 2006)

	품질 불량	화재	배기가스 관련	용량 부족	연료 관련	계
건수	12	5	7	3	2	29
비율(%)	41.3	17.2	24.1	10.3	6.8	100

표 2. 농업용 난방기 사고의 피해금액 (소비자보호원, 2006)

	1천 만원 미만	1천만원 이상 3천만원 미만	3천만원 이상 5천만원 미만	5천만원 이상 1억원미 만	1억 원이 상	미표 시	계
건수	2	4	3	2	3	15	29

피해에 대한 손해배상요청금액 또한 대략 천만원에서 수억원에 이르고 있다 (표 2).

그러나 이러한 가스피해의 원인과 문제에 대해서 이제까지 별 다른 논의도 없었고 온실난방기 배기가 스문제가 작물에 미치는 영향에 대한 이해가 극히 모자랐다고 볼 수 있다.

이에 본 논문에서 다루고자 하는 내용은 온실에서의 가스사고 사례를 에너지공학자 입장에서 작물피 해사고 사례중심으로 분석하여 온실난방기와 작물가스사고에 대한 이해의 폭을 넓히고 자 한다.

### 2. 온실 내의 유해가스 종류와 특성

온실 내 미기상에는 대기와 마찬가지로 다양한 가스가 항상 존재한다. 대기의 가스조상과 다른 점 은 온실에는 비료에서 나오는 가스, 난방연료 배기가스 등이 한정된 공간에 비교적 장시간 존재하면서 작물의 생장에 영향을 미치고, 유해가스정도가 심하면 농작물이 손상되는 대규모 손해가 일어날 수 있 다는 점이 다르다. 비료로 사용되는 축분에서 나오는 가스는 암모니아가스로 수침상, 암녹색반점, 황백 화, 갈변고사의 원인이 된다. 아질산가스(NO, NO2)는 직접열식난방기 또는 탄산가스시용시 배기가스 에 포함되어 있으나 그 양이 적어서 크게 문제되지는 않으며 주요증상으로는 엽맥사이 또는 엽록혹갈 색반점, 괴사낙엽, 기공의 주변탈색을 유발한다. 화석연료 연소가스 중에서 식물에게 가장 해가 되는 가스는 아황산가스(SO2)로 물과 결합하면 황산이 되며, 아황산가스중독 주요증상으로는 수침상, 혹갈 색반점, 엽맥사이 황백화가 발현된다. 아황산가스는 연료에 포함된 황(S)이 연소공기 중의 산소(O2)와 결합되면서 아황산(SO2)으로 변하며, 경유, 중유, 액화가스 공히 소량의 황을 함유하고 있으며 중유에 가장 많이 포함되어 있다(C중유 무게기준 4% 이하). 에틸렌가스(C2H4)는 프로판가스(C3H8)를 연료원 으로 하는 직화식난방기의 부적절한 사용으로 나올 수 있으며 작물에 따라서는 0.2ppm 만 존재해도 작물에 치명적 손상을 입힐 수 있다고 보고되었다. 직화식프로판난방기를 온실에서 사용 할 때 적절 한 공기순환이 이루어지지 않으면 에틸렌가스 농도 증가는 매우 빠르게 이루어지며, 300m<sup>2</sup> (약 100평) 온실에서 88,000W/hr ( 75,680kcal/hr) 난방기의 온실 내 연속운전기준은 2시간으로 한정된다 ( Blom,

\* 농업공학연구소 생산기반공학과 에너지공학연구실

1999). 그 외 연소배기가스에는 속하지 않지만 가끔 발생하는 문제는 미연소탄화수소로 직화식연소기 내지는 화석연료를 기반으로 하는 탄산가스공급기에서 나오며, 주로 연소기의 연료관 불량으로 솔레노이드가 오픈상태에서 광전기(pilot light)가 작동하지 않으면 연료가 바로 분출하여 온실작물에 해를 끼칠 수가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 난방기운전자의 끊임 없는 주의가 요구된다. 미연소탄소 즉 그으름은 석유류난방기에서 발견할 수 있는 문제로 공기비가 적합하지 않을 때 검은연기로 나타난다. 미연소탄소는 점덩이라고도 하는데 간접열식난방기라면 전부 연도를 타고 대기로 배출되므로 온실에 유입되지 않는 것이 정상이지만 간혹 연소로나 열교환기에 결함이 있으면 그 틈새로 나와 송풍기에 의해 온실내로 확산하여 작물에 해를 끼치는 수도 있다.

### 3. 온실에서의 가스피해 사례

#### 가. 온실 내 유해가스농도 증가로 인한 피해

이 사건은 1990년 대 중반에 일어난 온실가스사고로 직접열식가스온풍난방기를 설치한 농민이 직접열식 가스온풍난방기를 수입판매한 공급자를 상대로 제기한 분쟁이었다. 농민이 제기 한 주요 쟁점은 온실 내 배기탄산가스 집적으로 인한 작물의 손상이었고 이에 대하여 가스온풍난방기 공급자에게 배상을 요구하였다. 가스온풍난방기 공급자는 온실 내 탄산가스집적이 작물생장에 문제가 없다는 입장 이었고 본 사건은 결국 법정으로 넘어가서 긴 법정싸움이 시작되었다. 우리나라의 대부분 온풍난방기는 간접열식 온풍난방기로 배기가스가 외부로 배출되는 방식으로 배기가스가 온실 내로 들어오지 않는다. 배기가스가 온실 내로 들어오는 경우는 앞에서 언급한 바와 같이 연소로, 열교환기 또는 연도배관에 이상이 있는 경우다. 1990년대 중반 이후에 LPG를 연료로 하는 직접열식 가스난방기가 외국에서 수입되어 국내에 보급된 적이 있었고 현재는 보급이 중단된 상태다. 직접열식 온풍난방기는 열교환장치가 없이 바로 연소열을 온실 내에 방출하여 열을 전부 이용한다는 면에서는 매우 바람직스럽지만, 문제는 연료원인 프로판가스(C3H8)를 태우면서 배출되는 탄산가스가 그대로 온실 내에 집적된다. 인위적 탄산가스시용은 온실농업에서 생산성을 증가시키는 수단으로 인식되고 있고, 따라서 직접열이용 가스온풍난방기의 배기탄산가스 온실 내 배출은 온실용 직접열식 가스난방기의 장점으로 강조되었고 또 별도의 탄산가스시용이 필요 없었기 때문에 기존의 간접열식 경유온풍난방기에 비해 상대적으로 고가의 기기임에도 경제성 확보에 도움이 되었다고 볼 수 있었다. 그러나, 온실 내 탄산가스농도도 적정해야 작물에 도움이 될 수 있지만 한정된 공간에서 지나치게 높은 탄산가스농도는 온실 내 공기조성비를 흐트러 작물생장에 장애를 가져 올 개연성도 있다. 온실 내 탄산가스농도가 증가하면 상대적으로 산소농도는 감소할 것이다. 인간은 산소농도 18% 이하에서는 생명에 위협을 받을 수 있다고 하므로 작물 또한 같은 맥락에서 생존에 위협을 받으므로 그 스트레스로 장애가 일어날 가능성도 배제하지 못할 것이라 추론 해 볼 수 있지만 이에 대한 정확한 연구실험결과는 찾기 어려웠다. 다만, 인터넷 온실작물재배 관련 뉴스넷 그룹에서 얻은 정보로는 토마토가 가장 탄산가스농도에 내성이 있다고 알려졌는데 그것도 5,000ppm이 한계라고 한다. 그림 1은 온실 내의 배기탄산가스를 시용했을 때 탄산가스농도변화를 나타낸 그림이다.

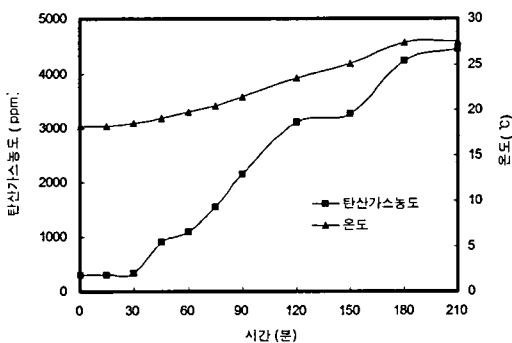


그림 1. 온실 내의 탄산가스시용시 농도변화 (김영중 외, 1999)

그림 1에서 알 수 있듯이 난방개시 3시간 정도에 온실 내 탄산가스농도는 4,500ppm으로 증가되었으며 이는 전체 공기 중의 0.45%로 대기중의 탄산가스농도 340ppm (0.034%) 보다 10배 이상 차이를 보인다. 프로판가스를 연료원으로 하는 직접열식 가스난방기의 또 다른 문제는 연소기의 공기비가 적절하지 않을 시 에틸렌(C2H4)나 일산화탄소(CO)가 발생할 수 있다는 사실이다. 일산화탄소는 맹독성가스로 인간은 0.08%만 되어도 2시간 내에 실신하고 식물 또한 일산화탄소, 탄산가스 등을 비롯한 유해가스가 많으면 공기조성비가 불균형이 되어 호흡장애를 일으킬 수 있다고 한다. 특히, 에틸렌(C2H4)는 식물에게 이상낙엽 및 조기낙과를 유발시킨다. 일산화탄소, 에틸렌은 화석

연료의 연소과정에서 나오며 공기비가 부족할 시 발생하는 가스라 알려져 있다. 외국에서 직접열식 가스온풍난방기는 탄산가스 공급과 더불어 온실난방목적으로 사용되고 있고 탄산가스농도는 탄산가스계측기가 필수 옵션으로 부착되어 운용되었으리라 여겨지지만 국내 시판시 프로판가스 연소시 예상되는 유해가스에 대한 충분한 대비책이 없이 가스난방기의 장점만 너무 앞세워 보급을 서둘렀기 때문이 아닌가 사료된다. 또 작물도 그 종류가 매우 다양하여 특정 작물에 해가 없다고 다른 모든 작물에 문제가 없을 것이라는 오류의 결과가 매우 심각한 문제를 야기 시킬 수도 있다는 교훈을 보여 준 것이 아닌가 싶다.

**나. 미연소 그으름의 온실 내 유입**

본 사건은 2000년대 초반 충남 어느 포도농가에서 일어난 분쟁으로 포도농원주가 경유온풍기회사를 상대로 소송을 건 사건으로 필자가 법원의 부름을 받아 현장검증 후 전문가의견을 제출한 바 있다. 주요 쟁점은 경유온풍난방기의 경유연소시 미연소탄소 성분 즉 그으름이 온실 내로 유입하여 화아분화기에 그으름으로 인해 화아분화가 원활히 일어나지 못하여 한해 농사를 망쳤다는 주장에 피고 온풍기회사는 원고 농원주가 포도농사를 잘 못해서 그렇다는 이야기다. 현장검증시 그으름 발생 온풍난방기는 이미 철거된 상태였고 그으름이 묻었음직한 온풍비닐덕트를 농원주가 증거로 보관하고 있다가 보여주었다. 이로 미루어 필자의 판단으로는 그으름이 온풍난방기에서 발생하여 온풍덕트를 통과 한 것 같았지만 사고 온풍난방기가 치워진 마당에 결정적 증거로 보기는 어려웠다.

그림 2는 경유온풍난방기 구조를 나타내며 본 분쟁의 온풍난방기와 대동소이했다. 간접열식 온풍난방기는 연소공기비가 부족하여 그으름이 발생하더라도 연소로, 열교환기, 연통이 온전하고 연결상태에 문제가 없었다면 배기가스는 전부 연통을 통하여 외부로 배출되어야 정상이다. 하지만, 연소로에 균열이 생겼거나 연소로 용접부위가 불량이거나, 또는 연통의 연결부위에 결함이 있는 상태에서 공기비부족으로 그으름이 발생했다면 온풍난방기 상단에 있는 송풍팬의 작동에 의해 송풍공기가 연소로와 열교환기를 거치면서 미연소탄소성분 즉 그으름이 온실 내부로 유입할 가능성도 충분히 존재한다. 불행히도 사고온풍난방기는 이미 제거된 시점으로 명확한 그으름 온실유입 원인을 찾을 수는 없었다. 일반적으로 온풍난방기의 용량은 2~30년간의 지역최대난방부하를 기준으로 구입하기 때문에 실제난방부하

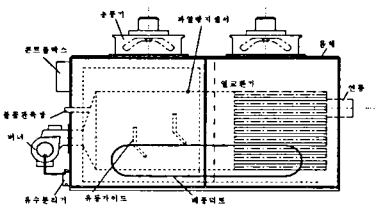


그림 2. 온풍기의 구조

보다는 대용량으로 실제 상황에서는 온실내 목표온도를 유지하기 위하여 수많은 on과 off를 반복한다. 이 수많은 on-off 운전 때문에 연소로의 용접부위에 열응력이 발생하고, 아크용접부위가 손상되는 수가 있고, 이 균열부위를 통하여 연소로 내의 불완전연소가스 즉 일산화탄소, 그으름 등이 온실 내로 유입될 수 있다. 이러한 점 때문에 외국에서는 연소로는 용접작업이 필요 없는 하나의 몸체인 주물로 제작하기도 한다.

**다. 보조난방기 LPG스토브에 의한 유해가스 분쟁**

본 분쟁은 2005년 겨울 전북 익산에서 일어난 난방기관련 가스사고로 필자가 난방기전문가로 현장조사에 참가하였다. 현장조사팀은 토양전문가, 비료전문가, 작물영양생리전문가로 이루어졌었다. 사고개요는 2005년 12월 혹한기에 온실 내에 설치한 LPG 보조난방기에서 방출되는 유해가스로 인해 애호박 개화결실불량과 낙과가 유발되어 애호박농사를 망쳤다는 것이다. 반면, LPG보조난방기공급자는 토양배수불량으로 영양생리문제이니 자기가 책임 질이 아니라는 주장이었다. 먼저 필자가 본 입장에서 시설하우스(450평)에 설치된 주난방기의 용량이 50,000kcal로 450평 비닐하우스의 난방부하(약 180,000kcal)를 부담하기에는 현저하게 부족하였고, 이에 농가주는 용량 1500 kcal/hr LPG 스토브 2기를 설치하여 애호박 생육적온을 제공하려고 시도하였던 것 같았다. 하야간, 야간에 생육적온을 유지하기 위하여 LPG 스토브는 계속 운전되면서 탄산가스를 배출하고, 프로판가스에서 파생되는 가스를 분출하였을 것으로 판단되었다. 현장의 야간 탄산가스농도는 2,000ppm까지 상승하였지만 낙과를 야기할 만치 높은 수준은 아니었다고 생각되었고, 문제가 있었다면 에틸렌이 미량으로 방출되어 스토브 근처에 위치해 있던 애호박 낙과에 영향을 미쳤다고 보여졌다. 현장에서 조사한 바에 의하면 스토브 위치에서 멀어질수록 낙과 정도가 작아졌다. 물론, 스토브연소시험을 하였고 파생가스에 대한 분석시험을 하여 미량의 에틸렌을

검출하였다. 에틸렌은 0.1ppm에서도 각종 온실작물의 생육억제, 상편신장, 이상낙과를 유발시킨다는 보고가 있다.

#### 4. 유해가스피해 소송

가스피해 소송은 농가입장에서 매우 어려운 문제다. 먼저, 난방기에서 유해가스가 유출되었다면 어떤 유해가스가 얼마나 유출되었다는 정확한 정보가 필요한데 유해가스에 대한 정성적, 정량적 정보를 파악하기가 상당히 힘들다. 이는 가스계측장비 확보에도 문제가 있고, 실제로 유해가스가 작물에 손상을 입힌다는 사실도 입증되어야 하는데 그런 연구결과도 찾아보기 어렵다. 예를 들어 온실 내 탄산가스농도가 5,000ppm 이상이 되면 토마토에 어떤 증상이 일어나는지 토마토전문가도 감히 말할 수 없거니와 그게 꼭 탄산가스집적이라고 증명하기 어렵다. 보통 온실작물에 가스사고 민원이 제기되면 여러 분야의 전문가가 파견되어 현장조사를 하는데 각자 전문성이 다르다 보니 피해에 대한 여러 가지 견해가 나오며 그들의 원인진단에는 나름대로 어느 정도 일리가 있다. 가스피해라 하더라도 유해가스원이 비료일수도 있고, 영양문제일 수도 있고, 난방기의 배기가스일수도 있다는 말이다.

농가입장에서 유해가스문제는 큰 재산상의 손실로 이어지므로 매우 심각한 문제지만 배상문제는 또 다른 문제라 할 수 있다. 우선, 법에 의한 소송문제는 긴 시간을 요하고 또 그게 원인을 밝히기 힘들고, 설사 밝히더라도 대부분의 난방기제조업자는 영세업자로 수억씩의 피해보상이 강제집행 되는 경우 그들은 잠적 내지는 파산신고가 그들로서는 빠른 해결책이 될 수도 있을 것이다. 난방기제조업자가 거대 업체면 전문변호사를 내세워 난방기만의 과실이 아니라고도 주장한다. 이런 어려운 점을 감안하여 법에 의한 해결을 시도하려면 농가는 모든 가능한 정황 증거수집에 노력해야 하지만 그게 그리 쉽지 않다. 기본적으로 농업용난방기는 공산품으로 보증기간이 만료되면 공급자의 책임보다는 사용자의 책임이 더 막중할 수도 있을 것이다. 따라서, 작물피해가 난방기에서 나오는 유해가스에 의한 것이라는 의심이 들면 즉시 난방기의 가동을 중단하고 우선 피해액을 최소화하고, 다음 전문가의 도움을 받아 원인규명을 하고 그 결과에 따라 손해배상을 추구하고자 해야 할 것이다.

농업경영자 개인의 입장에서 난방기제작업자를 상대로 손해배상을 받는다는 것은 매우 피곤한 문제다. 소비자보호원을 포함하는 각종 시민사회단체가 분쟁해결에 사회적 약자인 농업경영자 입장에서 도움을 주지만 법리적 문제로 비화되면 농업경영자가 선택할 수 여지는 별로 없다. 이러한 문제해결을 위해서 농작물사고보험의 도입이 절실하다고 할 수 있을 것이다.

#### 5. 결론

온실난방기에 의한 피해사고는 해마다 발생하는 사고로 이에 대한 원인규명이 매우 어려운 실정이고, 농업경영자의 입장에서선 일단 가스사고가 나면 재산상의 손실이 매우 크다는 점에서 매우 심각한 문제다. 대개의 경우 난방기사고는 가스피해가 따르므로 대비책이 필요하지만 이에 대한 이해가 부족하다. 이에 본 논문에서 근래에 일어났던 가스사고사례 중심으로 온실난방기 가스사고 유형과 개략적인 원인을 분석하였다.

난방기가스사고는 크게 두가지로 분류할 수 있는 데 첫째는 직접연소식에 의한 장시간 연소로 인한 유해가스배출집적에 의한 사고고, 두 번째는 난방기 운전조건 불량 또는 노후로 인한 연소가스유입에 의한 작물가스피해 사고다. 직접연소식난방기를 사용시 연소가스집적에 대한 충분한 이해와 대처가 필요하고, 난방기의 구조와 사용방법에 대해 이해가 충분하다면 가스피해사고는 피할 수 없는 것이 아니라고 판단된다.

#### 6. 참고문헌

- 가. Blom, Theo J. 2006. The science of growing. internet document.
- 나. 소비자보호원. 2002. 농업용 난방기 설치 사용실태조사 및 시험결과보고서. 시험검사소 기계시험팀 미발표자료 개인소장
- 다. 농업공학연구소. 2005. 농업에너지 이용기술과 실제.
- 라. 한국가스공사. 1994. 사용시설안전관리자과정. 단행본.
- 마. 김영중, 유영선, 장진택, 이건중. 1999. 간접연식 LPG온풍난방기개발. 한국농업기계학회 하계학술대회 논문집.