

비닐하우스 내부의 환경오염 및 인체의 중금속에 대한 노출

대구가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실* 경북대학교 의과대학 예방의학교실**

양 재 호·박 성 한*, 이 주 영**

Environmental Contamination of the Vinylhouse and Human Exposure to Heavy Metals

Jae-Ho Yang, Jung-Han Park*, Ju-Young Lee**

*Department of Preventive Medicine, School of Medicine, Taegu Catholic University**

*Department of Preventive Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University***

=ABSTRACT=

Health complaints among vinylhouse workers in Sungjoo county, Kyungpook province led to the investigation of heavy metal levels of air, soil and humans as well as physical conditions of the vinylhouse.

The average temperature and humidity inside the vinylhouse were 8 higher and 10% point lower, respectively, as compared to the outside. While discomfort index(D. I.) outside was pleasant level(69.2), D. I. inside was 82 at which point 100% of people feels discomfort.

Cadmium concentration of soils inside the vinylhouse(0.116 mg/kg) was 1.8 times higher than the soils outside. Arsenic concentration of soils inside the vinylhouse(4.882 mg/kg) was only slightly higher than the soils outside(4.182 mg/kg). However, both heavy metal concentrations detected in soils inside or outside the vinylhouse were within the normal range.

Analysis of 10 air samples taken inside the vinylhouse showed that only one sample had a cadmium concentration above the detectable level and the rest of samples were below the detectable levels.

While there were no difference of arsenic concentrations in urine between male and female, cadmium concentrations in urine samples of female (3.31 ug/l) was slightly higher than

Key words : vinylhouse, farmer, cadmium, arsenic

male(2.38 ug /l). Age-dependent increases of cadmium concentrations in urine samples were also observed. However, there was no concentration difference of these heavy metals in urine between vinylhouse workers and non-vinylhouse workers. Urine concentrations of cadmium and arsenic detected from vinylhouse workers or non-vinylhouse workers were within the normal range.

The present study represents a first attempt to evaluate physical and environmental risk factors of the vinylhouse affecting the vinylhouse farmer's health. The study revealed that, while physical conditions of the vinylhouse such as temperature and humidity are the possible factors associated with the farmer's complaints, environmental contamination as judged from heavy metal levels in soil, air and humans is not a risk factor contributing to the vinylhouse farmer's health problem.

I. 서 론

비닐하우스 농작은 지난 20여년에 걸쳐 급속히 증가해 왔으며, 국민생활수준의 향상과 식생활의 변화 그리고 농가의 소득증대 목적 등으로 앞으로 계속 증가할 추세이다. 그러나 비닐하우스 재배농민들이 요통, 두통, 사지저림 등 각종 신체증상을 호소하는 사람들이 많아 비닐하우스 내에서 농사일을 하는 것이 특별한 신체건강 장애를 일으키는 것이 아닌지 우려하는 사람이 많다고 한다.

비닐하우스의 내부는 거의 밀폐된 공간이면서 내부의 온도는 고온이며 외부와의 온도차가 심하고, 습기가 많고, 환기가 잘 되지 않으며, 여러 가지 농약, 제초제, 비료와 같은 화학물질들이 일반농토에서 사용했을 때보다 인체에 미치는 영향이 더 클 수 있다. 특히 농약의 경우 일반적으로 비닐하우스 내에서 농약의 분해속도는 바깥보다 느린 것으로 알려져 있다(Lindquist, 1987). 한 조사 결과에 따르면 농약에 노출된 비닐하우스 내에서 일하는 여성이 농약에 노출되지 않는 여성보다는 10배, 바깥에서 일하며 농약에 노출된 여성보다는 6.3배 각종 신체장애가 높았다(Kundiev, 1986). 또한 비닐하우스에서 농약에 노출된 여성들이 신장계 및 심장계와 관련된 질병이 더 높은 것으로 보고했다. 그러므로 같은 장소에서 오랫동안 비닐하우스 경작을 할 경우 비소, 카드뮴 등과 같은 비료 및 농약잔류물의 축적으로 인한 토양오염도 가져올 수 있고,

밀폐된 공간이므로 실내공기 오염 및 물리적 환경변화를 일으킬 수도 있다.

비소는 만성폭로시 말초 및 중추 신경독성을 일으켜 운동질환을 초래하며 간경변, 황달 등 간독성을 나타내고 피부암, 폐암, 태아독성과 생식상에도 보고된 바 있다. 비소는 육류, 해물류, 채소 등에도 포함되어 있어 일반인의 경우 하루 0.3mg씩 섭취하게 되는데, 특히 해물류의 경우 많은 양의 비소가 포함되어 있다(Goyer, 1991).

카드뮴은 인산질 비료의 경우 20mg/kg정도 포함되어 있으며, 특히 산업폐기물 슬러지를 이용한 비료의 경우는 1,500mg/kg의 카드뮴을 포함하는 것으로 알려져 있다(Goyer, 1991). Anderson과 Hahlum(1981)의 15년간 조사에 의하면 인산비료 사용시 토양중에 카드뮴의량은 매년 증가하였다. 카드뮴의 호흡기를 통한 주된 폭로요인은 흡연으로서 담배 한 개피당 0.1~0.2 μ g의 카드뮴이 흡입된다(Elinder 등, 1983). 만성폭로시 호흡기계 장애, 폐섬유화, 신장 기능장애 등을 일으키며, 카드뮴-니켈 배터리 작업자에 대한 역학조사결과 폐암 및 전립선 암과 연관성이 있는 것으로 보고되었다(Sorahan과 Waterhouse, 1983).

따라서 본 연구는 비닐하우스 내부의 물리적 환경 및 카드뮴과 비소 등에 의한 중금속의 토양과 공기오염 정도를 측정함과 동시에 비닐하우스 재배농민들의 이들 중금속에 폭로 정도를 파악하는데 그 목적을 두었다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 비닐하우스 내 온도 및 습도 측정

온도 및 습도는 오전 9시 30분, 오후 2시, 오후 5시 30분 세차례에 걸쳐 93년 9월 1일부터 동월 14일까지 10개 비닐하우스 내부 및 외부에서 각각 실시하였으며, 불쾌지수는 측정된 건구온도 및 습구온도를 공식(불쾌지수=0.72(건구온도+습구온도)+40.6)에 따라 산출하였다.

2. 토양 및 공기 표본채취와 분석방법

토양표본은 대상지역의 비닐하우스 30개소의 내부토양과 일반농지 30개소에서 총 60개의 표본을 채취하였다. 각 표본은 각 비닐하우스에서 50㎡마다 지름 8cm의 원통형 토양 채취기로 10cm 깊이로 채취하여 이를 균일하게 혼합하였다.

공기표본은 미국 MSA사의 개인 공기채집기(personal air sampler)를 이용하여 10개의 비닐하우스를 대상으로 분당 2리터의 유속으로 오전 9시부터 오후 5시까지 8시간동안 채집한 종이필터를 분석하였다. 토양, 공기 및 노 중 비소와 카드뮴 분석은 환경청 발행 환경오염 공정 시험법(1986) 제 3장 제 1항 카드뮴 시험법 및 제 4항 비소시험법에 의거 추출하여 원자흡광 광도기(Varian spectra 30)로 분석하였다.

3. 소변검사 대상자 선정

경상북도 성주군의 6개 면(성주읍, 선남면, 용암면, 대가면, 초전면, 가천면)에서 1개면당 1개 자연부락을 선정하여 농업에 종사하는 40세 이상 65세 미만의 주민을 대상으로 군보건소를 통

하여 설문조사 및 건강검진을 받도록 미리 통보하였다. 부락의 선정시 먼저 대략 비닐하우스 재배농민과 일반농민의 수가 비슷한 부락을 선정하고, 그 부락의 주민들 가운데 농업에 종사하고 위의 연령조건에 해당하는 사람들을 그들의 건강상태를 모르는 상황에서 약 400명을 무작위로 선정하였다. 검사전에 소변채취용 플라스틱 용기를 나누어 주고 검사날 아침 첫 소변을 받아오게 하였다. 노중 비소의 농도는 50 $\mu\text{g}/\ell$, 카드뮴의 농도는 2 $\mu\text{g}/\ell$ 내외를 정상치로 하고, 비소의 경우는 100 $\mu\text{g}/\ell$ 이상, 카드뮴의 경우는 20 $\mu\text{g}/\ell$ 이상을 파다노출로 판정하였다(Goyer, 1991).

4. 통계분석

모든 통계분석은 SPSS/PC+V4.01 프로그램을 이용하였다. 통계분석 결과는 p값이 0.05보다 작을 때 통계적 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

III. 성 적

1993년 9월 1일에서 9월 14일까지 14일 사이에 10개 비닐하우스의 안과 밖의 온도를 측정된 결과, 비닐하우스 내부온도는 평균 30.5 \pm 4.10 $^{\circ}\text{C}$ 로서 외부의 22.2 \pm 3.59 $^{\circ}\text{C}$ 에 비해 8 $^{\circ}\text{C}$ 이상 높은 것으로 나타났으며(표 1), 특히 온도측정기간동안 40 $^{\circ}\text{C}$ 가 넘는 곳도 있었다. 습도의 경우 비닐하우스 내부가 64.7%로서 외부의 75.5%보다 약 10.8% point 낮은 것으로 나타났(표 2). 불쾌지수는 비닐하우스 내부 평균이 82.00 \pm 3.79, 외부 평균이 69.64 \pm 4.62로서 내부가 높았다(표 3).

표 1. 비닐하우스 내부 및 외부 온도($^{\circ}\text{C}$)의 평균 및 표준편차

(측정일자: 1993년 9월 1일~9월 14일)

측 정 시 간	비닐하우스 내부	비닐하우스 외부	내외부 차이
9 : 30	27.8 \pm 3.03	17.8 \pm 3.42	10.0
14 : 00	34.0 \pm 3.80	25.2 \pm 3.5	8.8
17 : 30	30.0 \pm 5.33	22.8 \pm 3.03	7.2
평 균	30.5 \pm 4.10	22.2 \pm 3.59	8.3

표 2. 비닐하우스 내부 및 외부 온도(%)의 평균 및 표준편차

측 정 시 간	비닐하우스 내부	비닐하우스 외부	내외부 차이
9 : 30	66.5±7.13	77.4± 6.91	-10.9
14 : 00	61.1±7.47	68.2±10.32	- 7.1
17 : 30	67.1±8.17	80.9± 6.67	-13.8
평 균	64.7±7.83	75.5± 9.58	-10.8

표 3. 비닐하우스 내부 및 외부의 불쾌지수의 평균 및 표준편차

측 정 시 간	비닐하우스 내부	비닐하우스 외부	내외부 차이
9 : 30	78.40±8.62	64.36±7.72	14.04
14 : 00	85.96±6.87	73.00±6.57	12.96
17 : 30	81.64±7.34	71.56±5.72	10.08
평 균	82.00±3.79	69.64±4.62	12.36

비닐하우스 내부와 일반농지의 토양 중의 중금속 농도 측정 결과 비소의 경우 비닐하우스 내부토양이 $4.882 \pm 1.032 \text{ mg/kg}$ 으로서 일반농지의 $4.182 \pm 1.750 \text{ mg/kg}$ 보다 높았다($P < 0.005$). 카드뮴은 비닐하우스 내부토양이 $0.116 \pm 0.043 \text{ mg/kg}$ 인데 비하여 일반농지는 $0.067 \pm 0.230 \text{ mg/kg}$ 으로서 비닐하우스 내부의 토양농도가 1.8배나 높았다($p < 0.01$). 비닐하우스 내부 공기 중의 중금속은 10개의 비닐하우스 표본 중에서 카드뮴이 검출된 곳은 한 군데도 없었고, 비소는 1개의 표본에서 $0.069 \mu\text{g/m}^3$ 가 검출되었다(표 4).

노중 비소와 카드뮴 농도는 비닐하우스 재배농민이 $2.81 \pm 2.16 \mu\text{g/l}$, 일반농민 $2.99 \pm 2.04 \mu\text{g/l}$ 로서 두 농작종류 간에 별 차이가 없었다. 흡연을 통해 카드뮴이 많이 흡입되므로 노중 카드뮴의 농도를 흡연여부에 따라 분석한 결과, 흡

연자는 $2.63 \pm 1.73 \mu\text{g/l}$, 비흡연자는 $2.98 \pm 2.23 \mu\text{g/l}$ 로서 비흡연자군이 약간 더 높았다. 비닐하우스 재배여부에 따라 분석한 결과, 흡연자 중 비닐하우스 재배농민은 $2.50 \pm 1.62 \mu\text{g/l}$, 일반농민 $2.82 \pm 1.86 \mu\text{g/l}$ 그리고 비흡연자 중 비닐하우스 재배농민은 $2.91 \pm 2.26 \mu\text{g/l}$, 일반농민 $3.15 \pm 2.19 \mu\text{g/l}$ 로 일반농민의 농도가 더 높았다(표 5).

노중 비소량은 해산물 섭취에 영향을 받으므로 조사날로부터 지난 3일 이내에 생선, 조개류 등 해산물 섭취여부에 따라 노중 비소량을 비교한 결과 해산물 섭취자는 $16.31 \pm 15.20 \mu\text{g/l}$, 비섭취자는 $14.44 \pm 10.48 \mu\text{g/l}$ 로서 섭취자가 약간 더 높았다. 비닐하우스 재배농민의 비소 검출량은 $14.84 \pm 12.66 \mu\text{g/l}$, 일반농민은 $16.84 \pm 14.24 \mu\text{g/l}$ 로서 일반농민의 검출량이 오히려 더 많았는데, 해산물 비섭취자 중에서는 비닐하

표 4. 30개 비닐하우스 내부와 일반농지 토양 및 10개 비닐하우스 내 공기 중(8시간동안)의 카드뮴 및 비소의 평균 농도

표 본	카 드 뮴	비 소
비닐하우스 내 토양(mg/kg)	$0.116 \pm 0.043^*$	$4.882 \pm 1.032^*$
일반농지 토양(mg/kg)	0.067 ± 0.023	4.182 ± 1.750
비닐하우스 내 공기(mg/kg)	검 출 안 됨	0.069^a

* $p < 0.05$ (일반농지 토양과 비교)

^a 10개 표본 중 1개 표본에서만 검출된 수치임

표 5. 농작 및 흡연 여부별 뇨중 카드뮴의 평균 검출량($\mu\text{g}/\ell$)

농 작	흡 연 자	비 흡연자	합 계
비닐 하우스	2.50 \pm 1.62	2.91 \pm 2.26	2.81 \pm 2.16
일반 농작	2.82 \pm 1.86	3.15 \pm 2.19	2.99 \pm 2.04
합 계	2.63 \pm 1.73	2.98 \pm 2.23	2.87 \pm 2.12

표 6. 농작 및 해산물 섭취 여부별 뇨중 비소의 평균 검출량($\mu\text{g}/\ell$)

농 작	해산물 섭취자	해산물 비섭취자	합 계
비닐 하우스	14.62 \pm 13.02*	14.96 \pm 12.18	14.84 \pm 12.66
일반 농작	20.68 \pm 19.23	13.77 \pm 7.88	16.84 \pm 14.24
합 계	16.31 \pm 15.20	14.44 \pm 10.48	15.55 \pm 13.26

우스 재배농민은 14.97 \pm 12.18 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 13.77 \pm 7.88 $\mu\text{g}/\ell$ 로서 비닐하우스 재배농민이 약간 더 많으나, 해산물 섭취자 중에는 비닐하우스 재배농민의 비소 검출량은 14.62 \pm 13.0248 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 20.68 \pm 19.23 $\mu\text{g}/\ell$ 로서 일반농민의 검출량이 훨씬 더 많이 검출되었다($p<0.05$)(표 6).

비소 및 카드뮴은 농약 중에 존재하므로 최근 한달동안 농약살포 경험여부에 따라 뇨중 농도를 비교한 결과, 농약살포 경험이 없는 군에서 카드뮴의 뇨중 검출량은 3.88 \pm 2.68 $\mu\text{g}/\ell$, 농약살포 경험이 있는 군에서 2.72 \pm 2.01 $\mu\text{g}/\ell$ 로서 농약살포 경험이 없는 군이 더 많았고($p<0.05$), 비소의 경우도 농약살포 경험이 없는 군이 17.71 \pm 16.33 $\mu\text{g}/\ell$ 로 농약살포 경험이 있는 군의 14.99 \pm 12.79 $\mu\text{g}/\ell$ 보다 더 많았다. 농약살포 경험이 있는 대상자를 농작종별로 다시 나눈 결과, 카드뮴의 경우 비닐하우스 재배농민은 2.

64 \pm 2.06 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 2.86 \pm 1.89 $\mu\text{g}/\ell$ 로서, 그리고 비소의 경우도 비닐하우스 2.64 \pm 2.06 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 2.86 \pm 1.89 $\mu\text{g}/\ell$ 로서, 그리고 비소의 경우도 비닐하우스 재배농민은 14.32 \pm 11.91 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 16.33 \pm 14.36 $\mu\text{g}/\ell$ 로 비닐하우스 재배농민이 오히려 낮았다. 농약살포 경험이 없는 대상자를 농작종별로 나눈 결과, 카드뮴의 경우 비닐하우스 재배농민은 4.00 \pm 2.69 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민 3.82 \pm 2.76 $\mu\text{g}/\ell$ 로서 일반농민의 검출량이 식은데, 비소의 경우는 비닐하우스 재배농민은 10.90 \pm 14.33 $\mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 21.50 \pm 16.51 $\mu\text{g}/\ell$ 로 일반농민의 검출량이 더 많았다(표 7).

성별에 따른 뇨중 검출량은 카드뮴의 경우 남자는 2.38 \pm 1.52 $\mu\text{g}/\ell$, 여자는 3.31 \pm 2.46 $\mu\text{g}/\ell$ 로 여자가 더 많았고($p<0.05$), 비소의 경우도 남자는 15.10 \pm 14.01 $\mu\text{g}/\ell$ 인데, 여자는 15.95 \pm 12.57 $\mu\text{g}/\ell$ 로 여자가 약간 더 많았다. 성별

표 7. 농작 및 최근 한 달간 농약살포 경험여부별 뇨중 카드뮴 및 비소의 평균 검출량($\mu\text{g}/\ell$)

농약살포경험	농 작 종 류	카 드 뮴	비 소
있 음	비닐하우스	2.64 \pm 2.06	14.32 \pm 11.91
	일반농작	2.86 \pm 1.89	16.33 \pm 14.36
	합 계	2.72 \pm 2.01	14.99 \pm 12.79
없 음	비닐하우스	4.00 \pm 2.69	10.90 \pm 14.33
	일반농작	3.82 \pm 2.76	21.50 \pm 16.51
	합 계	3.88 \pm 2.68*	17.71 \pm 16.33

* $p<0.05$ (농약살포 경험 있음의 합계와 비교)

노중 검출량을 비닐하우스 재배여부에 따라 비교한 결과, 남자의 경우 비닐하우스 재배농민의 카드뮴 농도는 $2.32 \pm 1.52 \mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 $5.0 \pm 1.53 \mu\text{g}/\ell$ 로, 그리고 비소의 경우도 비닐하우스 재배농민은 $13.93 \pm 11.42 \mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 $17.00 \pm 17.33 \mu\text{g}/\ell$ 로서 일반농민의 검출량이 더 많았다. 여자의 경우, 비닐하우스 재배농민의 카드뮴 검출량은 $3.21 \pm 2.51 \mu\text{g}/\ell$, 일반농민은 $3.49 \pm 2.35 \mu\text{g}/\ell$ 이었으며, 비소는 비닐하우스 재배농민의 검출량이 $15.58 \pm 13.59 \mu\text{g}/\ell$ 인데, 일반농민은 $16.67 \pm 13.32 \mu\text{g}/\ell$ 로 모두 일반농민의 검출량이 조금 더 많았다(표 8).

연령별로 노중 카드뮴 및 비소의 검출량을 분석한 결과, 카드뮴의 경우 39세 이하군은 $2.35 \pm 2.23 \mu\text{g}/\ell$, 40세~49세군은 $2.42 \pm 1.53 \mu\text{g}/\ell$, 50세~59세군은 $3.00 \pm 2.21 \mu\text{g}/\ell$, 그리고 60세 이상 군은 $3.20 \pm 2.21 \mu\text{g}/\ell$ 로 연령이 증가함에 따라 카드뮴양이 증가하였다. 이에 반해 비소의 경우는 39세 이하 군은 $18.56 \pm 15.88 \mu\text{g}/\ell$, 40세~49세 군은 $13.50 \pm 10.68 \mu\text{g}/\ell$, 50세~59세 군은 $15.50 \pm 11.29 \mu\text{g}/\ell$, 그리고 60세 이상 군은 $14.90 \pm 16.19 \mu\text{g}/\ell$ 로 연령이 증가함에 따라 증가하는 양상을 보이지 않았다(표 9).

표 8. 농작 및 성별 노중 카드뮴 및 비소의 평균 검출량($\mu\text{g}/\ell$)

성	농작종류	카드뮴	비소
남 자	비닐하우스	2.32 ± 1.52	13.93 ± 11.42
	일반농작	2.50 ± 1.53	17.00 ± 17.33
	합 계	$2.38 \pm 1.52^*$	15.10 ± 14.01
여 자	비닐하우스	3.21 ± 2.51	15.58 ± 13.59
	일반농작	3.49 ± 2.35	16.67 ± 10.32
	합 계	3.31 ± 2.46	15.95 ± 12.57

* $p < 0.05$ (여자의 합계와 비교)

표 9. 연령별 카드뮴 및 비소의 노중 검출량($\mu\text{g}/\ell$)

연령	카드뮴	비소
≤ 39	2.35 ± 2.23	18.56 ± 15.88
40-49	2.42 ± 1.53	13.50 ± 10.68
50-59	$3.00 \pm 2.21^*$	15.50 ± 11.27
$60 \leq$	$3.20 \pm 2.21^*$	14.90 ± 16.19

* $p < 0.05$ (40세이상 49세 이하인 연령군과 비교)

IV. 고 찰

실내의 온도 차이가 5°C 이상이면 출입시 불쾌감 또는 어떠한 신체장애가 예상된다고 보고된 바 있다(中橋美智子和 吉田 敬一, 1981). 본 조사 결과 비닐하우스 내부와 외부의 온도차이가 8°C 이상으로 나타난 것은 비닐하우스 작업환경 중 온도의 차이가 재배농민에게 신체적 장애를 줄 수도 있다는 가능성을 제시하는 것이다.

비닐하우스 내부 습도는 외부보다 10% point

정도 낮았는데, 이것은 상대적으로 높은 내부온도 때문이며, 이를 불쾌지수값으로 환산했을 때 외부의 경우 평균 69, 내부의 경우는 82로서 비닐하우스 내부가 더 높으며 특히 기온이 40°C 이상일 경우는 대부분 90 이상의 불쾌지수를 나타내었다. 사람에 따라 불쾌감 호소의 정도는 다를 수 있으나, 일반적으로 70 이하이면 쾌적함을, 75이면 반수의 사람들이 불쾌감을, 79이면 모든 사람들이 불쾌감을 호소하며 특히 80 이상이면 불쾌감을 심하게 느끼는 것으로 알려져 있다(정

규절, 1980). 그러므로 비닐하우스 내부의 고온 다습한 환경은 신체적 및 정신적 영향을 주는 장애인으로 볼 수 있다. 따라서 적절한 환풍 및 의복착용, 그리고 작업시간 조정 등의 대책이 있어야 할 것이다.

비닐하우스 내부는 밀폐된 공간이며 같은 지역에 오랫동안 비료 및 농약 등을 사용함으로써 토양오염의 가능성이 있다. 그밖에도 직업별로 농약에 노출되는 정도를 분류하면 비닐하우스 재배업은 농약 제조업과 비슷한 수준으로 직업성 노출이 우려되는 직종이다(Ecobichon, 1991). 비료와 농약은 유기질 및 무기질의 다양한 형태로 존재하지만, 유기제제의 경우는 자연에서 반감기가 비교적 짧아 조사하는 시점에 따라 농도에 큰 차이를 보일 수 있다. 그러므로 본 조사에서는 비교적 성분이 안정되고 과거로부터 축적된 오염도를 평가할 수 있는 카드뮴과 비소의 검출을 시도하여 토양, 공기 및 조사대상자의 폭로의 지표로 삼았다.

비소는 주로 농약제제의 주요성분으로 존재하며, 카드뮴은 인산질비료와 산업 슬러지를 이용한 비료 등에 다량 존재하는 것으로 알려져 있다. 분석결과 비소와 카드뮴 모두 비닐하우스 내부 토양에서 높았으며, 특히 카드뮴은 외부의 8배나 되었다. 본 조사에서 비소 및 카드뮴의 검출량은 실험조건에 따른 차이는 있으나 다른 조사보고(김두희, 1993)와 비슷한 수준이었다. 그러나 비닐하우스 내부에서 농약 및 비료와 관련된 중금속이 높게 검출되었다는 것은 기타 다른 중금속 뿐만 아니라 다른 유기물질도 높게 검출될 가능성을 시사하는 것이다. 대부분의 비닐하우스의 토양은 적어도 3년 마다 객토작업을 하는 데도 불구하고 비닐하우스 내부 토양의 중금속 검출량이 높게 나온 것은 일반 토양에 비해 비닐하우스 내부의 토양오염 속도가 훨씬 더 빠름을 보여주는 것이다. 그러므로 비닐하우스 내에서 주로 쓰는 유기인제제 등의 유기합성 농약과 비닐 자체와 관련된 비닐합성제제 성분에 대한 정밀검사가 요구된다. 이번 조사에서 제조제가 많이 사용되고 있는 것으로 나타났는데, PCBs, Dioxin 등과 같은 제조제 관련 유해 오염물질에 대한 조사도 필요한 것으로 생각된다.

비닐하우스 내부 공기의 비소 검출량은 WHO가 제정한 8시간 노출기준의 작업장 허용한계보다 300분의 1 정도로 낮은 양이었으나(WHO, 1981), 미국 환경보호청(US EPA)의 24시간 일반 대기노출시 검출량인 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA, 1987)보다는 2배 가량 높은 것이었다. 이것으로 보아 비닐하우스 내부 공기는 카드뮴이나 비소에 의해 오염되어 있지 않은 것으로 판단된다. 하지만 일반적으로 이들 중금속의 증기압(vapor pressure)은 유기물질보다 매우 낮기 때문에 농약이나 비료 중 휘발성이 높은 유기물질에 의한 공기 오염에 대한 연구도 필요한 것으로 생각된다.

비소 및 카드뮴의 노중 검출량은 대부분의 조사대상자들이 정상범위 이내였으며, 이중 1명만이 비소량이 $114 \mu\text{g}/\text{g}$ 로서 과다노출로 판명되었다. 이들 대상자 중 중금속 검출량의 차이는 비닐하우스 재배유무와는 무관한 것으로 나타났다. 카드뮴의 노중 검출량에 영향을 줄 수 있는 흡연, 비소의 검출량의 혼란 요인(confounder)인 해산물 섭취, 농약살포 유무 등으로 층화하여 비교한 결과, 비소의 경우에는 해산물 섭취자 중 일반농민이 비닐하우스 재배농민보다 오히려 노중 검출량이 더 높게 나왔다. 카드뮴의 경우는 여자가 남자보다, 농약을 살포한 경험이 없는 군이 있는 군보다 더 높게 나왔으며, 비닐하우스 재배여부와는 무관한 것으로 나타났다.

본 조사에서 흥미로운 결과는 조사대상자 중 노중 카드뮴의 검출량이 연령에 따라 증가한 점이다. 특히 카드뮴은 전립선암 발생과 관련이 있고, 지금까지 알려진 극소수의 전립선 말암인사 중의 하나이다. 미국에서는 남성 중에서 전립선암에 의한 사망율이 가장 높으며(Waalkes 등, 1989), 우리나라에서도 전립선암 발생률은 증가하는 추세이다. 우리의 질병형태도 점점 서구화 되어감을 고려할 때, 이번 조사에서 나온 전립선암의 원인 가운데 하나인 카드뮴의 연령에 따른 증가는 앞으로 지속적인 관심을 가지고 추적조사를 할 필요가 있는 것으로 생각된다.

따라서 본조사 결과 비닐하우스의 내부와 외부의 격심한 온도차이와 내부의 높은 불쾌지수 등이 유해요인으로 나타난 반면, 토양, 공기, 인체에서 검출된 중금속량은 모두 정상 수준으로

서, 중금속에 의한 내부환경오염은 이주영 등 (1994)이 조사한 농민들의 신체증상 호소와 직접적인 관련성이 없는 것으로 나타났다.

V. 참고 문헌

- 김두희, 장봉기, 이진우. 토양과 지렁이의 중금속함량. 대한예방의학회 추계학술대회 연세잡, 1993, 쪽 14
- 정규철. 최 신 산업보건학, 1980, 쪽 155
- 이주영, 박정환, 김두희. 비닐하우스 재배농민과 일반 농민의 신체증상 호소율 조사, 1994, 미발표
- 中橋美智子, 吉田 敬一. 新しい 依服衛生, 南江堂, 1981, 쪽 123-124
- Anderson A, Hahlin M. Cadmium effects from phosphorous fertilization in field experiments. Swed J Agric Res 1981 ; 11 : 2
- Baselt RC. Biological monitoring methods for industrial chemicals. Biomedical Pub Davis, California. 1980, pp.141-148
- Ecobichon DJ. Toxic effects of pesticide. In Casarett and Doull's Toxicology. Amdur MO, Doull J, Klassen CD eds. Pergamon Press, N. Y. 1991, pp. 570
- Elinder CG, Kjellstrom T, Lind B, Linnman L, Piscator M, Sundstedt K. Cadmium exposure from smoking cigarettes. Variation with time and country where purchased, Environ Res 1983 ; 32 : 220-227
- EPA. Special report on ingested inorganic arsenic : Skin cancer and nutritional essentiality. Risk assessment from U. S. EPA, Washington, D. C., 1987
- Goyer, RA. Toxic effects of metals. In : Casarett and Doull's Toxicology. Amdur MO, Doull J, Klassen CD eds. Pergamon Press, N. Y. 1991, pp. 629-638
- Kundiev YI. Specific features of the changes in the health status of female workers exposed to pesticide in greenhouse. Toxicol Lett 1986 ; 33 : 85-89
- Lindquist RK. Airborn and surface residues of permethrin after high and low-volume application in greenhouse. J Environ Sci Health, 1987 : B22 : 15-17
- Nogawa K, Kobayashi E, Honda R. A study of relationship between cadmium concentrations in urine and renal effects of cadmium. Environ Health Perspect 1979 ; 28 : 161-168
- Sorahan T, Waterhouse JA. Mortality study of nickel cadmium battery workers by the method of regression model in the life tables. Br J Ind Med 1983 ; 40 : 293-300
- Waalkes MP, Perantoni A, Rehm S. Tissue susceptibility factors in cadmium carcinogenesis. Biol Trace Elem Res 1989 ; 21 : 483-490
- WHO. Environmental health criteria, 19, Arsenic. World Health Organization, Geneva, 1981