

# 절화장미 시설하우스에서 방제 작업시 농약의 피부노출 특성

김효철<sup>†</sup> · 김경란 · 이경숙 · 김경수 · 조경아<sup>1)</sup>

농촌진흥청 농촌자원개발연구소, <sup>1)</sup>한국산업안전공단 서부지도원

## The characteristics of farmer's dermal exposure during pesticide spraying and dilution in cut rose greenhouse

Hyo-Cher Kim<sup>†</sup> · Kyung-Ran Kim · Kyung-Suk Lee · Kyung-Su Kim · Kyun-Ah Cho<sup>1)</sup>

National Rural Resources Development Institute, Rural Development Administration of Korea,  
<sup>1)</sup>Korea Occupational Safety and Health Agency

This study was conducted in cut rose cultivation field in Goyang to evaluate pesticide exposure of farmers and the relationship between the exposure and work environment/method for cut rose farmers.

Dermal exposure was assessed with patch (thin chromatography layer paper), cotton glove by body parts during mixing and spraying works in which pyrethroid, organophosphate, carbamate pesticide were used in 4 cut rose greenhouses located in Goyang province, checking characteristics of environment/working method at the same time. Body parts assessed were as follows ; glove : hand, patch : head, neck(front/back), chest, back, shoulder(right/left), upperarm(right/left), forearm(right/left), thigh(right/left), shin(right/left). Pesticides were analyzed using gas chromatography(NPD/FID) after extracting with ethyl acetate.

Exposure amount differed according to pesticide type. But after standardizing with total net weight of pesticide sprayed, there were no significant difference among pesticides. There were significant difference in exposure amount among body

parts(especially exposure amount of thigh, shin were more than the others), which means exposure happen not by pesticide dispersion in air but by contact with cut rose(leaf, branch) indirectly. Walking forward during spraying made farmers more exposed than waling backward, these results means contacts with leaves/branches made exposure happen in cut rose greenhouse also.

As a result, pesticide exposure in cut rose greenhouse was related with contact of leaf/branch which pesticide remained in, which made exposure pattern (especially exposure amount) differ by body parts

**Key Words** : pesticide, dermal exposure, cut rose, spraying, mixing, organophosphate, carbamate, pyrethroid

접수일 : 2006년 11월 8일, 채택일 : 2007년 8월 23일

† 교신저자 : 김효철 (수원시 권선구 서둔동 88-2 농촌자원개발연구소 농작업건강연구실 104호

Tel : 031-299-0472, E-mail : Kimhc@rda.go.kr)

## I. 서론

농업은 전 세계적으로 산업재해가 많이 발생하는 산업으로 지목되고 있으며 이 중 농업인의 농약중독은 가장 빈발이 일어나는 농작업 재해 중 하나로 주목받고 있다. 국내에서도 농약노출로 인해 급성중독뿐 아니라 장기간 노출로 인한 중추신경영향의 가능성 등이 보고되고 있으며(권영준, 2004), 농촌진흥청(2003)의 연구에서 장기간에 걸친 농약노출에 의해 농업인의 면역기계에 만성 영향의 가능성을 보고하고 있다.

이러한 이유로 선진국에서는 농약으로 인한 농업인의 건강관리를 위해 농약의 직업적 노출량에 대한 활발한 연구가 진행되어 오고 있으며(Cattani 등, 2000; Vreede 등, 1998; Fenske 등, 1987; Hatzilazarou 등, 2004), 노출 데이터 베이스(EUROPEM-European Predictive Operator Exposure Model, PHED-Pesticide Handler Exposure Database)를 운영하여 그 결과를 농약 관리체계에 반영하고 있다.

현재 국내에서의 농약관리는 주로 작물을 기준으로 하는 안전사용기준(농약관리법) 및 잔류농약 기준(식품위생법)을 통해 되어오고 있어 직업적 노출에 대한 관리가 매우 미흡한 상황이나, 2003년 제정된 '농림어업인 삶의 질 향상 및 농산어촌지역개발 촉진에 관한 특별법'에서 농작업의 유해환경에 대한 연구 및 사업에 지원을 하도록 규정하고 있어 앞으로는 농작업 형태별로 농약의 노출량 평가가 활발해지고 농약노출 데이터베이스 구축이 활성화 될 것이라고 예상된다.

농업의 여러 작목 중 농약노출평가가 필요한 작목으로는 과수, 시설, 수도작 등이 있으며, 이중 시설작목에 속하는 절화는 연중 재배되고 수확물의 잔류농약기준이 없어 살포 제한 규제가 미비하여 가장 노출평가 연구가 가장 시급하다고

할 수 있다. 그 중에서도 가장 많은 경작면적을 차지하는 절화장미는 연구의 과급규모를 생각해 보았을 때 시급히 노출평가가 필요한 품종이다.

절화장미는 하우스 환경의 특수성(밀폐, 연중재배 등)으로 병충해의 발생이 매우 많으며 이로 인해 다양한 종류의 농약이 잦은 빈도로 많이 살포되고 있다. 또한 절화장미 농장의 연동하우스, 양액재배, 공동경매장 등의 표준화된 작업/환경은 대표성을 가지는 작업환경평가를 용이하게 해 준다.

이에 본 연구에서는 절화장미 작목에 대해 농약노출의 주된 경로인 피부를 대상으로 농업인의 농약 사용시 혼합과 살포 작업에서의 피부노출량을 평가하고, 농약 노출 패턴에 영향을 미치는 구체적인 작업요인이 무엇인지를 구명하는 것을 목적으로 하였다.

## II. 연구대상 및 방법

2005년 경기도 고양 일대에서 절화장미를 재배하는 (재배면적 3305.8 m<sup>2</sup>~5289.3 m<sup>2</sup>) 연동방식 시설하우스 4개소(토경재배 1개소, 양액재배 3개소)를 대상으로 농약의 희석, 살포 작업에 대해서 피부노출량을 평가하였다.

농약노출평가 대상작업은 희석작업의 경우 500 ℓ 통에 희석을 위한 물을 채우면서 농약병을 직접 손으로 잡아 도구를 이용/혼합하는 방식이었으며(Figure 1), 살포작업은 별도의 줄 운반을 도와주는 작업자가 없이 희석통/동력기와 호스로 연결된 분무기를 이용하여, 도랑과 양액베드 사이를 돌아다니면서 직접 농약을 뿌리는 방식이었다(Figure 2).

측정대상 농약은 사용빈도를 고려하여 각 계통에서(유기인계, 피레스로이드계, 카바메이트계) 한가지의 농약을 선정

Figure 1. Mixing spot



Figure 2. Spraying spot



하였다. 이중 펜프로파드린은 500 ml 농약병의 원제 함유율이 5%로 가장 낮았으며, 메치다치온, 메소밀 은 함량이 비슷하였다(Table 1).

농약포집방식은 EPA에서 권고하는 방식대로 TLC (Thin Layer Chromatography) Paper를(표면적 50 cm<sup>2</sup>) Figure 3과 같이 신체 각 부위에(머리, 앞목, 목덜미, 가슴, 등, 어깨, 상박, 하박, 정강이, 허벅지) 부착한 무직포 소재 방제복과 면장갑을 농약 사용전 농업인에게 착용하게 하고 농약의 포집이 끝난 후 패치, 면장갑을 각각 분리하여 냉장박스를 이용하여 0~4 °C로 저장한 뒤 운반 분석하였다(EPA, 1996).

농약을 포집한 후 패치와 장갑을 에틸 아세테이트(각 20 ml, 75 ml) 에 넣은 후 30분 동안 초음파로 처리하여 농약을 포집매체로부터 추출하였으며, 가스 크로마토그래피(NPD/FID)를 사용하여 table 2의 분석조건으로 분석하였다.

분석시 각 농약의 탈착율, 검출한계, 시료기준 최소 검출량은 table 3과 같다.

Figure 3. Patches on the body



Table 1. Characteristics of pesticide that would be assessed in this study.

	Molecular weight	Vapor pressure	Type	Concentration
Fenprothrin	349.43	5X10 <sup>-6</sup> mmHg at 20 °C	Pyrethroid	5%
Methidathion	302.34	1X10 <sup>-6</sup> mmHg at 20 °C	Organophosphate	40%
Methomyl	162.23	5X10 <sup>-5</sup> mmHg at 25 °C	Carbamate	45%

Table 2. GC conditions for the analysis of fenprothrin, methidathion, methomyl analysis.

	Fenprothrin	Methidathion	Methomy
Instrument	GC HP 6890	GC HP 6890	GC HP 6890
Column	HP-5 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm film thickness)	HP-5 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm film thickness)	HP-5 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm film thickness)
Flow rate (ml/min)	Carrier (N <sub>2</sub> ) 1: 5	Carrier (N <sub>2</sub> ) 1: 5	Carrier (N <sub>2</sub> ) 1: 4
Oven conditions	280 °C	270 °C	128 °C
Injection condition	Splitless 1 μl, 250 °C	Splitless 1 μl, 250 °C	Splitless 1 μl, 250 °C
Detection condition	FID, 320 °C	NPD, 325 °C	NPD, 325 °C
TLC paper	Ethyl Acetate 20 ml, Sonication 30 min	Ethyl Acetate 20 ml, Sonication 30 min	Ethyl Acetate 20 ml, Sonication 30 min
XAD-2	Ethyl Acetate 1 ml	Ethyl Acetate 1 ml	Ethyl Acetate 1 ml
Glove	Ethyl Acetate 75 ml, Sonication 30 min	Ethyl Acetate 75 ml, Sonication 30 min	Ethyl Acetate 75 ml, Sonication 30 min

**Table 3. Detection limit and desorption efficiency by pesticides ( $\mu\text{g}$ )**

	Detection limit ( $\mu\text{g}$ )	Detection limit by desorption volume ( $\mu\text{g}$ )		Desorption efficiency (%)		Storing temperature
		Patch (20 ml <sup>*</sup> )	Glove (75 ml <sup>*</sup> )	Patch (20 ml <sup>*</sup> )	Glove (75 ml <sup>*</sup> )	
Fenprothrin	0.430	8.60	32.25	95.4	100.1	25 °C
Methidathion	0.040	0.80	3.00	73.2	81.1	
Methomyl	0.275	5.50	20.64	60.9	76.6	4 °C

\*Volume of earthy acetate

### III. 결과

#### 1. 농약 살포 환경의 특성

농약노출을 평가한 작업장의 특성은 table 4와 같다. 온도는 하우스 안의 장미 생육을 위하여 20 °C 전후로 일정하게 맞추어져 있었으며, 풍속은 하우스 내 공기 순환용 팬의 간헐적인 작동이 없었을 경우 평균 0.12m/sec의 약한 바람이 불

고 있었다. 살포시간과 면적은 1시간에서 2시간사이의 시간에서 1000평 미만의 면적을 살포하였으며, 살포액으로는 물과 희석한 농약 약 500 ℓ 를 살포하였다(Table 4).

#### 2. 농약별 패치, 장갑의 분석 검출량 비교

개인별로 패치와 면장갑에서 분석된 농약량을 총합한 후 일원분산분석으로 평균 비교한 결과 펜프로파드린이 다른 2

**Table 4. Characteristics of pesticide-work assessed during spraying and mixing.**

	Temperature (°C)	Wind velocity (m/sec)*	Spraying time (min)	Average spraying area (m <sup>3</sup> )	Spraying volume with water (ℓ)	Net weight/ spraying volume (mg/ ℓ)	Walking velocity (m/sec)
Spraying	20.48 ±5.45	0.12 ±0.15	101.39 ±64.50	2187.55 ±1099.71	526.09 ±167.79	0.26 ±0.22	0.49 ±0.31
Mixing	23.50 ±0.71	0.32 ±0.25	-	-	-	-	-

\* When fan was off

† Walking direction was forward

**Table 5. Statistical characteristic of pesticide exposure assessment with patch and glove ( $\mu\text{g}$ )**

	Spraying (patch+glove)			Soil	Mixing (Glove)
	Fenprothrin (n=9)	Methomyl (n=7)	Methidathion (n=5)		
average	2571.16 <sup>†</sup>	20327.39	22856.10	890.24	2086.11
± SD	±1253.70	±8274.15	±19892.96	±10.08	±2660.21
(Range)	(3866.33~196.07)	(30485.88~4867.90)	(47816.13~ 1475.01)	(897.37~ 883.12)	(3967.16~ 205.05)
Analyze / used weight of pesticide* (%)	0.013 <sup>‡</sup>	0.009	0.010	0.003	

\* Percentage of pesticide amount analyzed in patch and glove within total sprayed pesticide amount in greenhouse(%)

<sup>†</sup> p = 0.003

<sup>‡</sup> p = 0.647

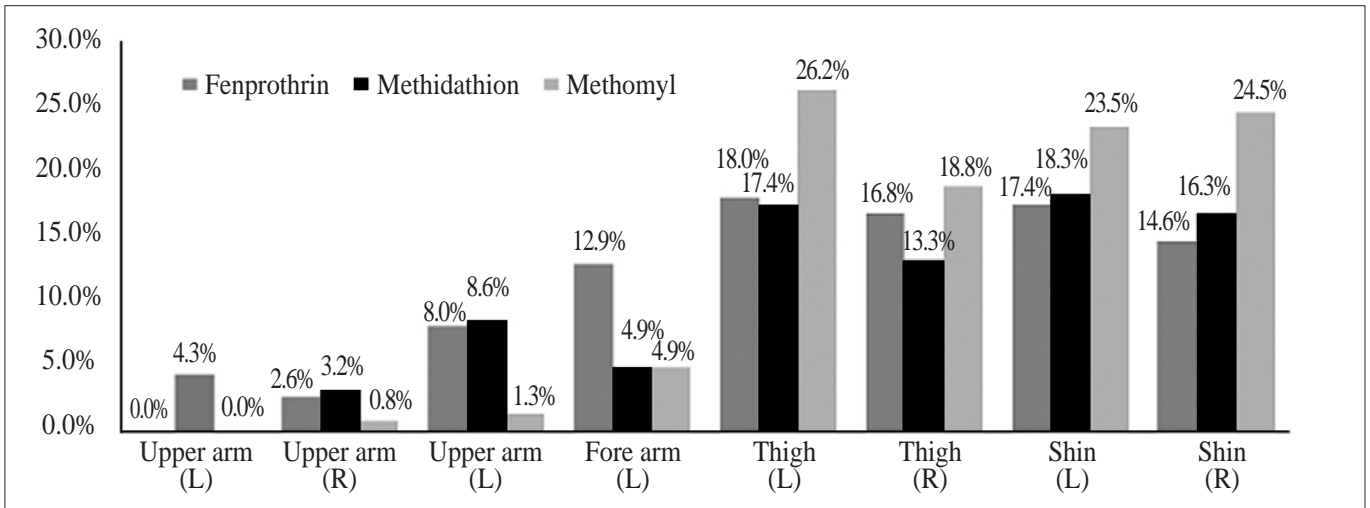


Figure 4. Percentage of pesticide exposure by upperarm, forearm, thigh, shin

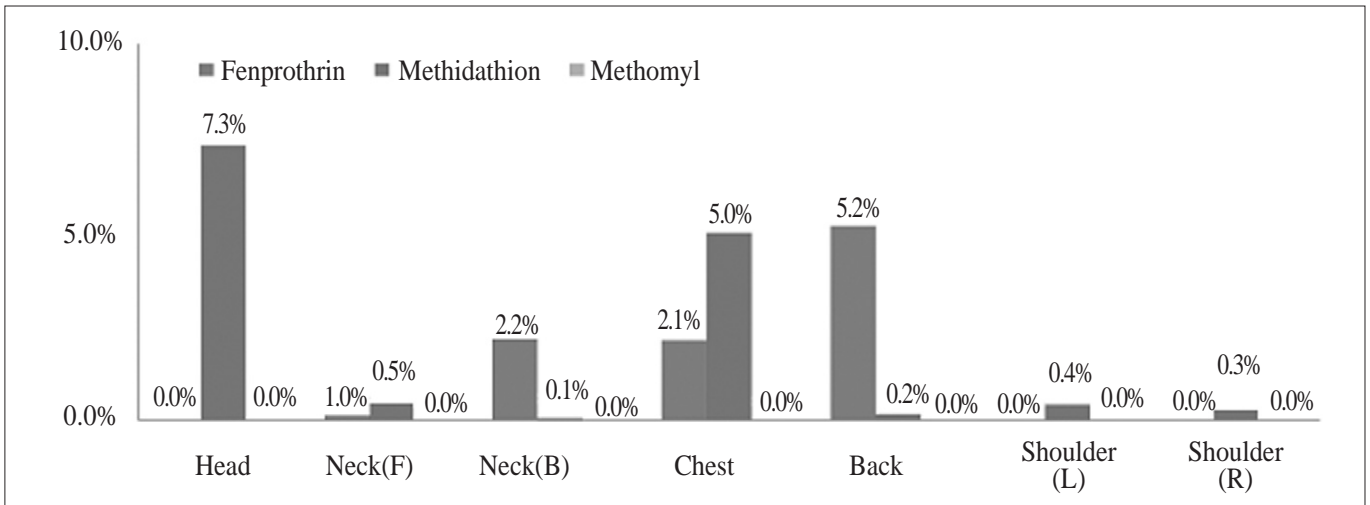


Figure 5. Percentage of pesticide exposure by head, neck, chest, back, shoulder.

개 농약에 비해 분석량이 매우 낮게 검출되었다( $p=0.003$ ). 그러나 개인별 농약의 총 분석량을 사용된 농약의 원제 함유량으로 나누어준 결과에서는 농약별로 유의한 차이를 볼 수 없었다( $p=0.647$ ). 따라서 농약별 원제함유량이 펜프로파드린(5%)이 다른 2개 농약(40%, 45%)에 비해 매우 낮다는 사실을 고려할 때 농약의 종류보다는 농약명의 원제함유율 또는 농약의 희석배수가 농약노출량에 영향을 미치는 것으로 생각된다(Table 5).

### 3. 부위별 농약 검출량 분석

Figure 4, 5에서 손을 제외한 부위별 분석량을 전체 분석량으로 나누어 검출비율로 비교한 결과 농약에 상관없이 팔, 다리 부위의 노출이 많았으며, 특별히 허벅지와 정강이의 노출이 매우 높은 것으로 나타났다(Figure 4). 이에 반해 머리,

목, 가슴, 등에서의 노출은 검출한계 미만으로 분석된 경우가 많았다(Figure 5).

Figure 6에서 보이는 것처럼 농약을 살포할 때 살포자와 장미가 접촉하는 부위는 하반신과 팔부위이며 머리, 목, 가슴, 등, 어깨 등의 부위는 작물과의 접촉이 거의 없다. 이러한 작물과 농업인의 접촉방식의 특성은 부위별로 노출되는 양에 영향을 주는 것으로 생각된다.

살포작업에 대해서 전체부위의 분석량 총합과 면장갑의 분석량을 비교한 결과는 table 6과 같다. 손의 농약 분석량은 전체 15개 부위의 분석량 총합보다 많거나 비슷한 수준을 보여주고 있다. 패치와 면장갑의 검출한계와 재질이 다르기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 이러한 결과는 손의 노출이 가장 많다고 보고하는 기존의 논문과 같은 결과를 보여주고 있는 것으로 생각된다.

Figure 6. Pesticide spraying in cut rose greenhouse



#### 4. 작업방식에 따른 검출량 분석

펜프로파드린 농약의 손 노출에 대해서 좌, 우의 노출을 비교한 결과 살포시에는 좌우의 노출에 큰 차이가 없었으나 희석에 있어서는 왼쪽손이 오른쪽 손에 비해 약 9배가량 많이 노출되는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 희석 작업시 오른손으로 물이 나오는 호스를 잡고 왼손으로 농약병을 행구거

나 혼합을 하는 작업을 하면서, 희석이 안된 고농도의 농약이 왼손에 집중적으로 묻게 되는 작업특성이 반영된 것으로 고려된다(Table 7).

전/후진에 따른 노출의 차이를 농약을 살포할 때 검출량이 많았던 다리에 대해서 부위별로 비교한 결과 전진할 경우보다 후진할 때 분석량이 유의하게 낮아졌으며 그 중에서도 정강이가 가장 많은 분석량의 차이를 보여주었다(Table 8).

Table 6. Comparison of exposure among all body parts (patch) and hand (cotton glove) during spraying.

	N	Total body parts ( $\mu\text{g}$ )	N	Cotton glove ( $\mu\text{g}$ )	Cotton glove/totalbody parts
Fenpropathrin	9	665.43 $\pm$ 346.64	9	1905.72 $\pm$ 967.00	2.86
Methidathion	5	13661.99 $\pm$ 11797.64	5	9194.10 $\pm$ 8697.10	0.67
Methomyl	7	8449.69 $\pm$ 2129.58	6	13857.32 $\pm$ 5566.85	1.64

Table 7. Comparison of pesticide exposure between left hand and right hand with fenpropathrin

	Left hand	Right hand	Left/Right
Spraying (n=9)	1131.25 $\pm$ 621.47	1025.87 $\pm$ 518.99	1.10
Mixing (n=2)	1888.76 $\pm$ 2510.33	197.34 $\pm$ 149.88	9.57

Table 8. Comparison of pesticide exposure between walking directions during spraying with methidathion

		Thigh(L)	Thigh(R)	Shin(L)	Shin(R)
Mean ( $\mu\text{g}$ )	Backward	210.74	170.80	287.15	268.31
	(n=2)	$\pm$ 103.92	$\pm$ 177.08	$\pm$ 110.88	$\pm$ 127.63
$\pm$ S.D.	Forward	3689.21	3260.86	3054.14	2632.10
	(n=3)	$\pm$ 1344.69	$\pm$ 1225.18	$\pm$ 529.74	$\pm$ 272.18
p-value		0.040	0.044	0.006	0.002

## IV. 고찰

본 연구에서는 연동하우스 방식으로 절화 장미를 재배하는 농장에 대해서 농약의 피부노출평가와 이에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

농약노출평가 대상 작업은 크게 농약을 희석하는 작업과 동력분무기를 이용하여 작업자가 직접 이동하며 살포하는 작업으로 나누었으며, 패치와 면장갑을 이용하여 신체부위별로 농약을 포집하여 분석하였다.

패치와 면장갑에서의 검출된 농약양은 펜프로파드린이 가장 낮았으며 메치다치온, 메소밀 순으로 높았다. 특히 메치다치온과 메소밀 사이의 분석량 차이에 비해 펜프로파드린의 분석량의 차이가 통계적으로 유의하게 발생했다. 이러한 결과를 보정하기 위하여 패치와 면장갑에서 분석된 농약량을 살포된 농약의 순질량(농약 1병당 함유량×사용된 농약병 개수)으로 나누어 준 값을 일원분산분석법을 사용하여 평균 비교한 결과, 농약별로 각각의 값에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않는 것으로 분석되었다.

사업장에서의 작업환경평가는 유사한 특성의 사업장일 경우 사용되는 화학물질의 종류나 작업의 방식이 대동소이하기 때문에 대표성 있는 작업환경평가 자료를 확보하면 통계적 기법 등을 사용하여 환경평가결과를 다른 작업자에 적용을 하는 것이 가능하다. 그러나 실제 농업현장에서는 병해충의 내성 발생 방지를 위해서 수십가지 계통의 농약을 혼합 또는 교대로 살포하고 있다(농약사용지침서, 2002).

이러한 특성은 농업인 또는 농약간의 노출량 및 위험도 비교분석을 어렵게 한다. 이러한 어려움을 해결하기 위한 대안으로서, 하우스 내부와 같은 일정한 환경에서 농약이 살포되는 환경에서 농약의 원제함유량이나 희석배율에 의존해서 피부 노출량이 달라질 수 있다는 결과는 다양한 종류의 농약이 혼합되어서 사용되어지는 상황에서 노출평가결과간의 비교 분석을 위해 지표물질의 개발이 하나의 해결책이 될 수 있다는 것을 암시하고 있다.

패치에서 분석량을 부위별(머리, 목, 가슴, 등, 어깨, 팔, 다리)로 비교한 결과 머리, 등, 목 등의 부위보다 작물과 접촉이 많은 팔, 다리의 부위가 농약에 많이 노출되는 양상을 보여주었다. 일반적으로 하우스에서 재배되는 절화장미는 가지들을 지면과 수평되게 통로쪽으로 꺾여 눕혀서 햇빛을 많이 받아 생육을 빨리하게 한다. 하우스의 특성상 제한된 재배면적에서 최대한 생산량을 높이기 위해서 농업인이 지나 갈 수 있는 통로는 최대한 좁혀져 있으며 이런 좁은 통로를 이동할 때 농업인은 옆으로 누운 가지에 팔과 다리를 접촉하면서 지나가게 된다. 이때 눕혀진 가지에 살포된 농약은 농업인의 팔 다리에 접촉 하면서 농업인에게 옮겨가게 된다. 이

러한 특성이 팔, 다리 부분의 노출량이 다른 부위에 비해 매우 많은 것에 대한 이유가 될 수 있다.

또한 심한 경우 목이나 가슴 등의 부위에서 검출한계 미만으로 분석되는 경우가 있을 정도로 노출이 일어나는 부위와 그렇지 않은 부위의 노출량 차이의 편차가 매우 심했다. 이러한 노출량 차이는 정확한 비교는 어렵지만 기존의 연구(농촌진흥청, 2003; 강태선, 2004)와는 부위별 노출량 특성에 있어 다른 경향을 보여주고 있다. 이러한 결과는 본 연구의 한계점인 많은 양의 에틸 아세테이트를 사용함으로써 검출한계가 높아진 특성에서 기인한 것일 수도 있지만 앞서 기술한 것처럼 노출경로가 공기 중 확산이 아닌 작물 접촉인 상태에서 신체부위별로 작물접촉빈도가 차이가 극대화됨으로 부위별 노출량 편차가 커졌다고 할 수 있다.

살포작업에 있어 손(면장갑)과 전체부위(패치 분석량의 총합)을 비교한 결과 손의 노출이 몸 전체 노출 합계의 0.71 ~ 2.33배 정도이었다. 이러한 결과는 손의 노출이 매우 높았고 보고한 기존의 논문과 일치하는 결과를 보여주고 있다(Vreede, 1998; Cattani, 2000). 특별히 희석작업에 있어 양손의 차이를 비교했을 때 왼손의 노출이 오른손보다 약 9배정도가 높았으며, 이는 왼손으로 농약병을 잡고 희석통에서 행구는 과정에서 높은 농도의 농약 원제가 왼손에 노출이 된 것으로 생각된다.

농약의 분석량을 앞으로 이동할 때와 뒤로 이동할 때의 특성에 따라 나누어 통계 처리한 결과 전체 부위에서 전진이 후진보다 유의하게 분석량이 높았으며 특히 옆으로 누운 장미 가지와 접촉이 많은 다리 부위에서 전진 살포의 분석량이 매우 유의하게 높았다.

동력분무기를 이용하는 농업인은 베드의 사이나 도랑을 이동하면서 농약을 살포할 때 개인적 습관이나 작업장의 특성에 따라 이동하는 방향을 앞이나 뒤로 틀리게 할 수 있다. 그러나 이동방향과 상관없이 농약은 시야확보를 위해 농업인의 앞을 향해 살포되게 된다. 따라서 앞으로 이동하면서 살포를 하는 방식은 패치가 농약이 묻은 작물과 접촉하는 빈도가 많아서 분석량이 더 높았을 것이라 생각된다.

국내외적으로 농약의 피부노출평가방법으로는 특정소재의 옷을 살포자에게 입힌 후 살포가 끝난 뒤 옷을 부위별로 잘라서 잘린 전체 부위에서 농약을 분석하는 방식, 농약살포 후 노출부위를 용매로 씻는 방식(Archibald, 1995), 형광물질이 들어간 농약을 살포한 후 특수 비디오 카메라로 노출을 확인하는 방식(Brouwer 등, 2000; Prince 등, 2001; Roff 등, 2000) 등이 사용되고 있다.

이러한 여러 가지 방법들 중 패치법은 노출평가를 위한 준비와 농약포집 후 분석이 비교적 편하다는 장점이 있기 때문에 국내에서는 여러 연구에서 패치를 이용하는 방식을 사용

하고 있다.

그러나 단점으로 접촉노출이 이루어지는 상황에서 같은 신체부위 내에서 특정 지점에 집중적으로 많은 양이 노출될 경우 외삽을 통한 계산시 전체 노출량에 대한 과대 또는 과소평가를 할 위험성이 커지게 된다. 본 연구에서도 패치를 붙인 방제복의 허벅지를 관찰한 결과 패치가 붙은 앞부분에 농약이 많이 노출되고 허벅지의 뒷부분에는 농약이 거의 없는 것으로 관찰이 되었다.

따라서 작물밀도가 높고 작업자가 직접 분무기를 가지고 농장 안에서 농약을 살포하는 국내 농업의 특성상 패치법을 사용할 경우 작물과 접촉하는 부위를 중심으로 과대/과소평가에 대한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

시설 절화 장미를 재배하는 농장 4개소에 대해서 농약의 신체부위별(머리, 목, 등, 가슴, 어깨, 팔, 다리, 손) 피부노출량과 이에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

절화장미 재배시 사용하는 빈도와 독성을 고려하여 펜프로파드린, 메치다치온, 메소밀을 대상으로 피부노출을 평가한 결과 노출량의 차이는 농약종류에 따라서 통계적으로 유의하게 낮으나 살포된 농약의 순질량(net weight)에 따라서는 종류에 따른 유의한 차이가 발생하지 않았다.

부위별로의 노출 특성은 작물과 접촉이 빈번한 부위(팔, 다리)에 붙인 패치에서 집중적으로 농약이 분석되었으며 머리, 목 등의 작물과의 접촉이 없는 부위에서는 농약노출이 극히 미약하였다. 살포시 손의 노출은 몸 전체에서의 패치 분석량을 총합한 양의 0.7 ~ 2.33배 정도로 분석되었으며, 이는 전체 부위에서 손이 집중적으로 많이 노출됨을 보여주고 있다.

살포하면서 이동하는 방식이 전진/후진 여부에 따라서 피부노출량이 통계적으로 유의하게 달라졌으며, 이는 앞서 기술한 작물과의 접촉여부에 따른 농약노출량이 변화되는 특성이 반영되었을 것으로 생각된다.

작물밀도가 높고 도랑너비가 좁은 절화장미는 노출이 농약이 살포된 작물과의 접촉을 통해 주로 일어남을 알 수 있었고, 차후 연구에서는 비슷한 환경에서 피부노출평가를 실시할 때 작물과의 접촉이 많은 부위에 한해서 다른 방식을 사용하거나, 패치의 부착부위를 늘리는 것이 필요할 것으로 예상된다.

## REFERENCES

강태선, 김길중, 최인자, 권영준, 김경란, 이경숙. 노지고추 및 벼 재배 농업인의 방제작업 중 Chlorpyrifos, Chlorothalonil 노출에 관한 연구. 한국농촌의학회지 2004;29(2)249-263

권영준, 강태선, 김경란, 이경숙, 주영수, 송재철. 농약 노출과 중추신경 증상과의 관련성. 한국농촌의학회지 2004;29(2)265-285

농약공업협회. 농약사용지침서. 2002;863-909

농촌진흥청. 농업인의 직업성질환 관련 위해요인 영향평가 및 종합적 관리시스템 개발. 2003;65-68

농촌진흥청. 농약살포 농작업자의 농약 노출평가를 위한 시험법 확립 연구. 2004;11-17

Archibald A. Bruce, Keith R. Solomon, Stephenson R. Gerald. Estimation of pesticide exposure to greenhouse applicators using video imaging and other assessment techniques. AIHAJ 1995;56:226-235

Brouwer H. Derk, Boeniger F. Mark, Hemmen Van Joop. Hand wash and manual skim wipe. Ann. Occup. Hyg. 2000;44(7):501-510

Cattani Marcus, Cena Krzysztof, Edwards John, Pisaniello Dino. Potential dermal and inhalation exposure to chlorpyrifos in Australian pesticide workers. Ann. Occup. Hyg. 2000;45(4):299-308

De Vreede J.A.F., Brouwer D. H., Stevenson H., Van Hemmen J. J. Exposure and risk estimation for pesticides in high volume spraying. Ann. Occup. Hyg. 1998;42(3):151-157

Fenske A. Richard, Hamburger J. Suzanne, Guyton L. Charles. Occupational exposure to foseyl-al fungicide during spraying of ornamentals in greenhouses. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1987;16:615-621

Hatzilazarou P Stefanos, Charizopoulos T Emmanouel, Papadopoulou Euphemia, Economou S Athanasios. Dissipation of three organochlorine and four pyrethroid pesticides sprayed



in a greenhouse environment during hydroponic cultivation of gerbera. *Pest Manage Sci.* 2004;60:1197-1024

Prince R. Jacqueline, Stewart A. Patricia, Nam Jun-Mo, Blair Aaron.  
A pilot study to rate determinants of exposure from videotaped work activities of farmers' use of pesticides. *Applied Occupational and Environmental Hygiene.* 2001;16(10):973-978

Roff M. W. Accuracy and reproducibility of calibrations on the skin using the fives fluorescence monitor. *Ann. Occup. Hyg.* 2000;41(3):313-324

US EPA. OPPTS Series 875-Occupational and residential exposure test guideline. 1996.