

## 과수 농작업자 농약노출량 산정법 제안

홍순성\* · 이재봉 · 박연기 · 신진섭 · 임건재 · 류갑희

농촌진흥청 농업과학기술원

(2007년 10월 2일 접수, 2007년 11월 8일 수리)

### The proposal for pesticide exposure estimation of Korean orchard farmer

Soonsung Hong\*, Je Bong Lee, Yeon-Ki Park, Jin Sup Shin, Geon-Jae Im and Gab Hee Ryu

(National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea)

**Abstract :** This research was carried out to propose the Korean method for estimating the agricultural occupational pesticide exposure level in orchard. The UK-POEM (UK-Predictive Operator Exposure Model) was proposed as a bench-marking model and analysed its performance properties. To extrapolate the Korean agricultural conditions, application equipment, application method, work rate per day, application volume and spraying time of pesticide was surveyed for Korean 204 orchard farmhouse. This survey indicate that the major application equipments are speed sprayer(64.9%) and motor sprayer(33.9%). When they sprayed the pesticide with a speed sprayer, they worked for more than 4 hours on area of 4 ha per day. In case of using motor sprayer, they worked for more than 4 hours on area of 1 ha. Based on the above survey result, Korean method for estimating the pesticide exposure level of agricultural worker was proposed finally.

**Key word :** Occupational pesticide exposure, UK-POEM, Speed sprayer, Moter sprayer, Work rate, application time.

## 서 론

농약은 작물의 병과 해충, 그리고 잡초의 방제에 있어서 매우 중요한 수단으로 이용되고 있으며, 농산물의 품질향상과 노동력 절감에 따른 생산비의 절약을 위해서도 필수불가결한 농업자재이다. 그러나 농약은 병해충 및 잡초에 대하여 독성을 발현하는 만큼 농약을 이용하여 수확한 농산물을 섭취하는 소비자와 농산물 생산을 위하여 농약을 조제하고 살포하는 농작업자에 대하여 악영향을 미칠 가능성을 가지고 있는 물질이므로 보관 및 사용 등에서 엄격한 관리가 필요하다. 이 중에서 우리나라의 소비자에 대한 안전성은 농약의 등록 시에 일일섭취허용량(ADI)이나 잔류허용기준(MRL)의 설정 등을 통하여 잘 관리되고 있는 반면, 농작업자의 노출로 인한 영향을 관리할

수 있는 제도나 장치는 현재 마련되어 있지 않다. 농산물의 생산에 종사하는 농작업자에 대한 농약노출에 대한 연구의 필요성은 농업인구 변화와 경지면적의 통계에서도 알 수 있다(표 1). 1971년 1,400만명이었던 농업인구는 2006년 현재 300만명으로 1/4 수준으로 줄어든 반면, 농경지의 면적은 1971년 220만 ha에서 2006년 180만 ha로 거의 그대로임을 알 수 있다. 또한 농약사용량의 변화를 살펴보면 1965년 1,287 M/T이었던 것이 2006년 24,506 M/T으로 19배 가량 증가한 것을 알 수 있다(표 2). 이러한 통계는 농업이 점차 집약화, 대형화, 기계화되면서 1인당 경지면적은 증가하였고 이에 따른 농약사용량도 획기적으로 증가하였으며, 농작업자의 농약노출 가능성 또한 그 만큼 증가하였다는 것을 의미한다.

선진국에서는 1950년대 미국 캘리포니아에서 농작업자가 parathion에 중독되는 사건이 발생한 이후 농작업자에 대한 노출연구가 활발히 진행되어 왔다(Griffiths 등, 1951). 당시 과학자들의 주된 임무는 병

\*연락처 : Tel: +82-31-290-0584, Fax: +82-31-290-0508,  
E-mail: hss2575@rda.go.kr

Table 1. Change of No. of farmer and area of farm land (통계청, 2007)

	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006
No. of farmer (person)	14,711,829	12,785,456	9,998,651	8,179,560	6,068,262	4,692,040	3,933,250	3,304,173
area of farm land (ha)	2,271,307	2,238,219	2,188,268	2,140,995	2,090,877	1,945,480	1,876,142	1,800,470

Table 2. Change of pesticide usage tendency (농약연보, 2007)

Year	1965	1975	1985	1995	2000	2005
Amount (M/T)	1,287	8,619	18,247	25,834	26,087	24,506

이나 해충 또는 잡초에 뛰어난 효과를 발현하는 약제를 개발함과 동시에 인체나 환경에 안전한 약제를 개발하는 것이었으며, 부수적인 영향을 최소화하기 위하여 농약에 관련된 위해성에 대한 완벽한 이해를 필요로 하게 되었다. 그러나 1962년 Durham과 Wolfe가 노출량 측정에 대한 기본적인 방법을 제안하기 전까지 농작업자 위해성 평가는 독성자료를 이용한 유해성을 알아보는 것에 그치고 있었으며, 작업자 노출을 우려한 라벨의 표기사항은 독성자료를 이용한 노출 유해성이나 실제 관찰에 따른 것에 지나지 않았다. 그 후 노출수준을 측정하여 농작업자에 대한 위해성을 알아보고자 하는 시도는 계속되었으며, 그 결과 농작업자의 농약 노출은 제품의 제형, 이용 상황, 살포기술 그리고 보호장비의 유무에 따라 매우 큰 변이가 있음이 밝혀졌다.

이러한 노출수준에 대한 정보를 얻을 수 있는 가장 확실한 방법은 농작업자가 농약의 조제나 살포 후, 그들의 신체부위로부터 직접 시료를 채취하는 것이다. 그러나 매우 다양한 농약의 종류와 살포조건을 고려할 때 이것은 불가능한 일이었고, 따라서 전형적인 작업자 노출측정은 Durham과 Wolfe가 제안한 한정된 이용방법 내에서의 조건을 의미하는 모델의 개념을 도입하여 제한된 농작업자와 이용방법에 대하여 측정하게 되었다.

많은 노출자료가 생성된 후 노출수준은 농약 원제의 특성과는 큰 관계가 없다는 것이 밝혀졌고, 이에 따라 어떤 제품에 대하여 연구된 자료가 그와 같은 제형이고 이용방법이 유사한 다른 제품에 대해서도 이용할 수 있다는 결론에 이르게 되었다. 그 후의 연구로부터 노출수준을 결정할 수 있는 적당한 자료를 수집하고자 하는 다양한 시도와 이들을 이용하여 데이터베이스로 만들기 위한 노력이 계속되었다.

농작업자 노출모델에 대한 연구는 북미와 유럽에서 1980년대 중반부터 시작되었으며, 현재에는 영국(JMP, 1986; POEM, 1992)과 독일(Lundehm 등, 1992), 네덜란드(van Hemmen, 1992; van Hemmen, 1993 ; van Golstein Brouwer 등, 1996), 북미(PHED, 1992) 등에서 농작업자 노출량 산정 모델을 발표되어 다양한 범주의 농작업자에 대한 위해성 평가를 위한 노출량 산정에 실제로 이용되고 있다. 그러나 이러한 노출량 산정모델들은 해당 국가 또는 해당 지역에서 실시된 포장시험 결과로부터 얻은 실험적인 자료를 이용하여 작성되어 있으므로 각 모델의 유효범위는 농약이 사용되는 지역이나 사용상황에 따라 적용상의 제약이 있으며, 각각의 모델이 기본적으로 비슷한 노출연구 방법을 채택하고 있음에도 불구하고 데이터베이스의 설정방법이나 노출값의 추출, 노출조건에 따라 각 모델 간에 상당한 차이를 보인다고 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 농작업자의 농약 노출량 예측 및 산정을 위해 현재 유럽에서 사용하고 있고, 데이터베이스의 설정방법이나 내부설계, 노출값의 추출, 노출조건 등이 비교적 잘 알려져 있는 UK-POEM의 작동원리를 이해하고, 우리나라 과원 농작업자 노출량 산정에 이용할 수 있는 방법을 제안하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### UK-POEM의 분석

우리나라 과원 농작업자에 대한 농약 노출량 산정을 위한 모델을 작성하기 위하여 영국의 농약관리 당국인 'The Pesticides Safety Directorate(PSD)'에서 제공하고 있는 UK-POEM을 다운받아 농작업자 노출량 산출을 위한 data sheet을 분석하였다.

**우리나라 농약 살포현황 분석**

UK-POEM을 이용하여 우리나라 과원 농작업자의 농약 노출량을 산정할 경우에 우리나라 농약 사용 상황 중 고려되어야 할 요소들인 농약살포시의 사용기기, 1일 농약 살포시간, 1일 살포면적, ha당 살포액량 등의 사항을 알아보기 위하여 204 농가 4,351 농약사용 건수에 대하여 조사한 2006년 과수 농가 농약사용 기록장을 분석하였다. 조사 지역별 과수농가는 강원 원주 4(복숭아 4), 경기 안성 11(배 4, 포도 4), 이천 4(복숭아 4), 화성 4(포도 4), 경남 거창 8(사과 5, 포도 3), 김해 3(단감 3), 밀양 3(사과 3), 울산 7(배 7), 진주 13(배 9, 단감 4), 창원 4(단감 4), 경북 경주 3(단감 3), 김천 5(포도 5), 상주 8(배 8), 안동 5(사과 5), 영주 6(사과 6), 영천 9(포도 5, 복숭아 4), 청도 4(복숭아 4), 전남 구례 4(단감 4), 나주 8(배 8), 순천 3(단감 3), 장성 6(사과 3, 단감 3), 김제 5(포도 5), 장수 4(사과 4), 제주 남제주 9(감귤 9), 북제주 6(감귤 6), 서귀포 8(감귤 8), 제주 6(감귤 6), 충남 연기 4(복숭아 4), 예산 6(사과 6), 천안 13(배 4, 포도 9), 충북 영동 6(포도 6), 음성 4(포도 1, 복숭아 3), 청원 5(배 5), 충주 6(사과 6)이었다.

이 과수농가 농약사용 기록장에는 농약살포작목, 살포일, 날씨, 농약종류, 상표명, 품목명, 규격, 일반명, 사용량, 제품량, 주성분량, 살포면적, 살포기 종류, 살포인원, 살포시간, 방제대상병해충 등의 사항이 자세하게 기록되어 있었으며, 이러한 사항들 중에서 살포면적, 살포기 종류, 살포시간에 대한 분석을 실시하여 과원 농약살포자의 노출량 산정을 위한 시나리오에 적용하였다.

**결과 및 고찰**

**UK-POEM(Franklin 과 Worgan, 2005)의 분석**

UK-POEM은 주로 농약 살포자에 대한 노출량을 평가하기 위하여 영국에서 개발된 모델로 현재 EU나 OECD에서도 농작업자에 대한 초기 위해성 평가를 위한 농약 노출량 산정에 이용되고 있다. 이 UK-POEM은 농약의 제형별로 액상과 고상으로 나누고, 각 제형의 농약의 조제(mixing/loading) 과정에서의 노출량과 살포(application)시의 노출량을 각각 산출한 후 합산하는 방식을 택하고 있으며, 작업과정에서의 신체 부위별 외부오염과 외부오염으로부터의 피부오염, 그리고 피부투과율을 고려하여 노출량을 산정할 수 있도록 하고 있다.

**1. 살포액 조제시의 노출량 산정**

액상인 약제의 조제시 노출은 포장용기의 용량과 주입구의 형태에 따라 7가지로 나누고 있으며, 각각의 경우에 1회 작업에 대한 피부노출량을 0.01 mL부터 0.50 mL로 나누어 적용하고 있다(표 3). 고상인 약제의 경우 100 g의 작은 용량과 1 kg의 대용량 포장으로 나누고 각각에 대한 피부노출량을 1회 작업 당 0.01 g과 0.1 g으로 적용한다(표 4). 또한 살포액의 조제 시에 보호용 장갑의 착용여부에 따라 emulsifiable concentrate(EC)는 10%, suspension concentrate (SC)는 5%, solid formulation은 1%의 투과율을 적용하여 노출량을 산출한다.

Table 3. Exposure levels, container size and neck aperture of liquid type product

Container size (L)	Potential dermal exposure (mL/operation)
1 (unspecific design)	0.01
2 (unspecific design)	0.01
5 (unspecific design)	0.20
5 (wide neck, 45 or 63mm)	0.01
10 (unspecific design)	0.50
10 (wide neck, 45mm)	0.10
10 (wide neck, 63mm)	0.05
20 (unspecific design)	0.50

Table 4. Exposure levels and container size of solid type product

Container size (g)	Potential dermal exposure (g/operation)
Small packs (100g)	0.01
Larger packs (1kg)	0.1

**2. 살포시의 노출량 산출**

UK-POEM에서는 농약의 살포 단계에서의 농작업자 노출량의 산출을 위해 1일 작업시간 6시간으로 추천하고 있으며, 1일 약제처리 면적은 downward spraying은 50 ha/day, upward spraying은 15 ha/day, 그리고 hand-held spraying의 경우는 1 ha/day 처리하는 것으로 계산한다. 또한 약제살포시의 시나리오를 8가지로 구분하여 각각의 시나리오에 따른 노출량과 신체 부위별 분포, 부위별 침투에 따른 피부노출량을 실험적으로 측정하여 표 5와 같이 제시하고 있다. 예를 들어

Table 5. Distribution and exposure levels for spray applications

Vehicle-mounted(with cab) and hydraulic nozzles; volume of surface contamination, 10ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 65	Trunk, 10	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	15
Dermal exposure (ml/h)	6.5	0.05	0.375
Vehicle-mounted(with cab) and rotary disc atomizers; volume of surface contamination, 2ml/h; inhalation exposure, 0.005ml/h			
Distribution(%)	Hands, 75	Trunk, 15	Legs, 10
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	5
Dermal exposure (ml/h)	1.5	0.015	0.010
Vehicle-mounted(without cab) and air assisted with application volume of 500L/ha; volume of surface contamination, 400ml/h; inhalation exposure, 0.05ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	2	5
Dermal exposure (ml/h)	40	5.2	5
Vehicle-mounted(without cab) and air assisted with application volume of 100L/ha; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	15	20
Dermal exposure (ml/h)	5	4.875	2.5
Vehicle-mounted(without cab), air assisted and rotary disc, with application volume of 50L/ha; volume of surface contamination, 20ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	20	15
Dermal exposure (ml/h)	2	2.6	0.75
Hand-held outdoor hydraulic nozzles with low-level application; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.02ml/h			
Distribution(%)	Hands, 25	Trunk, 25	Legs, 50
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	20	18
Dermal exposure (ml/h)	10	2.5	4.5
Hand-held outdoor rotary discs atomizers with low-level application; volume of surface contamination, 20ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 5	Legs, 85
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	5	20
Dermal exposure (ml/h)	2	0.05	3.4
Hand-held outdoor rotary discs atomizers with high-level application; volume of surface contamination, 50ml/h; inhalation exposure, 0.01ml/h			
Distribution(%)	Hands, 10	Trunk, 65	Legs, 25
Clothing	None	Permeable	Permeable
Clothing penetration (%)	100	15	20
Dermal exposure (ml/h)	5	4.875	2.5

Table 6. Application method on UK-POEM for occupational exposure level

Tractor-mounted/trailed boom sprayer: hydraulic nozzles
Tractor-mounted/trailed boom sprayer: rotary atomisers
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 l/ha
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 100 l/ha
Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 50 l/ha
Hand-held sprayer (15 l tank): hydraulic nozzles. Outdoor, low level target
Hand-held rotary atomiser equipment (2.5 l tank). Outdoor, low level target
Hand-held rotary atomiser equipment (2.5 l tank). Outdoor, high level target
Home garden sprayer (5 litre tank). Outdoor, low level target

THE UK PREDICTIVE OPERATOR EXPOSURE MODEL (POEM)

Application method	Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 l/ha	
Product		Active substance
Formulation type	organic solvent-based	a.s. concentration
Dermal absorption from product	10 %	Dermal absorption from spray
Container	1 litre any closure	
PPE during mix/loading	Gloves	PPE during application
Dose	4.5 l/ha	Work rate/day
Application volume	1 l/ha	Duration of spraying
		15 ha
		6 h

Fig. 1. The UK predictive operator exposure model(POEM)

‘Vehicle-mounted(without cab) and air assisted with application volume of 500 L/ha’의 살포기기를 이용하여 살포작업을 실시하는 경우 호흡에 의한 노출은 0.05 mL/hr이며, 신체표면의 노출량은 400mL/hr로 산정한다.

이 중에서 신체표면의 노출량은 신체부위별로 손 10%, 몸체 65%, 다리 25%로 분포하며, 다시 장갑을 착용하지 않았을 경우 손의 노출율을 100%, 몸체와 다리에서 침투 가능한 옷을 착용하였을 경우 각각 2%와 5%의 침투율을 고려하여 계산한다. 최종적으로 피부노출량은 손의 경우 40 mL/h, 몸체 5.2 mL/h, 다리 5 mL/h로 산출되고 이들과 호흡에 의한 노출량을 합산하여 살포시의 노출량을 결정한다.

3. UK-POEM의 이용

UK-POEM(그림 1)을 이용하기 위해서는 먼저 제품의 형태를 액상인지 고상인지에 따라 해당되는 excel sheet로 이동하여 9개의 살포방법(표 6) 중 하나를 선정하면 그에 따른 1일 농약살포 작업면적과 일일 농약 살포면적에 대한 추천치가 자동적으로 입력된다. 다음에 농약제품 표지에 수록되어 있는 약제의 이름, 원제함량, ha당 약제량, 살포물량 등의 정보를 입력하고, 피부흡수율, 개인보호장비의 착용여부를 입력하면 자동적으로 농작업자의 피부노출량과 호흡을 통해 노

출되는 양이 계산되고 이들의 합을 작업자 체중인 60 kg으로 나누어 노출량이 계산된다.

우리나라 과원의 농작업자 노출량 산정을 위한 노출 요인 조사

UK-POEM은 영국에서 자국의 농작업자에 대한 농약 노출량을 산정하기 위한 모델이므로 우리나라 과수농업의 현실을 반영하기 위하여 과원의 농약 살포 기기, 1일 농약살포 시간 및 면적, ha당 농약살포 물량 등을 204농가 4351 농약사용 건수에 대하여 조사하였다.

1. 과원 농약살포 기기종류의 분석

2006년 과수 농가 농약사용 기록장을 분석한 결과 현재 과수 농가의 64.9%가 SS기(speed sprayer)로 농약 살포작업을 수행하고 있었으며, 33.9%가 동력분무기(moter sprayer)를 이용하였고 그 밖의 인력분무기와 선택스를 이용하는 농가도 일부 있었다(그림 2).

이러한 결과는 원예연구소 사과시험장에서 발표한 사과원에서의 농약살포기기 분석 결과와 일치하였기 때문에 본 연구에서는 SS기를 이용하는 경우와 동력분무기를 이용하여 농약을 살포하는 경우의 두 가지로 농작업자의 농약 노출량을 산출할 것을 제안하였다.

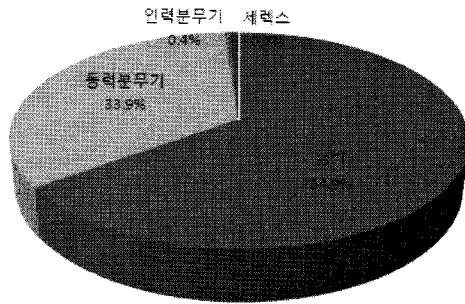


Fig. 2. Sprayer types (equipments) of fruit-growing farmer. Above data represent percentage frequencies of 2,015 examines on a questionnaire.

2. 1일 농약살포작업 시간의 분석

1일 농약살포작업 시간을 분석한 결과 SS기의 경우 하루에 4시간 이상 작업하는 농가가 41%로 가장 많았으며 다음으로 3시간(26.9%), 4시간(18.9%) 순이었다(그림 3). 동력분무기를 이용한 1일 농약살포 시간도 4시간 이상 농약살포작업을 수행하는 경우가 51%로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음이 3시간(15.6%), 4시간(12.0%)이었다. 따라서 최악의 상황에 대한 분석을 위해서는 1일 농약살포작업 시간을 UK-POEM에서 권장값으로 추천하고 있는 6시간으로 정하는 것이 적당하다고 판단되었다.

3. 1일 농약살포 면적의 분석

과수농가의 1일 농약살포 면적을 분석한 결과 SS기를 이용하는 농가의 경우 1일 0.5~1 ha 처리 농가가 29.8%로 가장 많았으며, 1.5~2.0 ha (20.9%), 1~1.5 ha (17.9%), 0~0.5 ha (8.4%) 순이었으며, 전체농가의 95%가 1일 4 ha 과원에 약제를 처리하는 것으로 나타났다(그림 4). 이러한 결과는 현재 UK-POEM에서 추천하는 권장값인 15 ha/day보다 훨씬 작은 것으로 나타났으며, 이러한 원인으로는 살포장비의 차이, 과

원의 위치와 경사도, 살포기 노즐의 차이에 의한 것으로 생각된다. 동력분무기의 경우 1일 0.5~1 ha 처리 농가가 36.3%로 가장 많았고 그 다음으로 0~0.5 ha (33.8%), 1~1.5 ha (16.4%)의 순이었다. 따라서 본 연구에서는 과수 농작업자 위해성 평가를 위한 1일 농약살포 면적의 기준값으로 SS기 이용시에는 4 ha/day, 동력분무기의 경우 1 ha/day의 값을 대입하도록 제안하였다.

4. 살포액량의 분석

현재 우리나라에는 작물별 농약살포에 이용되는 살포액량에 대한 자료가 없다. 따라서 농약사용 지침서(2007)를 기준으로 일반적인 과수 작물별 살포액량을 계산한 결과 사과, 배, 감귤, 복숭아의 살포액량은 4,500 L/ha이었고 포도의 살포물량은 3,000 L/ha이었으므로, 이 값을 이용할 것을 제안하였다.

5. UK-POEM사용시 우리나라 과원 농작업자의 농약살포 상황에 맞는 노출 시나리오의 작성

SS기의 경우 약제의 살포방법 면에서 UK-POEM의 “Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 L/ha”와 유사하였다. 따라서 과원에서의 SS기를 이용한 약제살포시 농작업자 노출량 산정은 “Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 L/ha”의 노출 시나리오를 우리나라의 상황에 맞게 변형하였다. 1일 작업면적은 15 ha에서 4 ha로 설정하였으며, 1일 농약살포 시간은 6시간, 피부흡수율은 약제의 제조와 살포시에 10%로 설정였다.

동력분무기의 경우 UK-POEM에는 우리나라의 동력분무기에 대한 시나리오가 작성되어 있지 않으므로 “hand-held rotary atomizer equipment(2.5 L tank). Outdoor, high level target” 시나리오의 내용을 변형하여 400 L tank에 대한 시나리오를 작성하였다. 이러한

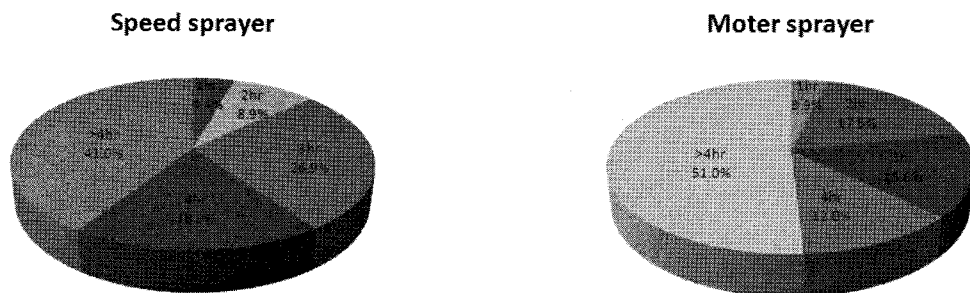


Fig. 3. Duration of application per day using speed sprayer and moter sprayer. Above data represent percentage frequencies of 1,328 examines on a speed sprayer questionnaire and 675 examines on a moter sprayer questionnaire.

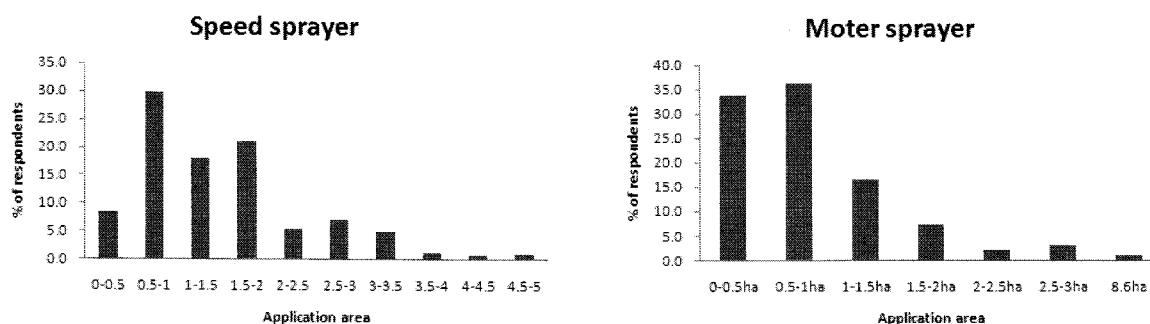


Fig. 4. Application area of speed sprayer and motor sprayer per day. Above data represent percentage frequencies of 1,328 examines on a speed sprayer questionnaire and 675 examines on a motor sprayer questionnaire.

살포기의 용량은 농작업자의 노출량 산정에 있어서 대단히 중요한 의미를 갖는다. 예를 들어 액상인 약제를 1 ha 당 4,500 L의 살포액을 처리한다고 가정할 때 2.5 L의 살포기로 작업할 경우 1,800회의 조제(mixing/loading)작업을 수행해야하는 반면 400 L의 살포기로 작업할 경우 11.25회의 작업횟수가 상정되기 때문이다. 또한 고상인 약제 조제(mixing/loading)시의 노출량을 살펴보면 500 L의 tractor-mounted/trailed broad air-assisted sprayer로 살포할 경우  $13.6 \text{ mg kg}^{-1}$  a.s.인 반면 2.5 L의 hand-held rotary atomizer equipment로 작업시에는  $171.4 \text{ mg kg}^{-1}$  a.s. 로 상정된다. 따라서 본 연구에서는 동력분무기를 이용하여 농약살포작업의 수행시의 노출량 산정은 "hand-held rotary atomizer equipment(2.5 L tank). Outdoor, high level target"을 응용하고 내부적인 계산 방법에 있어서 용량을 2.5 L tank로부터 동력분무기의 일반적 용량인 400L tank를 대입하여 액상약제의 경우 1ha 당 4,500 L의 살포물량을 처리한다고 가정할 때 11.25회를 적용할 것과, 고상약제의 경우 500 L의 tractor-mounted/trailed broad air-assisted sprayer로 작업할 때의  $13.6 \text{ mg kg}^{-1}$  a.s.를 적용할 것을 제안하였다. 또한 동력분무기의 1일 약제살포 면적은 1 ha, 1일 살포시간은 6시간, 피부흡수율은 약제의 제조와 살포시에 10%로 설정할 것을 제안하였다.

이러한 연구는 우리나라 농작업자의 건강보호와 안전한 작업환경의 조성을 위해 매우 중요하다고 생각되며, 시간, 비용 등의 문제로 인한 자료생산의 제한성을 선진국의 모델을 응용하여 농작업자의 농약노출량을 산정함으로써 농작업자의 위해성을 일차적으로 평가할 수 있도록 한다는 점에서 매우 유용할 것으로 판단된다. 그러나 우리나라도 빠른 시간 내에 농약살포 작업 현장으로부터 직접 생산한 자료를 축적하여

우리나라 실제 작업환경에 맞는 농작업자 노출 시나리오 및 데이터베이스를 작성할 수 있기를 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 2007년도 농촌진흥청(농업과학기술원) 박사후연수과정지원사업에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

### 인용문헌

- Durham, W. F. and H. R. Wolfe (1962) Measurement of the exposure of workers to pesticides, Bull, WHO, 26:75~91.
- Franklin C.A. and J.P. Worgan (2005) Generic operator exposure database, 194~208, In Occupational and Residential Exposure Assessment for Pesticides, John Wiley & Sons Ltd., England.
- Griffiths, J.T., C.R. Stearns, Jr. and W.L. Thompson (1951) Parathion hazards encountered spraying citrus in Florida. J. Econ. Entomol. 44:160~163.
- JMP(1986) UK Predictive Operator Exposure Model(POEM): Estimation of exposure and absorption of pesticides by spray operator, UK scientific Sub-committee on Pesticides and British Agrochemical Association Joint Medical Panel, Pesticide Safety Directorate, York, UK.
- Lundehm, J.R., D. Westphal, H. Kieczka, B. Krebs, S. Locher-Bolz, W. Maasfeld and E.D. Pick (1992) Uniform Principles for safeguarding the health of applicators of plant protection products, Mitteilungen aus der Biologische Bundesantalt for Land und

- Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 277, Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin, Germany.
- PHED(1992) Notice of Availability of the Pesticides Handler Exposure Database(PHED) version 1.1, through VERSAR, Inc., Arlington, VA, USA, Federal Register, 57(107):23403~23404, Washington, DC, USA.
- POEM(1992) UK Predictive Operator Exposure Model(POEM): A User Guide, Pesticides safety directorate, York, UK.
- van Golstein Brouwers, Y. G. C., J. Marquart and J. J. van Hemmen (1996) Assessment of occupational exposure to pesticides in agriculture, Part IV, Protocol for the use of generic exposure data, TNO report V96.1358, TNO, Zeist, The Netherlands.
- van Hemmen, J.J.(1992) Agricultural pesticide exposure database for risk assessment, Rev. Environ. Contam. Toxicol. 126:1~85.
- van Hemmen, J.J. (1993) Predictive exposure modelling for pesticide registration purpose, Ann. Occup. Hyg. 37:525~541.
- 농촌진흥청(2006) 과수 농가 농약사용 기록장. 통계청 데이터베이스, [http://www.kosis.kr/domestic/theme/do01\\_index.jsp](http://www.kosis.kr/domestic/theme/do01_index.jsp).
- 한국작물보호협회. (2007) 농약사용지침서.
- 한국작물보호협회. (2007) 농약연보.

### 과수 농작업자 농약노출량 산정법 제안

홍순성, 이제봉, 박연기, 신진섭, 임건재, 류갑희

농촌진흥청 농업과학기술원

요약 : 본 연구는 우리나라 과원에서 농작업자 농약노출량의 산정방법을 제안하기 위하여 수행되었다. 우리나라 농작업자의 농약 노출량을 산정하기 위한 벤치마킹 모델로써 UK-POEM을 제안하였다. 그러나 이 모델은 영국에서 자국의 농작업자에 대한 농약 노출량을 산정하기 위한 모델이므로 우리나라 농작업자의 농약노출량 산정에 직접이용 하기에는 1일 농약살포 기기 및 면적, 살포시간, 살포물량 등에서 많은 차이점이 있다. 따라서 우리나라 과수농업의 현실을 반영하기 위하여 UK-POEM의 구동방법을 분석하고, 우리나라 과원의 농약 살포기기, 1일 농약살포 시간, 1일 농약살포 면적, ha당 농약살포 물량 등을 204 농가 4351 농약 사용 건수에 대하여 조사하였다. 과원에 농약 살포를 위하여 사용되는 살포기기를 분석한 결과 SS기(speed sprayer)가 64.9%이었고, 동력분무기(Motor sprayer)가 33.9% 사용되는 것으로 조사되었다. 또한 1일 농약살포 시간을 조사한 결과 SS기, 동력살포기 모두 4시간 이상 작업하는 농가가 가장 많았고, 1일 농약 살포 면적은 SS기의 사용 시 4 ha를 작업하는 농가가 95%이었으며, 동력분무기를 이용하는 농가는 하루 1 ha를 처리하는 것으로 나타났다. 이러한 조사 결과를 바탕으로 UK-POEM을 근간으로 한 우리나라 실정에 맞는 노출 시나리오를 작성하였다. SS기의 경우 약제의 살포방법 면에서 유사한 UK-POEM의 "Tractor-mounted/trailed broadcast air-assisted sprayer: 500 L/ha"에 1일 작업면적 4 ha, 1일 농약살포 시간 6시간, 피부흡수율 10%를 대입할 것을 제안하였다. 동력분무기의 경우 UK-POEM의 "hand-held rotary atomizer equipment(2.5 L tank). Outdoor, high level target" 시나리오의 내용을 조금 변형한 400 L tank에 대한 시나리오를 작성하여 살포액의 조제시 노출량을 계산할 것과 1일 작업면적 1 ha, 1일 농약살포 시간 6시간, 피부흡수율 10%를 대입할 것을 제안하였다.

색인어 : 농작업자 농약 노출, SS기, 동력분무기, 살포면적, 살포시간, UK-POEM