

변형된 UK-POEM을 이용한 한국 과수 농약살포자 위해성 평가

홍순성* · 유아선 · 정미혜 · 박경훈 · 박재읍 · 이영자

국립농업과학원 농산물안전성부

(Received on November 21, 2012. Revised on January 15, 2013. Accepted on February 28, 2013)

Risk Assessment of Pesticide Operator Using Modified UK-POEM in Korean Orchard

Soonsung Hong*, Are-Sun You, Mihye Jeong, Kyung-Hun Park, Jae-Yup Park and Young-Ja Lee

National Agro-Food Safety Department, Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

Abstract This study was performed in order to assess the risk of korean orchard worker due to pesticide exposure. The amount of pesticide exposure was calculated based on the informations of 97 kind of items that are used the form of a spraying in Korean orchard. The risks of these pesticides were assessed to compare the exposure amount with AOEL (acceptable operator exposure level) which was released form developed countries. When the operator sprayed pesticides using speed sprayer, 74.2% of pesticide items showed the risk for operator if the operator have not worn the personal protective equipment (PPE), and 42.3% of pesticide items showed the risk for operator if the operator have worn the PPE. In case of using motor sprayer, 64.1% of pesticide items showed the risk for operator if the operator have not worn the PPE, and 19.4% of pesticide items showed the risk for operator if the operator have worn the PPE. This result was indicated that the risk of pesticide against the operator was very high in korean orchard operator.

Key words Assessment, Exposure, Pesticide operator, Risk

서 론

본 연구는 과원의 농약살포자에 대한 농약 노출량을 산정하고 국제적인 기준치와 비교하여 현재 과원 농약살포자들이 직면하고 있는 위해성을 알아보고자 수행되었다.

이미 선진국에서는 농약살포자의 농약에 대한 위해성은 1950년대에 미국의 캘리포니아의 농약살포자가 parathion에 중독되는 사건의 발생됨에 따라 농약살포자 농약 노출량을 측정하기 위한 연구가 시작되었고, Durham과 Wolfe (Durham and Wolfe, 1962)가 노출량 측정에 대한 기본적인 방법을 제안한 이후 농약살포자에 대한 농약 노출을 산정하기 위한 활발한 연구가 진행되었으며, 농약살포자에 대한 농약 노출량은 원제의 특성과는 큰 관계가 없다는 것이 밝혀지면서 1980년대 중반부터 이용방법과 사용량에 따른 노출량을

산정하기 위한 모델에 대한 연구가 시작되었다. 현재 농약 살포자의 농약 노출량을 산정하기 위하여 발표된 모델로는 영국의 UK-POEM (JMP, 1986; POEM, 1992), 미국의 PHED (PHED, 1992), 독일의 German Model (van Hemmen, 1992; van Hemmen, 1993; van Golstein Brouwer et al., 1996) 등이 있으며, 각각의 모델들은 해당 국가 또는 해당 지역에서 실시된 포장시험 결과로부터 얻은 실험적 데이터를 근거로 농약살포자의 농약노출량 산정을 위하여 실제로 이용되고 있다. 이렇게 산출된 농약살포자의 농약노출량은 위해성 평가를 위하여 사용된다. 선진국의 위해성 평가에서 수행하고 있는 위해성 평가는 보통 3단계로 구성된다.

먼저 화학물질이 어떤 영향을 나타내는가를 알아보는 독성평가 단계이다. 즉 농약의 독성성질에 대한 평가의 목적은 그 물질이 인간의 건강에 악영향을 줄 수 있는 가능성이 있는가를 측정하는 것이다. 이는 농약의 독성을 판단하기 위한 동물실험의 결과를 이용하며, 동물실험은 인간이 일반적으로 노출되는 농도부터 훨씬 높은 농도까지 넓은 범위에

*Corresponding author

Tel: +82-31-290-0592, Fax: +82-31-290-0508

E-mail: sshong@korea.kr

걸쳐서 수행되며 이 자료를 바탕으로 농약살포자 노출허용량(Acceptable operator exposure level, AOEL)이 결정된다(European Commission, 2006).

다음으로는 노출평가로써 농약을 사용함으로써 인간이 노출될 수 있는 경로와 수준은 어떠한가를 알아보는 것으로, 일반적으로 인간이 농약에 노출되는 것은 음식물이나 식수에 남아 있는 잔류농약을 섭취하는 경로가 일반적이다. 그러나 일반인이나 직업적으로 농약을 다루는 사람들은 피부나 호흡을 통한 노출 또한 중요한 노출경로가 된다. 노출의 정도는 농약의 사용형태, 살포율, 살포빈도, 환경으로의 유입정도 등에 따라 좌우된다. 선진국에서는 이 단계를 예측하는 모델로 위에 언급한 각 나라의 사정에 맞는 여러 가지 모델을 이용하여 예측하고 있다.

마지막으로 노출량과 독성을 비교하여 어떤 연관성이 있으며 위해정도는 얼마나 되는가를 결정하게 된다. 위해성은 독성과 노출의 관계를 의미하며, 위해성의 결정은 인간의 건강에 악영향을 줄 가능성이 있는가를 예측하기 위해 농약 독성과 노출량을 비교하여 통합하는 과정이다. 비록 독성자료와 노출자료가 각각 평가되지만, 최종적인 평가는 이들 모두를 이용하여 위해성을 결정한다. 따라서 강한 독성을 가진 물질이라도 노출을 최소화하면 위해성은 낮아지며, 반대로 낮은 독성의 물질이라도 노출이 많아진다면 높은 위해성을 나타낸다. 만일 이 위해성 평가 단계에서 위해성이 인정되는 경우에는 모델을 이용한 계산이 아니라 실제 포장에서 살포하는 경우의 노출량 산정 시험을 거쳐 이 결과로 위해성을 다시 평가하도록 되어 있다.

본 연구에서는 현재 우리나라 과원에서 사용되는 농약을 대상으로 현재 사용되고 있는 모델을 이용하여 농약살포자에 대한 농약 노출량을 산정하고 각국에서 설정되어 있는 AOEL을 이용하여 위해성 평가를 실시하였다.

재료 및 방법

과원 농약살포자의 농약 노출량의 산정

농약사용 지침서에 근거하여 현재 과수에 사용되는 농약 중 우리나라 과원의 해충방제를 위해 사용되는 살충제들 단일성분 약제를 기준으로 제형, 원제함량, 적용작물, 물 20 L 당의 사용량 등을 조사하였다. 단 입제 등 농약살포자에게 노출되는 양이 적다고 알려진 농약은 제외하고 살포액을 조제하여 분무하는 방식의 약제만 조사하였다. 이 조사 항목을 이용하여 본 연구실에서 제안(Hong et al., 2008)한 과원 농약살포자 노출량 산정법과 농촌진흥청 고시(Rural development administration, 2012)에 따라 한국 과원의 농약 살포기기인 SS기(speed sprayer)와 동력분무기(moter sprayer)를 이용하여 약제를 살포할 경우 농약살포자가 농약에 노출되는 양을 UK-POEM을 국내 실정에 맞게 변형한

모델을 활용하여 산출하였다.

독성기준치(Reference value)의 조사

농약의 농약살포자에 대한 위해성은 농약의 농약살포자에 대한 노출량과 그 농약의 가지고 있는 자체의 독성을 비교하여 평가한다. 이때 노출량과 비교되는 농약살포자에 대한 독성기준을 농약살포자노출허용량(AOEL)이라고 부르며, 일반적으로 아급성 독성실험 결과 중 실험동물에 대하여 가장 낮은 농도에서 영향을 나타내는 독성치에 안전계수 0.01을 곱하여 산출한다(European Commission, 2006). 농약에 대한 노출량이 농약살포자 노출허용량보다 크면 농약살포자에 대한 위해성이 있는 것으로 판단한다. 그러나 모든 농약에 대한 농약살포자노출허용량이 정해져 있는 것은 아니며, 세계의 농약평가관리를 담당하는 곳에서 평가한 농약에 대하여 농약살포자 노출허용량을 설정하고 이를 공표하고 있다. 본 연구에서는 선진국에서 발표된 기준치를 조사하여 가장 낮은 기준을 exposure reference로 선정하였다. 각 기관의 자료 중 농약살포자노출허용량이 선정되어 있는 경우 농약살포자노출허용량을 사용하였으며, 설정되어 있지 않은 경우에는 급성독성기준치인 aRfD (acute Reference Dose) 값을 이용하였고, aRfD 값도 없는 경우에는 일일섭취허용량인 ADI (Acceptable Daily Intake) 또는 만성독성기준치(cRfD; clonic Reference Dose)값을 독성기준치로 선정하였다.

농약살포자 위해성 평가(Risk assessment)

농약의 과원 농약살포자에 대한 위해성 평가는 산출된 노출량에 대한 exposure reference 값인 위해성 지수(RQ, risk quotient = exposure/referance value)로 평가하였다. 이 RQ가 1 이하일 경우 농약살포자의 위해성이 적다는 것을 의미하며 크면 클수록 위해성이 높은 것을 의미한다.

결과 및 고찰

과원 농약살포자의 농약 노출량의 산정 대상 약제의 선정 및 사용법 조사

우리나라 과원에서 분무형태로 살포되는 97품목의 단일성분 품목을 계통별로 살펴보면 피레스로이드계가 20품목으로 가장 많았으며, 유기인계 농약이 11품목, 카바메이트계가 9품목 순이었다. 제형별로는 수화제(WP)가 40품목유으로 가장 많았고, 다음으로 제(EC)가 30품목, 액상수화제(SC) 23품목, 입상수화제(WG) 1품목 순이었다. 원제 함량은 10% 이하가 37품목으로 가장 많았으나 10-20% 18품목, 20-30% 20품목, 30-40% 8품목, 40-50% 14품목으로 비교적 제품의 원제함량이 높은 것을 알 수 있었다. 적용작물은 최악의 노출량을 상정하기 위하여 사과, 배, 감귤처럼 ha당

Table 1. Using information (label information) of pesticides for occupational risk assessment

Name	Formulation Type	a.i.%	Crop	using volume/ 20 L of water	Name	Formulation Type	a.i.%	Crop	using volume/ 20 L of water
Abamectin	EC ^{a)}	1.8	apple	6.7	Fenitrothion	EC	50	apple	25
Acequinocyl	SC ^{b)}	15	apple	20	Fenothiocarb	EC	35	citrus	20
Acetamiprid	WP ^{c)}	8	apple	10	Fenpropathrin	WP	5	apple	20
Acrinathrin	SC	5.7	apple	6.7	Fenpropathrin	EC	5	apple	20
Alphacypermethrin	EC	2	apple	20	Fenpyroximate	SC	5	apple	10
Alphacypermethrin	WG ^{d)}	13.8	apple	4	Fenthion	EC	50	apple	20
Amitraz	EC	20	apple	20	Fenvalerate	WP	5	apple	20
Azinphos-methyl	WP	25	apple	40	Fenvalerate	EC	5	apple	20
Azocyclotin	WP	25	apple	13	Flonicamid	WG	10	apple	10
Azocyclotin	SC	28	apple	10	Fluarypyrim	SC	30	apple	10
Benfuracarb	EC	30	citrus	20	Flufenoxuron	DC ^{f)}	5	apple	20
Benfuracarb	WG	30	apple	20	Hexythiazox	WP	10	apple	10
Bensultap	WP	50	apple	20	Imidacloprid	WP	10	apple	10
Benzoximate	EC	20	apple	20	Imidacloprid	SC	8	apple	10
Beta-cyfluthrin	EC	2.5	apple	10	Imidacloprid	SL	4	apple	20
Bifenthrin	SC	23.5	apple	10	Indoxacarb	WP	10	citrus	10
Bifenthrin	WP	2	apple	20	Indoxacarb	SC	5	apple	20
Bifenthrin	EC	1	apple	20	Indoxacarb	WG	30	citrus	2
Carbaryl	WP	50	apple	25	Lamda-cyhalothrin	WP	1	apple	20
Carbosulfan	WP	20	apple	20	Lamda-cyhalothrin	EC	1	apple	20
Carbosulfan	SC	20	apple	20	Lufenuron	EC	5	citrus	20
Chlorfenapyr	WP	5	citrus	20	Methoxyfenozide	WP	4	apple	20
Chlorfenapyr	SC	10	apple	10	Methoxyfenozide	SC	21	citrus	5
Chlorfenapyr	EC	5	citrus	20	Milbemectin	WP	2	citrus	10
Chlorfluazuron	SC	10	apple	6.7	Milbemectin	EC	1	apple	20
Chlorfluazuron	EC	5	persimmon	10	Novaluron	WP	10	apple	10
Chlorpyrifos	WP	25	peaches	33	Phenthoate	EC	47.5	apple	20
Chlorpyrifos	EC	20	citrus	40	Propargite	WP	30	apple	27
Clofentezine	WP	50	apple	10	Propargite	WG	30	citrus	33
Clofentezine	SC	42	citrus	8	Prothiofos	WP	40	apple	20
Clothianidin	SG ^{e)}	8	apple	10	Prothiofos	EC	50	citrus	20
Clothianidin	SC	8	apple	20	Pyridaben	WP	20	pear	20
Cyflumetofen	SC	20	apple	10	Pyridaphenthion	WP	50	apple	20
Cyfluthrin	WP	5	apple	10	Spinosad	SC	10	citrus	10
Cyfluthrin	EC	2	apple	20	Spinosad	WG	10	citrus	10
Cyhexatin	WP	25	apple	13	Spirodiclofen	WP	36	apple	10
Cypermethrin	EC	5	apple	20	Spirodiclofen	SC	22	citrus	5
Deltamethrin	EC	1	apple	20	Spiromesifen	SC	20	apple	10
Diflubenzuron	WP	25	apple	8	Tebufenozide	WP	8	apple	20
Dimethoate	EC	46	citrus	20	Tebufenozide	SC	20	apple	20
Dinotefuran	WG	20	apple	20	Tebufenpyrad	WP	10	apple	10
Esfenvalerate	WP	1.5	apple	20	Tebufenpyrad	EC	10	apple	10
Esfenvalerate	EC	1.5	apple	20	Teflubenzuron	SC	5	citrus	20
Etoxazole	SC	10	apple	5	Tetradifon	EC	8	apple	25
Fenazaquin	SC	20	apple	6.7	Thiacloprid	SC	10	apple	10
Fenazaquin	EC	10	citrus	10	Thiametoxam	WG	10	apple	10
Fenbutatin oxaide	WP	50	apple	20	Thiodicarb	WP	40	apple	20
Fenbutatin oxaide	EC	15	apple	20	Zeta-cypermethrin	EC	3	apple	20
Fenitrothion	WP	40	apple	25					

^{a)}EC Emulsifiable concentrate.^{b)}SC Suspension concentrate (= flowable concentrate).^{c)}WP Wettable powder.^{d)}WG Water dispersible granules.^{e)}SG Water soluble granule^{f)}DC Dispersible concentrate.

4500 L의 물량을 살포하는 작물을 선정하였다. 이 작물들의 20 L당 사용량을 조사한 결과, 20 L당 20-30 g을 사용하는 품목이 52품목으로 가장 많았으며, 10-20 g이 30품목, 10 g 미만을 사용하는 약제는 11품목이었고, 30-40 g을 사용하는 약제도 4품목이나 되는 것으로 조사되어 물 20 L당 사용량도 유럽이나 다른 나라보다 많은 것으로 나타났다(Table 1).

독성기준치(Reference value)의 조사

US/EPA(<http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/status.htm>), EU의 농약 데이터베이스(http://ec.europa.eu/sanco_pesticides), Pesticide manual, 농촌진흥청 고시 등의 기관에서 공표하고 있는 독성기준치(reference value)를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 조사된 값들 중 유기인계 약제인

Table 2. Reference value of pesticides used in korean orchards for risk assessment

Name	Referance value			Name	Referance value		
	value	reference			value	reference	
Abamectin	0.0025	AOEL ^{a)}	EU ^{e)}	Fenitrothion	0.013	aRfD	EU
Acequinocyl	0.027	cRfD ^{b)}	US/EPA ^{f)}	Fenothiocarb	0.065	AOEL	RDA
Acetamiprid	0.07	AOEL	EU	Fenpropathrin	0.006	aRfD	US/EPA
Acrinathrin	0.007	AOEL	EU	Fenpyroximate	0.005	AOEL	EU
Alphacypermethrin	0.01	AOEL	EU	Fenthion	0.01	aRfD	EU
Amitraz	0.01	aRfD ^{c)}	EU	Fenvalerate	0.02	ADI	Korea
Azinphos-methyl	0.01	aRfD	EU	Flonicamid	0.025	AOEL	EU
Azocyclotin	0.02	aRfD	EU	Fluarypyrim	0.059	ADI	Korea
Benfuracarb	0.01	AOEL	EU	Flufenoxuron	0.01	AOEL	EU
Bensultap	0.034	ADI ^{d)}	Korea ^{g)}	Hexythiazox	0.009	AOEL	EU
Benzoximate	0.02	ADI	Korea	Imidacloprid	0.08	AOEL	EU
Beta-cyfluthrin	0.02	AOEL	EU	Indoxacarb	0.004	AOEL	EU
Bifenazate	0.01	ADI	Korea	Lamda-cyhalothrin	0.0025	AOEL	EU
Bifenthrin	0.01	ADI	Korea	Lufenuron	0.1	AOEL	EU
Carbaryl	0.01	AOEL	EU	Methoxyfenozide	0.1	AOEL	EU
Carbosulfan	0.005	AOEL	EU	Milbemectin	0.014	AOEL	EU
Chlorfenapyr	0.015	aRfD	EU	Novaluron	0.01	ADI	Korea
Chlorfluazuron	0.033	ADI	Korea	Phenthoate	0.003	ADI	Korea
Chlorpyrifos	0.01	AOEL	EU	Propargite	0.08	aRfD	US/EPA
Clofentezine	0.01	AOEL	EU	Prothiofos	0.0001	ADI	EU
Clothianidin	0.1	AOEL	EU	Pyridaben	0.005	AOEL	EU
Cyflumetofen	0.11	AOEL	EU	Pyridaphenthion	0.00085	ADI	Korea
Cyfluthrin	0.02	AOEL	EU	Spinosad	0.012	AOEL	EU
Cyhexatin	0.02	aRfD	EU	Spirodiclofen	0.009	AOEL	EU
Cypermethrin	0.06	AOEL	EU	Spiromesifen	0.015	AOEL	EU
Deltamethrin	0.0075	AOEL	EU	Tebufenozide	0.008	AOEL	EU
Diflubenzuron	0.033	AOEL	EU	Tebufenpyrad	0.01	AOEL	EU
Dimethoate	0.001	AOEL	EU	Teflubenzuron	0.016	AOEL	EU
Dinotefuran	1.25	aRfD	US/EPA	Tetradifon	0.02	ADI	EU
Esfenvalerate	0.018	AOEL	EU	Tthiacloprid	0.02	AOEL	EU
Etoxazole	0.03	AOEL	EU	Thiametoxam	0.08	AOEL	EU
Fenazaquin	0.01	AOEL	EU	Thiodicarb	0.014	AOEL	EU
Fenbutatin oxaide	0.1	aRfD	EU	Zeta-cypermethrin	0.02	AOEL	EU

^{a)}AOEL: acceptable operator exposure level.

^{b)}cRfD: chronic reference dose.

^{c)}aRfD: acute reference dose.

^{d)}ADI: acceptable daily intake.

^{e)}EU: EU pesatocide database (http://ec.europa.eu/sanco_pesticides).

^{f)}Korea: Rural development administration, Agrochemical control act.

^{g)}US/EPA: U. S. Environmental protection agency (<http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/status.htm>).

prothiofos의 reference value가 0.0001 mg/kg b.w.으로 가장 낮았으며, pyridaphenthion이 0.0085 mg/kg b.w.로 그 다음이었다. 계통별로는 유기인계 약제들의 reference value가 0.0001-0.1 mg/kg b.w.로 매우 강한 독성을 나타내는 것으로 조사되었고, 카바메이트계 약제들의 reference value는 0.0025-0.065 mg/kg b.w.이었고, 피레스로이드 약제들은 0.0018-1.0 mg/kg b.w.의 값을 나타내었다.

과원 농약살포자의 농약 노출량의 산정

노출량 산정은 본 연구실에서 발표한 시나리오(Hong et al, 2007)에 따라 speed sprayer와 moter sprayer에 대하여 산정한 결과를 Table 3과 Table 4에 나타내었다. 액상제제를 SS기를 이용하여 과원에 살포할 경우 페니자퀸 유제, 프로치오포스 유제, 펜티온 유제, 페니트로티온 유제, 디메토에이트 유제, 클로르피리포스 유제, 펜티오카브 유제, 벤푸라카

Table 3. Exposure values of application using speed sprayer

Name	without PPE			Exposure (mg/kg/day)	with PPE			Exposure (mg/kg/day)
	Absorbed Dose (mg/day)				Absorbed Dose(mg/day)			
	Mixing/ Loading	Appication	Total		Mixing/ Loading	Appication	Total	
Abamectin (EC)	0.108	0.075	0.183	0.003	0.011	0.053	0.064	0.001
Acequinocyl (SC)	2.700	1.863	4.563	0.076	0.135	1.323	1.458	0.024
Acetamiprid (WP)	1.454	0.497	1.950	0.033	0.034	0.353	0.386	0.006
Acrinathrin (SC)	0.342	0.236	0.578	0.010	0.017	0.168	0.185	0.003
Alphacypermethrin (EC)	0.360	0.248	0.608	0.010	0.036	0.176	0.212	0.004
Alphacypermethrin (WG)	0.404	0.343	0.747	0.012	0.009	0.243	0.252	0.004
Amitraz (EC)	3.600	2.484	6.084	0.101	0.360	1.764	2.124	0.035
Azinphos-methyl (WP)	18.171	6.210	24.380	0.406	0.419	4.410	4.829	0.080
Azocyclotin (WP)	5.906	2.018	7.924	0.132	0.136	1.433	1.569	0.026
Azocyclotin (SC)	2.520	1.739	4.259	0.071	0.126	1.235	1.361	0.023
Benfuracarb (EC)	5.400	3.726	9.126	0.152	0.540	2.646	3.186	0.053
Benfuracarb (WP)	4.396	3.726	8.122	0.135	0.096	2.646	2.742	0.046
Bensultap (WP)	18.171	6.210	24.380	0.406	0.419	4.410	4.829	0.080
Benzoimate (EC)	3.600	2.484	6.084	0.101	0.360	1.764	2.124	0.035
Beta-cyfluthrin (EC)	2.250	1.553	3.803	0.063	0.225	1.103	1.328	0.022
Bifenazate (SC)	2.115	1.459	3.574	0.060	0.106	1.036	1.142	0.019
Bifenthrin (WP)	0.727	0.248	0.975	0.016	0.017	0.176	0.193	0.003
Bifenthrin (EC)	0.180	0.124	0.304	0.005	0.018	0.088	0.106	0.002
Carbaryl (WP)	22.714	7.763	30.480	0.508	0.524	5.513	6.036	0.101
Carbosulfan (WP)	7.268	2.484	9.752	0.163	0.168	1.764	1.932	0.032
Carbosulfan (SC)	3.600	2.484	6.084	0.101	0.180	1.764	1.944	0.032
Chlorfenapyr (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Chlorfenapyr (SC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Chlorfenapyr (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Chlorfluazuron (SC)	0.700	0.416	1.116	0.019	0.035	0.295	0.330	0.006
Chlorfluazuron (EC)	0.450	0.311	0.761	0.013	0.023	0.221	0.243	0.004
Chlorpyrifos (WP)	14.991	5.123	20.110	0.335	0.346	3.638	3.984	0.066
Chlorpyrifos (EC)	7.200	4.968	12.170	0.203	0.720	3.528	4.248	0.071
Clofentezine (WP)	9.086	3.105	12.191	0.203	0.210	2.205	2.415	0.040
Clofentezine (SC)	3.360	2.087	5.447	0.091	0.168	1.482	1.650	0.027
Clothianidin (SG)	0.366	0.311	0.677	0.011	0.008	0.221	0.229	0.004
Clothianidin (SC)	1.440	0.994	2.434	0.041	0.072	0.706	0.778	0.013
Cyflumetofen (SC)	1.800	1.242	3.042	0.051	0.090	0.882	0.972	0.016
Cyfluthrin (WP)	0.909	0.311	1.219	0.020	0.020	0.221	0.241	0.004
Cyfluthrin (EC)	0.360	0.248	0.608	0.010	0.018	0.176	0.194	0.003
Cyhexatin (WP)	5.906	2.018	7.924	0.132	0.136	1.433	1.569	0.026
Cypermethrin (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Deltamethrin (EC)	0.180	0.124	0.304	0.005	0.018	0.088	0.106	0.002
Diflubenzuron (WP)	3.634	1.242	4.876	0.081	0.084	0.882	0.966	0.016
Dimethoate (EC)	8.280	5.713	13.993	0.233	0.828	4.057	4.885	0.081
Dinitofuran (WP)	2.930	2.484	5.414	0.090	0.064	1.764	1.828	0.030
Esfenvalerate (WP)	5.451	1.863	7.314	0.122	0.126	1.323	1.449	0.024
Esfenvalerate (EC)	2.700	1.863	4.563	0.076	0.270	1.323	1.593	0.027

Table 3. Continued

Name	without PPE			Exposure (mg/kg/day)	with PPE			Exposure (mg/kg/day)
	Absorbed Dose (mg/day)				Absorbed Dose(mg/day)			
	Mixing/ Loading	Appication	Total		Mixing/ Loading	Appication	Total	
Fenazaquin (SC)	1.400	0.832	2.232	0.037	0.700	0.591	1.291	0.022
Fenazaquin (EC)	0.009	0.900	0.621	1.521	0.025	0.441	0.531	0.009
Fenbutatin oxaide (WP)	18.171	6.210	24.381	0.406	0.419	4.410	4.829	0.080
Fenbutatin oxaide (EC)	2.700	1.863	4.563	0.076	0.270	1.323	1.593	0.027
Fenitrothion (WP)	18.171	6.210	24.381	0.406	1.521	4.410	5.931	0.099
Fenitrothion (EC)	9.000	6.210	15.210	0.254	0.900	4.410	5.310	0.089
Fenothiocarb (EC)	6.300	4.347	10.647	0.177	0.630	3.087	3.717	0.062
Fenpropathrin (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Fenpropathrin (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Fenpyroximate (SC)	0.450	0.311	0.761	0.013	0.045	0.221	0.266	0.004
Fenthion (EC)	9.000	6.210	15.210	0.254	0.900	4.410	5.310	0.089
Fenvalerate (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Fenvalerate (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Flonicamid (WP)	0.733	0.621	1.354	0.023	0.016	0.441	0.457	0.008
Fluarypyrim (SC)	2.700	1.863	4.563	0.076	0.135	1.323	1.458	0.024
Flufenoxuron (DC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Hexythiazox (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Imidacloprid (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Imidacloprid (SC)	0.720	0.497	1.217	0.020	0.036	0.353	0.389	0.006
Imidacloprid (SL)	0.720	0.497	1.217	0.020	0.036	0.353	0.389	0.006
Indoxacarb (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Indoxacarb (SC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Indoxacarb (WP)	0.439	0.373	0.812	0.014	0.010	0.265	0.274	0.005
Lamda-cyhalothrin (WP)	0.363	0.124	0.488	0.008	0.008	0.088	0.097	0.002
Lamda-cyhalothrin (EC)	0.180	0.124	0.304	0.005	0.018	0.088	0.106	0.002
Lufenuron (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Methoxyfenozide (WP)	1.453	0.497	1.950	0.033	0.034	0.353	0.386	0.006
Methoxyfenozide (SC)	1.050	0.652	1.702	0.028	0.053	0.463	0.516	0.009
Milbemectin (WP)	0.363	0.124	0.488	0.008	0.008	0.088	0.097	0.002
Milbemectin (EC)	0.180	0.124	0.304	0.005	0.018	0.088	0.106	0.002
Novaluron (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Phenthoate (EC)	8.550	5.900	14.450	0.241	0.855	4.190	5.045	0.084
Propargite (WP)	14.719	5.030	19.749	0.329	0.339	3.572	3.911	0.065
Propargite (WP)	7.253	6.148	13.401	0.223	0.159	4.366	4.525	0.075
Prothiofos (WP)	14.537	4.968	19.505	0.325	0.335	3.528	3.863	0.064
Prothiofos (EC)	9.000	6.210	15.210	0.254	0.900	4.410	5.310	0.089
Pyridaben (WP)	7.268	0.484	7.752	0.129	0.168	1.764	1.932	0.032
Pyridaphenthion (WP)	18.171	6.210	24.381	0.406	0.419	4.410	4.829	0.080
Spinosad (SC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Spinosad (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Spirodiclofen (WP)	6.541	2.236	8.777	0.146	0.151	1.588	1.738	0.029
Spirodiclofen (SC)	1.100	0.683	1.783	0.030	0.055	0.485	0.540	0.009
Spiromesifen (SC)	1.800	1.242	3.042	0.051	0.090	0.882	0.972	0.016
Tebufenozide (WP)	2.907	0.994	3.901	0.065	0.067	0.706	0.773	0.013
Tebufenozide (SC)	3.600	2.484	6.084	0.101	0.180	1.764	1.944	0.032
Tebufenpyrad (WP)	1.817	0.621	2.438	0.041	0.042	0.441	0.483	0.008
Tebufenpyrad (EC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.090	0.441	0.531	0.009
Teflubenzuron (SC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Tetradifon (EC)	1.840	1.242	3.082	0.051	0.184	0.882	1.066	0.018
Thiacloprid (SC)	0.900	0.621	1.521	0.025	0.045	0.441	0.486	0.008
Thiametoxam (WP)	0.733	0.621	1.354	0.023	0.016	0.441	0.457	0.008
Thiodicarb (WP)	14.537	4.968	19.505	0.325	0.335	3.528	3.863	0.064
Zeta-cypermethrin (EC)	0.540	0.373	0.913	0.015	0.054	0.265	0.319	0.005

브 유제 등의 약제가 농약 살포자에 대하여 노출이 많이 되는 것으로 나타났다. 이들의 약제를 살포할 때 개인보호장비(personal protective equipment, PPE)를 착용하지 않았을 경우의 노출량은 0.152-0.254 mg/kg/day이었고, PPE를 착용하였을 때의 노출량(0.053-0.089 mg/kg/day)보다 30배 높은 것으로 나타났다. 고상제제의 경우에는 카바릴 수화제, 피리다펜티온 수화제, 아진포스메틸 수화제, 벤선탭 수화제, 펜부타틴 옥사이드 수화제 등이 노출이 많이 되는 걸로 나타났다으며, 이는 다른 약제에 비하여 사용량이 많기 때문인

것으로 분석되었으며, 개인보호장비를 착용지 않았을 때와 착용하였을 때를 비교한 경우 5-6배 위해성이 증가되는 것으로 나타났다.

동력분무기를 이용하여 살포할 경우의 노출량 비교에서도 SS기를 이용한 농약살포기와 같은 약제들에서 노출이 많이 되는 것을 알수 있었으나, 노출량은 SS기의 절반수준인 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 노출량은 많으나 살포면적에 있어서 SS기보다 상대적으로 적은 면적을 살포하기 때문인 것으로 생각되었다.

Table 4. Exposure values of application using Moter sprayer

Name	without PPE			Exposure (mg/kg/day)	with PPE			Exposure (mg/kg/day)
	Absorbed Dose (mg/day)				Absorbed Dose (mg/day)			
	Mixing/ Loading	Appication	Total		Mixing/ Loading	Appication	Total	
Abamectin (EC)	0.203	0.045	0.247	0.004	0.020	0.049	0.001	
Acequinocyl (SC)	1.688	1.123	2.810	0.047	0.084	0.009	0.000	
Acetamiprid (WP)	0.521	0.299	0.820	0.014	0.016	0.085	0.001	
Acrinathrin (SC)	0.641	0.142	0.783	0.013	0.032	0.064	0.001	
Alphacypermethrin (EC)	0.225	0.150	0.375	0.006	0.023	0.057	0.001	
Alphacypermethrin (WG)	0.177	0.207	0.383	0.006	0.002	0.049	0.001	
Amitraz (EC)	2.250	1.497	3.747	0.062	0.225	0.567	0.009	
Azinphos-methyl (WP)	6.512	3.743	10.254	0.171	0.203	1.058	0.018	
Azocyclotin (WP)	2.116	1.216	3.332	0.056	0.066	0.344	0.006	
Azocyclotin (SC)	3.150	1.048	4.198	0.070	0.158	0.397	0.007	
Benfuracarb (EC)	3.375	2.246	5.621	0.094	0.338	0.851	0.014	
Benfuracarb (WP)	1.921	2.246	4.166	0.069	0.023	0.536	0.009	
Bensultap (WP)	6.512	3.743	10.254	0.171	0.203	1.058	0.018	
Benzoximate (EC)	2.250	1.497	3.747	0.062	0.225	0.567	0.009	
Beta-cyfluthrin (EC)	0.281	0.094	0.375	0.006	0.028	0.049	0.001	
Bifenazate (SC)	2.700	0.898	3.598	0.060	0.135	0.340	0.006	
Bifenthrin (WP)	0.260	0.150	0.410	0.007	0.008	0.042	0.001	
Bifenthrin (EC)	0.113	0.075	0.187	0.003	0.006	0.023	0.000	
Carbaryl (WP)	8.139	4.678	12.817	0.214	0.254	1.323	0.022	
Carbosulfan (WP)	1.817	1.497	3.314	0.055	0.042	0.384	0.006	
Carbosulfan (SC)	2.250	1.497	3.747	0.062	0.113	0.455	0.008	
Chlorfenapyr (WP)	0.454	0.374	0.828	0.014	0.010	0.096	0.002	
Chlorfenapyr (SC)	1.125	0.374	1.499	0.025	0.056	0.142	0.002	
Chlorfenapyr (EC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.056	0.142	0.002	
Chlorfluazuron (SC)	1.125	0.251	1.376	0.023	0.056	0.113	0.002	
Chlorfluazuron (EC)	0.563	0.187	0.750	0.012	0.028	0.071	0.001	
Chlorpyrifos (WP)	3.748	3.088	6.835	0.114	0.086	0.792	0.013	
Chlorpyrifos (EC)	2.250	2.994	5.244	0.087	0.225	0.909	0.015	
Clofentezine (WP)	3.256	1.871	5.127	0.085	0.102	0.428	0.009	
Clofentezine (SC)	4.725	1.257	5.982	0.100	0.236	0.524	0.009	
Clothianidin (SG)	0.114	0.299	0.413	0.007	0.001	0.070	0.001	
Clothianidin (SC)	0.900	0.599	1.499	0.025	0.045	0.182	0.003	
Cyflumetofen (SC)	2.250	0.749	2.999	0.050	0.113	0.284	0.005	
Cyfluthrin (WP)	0.326	0.187	0.513	0.009	0.010	0.053	0.001	
Cyfluthrin (EC)	0.225	0.150	0.375	0.006	0.023	0.057	0.001	
Cyhexatin (WP)	2.116	1.216	3.333	0.056	0.066	0.612	0.010	
Cypermethrin (EC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.056	0.142	0.002	
Deltamethrin (EC)	0.113	0.075	0.187	0.003	0.011	0.028	0.000	
Diflubenzuron (WP)	1.302	0.749	2.051	0.034	0.041	0.212	0.004	
Dimethoate (EC)	5.175	3.443	8.618	0.144	0.518	1.304	0.022	

Table 4. Continued

Name	without PPE				with PPE			
	Absorbed Dose(mg/day)			Exposure (mg/kg/day)	Absorbed Dose(mg/day)			Exposure (mg/kg/day)
	Mixing/ Loading	Appication	Total		Mixing/ Loading	Appication	Total	
Dinitofuran (WP)	1.281	1.497	2.778	0.046	0.015	0.342	0.357	0.006
Esfenvalerate (WP)	0.195	0.112	0.308	0.005	0.006	0.026	0.032	0.001
Esfenvalerate (EC)	0.169	0.112	0.281	0.005	0.017	0.026	0.043	0.001
Etoxazole (SC)	1.125	0.187	1.312	0.022	0.056	0.043	0.099	0.002
Fenazaquin (SC)	2.250	0.501	2.751	0.046	0.113	0.115	0.227	0.004
Fenazaquin (EC)	1.125	0.374	1.499	0.025	0.113	0.086	0.198	0.003
Fenbutatin oxaide (WP)	6.512	3.743	10.254	0.171	0.203	0.855	1.058	0.018
Fenbutatin oxaide (EC)	1.688	1.123	2.810	0.047	0.169	0.257	0.425	0.007
Fenitrothion (WP)	6.512	3.743	10.254	0.171	0.203	0.855	1.058	0.018
Fenitrothion (EC)	5.625	3.203	8.828	0.147	0.563	0.855	1.418	0.024
Fenothiocarb (EC)	3.938	2.620	6.557	0.109	0.394	0.599	0.992	0.017
Fenpropathrin (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Fenpropathrin (EC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.056	0.086	0.142	0.002
Fenpyroximate (SC)	0.563	0.187	0.750	0.012	0.028	0.414	0.442	0.007
Fenthion (EC)	5.625	3.743	9.368	0.156	0.563	0.855	1.418	0.024
Fenvalerate (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Fenvalerate (EC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.056	0.086	0.142	0.002
Flonicamid (WP)	0.320	0.374	0.694	0.012	0.004	0.086	0.089	0.001
Fluarypyrim (SC)	3.375	1.123	4.498	0.075	0.169	0.257	0.425	0.007
Flufenoxuron (DC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.028	0.086	0.114	0.002
Hexythiazox (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Imidacloprid (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Imidacloprid (SC)	0.900	0.299	1.199	0.020	0.045	0.068	0.113	0.002
Imidacloprid (SL)	0.450	0.299	0.749	0.012	0.023	0.068	0.091	0.002
Indoxacarb (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.036	0.056	0.001
Indoxacarb (SC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.028	0.086	0.114	0.002
Indoxacarb (WP)	0.192	0.225	0.417	0.007	0.002	0.051	0.054	0.001
Lamda-cyhalothrin (WP)	0.130	0.075	0.205	0.003	0.004	0.017	0.021	0.000
Lamda-cyhalothrin (EC)	0.113	0.075	0.187	0.003	0.011	0.017	0.028	0.000
Lufenuron (EC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.056	0.086	0.142	0.002
Methoxyfenozide (WP)	0.521	0.299	0.820	0.014	0.016	0.068	0.085	0.001
Methoxyfenozide (SC)	2.363	0.393	2.755	0.046	0.118	0.090	0.208	0.003
Milbemectin (WP)	0.130	0.075	0.205	0.003	0.004	0.048	0.052	0.001
Milbemectin (EC)	0.113	0.075	0.187	0.003	0.011	0.017	0.028	0.000
Novaluron (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Phenthoate (EC)	5.400	3.593	8.993	0.150	0.540	0.821	1.361	0.023
Propargite (WP)	5.274	3.031	8.306	0.138	0.164	0.693	0.857	0.014
Propargite (WP)	3.169	3.705	6.874	0.115	0.037	0.846	0.883	0.015
Prothiofos (WP)	5.209	2.994	8.203	0.137	0.162	0.684	0.846	0.014
Prothiofos (EC)	5.625	3.743	9.368	0.156	0.563	0.855	1.418	0.024
Pyridaben (WP)	2.605	1.497	4.102	0.068	0.081	0.342	0.423	0.007
Pyridaphenthion (WP)	6.512	3.743	10.254	0.171	0.203	0.855	1.058	0.018
Spinosad (SC)	1.125	0.374	1.499	0.025	0.056	0.086	0.142	0.002
Spinosad (WP)	0.320	0.374	0.694	0.012	0.004	0.086	0.089	0.001
Spirodiclofen (WP)	2.344	1.347	3.691	0.062	0.073	0.308	0.381	0.006
Spirodiclofen (SC)	2.475	0.412	2.887	0.048	0.124	0.094	0.218	0.004
Spiromesifen (SC)	2.250	0.749	2.999	0.050	0.113	0.171	0.284	0.005
Tebufenozide (WP)	1.042	0.599	1.641	0.027	0.032	0.383	0.415	0.007
Tebufenozide (SC)	2.250	1.497	3.747	0.062	0.113	0.342	0.455	0.008
Tebufenpyrad (WP)	0.651	0.374	1.025	0.017	0.020	0.086	0.106	0.002
Tebufenpyrad (EC)	1.125	0.374	1.499	0.025	0.113	0.086	0.198	0.003
Teflubenzuron (SC)	0.563	0.374	0.937	0.016	0.028	0.086	0.114	0.002
Tetradifon (EC)	0.900	0.749	1.649	0.027	0.090	0.171	0.261	0.004

Table 4. Continued

Name	without PPE			Exposure (mg/kg/day)	with PPE			Exposure (mg/kg/day)
	Absorbed Dose(mg/day)				Absorbed Dose(mg/day)			
	Mixing/Loading	Appication	Total		Mixing/Loading	Appication	Total	
Thiacloprid (SC)	1.125	0.374	1.499	0.025	0.056	0.086	0.142	0.002
Thiametoxam (WP)	0.320	0.374	0.694	0.012	0.004	0.086	0.089	0.001
Thiodicarb (WP)	5.209	2.994	8.203	0.137	0.163	0.684	0.847	0.014
Zeta-cypermethrin (EC)	0.338	0.225	0.562	0.009	0.034	0.051	0.085	0.001

과원 농약살포자의 위해성 평가

농약의 농약살포자에 대한 위해성 평가는 산출된 노출량을 reference 값으로 나눈 위해성 지수(RQ, risk quotient)로 평가하였다. 이 RQ가 1 이하일 경우 농약살포자의 위해성이 낮다는 것을 의미하며 크면 클수록 위해성이 높은 것을 의미한다.

SS기를 이용하여 농약을 살포할 때의 위해성평가 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 총 97품목의 약제 중 26%에 해당하는 25품목만이 RQ가 1보다 작았으며, 74%는 현재 과원 농약살포자에 대한 위해성이 크다는 것을 알 수 있었다. 과원 농약살포자에 대한 위해성이 크다는 것을 의미하는 위해성 지수가 1보다 큰 약제 중에는 1-10인 약제가 47품목, 10-50인 약제가 18품목, 50보다 큰 약제도 7품목이었다. 위해성 지수가 1을 초과하는 72품목의 약제에 대하여 계통별로 분석한 결과 피레스로이드계 농약이 14품목으로 가장 많았으며, 유기인계계가 11품목, 카바메이트계가 9품목 순이었다. 개인 보호장비를 착용하였을 경우(Fig. 1)에는 위해성지수가 1 이하인 약제가 56품목으로 증가하였으나 나머지 41품목은 1을 초과하는 것으로 나타나 여전히 위해성이 높은 것을 알 수 있었으며, 이 47품목 중 위해성 지수가 1-10인 약제가 36품목, 10-50이 1목, 50이상이 4품목이었다. 또한 위해성 지수가 1을 초과하는 47품목의 약제에 대하여 계통별로 분석한 결과, 유기인계 농약이 11품목으로 가장 많았으며, 카바메이트계가 8품목으로 개인보호장비를 착용하지 않은 경우와 비슷한 반면

피레스로이드계 농약은 5품목으로 크게 줄었다.

동력분무기(MS기)를 이용하여 농약을 살포할 때의 위해성지수(RQ) 값을 Fig. 2에 나타내었다. 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않은 경우 총 97 품목의 약제 중 37%에 해당하는 품목의 위해성지수가 1보다 작았으며, 63%는 과원 농약살포자에 대한 위해성이 크다는 것을 알 수 있었다. 과원 농약살포자에 대한 위해성이 크다는 것을 의미하는 위해성 지수가 1보다 큰 약제 중에는 1-10인 약제가 48품목, 10-50인 약제가 10품목, 50이상이 4품목이었다. 위해성 지수가 1을 초과하는 62품목의 약제에 대하여 계통별로 분석한 결과, 유기인계 농약이 32.0%로 가장 많았으며, 카바메이트계가 14.7%, 피레스로이드계가 9.3% 순이었다. 개인 보호장비를 착용하였을 경우(Fig. 2)에는 위해성지수가 1 미만인 약제가 78품목으로 증가하였고 1을 초과하는 약제는 19품목이었다. 이 19품목 중 위해성 지수가 1-10인 약제는 15품목, 10-50이 2품목, 50이상이 2품목이었다. 위해성 지수가 1을 초과하는 19품목의 약제에 대하여 계통별로 분석한 결과, 유기인계 농약이 11품목으로 가장 많았으며, 카바메이트계가 5품목이었으며, 피레스로이드계는 없었다.

이상의 평가결과 과원 농약살포자의 모델에 의하여 산출한 노출량이 농약살포자노출허용량을 초과하는 경우가 많다는 것을 나타내며 위해성이 우려된다고 판단된다. 다행히 이러한 농약은 현재 재등록 절차를 통하여 농약살포자 노출량 측정시험을 수행하여 추가평가를 진행하고 있다. 이러한 추가평가 결과 농약살포자의 위해성이 높은 농약은 농민을

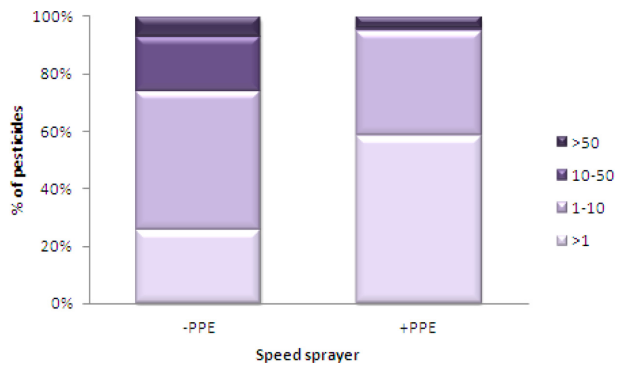


Fig. 1. Risk analysis of orchard worker spraying with speed sprayer.

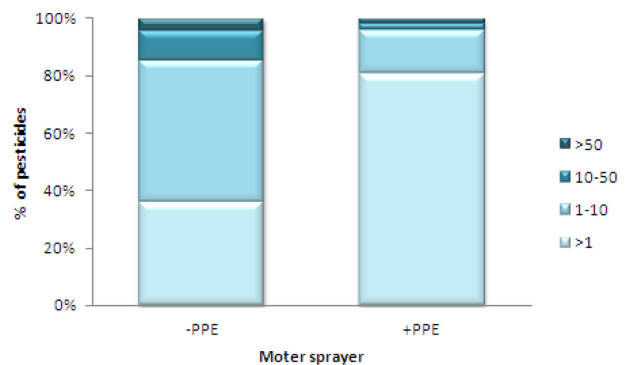


Fig. 2. Risk analysis of orchard worker spraying with motor sprayer.

보호하기 위하여 법적규제가 내려질 것으로 예상되며, 금후 과원 농약살포자의 위해성을 경감시키고 안전한 농산물 생산 환경을 조성하기 위한 제도적 장치의 보완이 시급하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2012년 농촌진흥청의 “한국형 농약노출량 산정모델 확립 및 평가방법 선진화(과제번호 PJ0074112012)”의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

Durham, W. F. and H. R. Wolfe (1962) Measurement of the exposure of workers to pesticides, Bull, WHO, 26:75~91.
 European Commission (2006) Guidance for the setting and application of acceptable operator exposure levels (AOEL). Working document (7531/rev.10 of 07/07/2006), DG SANCO.
 Hong, S, J. Lee, Y. Park, J. S. Shin, G. Im and G. H. Ryu (2007) The proposure estimation of korean orchard farmer. The korean society of pesticide science. 11(4):281~288.

UK scientific Sub-committee on Pesticides and British Agrochemical Association Joint Medical Panel, JMP (1986) UK Predictive Operator Exposure Model(POEM): Estimation of exposure and absorption of pesticides by spray operator, Pesticide Safety Directorate, York, UK.
 Korea Crop Protection Association (2011). Agrochemicals use guid book.
 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.
 Rural development administration. Agrochemicals control act. 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) Pretictive exposure modelling for pesticide registration purpose, Ann. Occup. Hyg. 37:525~541.

● 변형된 UK-POEM을 이용한 한국 과수 농약살포자 위해성 평가 ●

홍순성* · 유아선 · 정미혜 · 박경훈 · 박재읍 · 이영자
 국립농업과학원 농산물안전성부

요약 본 연구는 우리나라 과수 농약살포자의 농약 노출량 산정과 위해성 평가를 위하여 수행되었다. 우리나라 과수에 사용되고 있는 약제 중 분무의 형태로 이용되는 97종의 품목에 대하여 사용방법에 대한 정보를 수집하였고, 이를 근거로 농약 노출량을 국내실정에 맞게 변형한 UK-POEM(United Kingdom-Predicted Operator Exposure Model)모델을 이용하여 산정하였다. 산정된 노출량을 세계 각 기관에서 발표된 농약살포자 노출허용량과 비교하여 위해성을 평가하였다. Speed sprayer (SS기)를 이용하여 살포작업을 하는 경우 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않았을 때 74.2%, 개인 보호장비를 착용하였을 때 42.3%가 위해성이 있는 것으로 나타났다. 또한 동력분무기(MS기)를 이용하였을 경우 개인보호장비(PPE)를 착용하지 않았을 때 64.1%, 개인 보호장비를 착용하였을 때 19.4%가 위해성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 현재 우리나라 과수 농약살포자의 농약 노출로 인한 위해성이 우려된다는 것을 의미한다.

색인어 농약 살포자, 노출, 위해성, 평가

