

화훼작업 종사자의 유기인계 및 피레스로이드 살충제 노출에 대한 생물학적 모니터링

송재석 · 권기두¹ · 최홍순* · 유호영

관동대학교 의과대학 예방의학과, 관동대학교 대학원

Biological Monitoring of the Exposure Level of Organophosphorus and Pyrethroid Pesticides in Floriculture Workers and Florists

Jae Seok Song, Ki Doo Kwon¹, Hong Soon Choi* and Ho Young Yu

Department of Preventive Medicine and Institute of Kwangdong University, Kangnung 210-702, South Korea

¹Department of Preventive Medicine, Graduate School of Kwandong University

(Received on October 15, 2013. Revised on October 30, 2013. Accepted on January 21, 2014)

Abstract This study was performed to evaluate the exposure level of organophosphorus and pyrethroid pesticide to floriculture workers and florists. The urinary dialkylphosphates, metabolites of organophosphorus insecticides, including dimethylphosphate (DMP), diethylphosphate (DEP), dimethylthiophosphate (DMTP), diethylthiophosphate(DETP) and pyrethroids of metabolites, cis/trans DCCA, DBCA, and 3-PBA were analysed to evaluate the exposure of organophosphorus and pyrethroid pesticide to floriculture workers and florists. The concentration of DMP is highest in floriculture workers, but the concentration of DETP is highest in retail florist. The concentration of 3-PBA is highest in floriculture workers. The amount of organophosphorus and pyrethroid pesticide exposure is highest in flower workers, wholesale florist and retail florists are followed. The management for reducing pesticide exposure to floriculture workers and wholesale florist is required.

Key words dialkylphosphate, GC/MSD, organophosphate insecticides, pyrethroids insecticides, urine

서론

살충제는 재배작물의 성장에 방해가 되는 해충의 제거를 위한 화학물질을 말한다. 살충제는 유효성분의 화학적 계열에 따라서 유기염소계, 유기인계, 카바메이트계, 피레스로이드계, 요소계 등 화학적 특성에 따라 분류한다. 유기염소계 살충제의 높은 잔류성 때문에 1970년대 중반부터 유기염소계 살충제 대신 유기인계 및 피레스로이드계, 카바메이트계 등의 농약 생산이 증가되어 왔다. 국내에서 생산되는 살충제의 생산량과 출하량을 살펴보면 생산량은 25,428,000 kg

으로 전체 농약생산량의 35%를 차지하고 있다. 출하량은 24,262,000 kg으로 전체 출하량의 35.3%를 차지하고 있다. 현재 유기인계는 38종, 피레스로이드계는 17종이 등록되어 있으며, 유기인계는 전체 출하량의 10.7%, 피레스로이드계는 전체 출하량의 9.5%를 차지하고 있다(KCPA, 2010).

유기인계 살충제의 독성은 신경말단에서 아세틸콜린에스트라제의 인산화를 일으켜 아세틸콜린 과분비를 유도하여 과도한 부교감신경 항진효과를 나타낸다. 피레스로이드계 살충제는 내분비계장애물질로 알려져 있으며, 말초 신경의 sodium 통로를 억제하여 과민반응, 전율, 운동장애, 경련, 마비 등을 일으킨다(EPA, 1999). 유기인계 살충제는 체내에서 dealkylation, hydrolysis, isomerrization 등을 통해 대사되어 Diakylphosphates (DAP)로 대사된다. DAP는 O,O-Dimethyl phosphate (DMP), O,O-Diethyl phosphate (DEP), O,O-

*Corresponding author

Tel: +82-33-649-7459, Fax: +82-33-641-1074

E-mail: wesang@kd.ac.kr

Diethyl phosphorothionate (DETP), O,O-Dimethyl phosphorothioate (DMTP) 등으로 분류된다(Murphy, 1985; Hardt et al., 2000; Bravo, 2002). DAP 형태로 대사되는 유기인계 살충제로는 종류가 많은데 대표적으로 chlorpyrifos, diazinon, fenthion 그리고 phorate등이 있다(EPA, 1987). 피레스로이드계 살충제는 체내에서 3-Phenoxybenzoic acid (3-PBA)로 공통 대사되며 deltamethrin은 3-PBA 이외에 cis-3-(2,2-Dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid (cis-DBCA), cypermethrin, permethrin는 cis-and trans-3-(2,2-Dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid (cis-and trans-DCCA) 로 대사된다(Angerer et al., 1997).

유기인계 및 피레스로이드계 살충제는 유기 염소계 살충제보다 반감기가 짧다. 유기인계 살충제 diazinon에 구강노출과 피부 노출된 사람에서 구강노출은 14시간 내에 배출되었으며, 피부노출의 반감기는 13시간 이었다(Garfitt et al., 2002). 피레스로이드계 살충제에 노출된 작업자의 소변을 분석한 결과 대사물질의 반감기는 1.8일 정도이며 체내에서 완전히 배설되는데 걸리는 시간은 4일 이내였다(Aprea, 1997). 그러나 인체 내 잔류성은 낮지만 반복적으로 노출되는 작업자들에 대한 만성독성은 많은 연구가 이루어지지 않았다.

화훼 작업자에 대한 연구를 살펴보면, 대형 화훼유통단지에서 채취한 장미, 국화, 백합에서 잔류농약 모니터링을 하여 36종의 잔류살충농약을 검출하였으며, 유기인계 살충제인 diazinon, EPN, 그리고 phorate가 1.15-53.5 mg/kg 검출되었다. 피레스로이드계 살충제 fenprothrin은 1.15-1.56 mg/kg이 검출되었다(Lee et al., 2009). 2006년 Bouvier 등의 연구에서는 플로리스트의 손에서 잔류 농약 분석 결과 유기인계 살충제 5종이 검출되었으며, 검출된 농도는 9-475 ng/hands 였다. 그리고 후속 연구에서는 직업적으로 유기인계 살충제에 노출되는 사람들의 소변내 DAP 분석하여 0.168 $\mu\text{mol/g}$ creatinine 의 평균값을 제시하였다. 2010년 Lacasana는 화훼 농작업자들의 소변내 DAP를 분석하여 2.0 $\mu\text{mol/g}$ creatinine의 평균값을 제시하였다. 화훼는 다른 과채류와 달리 병충해가 있는 경우, 상품가치가 없어지기 때문에 농약의 사용이 많을 것으로 생각되나 실증적인 국내 연구는 거의 없다.

본 연구는 화훼작업 종사자 즉 화훼 농작업자, 화훼도매상, 플로리스트를 대상으로 인체내 소변 중 유기인계와 피레스계 농약의 그 대사물질을 검출해서 노출량을 평가하는데 목적이 있다. 농약의 노출은 호흡기, 소화기, 피부 등으로 흡수되기 때문에 피부로 노출되는 양만을 가지고 인체노출을 평가 하는 데에는 제한이 따른다. 그러나 농약은 증기압이 낮기 때문에 호흡기보다는 피부로 노출되는 양이 더 높다.

농약 살포 작업시 농약 노출평가는 호흡기 노출, 피부 노

출, 생물학적모니터링 방법 등이 있다. 호흡기 노출평가 방법은 개인용 공기 샘플러에 고체상 흡착제인 XAD계열의 흡착관을 통해 평가하고, 피부노출평가 방법은 작업공정상 노출 가능한 신체 부위에 patch를 부착하여 평가하는 방법이다. 그러나 이러한 방법들은 인체내 흡수된 농약을 평가하기엔 제한점이 따른다. 따라서 본 연구는 체내 흡수된 농약들의 대사물질의 정성과 정량을 통해 화훼작업 종사자들을 대상으로 사람 소변을 이용한 생물학적 모니터링 평가를 하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

유기인계 대사물질인 Dimethyl phosphate(DMP; 98%, Acros Chemical), Diethylphosphate (DEP; 98%, Supelco), Dimethylthiophosphate (DMTP; 98%, Aldrich), Diethylthiophosphate (DETP; 98%, Aldrich), 및 내부표준물질 Dibutylphosphate (DBP; 98%, Acros Chemical)를 사용하였다. 전처리에 사용된 유기용매는 Sigma, J.T. Baker등 chromatography용으로 구입하여 사용하였다.

피레스계 대사물질인 3-phenoxybenzoic acid (3-PBA; 98%, Aldrich), 2-phenoxybenzoic acid (2-PBA; 98%, Fluka), cis-and trans-3-(2,2-Dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid (cis-and trans-DCCA; 99%, Cambridge isotope), cis-3-(2,2-Dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid (cis-DBCA; 99%, Dr. Ehrenstorfer)를 사용하였다. 기타 유도체 시약인 pentafluorobenzylbromide (PFBB; 99%, Supelco), MTBSTFA (98%, TCI)를 사용하였다.

실험 방법

소변시료채취

소변시료는 양재동 화훼단지 화훼 도매상 9명, 플로리스트는 강릉 지역의 꽃집 종사자 8명을 대상으로 하였다. 그리고 화훼 농작업자는 강릉, 원주, 양양 지역의 화훼재배 농작업인 12명을 대상으로 하였다. 화훼 농작업자 시료 채취는 살포 당일날 농가에 방문하여 살충제 농약성분을 확인한 후 소변 컵을 제공하여 소변시료를 채취하였다. 이중 해당 살충제 사용여부에 따라 2-3회 반복적으로 소변시료를 채취하였다. 소변 채취 시기는 화훼 도매상이나 플로리스트는 매일 업무가 동일하게 반복적으로 이루어지기 때문에 방문 당일날 소변을 채취하였으며, 농작업자는 살충제의 반감기를 고려하여 살포 다음날 첫 소변을 받아 분석에 이용하였다.

유기인계 대사물질의 전처리 방법

소변 시료는 사용하기 전 30분 전에 냉동실에서 꺼내어 녹인 후 원심 분리한 후 상층액을 사용하였다. 검량선 작성,

회수 및 검출한계 조사를 위해서 사용된 blank 소변 시료는 태어난 직후의 신생아 소변을 이용하였다. 타당성 검토를 위하여 실험하기 전 각각의 대사물질이 없는 것을 확인한 후 사용하였다. 대사 물질 분석 방법은 Ueyama 방법을 그대로 사용하였다(Ueyama et al., 2006). 전처리 방법은 소변 시료 5.0 mL를 screw cap tube에 취한 다음, HCl (6 mol) 1 mL, Na₂SO₄ 50 mg, NaCl 5 g을 첨가한 후 내부표준물질 DBP (1 mg/l) 20 µl를 추가하였다. 첨가된 시료를 1분 동안 혼합한 후 추출용매 diethylether:acetonitrile (1 : 1) 5 mL를 넣고, 5 min 동안 흔든 후 centrifuge (2000 g × 5 min)하여 상층액을 다른 시험관에 옮겼다. 다시 diethylether : acetonitrile (1 : 1) 5 mL를 넣고 재추출하여 상층액을 취하였다. 두 번의 추출과정에서 얻은 유기층을 시험관에 담아 N₂ 가스로 완전히 건조하였다. 다시 acetonitrile 1 mL, K₂CO₃ 15 mg, 그리고 유도체 시약인 PFBBR 50 µl를 첨가하여 증탕에서 70°C, 1 hr 동안 유도체반응을 반응 시킨 후 상온에서 식혔다. 반응액을 추출하기 위해 증류수 4.5 mL, n-hexane 4.5 mL를 넣고 액상 추출한 후, n-hexane 4.5 mL를 넣고 재추출하였다. 추출한 유기층을 다른 바이알에 취하여 N₂ 가스로 완전히 제거한 후 toluene 100 µl로 용해하여 이중 2 µl를 GC/MSD로 분석하였다.

정량 분석은 GC-MS (SIM)을 이용하여 수행하였으며 각 peak의 면적을 내부표준물질의 면적비로서 검량선을 작성하여 시료중 유기인계 대사물질의 농도를 구하였다.

피레스로이드계 대사물질의 전처리 방법

피레스로이드계 대사물질 분석방법은 Schettgen 방법을 그대로 사용하였다(Schettgen et al., 2002). 전처리 방법은 소변 시료 10.0 mL를 screw cap tube에 취한 다음 HCl

(37%) 1 mL, 내부표준물질 2-PBA (1 mg/l) 100 µl를 첨가하여 water bath에서 90°C, 1 hr 동안 가수분해한 후 상온에 식혔다. 추출용매 n-hexane 5 mL를 넣고, 10분 동안 흔든 후 원심분리(1500 g × 5 min)하여 상층액을 다른 시험관에 옮겼다. 다시 n-hexane 5 mL를 넣고 재추출하여 상층액을 취하였다. 두 번의 추출과정에서 얻은 유기층을 시험관에 담아 N₂ 가스로 완전히 건조하였다. 다시 toluene 50 µl, MTBSTFA 10 µl를 첨가한 후 증탕에서 70°C, 4분 동안 유도체 시킨 후 상온에서 식혔다. 반응액중 2 µl를 GC/MSD로 분석하였다.

실험기기 및 분석조건

본 실험에 이용된 분석기기는 Hewlett-Packard 5890 Gas Chromatograph (GC)에 direct interface로 연결된 HP 5973 Mass Spectrometer이고, 시료주입은 HP 7673A Autosampler를 사용하였다. 전처리 장비는 유도체화 과정에 사용된 water bath는 Mono-Tech MSB-30R을 사용하였고, 시료를 농축시키기 위해 EYELA사의 MGS-2200를 사용하였다. 본 연구에 사용되었던 전반적인 GC/MSD의 분석조건은 Table 1, 2와 같다.

대사물질의 유도체 과정에서 각각의 대사물질에 대한 fragment ions는 다음과 같다(Table 1). DMP-PFBBR은 R-OC6F5CH2Br 형태로 유도체 되는데 이때 m/z 306, 110, 194로 유도체 이온이 형성된다. 다른 물질도 이와 같은 유도체 과정을 거쳐 반응이 완결되었음을 나타냈다.

GC-MSD에서 ion mass중 밀출된 ion이 가장 큰 abundance를 나타내고 있지만 정성 분석시 크로마토그램의 최적의 분리도를 위해 선택적으로 이온을 설정하여 분석하였다.

Table 1. Retention time and fragment ions of the organophosphates metabolites

No	Dialkyl phosphate PFB-Br derivatives	Retention time (min)	Detected masses (m/z)
1	DMP	6.71	<u>110</u> , 306, 194
2	DEP	7.37	<u>258</u> , 334, 197
3	DMTP	7.80	<u>322</u> , 110, 211
4	DETP	8.36	<u>350</u> , 213, 274
5	DBP (I.S)	9.24	<u>335</u> , 279, 258

Table 2. Retention time and fragment ions of pyrethroid metabolites

No	tert-Butyl-dimethylsilyl derivatives of	Retention time (min)	Detected masses (m/z)
1	cis-Cl ₂ CA	12.23	<u>265</u> , 225, 128
2	trans-Cl ₂ CA	12.43	<u>265</u> , 225, 128
3	Br ₂ CA	14.20	<u>355</u> , 115, 253
4	2-PBA(IS)	16.81	<u>271</u> , 197, 227
5	3-PBA	17.14	<u>271</u> , 197, 227

Table 3. The operating conditions of GC/MSD for organophosphate pesticides

Description	Conditions
Detector Temp	280°C
Injector Temp	250°C
Injection volume	2 µl
Column	DB-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm)
Gas flow rate	1 ml/min
Oven Temp	80°C, 1 min, 20°C/min to 250°C for 10 min
Scan	1.2 scan/sec
Electron Impact	70 ev
MS range	50-500
Solvent delay	5 min
Split ratio	splitless
Group	Start Time (min) Selected Ion (m/z)
1	6.60 110, 306, 194
2	7.00 258, 334, 197
3	7.25 322, 110, 211
4	8.30 350
5	9.00 335, 279, 258

통계분석방법

분석결과는 자료수도 작고, 정규분포를 하지 않기 때문에 비모수 분석방법을 적용하였다. 세 집단간의 중위수 차이는 Kruskal-Wallis 방법을 이용하여 분석하였다. 유기인계와 피레스로이드계 살충제의 대사물질 간의 상관관계를 Spearman 상관분석을 이용하여 비교하였다. 그리고 각 집단간 검출율의 비교는 카이제곱 검정과 Fisher의 정확도 검정을 이용하여 분석하였다. 모든 통계분석은 SAS를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

유기인계 및 피레스로이드계 Chromatogram

실험 재료 및 방법에서 제시한 분석조건에 따라 추출한 후 GC/MSD로 분석한 결과 각각의 머무름시간과 크로마토그램은 Fig 1, 2와 같다. 유기인계 대사물질인 DMP, DEP, DMTP, DETP 그리고 내부표준물질인 DBP의 머무름시간은 6.69, 7.35, 7.78, 8.33 그리고 9.22분에 검출되었다. 피레스로이드계 대사물질인 cis-DCCA, trans-DCCA, DBCA, F-PBA, 그리고 3-PBA는 각각 12.16, 12.37, 14.13, 16.76 그리고 17.09분에 검출되었다.

생체시료 분석결과

화훼 농작업은 재배기간 동안 일정일 간격으로 살충제를

Table 4. The operating conditions of GC/MSD for pyrethroids pesticides

Description	Conditions
Detector Temp	280°C
Injector Temp	250°C
Injection volume	2 µl
Column	Rtx 65 (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm)
Gas flow rate	1 ml/min
Oven Temp	80°C, 1 min, 10°C/min to 150°C, 1 min and 15°C min to 300°C for 6 min
Scan	1.2 scan/sec
Electron Impact	70 ev
MS range	50-500
Solvent delay	5 min
Split ratio	splitless
Group	Start Time (min) Selected Ion (m/z)
1	12.00 265
2	14.00 355
3	16.50 289, 245
4	16.60 271, 211
5	16.90 271, 227

살포한다. 화훼류는 비식용작물로 분류되어 잔류허용기준 미설정 품목으로 수확 전 살포횟수가 설정되어있지 않다 (MAFRA, 2006). 화훼는 재배단지에서 절화를 수확한 뒤 파손방지와 신선도 유지를 위하여 포장, 냉암소에 보관 후 화훼 도매단지로 운반된다. 화훼 도매상은 절화의 상품성을 높이기 위하여 절화를 손질하여 진열하고 화훼 소매업자에게 판매한다. 화훼 소매업자는 신선도 유지를 위하여 냉암소에 절화를 보관하고 2차적인 손질, 포장을 하여 소비자에게 판매를 한다. 이 과정에서 유통은 직사광선이 들지 않는 냉암소에서 이루어지며, 절화 손질시에는 맨손으로 하거나 직물장갑 또는 라텍스 장갑을 사용한다.

화훼 농작업자들은 농약의 살포과정, 즉 농약희석, 살포 등의 과정에서 호흡기, 피부, 소화기노출의 가능성이 있고, 화훼 도매상과 플로리스트는 절화 손질시 피부를 통한 노출이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 화훼를 취급하는 종사자들의 소변에서 살충제 대사물질을 분석하는 생물학적 평가를 통하여 플로리스트, 화훼 도매상, 화훼 농작업자들의 유기인계, 피레스로이드계 살충제에 대한 노출량을 평가하였다. 연구결과 유기인계 살충제의 대사물질중 DMP는 화훼 농작업자에서 가장 높았으며, DMTP는 화훼 도매자에서 통계적으로 유의하게 낮았다. 반면 DETP는 플로리스트에서 유의하게 높았다. 그러나 모든 대사물질에서 가장 많은 노출은 화훼 농작업자로, 화훼 농작업에서 유기인계 살충제의 노출정도를 확인할 수 있었다.

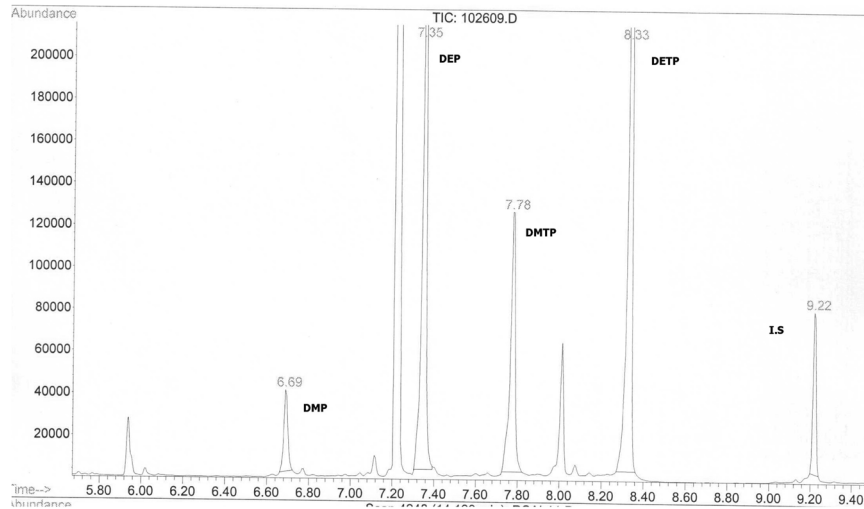


Fig. 1. Chromatogram in urine spiked with DAP.

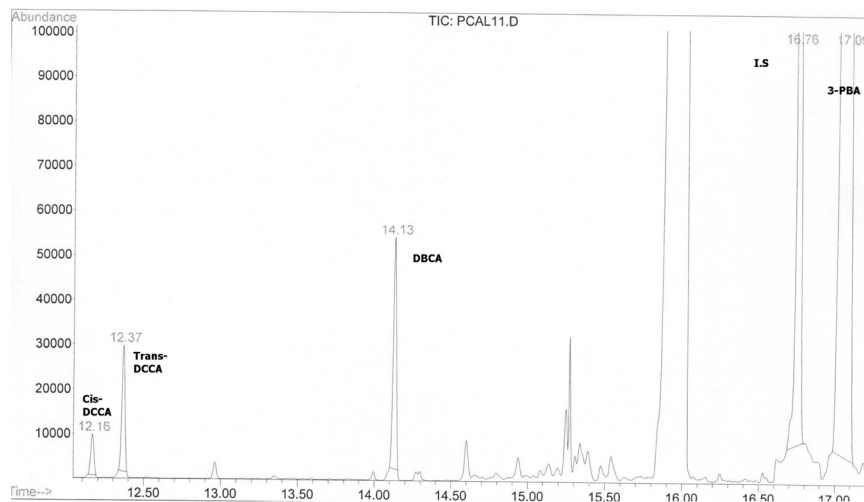


Fig. 2. Chromatogram in urine spiked with pyrethroids metabolites.

Table 5. The concentration of metabolites for organophosphates and pyrethroids according to flowers worker (ug/g creatinine) [median (minimum-maximum)]

	All	Retailsale	Wholesale	Floriculture workers
DMP*	0.3(0.3-46.7)	0.3(0.3-37.1)	0.3(0.3-3.1)	5.7(0.3-46.7)
DEP	5.1(0.1-75.5)	0.1(0.1-25.3)	18.1(0.1-22.9)	5.1(0.1-75.5)
DMTP*	9.2(0.3-1025.3)	0.3(0.3-19.1)	13.6(0.3-145.1)	14.9(0.3-1025.3)
DETP*	10.9(0.1-216.7)	0.1(0.1-26.9)	32(9.1-216.7)	8.5(0.1-108.7)
cis-DCCA	0.4(0.1-40.7)	0.1(0.1-7)	2.2(0.1-4.1)	0.4(0.1-40.7)
trans-DCCA	1(0.1-30.5)	0.3(0.1-1.5)	0.9(0.1-30.5)	2.8(0.1-12.8)
DBCA	0.1(0.1-0.4)	0.1(0.1-0.1)	0.1(0.1-0.1)	0.1(0.1-0.4)
3-PBA**	0.1(0.1-3.2)	0.1(0.1-0.2)	0.1(0.1-0.2)	0.8(0.1-3.2)

*: p < 0.05; **: p < 0.01

피레스로이드계 살충제의 대사물질중 3-PBA가 화훼 농작업자에서 통계적으로 유의하게 높았다(Table 5). 세 집단에서의 검출률을 비교한 결과 3-PBA가 화훼 농작

업자에서 검출을 74.1%로 통계적으로 유의하게 높았다. 반면 다른 대사물질의 검출율은 세 집단간에 통계적 유의성을 보이지 않았다(Table 8).

결 론

본 연구에서는 화훼 농작업자나 화훼를 취급하는 종사자를 대상으로 생물학적모니터링 방법을 통하여 노출평가를 실시하였다. 화훼 농작업자는 다른 화훼작업에 비해 살충제에 많이 노출됨을 알 수 있었으며, 화훼를 대량으로 취급하는 화훼 도매상들도 일반인 집단과 비교했을 때 살충제에 많이 노출됨을 알 수 있었다. 2009년 송재석 연구에서 강원 지역 일반인 집단 결과와 비교 했을 경우, 피레스로이드계 살충제의 경우 중간값은 cis -DCCA 1.2, trans-DCCA 0.9, cis-DBCA 0.4, 3-PBA 2.2 (ug/g creatinine)으로 3-PBA만 제외하고 화훼 농작업자에서 노출량의 차이가 상대적으로

Table 6. The result of correlation analysis of concentration metabolites of organophosphate

	DMP	DEP	DMTP	DETP
DMP	1			
DEP	0.59401	1	0.0418	
DMTP	0.00145	0.0418	1	
DETP	-0.39191	-0.01888	0.62807	1

많았다(Song, 2009). 일반인 집단에서 농촌지역도 포함되어 있어서 농가에서 살충제 사용이 많았고, 또한 피레스로이드계 살충제의 환경적 노출가능성이 상대적으로 크기 때문이라고 해석할 수 있다.

살충제의 만성 건강장해에 대한 역학 연구는 많지 않다. 살충제의 건강장해에 대한 역학 연구를 시행하기 위해서는 노출평가가 매우 중요하며, 이를 위해서는 고노출 집단에 대한 실증적 정의가 필수적이다.

생물학적 모니터링을 살충제와 같이 다양한 노출경로를 갖고 있는 물질의 노출평가에 있어서 필수적이다. 때문에 생물학적 모니터링을 이용한 살충제의 노출평가와 고노출 집단의 정의는 추후 살충제의 건강 영향에 대한 역학 연구에서 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구는 1회성 노출 평가이며, 대상자 수가 적다는 제한점이 있다. 그러나 작업자들의 농약 살포 다음 날 아침 소변을 이용하여 조사를 한다는 어려움이 있어서 대상자 수를 늘리기에는 많은 어려움이 따른다는 것을 고려하여야 하며, 추후 충분한 규모의 연구가 필요하다고 할 수 있다.

그러나 이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구 결과 화훼 농작업자와 도매상의 경우, 살충제에 고농도로 노출 될 가

Table 7. The result of correlation analysis of concentration metabolites of pyrethroids

	cis-DCCA	trans-DCCA	DBCA	3-PBA
cis-DCCA	1			
trans-DCCA	0.56255	1	0.1237	
DBCA	0.0728	0.1237	1	
3-PBA	0.5088	0.68315	0.40994	1

Table 8. The detection rates of metabolites of organophosphate and pyrethroids

		Retailsale	Wholesale	Floriculture workers	p-value
DMP	detection	1(11.1)	2(25)	9(33.3)	0.5092
	non detection	8(88.9)	6(75)	18(66.7)	
DEP	detection	3(33.3)	5(62.5)	13(48.1)	0.5757
	non detection	6(66.7)	3(37.5)	14(51.9)	
DMTP	detection	2(22.2)	5(62.5)	15(55.6)	0.1887
	non detection	7(77.8)	3(37.5)	12(44.4)	
DETP	detection	4(44.4)	6(75)	14(51.9)	0.4784
	non detection	5(55.6)	2(25)	13(48.1)	
cisDCCA	detection	4(44.4)	6(75)	20(74.1)	0.2517
	non detection	5(55.6)	2(25)	7(25.9)	
transDCCA	detection	6(66.7)	6(75)	21(77.8)	0.8833
	non detection	3(33.3)	2(25)	6(22.2)	
DBCA	detection	2(22.2)	3(37.5)	13(48.1)	0.3939
	non detection	7(77.8)	5(62.5)	14(51.9)	
3-PBA	detection	3(33.3)	3(37.5)	20(74.1)	0.0367
	non detection	6(66.7)	5(62.5)	7(25.9)	

능성이 있다는 것을 알 수 있었다. 특히, 도매상의 경우, 농작업의 관심에서 벗어나 있어서 관리에 소홀한 부분이 있다. 때문에 환기나 보호구를 포함하여 추후 이들의 건강장해를 예방하기 위한 접근이 필요하다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 유해화학물질 안전 관리기술 개발 연구과제인 ‘농약노출과 만성퇴행성 질환의 연관성 규명’의 일환으로 수행되었습니다.

Literature Cited

Angerer, J. and R. Ritter (1997) Dermination of metabolites of pyrethroids in human urine using slid phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*. 695:217-226.

Aprea, C., Andrea Stridori and Gianfranco Sciarra (1997) Analytical method for the determination of urinary 3-phenoxybenzoic acid in subjects occupationally exposed to pyrethroid insecticides, *Journal of Chromatography B*. 695: 227-236.

Bouvier, G., O. Blanchard, I. Momas and N. Seta (2006) Pesticide exposure of non-occupationally exposed subjects compared to some occupational exposure, A French pilot study. *Science of the Total Environment*. 366:74-91.

Bravo, R., W. J. Driskell and R. D. Whitehead (2002) *Journal of Analytical Toxicology*. 26:245-252.

EPA (1987). *Third National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals*. 350p.

Garfitt, S. J., K. Jones, H. J. Mason and J. Cocker (2002) Exposure to the organophosphate diazinon: data from a

human volunteer study with oral and dermal doses. *Toxicology Letters* 134:105-113.

Hardt, J. and J. Angerer (2000) *J. Anal. Toxicol.* 24:678-684.

Korea Crop Protection Association (2010) *Agrochemical Year Book*.

Lacasaña M., Inmaculada López-Flores, Miguel Rodríguez-Barranco, Clemente Aguilar-Garduño, Julia Blanco-Muñoz, Oscar Pérez-Méndez, Ricardo Gamboa, Susana Bassol and Mariano E. Cebrian (2010) Association between organophosphate pesticides exposure and thyroid hormones in floriculture workers. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 243: 19-26.

Lee, K. H., S. S. Kim, H. R. Park, K. Y. Ji, J. G. Kim, K. Y. Huh and J. H. Huh (2009) Monitoring of Pesticide Residues in Floriculture Crops Collected from Floral Farms and Markets in Korea. *Korean J. Pesticide Science*. 13(4):216-222.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2006)

Murphy, R. (1985) *Environ. Health Perspect.* 60:115-120.

Reigart J. Routt, James R. Roberts (1999) *Recognition and Management of Pesticide Poisonings*, EPA.

Schettgen, T., H. M. Koch, H. Drexler and J. Angerer (2002) New gas cheomatographic mass spectrometric method for the determination of urinary pyrethroid metabolites in environmental medicine. *Journal of Chromatography B*. 778:121-130.

Song, J. S. (2009) *Biomonitoring of Organophosphorus and Pyrethroid Insecticides Residuein General Population*.

Ueyama, J., I. Saito, M. Kamijima and T. Na kajima (2006) Simultaneous determination of urinary dialkylphosphate metabolites of organophophorus pesticides using gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*. 832:583-586.

화훼작업 종사자의 유기인계 및 피레스로이드 살충제 노출에 대한 생물학적 모니터링

송재석 · 권기두¹ · 최홍순* · 유호영

관동대학교 의과대학 예방의학과, 관동대학교 대학원

요 약 생체시료를 이용하여 화훼 농작업자와 플로리스트의 유기인계와 피레스로이드 살충제 노출 평가를 하였다. 유기인계는 소변중 DMP, DEP, DMTP, DETP를 피레스로이드계 살충제는 Cis/Trans DCCA, DBCA 그리고 3-PBA를 대상으로 평가 하였다. 연구 결과 DMP는 화훼 농작업자에서 가장 높았으며, 반면 DETP는 소매자에서 유의하게 높았다. 피레스로이드계 살충제의 대사물질은 3-PBA가 화훼 농작업자에서 통계적으로 유의하게 높았다. 화훼 농작업자는 살충제에 고농도로 노출됨을 알 수 있으며, 화훼를 대량으로 취급하는 도매상들도 살충제에 많이 노출됨을 알수 있었다.

색인어 dialkylphosphate, 유기인계 살충제, 피레스계 살충제, 소변, 가스크로마토그래피/질량분석기