

<원 저>

2008-2009년 국내 폐사 야생조류 및 동물 체내의 잔류농약 분석

장정희 · 봉영훈 · 김동규 · 김미경* · 정갑수 · 손성완

국립수의과학검역원
(게재승인: 2010년 7월 22일)

Analysis of residual pesticides in dead wild birds and other animals during 2008-2009 in Korea

Jung-Hee Jang, Young-Hoon Bong, Dong-Gyu Kim, MeeKyung Kim*, Gab-Soo Chung, Seong-Wan Son

National Veterinary Research & Quarantine Service, Anyang 430-757, Korea

(Accepted: July 22, 2010)

Abstract : Pesticides are useful to eliminate harmful insects and grow crops however, misuse and abuse of pesticides may cause a death of wild birds, livestock, and companion animals. We analyzed residual pesticides in the ingesta and tissues from the dead wild birds, livestock, and companion animals which were suspected pesticide poisoning based on the diagnosis of the Animal Disease Diagnostic Center of National Veterinary Research and Quarantine Service (NVRQS). The samples were primarily brought to NVRQS from local communities and veterinary diagnostic laboratories. The 231 suspicious samples of pesticide poisoning based on the necropsy were analyzed by GC/NPD, GC/FPD, GC/ECD, or GC/MSD in 2008 and 2009. Pesticides were identified from the 55 samples of total 143 samples analyzed in 2008 and from the 34 samples of total 88 samples analyzed in 2009. The pesticide identification rates in 2008 were higher than the rates in 2009. It may have relevance to the increased samples with the outbreak of avian influenza in 2008 in Korea. The concentrations of pesticides found in the dead animals varied and exceeded the respective LD₅₀ of pesticides in many cases. Monochrotophos, phosphamidon, and methomyl were the most common pesticides found and those pesticides are high rank sales in Korea. The cause of pesticide poisoning in animal is assuming a misuse and an abuse of commonly used pesticides in Korea.

Keywords : monocrotophos, pesticide, phosphamidon, poisoning, wild birds

서 론

가축병성감정은 죽거나 질병이 의심되는 가축에 대하여 임상, 병리, 혈청 및 독성물질검사 등의 방법을 통하여 폐사원인을 규명하는 것이다. 가축이 폐사하면 대상 가축 및 이와 관련된 가검물에 대하여 임상검사, 질병발생내역 확인, 역학청취를 통해 정보를 수집하고 다양한 정밀검사를 실시함으로써 종합적인 진단을 내린다. 정밀검사로는 조직병리검사, 세균 및 바이러스등의 병원체 확인검사, 동물접종검사, 독성물질로 인한 중독증검사 등이 있다. 중독증은 전염병, 외상 및 중양과 같은 임

상질환에 비해 확인사례가 적은편인데, 이는 중독증에 대한 정보부족과 일부 제한된 독성물질 분석으로 인해 실제 발생보다 적게 진단되기 때문이다. 이처럼 중독증 진단이 실제 발생률에 비해 확인율이 낮음에도 불구하고 최근 농약중독으로 인한 폐사 사례가 증가하는 추세이다.

중독증의 원인독성물질 중 농약은 농산물, 임산물 등의 병충해를 방제하고 그 수확물의 보존을 목적으로 사용되는 화학물질이다. 용도에 따라 유해한 곤충구제용 살충제, 잡초 제거를 위한 제초제, 식물병 방제 및 소독용 살균제, 설치류 구제를 위한 살서제등으로 구분되고

*Corresponding author: MeeKyung Kim
National Veterinary Research and Quarantine Service, Anyang 430-757, Korea
[Tel: +82-31-467-1982, Fax: +82-31-467-1897, E-mail: mkim@korea.kr]

성분에 따라 유기수은계, 유기비소계, 카바메이트계 등으로 분류 되고, 유기염소계 농약은 강한 잔류 독성을 가지고 있어서 사용에 제한을 두고 있다 [3, 10]. 농약의 올바른 사용은 생산성 증대의 이점을 가져오지만 이를 의도적 혹은 비의도적으로 오남용 할 경우 가축 및 야생동물이 농약에 중독되어 희생될 수도 있다 [1, 2, 4, 6-9, 11].

농약 중독증 검사는 가축 및 동물 폐사의 원인을 규명하기 위한 진단의 한 방법으로서 매우 유용하다. 예로써, 조류인플루엔자(avian influenza, AI) 등이 의심되는 조류의 집단폐사 발생시 가검물 검사에서 농약중독이 확인된다면 폐사원인이 전염병과 관련 없음을 간접적으로 확인 할 수 있는 수단이 될 것이다. 농약 중독증은 질병과는 달리 인간에 의해 의도적 혹은 비의도적인 경로로 발생하기 때문에 교육 및 공중인식을 향상시킴으로써 예방도 가능하다. 그러므로 농약 중독증에 대한 지속적인 검사와 관리가 요구되는 바이다.

2008년 및 2009년도에 병성감정을 목적으로 각 지방자치단체 등에서 국립수의과학검역원으로 의뢰한 가축 및 야생동물 폐사축 유래 가검물에 대해 농약을 분석하였다. 이러한 분석결과를 토대로 의뢰가검물의 축종별, 농약별 검출비율, 폐사축 유래 검체별 농약 잔류패턴 등을 확인하고, 현재의 중독물질 검사에 대한 한계점을 모색하고 그 대책을 마련하고자 한다.

재료 및 방법

시료 및 시약

분석 시료는 2008년과 2009년도에 병성감정을 목적으로 국립수의과학검역원으로 의뢰된 가축 및 야생조류의 폐사 가검물을 대상으로 하였다. 농약 표준물질은 diazinon, edifenphos, EPN, fenitrothion, monocrotophos, parathion, phosphamidon이 혼합되어 있는 표준품(AccStandards, USA 및 Ultra Scientific, USA)과 carbofuran, chlorpyrifos, endosulfan, fenthion, methidathion, methomyl, phorate 각각의 단일 표준품(AccuStandards, USA)을 사용하였다. 그 이외의 시약은 HPLC grade의 acetone, acetonitrile, hexane, toluene(J.T. Baker, USA) 및 무수황산나트륨(Sigma Aldrich, USA)을 사용하였다. 농약 성분의 추출 및 정제는 Sep-Pak carbonyl/NH₂ cartridge(Waters, USA)를 사용하였다.

시료 전처리

의뢰가검물의 위내용물, 간장, 신장 및 사료 등을 시료로 사용하였고, 고품질의 형태에 따라 세절하거나 빻아서 균질화 시켰다. 균질화된 시료 약 5 g을 취한 후 무

수황산나트륨을 첨가하여 수분이 제거 될 때까지 방치하였다. 농약성분 추출을 위해 시료에 acetonitrile 약 30~40 mL를 가하고 1시간 동안 SR-2w 혼합기(TAITEC, Japan)를 사용하여 진탕한 후, 이를 무수황산나트륨을 가한 여지로 여과하였다. 위 추출법을 재 반복하여 각 여과액을 모두 동일한 분액깔대기에 취하였다. 시료의 지방제거를 위해 acetonitrile로 추출된 여과액에 동일 용량의 hexane을 가하여 1시간 동안 진탕 혼합한 후 acetonitrile 층을 분취하였다 [5, 14]. TurboVap 농축기(Zymark, USA)를 사용하여 분취액을 약 1 mL까지 농축하여 acetonitrile : toluene(v/v, 3 : 1) 비율의 용액으로 미리 적셔진 Sep-Pak carbonyl/NH₂ cartridge를 통과 시킨 후 acetonitrile : toluene(v/v, 3 : 1) 용액 5~10 mL를 추가로 통과시켰다. TurboVap LV(Zymark, USA)를 사용하여 여과액을 약 0.2 mL로 농축시킨 후 acetone 또는 toluene을 가하여 전체 부피가 1 mL 되게 만들어 기기 분석에 사용하였다 [12].

기기 분석

기체크로마토그래프(HP6890N GC with NPD, FPD, or ECD; Hewlett Packard, USA)와 기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MSD, HP6890N 및 HP5973N; Hewlett Packard, USA)를 사용하여 시료 중 농약의 정성, 정량 분석 및 표준물질을 확인 하였다. 시료 주입은 자동주입장치(Autosampler 7683 Series; Hewlett Packard, USA)를 사용하였고, GC(NPD, FPD, ECD)의 분석용 칼럼은 HP-5(5% phenyl-95% methylpolysiloxane, 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness; Agilent Technologies, USA)를, GC/MSD의 분석용 칼럼은 DB-5MS (5% diphenyl-95% dimethyl siloxane, 30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness; J&W Scientific, USA)를 사용하였다.

시료 중 독성물질의 정성 및 정량을 위한 기기분석은 GC와 GC/MSD를 동시에 사용하였다. GC 분석조건은 injection mode를 split(50 : 1)로 설정하고 시료를 1 μL 주입하였다. 주입구(injector) 온도는 250°C, 검출기(detector) 온도는 325°C로 설정하였고 오븐(oven) 온도는 시작온도 90°C에서 1분간 머무른 후 최종온도 300°C 까지 10°C/min으로 상승시킨 후 8분 동안 머물렀다. 농약이 검출되는 경우 정량을 위한 검량선은 세 단계 농도의 표준물질로 작성하였고, 이것을 기준으로 하여 시료 중 농약의 농도를 계산하였다. 시료 중 농약의 최종농도는 시료의 회석배수 및 사용한 시료량을 반영하여 계산하였다. GC/MSD 분석조건은 GC와 유사하게 설정했으며, 정성을 위해 GC/MSD library에 구축되어 있는 각 물질별 특정 mass ratio의 자료를 검색 후 시료 중 독성물질과의 일치율을 확인하였으며 검색물질의 대상은 library에 선

Table 1. Recovery, limit of detection (LOD), and limit of quantification (LOQ) of pesticides

Pesticide	Recovery (%)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)
Diazinon	70	0.07	0.21
Edifenphos	93	0.44	1.34
EPN	92	0.14	0.43
Fenitrothion	85	0.10	0.30
Monocrotophos	87	0.54	1.63
Parathion	86	0.13	0.41
Phosphamidon	85	0.35	1.06

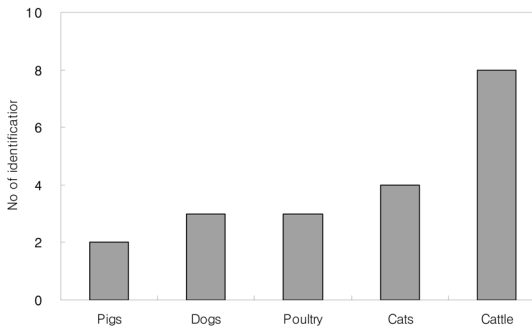
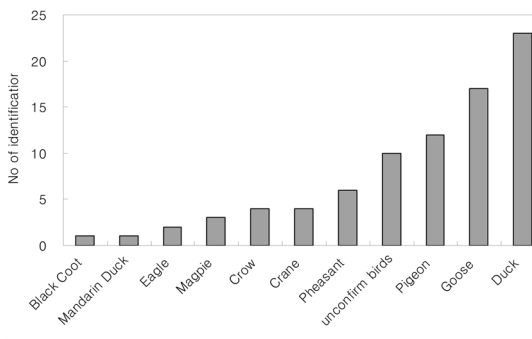


Fig. 1. Number of species found pesticides in wild birds (upper) and livestock (down) in 2008 and 2009.

정되어있는 물질에 한하여 스크리닝 하였다. GC에서 검출되지 않는 농약인 카바메이트계의 정성 및 정량 분석은 GC/MSD를 사용하였다. GC/MSD를 사용한 스크리닝 과정에서 농약이 검출되면 각 농약별 고유 이온질량 (ion mass)를 지정할 수 있는 Selective Ion Monitoring을 사용하여 정량하였다.

결 과

폐사축의 폐사원인을 규명하기 위하여 가검물에서 농약을 검사하였으며, 검사물질로는 기준에 검출빈도가 높

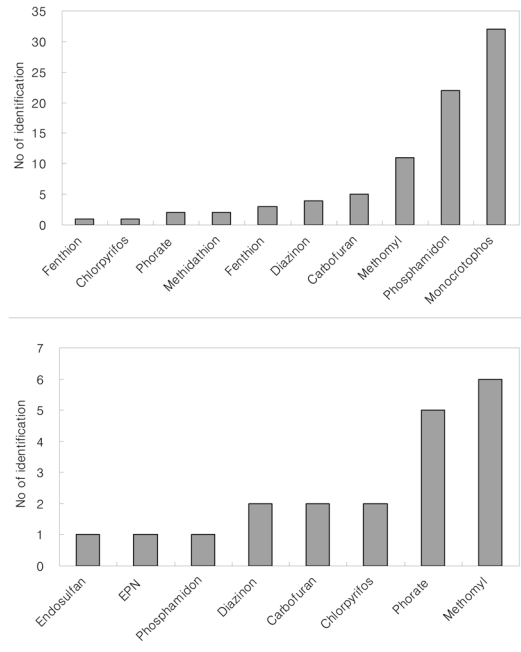


Fig. 2. Number of pesticides found in wild birds (upper) and livestock (down) in 2008 and 2009.

았던 농약 7종(diazinon, EPN, edifenphos, fenitrothion, monocrotophos, parathion, phosphamidon)을 선정하였고 [2], 각 농약별 반수치사량을 조사하였다 (Table 5). 선정된 농약 7종의 표준물질을 사료에 첨가하여 시료전처리한 후 GC/FPD로 분석하여 회수율과 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)를 계산하였다(Table 1). 시료 분석결과에서 기 선정된 7종 이외의 피크가 검출된 경우는, GC/MSD library 검색을 통하여 물질을 확인하고 해당 농약의 표준물질을 이용하여 정성 및 정량 분석을 하였다.

농약 중독이 의심되는 폐사축 유래 가검물(위내용물, 간장, 신장 등)과 폐사 현장 주변에서 채취된 의심분말 등에서 농약 성분을 조사하였다. 검체별 농약검출패턴을 확인하고자 2008년도에는 동일 폐사축 유래의 위내용물, 간장, 신장에서 농약을 분석하였다. 그 결과, 기러기 등의 야생조류 의뢰시료 7건의 경우 위내용물에서 phosphamidon이 15~622 mg/kg, monocrotophos가 10~20 mg/kg이 검출되어 농약 중독으로 인한 폐사가 추정되었지만 간장 및 신장에서는 농약이 검출되지 않았었다. 이러한 결과를 바탕으로 2009년도에는 검사시간을 단축하기 위하여 검체를 위내용물에 대해서만 분석하였다. 2008년에 농약 검사가 의뢰된 시료는 총 143시료이었고, 이 중 55시료에서 농약이 검출되었다. 2009년에는 총 88시료에 대하여 농약을 검사하였으며, 이 중 34시료에서 농

Table 2. Level of pesticides found in stomach contents of dead wild birds, dead livestock and companion animals in years 2008 and 2009 (mg/kg)

Pesticide	Species	2008		2009	
		Wild birds	Livestock and companion animals	Wild birds	Livestock and companion animals
Carbofuran		3.4-275	38.4-394	37.5	—
Diazinon		0.7-2.9	12.8-21,684	—	—
Endosulfan		—	69.1	—	—
EPN		—	121.5	—	—
Fenitrothion		30.9-301	—	—	—
Fenthion		32.8	—	—	—
Methidathion		—	—	1,048-1,365	—
Methomyl		3,501	48-483	70.4-19,352	833-93,750
Monocrotophos		0.2-1,051	—	7.3-6,967	—
Phorate		1.0-4.0	20.7-26,263	—	—
Phosphamidon		1.1-622	906	5.6-14,984	—

Table 3. Cases detecting two types of pesticides in one species

Species	Sample type	Pesticide	Number of incident
Goose	Stomach contents	Monocrotophos Phosphamidon	2
Goose	Stomach contents	Monocrotophos Diazinon	2
Pheasant	Stomach contents (related materials)	Monocrotophos Methomyl	1
Crane	Stomach contents Stomach contents	Monocrotophos Methomyl	1
Goose	Stomach contents	Monocrotophos Fenitrothion	1
Pigeon	Stomach contents	Carbofuran Methomyl	1
Duck	Stomach contents	Diazinon Phorate	2
Cattle	Stomach contents (related materials)	Phorate Diazinon	2
Poultry	Related materials	Carbofuran EPN	1

약이 검출되었다. 야생조류, 가축 및 반려동물에서의 농약 중독 발생현황을 파악하기 위해 축종별 발생률 및 확인된 농약의 검출빈도 및 검출량을 조사하였다. 2년간 농약이 검출된 총 89시료 중에서 야생조류 72건, 가축 및 반려동물(소, 개 및 닭 등) 17건으로 가축에 비해 야생조류에서 농약 검출비율이 높은 것으로 나타났다. 축종별 농약검출 빈도는 야생조류의 경우 오리, 기러기 순으로 검출율이 높았고 가축에서는 소, 반려동물은 고양이

이에서 주로 검출되었다(Fig. 1). 농약별 검출빈도는 야생조류에서 monocrotophos와 phosphamidon 순으로 검출율이 높았고, 가축의 경우 methomyl, phorate가 주로 검출되었다(Fig. 2). 농약별 검출량은 Table 2에 나타내었다. 검출된 농약의 농도는 매우 다양하였으며, 야생조류와 가축 및 반려동물에서 공통적으로 검출된 농약의 검출량을 비교해보면, 가축에 비해 상대적으로 몸집이 작은 야생조류에서의 검출량이 낮은 경향을 확인할 수

Table 4. Number of pesticide identification and ranking of sales in Korea in 2008

Pesticide	Number of identification	Ranking of sales
Carbofuran	7	7
Chlorpyrifos	3	56
Diazinon	6	66
Endosulfan	1	32
EPN	1	25
Fenitrothion	3	22
Fenthion	1	124
Methidathion	2	34
Methomyl	17	46
Monocrotophos	32	121
Phorate	7	37
Phosphamidon	23	9

Table 5. Toxicity (LD₅₀) of pesticides in birds and rats

Pesticide	Acute oral LD ₅₀	Acute oral LD ₅₀
	in birds (mg/kg body weight)	in rats (mg/kg body weight)
Chlorpyrifos	32-490	135-163
Diazinon	2.7-4.3	1250
EPN	165-220	36
Fenitrothion	23.6-1,190	1,700
Fenthion	7.2	250
Monocrotophos	0.94-6.5	18
Phorate	0.62-7.1	3.7
Phosphamidon	3.6-7.5	17.9-30
Carbofuran	2.5-5	8
Methomyl	15.4-15.9	34
Endosulfan	205-1,000	70

있었다. 축종별로 검출된 농약을 살펴보면, 대부분의 경우 한 시료에서 한 종류의 농약이 검출되었지만 일부 시료에서는 두 종류의 농약이 검출되기도 하였다(Table 3). 농약별 검출빈도와 농약 사용량간의 상관성을 알아보고자 국내의 농약 판매량 순위를 조사하였다(Table 4). 시료 분석에서 검출된 농약 12종 중 monocrotophos, diazinon, chlorpyrifos, fenthion을 제외한 8종은 국내에서 판매량 50위 이내인 농약 제품의 성분으로 사용되고 있었다.

고 찰

본 연구결과에서 농약 중독이 확인된 경우는 대부분 급성중독으로 폐사했을 것으로 추정된다. 이는 농약별

반수치사량(LD₅₀)을 초과하였고 [13], 폐사축의 위내용물, 간장, 신장 등 장기별 검출양상을 조사한 결과 위내용물에서만 농약이 검출되었기 때문이다. 이러한 사실은 농약이 장기로 분포되기 전에 개체가 급사했음을 뒷받침한다.

농약중독이 확인된 사례들에 대하여 축종별, 농약별 검출 추이를 파악해 보았다. 축종별 농약검출 양상은 겨울철에 야생조류에서 농약분석 의뢰건 및 검출수가 다른 축종에 비해 상대적으로 많았는데, 이는 AI의 발생률과 유사한 점이 있다. AI 예방활동이 활발한 겨울철에는 야생조류 폐사에 대한 신고 및 검사체계가 잘 이루어져 가검물 검사 의뢰가 증가하였으며 다양한 의도의 조류 포획이 이루어져 농약 검출비율도 증가한 것으로 생각되어진다. 이에 반해 가축에서의 농약 검출 빈도는 계절과 무관하였으며, 검출율 및 분석의뢰가 상대적으로 많지는 않았다. 야생조류와 달리 가축은 축사에서 사육되기 때문에 외부 환경에 산재되어 있을 독성물질로부터 물리적으로 격리, 보호되어 농약에 노출될 기회가 낮을 것으로 생각된다. 가축 중 농약이 검출된 축종은 소, 개 및 닭으로 주로 경제동물에 한정되었는데 이는 경제성이 없는 동물의 경우 신고가 이루어지지 않았기 때문일 것으로 생각되기도 한다.

농약별 검출 양상을 살펴보면, 야생조류에서는 유기인계농약의 검출 빈도가 가장 높게 나타났으며, 그 중에서도 특히 monocrotophos와 phosphamidon이 가장 빈번하게 검출되었다. 이에 반해 가축에서는 유기인계농약인 phorate의 검출율이 가장 높았고, 카바메이트계인 methomyl과 유기염소계인 endosulfan이 검출되었다. 이러한 결과는 2003~2007년도에 수행한 검사결과와 유사하다 [2].

검출농약과 농약 사용현황과의 상관성을 알아보고자 국내의 농약 판매량 및 판매되고 있는 농약의 성분을 조사하여 보았다. 검출된 농약 12종중에서 8종이 국내 판매량 50위 이내로 확인되었는데, 이는 국내에서 흔하게 사용되는 농약이 야생조류 및 가축 중독증의 주요한 원인물질임을 짐작하게 한다. 가장 빈번히 검출된 monocrotophos가 국내의 농약 판매량 50위 이내인 제품의 성분으로 전혀 사용되지 않은 것은 다소 의문이나 그 이외의 농약 제품의 일부 성분으로 쓰였을 것으로 추정되는 바이다. 한 개의 시료에서 두 종류의 농약이 동시에 검출된 경우가 있는데, 이는 서로 다른 두 종류의 농약이 섞여서 사용된 경우와 한 제제에 두 가지 성분의 농약이 들어있었던 경우일 것이다. 이러한 원인을 파악하고자 시중에 유통되는 제품의 농약성분을 조사하였다. 상업적으로 판매되고 있는 농약 중에서 diazinon과 phorate를 동일 비율로 혼합한 하나의 완제품을 확인함

으로써 한 시료에서의 2가지 농약 동시검출에 대한 원인을 일부 알 수 있었다.

농약검출 빈도가 갈수록 증가하고 있으며 농약검사는 가축 및 야생조류의 중독증 진단에 큰 부분을 차지하고 있다. 검사물질이 일부 농약에 제한되어있는 현 체계에서는 중독증 진단의 과소평과가 있을 수 있으며, 이를 개선하기 위해서는 다음과 같은 추가적인 노력이 진행되어야 할 것이다. 농약검사 항목의 확대 및 농약 이외의 중독독성물질의 진단 등이 포함되어야 한다. 외국의 사례를 보면, 가축에서 사료를 통해 오염될 수 있는 곰팡이독소 및 살진균제, 식물 독소, 살서제, 중금속오염 등으로 인한 중독증으로 폐사가 보고된 바 있다 [4, 7, 8]. 또한 폐사 현장에서 중독증의 가능성을 인식한 적극적인 대처가 필요하며 정밀분석기관의 기술 및 시설이 확충되어야 할 것이다. 중독증은 임상질화에 비해서 흔하게 발생되지 않기 때문에 역학적으로 명확한 근거가 없는 한 신고가 잘 이루어지지 않는 것이다. 그러므로 현장에서는 항상 중독증에 대한 가능성을 고려하여 관련 정보를 수집하고, 역학조사를 통해 폐사 원인을 파악하며 근본적인 예방 및 후속 조치를 취할 수 있도록 노력하여야 할 것으로 생각한다. 2008년도 10월에 한강에서 발생한 야생조류 집단폐사의 원인이 농약중독으로 판정된 바 있었다. 이는 의도적 혹은 비의도적인 철새 서식지의 농약 오염으로 추정되었는데, 인수공통전염병인 AI 전파 우려 등으로 의도적인 야생조류의 희생일 가능성이 있다. 그러므로 이러한 가능성을 방지하기 위한 홍보 및 교육 시스템이 구축되어야 할 것이다.

결 론

중독증검사는 가축병성감정의 일환으로 폐사축의 가검물 중 독성물질을 확인하는 과정이다. 본 연구에서는 국립수의과학검역원으로 의뢰된 폐사 야생조류 및 가축 가검물에서 독성물질 중 농약중독의 사례를 분석하였다. 농약중독의심 시료의 분석결과, 2008년에는 43%, 2009년에는 39%의 시료에서 농약이 검출되었다. 축종별 농약의 검출빈도를 조사한 결과 가축 및 반려동물에 비하여 야생조류의 농약 중독증 발생률이 높은 것으로 확인되었다. 이는 개체 크기가 작은 야생조류는 소량의 농약으로도 중독이 될 수 있으며, 2008년에 발생한 AI의 영향으로 농약 살포 및 폐사축의 신고가 다소 많았을 것으로 여겨진다. 야생조류의 가검물에서 가장 빈번하게 검출된 농약은 monocrotophos와 phosphamidon 이었고, 가축의 경우는 phorate, methomyl 이었다. 분석대상 12종 농약 중 8종은 국내 농약 판매량의 50위 이내인 제품의 성분인 것으로 보아 야생조류 및 가축 폐사

원인이 되는 농약은 국내에서 가장 흔하게 사용되고 있는 유기인계 및 카바마이트계 농약임을 알 수 있었다. 농약 사용의 올바른 용도와 적정량 사용에 대한 교육 및 홍보를 통하여 농약 사용자의 의식 수준을 향상시켜야 할 시점으로 생각되는 바이다.

참고문헌

1. 권용국, 윤선종, 김기석. 재두루미에서 Parathion 중독증 발생. 대한수의공중보건학회지 2003, **27**, 83-87.
2. 김미경, 윤선종, 김동규, 봉영훈, 김희진, 장정희, 정갑수. 우리나라 폐사 야생조류에서의 농약 분석. 대한수의학회지 2008, **48**, 131-137.
3. 김정환. 식품과 농약(I)-농약의 중요성과 종류. Safe Food 2007, **2**, 48-52.
4. Berny P, Caloni F, Croubels S, Sachana M, Vandebroucke V, Davanzo F, Guitart R. Animal poisoning in Europe. Part 2: Companion animals. Vet J 2010, **183**, 255-259.
5. Brito NM, Navickiene S, Polese L, Jardim EFG, Abakerli RB, Ribeiro ML. Determination of pesticide residues in coconut water by liquid-liquid extraction and gas chromatography with electron-capture plus thermionic specific detection and solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection. J Chromatogr A 2002, **957**, 201-209.
6. Brown P, Charlton A, Cuthbert M, Barnett L, Ross L, Green M, Gillies L, Shaw K, Fletcher M. Identification of pesticide poisoning in wildlife. J Chromatogr A 1996, **754**, 463-478.
7. Guitart R, Croubels S, Caloni F, Sachana M, Davanzo F, Vandebroucke V, Berny P. Animal poisoning in Europe. Part 1: Farm livestock and poultry. Vet J 2010, **183**, 249-254.
8. Guitart R, Sachana M, Caloni F, Croubels S, Vandebroucke V, Berny P. Animal poisoning in Europe. Part 3: Wildlife. Vet J 2010, **183**, 260-265.
9. Kwon YK, Wee SH, Kim JH. Pesticide poisoning events in wild birds in Korea from 1998 to 2002. J Wildl Dis 2004, **40**, 737-740.
10. Martínez-Haro M, Mateo R, Guitart R, Soler-Rodríguez F, Pérez-López M, María-Mojica P, García-Fernández AJ. Relationship of the toxicity of pesticide formulations and their commercial restrictions with the frequency of animal poisonings. Ecotoxicol Environ Saf 2008, **69**, 396-402.
11. Martínez-Haro M, Viñuela J, Mateo R. Exposure of

- birds to cholinesterase-inhibiting pesticides following a forest application for tick control. *Environ Toxicol Pharmacol* 2007, **23**, 347-349.
12. **Okihashi M, Kitagawa Y, Akutsu K, Obana H, Tanaka Y.** Rapid method for the determination of 180 pesticide residues in foods by gas chromatography/mass spectrometry and flame photometric detection. *J Pestic Sci* 2005, **30**, 368-377.
 13. **Tomlin CDS.** *The Pesticide Manual*. 13th ed. pp. 139-775, British Crop Protection Council, Farnham, 2003.
 14. **Zapf A, Heyer R, Stan HJ.** Rapid micro liquid-liquid extraction method for trace analysis of organic contaminants in drinking water. *J Chromatogr A* 1995, **694**, 453-461.