

Research Article

Open Access

하천둔치에 방역용 Deltamethrin 살포 시 하천수 중 잔류변화

한예훈,¹ 박재훈,² 임종성,³ 이용주,⁴ 이성규,⁴ 이규승^{2*}

¹신젠타 코리아(주), ²충남대학교 생물환경화학학과, ³성보화학(주) 연구소, ⁴한국안전성평가연구소 환경독성연구센터

Residual Change of Deltamethrin in Stream Water after Spaying for Pest Control of Stream Levee

Ye-Hun Han,¹ Jae-Hun Park,² Jong-Sung Lim,³ Yong-Ju Lee,⁴ Sung-Kyu Lee⁴ and Kyu-Seung Lee^{2*} (¹Syngenta Korea Ltd, ²Department of Biological Environment and Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea, ³Sungbo Chemicals Co. Ltd, ⁴Environmental Toxicology Research Center, Korea Institute of Toxicology, Daejeon, Korea)

Received: 17 January 2013 / Revised: 18 February 2013 / Accepted: 27 February 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: This study was performed to investigate the change of deltamethrin residue after spraying for control of hygienic insects in bush of levee at Bansuk-dong stream (A) and Juk-dong ditch (B) in Yuseong, Daejeon. The drop concentrations and disappearance of deltamethrin residue in stream water were determined to evaluate the toxic effects of stream ecosystem.

METHODS AND RESULTS: Water samples were collected at 7 points including 0, 5, 10, 20, 40, 70 and 100 m downstream from the deltamethrin spraying point. Water sample was partitioned into dichloromethane, and was determined with GC/ μ -ECD. Limit of Quantitation of deltamethrin was 0.04 μ g/L. Recoveries of deltamethrin at two fortification levels of 0.4 and 2.0 μ g/L were 91.57 \pm 3.13%(n=3) and 94.40 \pm 4.59%(n=3) in A stream, and 88.24 \pm 3.33%(n=3) and 85.20 \pm 3.73%(n=3) in B stream, respectively. Residue of A stream were from <0.04 μ g/L to 0.48 μ g/L and B stream were from 0.08 μ g/L to

14.95 μ g/L under practice application condition. And residues were from <0.04 μ g/L to 0.2 μ g/L in A stream treated deltamethrin with 1.0 mg level at the upper region. **CONCLUSION(S):** Practice application of deltamethrin for the pest control of waterside was not much shown toxic effect to ecosystem of stream.

Key Words: Deltamethrin, Insecticide, Pyrethroid, Residual change, Stream water

서론

하천변 수풀의 모기, 파리 등 해충의 방제를 위해 관계당국에서는 살충제를 이용하여 방역을 실시한다. 주로 보건소에서 방역을 실시하는데 이곳에서 사용되는 방역살충제 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 pyrethroid계로 52.5%를 차지한다(KFDA Report, 2004). Pyrethroid계 살충제는 permethrin, cypermethrin, deltamethrin 등이 대표적이며, Na⁺이 신경막을 통과할 때 통로문의 개폐역할을 하는 효소 ATPase를 저해하여 어류에서의 급성독성(Bradbury *et al.*, 1985; David and somasundram, 1985) 및 포유류에서의 보행이상, 근육 기능손상, 자극민감성 및 경련과 마비를 나타낸다고 알려져 있다(Verschoyle and Barnes, 1972; Verschoyle and Aldridge, 1980; Narahashi, 1982). Deltamethrin은 합성

*교신저자(Corresponding author),
Phone: +82-42-821-6735, Fax: +82-42-822-5781;
E-mail: kslee@cnu.ac.kr

pyrethroid계로 빛에 매우 안정한 1개의 d-cis 이성질체를 가지고 있어 광분해성이 낮고(Elliott *et al.*, 1974), 접촉독 및 식독작용에 의하여 살충효과를 발휘하며 효과가 비교적 빨리 나타나는 속효성 살충제이다(Jeong *et al.*, 2004). 우리나라에서는 연간 약 30톤의 pyrethroid계열 살충원제를 방역용으로 사용하는데, 그 중 deltamethrin은 1,761 kg으로 pyrethroid계 살충제 중 6번째로 많이 사용된다. 그러나 이처럼 독성이 있는 방역용 살충원제 대부분이 의약외품이나 공산품의 형태로 관리되고 있어, 농약관리법으로 엄격한 적용을 받는 타 농약과 달리 별다른 법적 제재 없이 사용되기 때문에, 실제 사용기준치보다 더 높게 사용되는 경우가 많다(KFDA Report, 2004). 이런 방역약품은 하천변에서 방역 살포시 'Drift', 'Drainage', 'Run-off' 등에 의해 수계로 유입되는데, 유입된 합성 pyrethroid계 농약은 주로 가수분해 과정을 거쳐 환경 내에서 쉽게 분해돼 환경 잔류성은 낮으나, 어류와 물벼룩에 대한 독성이 비교적 강하여 수생태계에 영향을 미칠 수 있다(Park *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2009).

한편, pyrethroid계 살충제는 상대적으로 높은 토양흡착계수를 가져 수계 중 부유물질이나 저니토에 흡착될 가능성이 크므로, 실제 하천에서의 잔류농도 및 독성 또한 낮아질 거라 예측된다(Han *et al.*, 2000). 그러나 deltamethrin과 같은 pyrethroid계 살충제는 화학물질의 옥탄올/물 분배계수가 3 이상의 값을 가지므로, 유기물질의 흡착경향이나 생물농축경향이 높게 나타날 수 있으며, 이러한 약제는 먹이사슬에 따라 잔류농약의 생물농축현상이 일어날 수 있는데, 폐쇄 환경계에 가까운 수생태계에서 이 같은 현상이 더욱 심하게 나타난다는 문제점이 있다(Yang *et al.*, 2008).

따라서 본 연구는 하천둔치에서 위해충방제를 위해 살충제를 살포할 경우, 어느 정도가 하천표면으로 투입되는지를 조사하였고, 유하거리에 따른 수계 잔류량 변화 조사 및 일정량의 약제를 직접 투입하였을 때 희석효과에 따른 유하거리별 하천수중 잔류량 변화를 확인하여, 수생태계 위해성 평가를 위한 기초자료를 제공하는데 목적을 두고 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

대상하천 및 약제 살포 실태조사

대전광역시 유성구에 위치한 하천변폭이 크고 유량이 많은 반석동 하천(A)과 상대적으로 폭과 유량이 적은 죽동도량(B) 두 곳을 선정하여 하천변 폭과 유량의 크기에 따른 방역약품의 잔류량 차이를 비교하였다(Fig. 1). 공시약제는 현재 방역용 살충제로 가장 일반적으로 사용되는 pyrethroid계 살충제인 롱다온(deltamethrin 1.5% 유제, 국보제약)을 100배 희석하여 사용하였으며, 농약의 이화학적 특성은 Table 1에 나타내었다. 방역업체의 협조를 받아 A하천변과 B도량변의 풀숲에 관행방법과 동일하게 약제를 'air spray' 방식(분무소독법)으로 차량에 살포 기구를 탑재하여 지정된 위치(0 m)에서, 하천변을 방역할 때와 유사한 비율인 90 g(ai)/10000 m² 정도가 되도록 살포하였다.

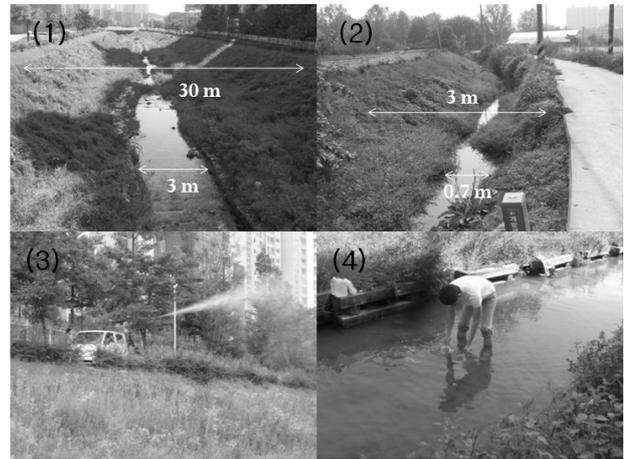
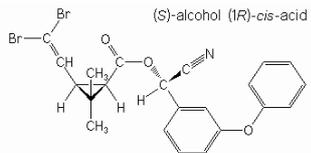


Fig. 1. The pictures of locations for the experiment. ((1): Bansuk-dong stream, (2): Juk-dong ditch, (3): Spraying, (4): Sampling)

Table 1. Physicochemical properties of deltamethrin (Tomlin, 2009)

Common name	Deltamethrin (insecticide)
Molecular weight	505.2
Solubility	In water <0.2 µg/L (25°C). In dioxane 900, cyclohexanone 750, dichloromethane 700, acetone 500, benzene 450, DMSO 450, xylene 250, ethanol 15, isopropanol 6 (all in g/L, 20°C)
Kow	Log P = 4.6 (25°C)
Koc	4.6 × 10 ⁵ to 1.63 × 10 ⁷ cm ³ /g
Vapor pressure	1.24 × 10 ⁻⁵ mPa (25°C)
Structure	

시약

시험에 사용한 acetone과 dichloromethane은 Avantor Performance Materials Inc.(Center Valley, PA, USA)의 HPLC 등급의 시약을 구입하여 사용하였으며, 분배에 사용한 무수황산나트륨(Sodium sulfate anhydrous) 및 염화나트륨(NaCl)은 Junsei Chemical Co.(Chuo-ku, Tokyo, Japan)의 Guaranteed reagent급 제품을 구입하여 사용하였다.

하천둔치에서의 방역약품 살포 시험

하천둔치에서 약품을 살포할 때 유하거리별 하천수 중 잔류수준을 조사하기 위하여, A, B에서 줄기가 곧고, 유량 및 유속이 안정된 100 m 구간 내에 0, 5, 10, 20, 40, 70 및 100 m의 총 7개 지점을 선정하였다. 하천의 유하속도는 회전식유속계 및 부자(浮子)를 이용하여 측정하였으며, 약제의 유하속

도가 하천 유속과 같다는 전제하에 시험하였다. 또한, 정확한 실험을 위하여 각 지점에서 회전식 유속계로 유속을 측정하였고, 동시에 지점마다 유속이 일정하지 않기 때문에 부자를 띄워 도착하는 시간을 측정하여 각 지점별 도달시간을 예측하였다. 이를 바탕으로 지정한 지점(0 m)에서 약제를 살포한 후, 0 m 지점에서 부자를 띄워 지점을 부자가 지나갈 때, 하천수를 지점별로 각각 2 L씩 약제 살포 당일 1회 채취하여 분석하였다(Fig. 2).

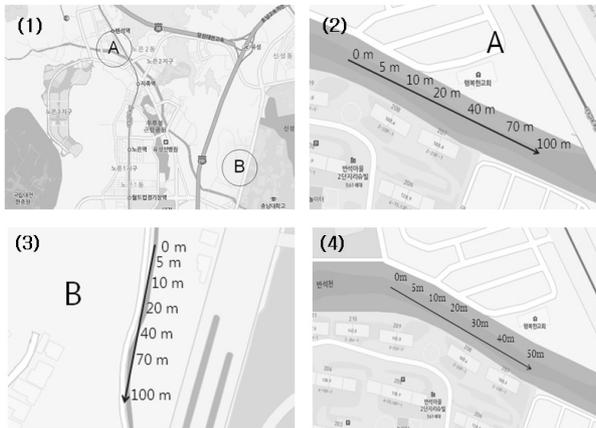


Fig. 2. (1): The sampling locations for the experiment. (2), (3): Sampling point in A, B. (4): Sampling point in A stream treated deltamethrin with 1.0 mg level.

약제 살포 시 하천표면 유입량 측정

약제가 하천표면에 투입되는 양을 조사하기 위해 A, B에서 동일한 살포조건으로 방역약품을 살포 시, 유량에 영향을 주지 않기 위해 물에 고정된 스티로폼을 이용하여 하천 위에 petridish(64 cm²)를 놓아 시험하였다. A는 살포지점으로부터 3 지점(1, 5 및 10 m)에, B의 경우에는 살포지점으로부터 1 m 떨어진 지점에서 3반복의 반복수를 두어 시험하였으며 살포 후 수거하여 분석하였다(Fig. 2).

하천수 내 deltamethrin 처리 시험

하천둔치에서의 방역약품 살포 시험을 통한 수중 잔류량과 하천수에 일정량의 deltamethrin을 직접 처리할 때의 수중 잔류량을 비교 및 A의 희석효과를 검증해 보기위해 수행하였다. 시험약제의 농도는 deltamethrin의 물벼룩(*Daphnia*)에 대한 독성값 LC₅₀(48h)인 0.56 µg/L(Tomlin. 2009)에 근접한 농도로 하였는데, 1.0 mg/L deltamethrin 용액 100 mL를 조제하여 평균 유량 약 200 L/sec의 하천에 처리하여 초기농도 0.50 µg/L로 수준으로 수행하였다.

A하천에서 50 m 구간을 설정하고, 0 m 지점에서 약품을 일시 유입시킬 경우, 유속에 따른 약제의 유하거리를 계산하여 0, 5, 10, 20, 30, 40 및 50 m(총 7 지점)에서 약제 투입 후 0 m 지점에서 부자를 띄워 각 지점을 부자가 지나갈 때, 하천수를 지점별로 각각 2 L씩 1회 채취하여 분석하였다(Fig. 2).

시험법의 정량한계

시험법의 정량한계는 시료를 대상으로 분석법상의 전체조작을 실시한 경우에 분석대상물질의 유무가 명확히 판단될 수 있는 최저한계 농도를 말한다. 최소검출량, 시료량 및 분석조작 중 희석배율 등을 고려하여 계산하였으며 식(1)에 나타내었다. 이때 최소검출량은 S/N비가 10배가 되도록 설정하였다(Lee, 2012).

$$\text{최소검출량 (ng)} \times \frac{\text{시험액량 (mL)}}{\text{기기주입량 (\mu L)}} \times \frac{\text{희석배율}}{\text{시료량 (g)}} = \text{LOQ (mg/kg)} \quad (1)$$

하천수 중 deltamethrin 분석방법

유리여과지(GF/C, 110 mm, Whatman Ltd, UK)를 이용하여 감압여과 한 시료 500 mL를 1 L의 분석액두에 옮겨 50 mL의 포화식염수를 가한 후, dichloromethane 100 mL와 50 mL로 각각 2회 분배하였다. 유기용매 층을 무수황산나트륨에 통과시켜 수분을 제거하고, 감압농축한 건조물을 acetone 2 mL에 정용하여 즉시 GC/µ-ECD에 2 µL를 주입, 분석하였다. 회수율시험은 상기 분석법에 따라 동일하게 실시하였으며, 시험에 사용한 기기조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Analysing instrumental conditions of deltamethrin residue in water

Instrument	GC Agilent 6890N (U.S.A)
Column	DB-1 (30 m x 0.25 mm, 0.25 µm)
Detector	µ-Electron capture detector (µ-ECD)
Temperature	Injector: 250°C Oven: 150°C(2 min) - 20°C/min - 280°C(10 min) Detector: 300°C
Flow rate	Carrier gas (N ₂) : 1 mL/min
Split ratio	10:1
Injection volume	2 µL

결과 및 고찰

시험대상 하천의 특성과 유량의 차이

하천변에서 방역약품 살포시, 하천 둑에서 최대한 고르게 분무살포하게 되지만, 하천변의 폭이 넓으면 하천으로 직접 유입되는 약제의 양은 당연히 적어지게 된다. 또한 이렇게 유입된 약제는 유량의 크고 적음에 따라 희석정도를 달리하게 된다. 본 실험에서 A하천과 B도랑의 평균 폭 차이는 각각 30 m와 3 m로 10:1의 비율이었으며, 평균 유량은 각각 202 L/s, 11 L/s로 약 18:1의 비율이었다. 그러므로 동일한 비율로 약제가 살포됐을 때, 하천변 폭과 유량이라는 두 가지 변수만을 고려하면, 방역약품의 잔류량은 A가 B에 비해 약 180 배의 희석배수를 가지게 된다. 따라서 A하천에서 B도랑에 비해 상대적으로 낮은 농도가 검출될 것이라는 것을 예측할 수 있다.

시험법의 정량한계 및 회수율 검증

수질시료에서 농약잔류량의 검출한계치는 일반적으로 0.1 µg/L (ppb) 수준이며, 전자포획검출기(ECD)로 검출하게 되는 유기염소계 농약은 이보다 약간 낮은 수준이다(Lee *et al*, 1995). 본 시험법의 정량한계는 0.04 µg/L로 위의 조건을 만족하였으며, 회수율 시험결과 A의 경우 0.4 및 2.0 µg/L, 두 수준에서의 평균회수율과 변이계수는 각각 91.57±3.13%(n=3), 94.40±4.59%(n=3)로 나타났고, B의 경우 88.24±3.33%(n=3), 85.20±3.73%(n=3)로 식약청에서 권고하는 회수율 범위 70-120%, 변이계수 10% 이내의 수준을 만족하여 분석방법의 신뢰성을 입증하였다(Lee, 2012).

하천둔치에서의 방역약품 살포 시험

실제 하천은 정체되어 있지 않고 계속해서 흐르므로, 약제 살포 후 유하거리 별 deltamethrin의 잔류농도를 분석하였다. 즉, 하천둔치 0 m 지점에서 약제를 살포하고, 이때 0 m 지점에서 부자를 띄워 지점을 부자가 지나갈 때, 각 지점별 시료를 채취하여 deltamethrin의 잔류량을 조사하였다.

약제를 희석시키는 물의 양은 거리에 따른 체적으로 계산하였으며, 평균 폭이 4 m, 수심은 0.25 m의 A하천은 약제를 희석시키는 물의 양이 살포지점으로부터 0 m에서 100 m로 멀어질수록 거리에 비례하여 점점 증가했다. 따라서 잔류량은 0 m 지점에서 최대 0.46 µg/L이었으며, 5 m 이후부터 검출한계 미만으로 관찰되어 물에 의한 약제의 희석효과가 상당한 것으로 나타났다(Fig. 3). 반면, 평균 폭 0.7 m에 0.15 m의 수심을 가진 B도랑에서의 각 지점별 수량은 각각 0.00, 0.53, 1.05, 2.10, 4.20, 7.30 및 10.50 m³로 나타나 A하천보다는 유량의 증가 정도가 낮았으며, 희석배율이 A에 비해 1/9.5배에 그쳤다. 그 결과 B의 지점별 최대 잔류량은 0 m(14.34 µg/L), 5 m(1.92 µg/L), 10 m(0.68 µg/L), 20 m(0.22 µg/L), 40 m(0.15 µg/L), 70 m(0.08 µg/L) 및 100 m(0.11 µg/L)로 살포지점으로부터 거리가 증가하면서 서서히 낮아졌으며, B가 A에 비해 비교적 높은 잔류량을 유지하였다(Fig. 4).

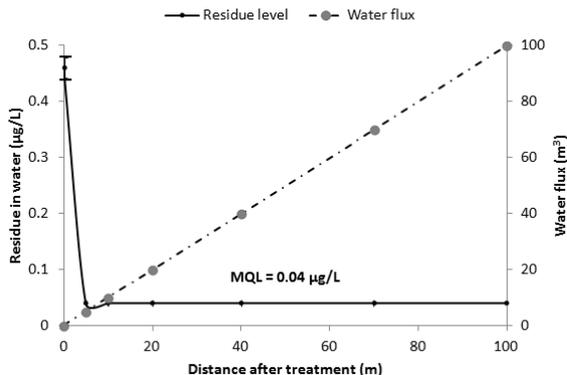


Fig. 3. Residue level according to water flux of A stream

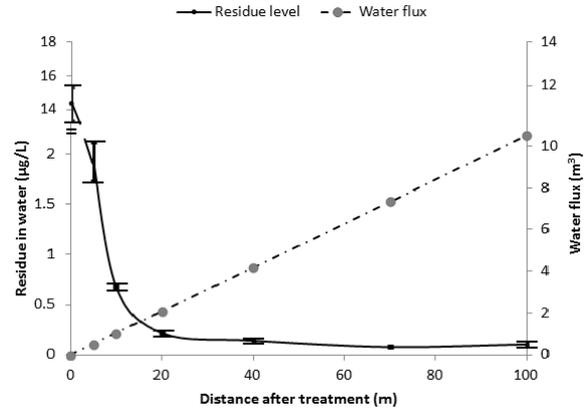


Fig. 4. Residue level according to water flux of B ditch.

하천수 내 deltamethrin 처리 시험결과

일정량의 약제를 수계에 직접 처리하였을 때의 수중 잔류량 변화를 통해 희석효과를 검증해보기 위하여 A하천의 상류 지점에서 deltamethrin을 1.0 mg 수준으로 투입한 결과, 잔류량은 0 m에서 0.2 µg/L이었고, 5 m 이후부터 검출한계 미만으로 나타났다. 이는 투입된 deltamethrin의 일부분이 물에서 휘발된다는 것과(Maguire *et al*, 1989) A의 유수량에 의한 약제의 희석효과를 생각할 수 있으며, 또 Lee 등 (1995)이 농약의 잔류농도는 채수지점, 채수시기 및 유량의 차이에 따라 크게 달라진다고 보고한 점 등을 고려해 볼 때, 약제의 수중 잔류량이 낮아 졌음을 알 수 있다(Fig. 5).

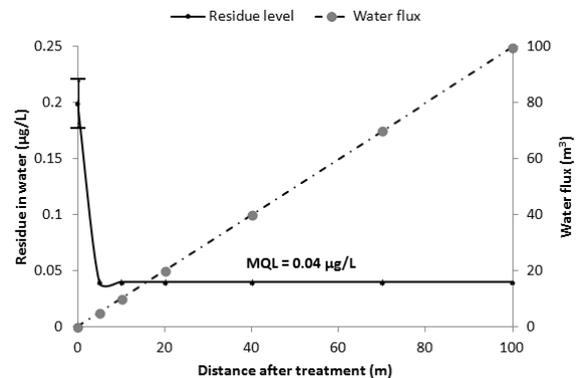


Fig. 5. Residue level according to water flux of 1.0 mg deltamethrin treatment in the A stream.

약제 살포 시 하천표면 유입량 측정

A, B에서 동일한 비율로 방역약품을 살포하여 petridish에 검출된 deltamethrin의 유효성분농도를 단위면적당 잔류량으로 환산하여, Table 3에 나타내었다. B지점은 살포시 약제가 수계에 도달하는 거리가 1 m 이내여서 대부분이 수계로 직접 투입되어 A 하천에 비해 높게 검출된 것으로 생각된다.

A지점의 유하거리별 시험에서 5 m 지점 이후의 시료에서는 검출한계 미만의 잔류량이 나타났지만, petridish 부착시험에서는 5 m 지점에서 가장 높은 잔류량이 나오는 결과가

나타났으며, 이 시험결과를 A, B에서 농약살포 후 검출된 최대 잔류량과 비교하였을 때, 각각 약 90~410배, 약 560배 정도 희석된 것을 알 수 있었다. 따라서 약제 살포 시 어느 정도의 약제가 하천 표면으로 유입되지만, 대부분 희석효과로 인해 실제 수중에서 검출되는 잔류량은 매우 낮은 것으로 나타났다.

Table 3. Amounts of deltamethrin per stream surface area (mg/L)

Stream	Distance from point of spray (m)	Repeat 1	Repeat 2	Repeat 3	Ave ± S.D ^a
A	1	0.04103	0.04900	0.03775	0.04259±0.00579
	5	0.23326	0.20778	0.12706	0.18937±0.05544
	10	0.14408	0.07617	0.07752	0.09926±0.03882
B	1	8.44581	9.79106	5.65967	7.96551±2.10716

^aS.D: Standard deviation

하천수 중 deltamethrin의 잔류수준과 문헌상의 독성값 비교

본 실험에서 사용한 deltamethrin의 옥탄올/물 분배계수는 4.6으로 생물농축가능성이 있는 약제이며(Jeong *et al.*, 2004), 어류와 갑각류에 대한 독성값은 무지개송어(*Rainbow trout*)가 LC₅₀(96 h) 0.91 µg/L, 물벼룩(*Daphnia*)은 LC₅₀(48 h) 0.56 µg/L(Tomlin, 2009)으로 나타나 있다. 이를 실험에서 얻은 A, B의 수중잔류량에 적용해본 결과, A, B 및 1.0 mg deltamethrin을 처리한 모든 경우에서 잔류량이 어류에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다. 물벼룩의 경우에는, A의 0 m 지점, B의 최초 0 m-20 m 지점 및 1.0 mg deltamethrin처리 시 0 m 지점의 시료에서 영향을 미칠 수 있는 농도가 검출되었다.

하지만, Kingsbury와 Kreutzweiser(1979)에 따르면 pyrethroid계 농약인 permethrin을 살포(17.5 g, ai/ha)했을 때, 호수의 동물성 플랑크톤에는 큰 영향이 없었고, deltamethrin 또한 물질특성상 물에 대한 용해도가 현저하게 낮은 뿐만 아니라, Koc값이 4.6×10^5 - 1.63×10^7 로, 수중 부유물질이나 저질(底質)에 강하게 흡착되었을 것으로 보인다. 또, Lee 등(1989)에 따르면, pyrethroid계면서 수중에서의 동태가 deltamethrin과 비슷한 cyfluthrin을 살포 실험결과, 치사어를 발견하지 못했으며, 수중의 cyfluthrin의 농도가 살포직후에 78 µg/L로 잉어(*Cyprinus carpio*) <0.01 mg/L(48 hr)(Hammann and Fuchs, 1981)의 반수치사농도보다 높아 치사가 예상되었으나, 24시간 이후에는 검출한계 미만으로 낮아졌고, 물이 고여있지 않으므로 어류가 실제 고농도에 노출되는 시간은 극히 짧으므로 영향을 주지 않을 것으로 고려되었다.

따라서 몇 군데 지점의 시료에서 물벼룩 급성독성값이 약간 상회하였으나, 앞서 언급한 것처럼 흐르는 물에서는 급속히 검출한계 미만으로 낮아지고, 잔류시간도 미미하여 물벼룩

에 급성독성의 영향을 줄 수 없다 판단된다. 하지만 농약이 살포되는 경작지 인근 소하천이나 수계에서는 농약 성수기에 비교적 높은 잔류수준이 예상되므로 이들 수계에 대한 실태 조사 및 평가가 계속 이루어져야 할 것으로 판단된다(Yang *et al.*, 2008).

요 약

본 연구는 하천둔치에서 방역약품 deltamethrin을 관행 방법으로 살포하였을 때 약제의 수중 잔류수준을 조사하기 위하여 대전광역시 유성구 반석동하천(A)과 죽동 도랑(B)을 대상으로 본 실험을 실시하였다. 방역약품을 살포 시 하천표면 유입량 측정 및 하천둔치에서 방역살포 시 유하거리에 따른 수계 잔류범위조사를 위하여 약제 살포 후 최대 100 m까지 7 지점에서 시료를 채취하였다. 그 결과 A의 경우 5 m 이후부터 수중 잔류량이 검출한계 미만으로 나타났고, B는 최대 14.34 µg/L에서 최소 0.08 µg/L까지 서서히 감소되는 추세를 보였다. A에서의 약제희석효과를 검증하기 위해 A하천수에 deltamethrin 1.0 mg을 직접 유입 했을 때의 잔류량 조사결과도 5 m 이후부터 검출한계미만으로 나타났다. 이러한 잔류량의 차이는 A하천이 B도랑보다 하천변 폭이 넓어 상대적으로 약제가 하천표면까지 도달하기 어렵고, 유수량이 많아 약제의 희석배수도 크기 때문에, A하천둔치에서 방역약품을 살포하면 잔류량이 급속히 낮아짐을 알 수 있었다. 실험지역별 검출된 약제의 최고농도와 문헌상의 독성값을 비교하여 독성영향을 예측한 결과, 모든 장소에서 어류에 대한 급성독성의 영향이 없을 것으로 판단되었으며, 물벼룩에 대해서는 A의 0 m 지점, B의 0 m-20 m 지점 및 1.0 mg deltamethrin을 처리한 0 m 지점의 시료에서 급성독성에 영향을 미칠 수 있는 농도가 검출 되었지만, 흐르는 물에서는 급속히 검출한계 미만으로 낮아지고, 잔류시간도 미미하여 실제 방역 살포시 하천 수계로 투입되는 방역약품의 잔류량은 어류와 갑각류에 큰 영향을 줄 수 없다고 판단된다.

감사의 글

This study was carried out with the support of "Development of Korean Model Insecticide for Predicted Environmental Concentration", 2010. Authors sincerely appreciate the National Institute of Food and Drug Safety Evaluation for their research fund.

참고문헌

- Bradbury, S., Goel, P., Coasts, R., Mckin I.M., 1985. Differential toxicity and uptake of two fenvalerate formulations in fathead minnows (*Pimephales promelas*), *Environ. Toxicol. Chem.* 4, 533-542.
- David, B. V., Somasundaram, L., 1985. Synthetic pyrethroids-an evaluation of their potential effects on

- non-target organisms, *Pesticides* 19(1), 9-12.
- Elliott, M., Farnham, A. W., Janes, N. F., Needham, P. H., Pulman, D. A., 1974. Synthetic insecticide with a new order of activity, *Nature*. 248, 5450, 710-711.
- Hammann, I., Fuchs, R., 1981. Baythroid, a new insecticide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 34, 121-151.
- Han, S.S., Lim B.H., Lim Y.S., Choi, Y.H., 2000. Elucidation of Environmental Factors Affecting the Differences in the Half-Life of the Insecticide Cyfluthrin in Soil between Field and Laboratory Tests, *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 43(4), 291-297.
- Jeong, Y.H., Kim, J.U., Kim, J.H., Lee, Y.D., Lim, C.H., Hur, J.H., 2004. *The Modern pesticides*, pp. 5, 149-151, 349-358, Sigma-press, Korea.
- Kingsbury, P.D., Kreuzweiser, D.P., 1979. *Impact of double applications of permethrin on forest streams and ponds*. Report, Canadian Forestry Service (FPM-X-27): iv + 42 [+ 49].
- Lee, S.K., Kim, Y.H., Kim, T.W., Roh, J.K., 1989. Fates of cyfluthrin and trichlorfon in water and their impacts on aquatic organisms following aerial application over the forest, *Korean J. Environ. Agric.* 8(1), 17-29.
- Lee, S.R., Kim, Y.H., Lee, M.G., 1995. Information Resources for the Establishment of Tolerances on Pesticide Residues in Water Quality, *Korean J. Environ. Agric.* 14(3), 351-373.
- Lee, Y.D., 2012. *The pesticide Analytical Residues Manual in Food Code*. pp. 3, 78-82, Korea Food & Drug Administration.
- Marguire, R.H., Carey, J.H., Hart, J.H., Tkacz, R.J., Lee, H.B., 1989. Persistence and fate of deltamethrin sprayed on a pond, *J. Agric. Food Chem.* 37(4), 1153-1159.
- Narahashi, T., 1982. Cellular and molecular mechanisms of action of insecticides: neuro-physiological approach, *Neurobehav. Toxicol. Teratol.* 4, 753-758.
- Park, K.H., Park, Y.K., Joo, J.B., Kyung, K.S., Shin, J.S., Kim, C.S., Park B.J., Uhm, J.Y., 2003. Risk Assessment of Pesticide for Earthworms, *Kor. J. Pestic. Sci.* 7(4), 280-287.
- Park, Y.K., Bae, C.H., Kim, B.S., Lee, J.B., You, A.S., Hong, S.S., Park, K.H., Shin, J.S., Hong M.K., Lee, K.S., Lee, J.H., 2009. The Risk Assessment of Butachlor for the Freshwater Aquatic Organisms, *Kor. J. Pestic. Sci.* 13(1), 1-12.
- Tomlin. C.D.S., 2009. *The pesticide manual: A world compendium (15th edition)*. pp. 180-181, 465-466.
- Verschoyle, R.D., Barnes, J.M., 1972. Toxicity of natural and synthetic pyrethrins to rats, *Pestic Biochem Physiol* 2, 308-311.
- Verschoyle, R.D., Aldridge, W.N., 1980. Structure-activity relationship of some pyrethroids in rats, *Arch. Toxicol.* 45, 325-329.
- Yang, J.E., Jung, J.B., Kim, J.U., Lee, K.S., 2008. *The Agric-Environmental Science*, pp. 237-239, 261-262, CIR, Korea.