



고추 재배 포장 라이시메타를 이용한 dimethomorph의 유출 평가

김찬섭* · 손경애 · 이희동 · 임양빈

농촌진흥청 국립농업과학원 농자재평가과

Runoff of Dimethomorph Applied in Pepper Field-lysimeter

Chan-Sub Kim*, Kyeong-Ae Son, Hee-Dong Lee and Yang-Bin Ihm

Agromaterial Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

(Received on June 14, 2017. Revised on September 15, 2017. Accepted on September 21, 2017)

Abstract To investigate runoff losses of dimethomorph from the field by rainfall, the influence of slope degree and slope length on runoff rate of dimethomorph from the pepper field were measured. The WP type formulation was applied at the pepper field lysimeter in 2004 and 2005. The dimethomorph washed down from plant was ca. 37% of what applied. Concentrations of dimethomorph in the first runoff were less than $70 \mu\text{g L}^{-1}$. Runoff losses were from 0.16% to 3.62% for 10% slope-plots, from 0.35% to 0.89% for 20% slope-plots, and from 0.53% to 3.29% for 30% slope-plots, and they were decreased with increasing slope-length. Runoff loss of dimethomorph was closely related to volume of runoff, but it was reduced by ridge and mulching.

Key words Dimethomorph, runoff, slope, slope-length, wash-off

서 론

고추 재배 시에는 탄저병, 역병 등의 병해를 방제하기 위하여 대부분의 농가에서는 지속적으로 살균제 농약을 사용하고 있다. 그 중 dimethomorph는 포도, 감귤, 머루, 무화과 등 과수와 고추, 오이, 수박, 참외, 토마토, 딸기, 배추, 상추, 시금치, 근대, 쪽갓, 들깨, 참깨, 인삼, 감자, 쪽파, 양파, 마늘, 담배, 장미, 안개초 등의 작물에 발생하는 역병, 노균병의 방제 목적으로 사용되며, 수화제, 액상수화제, 입상수화제가 시판되고 있다(Korea Crop Protection Association, 2016a). Dimethomorph는 단제와 ametocradin, azoxystrobin, copper oxychloride, dithianon, ethaboxam, fluazinam, mancozeb, metalaxyl-M, picarbutazox, propineb 및 pyraclostrobin을 함유한 혼합제가 시판되고 있으며, 유효성분 기준 출하량으로 dimethomorph 함유품목의 절반 이상을 차지하는 수화제의 최근 5년간 출하량 평균은 유효성분량으로

12,940 kg이었고, 고추에 사용 등록된 품목들의 2015년 출하량은 dimethomorph로 21,554 kg이었다(Korea Crop Protection Association, 2016b). Dimethomorph의 물에 대한 용해도는 pH 5~9에서 $16\sim 19 \text{ mg L}^{-1}$ 이고 유기탄소기준흡착계수(Koc)는 $290\sim 566 \text{ L kg}^{-1}$, 호기토양 반감기는 평균 56.7일, 포장 토양잔류 반감기는 10~61일로 알려져 있다(European Food Safety Authority, 2006; MacBean, 2012).

작물재배 과정에서 살포된 농약은 살포할 때에 토양에 직접 도달하거나 작물체에 부착되었던 농약이 강우나 이슬 등에 의하여 씻겨 내려 토양표면에 도달하게 된다(Leonard, 1990; Kim et al., 2005). 이렇게 토양에 도달한 농약은 다양한 분해대사와 이동 현상의 대상이 되는데, 토양에 잔류하는 농약은 강수량이 토양의 침투능력을 초과하는 경우에는 토양 표면유출에 의하여 지표수계로 흘러들어가게 된다(Leonard, 1990; Jarvis et al., 1997). 농약의 지표유출은 물에 녹거나 부유 토양입자에 흡착된 두 가지 형태로 일어난다(Leonard, 1990; Kim et al., 2005; FOCUS, 2004; Kim et al., 1997). 따라서 농약의 흡착성과 잔류성이 표면유출에 크게 영향을 미치며(McCall et al., 1980; Roberts,

*Corresponding author
E-mail: chskim@korea.kr

1996; FOCUS, 2004), 기후 요인으로는 강우의 시기, 강도 및 강우량 등 강우 양상(FOCUS, 2004), 토양 요인으로는 유출이 일어나는 포장의 경사도, 경사의 길이 및 토양의 투수성 등을 들 수 있다(Wischmeier and Smith, 1978).

우리나라에서는 시설재배 작물을 제외한 대부분의 밭작물이 경사지에서 재배되고 6~9월 사이에 강우 시기와 농약 사용시기가 겹쳐지게 되므로 집중강우에 의하여 농약이 수계로 유출될 가능성이 높을 것으로 예상된다. 그러나 농약에 의한 수계오염의 중요한 경로인 표면유출에 대한 연구 결과는 국내의 경우 소수(Moon et al., 1993; Kim et al., 1997; Kim et al., 2006; Kim et al., 2007; Kim et al., 2013; Kim et al., 2016)에 불과하다. 따라서 표면유출에 의한 수계오염성을 가늠하기 위해서 다른 작물보다 농약사용량이 많고 밭작물 중 가장 많은 면적을 차지하며 전국적으로 재배되고 있는 고추에 대한 포장수준에서의 농약유출연구가 다른 작물보다 선행되어야 할 것으로 판단하였고, 포장 lysimeter에서 고추 재배에 따른 농약의 유실 양상 차이를 파악하는 일련의 실험과정을 수행하여 농약의 표면유출 양상을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

실험농약 및 잔류분석

실험에 사용된 농약은 dimethomorph 25% 수화제로 시중 농약상에서 구입하였고, 그 표준품(99.7%)은 Dr Ehrenstorfer 사(Augsburg, Germany)에서 구입하였다. 분석에 사용된 acetonitrile, dichloromethane 등의 용매는 Merck사(Darmstadt, Germany)의 잔류농약분석용이나 HPLC급을 사용하였다. Sodium chloride와 sodium sulfate anhydrous, Celite 545는 Merck사(Darmstadt, Germany), Hyflo Super Cel은 Fluka사(Buchs, Switzerland) 제품을 사용하였다.

유출수와 wash-off 시료는 채취 즉시 실험실로 운반하여 감압 하에서 Whatman No.2 여지와 Hyflo Super Cel이나 Celite 545 등의 여과보조제를 통과시켜 부유입자 등을 제거한 후 여과액 500 mL에 포화식염수 50 mL를 넣고 dichloromethane 50 mL로 2회 분배하여 추출하였다. 유출수 시료 500 mL의 분배추출액을 농축하여 acetonitrile 5 mL에 녹여 분석시료액으로 사용하였으며 시료 중 불순물의 방해정도와 시료의 농도수준에 따라 필요시에는 희석하여 분석하였다.

Dimethomorph의 분석에는 시료자동주입기가 장착된 Agilent 1100 series HPLC를 사용하였다. 분석용 컬럼은 C18 column (HP Zorbax XDB18, 4.6 mm × 25 cm)을 사용하였고 분석용 용출용매의 조성은 acetonitrile : water (45:55, v/v)로 5분간 유지하고 10분 동안 acetonitrile의 비율을 75/25 (v/v)로 증가시킨 후 15분간을 유지하는 조건이었으며 검출과장은 254 nm를 사용하여 정량하였다. 유출수 분석법

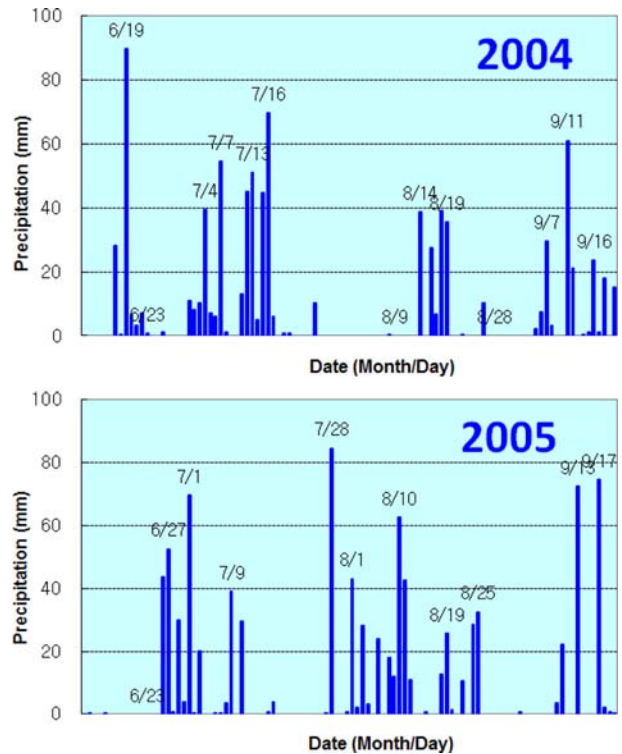


Fig. 1. Seasonal precipitation in Suwon in 2004 and 2005.

의 검출한계는 $0.2 \mu\text{g L}^{-1}$ (2004년 wash-off 분석에는 $5 \mu\text{g L}^{-1}$ 적용)이었고, 처리농도 $2 \mu\text{g L}^{-1}$ 과 $10 \mu\text{g L}^{-1}$ 에서 확인한 회수율은 95.1~98.2% 수준이었다.

고추재배포장 유출실험

포장유출실험은 농업과학기술원 내의 경사지에 설치된 lysimeter 포장에서 실시하였다. Lysimeter 포장은 경사도 10, 20 및 30%와 경사장 5, 10 및 15 m의 9 조합의 처리구로 나누어지고, 각 처리구는 폭 2 m인 3개의 반복구로 구성되었다. 시험구 토양의 토성은 사양토에 해당하였고 유기물 함량은 1.9% 수준이었다(Kim et al, 2007).

2004년에는 4월 21일까지 경운, 퇴비사용, 요소비료 살포 및 정지작업을 마치고, 5월 4일까지 등고선방향 두둑작업과 흑색비닐 멀칭을 완료하였으며 5월 6일 고추품종 ‘마니파’를 $75 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ 간격(35~36주/10 m^2)으로 정식하였다(Kim et al, 2013; Kim et al, 2016). Dimethomorph 25% 수화제를 1,000배로 희석하여 7월 19일에 10 a 당 119 L의 비율로 살포하였다. 농약살포 후 8월 13일까지는 비가 거의 내리지 않았으나, 그 후 8월에는 157 mm, 9월 12일까지 124 mm의 비가 내렸고 그 기간 동안에 표면 유출수를 3차례 수집하여 분석하였다. 2005년에는 4월 25일까지 경운, 퇴비사용, 복합비료 살포 및 정지작업을 마쳤고, 5월 10일까지 등고선방향 두둑작업과 흑색비닐 멀칭을 완료하고 5월 12일에 고추를 정식하였으며(Kim et al, 2013; Kim et al,

2016), 7월 6일에는 dimethomorph 25% 수화제 1,000배 희석액을 10a 당 120 L로 살포하였다. 농약살포 2일후부터 7월말까지 162 mm의 비가 내렸고, 8월에는 약 358 mm의 비가 내렸다.

작물에 부착된 농약이 지표면으로 이동되는 정도를 알아보기 위하여 작물체 아래에 stainless-steel pan (35 cm × 31 cm)을 경사도별로 3반복으로 설치하여 빗물을 수집하였다. 강우가 끝난 뒤 반복별로 물량을 기록하고 그 중 1 L(부족 시에는 전량)를 수집하여 분석시료로 사용하였다. 유출수는 lysimeter 시험구 하단에 설치된 폭 80 cm, 길이 100 cm, 깊이 45 cm의 1차 저수조와 폭 80 cm, 길이 80 cm, 깊이 90 cm의 2차 저수조를 이용하여 수집하였다. 저수조가 넘치지 않는 경우에는 강우직후에 시료채취 및 유출량을 측정하였고 강우량이 많아 저수조가 넘칠 경우에는 강우 중이라도 유출량을 측정하고 시료를 채취한 다음 저수조를 비워 유출수를 받았다. 유출수는 수심을 측정하여 물량을 계산하였고 초차재질의 용기에 1~4 L 정도를 채취하되 두 저수조에 수집된 물량의 비율대로 채수하여 함께 섞었다(Kim et al, 2013; Kim et al, 2016).

결과 및 고찰

작물체 부착 농약의 강우에 의한 wash-off

작물체에 부착된 농약이 강우에 의하여 씻겨 내리는 양상을 Table 1에 나타내었다. 2004년 7월 19일에 농약을 살포한 후 8일 뒤에 내린 12 mm의 강우에 의해 씻겨 내린 wash-off 중 dimethomorph의 농도는 402~1,989 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준으로 살포량의 36.0%에 해당하였고, 그 후 20일까지의 38.5 mm 강우에 의하여 씻겨 내린 dimethomorph의 농도는 3~26 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준으로 살포량의 1.2%에 해당하였으며, 살포 31일 후에는 검출한계(5 $\mu\text{g L}^{-1}$) 미만으로 감소하였다. 2005년에는 dimethomorph를 7월 6일에 살포하였는데 살포 후 4일까지 42.7 mm의 강우에 의하여 80~364 $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도로 살포량 대비 30.7%에 해당하는 dimethomorph가 씻겨 내렸

다. 그 이틀 후까지 29.5 mm의 강우에 씻겨 내린 dimethomorph는 살포량의 2.0%에 불과하였고 그 농도는 18~23 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준이었다. 그 후 20일간의 133 mm의 강우에 의하여 살포량의 3.7%에 해당하는 dimethomorph가 추가로 씻겨 내렸으며 그 농도는 대부분 1~38 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준이었다.

유출수에 의한 농약의 유실

2004년과 2005년에 유출수에 의해 고추재배포장으로부터 유실된 dimethomorph의 농도와 유출률의 평균을 Fig. 2로 나타내었다. 첫 해에는 dimethomorph 살포 후 25일까지의 강우량은 12 mm에 불과하여 유출은 발생하지 않았고, 살포 후 26일부터 31일까지, 48일과 51일 사이 및 54일과 55일 사이의 각각 147 mm, 42 mm 및 82 mm의 강우에 의하여 유출이 발생하였다. 유출수 중 dimethomorph의 농도는 첫 유출 시 3.1~17 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째에 3.0~17 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시는 0.3~6.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준이었고, 처리량 대비 경사도-경사장별 세 차례 유출률을 합한 범위는 0.12~0.81%, 평균은 0.46% 수준이었다. 이듬해에는 dimethomorph 살포 후 2일부터 5일까지, 22일, 25일과 26일, 27일과 29일 사이 및 31일부터 36일까지 내린 각각 72 mm, 85 mm, 44 mm, 33 mm 및 159 mm의 강우에 의하여 유출이 발생하였다. 유출수 중 dimethomorph의 농도는 첫 유출 시 11~69 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째에 3.5~14 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시는 2.1~9.7 $\mu\text{g L}^{-1}$, 네 번째에 2.0~10 $\mu\text{g L}^{-1}$, 다섯 번째 유출 시는 0.5~2.0 $\mu\text{g L}^{-1}$ 수준이었고, 처리량 대비 경사도-경사장별 다섯 차례 유출률을 합한 범위는 0.66~3.62%, 평균은 1.53% 수준이었다.

경사도 10%의 첫 해에 발생한 유출수 중 dimethomorph의 농도는 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 유출 시 4.1, 17.4, 6.4 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째 유출 시 16.5, 6.7, 7.9 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시는 6.1, 1.4, 0.3 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이었다. 이듬해에 발생한 유출수 중 경사장별 dimethomorph의 농도는 경사장 증가 순으로 첫 유출시 69, 59, 47 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째 유출 시 13.9, 12.6, 9.8 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시 9.7, 6.1, 5.3 $\mu\text{g L}^{-1}$, 네 번째 유출시 6.6, 8.0, 8.8 $\mu\text{g L}^{-1}$, 다섯 번째 유출 시는 2.0,

Table 1. Wash-off pattern of dimethomorph deposited on the pepper plant in 2004 and 2005

| | Sampling date (Month/Day) | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2004 | | | 2005 | | | | |
| | 7/27 | 8/16 | 8/19 | 7/10 | 7/12 | 7/18 | 7/28 | 8/1 |
| Precipitation, mm | 12.0 | 38.5 | 58.0 | 42.7 | 29.5 | 4.5 | 84.7 | 43.5 |
| Min. concentration, $\mu\text{g L}^{-1}$ | 402 | 3 | <5 | 80 | 18.1 | 20.3 | 3.0 | 0.9 |
| Max. concentration, $\mu\text{g L}^{-1}$ | 1,989 | 26 | <5 | 364 | 23.2 | 37.7 | 23.0 | 8.0 |
| Mean concentration, $\mu\text{g L}^{-1}$ | 895 | 9 | <5 | 216 | 20.6 | 26.6 | 10.4 | 2.6 |
| Wash-off, % ^{a)} | 36.0 | 1.2 | - | 30.7 | 2.0 | 0.4 | 2.9 | 0.4 |

- Application : 29.8 mg m^{-2} on July 19 2004, 30.0 mg m^{-2} on July 6 2005

^{a)}[Concentration (A $\mu\text{g L}^{-1}$)] × [Precipitation (B mm)] / [Application rate (C mg m^{-2})] × 100 = 0.1AB / C (%).

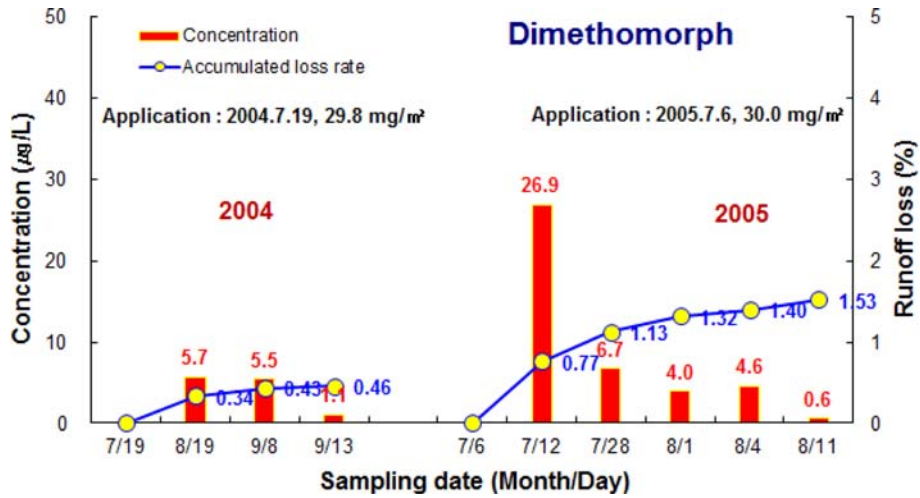


Fig. 2. Average accumulated losses of dimethomorph through runoff from pepper field lysimeter plots.

Table 2. Runoff pattern from pepper field lysimeter plots in 2004 and 2005

| Slope-length | Runoff water (mm) | | | | | | | |
|--------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2004 | | | 2005 | | | | |
| | 8/19 | 9/8 | 9/13 | 7/12 | 7/28 | 8/1 | 8/4 | 8/11 |
| 10%-5 m | 10.1 | 4.1 | 8.7 | 8.8 | 16.0 | 13.7 | 5.9 | 44.4 |
| 10%-10 m | 7.5 | 3.1 | 5.8 | 7.0 | 14.1 | 12.3 | 3.2 | 46.5 |
| 10%-15 m | 5.1 | 1.9 | 2.9 | 4.7 | 8.3 | 8.5 | 1.2 | 44.4 |
| 20%-5 m | 26.7 | 6.3 | 7.8 | 8.8 | 12.6 | 11.3 | 4.0 | 58.6 |
| 20%-10 m | 20.3 | 4.4 | 7.3 | 6.4 | 14.8 | 13.3 | 4.1 | 58.6 |
| 20%-15 m | 17.0 | 4.7 | 7.6 | 6.6 | 13.9 | 12.7 | 5.4 | 58.5 |
| 30%-5 m | 30.1 | 11.5 | 17.3 | 21.1 | 26.9 | 20.8 | 10.4 | 75.8 |
| 30%-10 m | 26.6 | 9.6 | 11.3 | 11.8 | 24.6 | 19.2 | 8.1 | 75.8 |
| 30%-15 m | 23.3 | 4.3 | 7.2 | 9.7 | 21.4 | 18.4 | 7.3 | 75.8 |

1.4, 0.5 µg L⁻¹이었다. 경사장별 처리량 대비 유출물은 경사장 5 m, 10 m, 15 m 순으로 첫 해의 경우 세 차례 유출의 합이 0.54, 0.53, 0.16% 수준이었고, 이듬해 다섯 차례 유출의 합은 3.62, 2.52, 1.27% 순으로 계산되어 경사장이 길어질수록 단위면적당 유출률이 줄어드는 것으로 나타났다. 한편 유출수량은 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 해에 발생한 첫 번째 유출 시 10.1, 7.5, 5.1 mm, 두 번째 유출 시 4.1, 3.1, 1.9 mm, 세 번째 유출 시 8.7, 5.8, 2.9 mm로 나타나 단위면적당 유출수량도 경사장이 증가할수록 줄어드는 경향이 있었다 (Fig. 3). 이듬해에 발생한 유출에서도 첫 해와 같은 경향으로 경사장의 증가에 따라 단위면적당 유출수량은 감소하였다 (Table 2). 경사장에 따른 유출농도의 감소 경향은 뚜렷하지 않았으므로 단위면적당 유출수량이 유출량 결정에 크게 기여하는 것으로 생각되었다.

경사도 20%의 첫 해에 발생한 유출수 중 dimethomorph의 농도는 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 유출 시 3.2, 3.8, 4.4 µg L⁻¹, 두 번째 유출 시 5.1, 5.1, 5.1 µg L⁻¹, 세 번째 유

출 시는 0.3, 0.3, 0.9 µg L⁻¹이었다. 이듬해에 발생한 유출수 중 경사장별 dimethomorph의 농도는 경사장 증가 순으로 첫 유출 시 11.2, 15.3, 11.8 µg L⁻¹, 두 번째 유출 시 5.0, 5.2, 5.6 µg L⁻¹, 세 번째 유출 시 3.0, 3.4, 3.3 µg L⁻¹, 네 번째 유출 시 6.4, 6.2, 4.5 µg L⁻¹, 다섯 번째 유출 시는 0.5, 0.5, 0.5 µg L⁻¹이었다. 경사장별 처리량 대비 유출물은 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 해의 경우 세 차례 유출의 합이 0.40, 0.41, 0.35% 수준이었고, 이듬해 다섯 차례 유출의 합은 0.84, 0.89, 0.84% 순으로 계산되어 경사도 10%에서와는 달리 경사장에 따른 유출률의 차이는 감지되지 않았다 (Fig. 4). 한편 유출수량은 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 해에 발생한 첫 번째 유출 시 26.7, 20.3, 17.0 mm, 두 번째 유출 시 6.3, 4.4, 4.7 mm, 세 번째 유출 시 7.8, 7.3, 7.6 mm로 나타났고, 이듬해의 유출수량도 다섯 차례동안 6.4~8.8, 12.6~14.8, 11.3~13.3, 4.0~5.4, 58.5~58.6 mm로 단위면적당 유출수량도 경사장에 따른 차이를 나타내지 않았다 (Table 2). 앞서의 경사도 10%의 경우와는 달리 경사장에 따른 유출수량

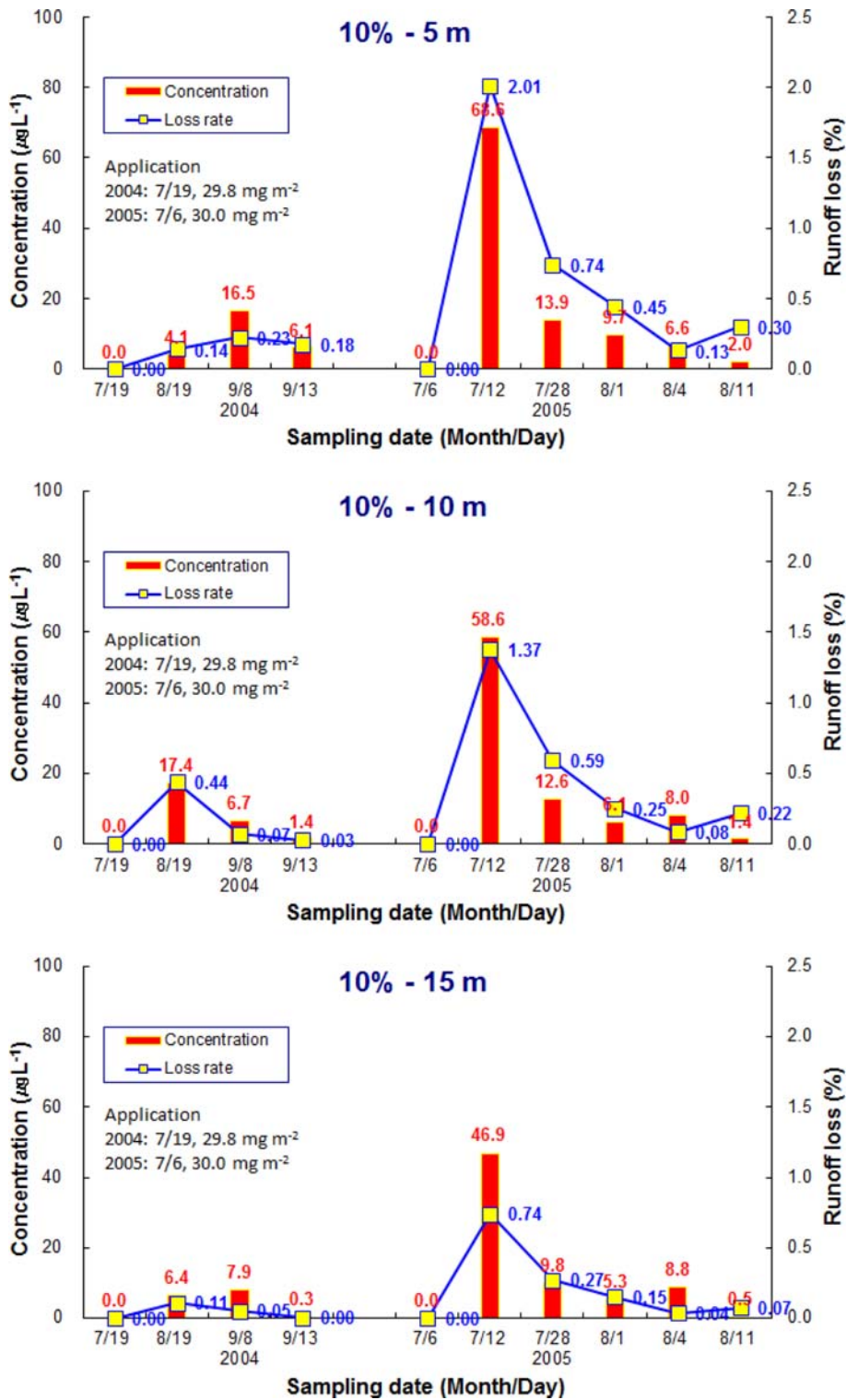


Fig. 3. Losses of dimrthomorph through runoff from 10% slope-lysimeter plots.

의 차이가 적어 dimethomorph 유출률의 차이가 나타나지 않은 것으로 생각되었다.

경사도 30%의 첫 해에 발생한 유출수 중 dimethomorph의 농도는 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 유출 시 5.6, 4.1,

7.8 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째 유출 시 4.7, 4.1, 4.1 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시는 1.0, 0.8, 1.0 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이었다. 이듬해에 발생한 유출수 중 경사장별 dimethomorph의 농도는 경사장 증가 순으로 첫 유출시 29.0, 15.1, 17.6 $\mu\text{g L}^{-1}$, 두 번째 유출 시 7.8,

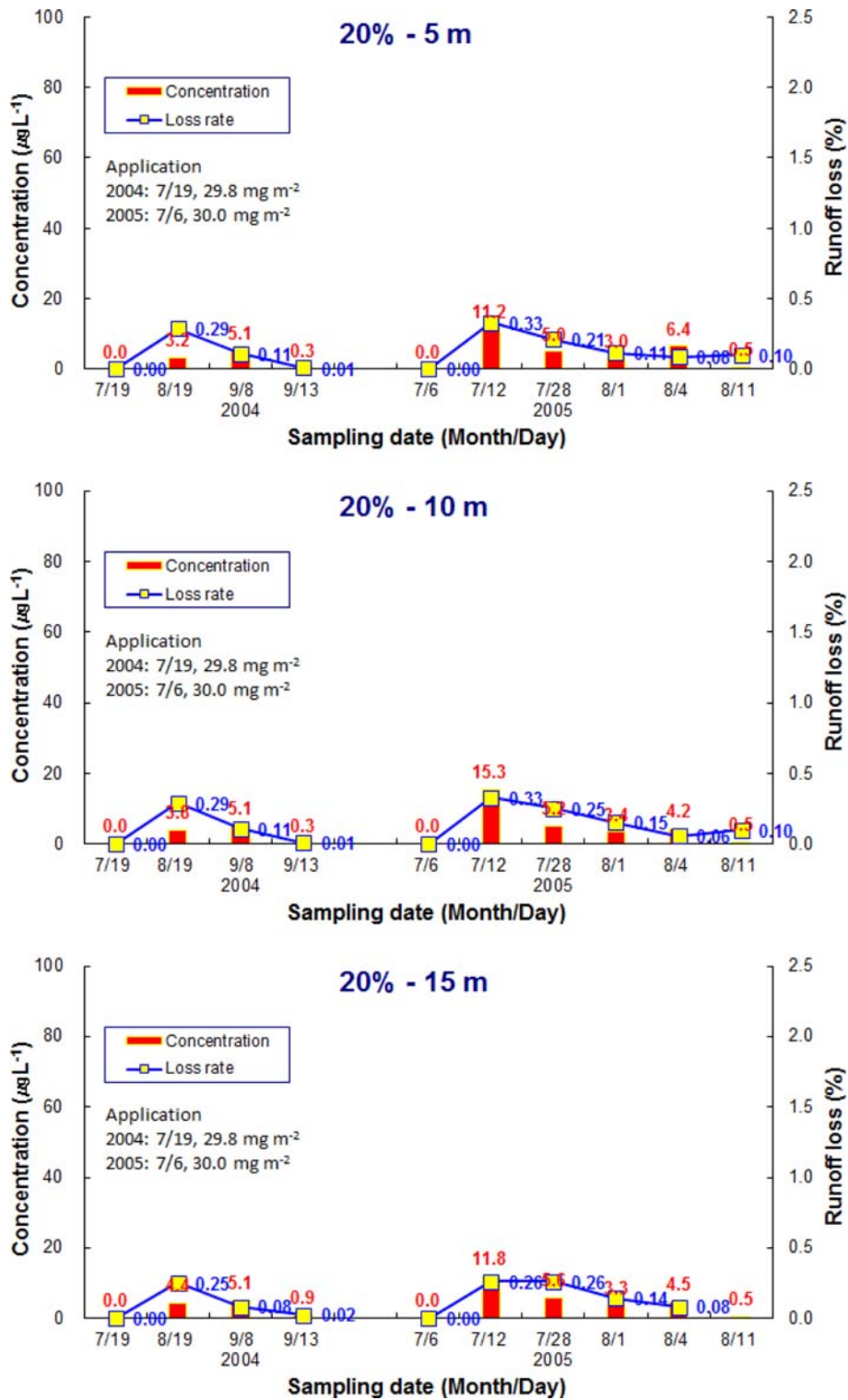


Fig. 4. Losses of dimrthomorph through runoff from 20% slope-lysimeter plots.

4.6, 3.9 $\mu\text{g L}^{-1}$, 세 번째 유출 시 4.5, 3.0, 2.4 $\mu\text{g L}^{-1}$, 네 번째 유출시 3.5, 2.5, 4.3 $\mu\text{g L}^{-1}$, 다섯 번째 유출 시는 0.5, 0.5, 0.5 $\mu\text{g L}^{-1}$ 이었다. 경사장별 처리량 대비 유출률은 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 해의 경우 세 차례 유출의 합이

0.81, 0.53, 0.69% 수준이었고, 이듬해 다섯 차례 유출의 합은 3.29, 1.36, 1.23% 순으로 계산되어 경사장이 길어질수록 단위면적당 유출률이 줄어드는 것으로 나타났다. 한편 유출 수량은 경사장 5, 10, 15 m 순으로 첫 해에 발생한 첫 번 유

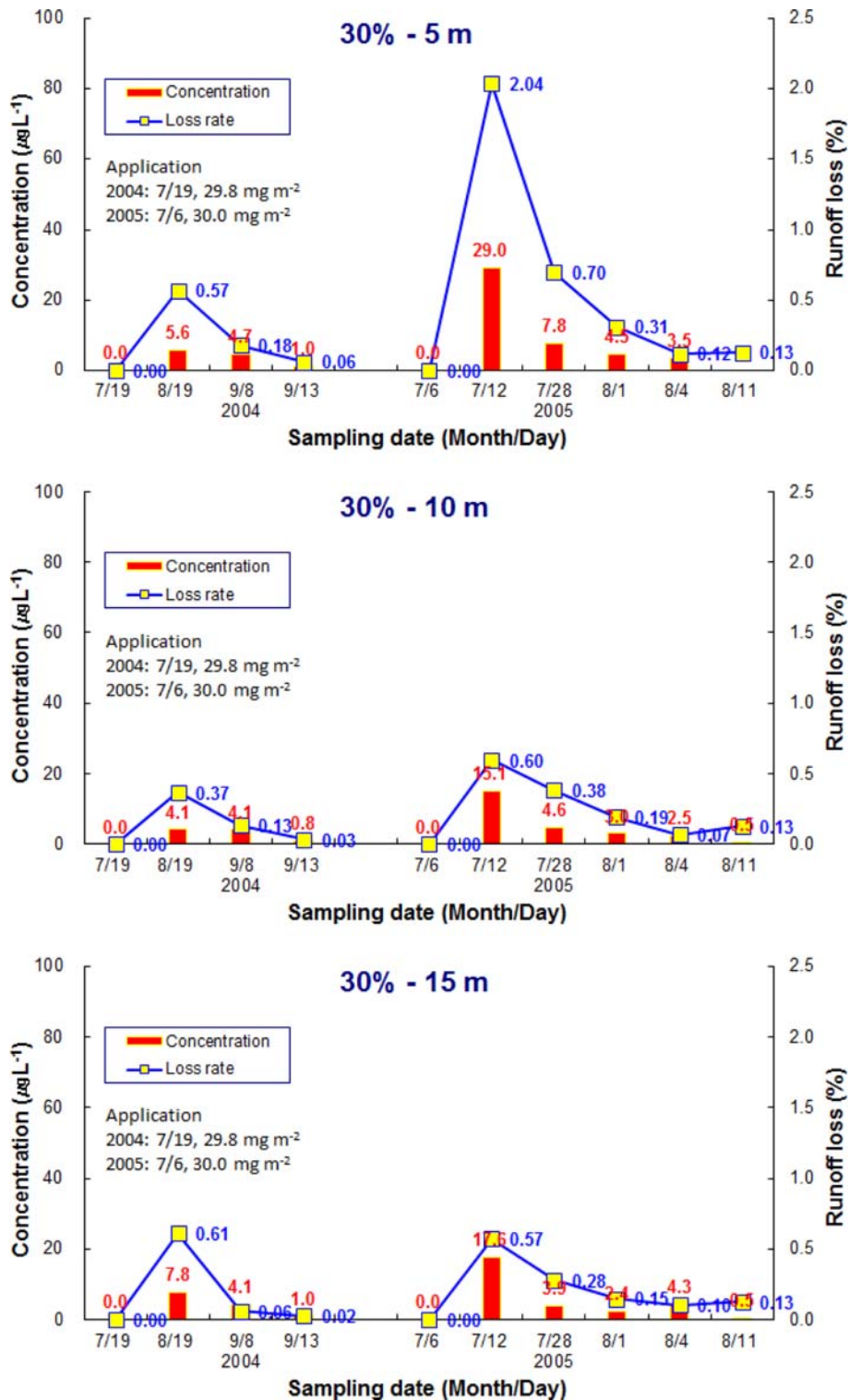


Fig. 5. Losses of dimethomorph through runoff from 30% slope-lysimeter plots.

출 시 30.1, 26.6, 23.3 mm, 두 번째 유출 시 11.5, 9.6, 4.3 mm, 세 번째 유출 시 17.3, 11.3, 7.2 mm로 나타나 단위면적당 유출수량도 경사장이 증가할수록 줄어드는 경향이였다. 이듬해에 발생한 유출에서도 경사도 10%와 마찬가지로 첫 해와 같은 경향이였으나 유출수량이 20~30 mm을 초과하는

경우에는 차이가 줄어들어 40 mm 이상에서는 차이가 거의 없었다(Table 2, Fig. 5).

경사장에 따른 유출농도는 일정한 경향을 나타내지 않았고, 단위면적당 유출수량과 dimethomorph의 유출률이 경사장의 증가에 따라 감소하는 양상이였으므로 유출수량과

dimethomorph의 유출률이 밀접한 관계가 있는 것으로 드러났다. 그러나 유출수량은 강우강도가 증가하면 경사장에 따른 차이가 줄어드는 것으로 나타났으며 이는 포장말단까지의 이동거리와 등고선 두둑에 의한 물 유출 지연능력이 빠른 시간 내에 소진되기 때문으로 추정된다.

결론

Dimethomorph의 경우 살포 10일 이내에 70 mm 정도의 강우가 오면 탈착 가능한 잔류분은 대부분 씻겨 내리는 것으로 나타났고, 고추밭 유출수 중 dimethomorph의 농도는 $70 \mu\text{g L}^{-1}$ 수준에 미치지 않아 수서생물에 대한 영향 가능성은 낮은 것으로 생각되었다(European Food Safety Authority, 2006). 경사도와 경사장 조합이 살포농약의 유출률에 미치는 영향을 종합하면 농약의 유출률은 유출수량에 의해 결정되는데 경사도가 증가할수록 늘어나고(경사도 10%의 결과를 예외로 할 경우), 경사장이 증가할수록 줄어드는 경향이 있었다. 경사장이 증가할수록 유출수량이 감소하는 현상은 두둑과 멀칭이 적용되지 않은 콩밭에서 보고된 것(Kim et al., 2007)과는 상반된 결과이다. 그 원인으로는 두둑과 멀칭효과에 의해 물 유출속도가 줄어들고 포장 내 머무름 시간이 증가되어 침투수량이 늘어났기 때문으로 생각되며 그 효과는 강우강도가 강해질수록 줄어든 것으로 생각된다(Wischmeier and Smith, 1978; Pesticide Environmental Stewardship, 2016).

감사의 글

본 연구는 2003년부터 2005년까지 수행한 농촌진흥청의 “고추재배 경사지 밭토양 중 농약의 이동성 연구”와 2015년부터 2017년까지 계획된 농촌진흥청의 “농약품목의 만성환경유해성 분야 물질분류 및 표시 체계 개선(과제번호 : PJ 01098304)”의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

- European Food Safety Authority (2006) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance dimethomorph. pp. 34-67.
- FOCUS (2004) FOCUS surface water scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC.
- Jarvis, N. J., J. M. Hollis, P. H. Nicholls, T. Mayer and S. P. Evans (1997) MACRO_DB : A decision-support tool for assessing pesticide fate and mobility in soils. *Environmental Modelling & Software* 12:251-265.
- Kim, K., J. H. Kim and C. K. Park (1997) Pesticide runoff from soil surface by rainfall. *Korean J. Environ. Agric.* 16(3): 274-284.
- Kim, S. S., Kim, T. H. Kim, S. M. Lee, D. S. Park, Y. Z. Zhu and J. H. Hur (2005) Mobility of pesticides in different slopes and soil collected from Gangwon alpine sloped-land under simulated rainfall conditions. *Korean J. Pestic. Sci.* 9(4):316-329.
- Kim, C. S., Y. B. Ihm, Y. D. Lee and B. Y. Oh (2006) Runoff and erosion of alachlor, ethalfluralin, ethoprophos and pendimethalin by rainfall simulation. *Korean J. Environ. Agric.* 25(4):306-315.
- Kim, C. S., H. D. Lee, Y. B. Ihm and G. J. Im (2007) Runoff of endosulfan by rainfall simulation and from soybean-grown field lysimer. *Korean J. Environ. Agric.* 26(4):343-350.
- Kim, C. S., Y. B. Ihm, H. Y. Kwon and G. J. Im (2013) Runoff of fluazinam applied in pepper field-lysimer. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(4):256-263.
- Kim, C. S., H. D. Lee, K. A. Son, G. H. Gil and Y. B. Ihm (2016) Runoff of azoxystrobin applied in pepper field-lysimer. *Korean J. Pestic. Sci.* 20(3):228-235.
- Korea Crop Protection Association (2016a) Agrochemicals use guide book. pp. 51-57.
- Korea Crop Protection Association (2016b) Agrochemicals year book. pp. 62-65.
- Leonard, R. A. (1990) Movement of pesticides into surface waters, In *Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modeling*. H. H. Cheng, (Ed.), Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 303-349.
- MacBean, C. (ed.) (2012) The pesticide manual (16th ed.). British Crop Protection Council. pp. 371-372.
- McCall, P. J., R. L. Swann, D. A. Laskowski, S. M. Unger, S. A. Vrona and H. J. Dishburger (1980) Estimation of chemical mobility in soil from liquid chromatographic retention times. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 24:190-195.
- Moon, Y. H., Kim, Y. T. Kim, Y. S. Kim and S. K. Han (1993) Simulation and measurement of degradation and movement of insecticide ethoprophos in soil. *Korean J. Environ. Agric.* 12(3):209-218.
- Roberts, T. R. (1996) Assessing the environmental fate of agrochemicals. *J. Environ. Sci. Health.* B31:325-335.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith (1978) Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. USDA Agriculture Handbook No. 537.
- Pesticide Environmental Stewardship (2016) The problem of runoff. <http://pesticidestewardship.org/water/runoff>. Accessed 2 June 2017.

고추 재배 포장 라이시메타를 이용한 dimethomorph의 유출 평가

김찬섭* · 손경애 · 이희동 · 임양빈

농촌진흥청 국립농업과학원 농자재평가과

요 약 작물재배 관행과 지형에 의한 농약의 유실양상의 차이를 파악하고자 고추재배 경사지 포장에서 농약유출 실험을 수행하였다. Dimethomorph 25% 수화제를 2004년과 2005년에 살포한 후 작물체를 씻어 내리는 빗물과 유출수 중 dimethomorph의 잔류 양상을 추적하였다. 농약살포 후 작물체 표면에 부착되었던 dimethomorph가 빗물에 씻겨 내리는 정도는 살포량의 37% 수준이었다. Dimethomorph의 첫 번째 유출농도는 $70 \mu\text{g L}^{-1}$ 미만이었으며, 10% 경사구의 유출률은 0.16~3.62%, 20% 경사구의 유출률은 0.35~0.89%, 30% 경사구의 유출률은 0.53~3.29%로 경사장의 증가에 따라 줄어들었다. Dimethomorph의 유출률은 유출수량과 관계가 밀접하고, 단위면적당 유출수량은 이동거리의 증가와 두둑과 멀칭효과에 의해 감소하였다.

색인어 경사도, 경사장, 디메토모르프, 유출, wash-off