

농약의 토양 표면 유출에 관한 연구-II 포장에서 인공강우에 의한 phorate의 유출특성

김 균* · 염동혁 · 김정한 · 이성규 · 김용화 · 박창규¹

한국화학연구소 안전성연구센터 환경독성연구팀, ¹서울대학교 농업생명과학대학 농화학과

초록 : 토양살충제인 phorate를 포장에 살포한 후, 토성이 다른 두 지역의 소형시험구(120 cm×120 cm)에서 호우(20 mm/hour) 및 세우(5 mm/hour) 조건의 인공강우에 의한 유출농도와 유출율을 측정하였으며, phorate의 유출농도가 수생생물에 미치는 영향을 파악하기 위하여 유출수를 이용한 송사리에 대한 급성독성실험을 수행하였다. Phorate의 유출정도는 호우 및 세우조건에 따른 차이가 크지 않았고, 양토 및 사양토에서의 평균 유출농도는 각각 11.3 ppb 및 4.8 ppb였으며, 평균유출율은 0.50%이었는데, 양토지역에서 호우시 1.31%, 세우시 0.18%, 사양토지역에서 호우시 0.48%, 세우시 0.012%였으며, 양토지역에서 phorate 유출수를 54.4%로 희석하였을 때 송사리에 대한 급성독성치(96시간 LC₅₀)가 관찰되었고, 사양토지역의 유출수는 그 자체로도 50% 이상의 치사가 나타나지 않을 정도로 양토지역보다 독성이 낮았다.(1997년 4월 22일 접수, 1997년 5월 15일 수리)

서 론

포장 유출실험은 조절할 수 없는 여러가지 환경인자들이 존재하고 극한상황의 기후조건일 경우에는 실험의 시작이 늦어질 수 있어 결과적으로 실험기간 및 비용이 증가한다는 단점이 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 보완하기 위한 방법으로 기후에 의한 변화가 감소되고, 시험구의 준비가 용이하며, 강우 지속시간과 세기를 조절할 수 있고, 약제 살포 후 첫 번째 강우시기를 표준화 할 수 있는 소형시험구에서 인공강우장치를 이용한 유출연구가 수행되고 있다. 또 다른 장점으로 유출예측 모델에 대한 보정을 단순화하여 측정된 유출량과 시험구의 크기에 따른 현상을 큰 수계에 적용이 가능하도록 자료를 제공할 수 있고,¹⁾ 시간에 따른 반복 실험과 다양한 작물생육 시기에 따른 유출실험이 가능하다는 것이다.

인공강우를 이용한 소형시험구에서의 유출연구에서 약제의 살포량을 다양하게 처리시 유출특성의 차이에 대한 실험²⁾이나 시간에 따른 강우의 세기 조절시의 유출특성,³⁾ 또는 경작형태에 따른 유출특성⁴⁾ 등 많은 연구들이 진행되었다. 특히 인공강우는 약 60여년간 토양침식에 관한 연구분야에서 사용되어 왔으며, 농약의 유출에 대한 자료를 최악의 상황에서 얻기 위해서는 약제가 처리된 후 24시간 이내에 강우가 있어야 한다는 면에서 필요성을 인정받았으며, 실제적인 빗방울의 에너지와 강우의 세기를 재현하기 위한 기술이 꾸준히 개발되어⁵⁾ 오랫동안 농약의 유출연구분야에 활용되어 왔다.⁵⁻¹⁰⁾

인공강우를 이용한 농약의 유출에 관한 결과는 매우 다양한데, Baker와 Lafen¹¹⁾은 약제를 살포하는 방식에 따른

유출율의 차이가 있음을 확인하였고, Wiese 등¹²⁾은 유출에 영향을 미치는 주요인자는 약제 살포 후의 강우시기라고 하였다. 일부 연구자는 인공강우를 이용한 실험에서 보전경작(conservation tillage)이 농약의 손실을 감소시킨다고 보고하였다.²⁻⁴⁾ 일반적으로 약제를 살포한 후 연이어 강한 강우 조건하에서 실험을 수행할 경우 매우 높은 농약의 유실이 발생한다고 보고되었는데¹³⁾ 이와 같은 강력한 강우조건을 이용할 경우 농약의 최대 유출량을 결정하는데 있어 유용한 방법으로 이용될 수 있다. 이외에도 연구목적에 따라 인공강우를 이용한 다양한 연구가 수행되었다.¹⁴⁻¹⁸⁾

본 연구에서는 조절이 가능한 인공강우 장치를 사용하였으며, 1.2×1.2 m 크기의 시험구를 포장에 설치하여 유기인계 농약인 phorate(Fig. 1)를 이용하여 유출실험을 수행하였다. 또한 phorate는 어독성이 매우 강한 약제(LC₅₀=13 ppb, 무지개 송어)¹⁹⁾로 알려져 있어 실제 포장에서 사용될 경우 강우에 의한 유출수가 환경생물에 미치는 독성학적 영향을 송사리를 이용하여 조사하였다.

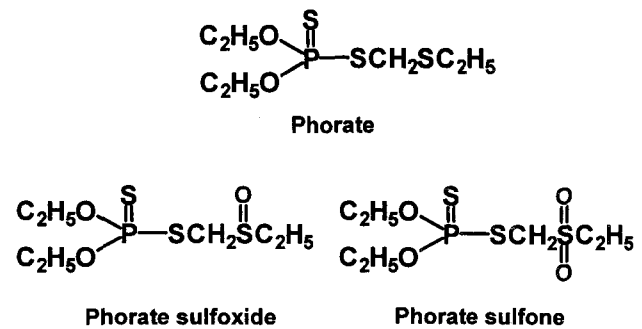


Fig. 1. Chemical structure of phorate and its degradation products.

찾는말 : phorate, runoff loss, runoff concentration, aquatic organisms, acute toxicity test

*연락처

재료 및 방법

재료 및 시약

Phorate 표준품은 미국 EPA에서 분양받아 사용하였으며, 순도는 98% 이상이었고, 포장에 처리한 약제는 phorate 입제(5%)로 10 a당 4 kg의 비율로 처리하였다. Phorate의 대사산물인 phorate sulfone 및 phorate sulfoxide 표준품은 American Cyanamid사에서 분양받아 사용하였으며, 순도는 모두 99% 이상이었다. 추출, 분석 등에 사용한 methylene chloride, hexane, sodium sulfate 등은 GR급을 사용하였다.

기기 및 조건

시료의 분석은 TSD가 장착된 Varian model 3600 개스크로마토그래프를 이용하였고, DB-1 및 DB-5(0.32 mm id×30 m, fused silica capillary, J&W Scientific) column을 사용하였다. Oven 온도는 190°C, injector는 300°C, detector는 300°C였고 carrier gas로 N₂는 60 ml/min을, split ratio는 1:6으로 하였다.

인공강우 장치 및 조건

인공강우 장치는 spray nozzle을 사용하였으며, Meyer와 Harmon²⁰⁾의 방법을 참고로 하여 실험실에서 제작, 사용하였다. 호우시 spray nozzle은 DD4 nozzle(1 kg·f/cm², 대양정공사, 국산)로 분당 2.2 L를, 세우시는 DD1 nozzle로 분당 0.67 L를 3 m 높이에서 분무하였다.

인공강우의 조건은 한국기후표²¹⁾의 자료를 참고로 현재까지 조사된 국내 전지역의 1시간 최대 강수량과 1일 최대 강수량, 그리고 대전, 유성지역의 강수량자료를 참고로 하였다. 호우조건인 경우는 시간당 20 mm의 양으로, 1일 최대 강수량을 100 mm로 하였고, 세우조건은 nozzle로 재현할 수 있는 시간당 최소 강수량 5 mm로 1일 최소강수량을 20 mm로 하여 실험을 수행하였다.

실험장소

2개의 서로 다른 토양조건을 설정하기 위해 한국화학연구원 내의 시험포장(양토)과 대전근교의 구죽지역(사양토)을 선정하였으며(Table 1), Gaynor 등²²⁾의 방법을 참고로 대조구 1개를 포함한 총 4개의 시험구를 설치하였다.

시험구는 가로, 세로 120 cm, 높이 20 cm의 stainless steel 틀을 제작하여 표토에서 약 10 cm 깊이로 삽입하였고, 시험구의 골과 골 사이는 70 cm, 경사도는 5°로 하였다. 유출수를 채취하기 위하여 stainless steel 틀에 2개의 구멍을 만들고 여기에 teflon관을 연결, 표면에서 유출되는 유출수와 유출토양을 채취하도록 하였다. 실험시 바람의 영향을 배제하기 위하여 인공강우를 실시하기 직전에 4 m 높이의 비닐막을 설치하였고, 4개의 spray nozzle을 사용하여 각각의 시험구에 인공강우가 실시되도록 하였으며, 시험구의 위치는 시험구간에 교차오염(cross contamination)이 발생하지 않도록 2~3 m의 간격을 두고 설치하였다(Fig. 2).

Table 1. Physicochemical properties of test soils for field runoff experiment with simulated rainfall

Soil Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH	O.M. (%)
Loam	28	29	43	5.6	1.38
Loamy Sand	7	24	69	6.2	2.1

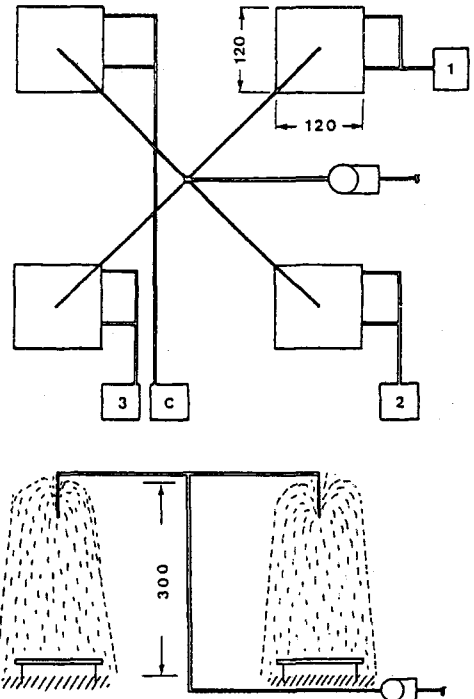


Fig. 2. Layout of the test plots and apparatus for the simulated runoff study in field.

공시생물

급성 어독성 실험용 송사리는 한국화학연구소 환경독성연구팀의 사육실(사육조건: 수온 24~26°C, 광주조건 14시간, 암조건 10시간)에서 계대 사육중인 개체중에서 부화 후 11~12개월된 성체를 실험 24시간 전에 선발하여 포장실험 현장에서 순화시키면서 절식시켰다. 실험에 사용된 송사리의 크기는 체중 0.2~0.3 g, 체장 0.2~0.3 cm였다. 어독성실험에 사용한 희석수는 지하수로서 수질특성은 경도 90 mg/L CaCO₃, pH 7.3이었다.

실험방법

회수율실험

Phorate의 회수율 실험은 토양 1 kg을 취하여 6 L의 유리 용기에 넣고, 증류수 4 L를 첨가하여 흔들어 준 후 1시간 방치하였다. 그 후 4 L중에서 3 L를 취하여 각각 1 L씩 분취하였다. 분취한 물 1 L를 "Standard method"²³⁾의 토양부유물(suspended solid) 정량방법에 따라 glass fiber filter를 사용, 물과 토양으로 분리한 후 각각에 phorate 1 ppm 표준 용액 1 ml을 처리하였다.

Phorate의 추출은 이 등^{24,25)}의 방법을 참고로 하였고, 추출과정은 김 등²⁶⁾의 방법에 따라 수행하였다.

유출시료의 채취 및 분석

시료의 채취는 대조구 1개를 포함한 4개의 시험구에서 인공강우를 실시한 후 각 시험구에서 최초로 물이 유출되는 시점부터 호우는 20 L 단위로 채취하였고, 20 L중에서 1 L는 분석용 시료로, 2 L는 어류 급성독성 실험용으로 사용하였다. 세우는 3 L를 단위로 시료를 채취하였고 호우시와 마찬가지로 1 L는 분석용으로, 2 L는 어류 급성독성 실험용으로 사용하였으며, 각 시료의 추출은 회수율 실험시와 동일한 방법으로 추출하였다.

급성 어독성실험

급성 어독성실험은 양토지역과 사양토지역에서 호우조건, 세우조건으로 나누어 총 4회 실시하였으며, 각 시험구별 유출수의 독성을 평가하기 위하여 유출수 원액을 사육수로 각각 100, 50, 25 및 12%(v/v) 비율로 희석하여 송사리를 노출시켰다.

공시어의 노출은 실험용액이 수조에 1 L 채워지면 10마리씩 무작위로 선발, 공시하여 96시간 동안 치사 및 독성증상을 관찰하였다. 치사판정은 아가미 호흡이 중단된 것과 접촉 자극할 때 반응이 없는 것을 치사한 것으로 간주하였고, 발견 즉시 제거하였다. 결과의 분석은 Moving-Average Angle법²⁷⁾에 의하여 LC₅₀값과 95% 신뢰한계를 구하였다.

결과 및 고찰

유출농도

Phorate의 회수율은 물에서 107%, 토양에서는 91%로 대부분이 회수되었다. 유출시료에서 phorate, phorate sulfone 및 phorate sulfoxide가 모두 검출되었으며, 이중 phorate sulfoxide의 농도가 가장 높았고, 대조구의 유출수와 유출토양에서는 phorate, phorate sulfone 및 phorate sulfoxide가 모두 검출되지 않았다. 유출토양에서는 유출수에 비해 유출농도가 총 1/30~1/70 수준으로 매우 낮아 전체 유출농도에 영향을 미치지 않았으므로 유출수만의 농도 변화를 고려하였다.

1) 양토지역에서의 유출농도

호우조건의 유출수에서 phorate 농도는 12.2±7 ppb, phorate sulfoxide는 74±24 ppb, phorate sulfone은 25.0±7 ppb로 산화대사가 빠르게 일어났음을 알 수 있었으며, 실내유출 실험과는 달리 시간이 경과하여도 유출농도는 일정한 수준으로 유지하면서 유출되었다. 이들 세 화합물의 농도를 합한 총 유출농도는 109±37 ppb였고, 유출율은 살포한 유효성분량의 1.31%에 불과하였다(Fig. 3).

세우조건의 경우 산화대사는 더욱 크게 진행되었는데, 유출수에서의 phorate 농도는 10.4±5 ppb로 호우조건과 큰 차이가 없었으며, phorate sulfoxide는 137±63 ppb, phorate sulfone은 42±24 ppb였고, 시간이 경과함에 따라 농도가 다소 증가하는 양상을 보였다(Fig. 3). 3종 화합물의 농도를 합한 총 유출농도는 190±90 ppb로 호우시보다 높

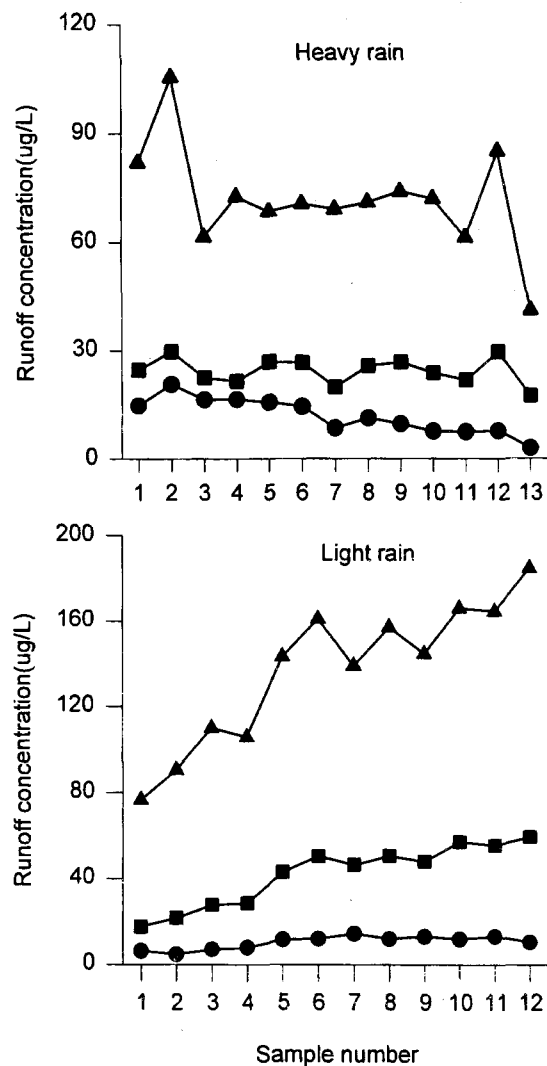


Fig. 3. Concentration of phorate and its metabolites in runoff water. (Loam area: ●—●, Phorate; ■—■, P. Sulfone; ▲—▲, P. Sulfoxide).

았으나 유출율은 0.18%로 호우시보다 1/7 이하로 감소하였다. 그 이유는 호우시는 총 유출되는 강우의 양이 평균 260 L이고 세우시는 40 L 이하로 유출되는 물이 호우시보다 1/6.5로 감소되었기 때문이다. 이는 강우량이 유출율에 영향을 미치는 가장 큰 요인중의 하나라는 것을 증명하고 있다.

2) 사양토지역에서의 유출농도

호우조건의 유출수에서 phorate의 농도는 5.9±5 ppb, phorate sulfoxide는 38.7±21 ppb, phorate sulfone은 5.1±3.1 ppb였다(Fig. 4). 3종 화합물의 농도를 합한 총 유출농도는 49.8±28 ppb였으며, 유출율은 0.48%였다. 이 결과를 양토지역의 호우조건과 비교해 보면 유출량과 유출농도가 현저히 감소하였는데, 이는 서로 다른 토성으로 인해 물이 지하로 용탈(leaching)되어(유출수; 양토 260 L, 사양토 187 L) 농도가 감소된 것으로 해석되며, 특히 phorate나 phorate sulfone에 비해 수용성이 더욱 큰 phorate sulfoxide가 급격히 감소하는 현상으로 설명될 수 있다.

세우조건의 경우 유출수에서 phorate의 농도는 3.7±2.5

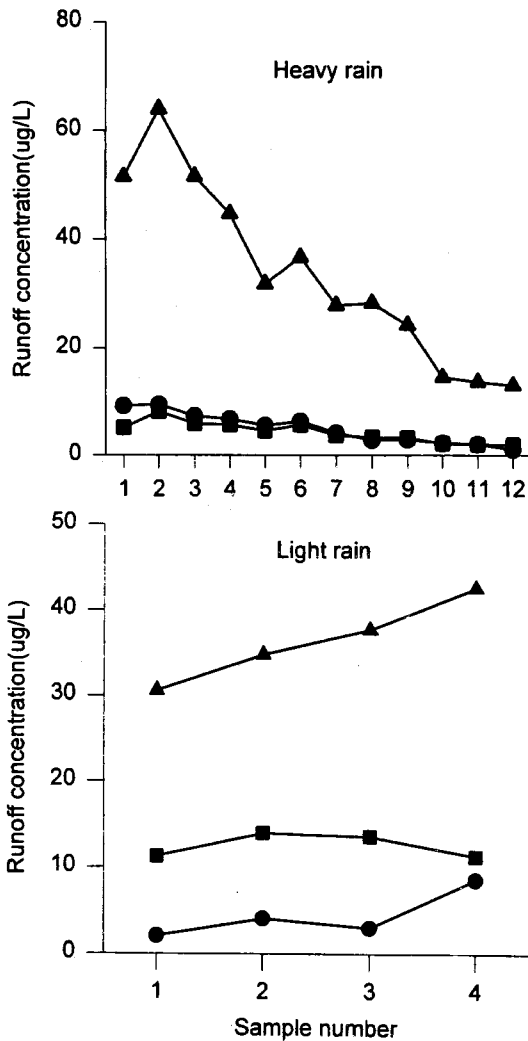


Fig. 4. Concentration of phorate and its metabolites in runoff water. (Loamy sand area: ●—●, Phorate; ■—■, P. Sulfone; ▲—▲, P. Sulfoxide).

ppb, phorate sulfoxide는 34.9 ± 19 ppb, phorate sulfone은 12.5 ± 8 ppb였으며, 이들 3종 화합물의 농도를 합한 총 유출농도는 51.1 ± 26 ppb로 호우시와 유사한 농도였으나 (Fig. 4), phorate의 유출율은 0.012%로 호우시의 2.5%에 불과하였다. 그 이유는 사양토의 특성으로 물이 용탈되어 (유출수; 양토 36 L, 사양토 7.6 L) 3~4회에 걸쳐 약 10 L 밖에 채취하지 못하였기 때문이며, 양토조건에 비하여 농도는 1/10 수준으로 낮게 검출되어 토성에 따른 유출양상을 구별할 수 있었다.

비슷한 호우조건으로 수행한 모의 실내시험결과와 비교해 보면²⁸⁾ 현 포장시험의 경우 phorate의 유출농도가 10 ppb 정도로 실내시험 보다 약 1/15로 감소하였다. 그러나 포장시험에서는 실내시험과 달리 phorate의 분해산물인 phorate sulfone과 phorate sulfoxide의 농도가 매우 높았으며, phorate와 그 분해산물을 합한 총 유출농도로 계산한다면 166 ppb로 대사산물까지 감안한 실내시험과 포장시험 간에 유출농도의 차이는 크지 않았다. 따라서 모의포장시험은 모의실내시험으로 대체할 수 있는 가능성을 제시하였다.

급성 어독성

수서생물에 대한 phorate의 급성어독성 LC_{50} 치(96시간)는 Bluegill, Rainbow trout, Bass 등이 각각 2.0, 13, 5.0 ppb,²⁹⁾ Mysid shrimp는 0.33 ppb³⁰⁾로 보고되었고, 본 연구의 결과인 양토지역에서의 phorate 총 평균 유출농도 11.3 ppb와 비교하면 phorate의 유출농도가 수서생물에 독성적인 영향을 미칠 가능성이 예상되었다. 따라서 현재 어독성 연구가 별로 수행되지 않았지만 농경지에 널리 분포되어 있는 송사리를 사용하여 급성어독성 실험을 수행한 결과 양토지역에서는 호우조건과 세우조건 96시간 LC_{50} 값은 유출수의 평균 희석농도가 각각 59.4%(47.1~82.3%), 46.7%(35.8~66.1%)로 세우조건 96시간의 독성이 높은 것으로 나타났으며, 이를 phorate 농도로 환산하면 송사리의 LC_{50} 값은 5.0 ppb로 계산되었다. 하지만 사양토지역에서는 유출수 자체에서도 50% 이상의 치사가 나타나지 않을 정도로 양토지역보다 독성이 낮았다.

생태 위해성

강우에 의한 유출수의 phorate 농도 평균인 11.3 ppb는 한국내 농경지에 서식하는 대표 어종인 송사리에 급성적인 독성영향을 줄 수 있다. 그러나 이 결과가 phorate의 사용으로 인하여 전체적 수생생태계가 직접 영향을 받게 될 것인지에 대하여는 신중한 검토가 필요한데 수계로 유입됨으로 인한 희석배수와 토양 및 저니토, 유기물 등에 흡착되는 경우, 수계에서 가수분해, 광분해 등의 화학적 변환, 강우량의 차이, 생물종에 따른 독성 값의 차이 등이 고려되어야 하기 때문이다. 예를들면 김³¹⁾ 등의 자연강우에 의한 포장에서 captafol의 유출실험 결과를 보면 유출수가 인접된 지천으로 유입되는 경우 희석배율이 10배 이상이라는 점을 참고로 한다면 phorate가 강우에 의하여 유출되어 수계로 유입된다고 하여도 수서생물에 대한 독성적인 영향은 크게 감소할 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Wauchope, R. D. and B. Burgoa (1994) "Pesticide runoff studies: toward a new protocol", Agrochemical Environmental Fate Studies: State of the Art. M.L. Leng, E.M.K. Leovey, and P.L. Zubkoff, (Eds.), Lewis Publishers, Chelsea, MI, chap 27.
2. Baker, J. L., J. M. Lafren, and R. O. Hartwig (1982) Effects of corn residue and herbicide placement on herbicide runoff losses. *Trans ASAE* **25**, 340-343.
3. Kenimer, A. L., S. Mostaghimi, R. W. Young, T. A. Dillaha, and V. O. Shanholtz (1987) Effects of residue cover on pesticide losses from conventional and no-tillage systems. *Trans ASAE* **30**, 953-959.
4. Felsot, A. S., J. K. Michell, and A. L. Kenimer (1990) Assessment of management practices for reducing pesticide runoff from sloping cropland in Illinois. *J. Environ. Qual.* **19**, 539-545.
5. Leonard, R. A. (1990) Movement of pesticides into sur-

- face waters, *In Pesticides in the soil environment: Processes, Impacts, and Modeling*. H. H. Cheng, (Ed.), Book Series No. 2, SSSA, Soil Science Society of America, Madison, WI, 303.
6. Wauchope, R. D., R. D. Williams, G. Randall, and L. R. Marti (1980) Runoff of sulfometuron-methyl and cyanazine from small plots: effects of formulation and grass cover. *J. Environ. Qual.* **19**, 119-125.
 7. Hubbard, R. K., R. G. Williams, M. D. Erdman, and L. R. Marti (1989) Chemical movement from Coastal Plain soils under simulated rainfall. II. Movement of cyanazine, sulfometuron-ethyl, and bromide. *Trans ASAE* **32**, 1239-1249.
 8. Sauer, T. J., and T. C. Daniel (1987) Effect of tillage system on runoff losses of surface-applied pesticides. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **51**, 410-415.
 9. Sharpley, A. N. (1985) Depth of surface soil-runoff interaction as effected by rainfall soil slope and management. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* **49**, 1010-1015.
 10. McDowell, L. L., G. H. Willis, L. M. Southwick, and S. Smith (1984) Methyl parathion and EPN washoff from cottonplants by simulated rainfall. *Environ. Sci. Technol.* **18**, 423-427.
 11. Baker J. L., and J. M. Laflen (1979) Runoff losses of surface applied herbicides as affected by wheel tracks and incorporation. *J. Environ. Qual.* **8**, 602-607.
 12. Wiese, A. F., E. K. Savage, J. M. Chandler, L. C. Liu, L. S. Jeffrey, J. B. Weber, and K. S. LaFleur (1980) Loss of fluometuron in runoff water. *J. Environ. Qual.* **9**, 1-5.
 13. Baker J. L., J. M. Laflen, and H. P. Johnson (1978) Effect of tillage systems on runoff losses of pesticides. A rainfall simulation study. *Trans ASAE* **21**, 886-892.
 14. Miller, W. P. (1987) Infiltration and soil loss of three gypsum-mended ultisols under simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **51**, 1314-1320.
 15. Wauchope, R. D. (1987) Tilted-bed simulation of erosion and chemical runoff from agricultural fields: I. Runoff of sediment and sediment-associated copper and zinc. *J. Environ. Qual.* **16**, 206-212.
 16. Bruggen, A. H. C., M. G. Milgroom, J. F. Osmeloski, W. E. Fry, and J. S. Jacobson (1987) Attenuation of metalaxyl on potato leaves by simulated acidic rain and residence time. *Phytopathology* **77**, 401-406.
 17. Wauchope, R. D. (1987) Tilted-bed simulation of erosion and chemical runoff from agricultural fields: II. Effects of formulation on atrazine runoff. *J. Environ. Qual.* **16**, 212-216.
 18. Willis, G. H., L. L. McDowell, and S. Smith (1988) Rainfall amount and intensity effects on carbaryl washoff from cotton plants. *Trans ASAE* **31**, 86-90.
 19. Tomlin, C.(Ed.) (1994) The pesticide manual (10th Ed.). British Crop Protection Council, Suffolk, U.K.
 20. Meyer, L. D., and W. C. Harmon (1979) Multiple-intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. *Trans. ASAE* **22**, 100-103.
 21. 기상청. 1991. 한국 기후표 제2권.
 22. Gaynor, J. D., and V. V. Volk (1981) Runoff losses of atrazine and terbutryne from unlimed and limed soil. *Environ. Sci. Technol.* **15**, 440-443.
 23. Clesceri, L. S., A. E. Greenberg, R. R. Trussell(Eds.) (1989) Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th edition, 2540 D, 2-75.
 24. 이해근, 홍종욱 (1983) 토양중 phorate의 분해와 대사. 한국농화학회지, **26**, 97-103.
 25. 홍종욱, 이해근 (1983) 토양과 채소중 phorate와 그 대사산물들의 GLC 분석. 한국농화학회지, **26**, 104-108.
 26. 김용화 외 10인 (1991) 농약이 자연생태계에 미치는 영향 조사연구(II). 한국화학연구소 연구보고서.
 27. U.S. EPA (1985) Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms(3rd ed.), EPA/ 600/4-85/013.
 28. 김 균 (1997) 강우에 의한 농약의 토양표면 유출연구. 서울대학교 박사학위논문.
 29. TOMES PLUS (1993) Toxicology, Occupational Medicine & Environmental Series Database. Published by MICROMEDEX, INC. (Volume 5-Number 3, Aug/Sep/Oct, 1993).
 30. Nimmo, D. R. (1985) Pesticides, in *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. G.M. Rand and S.R. Petrocelli(Eds.). Hemisphere Publishing Corp., New York, pp. 335-373.
 31. 김 균, 김용화, 김정환, 박창규 (1996) 농약의 토양표면 유출에 관한 연구 I-포장에서 자연강우에 의한 captafol의 유출 특성. 한국농화학회지 **39**, 488-493.

Study on Pesticide Runoff from Soil Surface-II
Runoff of Phorate by Simulated Rainfall in Field

Kyun Kim*, Dong-Hyuk Yeom, Jeong-Han Kim, Sung Kyu Lee, Yong-Hwa Kim and Chang-Kyu Park¹
(*Environmental Toxicology Team, Toxicology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology;*
¹*Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture and Life Science, Seoul National University,*
Suwon 441-744, Korea)

Abstract : Runoff of phorate, soil insecticide, were measured under simulated rainfall conditions in field using small test plot(120×120 cm) at the loam area and loamy sand area. Fish acute toxicity tests were performed with runoff water to elucidate its toxicological effect on organisms in ecosystem. The average concentrations of phorate in runoff water from loam and loamy sand soil were 11.3 ppb and 4.8 ppb, respectively. However, there was no significant concentration difference between the heavy and the light rain. With loam soil, average runoff rates were 1.31 and 0.18%, while with loamy sand soil those were 0.48 and 0.012% under the heavy and the light rain conditions, respectively. Total average runoff rate was 0.50%. With killifish, no mortality was observed in runoff water from loamy sand soil, whereas half of the population was dead in runoff water from loam soil when it was diluted to 54.4% content.

Key words : phorate, runoff loss, runoff concentration, aquatic organisms, acute toxicity test

*Corresponding Author