

Soil flushing 기법을 이용한 농약 오염토양 정화 Soil flushing of Pesticide-Contaminated Soil

전민하 · 최상일 · 장운영

광운대학교 환경공학과

요 약

본 연구에서는 Surfactant/Cosolvent 혼합용액을 적용한 Soil flushing 기법에 의해 농약(Endosulfan(6,7,8,9,10,10-Hexachlor-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,3,4benzo(e)dioxathiepin-3-oxide))으로 오염된 토양의 정화효율을 알아보았으며, 회분식 및 연속식 실험을 통하여 최적의 운전조건을 도출하고자 하였다. 세척용액의 적정 사용조건을 알아보기 위한 회분식 실험은 Jar tester를 사용하여 진탕비(토양 중량 : 세척용액 부피), Surfactant(SDS + POE₅, POE₉ + POE₁₄, POE₅ + POE₁₄, POE₁₄)와 보조용매(water, ethanol, methanol, ethanol+methanol)의 혼합비 및 농도 조건을 변화시켜가며 토양세척을 수행하였다. 세척용액은 보조용매에 Surfactant의 농도를 0.5%, 1%로 용해하여 적용하였다. 연속식 실험은 회분식 실험에서 얻어진 최적 세척용액 사용조건 즉, 계면활성제 SDS + POE₅(1:1, 용액농도 1%), 보조용매 ethanol을 일정 비율로 혼합한 세척용액을 오염된 토양이 충전된 유리칼럼에 여러 유량조건에서 1 - 20 pore volume까지 통과시켜 각 통과된 pore volume에서의 토양세척 효율을 알아보았다. 본 실험조건에서 얻어진 세척용액의 최적 통과 속도는 $0.31 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ 이었으며, 세척온도의 증가에 따른 세척효율의 향상은 20°C 이상에서 크게 둔화되었다. 또한 보조용매의 사용량을 줄이기 위해 에탄올을 물로 1:3까지 희석한 결과 세척효율에 큰 영향이 없음을 알 수 있었다.

주제어 : Soil flushing, 토양세척, 계면활성제, 보조용매, 농약

1. 서론

국내 농경지의 경우, 토양측정망에서 1987년부터 1994년까지 조사된 결과를 보면, 전체조사 농경지 중 우려기준이상의 농경지가 1.5%에서 3%로 증가하여 약 130ha 넓이의 농경지가 오염되어 있는 것으로 나타났으며, 주 오염물질은 농약으로 보고되고 있다. 향후 특별한 대책이 수립되지 않는다면 2010년에는 6.5% 이상이 토양오염 우려지역이 될 것으로 예상하고 있다. 특히 농약의 제조, 유통 및 사용량의 증가로 농산물에 대한 오염과 생태계 파괴에 대한 우려가 확산되고 있는데, 현재 특정농약의 사용제한 등의 법적 조치 외에는 농약으로 오염된 토양에 대한 특별한 처리방안이 세워지지 않고 있어 이에 대한 근본적인 대책마련이 요구되고 있다.¹⁾ 따라서 본 연구에서는 계면활성제와 보조용매를 이용한 Soil flushing 기법을 이용하여 토양 내에 잔류되어 있는 농약 오염물의 효과적인 정화 가능성에 대한 기초 연구를 수행하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 토양시료

교내(광운대학교) 야산에서 채취한 토양을 풍건한 후, 체 #4(4.7mm)를 통과시켜 시판되고 있는 농약 (지오릭스)을 정량 주입하여 회전 교반기에서 1주일 이상 균일하게 혼합한 후 4°C에서 최소 4주일 이상 암냉 보관된 토양을 사용하였다.

2-2 세척제 선정 - 회분식 실험

실험에 사용한 계면활성제의 종류는 SDS + POE₅, POE₉ + POE₁₄, POE₅ + POE₁₄, POE₁₄²⁾ 등이며, 보조용매로는 water, ethanol, methanol, ethanol:methanol(1:1)³⁾을 선택하여 각각의 혼합비에 따른 세척능력을 시험하였다. 세척용액 중의 계면활성제 농도는 각각 0.5%와 1%로 조절하여 실험하였으며 진탕비는 1:2(토양 중량 : 세척용액 부피)로 고정하였다.

2-3. 운전조건 선정 - 연속식 컬럼 실험

연속 실험은 같은 조건의 유리칼럼을 여러 개 설치한 후, Masterflex 펌프를 이용하여 세척용액을 컬럼 하단에서 상향류(upflow)방식으로 주입하였다. 운전조건은 컬럼 내 세척제의 통과속도를 각각 3, 5, 7 ml/min(0.19, 0.31, 0.44 $cm^3cm^{-2}min^{-1}$), 세척액의 계면활성제 농도는 각각 0%, 0.1%, 0.5%, 1%, 2%, 에탄올의 희석 비율은 각각 0.5:1, 1:1, 2:1, 3:1(solvent : water)로 하여 각 조건에서의 세척효율을 알아보았으며, 세척제의 온도 조건을 각각 10°C, 20°C, 30°C로 변화시켜 세척향상 효과를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

회분식 실험결과, 계면활성제의 경우, SDS와 POE-5를 1:1로 조합한 계면활성제가 다른 조합조건에 비하여 전반적으로 높은 농약 용출 효과를 보여주었으며, 특히 보조용매로 에탄올을 혼합한 경우에 가장 높은 용출 효율을 보여 주었다.(Fig. 1) 따라서 최적 세척제 조건으로 계면활성제는 1 % SDS + POE₅(1:1), 보조용매로는 에탄올을 선정하였다(Fig. 3), 연속식 실험에서 효과적인 세척을 위한 세척용액의 최적 통과속도는 5ml/min (0.31 $cm^3cm^{-2}min^{-1}$)였으며, 세척용액의 온도조건은 20°C가 가장 적정하였다. 보조용매의 희석 비율은 본 실험조건에서 물과 에탄올의 비가 1:3일 때 가장 적절하였다.(Fig. 2, 4, 5)

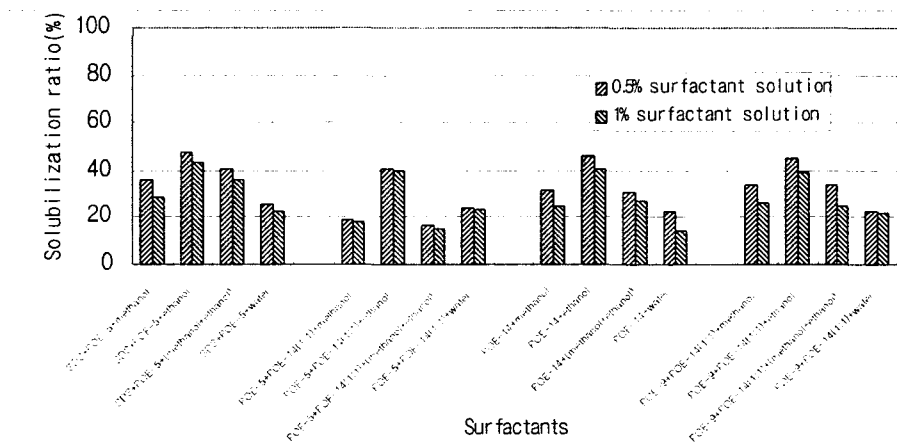


Fig. 1. Solubilization of the pesticide from soil by surfactants and cosolvents (initial pesticide concentration of soil, Co=3,400mg/kg)

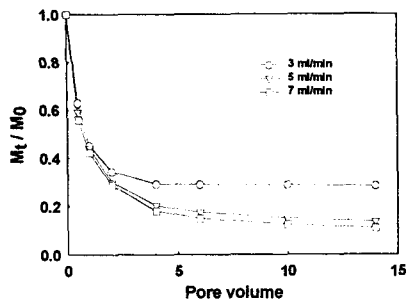


Fig. 2. Effects of the flow rate of the surfactant/cosolvent solution on removal of pesticide (M_0 , M_t ; initial and residual amounts of pesticide in soil column, respectively, surfactant 1 %)

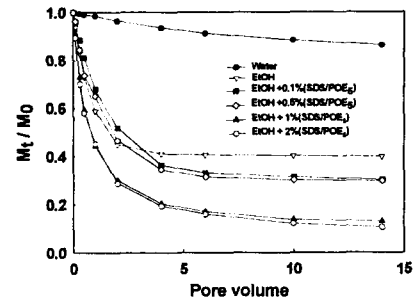


Fig. 3. Effects of the ratio of surfactant and cosolvent on the removal of pesticide (flow rate of the surfactant/cosolvent solution 5 ml/min)

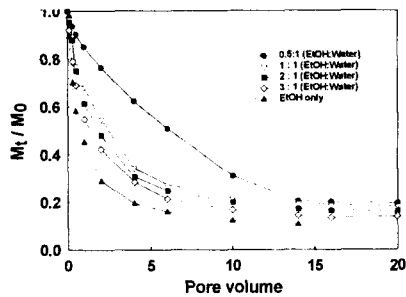


Fig. 4. Effects of the dilution ratio of cosolvent on the removal of pesticide (flow rate of the surfactant/cosolvent solution, 5 ml/min)

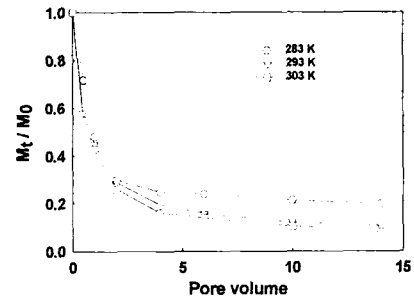


Fig. 5. Effects of temperature of washing solution on the removal of pesticide (flow rate of the surfactant/cosolvent solution, 5 ml/min)

4. 결론

1. 세척액으로 계면활성제 SDS와 POE-5를 1:1로 혼합하여 사용하였을 때 단일 계면활성제를 사용하는 경우보다 높은 세척효율을 얻을 수 있었으며, 특히 보조용매로 에탄올에 용해시 세척효율의 향상을 얻을 수 있었다.
2. 연속 실험결과, 효과적인 토양세척을 위한 토양 내 세척액 투과속도는 적정 범위로 조절되어야 함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 (1998)년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

1. 환경백서, 환경부 (1997)
2. 장 민, 오염토양 정화를 위한 세척제의 특성에 관한 연구, 광운대학교 석사학위논문, pp. 49 ~ 58 (1997)
3. D. Roy, R. R Kommalapati, S. S. Mandada, K. T. Valsaraj, Soil Washing Potential of a Natural Surfactant, Environ. Sci. Technol, 31:670-675 (1977)