

Phytoremediation of Diesel-Contaminated Soil by Poplar Tree

조수형, 장순웅

경기대학교 환경공학과 (e-mail : seen095@hanmail.net)

<요약문>

In the past several years phytoremediation, defined as the use of plants for removing contaminants from media such as soils or water, has attracted a great deal of interest as a potentially useful remediation technology. In this study, we have attempted to assess the effectiveness of phytoremediation of diesel contaminated soils using hybrid poplar species. 3 poplar species had removed diesel from soil effectively and toxic effect was also observed over 2500mg/kg diesel contaminated soil, which indicating reducing diesel removal.

key word : Phytoremediation, Poplar tree, diesel contaminated soil.

1. 서론

급격한 경제성장의 결과로서 최근 각종 토양 지하수 오염으로 인한 환경오염사고가 발생함에 따라 토양 지하수 오염에 대한 관심이 고조되고 있다. 주유소를 비롯한 유류저장시설은 근래에 들어 크게 증가되고 있는 실정이며 이에 따른 지하저장탱크에서 오염물질의 누출로 인한 토양 지하수 오염문제가 부각되면서 오염지역 정화기술 개발과 관련된 연구가 시작되고 있는 단계이다. 특히 주유소, 공장 및 군부대의 유류로 인한 토양 지하수 오염은 심각한 실정으로 종합적인 현황 파악 및 정화기술의 개발이 중요한 과제로 부각되고 있다. 유류오염물질의 대부분은 물에 잘 용해되지 않는 소수성인 이유로 일단 유출되면 토양과 강한 흡착을 이루거나 NAPL(NonAqueous Phase Liquid)로 남아 오랜 기간 잔류하게 된다. 이러한 유류오염물질 중 디젤은 가솔린에 비해 상대적으로 휘발성과 용해도가 낮아 오염물의 확산이 느리며 NAPL상태로 토양 불포화층을 통해 수직이동하여 지하수면 위에 축적되는 경향을 보여준다. 또한 모세관 현상에 의해 불포화층 토양의 공극사이에 잔류하여 잔류포화(residual saturation)상태로서 지하수의 장기적인 오염원으로 작용한다.

그 중 디젤은 휘발성이나 용해도가 작고 생분해도가 높은 물질로 처리기술로는 현재 생물학적 처리법인 현장 생물 촉진법(In Situ Bioremediation)등이 많이 이용되고 있으며 최근에는 식물을 현장에 적용한 식물정화기술(Phytoremediation)에 의한 유류오염정화 기초연구도 일부 진행되고 있다. 식물을 이용한 정화기술은 유·무기화합물로 오염된 지역을 정화하기 위해 식물을 이용하는 방법으로 bioremediation보다 고농도의 오염물에 대해 내성을 가지면 경제적이고 친환경적인 공법이다. 식물정화

공정을 오염된 토양 및 지하수 정화에 적용하는데는 생물학적, 화학적 그리고 물리화학적 mechanism이 모두 포함된다. 첫 번째로 오염물질을 직접 식물체내로 흡수하거나 또는 식물체내의 효소에 의해 덜 유해한 생성물로 변형시킨다. 일부 식물은 유기독성물질을 흡수해서 독성의 특정화합성분을 이용할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한, 식물의 뿌리에서 삼출물(exudates) 또는 효소를 방출함으로써 뿌리근처에 서식하는 토양미생물(rhizosphere)을 활성화하여 유기물질의 생화학적 분해를 촉진시킨다. 두 번째, 식물의 뿌리는 토양 및 지하수의 물을 증산함으로써 토양으로 유출된 오염물질이 지하에서의 이동을 방지함으로써 hydraulic barrier 역할을 하고, 식재된 수목의 새싹과 잎에 오염물질이 이동해서 축적된다. 이렇게 축적된 오염물질은 매년 식물의 열매나 낙엽에 포함돼 수거할 수 있기 때문에 결과적으로 대상 부지에서 오염물질이 정화되는 것이다.

본 연구에서는 국내에서 자생하는 포플러 수종을 대상으로 디젤오염토양정화 가능성을 조사하였으며, 토양미생물의 성장 여부 등을 관찰하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구를 위하여 경기도 수원 소재 임업연구원 임목육종부 채수포에서 현사시(*Populus alba* × *glandulosa*), 양황철(*P. nigra* × *maximowiczii*), 이태리포플러(*P. euramericana*)의 1년생 삼수를 사용하였다. 포플러 삼목은 길이 15cm 정도로 일정하게 자른 후 모래로 채운 화분(30cm×10cm)에 식재한 후 하루에 한번 영양배지를 관수하는 방식으로 재배하는 방식으로 2개월간 온실에서 재배하였다. 2개월간의 일차 재배 후 실험용 화분에 디젤농도별 오염토양과 더불어 3종의 포플러나무를 이식하였다. 2-3일에 한번씩 화분내 토양에 수분을 공급시켜 주었으며, 3개월 후 토양내 디젤 농도를 분석함으로써 포플러나무에 의한 디젤제거 경향을 분석하였다. 토양중 TPH 농도는 US EPA Methods(8020)를 기준으로 하여, 먼저 채취한 토양 5g에 15g의 무수황산나트륨을 첨가하여 수분을 제거한 후 추출용매 methylene chloride 10 ml를 넣어 마개를 닫은 후 30분간 진동추출을 하였다. 추출상등액은 Membrane Filter로 여과하여 냉장보관한 후 GC-FID에서 TPH농도를 측정하였다. 토양중 pH농도는 환경부 토양오염공정시험법을 기준으로 하여, 50ml 비이커에 2mm 입경으로 구분한 토양 5g과 증류수 25ml를 넣어 저어주면서 1시간 경과 후 pH를 측정하였다. 토양의 유기물 함량은 KSF 2104 기준으로 강열감량법으로 분석하였다. 디젤분해미생물 개체수는 sampling port에서 토양을 채취한 후 멸균된 증류수로 희석하여 1분간 vortexing 한 후 실험에 사용하였다. 희석된 시료는 BSM배지(1% diesel)를 이용하여 plate에 도말한 후, 28C의 온도로 배양한 후 Standard total plate count methods를 이용하여 colony를 측정, colony/g soil로 환산하였다.

3. 결과

국내에서 자생하는 포플러 수종중 현사시, 이태리포플러, 양황철을 대상으로 디젤오염토양 정화 가능성을 조사 실험을 진행하였다. 포플러나무에 의한 디젤 제거율은 오염초기 및 식물정화 적용 3개월 후 토양을 분석함으로써 비교하였으며 Figure 1에서는 초기디젤오염농도에 따른 포플러나무에 의한 디젤제거율은 나타내고 있다. 디젤제거율은 초기농도 1000mg/kg에서 가장 높게 관찰되었다. 포플러나무에 의한 디젤제거율은 대조군에서의 손실을 보정하여 계산한 결과로서 500mg/kg일때 보다 다소 높은 결과를 보여주었다. 그러나 초기 디젤농도가 증가할수록 디젤제거율은 급격하게 감소함을 볼 수 있다. 초기 디젤농도가 5000mg/kg일때는 디젤제거율이 5%미만이었다. 그러나 미생물이 동시에 접종된 경우는 디젤제거율이 15%이상으로 관찰되었다.

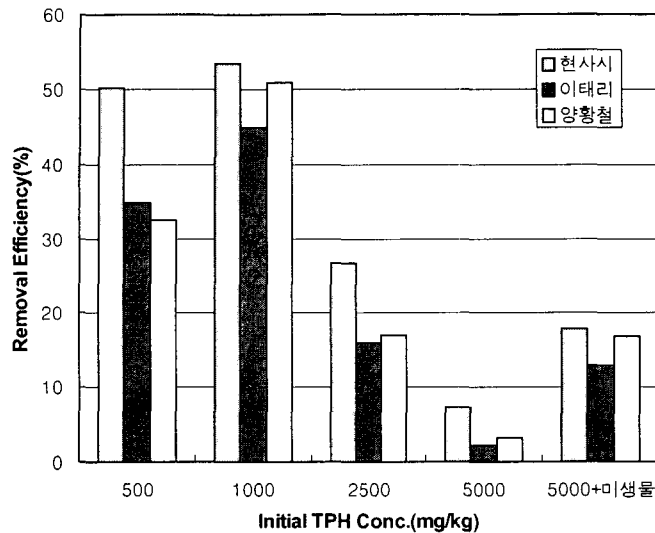


Fig. 1. Diesel removal efficiency by the poplar tree and initial diesel concentration.

Table 1. Bacterial enumeration in soil during the period of plant growth.

	10days	30days	60days
500	$0.1 \cdot 10^3$	$1.0 \cdot 10^3$	$6.5 \cdot 10^3$
1000	$0.13 \cdot 10^3$	$1.25 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$
2500	$0.65 \cdot 10^2$	$0.65 \cdot 10^3$	$1.05 \cdot 10^4$
5000	$0.5 \cdot 10^2$	$0.57 \cdot 10^3$	$3.5 \cdot 10^3$

Table 1은 포플러 수종중 현사시에 의한 디젤오염토양 정화시 디젤분해 개체수를 비교한 결과이다. 모든 실험구에서 디젤분해균주는 측정 기간동안 증가하는 경향을 보여주었다. 그러나, 고농도 디젤로 실험이 진행된 경우에는 포플러 생장이 제대로 이루어지지 않음과 동시에 균주의 수 역시 크게 증가하지 않음을 볼 수 있었다.

참고문헌

- 1) Nair D. R., Burken J. G., Associate Members, ASCE, Licht L. A., and Schnoor J. L., Member, ASCE (1993), "Mineralization and Uptake of Triazine Pesticide in Soil-Plant Systems", J. Environ. Eng., Vol.119, No.5, pp.842~854
- 2) Narayanan M., Tracy J. C., Davis L. C., Erickson L.E. (1997), "Modeling the Fate of Toluene in a Chamber with Alfalfa Plants", Volume1, pp.5a-1~5b-28, <<http://www.engg.ksu.edu/HSRC/JHSR>>
- 3) Paterson, K. G., Associate Members, ASCE and Schnoor, J. L., Member, ASCE (1993), "Vegetative Alteration of Nitrate Fate in Unsaturated Zone", J. Environ. Eng., Vol.119, No.5, pp.986~993
- 4) Ralinda R., Miller P. G. (1996), "Phytoremediation", GERTAC Technology Overview Report, O Series:TO-96-03, pp1~11
- 5) Schnoor J. L., Licht L. A., McCutcheon S. C., Wolfe N. L., Carreira L. H. (1995), "Phytoremediation of Organic and Nutrient Contaminants", Environ. Sci. Technol, Vol.29, No.7, pp.318~323
- 6) Suthersan, S. S. (1997), "Remediation engineering", CRC Press, pp.255~264 환경부, 고도정수처리시스템개발, 건설교통부(1995).77-85, 2004