

경유오염 농경지의 톱밥 처리효과

이종식 · 이용환 · 홍승길

농업과학기술원

Effect of Sawdust Treatment at Oil Contaminated Soil

Jong-Sik Lee*, Yong-Hwan Lee, Seung-Gil Hong (National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, e-mail:jongslee@rda.go.kr)

ABSTRACT : To find out the countermeasure to plant damage at soil contaminated with oil, several adsorbents such as muck, peat, sawdust and PEAT SORB were treated at diesel oil contaminated soil. As the results, sawdust and PEAT SORB showed better effect of oil adsorption than muck and peat. Removal rate of diesel oil with sawdust treatment was higher than 95% at the condition which the ratio of adsorbent amount to oil was higher than 1:2(w/v). And the releasing amount of oil from adsorbent-oil complex was very small. With the oil treatment of 4,000 L·ha⁻¹ at tillering stage, rice plant height and chlorophyll content were lower than control at non-adsorbent treatment, but those were increased at sawdust treatment.

Key words : Diesel, Peat, Muck, Sawdust, Adsorbent, Chlorophyll

서 론

1980년대 중반 이후, 석유탄화수소(Petroleum Hydrocarbon, PHC)는 그 사용량의 증가와 함께 많은 양이 자연환경에 노출되어 유류에 의한 토양오염이 환경문제의 하나로 대두되었다. 농업에서의 유류오염 피해는 직접 종자 및 식물체에 부착 또는 침투되어 발아를 억제하고¹⁾ 생육장해를 일으키거나 수표면을 파괴하여 토양으로 산소공급을 방해한다²⁾. 또한 수온 및 지온을 상승시켜 토양의 이상환원을 촉진하여 근부현상을 일으키거나 토양의 물리성을 악화시키는 등의 간접적인 피해가 있다³⁾. 비의 경우, 논에 유입된 유류가 경엽을 따라 상승하여 유막을 형성하여 엽선단이 갇히고 갈색반점이 생기며 심하면 황백화되어 하엽이 고사한다. 특히 분얼기에는 미질에 영향을 주어 청미, 사미, 기형미 등이 증가한다. 유류오염에 대한 경작지 피해 대책으로는 첫째, 토양에 산소를 충분히 공급하여 탄화수소의 호기성 분해를 촉진하기 위한 토양경운 및 공기주입⁴⁾, 둘째, 복합미생물제 처리, 미생물이 이용할 수 있도록 유류를 미립자로 분해하기 위한 유류분산제 처리, 생물학적 반응을 촉진시키기 위한 산소공급제 처리 등에 의한 미생물 활성화⁵⁾, 셋째, 고분자물질이나 천연물 등을 이용한 흡착제거, 그리고 비록 오염원 제거에 오랜 시간이 걸리지만 처리 과정에서 생기는 부가적인 악영향을 줄일 수 있는 환경친화적 복원기술인 식물을 이용한 제거 기술(Phytoremediation) 등을 들 수 있다. 본 연구는 유류사고 등으로 농경지에 유입된 경유로 인한

농작물 피해를 줄이기 위한 방법으로 톱밥이용 가능성을 구명하기 위하여 톱밥의 경유 흡착능과 시용 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

본 시험에서 사용한 흡착제는 토탄(土炭, Muck), 이탄(泥炭, Peat), PEAT SORB, 톱밥이었으며, 각 흡착제별 경유 흡착능 시험은 실험실내에서 실시하였다. 식물잔사의 육안 식별이 어려운 토탄⁶⁾은 전복 익산, 그리고 식별이 가능한 이탄은 경기도 김포에서 채취하였으며 톱밥은 미송나무, PEAT SORB는 캐나다산 peat를 가공 처리한 상품을 사용하였다. 톱밥 시용에 의한 농작물 피해경감 효과는 1/2,000a 와그너 풋트를 이용하여 분얼기에 1,000, 2,000 및 4,000 L·ha⁻¹의 경유를 처리한 뒤, 각 흡착제를 처리하여 초장과 잎중 염록소함량을 정량하였다. 또한, 용액중에 함유된 경유 정량은 ASTM(The American Society for Testing and Materials) D5831법을 응용한 Photometric method⁷⁾를 이용하였으며, 추출용매는 n-Pentane(Fisher, HPLC Grade), 정량에 사용된 기기는 미국 BECKMAN사의 DU-650 Spectrophotometer를 사용하였다. 시험방법으로는 첫째, 경유 흡착능이 좋은 재료를 선별하기 위하여 동일 조건에서 각각의 재료에 대한 경유 흡착제 거울을 조사하였으며, 둘째 선별된 흡착제의 적정 처리량을 구명하기 위하여 일정량의 증류수에 경유를 첨가한 뒤 흡착제 처리율을 달리하여 수중에 함유된 경유의 제거량을 조사하였다. 셋째로

흡착제의 입도에 따른 흡착효율을 조사하였으며, 넷째로 분얼기에 경유를 처리한 후 흡착제를 처리한 처리구의 생육상황과 엽록소 함량을 흡착제를 처리하지 않은 대조구와 비교하여 흡착제 처리효과를 조사하였다.

결과 및 고찰

표 1은 처리된 흡착제 종류별 경유제거 효율을 나타낸 것으로 흡착제와 경유의 처리 비율은 1:2(w/v)이었다. 즉, 1ml의 경유를 처리한 뒤 각각의 흡착제 0.5g을 넣고 일정 시간 뒤에 용액에 남아 있는 경유 농도를 측정하였다. 흡착제를 처리하지 않은 무처리구의 시험 후 검출농도가 27,451mg·L⁻¹로 이는 처리된 경유량과 비중 0.82에 의해 계산된 이론적 농도 32,800mg L⁻¹의 83.7%로 이것이 본 시험에서 이용한 경유 분석방법⁷⁾에 의한 회수율이 된다. 각 처리별 흡착 제거율은 토탄이 45.1%, 이탄이 86.3%, PEAT SORB 98.9% 및 톱밥 98.0%로 토탄과 이탄에 비해 PEAT SORB와 톱밥의 경유 흡착율이 높게 나타났다.

경유의 흡착제거율이 98%가 넘었던 PEAT SORB와 톱밥에 대하여 경유에 대한 처리 비율을 달리하여 각각의 흡착제거 효율을 비교한 그림 1의 결과를 보면, PEAT SORB의 경우에는 처리 비율이 1:5(w/v)에서 48.3%의 경유 제거율을 보인 반면 1:2(w/v)에서 97.8%를 나타냈으며 이 이상의 처리율에서는 흡착 제거효율의 차이가 없었다. 또한 톱밥 처리구에서도 1:5 비율에서 44.0%의 낮은 제거효율을 보였으나 1:2(w/v) 이상에서 96% 이상의 제거효율을 나타냈다. 결과적으로 두 종류의 흡착제 모두 처리 비율이 1:2(w/v) 이상일 때 높은 효율을 보여 톱밥에 의한 경유제거는 유입된 경유량에 대한 흡착제 처리 비율이 1:2(w/v) 이상에서 좋은 효과를 볼 수 있었다.

그림 2는 경유를 흡착한 PEAT SORB와 톱밥이 시간이 경과함에 따라 자연계로 다시 재용출될 가능성 여부를 구명하기 위하여 경유를 흡착 제거한 뒤, 흡착제를 증류수에 3일간 방치한 후 수중에 용출된 경유량을 조사한 것으로 1:10(w/v) 처리구에서 13.4 및 17.1%의 재용출율을 보인 반면 경유의 흡착제거 효율이 높았던 1:1(w/v) 이상의 처리구에서는 거의 재용출이 되지 않아 유입된 경유량에 대하여 톱밥 처리 비율 1:1(w/v) 이상에서 재용출의 우려 없이 효과적으로 경유를 흡수 제거할 수 있음을 보였다.

Table 1. Removal rate of diesel oil by adsorbents

Adsorbent	Concentration(mg L ⁻¹)	Removal rate(%)
Non-treatment	27,451	-
Muck	15,069	45.1
Peat	3,768	86.3
PEAT SORB	304	98.9
Sawdust	541	98.0

The ratio of adsorbent to diesel treated was 1:2.

Fig. 1. Removal rate of diesel oil with adsorbent treatment.

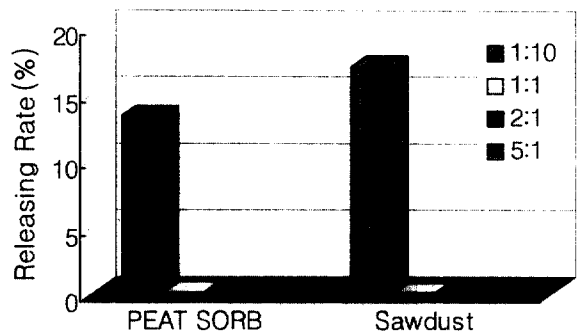


Fig. 2. Releasing rate of diesel oil from adsorbent-oil complex.

경유 흡착제거 효율이 높게 나타난 톱밥과 PEAT SORB의 입자 크기에 따른 흡착효과 차이를 구명하기 위해 각각의 흡착제를 20~30 mesh와 30 mesh 이하의 크기로 구분하여 처리한 결과, 그림 3에서 보는 바와 같이 입도에 따른 흡착효과 차이는 나타나지 않았다. 그러나 본 시험에서는 미송나무 재질의 톱밥에 대해 두 종류의 입도만을 비교하였으므로 앞으로 좀더 다양한 재질과 크기의 톱밥을 이용한 시험을 통해 나무 재질과 입도에 따른 유류 흡착효과를 구명할 필요가 있다.

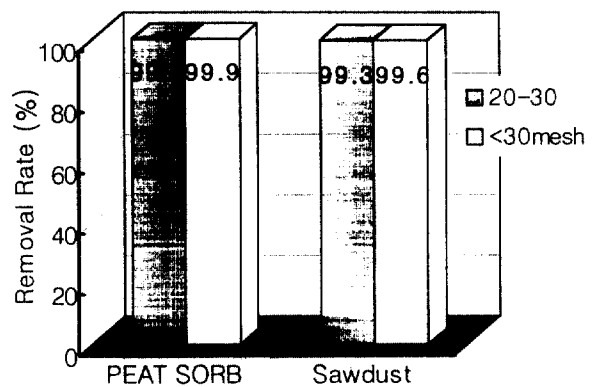


Fig. 3. Removal rate of diesel oil with particle size of adsorbents.

Table 2. Rice plant height in soil contaminated by diesel oil with adsorbent treatment (unit : cm)

Amount of Diesel(L ha ⁻¹)	Non-adsorbent	Peat	Sawdust	P. S.
Control	85.0 (100.0) ¹	-	-	-
1000	94.1 (110.7)	94.1 (110.7)	96.3 (113.3)	94.8 (111.5)
2000	94.5 (111.2)	92.6 (108.9)	97.7 (114.9)	95.3 (112.1)
4000	82.2 (96.7)	94.7 (111.4)	97.3 (114.5)	95.0 (111.8)

¹Ratio

표 2는 경유오염 농경지에서 흡착제 사용에 의한 농작물 피해 경감 효과를 알아보기 위하여 분얼기에 1,000, 2,000 및 4,000L ha⁻¹의 경유를 처리한 뒤 이탄, PEAT SORB 및 톱밥 처리에 따른 벼의 초장을 대조구(경유 무처리구)와 비교한 것으로 흡착제를 처리하지 않을 경우에는 경유 처리량이 증가함에 따라 벼의 초장이 감소하여 경유처리에 따른 생육저해를 보였다. 4,000L·ha⁻¹의 경유가 처리된 경우에는 톱밥과 PEAT SORB 처리구만이 대조구에 비해 초장이 증가하여 표 1의 결과와 같이 이 두 흡착제에 대한 높은 처리 효과를 보였다. 2,000L·ha⁻¹ 이하의 경유 처리구에서는 모든 처리구에서 대조구에 비해 초장이 증가하여 처리된 모든 흡착제에서 생육촉진 효과를 나타냈는데 이는 경유에 함유된 물질들 중에 특수한 탄화수소가 호르몬 역할 및 미생물 활성 증가에 따른 양분순환 촉진 등의 효과⁸⁾에 의해 생육이 촉진된 것으로 판단되며, 이에 대해서는 앞으로 많은 연구를 통해 구명되어야 할 것이다.

경유 오염 농경지에서 흡착제 처리에 따른 벼의 초장 변화와 함께 각 처리별 벼 잎중의 엽록소 함량을 조사한 표 3의 결과에서는 흡착제를 전혀 처리하지 않을 경우에 유입된 경유량이 증가할수록 엽록소 함량이 감소하였으며, 이탄의 경우는 경유 농도 2,000L·ha⁻¹구에서 대조구에 비해 엽록소 함량이 20.9% 증가하여 2,000L·ha⁻¹구까지 처리효과를 보였다. 톱밥과 PEAT SORB는 본 시험에서 처리한 최고 농도, 4,000L·ha⁻¹의 농도까지도 대조구 보다

Table 3. Chlorophyll contents of rice plant leaves cultivated in soil contaminated by diesel oil with adsorbent treatment (unit:mg/gFW)

Amount of Diesel(L ha ⁻¹)	Non-adsorbent	Peat	Sawdust	P. S.
Control	2.436 (100.0) ¹	-	-	-
1000	2.282 (93.7)	3.005 (123.4)	3.279 (134.6)	3.612 (148.3)
2000	2.167 (90.2)	2.945 (120.9)	3.275 (134.5)	3.261 (133.9)
4000	1.826 (75.0)	2.120 (87.0)	2.981 (122.4)	2.554 (104.9)

¹Ratio

엽록소 함량이 높아 높은 처리효과를 나타내어 경유오염 농경지의 톱밥사용 가능성을 보여주었다. 그러나 본 결과는 흡착제 처리 10일 후의 조사 결과로 이러한 효과가 수량까지 영향을 미치는지는 좀더 연구해야할 과제이다.

요 약

경유로 인한 농작물 피해를 줄이기 위한 방법으로 톱밥처리 효과를 구명하기 위하여 톱밥의 경유 흡착능과 사용 효과를 上炭(Muck), 泥炭(Peat) 및 PEAT SORB 등과 비교, 검토한 결과, 흡착제 종류별 경유 제거효율은 톱밥과 PEAT SORB가 토탄 및 이탄에 비해 높았다. 톱밥의 경유 제거효율은 경유에 대한 처리 비율이 1:2(w/v)이상일 때 97% 이상으로 높게 나타났으며, 흡착된 경유의 재용출은 거의 없었다. 경유오염 토양에서의 톱밥 처리효과는 분얼기에 4,000L·ha⁻¹의 경유를 처리하고 흡착제를 처리하지 않은 구에서는 초장과 엽록소 함량이 대조구에 비해 감소한 반면 톱밥 처리구에서는 생육이 좋았다.

참 고 문 헌

1. Chaîneau, C.H., J.L. Morel, J. Oudot. 1997. Phytotoxicity and Plant Uptake of Fuel Oil Hydrocarbons. J. of Environ. Qual. 26:1478~1483.
2. Delaune, R.D., W.H. Patrick, R.J. Buresh. 1979. Effect of Crude Oil on a Louisiana Spartina Alterniflora Salt Marsh. Environ. Pollut. 21~31.
3. Kim, B.K., J.J. Kim, J.S. Shin, K.T. Eom, K.S. Lee, Y.W. Lee, Y.S. Jung, J.S. Huh. 1989. Agriculture Environmental Chemistry. Dong-Wha. p.59~160.
4. Yeung, P.Y., R.L. Johnson, J.G. Xu. 1997. Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Soil as Affected by Heating and Forced Aeration. J. of Environ. Qual. 26:1511~1516.
5. Paul T. Kostecki and Edward J. Calabrese. Hydrocarbon Contaminated Soils and Groundwater. Chapter 14. Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Surface Water, Groundwater, and Soils: The Microbial Ecology Approach. Lewis Publishers. p.203~238.
6. Yoo, C.H., E.B. Kim, G.H. Cho, H.M. Kim, S.J. Yoo, K.H. Park, S.H. Bae, K.T. Um. 1985. Studies on the Organic Tiers Contained Paddy Soils in Honam Area. J. of Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 18(3):265~275.
7. Lee, J.S., K.Y. Jung. 1999. Study of Analytical Method for Diesel Fuel Using UV-Spectrophotometer in Water Sample. Korean J. of Environmental Agriculture. 18(1):83~85.
8. Bill Freedman. 1986. Environmental Ecology. p.151.