

論 文

# 숯을 이용한 농약 제거에 관한 연구

이선화\* · 김우항\*\*

목포해양대학교 해양시스템공학부

**요 약 :** 본 연구는 회분식과 연속식으로 나누어 숯의 농약 흡착 능력을 평가하였다. 실험에 사용된 농약은 Simazine, Diazinon, Fenitrothion, Butachlor, Malathion이다. 회분식 실험 결과에 따르면, 흑탄과 백탄 양을 0.1g, 1g, 10g, 50g씩 증가시킬수록 농약 성분의 제거율이 높아지는 것으로 나타났으며, 흑탄이 백탄 보다 농약 성분을 잘 제거하는 것으로 나타났다. 특히, 1g 주입시 흑탄은 백탄보다 Malathion을 약 15%, Butachlor을 약 19%, Fenitrothion을 약 25%씩 제거율이 더 높게 나타난 것으로 보아 흡착이 잘된다고 판단된다. 반면에 회분식에서 Diazinon의 제거율은 상대적으로 낮게 나타났다. 연속식 실험에서도 흑탄이 백탄보다 더 높은 제거율을 나타내었으며, 특히 흑탄 칼럼에서는 흡착 시간 (21~31hr)에서 농약 성분의 평균 제거율을 비교해 본 결과, Simazine은 90%, Fenitrothion은 82%, Butachlor은 81%로 나타났으며, 특히 Diazinon의 제거율은 55%로 나타나 상대적으로 흡착이 잘 되지 않는 것으로 나타났다.

**핵심용어 :** 흑탄, 백탄, 농약 흡착, 회분식 실험, 연속식 실험

## 1. 서 론

농업의 생산성을 높이기 위해 사용되는 농약들이 우리들의 식수원인 하천을 위협하고 있다. 특히 농어촌 지역에서 이용되고 있는 수원은 정화 시설을 갖추지 않은 지하수를 그대로 사용하고 있어 농약 유출의 피해가 우려된다. 이러한 농약 성분은 미량으로 존재하여 처리에 어려움이 많다. 그러나 흡착을 이용한 활성탄 처리 공정은 미량으로 존재하는 농약성분도 잘 제거하는 것으로 나타나고 있으나, 처리비용이 많이 드는 것이 단점이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 가격이 싼 숯을 이용한 처리 방법을 연구하면 신재로 적용에 유리할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이러한 숯의 흡착 특성을 바탕으로 한 농약 성분의 제거 능력을 평가하는 것을 목적으로 하고 있다. 실험은 회분식, 연속식으로 나누어 동일한 조건에서 흑탄, 백탄의 농약 성분 제거 능력을 평가해 보았다.

## 2. 실험 장치 및 방법

본 실험은 회분식 실험과 연속식 실험 두가지 형태로 실험을 실시하였다. 회분식 실험에서는 흑탄, 백탄의 주입양에 따른 농약 성분의 제거 능력을 알아보았다. 500ml 병 안에 희석 시료를 100ml와 흑탄과 백탄을 0.1g, 1g, 10g, 50g씩 넣고, 교반기에 넣어(10분, 30분, 60분, 120분, 240분, 1일) 단위로 채취를 하였다. 채취 시 실린지 필터를 이용해 불순물이 들어가지 않게 걸러 내어 vial에 1ml 정도 담아 GC (ECD)로 농약 성분

을 측정하였다. 흑탄과 백탄이 실제 사용되고 있는 농약 성분을 흡착하는지에 대해 알아보기 위해 혼합된 농약 성분들을 50배 희석하여 30L를 만들고, 흑탄과 백탄을 망 안에 1kg씩 넣은 뒤 1시간 단위로 시료의 농도를 측정한다.

연속실험에 사용된 여과 칼럼은 직경이 7.7cm, 높이가 67cm로 원통형 아크릴로 제작하였다. 유입수는 시판되는 농약 성분 (Simazine, Diazinon, Fenitrothion, Butachlor)을 넣고 수돗물로 500배 희석하여 사용하였다.

칼럼에 흑탄과 백탄을 각각 주입하고, 여과 속도를 50ml/min로 하여 여과를 실시한 후 유출수의 농약 성분을 측정하였다. 1시간 단위로 유출수를 채취하였다. 또한 백탄 보다 농약 성분의 제거율이 좋은 흑탄에 대해서는 31시간까지 연장하여 실험을 하였다.

농약 성분 분석은 Gas chromatography (ECD-17A)를 이용하였다. Carrier gas는 고순도 질소(N<sub>2</sub>)를 사용하고, Pressure는 0.7 MPa 60ml/min, gas flow rate는 60ml/min로 하였다.

Column은 column shim-5(0.25 $\mu$ m $\times$ 0.25mm $\times$ 30m)을 사용하였다. GC분석 조건을 살펴보면, Detector temp는 320 $^{\circ}$ C, Inlet temp 250 $^{\circ}$ C, Column oven temp는 80 $^{\circ}$ C(2min hold)  $\rightarrow$  10 $^{\circ}$ C/min  $\rightarrow$  200 $^{\circ}$ C  $\rightarrow$  2 $^{\circ}$ C/min  $\rightarrow$  220 $^{\circ}$ C (4min hold)  $\rightarrow$  10 $^{\circ}$ C/min  $\rightarrow$  300 $^{\circ}$ C (4min hold) 이다.

## 3. 실험 결과

### 3. 1. 회분식 실험

**Fig 1. Fig 2.**는 농약 표준 물질을 이용하여 백탄과 흑탄의 양에 따른 농약성분의 제거율을 나타낸 것이다.

회분식 실험 결과 흑탄, 백탄 양을 0.1g, 1g, 10g, 50g씩 증가

\* 비회원, ypoons1@hanmail.net  
\*\*정회원, whkim@mmu.ac.kr, 061) 240-7293

시킬수록 제거 속도는 빨랐다. 특히 흑탄, 백탄을 각각 1g, 10g씩 주입 하였을때 제거율의 차이가 뚜렷하게 나타났다.

먼저 흑탄, 백탄 1g 주입하였을때 제거율을 비교해보면, 백탄 1g 주입시 Malathion의 제거율이 평균 85%일때, 흑탄은 100%이었다. Butachlor의 제거율은 백탄이 평균 79%일때, 흑탄은 98%의 제거율을 보였다. Fenitrothion의 경우 백탄이 평균 72%일때, 흑탄은 97%의 제거율을 나타내었다. Simazine과 Diazinon의 제거율은 흑탄의 경우 초기 10분부터 꾸준하게 높아져 16시간이후 100%로 나타내었다. 백탄의 경우 초기 10분, 100%의 제거율을 보였으나, 각각 40분, 1시간 후 10%이하로 제거율이 감소되다가 다시 높아지는 것으로 나타났다.

따라서 흑탄 1g 주입 결과, 백탄 1g 주입 보다 Malathion을 약 15%, Butachlor을 약 19%, Fenitrothion을 약 25% 제거율이 높게 나타나 이 성분들은 더 잘 흡착하는 것으로 판단되어진다. 흑탄 1g주입 시 다른 성분보다 흡착이 느린 Simazine과 Diazinon에서도 백탄보다 높은 제거율을 보였다.

흑탄, 백탄을 10g 주입시 결과를 비교해보면, 흑탄에서는 농약 성분의 제거율이 99%~100%를 나타내었으며, 백탄에서도 Malathion은 평균 100%, Butachlor는 평균98%, Fenitrothion은 평균 97%으로 높은 제거율을 보였다. 흑탄, 백탄 50g 주입시 유출수에서는 흑탄의 경우 농약 성분의 농도가 모두 0mg/l로 완전한 제거가 이루어졌으며, 백탄의 경우에는 40분 후 Diazinon이 100%, Malathion, Butachlor, Fenitrothion, Simazine이 평균 99%의 제거율을 보였다. 1kg의 흑탄과 백탄을 희석수로 30L에 넣어 제거율을 비교해본 실험에서도, 흑탄은 4가지 농약 성분(Simazine, Diazinon Fenitrothion, Butachlor)에 대해서 백탄보다 높은 제거율을 보였다, 가장 높은 제거율을 보인 Simazine은 백탄에서 평균 88%, 흑탄에서는 평균 92%를 나타내었으며, Diazinon은 백탄에서 평균 41.9%, 흑탄에서 66%로 상대적으로 제거율이 낮게 나타났다.

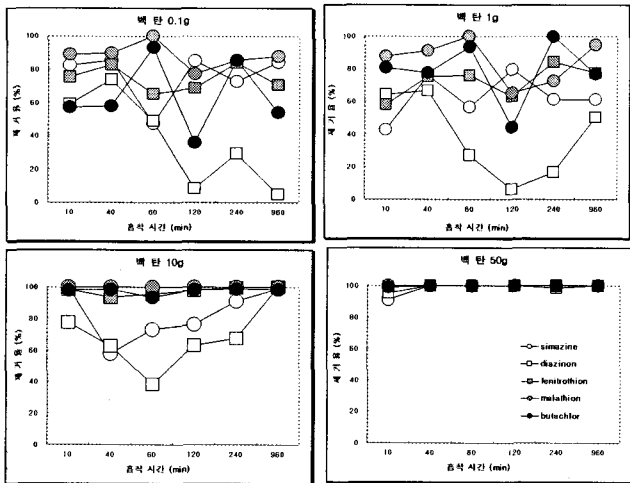


Fig 1. 백탄의 양에 따른 농약 성분의 제거율 변화

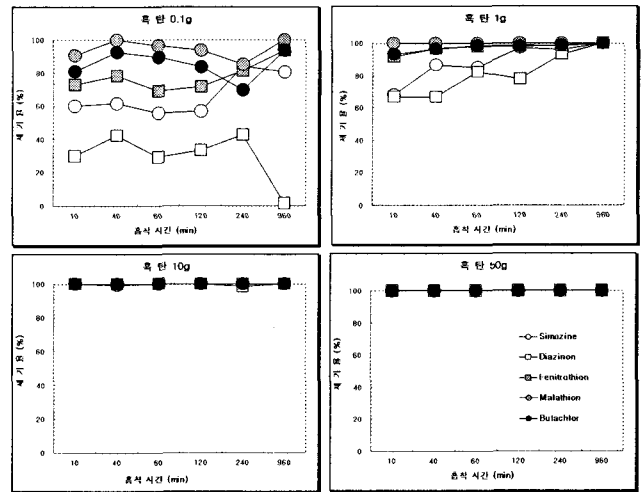


Fig 2. 흑탄의 양에 따른 농약 성분의 제거율 변화

3. 2. 연속식 실험

흑탄, 백탄 칼럼에서의 농약 제거율을 보면, 백탄의 경우 4시간 동안 평균 Simazine 84%, Diazinon 75% Fenitrothion 90%, Butachlor 86%를 나타내었으며, 6~7사이 Simazine 93%, Diazinon 71% Fenitrothion 97%, Butachlor 86% 가장 높은 제거율을 보이다가 Simazine 86%, Diazinon 53% Fenitrothion 59%, Butachlor 43%로 Simazine을 제외한 나머지 성분에 대해서 제거율이 급격하게 떨어지는 것으로 나타났다. Fig 3은 흑탄 칼럼에서의 농약 성분의 제거율을 나타낸 것이다. 흑탄 칼럼에서는 흡착시간을 1~9hr(1구간), 10~20hr(2구간), 21~31hr(3구간)으로 나누어 농약성분에 따른 평균 제거율을 비교해보았다. Simazine은 1구간 96%, 2구간 92%, 3구간 90%로 나타났으며, Diazinon은 1구간 79%, 2구간 72%, 3구간 55%로 낮은 제거율이 나타났다. Fenitrothion은 1구간 94%, 2구간 88%, 3구간 82%로 나타났고, Butachlor는 1구간 91%, 2구간 85%, 3구간 81%로 나타났다. 결과적으로 Simazine은 6%, Fenitrothion 12%, Butachlor 10%로 제거율이 낮아졌다, 특히 Diazinon은 24%로 낮아져 상대적으로 흡착이 잘 되지 않는 것으로 나타난다.

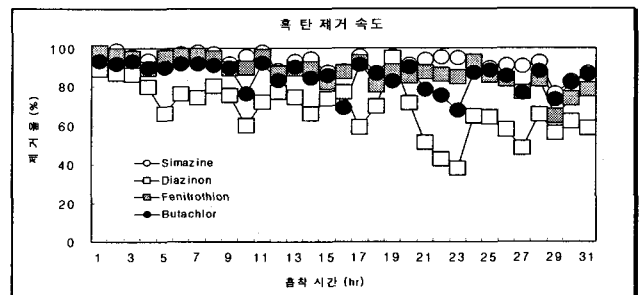


Fig 3. 흑탄의 연속실험

#### 4. 결론

회분식 실험 결과 흑탄, 백탄 양을 0.1g, 1g, 10g, 50g씩 증가시키수록 농약 성분의 제거율이 높아지는 것으로 나타났으며, 흑탄이 백탄 보다 농약 성분을 잘 제거하는 것으로 나타났다. 특히, 1g 주입시 흑탄은 백탄보다 Malathion은 약 15%, Butachlor은 약 19%, Fenitrothion은 약 25% 제거율이 더 높게 나타난 것으로 보아 흡착이 잘 된다고 판단된다. 반면에 Diazinon의 제거율은 상대적으로 낮게 나타났다.

또한 1kg 흑탄, 백탄 주입 실험에서도 흑탄은 4가지 농약 성분(Simazine, Diazinon, Fenitrothion, Butachlor)을 백탄보다 더 잘 제거하는 것으로 나타났다. 반면 Diazinon의 제거율은 백탄에서 평균 41.9%, 흑탄에서 66%로 낮은 제거율을 나타내어, 상대적으로 제거가 잘 되지 않는 것으로 판단되어진다.

연속식 실험에서도 흑탄이 백탄보다 더 높은 제거율을 나타내었다. 백탄의 경우 4시간까지 조금씩 제거율이 감소하다가, 6~7시간 사이에 가장 높은 제거율을 보였다. 하지만 6~7시간 뒤, Simazine을 제외한 나머지 성분의 제거율은 Diazinon 53% Fenitrothion 59%, Butachlor 43%로 급격하게 떨어지는 것으로 나타났다.

흑탄 칼럼에서는 흡착 시간(21~31hr)에서 농약 성분의 평균 제거율을 비교해 본 결과, Simazine은 90%, Fenitrothion은 82%, Butachlor은 81%로 나타났으며, 특히 Diazinon의 제거율은 55%로 나타나 상대적으로 흡착이 잘 되지 않는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 전민하·김영수·최상일, In-situ Flushing을 이용한 농약 오염 토양 정화에 관한 연구, p1, 2001
- [2] 이용두, 김상구, 송미정, 최근주, 살포 농약의 토양 중에서 거중 및 농약의 활성탄 흡착능 평가, J. of KSWST Vol. 14, No.4, 2006
- [3] 김창수, 최승일, 이기창, 응집 현상이 분말 활성탄의 흡착 기능에 미치는 영향, J. KSWO MAY Vol. 16, No 2 p211~222, 2000
- [4] 北川陸夫, 活性炭 水處理 技術과 管理, p27~p30, 1996
- [5] 眞田雄三, 鈴木基之, 藤元, 活性炭, 基礎와 應用, 1997