

양돈분뇨의 암모니아 저감을 위한 갈탄, 참숯 첨가제의 효능 분석

황현섭* · 오인환 · 장영수**

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 생물산업기계공학 전공

Ammonia Reduction from Swine Manure Slurry with Additives of Brown Coal and Oak Charcoal

Hwang, H. S.*, Oh, I. H. and Jang, Y. S.**

Dept. of Biosystems Engineering, Konkuk Univ., Chungju, 380-701 Korea

Summary

The odours from spreading the slurry, manure storage tanks, and the stall are a source of annoyance for the neighbors and sometimes even become a case for civil appeal. Reducing the odourant and ammonia emission is an urgent need to be addressed. It is known that brown coal and oak charcoal have an ability to absorb odour. We designed an experiment set in lab scale and used the brown coal and oak charcoal as additives in the test to reduce odour. The test are divided into two categories; namely aeration and no-aeration. The additives were added to the each sample at a concentration of 5% and 10% of total base solids, besides the control samples.

We carried out the Phenate Method for ammonia analyzing. In the non-aerated case, the results showed a reducing efficiency of 23.7% and 26.4% with an addition rate of 5% and 10% of additives, respectively. In the aerated test, the reducing efficiency of ammonia was 17.8% and 21.0% with an addition rate of 5% and 10% of additives, respectively. In case of oak charcoal, non-aeration showed removal efficiencies of ammonia at 15.9% and 16.1% with addition rates of 5% and 10%, respectively. With aeration, they were 11.4% and 26.4% with addition rates of 5% and 10% oak charcoal, respectively. The tests show that brown coal and oak charcoal have a reducing effect on ammonia emissions.

(Key words : Swine slurry, Ammonia reduction, Brown coal, Oak charcoal)

서 론

축산업에서 발생하는 냄새는 종종 민원이 되고 있다. 특히, 양돈업의 경우 악취로 인하여 인근 주민과의 마찰이 있을 뿐만 아니라 작업환경 또한 저해하는 요인으로도 나타나고 있다. 독일의 경우에는 암모니아 발생의

80%가 축산업이 차지하는 것으로 조사되었다(Ammler et al., 1997). 냄새는 가축사육, 분뇨처리, 저장, 살포의 단계에서 발생한다. 발생하는 가스 중에는 여러 성분이 미량씩 함유되어 있는데, 그중 특히 암모니아(NH₃)와 황화수소(H₂S)는 돼지 및 인체에 미치는 독성이 심하다. 대기오염 또는 작업환경악화

이 논문은 2004년도 건국대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 논문임.

* 서울대학교 (Seoul Nat. Univ.)

** (주)한국화이바

Corresponding author : Oh, I. H. Dept. of Biosystems Engineering, Konkuk Univ., Chungju, 380-701 Korea.

Tel : 043-840-3553, E-mail : ihoh@kku.ac.kr

의 주원인이 되는 성분 중에는 암모니아 (NH₃)가 다량으로 함유되어 있다. 이에 대한 대책으로는 무창축사를 시설하여 배기가스 제어, 바이오필터를 이용한 배기가스 정화, 첨가제 사용, 지표 또는 지중살포기 개발 등이 이루어지고 있다(오와 김, 2001). 이 중에서도 첨가제는 이용이 간편하다는 장점으로 널리 사용되고 있다(이 등 2001, Frosch and Boescher 2002). 그 종류는 광물질류, 해초류, 효소류, 화학합성제품 등으로 구분된다. 그러나, 그 효능에 관해서는 신빙성 있는 자료들이 거의 없는 실정이다. 박과 서(2001)는 목탄의 흡착능력에 관한 보고를 하였다. 본 연구는 양돈에서 발생하는 악취물질 중에서 암모니아를 제거하기 위하여 첨가제로 공극이 많은 특성과 여러 종류의 기체를 흡착하는 성질을 가진 갈탄과 참숯을 이용하여 양돈농장의 돈분뇨에 첨가한 후 돈분뇨에서 발생하는 암모니아 가스의 저감효과를 분석하는 데 목적이 있다

재료 및 방법

1. 실험재료

충주시 신니면에 소재한 양돈농장의 라군에 저장되어 있는 슬러리를 사용하였다. 슬러리 돈사에서 진동체 고액분리기로 고형물을 분리한 후 라군에 저장하고 있었으며, 그곳에서 시료를 채집하였다. 20ℓ 용량의 균일한 플라스틱 용기를 준비하여, 5마력의 공기압축기를 사용하여 바닥면에서 공기가 들어가도록 하였고, 그 끝부분에는 유량계를 설치하여 균일하게 공기가 주입되도록 설계하였다. 갈탄은 다른 석탄에 비하여 수분·휘발분이 많고, 고정탄소의 함량이 적으며 공

극이 많고, 여러 종류의 기체를 흡착하는 성질이 강하다. 또한, 참숯은 나무의 세포벽 그대로 탄화됨으로써 높은 다공성을 가지고 있으며 1g의 내부표면적이 250~400 m²에 달하여 가스 흡착성이 큰 특징을 보인다. 암모니아의 분석은 대기공정오염시험법의 암모니아 분석법 중 인도페놀법으로 수행하였다. 시험구는 폭기, 무폭기, 그리고 대조구, 첨가제 5%, 10%의 첨가구로 하였다(Table 1). 첨가제는 분쇄과정을 거친 후 2 mm의 입체망에 걸러 분말의 것은 버리고 입상의 것을 사용하였다.

2. 실험방법

암모니아의 포집을 위한 흡수병은 용량 30 ml의 경질유리제로 여과구가 장치되어 있는 것을 사용하고, 이 장치는 중간에 20 ml의 포집용액을 넣어 2개를 직렬로 연결시켰다. 흡인펌프는 흡수병을 장치한 상태에서 2.5ℓ/분 이상의 공기를 흡입할 수 있는 펌프를 사용하였으며, 유량계는 0~2.5ℓ/분의 범위의 유량을 측정할 수 있다. 암모니아의 분석을 위해 인도페놀법으로 봉산용액에 암모니아를 흡착시킨 후 페놀, 펜타시아노 니트로실 철(Ⅲ)산 나트륨 용액과 차아염소산 나트륨 용액으로 반응시키고 UV흡광도계(UV/Visible Spectrophotometer)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 첨가재료는 SEM(Scanning Electron Microscope, Model S-3000N, HITACHI)을 이용하여 재료의 미세구조를 관찰하였다. 시험은 실험실 내에서 수행하였으며, 시험기간 중 온도는 10~25℃ 사이를 유지하였다. 폭기로 인하여 암모니아 농도가 감소하는 징후를 보이는 12일간을 실험기간으로 하여 매일 가스를 포집하였다.

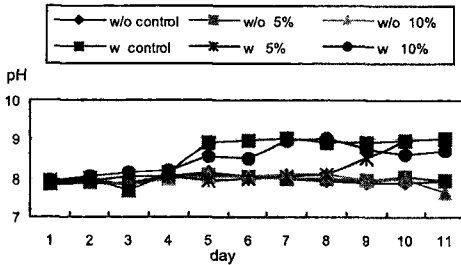
Table 1. Experiment design

Sample 1	Control	Sample 4	Control (aeration)
Sample 2	Additives (5% of Solid)	Sample 5	Additives (5% of Solid) (aeration)
Sample 3	Additives (10% of Solid)	Sample 6	Additives (10% of Solid) (aeration)

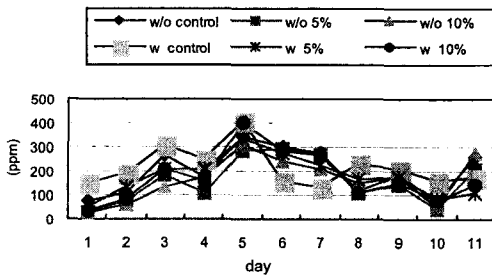
결과 및 고찰

1. 갈탄의 암모니아 제거효율

돈분뇨 시료의 pH는 8 정도를 나타내었으며, 폭기를 시켜준 처리구에서 후반부에 9 정도로 상승하였다(Fig. 1). 암모니아 농도는 서서히 증가하며 5일째 되는 날 최대치를 형성하였으며, 그 후 감소하는 경향을 보여주고 있다(Fig. 2). Fig. 3은 첨가제를 넣어 무폭기를 한 시험구로서 공기교반(Fig. 5)과 비교하여 암모니아 발생량이 적게 나타나는 것을 알 수 있다. 공기교반에 의하여 암모니아성 가스의 휘산이 증가한 것으로 사료된다. 첨가제의 첨가량에 따른 제거 효율은 무폭기를 한 것과 공기교반의 비교에서 무폭기를 한 시험구에서 더 높은 제거효율을 나타내었다.



(w/o : without aeration, w : aeration)
Fig. 1. Change of pH by brown coal.



(w/o : without aeration, w : aeration)
Fig. 2. Change of ammonia concentration by brown coal.

Fig. 4와 6에서 나타나 있는 결과로 갈탄 첨가량에 따른 암모니아 제거효율은 무폭기 한 경우 5%에서 23.7%, 10%에서 26.4%의 제거효율을 나타내었고, 공기교반의 경우는 5%

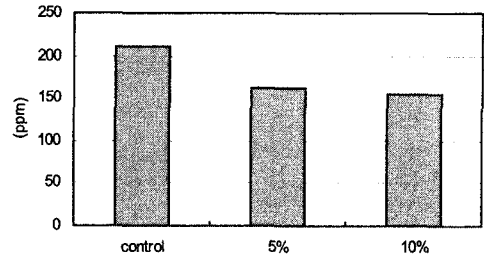


Fig. 3. Average ammonia concentration without aeration by brown coal.

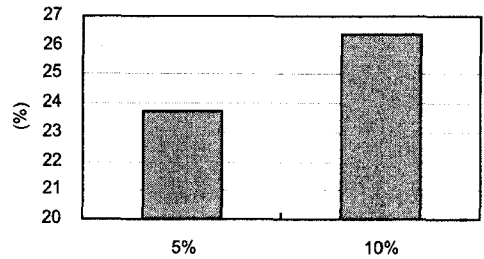


Fig. 4. Ammonia removal efficiency without aeration by brown coal.

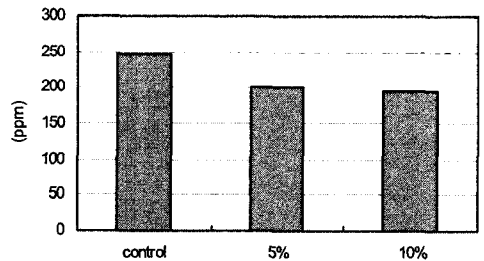


Fig. 5. Average ammonia concentration with aeration by brown coal.

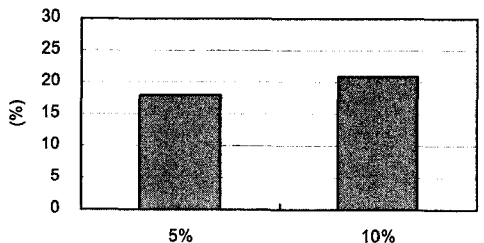


Fig. 6. Ammonia removal efficiency with aeration by brown coal.

에서 17.8%, 10%에서 21%의 제거효율을 보였다. 첨가제의 양이 많을수록 제거율도 증가하였다. Hoernig et. al (2002)은 갈탄을 이용한 시험에서 처음 3주 동안 암모니아 농도

가 10~35% 적게 나타났다고 하였다.

또한, Fig. 7, 8은 SEM을 이용하여 갈탄 표면을 관찰한 사진으로 갈탄의 표면에서 공극들이 많음을 확인할 수 있었다. 흡착된 암모니아의 확인은 흡착 후에 갈탄의 광택이 흐려지고, 미색의 물질들이 표면에 발생한 것으로 미루어 암모니아의 흡착을 짐작하게 한다.

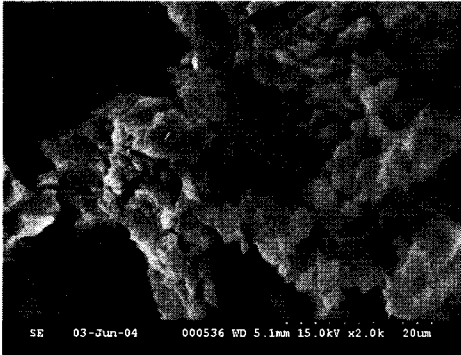


Fig. 7. Surface structure of brown coal before adsorption ($\times 2000$).

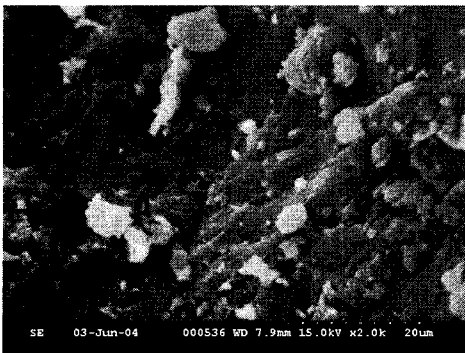
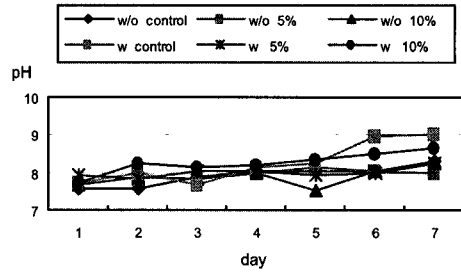


Fig. 8. Surface structure of brown coal after adsorption ($\times 2000$).

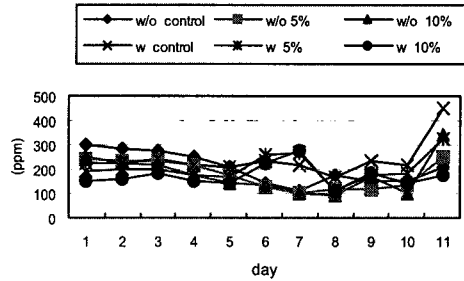
2. 참숯의 암모니아 제거효율

본분뇨 시료의 pH 변화는 갈탄에서와 비슷하게 8 정도를 유지하다가 폭기를 시켜준 처리구에서는 나중에 9까지 상승하였다. 암모니아의 농도변화는 200~300 ppm 수준에서 약간 감소하다 마지막 날 상승하는 변화를 보여주고 있다 (Fig. 10).

Fig. 11은 첨가제를 넣어 무폭기를 한 시험



(w/o : without aeration, w : aeration)
Fig. 9. Change of pH by oak charcoal.



(w/o : without aeration, w : aeration)
Fig. 10. Change of ammonia concentration by oak charcoal.

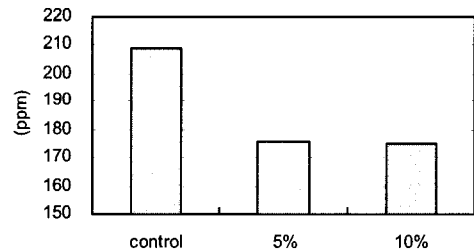


Fig. 11. Average ammonia concentration without aeration by oak charcoal.

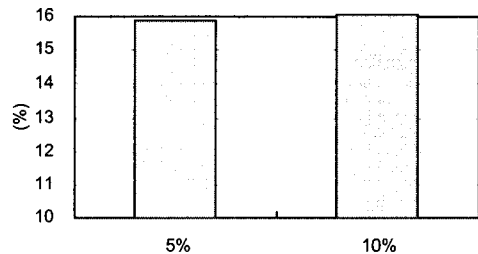


Fig. 12. Ammonia removal efficiency without aeration by oak charcoal.

구로서 공기교반 (Fig. 13)과 비교하여 암모니아 발생량이 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 첨가제의 첨가량에 따른 제거효율은 무폭기를 한 것과 비교해서 공기교반을 한

시험구에서 더 높은 제거효율을 나타내었다.

Fig. 12와 14에 나타나 있는 결과를 보면 무폭기를 한 경우 5%에서 15.9%, 10%에서 16.1%의 제거효율을 나타내어 처리구간 차이가 거의 없었으나, 공기교반의 경우는 5%에서 11.4%, 10%에서 26.4%의 제거효율을 나타내었다. 이 경우에는 첨가량이 2배 증가함에 따라 제거율도 2배 이상 증가하였다. Ammler et al. (1997)은 유채기름과 해초류추출물을 첨가하여 암모니아 감소 특성을 규명하였으며 해초류추출물에서는 14%, 그리고 유채기름은 표면을 피복하는 효과가 있어 36% 정도의 암모니아 휘산을 억제하는 효과가 있다고 하였다.

Fig. 15, 16은 참숯의 표면을 1200 배율로 하여 참숯의 많은 기공과 목질부분을 관찰할 수 있었다. 무수의 미세한 관이 종횡으로 연결되어진 구조로 되어있다. 관 내벽의 표면은 톱니처럼 울퉁불퉁한 모양을 하고 있으며, 초미세한 공간이 무수하게 퍼져있어, 이 구조적 특성이 뛰어난 흡착성을 나타낸다. 암모니아의 흡착상태는 실험 전의 광택이 탁하게 변하였으며, 미색의 물질들이 발생한 것으로 암모니아의 흡착을 짐작케 하나, 좀 더 심도있는 연구를 요한다.

3. 갈탄과 참숯의 비교

갈탄과 참숯의 악취저감을 위한 효능분석에서 갈탄과 참숯의 암모니아 농도변화를 보면 전체적으로 갈탄의 암모니아 농도가 무폭기에서는 낮게 나타났으며 공기교반에서는 참숯과 비교하여 높게 나타난 것을 알 수 있었다 (Fig. 17).

또한 암모니아 제거효율을 보면 전체적으로 갈탄이 참숯보다 높은 제거효율을 나타낸 것을 알 수 있다. 그러나, 첨가제 10%의 공기교반의 경우 참숯이 갈탄보다 높은 제거효율을 보이는 것을 알 수 있었다. 이는 참숯의 경우 흡착표면과 공기주입 시 공기와의 마찰에서 흡착력이 갈탄에 비해 약해 흡착물이 분리되어 시료 표면에서 공기와 결합하여

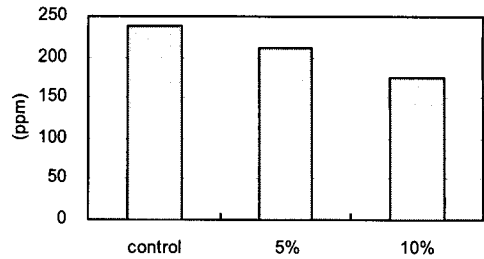


Fig. 13. Average ammonia concentration with aeration by oak charcoal.

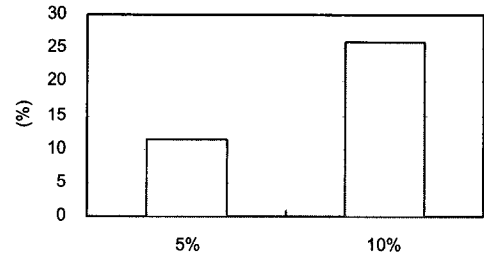


Fig. 14. Ammonia removal efficiency with aeration by oak charcoal.

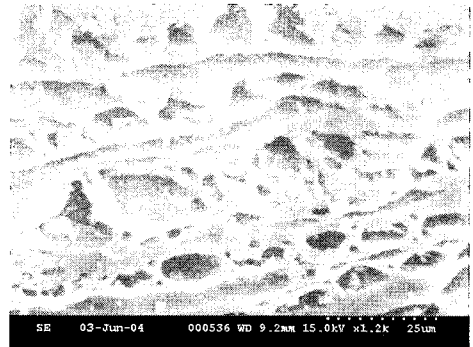


Fig. 15. Surface structure of oak charcoal before adsorption ($\times 1200$).



Fig. 16. Surface structure of oak charcoal after adsorption ($\times 1200$).

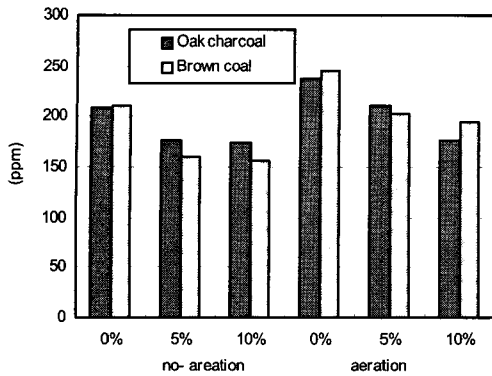


Fig. 17. Change of ammonia concentration by brown coal and oak charcoal.

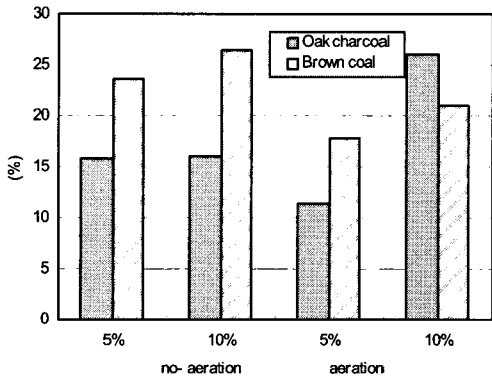


Fig. 18. Removal efficiency of ammonia by brown coal and oak charcoal.

고형물로 변하게 되고, 또 다시 표면에 흡착됨으로서 공기주입시 갈탄의 경우보다 제거효율이 높게 나타난 것으로 판단된다.

결 론

돈분뇨에 첨가제를 주입하여 암모니아 농도의 감소를 측정 및 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 돈분뇨에서 발생하는 암모니아 저감을 위한 갈탄 첨가제의 효능을 보면 무폭기의 경우 5%에서 23.7%, 10%에서 26.4% 감소하

는 결과가 나왔으며, 공기 교반을 실시한 실험에서는 5%에서 17.8%, 10%에서 21%의 감소율을 나타냈다. 무폭기의 경우가 공기 교반보다 각각 5.9%, 5.4%의 높은 제거율을 보였다.

2. 돈분뇨에 대한 참숯 첨가제의 효능을 보면 무폭기 처리구의 경우 5%에서 15.9%, 10%에서 16.1% 감소하는 결과가 나왔으며, 공기 교반을 실시한 시험구에서는 5%에서 11.4%, 10%에서 26.1%의 감소율을 나타냈다. 이 결과에 의하면 5%에서는 무폭기구가, 그리고 10%에서는 공기 교반의 경우가 제거효율이 더 높았다.

인 용 문 헌

1. 박상진, 서정석. 2001. 목탄을 이용한 황화수소와 암모니아 악취제거에 관한 연구. 한국폐기물학회 Vol 17. 243-251.
2. 오인환, 김기덕. 2001. 호스지표살포기의 악취감소효과 분석. 축산시설환경학회지 7 권 2호 119-126
3. 이주상, 임백규, 김진구, 이철민. 2001. 흡수·흡착을 이용한 악취처리기술. 환경관리학회지 제7권 제2호, 267-272.
4. Ammler, G., Hartung, E. and Buescher, W. 1997. Fluessigmist - Additive im Test. LANDTECHNIK 1/97 42-43.
5. Frosch, W. and Boescher, W. 2002. Fluessigmist-Additive zur Minderung von Ammoniak- und Methanemissionen. LANDTECHNIK 168-169.
6. Hoernig, G., Brunsch, R., Biegel, A. and Noack, M. 2002. Braunkohle mindert Guellemissionen. Grundlagenuntersuchungen zur Minderung von Emissionen aus Guelle durch Behandlung mit feinkoerniger Braunkohle. Agrartechnische Forschung 8. Heft 2 25- 31.