

방진처리 석탄회의 돈사깔짚 대체 · 이용효과

김영민 · 김재황* · 김삼철 · 하홍민 · 고영두*

경상대학교 응용생명과학부

Effect of Substitute Processed Dustproof Fly-Ash as a Bedding Materials at Piggens

Y. M. Kim, J. H. Kim*, S. C. Kim, H. M. Ha and Y. D. Ko*

Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 600-701, Korea

Summary

This study was carried out to determine a suitable mixing rate to utilize the PDF as a bedding materials at the piggens and investigate the effect of substitute processed dustproof fly-ash (PDF) on the odor.

In proportion to the increase of substitute rate of the PDF, the utilizable period was extended, and there was a little change of the moisture in the bedding materials. At all the treatment of PDF, there was the significant effect on the maggots and parasites but it didn't hinder in the biodegradation. According to highly mixing rate, PDF decreased in the noxious gas (NH₃ and H₂S) emission.

In conclusion, the mixing rate of 30% or above this substituted level will increase replacement terms, and reduce the sawdust cost and the pollutions of breed pigs.

(Key words : Fly-ash, Odor, Moisture, Maggots, Parasites)

서 론

축산업에서 분뇨의 처리에 대한 문제는 환경에 대한 국민적인 관심이 높아짐에 따라 심각하게 대두되었으며 특히, 양돈경영에 있어서 악취제거는 분뇨처리 문제와 함께 시급히 해결하여야 할 과제라고 할 것이다. 축사

에서 발생하는 악취가스는 주로 암모니아와 휘발성지방산이며, 그 외에도 황화수소, 트리메틸아민, 스틸렌, 이황화 메틸, 아세트알데하이드 등이 복합되어 발생하는 것으로 알려져 있으며(Bell, 1970; Hannano 등, 1972), 암모니아와 유화수소의 가축에 대한 유해성과 허용한계 수준에 대해서는 Barker와 Zublena

* 경상대학교 축산진흥연구소

Corresponding author : Dr. Jaehwang Kim, Inst. Develop. of Livestock Production, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea. Tel:(055)751-5512, Fax: (055)751-6113, E-mail: jh58Kim@gshp.gsnu.ac.kr

(1995)가 강조한 바 있다.

한편, 깔짚은 가축에 영향을 미치는 주요 환경요인으로 알맞은 깔짚재료의 선택과 적절한 기간 동안의 이용은 중요한데 지금 우리 나라에서는 많이 이용되고 있는 톱밥은 이전에 목재 생산에 따른 부산물을 활용한다는 의미로 깔짚으로의 기능성과 공급량 및 가격면에서 그 가치가 충분하였지만, 근래에 와서 공급이 한정적인데 반해 수요가 증가된 결과로 품귀현상까지 발생과 그에 따른 구입비용의 상승은 톱밥을 깔짚으로 이용하는 축산농가에 부담을 주고있을 뿐만 아니라 현재의 방법으로 톱밥을 사용할 경우 잦은 교체로 비싼 톱밥비용의 지출은 물론 노동력의 손실이 높기 때문에 톱밥의 이용기간 연장은 톱밥발효 온사를 이용하는 양돈 경영에 있어서 해결되어야 할 과제라 할 것이다.

이에 고 등(1998; 1999a; 1999b; 1999c)은 화력발전소에서 발생하는 석탄회를 가축분뇨 처리용 부자재로 활용하기 위한 연구를 통해서 톱밥 사용량의 50%를 성형, 가공된 석탄회로 대체하여 깔짚 재료로의 이용가능성은 물론 석탄회를 50% 대체하여 활용하여 가축분뇨 처리의 효율성 확보와 작물시험을 통하여 석탄회 대체 온분이 양질 퇴비화 및 작물수량 증가에 효과적이라고 보고한 바 있는데 석탄회를 그대로 깔짚으로 사용할 경우 석탄회의 물리적 특성상 입자가 비산하여 분진이 발생되어 가축의 호흡기 질병을 유발하거나 낙하세균의 증가, 사료섭취량 감소, 증체율 감소로 이어져 생산성을 떨어뜨릴 우려가 있다. 이를 해결하기 위해 선행된 연구에서는 성형작업을 통해 석탄회의 분진발생을 막고, 부수적으로는 깔짚의 공극율을 높이는 효과를 얻었던 반면, 비용 부분에서도 톱밥만

을 이용하는 것보다 경제적으로 유리하게 나타났는데, 본 연구에서는 석탄회의 성형처리보다는 상대적으로 간단한 방법인 방진처리된 석탄회를 깔짚재료로 이용하였는데 이는 성형처리는 경우에 비해 공극율을 높이는 효과는 없지만, 성형에 비해 처리비용이 저렴한 장점이 있고 일반적으로 깔짚이 갖추어야 할 요건(North, 1984; 오 등, 1993)에 잘 부합되는 것이다.

따라서, 본 실험에서는 분말상태로 방진처리된 석탄회를 깔짚으로 이용함에 있어서 톱밥에 대해 부피비로 대체(10, 20 및 30%)하여 투여하였을 때 돈방깔짚의 이용기간에 따른 상태 변화, 유해가스 조사 및 온도와 수분변화 등을 조사하여 톱밥에 대한 방진처리 석탄회의 적절한 이용방법을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 재료

사천시 소재 화력발전소에서 발생된 석탄회를 분진이 없도록 처리하는 방진처리작업은 진주시 일반성면 소재 (주)우진환경에서 하였으며 톱밥은 시험 농가의 인근 목재소에서 생산된 일반적인 것을 구입하여 이용하였으며 방진처리 석탄회와 톱밥의 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The characteristics of processed dustproof fly-ash and sawdust

Items	Processed Dustproof Fly-Ash	Sawdust
Moisture (%)	5	35
pH	13.0	5.43

2. 시험장소 및 기간

시험장소인 진주시 명석면 소재 오봉농장의 육성돈사에서 하절기중(8월~9월) 임의의 5주(35일)간 동안 실시하였다.

3. 시험설계 및 사양방법

시험농장의 채중 45kg 전후 육성돈 60두를 공시하여 각 돈방에 15두씩 4개 돈방에 임의로 배치하였으며 시험구로 깔짚으로 톱밥만 투입한 구와 석탄회를 부피비로 각각 10, 20 및 30% 대체하여 투입한 총 4개 구로 구분하여 시험구별로 혼합한 깔짚을 시험농장의 이용방법에 따라서 두께 20cm로 면적이 21m²(3.0×7.0m)인 돈방전면에 투입하였다.

공시축에 공급된 사료는 육성돈 전용 배합 사료로서 시중에서 구입하여 무제한 급여하고, 음수는 자동급수시설을 이용하여 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였으며 기타 사양관리는 시험농장의 일반관행에 준하여 실시되었다.

4. 조사항목 및 처리방법

가. 바닥재료의 이용기간

돼지의 뒷다리 며느리발톱 부분이 불결하여진 시점을 기준으로 조사하였다.

나. 온 도

수은 온도계를 이용하여 돈사바닥 깔짚 내 10cm 깊이로 찔러 넣어 그 수치를 조사하는 방법으로 임의의 3곳을 지정하여 조사하고 그 평균값을 제시하였다.

다. 수분 함량

gas와 온도 측정시에 임의로 5곳의 sample을 고르게 채취하여, Vinyl-bag에 밀봉한 후 본 대학의 가축사양학실험실로 옮겨서 조사하였다.

라. 구더기 기생유무

파리의 유충인 구더기의 관찰을 위해 시험기간 중 혹은 깔짚의 교체시에 삽을 이용하여 유무를 관찰하였다.

마. 유해Gas 발생량

NH₃, CH₄, H₂S를 Personal Multi - Gas Monitor (Triple Plus, CROWCON)를 이용하여 돈방내 배설장소중 임의의 3곳을 지정하여 바닥으로부터 10cm 높이에서 7일 간격으로 일중 14시를 기준으로 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 바닥재료의 이용기간 및 구더기 기생유무

Fig. 1, 2, 3 및 4는 공시재료를 깔짚으로 투입한 후 3주가 경과한 시점의 돈사 바닥 상태이다. 대조구(Control)와 10% 대체(PDF10)구는 그림 1, 2에서 보는 바와 같이 노배설 장소에서 곤죽 상태가 진행되어 돼지가 노배설 장소에서 거동하게 될 경우, 분뇨의 퇴적물에 의해 피모상태가 상당히 불량하였고, 노배설 장소 이외의 부분에서도 바닥의 곤죽상태가 많이 진행되어 깔짚을 교체하여야 할 시점에 도달한 것으로 판단되었으며, 특히 대조구의 분뇨배설장소에서는 처리구(PDF10, 20, 30)에서는 관찰되지 않는 파리의 구더기가 다수 관찰되었다. 이와 달리



Fig. 1. Phased sight of sawdust on the floor of pigpen (3wk).



Fig. 2. Phased sight of PDF10 on the floor of pigpen (3wk).



Fig. 3. Phased sight of PDF20 on the floor of pigpen (3wk).



Fig. 4. Phased sight of PDF30 on the floor of pigpen (3wk).

20%처리(PDF20)구와 30%처리(PDF30)구에서는 그림 3, 4에서 보는 바와 같이 노배설장소의 폭이 대조구와 PDF10구에 비해 좁고 곤죽된 부분이 적게 나타났고, 돈방이 전체적으로 양호한 상태였으며, 돼지의 피모상태도 매우 양호하였다.

이와 같은 결과로 볼 때, 현재 일반적으로 돈사의 깔짚으로 이용되고 있는 톱밥만을 이용하거나 석탄회를 10% 대체, 혼합하여 투입하면 3주까지 유지하는 것은 좋지 않고, 석탄회를 10% 대체, 혼합하였을 경우에도 이용기간을 연장시키지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 고 등(1999b)의 연구에서 톱밥만을 25cm로 투입하여 이용한 돈사의 깔짚 교체시기를 15일 간격으로 유지하는 것이 좋을 것이라고 보고된 결과와 함께 고려해

보면, 본 시험과 동일한 방법의 톱밥 투입시에는 투입 후 15~20일 사이에 교체하는 것이 적당할 것으로 사료된다. 반면, 톱밥에 20%, 30%를 석탄회로 대체하였을 경우 돈방의 상태가 아주 양호하고, 돼지의 피모청결도나 거동상태도 양호하였기 때문에 교체하지 않았으며, 교체시점으로 판단된 대조구와 PDF10구도 지속적인 비교를 위해 교체하지 않았다.

Fig. 5와 6은 바닥재료를 투입한지 4주 경과한 시점의 PDF20, 30구의 돈사 바닥상태를 나타낸 것으로 PDF20구에서는 1주일 사이에 바닥의 거의 전 부분에 곤죽상태가 진행되고, 뒷다리 머느리발톱 부분까지 배설물이 묻어 피모상태가 불량하여 젖으며, 3주 째의 대조구나 PDF10구와 비슷한 상태를 나타내



Fig. 5. Phased sight of PDF20 on the floor of pigpen (4wk).

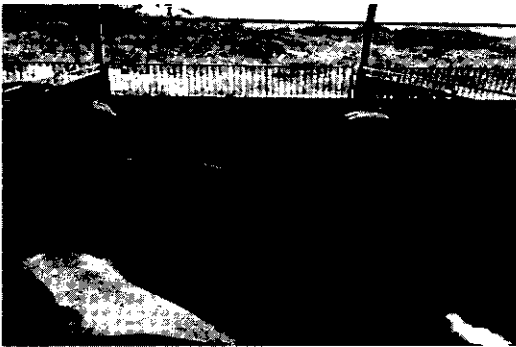


Fig. 6. Phased sight of PDF30 on the floor of pigpen (4wk).

었지만, PDF30구는 돈방의 전체적인 상태나 가축의 피모상태를 고려할 때 양호하였다. 이러한 결과로 20%를 톱밥과 대체하여 투입할 경우 4주까지 사용할 수 있고, 석탄회의 혼합비율을 높일수록 바닥재료의 사용기간을 연장할 수 있는 것으로 사료된다. 4주까지의 결과로 PDF30구를 제외한 다른 구들의 바닥재료는 상태가 불량하여 돈사환경면에서 가축에 유해할 것으로 판단되어 PDF30구를 제외한 시험구의 깔짚을 교체를 하였으며, 교체시 대조구에서는 구더기가 관찰되었지만, PDF10, 20구에서는 전혀 관찰되지 않았는데 이는 고 등(1999)이 CaO와 SiO₂가 축사의 소독 및 구충의 효과가 있다고 한 것과 구더기 및 기생충 발생이 억제되었다는 보고(고 등,

1999a)와 동일한 결과로 돈사 깔짚으로 투입된 석탄회에 다량 함유되어 있는 CaO와 SiO₂에 의한 구더기 구제에 효과가 있는 것으로 사료된다.

Fig. 7은 5주 경과한 시점의 PDF30구의 모습인데 분뇨배설장소에 곤죽 상태가 많이 진행되었고, 돈방면적의 3분의 2 가량이 곤죽 상태로 되었으나 돈방 바닥상태와 돼지의 피모상태는 4주째의 PDF20구 보다는 다소 양호한 것으로 관찰되었다. 하지만, 가스발생량 등의 제반상황을 고려하여 교체가 불가피한 것으로 판단됨으로 이 시기를 교체시점으로 하는 것이 좋을 것으로 판단되었으며, 투입 후 5주간 이용된 PDF30구의 깔짚에서도 4주간 이용되었던 PDF10, 20과 같이 구더기 발생이 관찰되지 않았다.

이상의 결과로, 석탄회를 돈사 깔짚으로 이용하는 것은 화력발전소의 산업부산물로 톱밥을 대체하여 이용함으로써 톱밥의 품귀를 막고, 깔짚의 이용기간을 연장, 잦은 교체시 투입되는 노동력을 절감시키는 효과 및 구더기 구제 효과가 있으며, 차후 고 등(1999a)의 연구에서와 같이 석탄회의 이용 비율을 50% 정도의 비율로 늘려서 이용하는 시험, 연구가 필요하고, 투입하는 바닥재료의 두께를 좀 더 높인다면 이용기간이 더 연장될 수 있을 것으로 사료된다.

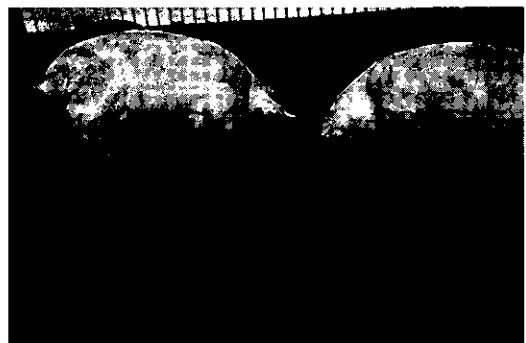


Fig. 7. Phased sight of PDF30 on the floor of pigpen (5wk).

2. 수분 함량 및 온도 변화

Table 2은 돈사의 바닥재료로 톱밥만을 투입한 대조구와 석탄회를 10%, 20% 및 30%로 대체하여 혼합하고 투입한 시험구의 깔짚 수분 함량과 온도의 변화를 조사한 결과이다.

온도변화를 보면 0~1주간에는 외기온도보다 돈방바닥의 온도가 낮게 나타났지만, 2주째 측정된 돈방바닥의 온도가 외기 온도보다 높아져서 이 시기부터 지속적으로 외기온도에 비해 높게 유지되는 것으로 조사되었는데, 이는 톱밥만을 이용한 대조구나 석탄회를 일정비율로 대체한 처리구들이 석탄회의 이용여부에 관계없이 발효가 정상적으로 일어나고 있으며 석탄회의 대체이용이 미생물의 활성화에는 문제를 일으키지 않음을 보여주는 결과로 사료된다. 각 시험구의 수분 함량 변화를 볼 때, 투입시에 대조구가 25.1%로 톱밥 자체의 수분을 나타내고 있으며, 석탄회 대체비율이 높을수록 수분이 감소하였다. 깔짚 투입 1주일 후에는 대조구(32.4%)에 비하여 처리구에서 낮게 나타났으며 특히, PDF20구(25.4%)와 PDF30구(23.2)의 경우 1주

일 동안의 수분 함량의 변화가 아주 작은 결과를 나타내었다. 이러한 경향은 시험 전 기간동안 나타났으며, 3주째에 대조구(55.7%)와 PDF10구(53.9%)가 50% 이상의 수분 함량을 가지며 끈죽 상태를 나타내어 깔짚의 기능을 상실한 것에 비하여 PDF20구(43.6%)는 대조구의 2주째 수분 함량(42.4%)와 비슷하였고 PDF30구(31.8%)는 대조구의 1주 째의 수분 함량(30.4%)과 비슷한 결과를 나타내었다. 4주 째의 수분 함량은 대조구(67.8%)와 PDF10구(64.7%)에서는 지금처럼 나빠졌으며 PDF20구(56.7%)도 깔짚으로서의 기능을 상실하는 수치를 나타낸 반면, PDF30구(40.2%)는 양호한 상태를 유지하고 있었다. 5주 째에는 PDF30구(52.8%)도 끈죽 상태를 나타내기 시작하였다.

3. Gas 발생량

Table 3은 돈사의 바닥재료로 톱밥만을 투입한 대조구와 석탄회를 10%, 20% 및 30%로 대체하여 혼합하고 투입한 시험구의 유해가스중 NH₃와 H₂S의 발생량의 변화를 나타낸 것이다.

Table 2. Moisture content and temperature according to the phase in using sawdust and processed dustproof fly-ash in the piggins

Items		0 Wk	1 Wk	2 Wk	3 Wk	4 Wk	5 Wk
Moisture content (%)	Control	25.1	30.4	42.4	55.7	67.8	no ¹⁾
	PDF10	23.7	29.6	40.6	53.9	64.7	no
	PDF20	22.8	25.4	34.2	43.6	56.7	no
	PDF30	20.1	23.2	29.8	31.8	40.2	52.8
Temperature (°C)	Control	31.7	32.7	29.3	30.7	33.7	no
	PDF10	31.3	32.3	29.2	30.8	33.0	no
	PDF20	31.0	32.4	30.3	31.7	33.4	no
	PDF30	32.7	32.7	29.9	32.2	33.2	31.4
Ambient temperature(°C)		33.0	34.0	29.0	30.0	32.0	30.0

¹⁾ no : Nonmeasurement as an end of the experiment.

Table 3. Gas production according to the phase in using sawdust and processed dustproof fly-ash in the pigpens

Items		0 Wk	1 Wk	2 Wk	3 Wk	4 Wk	5 Wk
NH ₃ (ppm)	Control	2.0	12.3	20.0	49.2	44.2	no ¹⁾
	PDF10	2.0	11.7	19.0	22.7	21.7	no
	PDF20	2.0	6.7	14.3	18.7	15.3	no
	PDF30	2.0	5.3	12.3	16.0	13.7	21.2
H ₂ S (ppm)	Control	ns ²⁾	ns	1.0	7.0	3.3	no
	PDF10	ns	ns	ns	1.0	2.7	no
	PDF20	ns	ns	1.0	1.0	2.0	no
	PDF30	ns	ns	1.0	0.7	1.0	2.0

¹⁾ no : Nonmeasurement as an end of the experiment.

²⁾ ns : Impossibility of measurement as a very small amount.

NH₃의 경우에 석탄회의 혼합 비율이 높을수록 저감되는 경향이 뚜렷하였고, 대조구의 경우에 3주째에 49.2ppm으로 가장 높게 나타났는데 전반적으로 볼 때, 3주째에 최고수준을 나타내었고, 4주째 이후로는 다소 줄어드는 경향이였다.

H₂S의 경우 2주째까지는 전 시험구가 비슷하였으나 3주째에 대조구가 7.0ppm으로 특히 높게 나타나서 호흡기 질병 등에 대한 우려를 하게 했지만, 다른 처리시험구들은 1.0 ppm 이하의 극히 미미한 수치로 양호하게 나타나서 석탄이용에 의한 돈사환경의 개선 효과를 뚜렷하게 보여주는 결과였다. 4주째에서는 대조구는 감소하는 경향을 보인 반면에 처리시험구들은 다소 증가하는 것으로 나타났으며, 5주째에 PDF30구에서 다소 증가되었고 다른 시험구의 깔짚은 교체하여 시험구간의 비교는 할 수 없었으나 4주째의 대조구 발생량보다 오히려 낮은 발생량을 보였다.

이와 같은 결과로 볼 때 돈사에 일반적으로 톱밥만을 깔짚으로 투입하는 것에 비해 석탄회의 대체 비율을 30%로 하여 투입하면 유해가스의 저감 효과가 있기 때문에 돈사환경을 개선하여 가축의 생산성 향상에 기여할

것으로 사료된다.

적 요

방진처리된 분말상태의 석탄회를 돈방 깔짚으로 이용하기 위해 톱밥에 대해 부피비로 대체(10%, 20% 및 30%)하여 투입하였을 때 돈방에서 발생하는 악취성분의 저감 효과와 분말석탄회의 톱밥에 대한 적정혼합비율을 구명하고자 본 시험을 실시하였다. 돈방의 깔짚으로서 분말 석탄회의 투입 효과는 석탄회의 대체비율이 높을수록 이용기간을 연장시켰으며, 석탄회를 톱밥과 대체하여 투입하는 것은 그 비율에 관계없이 구더기 등의 기생충 억제 효과가 나타났다. 깔짚의 수분 함량은 석탄회의 대체비율이 높을수록 낮게 유지되었으며, 석탄회 대체로 인한 톱밥발효상태의 문제는 없었다. 유해가스 발생량은 석탄회의 대체비율이 높을수록 유해가스인 NH₃와 H₂S의 발생량을 줄이는 효과가 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 보면, 분말처리 석탄회를 돈방의 깔짚으로 대체할 경우 본 시험에서와 같이 부피기준으로 30%를 대체는 이용기간 연장과 및 돈사의 유해가스 저감에 효과가 있어서 방진처리

석탄회의 톱밥 대체, 이용은 양돈농가의 소득증대와 돈사 환경개선에 유효할 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

1. Barker J. C. and J. P. Zublena. 1995. Livestock manure nutrient assessment in North Carolina. 7th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. 98-106.
2. Bell, R. G. 1970. Fatty acid content of a measure of the odour potential of stored liquid poultry manure. Poul. Sci. 49:1126.
3. Hannano, T., Y. Oka, O. Takada and T. Asano. 1972. Test of malodor composition in the feces of domestic animals. Anim. Husbandry. 9:140-145.
4. North, Mack O. 1984. Commercial chicken production manual. A VI publishing company. 364-365.
5. 고영두. 석탄재를 이용한 축분퇴비 및 축사 바닥 깔짚 특허출원. 1998. 출원번호 제 98-47770호.
6. 고영두, 김두환, 김용국, 김재황, 남기홍, 류영우, 명규호, 송영민, 안병홍, 장인식. 하정기. 1999. 가축영양학. 유한문화사. 141-182
7. 고영두, 김재황, 김두환, 고병구, 이수철, 이종찬, 김삼철. 1999a. 석탄회의 축사 깔짚 이용기술. 축산시설환경. 5(1):37-44.
8. 고영두, 김재황, 김두환, 유성오, 고병구, 이수철, 강경록. 1999b. 가축분뇨처리 퇴비로서 석탄회의 이용가치 개발과 적정 혼합비율 결정에 관한 연구. 축산시설환경. 5(1):53-62.
9. 고영두, 김재황, 김두환, 유성오, 고병구, 이수철, 이종찬, 김삼철. 1999c. 석탄회 처리 가축분뇨퇴비가 옥수수, 호맥 및 알팔파의 생산성에 미치는 영향. 축산시설환경. 5(1):63-72.
10. 오세정, 정선부, 박근식. 1993. 신편가금요론. 262-263.