

화학제제를 깔짚에 첨가시 육계 생산성과 유해가스 발생량에 미치는 영향

최인학 · 남기홍

대구대학교 자연자원대학 가축사료영양학 연구실

I. 서 론

양계산업에서 발생하는 환경문제는 심각한 수준으로 인식되고 있다. 계분과 깔짚은 적절히 토양에 환원시 토양의 지력을 증진하고 작물의 영양소 공급원으로 이용되는 것으로 보고되어 있다 (Herra & Erhat, 1965 ; Sims, 1986 ; Bitzer & Sims, 1988). 그러나 계사에서 발생하는 암모니아, 이산화탄소 등 유해가스는 닭들의 호흡기 질병을 유발시키는 것은 물론(Anderson, 1964a, b ; Quarles & Kling, 1974, Caveny et al., 1981), 양계 생산자의 건강 침해에 가장 큰 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Carlile, 1984). 최근에는 계사에서 발생하는 유해가스는 주민들의 민원대상이 되고 있어 법률로 제정하고 있는 추세이다(MAFF, 1991). 이러한 유해가스 발생원인은 일차적으로 과다한 사료 섭취, 사료 중에 함유된 영양소의 불균형에서 기인되고 있다(Choi & Nahm, 2003). 따라서 ferrous sulfate(Huff et al., 1984), aluminum sulfate(Moore Jr et al., 1995), phosphoric acid(Malone, 1987), formaldehyde(Veloso et al., 1974) 등과 같은 화학제제를 계분과 깔짚에 첨가하여 유해가스 발생량을 줄여보려는 시도가 현재 진행 중에 있다. 이들 화학제제들은 육계 생산성 증대와 유해가스 함량을 감소시킨다고 하였다(Moore Jr et al., 2000).

본 연구는 육계에서 발생하는 환경오염 문제를 제어하는 방법의 하나로 두 화학제제(FeSO₄와 Alum)를 깔짚에 처리한 구와 각 대조구를 비교하여 육계 생산성에 미치는 영향과 유해가스 발생량

(암모니아와 휘발성 지방산)에 어떠한 변화가 있는지 조사하였다.

II. 계사에서 발생하는 유해가스의 생성과정 및 감소방법

(1) 유해가스의 생성과정

130가지 이상의 휘발성 화합물이 축사에서 발생된다고 보고되어 있으며, 대부분은 암모니아, 이산화탄소, 휘발성 지방산, phenol 및 indole 등이 차지한다고 하였다 (Muehling, 1970 ; O'Neill and Phillips, 1992 ; Hartung and Phillips, 1994 ; Nahm, 2003). Figure 1은 계사에서 발생하는 유해가스가 생성되는 과정을 나타내고 있다. 일반적으로 양계 사양시 사료, 분 그리고 깔짚을 저장하는 계사가 냄새의 근원으로 되어 있어 이들 발생과정과 특성은 아래와 같다.

암모니아는 요산, 요소 그리고 소화되지 않는 비소화성 단백질이 계사 내에 축적되어 발생한다(Choi, 2004). 암모니아는 색깔이 없으며 공기보다는 가볍고 물에서는 높은 용해성을 가지고 있는 자극성 가스이다(Muehling, 1970 ; Al Homidan et al., 2003). 축사내 높은 암모니아 가스 발생은 깔짚과 계분에 함유된 수분, 세균, 온도 및 환기량에 따라서도 영향을 받기 때문에(Arogo et al., 2001) 가금의 건강에 영향을 미친다(Drummond et al., 1980 ; Busse, 1993). 돼지와 소보다는 가금이 암모니아 가스에 민감하여 Carlile(1984)와 COSHH (Control of Substances Hazardous to Health)에서

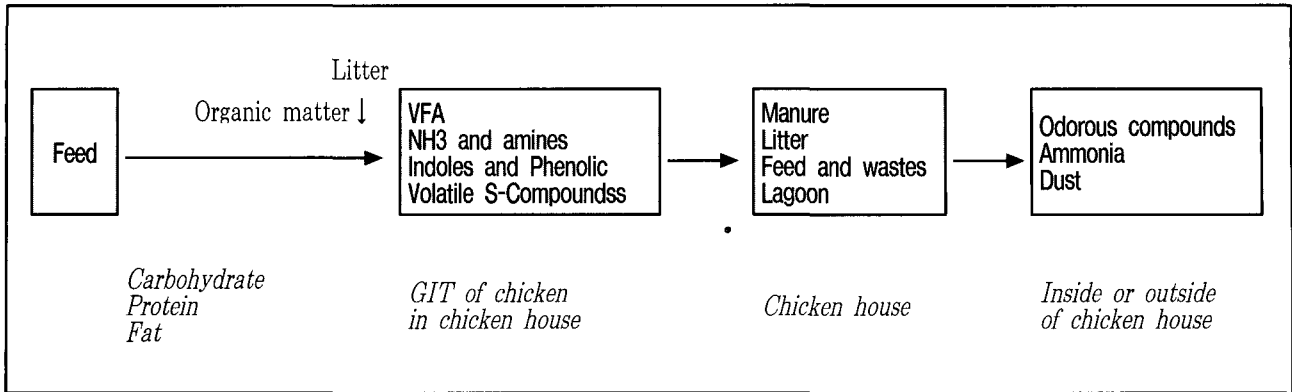


Figure 1. Origin of the gases in poultry houses and sources of air pollution (Nahm, 2003, GIT = gastrointestinal tract)

는 계사에서 25 ppm, 8시간 이상 노출되지 않도록 설정을 해놓고 있다.

이산화탄소는 계사에 저장된 깔짚, 계분 그리고 닭이 호흡하는 공기로부터 발생하며, 공기보다 무겁고, 물에서 용해되는 색깔과 냄새가 없는 가스이다(Muehling, 1970). 이산화탄소 가스 방출은 축사 내의 공기뿐만 아니라 암모니아 방출과도 연관성이 있는 것으로 보고되어 있다(Ni, 1998). 정상적인 대기상태에서는 이산화탄소가 약 0.03 %(300 ppm) 함유되어 있다(Muehling, 1970). 일부 학자들은 축사 내에서 이산화탄소 가스 발생 최대 함량이 3,000 ppm을 넘지 않도록 제시하고 있다(Bruce, 1981 ; CIGR, 1992).

휘발성 지방산은 소화되지 않은 사료의 잔존물로 구성된 혼합물과 축사표면, 분진 등에 흡수되어 이들 휘발물질이 발생한다(Mackie et al., 1998 ; Miller and Varel, 2001). 휘발성 지방산은 냄새와 매우 밀접한 상관관계가 있으며, 휘발성 지방산의 생성을 억제하는 것이 냄새 발생을 감소시킬 수 있다고 하였다 (Zahn et al., 1997 ; Zhu et al., 1997 ; Powers et al., 1999).

(2) 화학제제를 깔짚이나 계분에 첨가하는 방법

깔짚으로부터 암모니아 휘발을 억제하는 시도는 1950년 처음으로 보고되었다(Cotterill and Winter, 1953). 지난 30년 동안 여러 형태의 화학제제를 깔짚에 첨가하는 방법이 연구되어 왔지만, 아직도 화

학제제 효과에 대해서는 많은 논쟁이 있다.

이후로 paraformaldehyde (Seltzer et al., 1969), zeolites (Nakaue et al., 1981), ferrous sulfate와 carbon carbonate (Moore Jr et al., 1995), acetic acid와 propionic acid (Parkhurst et al., 1974) 등을 포함한 각종 화학제제들이 가축분과 깔짚에 첨가되어 연구되기 시작하였다.

이들 화학제제들 중 Alum, 즉 aluminum sulfate는 pH를 6 이하로 유지시켰을 때 $AlPO_4$ 가 형성되고 pH가 6일 때는 $Al(OH)_3$ 가 형성되면서 암모니아 휘발이 상당히 제거되는 것으로 알려져 있다(Cooke et al., 1986). Moore Jr(1995) 등은 Alum이 암모니아 가스 발생을 억제함으로써 계사 내에서 발생하는 냄새를 감소시키는데 효과적이며 경제적인 측면에서 가격이 다른 화학제제보다는 싸다는 이점이 있다고 하였다. 그밖에 냄새의 농도를 줄이는 것으로 알려져 있는 많은 산화물질 중에는 $KMnO_4$ 나 H_2O_2 , O_3 (Hollenbeck, 1971 ; Cole et al., 1976), NaOH 등도 냄새의 양을 줄이는 것으로 알려져 있다(Burnett and Dondero, 1970).

(3) 사료 배합기술에 의한 방법

축분의 발생량과 냄새, 환경문제를 조절하는 가장 효과적이고 경제적인 방법은 가축으로부터 질소 배출량을 감소시키는 것이다(Ferguson et al., 1998 ; Sutton et al., 2001). 질소 배출량의 감소는 사료의 단백질 수준을 낮추거나 합성 아미노산 보

충 및 가축에 급여되는 사료 단백질 양을 줄이던 가능하다. 대부분 질소 손실은 사료에 공급되는 다른 필수·비필수 아미노산 불균형과 가축의 아미노산 요구량에 충족되기 위한 단백질의 불충분한 공급 때문이다(Austic, 1996). 가축의 배설물은 사료의 구성성분에 따라 많이 좌우된다. 또 사료를 구성하고 있는 사료원이나 형태 그리고 곡류가 차지하는 수준과 영양소의 이용률, 배설수준 그리고 사양관리의 형태에 따라서 변화한다.

사료의 조성은 실제적이고 경제적인 방법으로 이루어져야 하는데, 그렇게 할 때만이 영양소의 배설이 조절될 수 있으며 물이나 토양, 그리고 공기가 오염되는 것을 극소화할 수가 있다(Nahm, 2003). 다른 연구결과에 따르면 사료 배합시 단백질 수준을 낮추어서 냄새를 조성하고 있는 화합물질의 상당수를 제한할 수 있었다고 하며(Hobbes et al., 1996), 또 소화기관내의 pH를 조절하거나 미생물 균을 조정하면 냄새를 줄일 수 있다고 하였다(van Heugten and van Kempen, 1999).

다른 연구에서는 단백질 수준을 낮추고 동시에 합성 아미노산을 첨가했을 때 계분의 질소 함량을 10~27%(Blair et al., 1999; Farrell, 2000), 사료 조절을 통한 닭의 단계별 기별사양에서도 10~33%까지 질소 함량이 감소된다고 하였다(Koch, 1990; FEFANA, 1992).

(4) 효소 첨가제를 이용하는 방법

효소(enzyme)를 양계사료에 첨가하여 이용해온 일은 우리나라와 유럽 지방에서 오래 전부터 있어 온 일이다. 사료 중에 효소를 첨가하여 급여하는 일에는 4가지의 이점을 우선 생각할 수 있다.

- ① anti-nutritional factor 제거효과가 있다.
- ② 사료에 현존하는 영양소의 이용률을 증진시킨다.
- ③ non-starch polysaccharides의 이용률을 높인다.
- ④ 가축의 몸 속에 존재하는 효소들의 보조역할을 한다.

이상과 같이 소화가 잘 이루어지면 영양소의 배출을 막을 수 있으며 이것은 곧 환경공해를 예방할 수 있다(Nahm, 2003).

육계와 산란계 사료내 밀과 보리를 같이 쓸 경우 효소를 사료에 첨가하는 일은 많이 알려진 사실이다. 효소를 사료에 첨가함으로써 체내에 질소 축적을 높이는데(Patterson, 2001), 이는 많은 곡류와 농가부산물 사료에 많이 들어있는 탄수화물과 섬유소에 의한 소화장애 등 가축에 불리한 조건들을 없애주기 때문이다. 이러한 이유 때문에 대두박, 땅콩이나 다른 종류의 콩류 또는 해바라기씨 등을 사료의 단백질원과 에너지원으로 이용할 수가 있는 것이다.

따라서 효소를 사료에 첨가할 때 잘 선택하면 가축의 소화기 내에서 단백질의 소화가 잘 이루어지며 아미노산 이용률은 증가하게 된다. 결국 질소 배출량을 감소시켜주는 결과가 되며, 이는 공기 중의 질소량을 줄여 공해를 줄일 수 있게 되는 것이다. 첨가된 효소는 anti-nutritional factor를 줄여서 단백질의 소화를 높여주며 질소 배출량을 줄여주는 역할을 담당하는 것이다(Patterson, 2001).

(5) 깔짚을 이용하는 방법

양계나 양돈 사양시 이용되는 깔짚은 배설물, 사료, 털 그리고 잠을 잘 때 깔고 자는 물질들을 총칭해서 말한다. 깔짚은 경제성이 있고 손쉽게 구할 수 있는 것을 택하여 가축이 잠을 잘 때 이용되는 물질이기 때문에 흡착력이 강해야 되며 짧은 시간에 건조할 수 있고 또 가축이 먹어도 독성이 없어야 한다.

흡착제, 즉 탄소원은 NH_4^+ 와 결합하여 미생물군의 활동을 시작하도록 도와준다(Kithome et al., 1999). 이러한 현상은 생물학적 탈질산화에 영향을 미친다. 짚류를 가하면 공기와 접촉하고 있는 면에서 분해는 질소 휘발이 감소된다. 그러나 공기와 접촉하지 않는 곳에서 짚류를 가하면 질소 움직임을 막는다. 공기와 접촉이 없는 공기(38.1~87.5)는 접촉이 있는 곳(9.5~18.0)에서 보다 C:N비가 높

다(Kirchmann and Witter, 1989).

식물은 N:P의 비율이 5:1이거나 그보다 큰 것을 요구한다. 그러나 계분은 질소회발 때문에 N:P 비율은 2:1 정도밖에 안 된다. 그래서 토양중의 작물에 분만 살포하면 작물은 비료로서 분(糞)을 이용하지 못한다. 탄소원인(짚류) 톱밥 등을 분에 섞어주면 C와 N의 비율을 높여 질소 축적을 개선시켜 준다.

한 실험결과에 의하면 분에 톱밥을 가하면 대조구와 비교해서 질소 손실이 21 % 감소된다고 하였다(Lory et al., 2002). 육계를 실험한 연구에서는 깔짚 처리 유무에 따른 질소의 감소효과는 차이가 인정되지 않았다는 보고도 있다(Elwinger and Svensson, 1996).

(6) 먼지와 냄새를 제거하기 위한 필터 이용법

공기의 질을 순화시키는 데는 두 가지 방법이 있는데 하나는 축사 정화이고, 다른 하나는 배설물의 관리이다. 축사 정화는 축사 공기 중에 떠다니는 미세물질(약 10 microns 정도의 직경 = PM₁₀)들의 정화작업이 이에 속하고, 다음으로 배설물 관리는 공기의 질이 NH₃, H₂S, N₂O 및 PM₁₀ 등에 좌우되기 때문에 공해물질들을 제거하는 것이다(Saito, 2002).

이러한 물질들은 축사 내에서 먼지에 의하여 전달되는데 이러한 먼지를 걸러내고 냄새를 유발하는 가스 등을 걸러내는 생물학적 기능을 갖는 필터(biomass filter)가 있다. 이 필터는 가격이 싼 절단한 짚류를 많이 쓴다. 한 연구보고에 따르면 이러한 필터는 약 80 %의 먼지와 냄새를 제거하는 효과가 있었다고 한다(Hoff et al., 1997).

먼지입자는 냄새를 운반하는데 축사 내에 있는 먼지를 줄이는 일은 곧 냄새를 줄이는 일이 된다. 먼지중의 65 %는 5~10 μm 크기이고 나머지는 10 μm보다 큰 물질들이다(Hoff et al., 1997). 이러한 먼지들은 biomass filter에 의하여 제거되며 이러한 먼지를 필터로 제거함으로써 냄새는 크게 감소된다. 또 한 가지 방법은 물에 10 % 정도의 기름을

타서 뿌리는 방법인데 이것을 이용하면 먼지의 농도는 50~65 %까지 감소시킬 수 있다고 한다(Ellen et al., 2000).

(7) 냄새/병원균을 제거하기 위한 오존 이용법

오존이란 아주 강력한 산화제이다. 마시는 물에는 지난 100년 동안 정화를 위해서 사용해 왔다(Debevec Jr, 1990). 오존은 독성을 갖는 여러 물질들의 결합을 분쇄할 수 있으며 약물의 잔존을 없앨 수 있고 냄새나는 물질들을 대사할 수 있는 힘이 있다(Wu et al., 1999). 현재 오존의 효과는 계사에서 이용하였을 때 상반된 보고가 계속되고 있다.

액상분뇨의 경우 0.25~1.00 g/L의 오존을 사용했을 때 휘발성인 피놀릭산과 인돌산은 현저하게 감소되었으며, 냄새도 현저하게 감소되었다고 보고하고 있다(Wu et al., 1999). 그러나 이 산화제는 케이지 사양을 하고 있는 산란계에서는 피놀릭산이나 인돌산은 냄새 제거에 효과가 없었다고 보고하였다(Kim-Yang et al., 1999). 그러나 한 연구보고에 따르면 계사에 오존을 처리하면 암모니아 수준은 25 %까지 감소되었으며 계란 생산량과 부화율이 증가된다고 하였다(Yokoyama and Masten, 2000).

(8) 토양 살포에 의한 냄새 제거 방법

축분은 N, P, K를 골고루 함유하고 있어서 식물을 위한 퇴비로 이용시 확실한 효과를 볼 수 있다(Wengel and Kolega, 1972). 산란계와 육계의 경우 암모니아 발생량을 비교한 연구에서 재래적 방법으로 토양에 직접 계분을 살포하였을 경우와 계사나 분을 저장한 곳에서 나는 암모니아 냄새와 비교한 결과, 재래적인 방법으로 토양에 직접 뿌렸을 때의 암모니아 냄새는 두 배 이상 강하게 난다고 하였다(Asman, 1992).

토양 표면에 액상 분뇨를 뿌리는 것보다 액상 분뇨를 토양에 얇게 또는 깊게 삽입하는 식으로 살포하면 암모니아 휘발은 90 %까지 감소를 보였

다고 보고되어 있다(Phillips et al., 1988). 액상 분뇨를 토양에 뿌리는 것보다도 분을 건조시켜서 토양에 뿌리면 냄새는 훨씬 감소된다.

액상 분뇨를 토양에 뿌리는 일은 경제적으로 많은 문제점을 야기할 수 있다. 예를 들면 이산화탄소와 메탄이 대기 중에 방출되어 지구 온난화의 가속화, 상수도 오염 등 여러 가지 환경공해의 요인들을 들 수 있다(Nahm, 2003).

III. 화학제제에 대한 영향

(1) 육계 생산성에 미치는 영향

본 연구에서는 전 사양기간 동안 단백질 수준을 전·후기로 구별하여 사육한 결과 두 가지 화학제제는 각 대조구와 비교할 때 영향을 미치지 않았다. 일반적으로 화학제제는 계사내 환경을 개선시켜 육계 생산성이 증가하는 것으로 알려져 있다

(Moore Jr et al., 1995, 2000). Huff 등(1984)과 Moore Jr 등(2000)은 화학제제를 처리할 경우 체중이 대조구보다 증가된다고 보고하였다. 다른 연구에서도 Moore Jr 등(1995)은 증체량과 사료요구율이 대조구와 비교할 때 Alum을 깔짚에 처리한 구의 성적이 우수하다고 하였다.

Table 1에서는 두 처리구와 각 대조구간에 통계적 유의성은 인정되지 않았지만, 사료섭취량과 증체량은 두 처리구에서 높은 경향이었으며 사료효율은 각 대조구보다 FeSO₄와 Alum 처리구에서 좋은 경향이였다. 본 연구결과에서는 통계적 유의성이 없었다 하더라도 Moore Jr 등(1995, 2000)과 Huff 등(1984)이 보고한 내용과 일치하는 경향이였다.

(2) 암모니아 가스 발생량에 미치는 영향

Table 2는 두 처리구와 각 대조구간에 측정된

Table 1. Effect of additives on 0~21d, 22~42d, and 0~42d average feed intake, weight gain and feed : gain

Treatments	Feed Intake(g)			Weight Gain(g)			Feed : Gain		
	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days
	0~21	22~42	0~42	0~21	22~42	0~42	0~21	22~42	0~42
Control	809.6	2,821.2	3,630.8	512.9	1,468.7	1,981.6	1.58	1.92	1.83
FeSO ₄ · 7H ₂ O	819.9	2,841.7	3,661.6	498.2	1,509.3	2,007.5	1.65	1.88	1.82
Significance ¹	NS ²	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Control	807.8	2,763.8	3,571.3	462.1	1,427.5	1,889.6	1.74	1.94	1.89
Alum ³	797.4	2,712.0	3,509.4	481.5	1,426.6	1,908.1	1.66	1.90	1.84
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ t-test. / ² NS : Not significant / ³ Alum = Al₂(SO₄)₃ · 14H₂O

Table 2. Mean(±SEM) values of ammonia gas concentration produced from broiler litter.

Treatments	Ammonia gas concentration(ppm)					
	1wk	2wks	3wks	4wks	5wks	6wks
Control	-	7.19 ± 0.73	18.38 ± 1.08	34.13 ± 0.54	31.56 ± 3.59	41.69 ± 2.00
FeSO ₄ · 7H ₂ O	-	2.51 ± 0.01	0.55 ± 0.26	0.99 ± 0.18	1.59 ± 0.42	6.78 ± 2.58
LSD _{0.05} =2.47		*	*	*	*	*
Control	-	7.94 ± 1.38	15.44 ± 2.75	46.25 ± 1.52	44.56 ± 1.95	48.63 ± 5.50
Al ₂ (SO ₄) ₃ · 14H ₂ O + CaCO ₃	-	0.53 ± 1.03	0.31 ± 0.12	2.14 ± 0.38	22.58 ± 4.92	23.42 ± 6.93
LSD _{0.05} =4.75		*	*	*	*	*

* P<0.05

암모니아 가스 발생량을 나타내고 있으며 통계적 유의성이 인정되었다 ($P<0.05$). 계사에서 측정된 FeSO_4 처리구의 암모니아 가스 발생량은 Table 2에서 보는 바와 같이 2주와 3주 각각 2.51, 0.55 ppm으로 감소하지만, 4주에서 6주로 가면서 각각 0.99, 1.59 및 6.78 ppm으로 증가하였다. 대조구의 암모니아 발생량은 주별(2~6주)로 각각 7.19, 18.38, 34.13, 31.56 및 41.69 ppm으로 증가하였다.

한편 Alum 처리구의 암모니아 가스 발생량은 각 주별(2~6주) 각각 0.53, 0.31, 2.14, 22.58 및 23.42 ppm으로 증가하는 반면, 대조구의 암모니아 발생량은 2주와 3주에서 각각 7.94, 15.44 ppm으로 증가하여 4주에서는 46.25 ppm, 5주에서는 44.56 ppm으로 감소되었다. 6주에서는 48.63 ppm으로 높은 발생량을 보였다.

계사에서 발생하는 암모니아 가스는 육계 생산성에 영향을 주는 가장 큰 요인으로 알려져 있다 (Al Homidan et al., 2003). 따라서 계사내 암모니아 가스 수준은 25 ppm을 초과하지 않도록 하는 것이다 (Carlile, 1984). Valentine(1964)은 암모니아 농도가 60~70 ppm일 때 성장률이 감소된다고 하였다. Charles와 Payne(1966)은 암모니아 농도가 105 ppm에서 노출되면 사료섭취량이 10.4 % 감소된다고 보고하였다.

본 연구에서 두 화학제제 처리구의 암모니아 발생량은 낮았지만, 각 대조구에서는 4주에서 6주로 가면서 암모니아 가스 발생 수준이 25 ppm 이상

으로 높게 나타나 육계 생산성 감소와 폐사율이 증가한다는 보고 (Charles and Payne, 1966 : Caveny and Quarles, 1978 : Reece et al., 1980) 등은 Table 2의 결과를 뒷받침해 주고 있다.

또한 FeSO_4 와 Alum 처리구의 암모니아 가스 발생량은 각 대조구와 비교할 때 6주에서 각각 84 %와 52 % 감소되는 것으로 나타났다. Moore Jr 등(1995)은 FeSO_4 와 Alum을 각각 200 g씩 깔짚에 처리한 실험에서 암모니아 휘발이 각각 58 %와 99 % 감소된다고 보고한바 있어 본 연구결과와 일치한다.

화학제제를 처리한 구에서는 Fe와 Al을 포함한 화학제제가 깔짚내 미생물 활성을 억제함으로써 대조구보다 암모니아 발생량이 감소된 것으로 판단된다 (Carlile, 1984).

(3) 휘발성 지방산 함량에 미치는 영향

Table 3에서는 두 화학제제 처리구와 대조구간에 총 VFA와 개별 VFA 함량을 분석한 결과를 나타내고 있다. FeSO_4 처리구는 대조구와 비교하면 n-valeric acid와 caproic acid를 제외하고 총 VFA, acetic acid, propionic acid, butyric acid, iso-valeric acid에서 통계적 유의성이 인정되었다 ($P<0.05$ 와 0.01). Alum 처리구와 대조구는 propionic acid, n-valeric acid 및 caproic acid에서 통계적 유의성이 인정되지 않았지만, 총 VFA, acetic acid, butyric acid, iso-valeric acid는 통계적 유의성이 인정되

Table 3. Mean(\pm SEM) values of total VFA contents and proprotin of VFA contents in broiler litter characteristics after 42 days of age

Items	Control	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Significance ¹	Control	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$	Significance
Total VFA (mmole/100g)	0.73 \pm 0.05	0.16 \pm 0.04	**	0.68 \pm 0.02	0.28 \pm 0.02	**
Acetic acid (mmole/100g)	0.34 \pm 0.04	0.07 \pm 0.02	**	0.32 \pm 0.04	0.12 \pm 0.01	*
Propionic acid (mmole/100g)	0.05 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	**	0.04 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	NS
Butyric acid (mmole/100g)	0.11 \pm 0.03	0.02 \pm 0.01	*	0.09 \pm 0.01	0.04 \pm 0.02	**
Iso-valeric acid (mmole/100g)	0.19 \pm 0.01	0.03 \pm 0.01	**	0.21 \pm 0.02	0.09 \pm 0.01	**
n-valeric acid (mmole/100g)	0.02 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	NS ²	0.01 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	NS
Caproic acid (mmole/100g)	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	NS	0.01 \pm 0.01	0.01 \pm 0.01	NS

¹ t-test. / ² NS : Not significant / * $P<0.05$ / ** $P<0.01$

었다($P < 0.05$ 와 0.01).

두 처리구와 각 대조구의 개별 VFA 함량은 acetic acid 함량이 높았으며, n-valeric acid와 caproic acid 함량이 가장 낮게 나타났다. 본 연구에서 $FeSO_4$ 와 Alum 처리구의 총 VFA 함량은 각 대조구와 비교할 때 각각 78 %와 59 % 감소되었다. 또한 개별 VFA 함량은 화학제제 처리구에서 감소되는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 사료에 함유된 유기물이 분으로 배출되어 깔짚 내에 축적되는 과정에서 Fe와 Al을 포함한 화학제제가 미생물 활성을 억제함으로써 VFA 생성이 감소된 것으로 사료된다(Line, 1998).

IV. 결 론

본 연구는 깔짚에 화학제제를 처리한 구와 대조구를 비교하여 육계생산성과 유해가스 발생량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 육계 생산성은 두 처리구와 각 대조구간에 유의차가 없었지만, 6주에서 측정된 $FeSO_4$ 와 Alum 처리구의 암모니아 발생량은 각 대조구와 비교할 때 각각 84 %와 52 %가 감소되었다($P < 0.05$). 깔짚에서 생성된 총 VFA 함량은 $FeSO_4$ 와 Alum 처리구가 대조구보다 각각 78 %와 59 % 감소되는 것으로 나타났다.

결론적으로 깔짚에 화학제제를 처리했을 경우 육계 생산성에는 영향을 주지 않았지만, 암모니아 가스 발생량, 총 VFA와 개별 VFA 함량은 현저하게 감소되며 계사 내에서 발생하는 환경오염 문제를 해결할 수 있는 한 방법으로 제시할 수 있다.

V. 참고문헌

- Al Homidan A, Robertson JF, Petchey AM 2003 The effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *Poultry Sci* 59:340-349.
- Anderson DP, Beard CW, Hanson RP 1964a Influence of poultry house dust, ammonia, and carbon dioxide on the resistance of chicken to Newcastle Disease virus. *Avian Dis.* 10(2):177-188.
- Anderson DP, Beard CW, Hanson RP 1964b The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease virus. *Avian Dis* 8:369-379.
- Arogo J, Westerman PW, Heber AJ, Robarge WP, Classen JJ 2001 Ammonia produced by animal operations. In : *Proceeding of 2001 International Symposium*(Havenstein, G.B. Eds), North Carolina State University, NC. pp.278-293.
- Asman WAH 1992 Ammonia emission in Europe updated emission and emission variation. Report 228471008, National Institute of Public Health and Environmental Protection(RIVM), Bilthoven, The Netherlands.
- Austic RE 1996 Dietary protein level and the response to dietary amino acids. *Cornell Nutrition conference*. pp.168-175.
- Bitzer CC, Sims JT 1988 Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J Environ Qual* 17:47-54.
- Blair R, Jacob J P, Ibrahim S, Wang P 1999 Aquantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve nitrogen utilization. *J Appl Poultry Res* 8:25-47.
- Bruce JM 1981 Ventilation and temperature control criteria for pigs. In : Clark, J.A. (Ed.) *Environmental Aspects of Housing for Animal Production* Butterworths London. pp.197-216.
- Burnett WE, Dondero NC 1970 Control odor from animal wastes. *Trans ASAE* pp.221-224.
- Busse FW 1993 Comparison measurements of the house climate in swine stables with and without respiratory diseases or cannibalism. In: *Livestock environment*(Collins E : Boon C ed 904-908. 4th International Symposium, University of Warwick,

- Coventry, England. ASAE St Joseph MI.
- Carlile FS 1984 Ammonia in poultry houses : A literature review. *World's Poultry Sci* 40:99-113.
- Caveny DD, Quarles CL 1978 The effects of atmospheric ammonia stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Sci* 57:1124-1125.
- Caveny DD, Quarles CL, Greathouse GA 1981 Atmosphere ammonia and broiler cockerel performance. *Poultry Sci* 60:513-516.
- Charles DR, Payne CG 1966 The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. *Br Poultry Sci* 7:189-199.
- Choi IH 2004 A study of reducing the environmental pollutants from animal feces and urine. Ph.D. thesis. University of Daegu, Korea.
- Choi IH, Nahm KH 2003 Effects of dietary protein levels and addition of aluminum sulfate to litter on broiler performance, ammonia production and soluble phosphorus content of litter. *Korean J Poultry Sci* 30(2):113-118.
- CIGR 1992 Climatization of animal houses. Commission Internationale du Genie Rurale. Faculty of Agricultural Sciences, State University of Gent Belgium.
- Cole CA, Bartlett HD, Buckner DH, Younkin DE 1976 Efficacy of certain chemical and biological compounds for control of odor from anaerobic liquid swine manure. *J Anim Sci* 42:1-7.
- Cooke GD, Welch EB, Peterson SA, Newroth PR 1986 Lake and Reservoir Restoration. Butter worths, Ann Arbor Science Book, Boston, MA, USA.
- Cotterill OJ, Winter AR 1953 Some nitrogen studies on built-up. *Poultry Sci* 32:365-366.
- Debevec L Jr 1990 A review of ozone generating facilities in some US water and waste water treatment plants. *Ozone : Science and Engineering*. *J Inter Ozone Assn* 5:103.
- Drummond JG, Curtis SE, Simon J, Norton HW 1980 Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J Anim Sci* 50(6):1085-1091.
- Ellen HH, Bottcher RW, von Wachenfelt E, Takai H 2000 Dust levels and control methods in poultry houses. *J Anim Sci and Health* 45:33.
- Elwinger K, Svensson L 1996 Effect of dietary protein content, litter and drink type on ammonia emission from broiler houses. *J Agric Engng Res* 64:197-208.
- Farrel DJ 2000 Maximum production of laying hens on diets without protein concentration. In : XX World's Poultry Congress (on CD), Montreal, Canada. August. 20-24.
- Federation Europeenne des Fabricants d'Adjuvants pour la nutrition Animale 1992 Improvement of the environment : possibilities for the reduction of nitrogen and phosphorus pollution caused by animal production. FEFANA, Belgium.
- Ferguson NS, Gates RS, Taraba JL, Cantor AH, Pescatore AJ, Ford MJ, Burnham DJ 1998 The effect of Dietary Crude Protein on Growth, Ammonia Concentration, and Litter Composition in Broiler. *Poultry Sci* 77:1481-1487.
- Hartung J, Phillips VR 1994 Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *Journal of Agricultural Engineering Research* 57(3):173-189.
- Herra GM, Erhart AB 1965 Value of manure on an irrigated calcereous soil. *Soil Sci Soc Am Proc* 29:275-278.
- Hobbs PJ, Pain BF, Kay RM, Lee PA 1996 Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. *J Sci Food and Agric* 71:508.
- Hoff SJ, Dong L, Bundy DS, Xin H, Harmon J, Li

- X 1997 Odor removal using biomass filters. In Livestock Environment V. Proceedings of the Fifth International Symposium. Vol. 1. ASAE, St. Joseph, MI, USA. pp.101-10.
- Hollenback RC 1971 Manure odour abatement using hydrogen peroxide Rep. No.5638-R. Food Machinery Corp., Princeton, NJ, USA.
- Huff WE, Malone GW, Chaloupka GW 1984 Effect of litter treatment on broiler performance and certain litter quality parameters. Poultry Sci 63:2167-2171.
- Kim-Yang H, Raman H, Yokoyama MT, Masten SJ 1999 The effect of ozonation on the formation of toxic by-products in swine manure. In Proceedings of the 14th IOA World Congress. Dearborn, MI, USA. Aug. 22-26. pp.581-584.
- Kirchmann H, Witter E 1989 Ammonia volatilization during aerobic & anaerobic manure composition. Plant and Soil 115:35-41.
- Kithome M, Paul JW, Bomke AA 1999 Reducing N losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. J Environ Qual 25:194-201.
- Koch F 1990 Amino acid formulation to improve carcass quality and limit N load in waste. In : Proceedings of Carolina Swine Nutrition Conference. November. NC, USA, pp. 76-95.
- Line E 1998 Aluminum sulfate treatment of poultry litter to reduce Salmonella and Campylobacter populations. Poultry Sci 77:96.
- Lory J, Adams J, Eghball B, Klopfenstein T, Powers JF 2002 Effects of adding sawdust and acidification for steers production. In Sawdust Application may Reduce Nitrogen Losses from Dirt Feedlots. ed. Lundeen, T., 74(5), 9 & 11.
- Mackie RI, Stroot PG, Varel VH 1998 Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. J Anim Sci 76:1331-1342.
- MAFF 1991 Code of good agricultural practice for the protection of water. London:HMSO, London pp.79.
- Malone GW 1987 Chemical litter treatments to control ammonia. Proceeding of the 22nd Meeting on Poultry Health and Condemnations, Ocean City, MD.
- Miller DN, Varel VH 2001 Effect of nitrate and oxidized iron on the accumulation and consumption of odor compounds in cattle feedlot soils. In : Proceeding of 2001 International Symposium (Havenstein, G.B. Eds), North Carolina University, NC. pp.84-92.
- Moore Jr PA, Daniel TC, Edwards DR, Miller DM 1995 Effects of chemical amendments on reduce ammonia volatilization from poultry litter. J Environ Qual 24:293-300.
- Moore Jr. PA, Daniel TC, Edwards DR 2000 Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia losses from poultry manure with aluminum sulfate. J Environ Qual 29:37-49.
- Muehling AJ 1970 Gases and odors stored swine wastes. Journal of Animal Science. 30:526-530.
- Nahm, KH 2003 Current pollution and odor control technologies for poultry production. Avian and Poultry Biology Reviews 14(4):151-174.
- Nakaue HS, Koelliker JK, Pierson ML 1981 Studies with clinoptilolite in poultry. 2. Effect of feeding broilers and the direct application of clinoptilolite (zeolite) on clean and re-used broiler litter on broiler performance and house environment. Poultry Sci 60:1221-1225.
- Ni, J-Q 1998 Emission of carbon dioxide and ammonia from mechanically ventilated pig house. Ph.D. thesis. Catholic University of Leuven, Belgium.
- O'Neill DH, Phillips VR 1992 A review of the

- control odour nuisance from livestock buildings : Part 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *J Agri ENG Res* 53:23-50.
- Parkhurst CR, Hamilton PB, Baughman GR 1974 The use of volatile fatty acids for the control of microorganism in pine sawdust litter. *Poultry Sci* 53:801-806.
- Patterson PH 2001 Greater scrutiny of poultry feeding and management practices. In *The 48th Maryland Nutrition Conference*, May 1-2. Univ. of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA. pp.13-21.
- Phillips VR, Pain BF, Klarenbeek JV 1988. Factors influencing the odour and ammonia emission during and after the land spreading of animal slurries. In *Volatile Emissions from Livestock Farming and Sewage Operation*. eds Nielsen, V.D.
- Powers WJ, Van Horn HH, Wilkie AC, Wilcox CJ, Nordstedt RA 1999 Effects of anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odor and odorant concentrations. *J Anim Sci* 77: 1412-1421.
- Reece F N, Lott B D, Deaton JW 1980 Ammonia in the atmosphere during brooding affects performance of broiler chicks. *Poultry Sci*. 60:937-940.
- Quarles CL, Kling HF 1974 Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Sci* 53:1592-1596.
- Saito M 2002 Air permitting issues for livestock waste management. In *Proceedings 2002 National Poultry Waste Management Symposium*. eds Patterson, P.H., Blake, J.P. and Roberson, K.D.. Auburn University Printing Service, Auburn University, AL 36849, USA. pp. 153-159.
- Seltzer W, Moun SG, Goldhaft TM 1969 A method for the treatment of animal wastes to control ammonia and other odors. *Poultry Sci* 48:1912-1918.
- Sims JT 1986 Nitrogen transformations in a poultry manure amended soil: temperature and moisture effects. *J Environ Qual* 15:59-63.
- Sutton A, Applegate T, Hankins S, Hill B, Allee G, Greene W, Kohn R, Meyer D, Powers W, van Kempen T 2001 Manipulation of animal diets to affect manure production, composition and odors : STATE OF THE SCIENCE. In: *Proceeding of 2001 International Symposium* (Havenstein, G. B. Eds), North Carolina University, NC. pp.474-493.
- van Heugten E, van Kempen T 1999 Methods may exist to reduce nutrient excretion. *Feedstuffs*. 71(15):12. April 26.
- Veloso JR, Hamilton PB, Parkhurst CR 1974 The use of formaldehyde flakes as an antimicrobial agent in built-up poultry litter. *Poultry Sci* 53:78-83.
- Wengel RW, Kolega JJ 1972 Land disposal of poultry manure in relations to soil water quality and silage corn yield. Paper No. 72-957. ST. Joseph, MO, USA:ASAE. pp.72-957.
- Wu JJ, Park S, Hengemuehle SM, Yokoyama MT, Person HL, Gerrish JB, Masten SJ 1999 The use of ozone to reduce the concentration of malodorous metabolites in swine manure slurry. *J Agric Eng Res* 72:317.
- Valentine, H. (1964). A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *Br Poultry Sci* 5:149-159.
- Yokoyama MT, Masten SJ 2000 Effectiveness of ozonation as a manure treatment. In *Proceedings*

2000 National Poultry Waste Management System. eds Blake, J.P. and Patterson, P.H., Auburn University Printing Service. Auburn University, AL 36849, USA. pp.85-91.

Zahn JA, Hatfield JL, Do YS, DiSpirito AA, Laird DA, Pfeiffer RL 1997 Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility. J Environ Qual 26:1687-1696.

Zhu J, Bundy DS, Rashid N 1997 Controlling odor and volatile substances in liquid hog manure by amendment. J Environ Qual 26:740-743.