

세 가지 서로 다른 화학제재를 깔짚에 첨가시 육계 생산성, 계사내 암모니아와 이산화탄소 가스 발생에 미치는 영향

남 기 흥

대구대학교 자연자원대학 가축사료영양학 연구실

Effects of Addition of Three Different Chemicals to Litter on Broiler Performance, Ammonia and Carbon Dioxide Production in Poultry Houses

K. H. Nahm

Feed and Nutrition Laboratory, College of Natural Resources, Taegu University, Gyong San, Gyongbuk 712-714, South Korea

ABSTRACT The objectives of this study were to investigate the effect of applying three different chemical additives to the litter (rice hull) on broiler performance, ammonia and carbon dioxide gas reduction in a poultry house at 6 weeks. A total of 96 broiler chicks (6 treatments×4 replicates×4 birds) were fed the experimental diets for 6 weeks. The chemical additives were applied as a top dressing to the litter at a rate of 200 g ferrous sulfate (FeSO_4), 200 g aluminum chloride (AlCl_3) + 50 g calcium carbonate (CaCO_3) and 20 g potassium permanganate (KMnO_4) per kg litter, while the control group did not have the three different chemicals added to the litter. There were no significant differences in broiler performance between the three chemical additives and control group. FeSO_4 and AlCl_3 + CaCO_3 treatment reduced ammonia production from the litter at 6 weeks by as much as 91 and 53%, respectively ($P < 0.05$). KMnO_4 treatment decreased ammonia production at 6 weeks up to 69% compared to the controls ($P < 0.05$). Poultry litter amended with AlCl_3 + CaCO_3 and KMnO_4 also caused a decrease ($P < 0.01$) in carbon dioxide productions at 6 weeks (59 and 65%, respectively). In conclusion, although broiler performance was not affected by the three chemical additives and control group, these results indicate that FeSO_4 , AlCl_3 + CaCO_3 and KMnO_4 application to litter in a poultry house resulted in a significant reduction in atmospheric ammonia and carbon dioxide gas.

(Key words: broiler performance, ammonia, carbon dioxide, ferrous sulfate, litter)

서 론

우리 인간에게 동물성 단백질을 공급하기 위해서 지금까지 큰 역할을 해 온 축산업은 현재 가축의 밀집 사육에 의하여 환경오염을 해결해야 하는 큰 과제를 안게 되었다(Choi, 2004). 그 결과는 가금사육에서 더 현저하다. 가금사육의 규모가 적었던 과거에는 계분과 깔짚은 비료원으로 토양에서 작물 생산성을 향상시키기 위한 영양소 공급원으로 작용할 수 있어 별 문제가 없었지만 대규모 사육 및 기술 집약 형태로 변화되면서 생기는 부산물은 환경오염(대기오염)의 주요 문제로 인식하게 되었다(Slanina, 1994; Nahm, 2000).

가금사육에서 나오는 대기오염의 주요 형태는 암모니아, 이산화탄소 등을 포함한 가스, 냄새 및 먼지로 구성되어 있으며(Ni et al., 2000), 암모니아 가스와 이산화탄소 가스 발생은 계분 중의 수분, 세균, 온도 및 환기량에 따라서도 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Arogo et al., 2001; Al Homidan et al., 2003). 계사에서 생기는 냄새의 대부분을 차지하고 있는 암모니아 가스 생성량이 많을수록 대기 중으로 빨리 확산되며 이 암모니아는 산을 형성하는 일차적인 중간매체로 작용하게 된다고 하였다(Sharpe and Harper, 1997). ApSimon et al.(1987)은 1950년부터 1980년까지 유럽에서 산성비 생성 원인의 50% 이상이 가축에서 생성되는 암모니아

가스가 주 원인이라고 하였다. 계사내에서 생성되는 높은 양의 암모니아와 이산화탄소 농도는 육계생산성을 저하시키고 동시에 폐사율이 증가되며(Charles and Payne, 1966; Caveny and Quarles, 1978; Caveny et al., 1981; Carlile, 1984), 뉴캐슬병에 감염되는 비율과 더불어 생산자의 건강을 침해하는 사례가 높았다(Anderson et al., 1964; O'Connor et al., 1987). Carlile(1984)는 암모니아 수준이 25 ppm 그리고 이산화탄소 수준은 3,000 ppm이 넘지 않는 것이 바람직하다고 제시한 바 있다(Bruce, 1981; CIGR, 1992).

이러한 이유로 육계생산성 향상과 더불어 계사내 유해가스 발생량을 감소시키기 위하여 화학제제를 첨가하는 연구가 진행되어 왔다. 현재까지 연구되어 오고 있는 화학제제로는 aluminum sulfate와 ferrous sulfate(Moore Jr et al., 1995), aluminum chloride와 carbon carbonate(Moore Jr et al., 1995; Smith et al., 2001), phosphoric acid(Malone, 1987), formaldehyde(Veloso et al., 1974), potassium permanganate(Cole et al., 1976) 등 다양하며, 이들 화학제제들은 깔짚과 축분에 처리할 경우 *E. coli*와 *Salmonella* 등 미생물 유해균도 감소시키고, 육계 생산성을 증대시키며 유해가스 발생량을 상당히 줄인다는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Cole et al., 1976; Scantling et al., 1995; Line, 1998; Moore Jr et al., 2000).

본 연구는 깔짚에 3가지 화학제제($FeSO_4$, $AlCl_3+CaCO_3$ 및 $KMnO_4$)를 처리한 구와 각각의 대조구를 비교하여 육계생산성, 계사내 암모니아 및 이산화탄소 발생량에 대한 6주 동안의 변화와 감소 효과를 규명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물, 사양관리 및 시험설계

본 시험은 시중에 시판되고 있는 무감별추 육계(Arbor Acres)를 2003년 2월 6일부터 2003년 3월 19일까지 총 42일 동안 3개의 계사가 있는 대구대학교 동물 사육실에서 실시하였다. 시험축은 3개의 계사에 각각 처리구와 대조구를 두어 각 처리마다 32수씩(2처리×4반복×4수) 총 96수를 배치하였다. 계사는 창문이 있는 반 개방식 계사로서 실내온도는 성장함에 따라 자동 조절되게 하였다. 사료와 물은 자유급식시켰으며, 점등은 전 시험기간 동안 종야점등을 실시하였다.

2. 시험사료 및 생산성 조사

본 시험에 이용된 시험사료의 배합비 및 영양소 함량은 Table 1과 같다. 시험사료는 3개의 처리구와 각 대조구에

Table 1. Composition and calculated nutrient content of the experimental diets

	Diet 1(0~21d) (21% Protein)	Diet 2(22~42d) (19% Protein)
	----- (% as fed) -----	
Corn	45.69	51.05
Wheat	15.60	15.64
Soybean meal, dehulled	24.60	17.31
Rapeseed meal	2.30	3.20
Corn gluten meal	2.50	3.20
Fish meal	4.60	3.30
Meat and bone meal		1.00
Limestone	0.93	0.80
TCP	0.55	0.45
Salt	0.25	0.25
Animal fat	1.95	2.70
L-Lysine HCl	0.03	0.05
DL-Methionine		0.05
Vitamin-mineral premix ¹	1.00	1.00
Calculated analysis		
ME, kcal/kg	2,959.50	3,102.20
Protein	21.76	19.03
Lysine	1.16	0.94
Methionine+cystine	0.83	0.40
Tryptophan	0.26	0.21
Threonine	0.83	0.72
Calcium	1.10	1.10
Total phosphorus	0.63	0.61
Available phosphorus	0.41	0.40

¹ The vitamin and mineral premix provide the following quantities per kilogram of diet : vitamin A, 13,000 IU (all-trans-retinaol); vitamin D, 2,600 IU; vitamin E, 32.50 mg ; vitamin K, 2.99 mg; thiamine, 2.21 mg; rivothflavin, 7.15 mg; pyridoxine, 4.55 mg; niacine, 40.30 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; folic acid, 0.91 mg; biotin, 0.10 mg; manganese, 60 mg; zinc, 50 mg; iron, 50 mg; copper, 8.00 mg; iodine, 1.00 mg; cobalt, 0.50 mg; selenium, 0.20 mg.

전·후기로 구별하여 전기(0~21일령)에는 Diet 1을 후기(22~42일령)에는 Diet 2를 급여하였다. 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율은 전 사양 시험기간 동안 각 주별로 측정하였다

3. 화학제제 첨가방법과 암모니아 가스, 이산화탄소 가스 측정

케이지 면적은 약 0.3125 m²/bird였으며, 깔짚(왕겨)은 깔

이 10 cm 정도로 되게 각 케이지 바닥에 깔았다(Johnston et al., 1981). 모든 시험구의 화학제제 첨가는 사양시험이 시작되기 3일전에 top dressing을 하였다. 각 시험에 사용된 화학제제의 첨가량은 아래와 같다.

- 1) 대조구와 화학제제 처리구[FeSO₄ · 7H₂O (200 g)/kg 왕겨]
- 2) 대조구와 화학제제 처리구[AlCl₃ · 6H₂O(200 g)+CaCO₃ (50g)/kg 왕겨]
- 3) 대조구와 화학제제 처리구[KMnO₄ (20 g)/kg 왕겨]

각 시험구는 화학제제를 top dressing을 한 후 손 갈퀴로 가볍게 왕겨 위를 갈퀴질해 주었으며(Reece et al., 1979), 대조구는 화학제제를 첨가하지 않은 채 같은 방법으로 깔짚만 케이지 바닥에 깔았다. 암모니아 가스와 이산화탄소 가스 측정은 가스포집기(Gastec, Corporation 6431 Fukaya, Ayase, Japan)를 이용하였으며 모든 시험은 처리구와 대조구간에 칸막이를 쳐서 공기가 서로 내통되지 않도록 하였다. 그러나 FeSO₄ 처리구와 대조구의 암모니아 가스 측정은 계사내 여건상 2주부터 하였지만 이산화탄소 함량은 가스포집기에 의한 측정이 불가능하여 측정하지 않았다.

암모니아 가스와 이산화탄소 가스 측정방법은 Johnston et al.(1981)의 방법과 동일하게 하였다. 즉 깔짚(왕겨) 표면으로부터 위로 1~2 cm 정도 떨어진 곳에서 가스를 흡입하여 1분 동안 머문 후에 검지관을 읽어서 측정하였다. 각 가스

측정은 한번에 케이지마다 4곳에서 실시하였으며 측정은 일주일 간격으로 실시하였다.

4. 통계처리

본 연구에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하였으며 분산 분석을 실시하였다. 육계 생산성과 이산화탄소 발생량은 t-test로 처리 평균간의 유의성을 비교하였다(P<0.05와 0.01). 암모니아 발생량은 Fischer's protected LSD(P< 0.05) 방법으로 처리 평균간의 유의성 검정을 실시하였다(Moore Jr et al., 2000).

결 과

Table 2에서는 전 사양기간 동안의 육계에 대한 사료섭취량, 증체량 및 사료요구율을 나타내고 있다. 3개의 화학제제 처리구(FeSO₄, AlCl₃ + CaCO₃ 및 KMnO₄) 공히 각각의 대조구와는 통계적인 유의성이 인정되지 않았다. 계사 내에서 측정된 암모니아 발생량은 Fig. 1에서 보는 바와 같은데, 세 처리구와 각 대조구간에는 통계적 차이가 인정되었다(P<0.05). FeSO₄ 처리구의 암모니아 발생량은 2주와 3주에서 각각 2.50, 0.63 ppm이었지만, 4주에서 2.80 ppm 그리고 5주에서는 1.20 ppm, 6주에서는 2.88 ppm으로 나타났다. 대조구의 암모니아 발생량은 각 주별(2주~6주)로 각각 5.00, 10.50, 20.25, 26.50 및 31.88 ppm으로 높은 발생량을 보였다. AlCl₃

Table 2. Effect of three different chemical additives on 0 to 21d, 22 to 42d, and 0 to 42d average feed intake, weight gain and feed : gain in broiler chicks

Treatments	Feed intake			Weight gain			Feed : Gain		
	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days	Days
	0 to 21	22 to 42	0 to 42	0 to 21	22 to 42	0 to 42	0 to 21	22 to 42	0 to 42
	(g)						(g : g)		
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	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	862.3	2,821.8	3,684.1	531.3	1,416.2	1,947.5	1.62	1.99	1.89
AlCl ₃ + CaCO ₃	834.1	2,851.0	3,685.1	492.6	1,406.3	1,898.9	1.69	2.03	1.94
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Control	861.3	2,894.9	3,756.2	515.1	1,438.9	1,954.0	1.67	2.01	1.92
KMnO ₄	857.8	2,949.4	3,807.1	517.0	1,485.8	2,002.8	1.66	1.99	1.90
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ t-test, ² NS : Not significant.

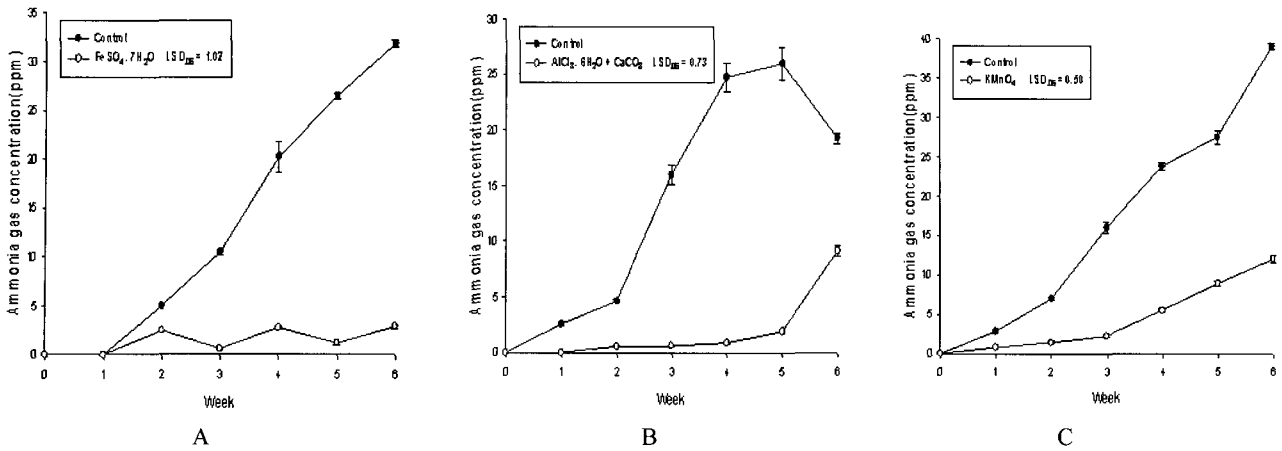


Fig. 1. Ammonia gas concentration produced from litter with and without chemical treatments in poultry house air as a function of time.

Table 3. Mean(±SEM) values of carbon dioxide gas concentration in poultry houses

Treatments	Carbon dioxide gas concentration(ppm)					
	1 wk	2 wks	3 wks	4 wks	5 wks	6 wks
Control	1,112.50±23.94	1,645.00±35.71	1,525.00±14.43	2,412.50±71.81	2,975.00±25.00	3,375.00± 85.39
AlCl ₃ · 6H ₂ O +CaCO ₃	677.50±51.54	912.50±41.10	937.50±62.50	1,212.50±55.43	1,397.50±72.50	1,400.00±108.01
Significance ¹	**	**	**	**	**	**
Control	1,237.50±80.04	1,350.00±142.89	1,587.50±42.70	1,960.00±54.92	3,025.00±52.04	3,725.00±137.69
KMnO ₄	805.00± 5.00	802.50± 2.50	950.00±45.64	1,050.00±35.35	1,175.00±14.43	1,312.50± 55.43
Significance	**	**	**	**	**	**

¹ t-test, ** P<0.01.

+ CaCO₃ 처리구의 발생량은 1주에서 5주까지 각각 0.00, 0.55, 0.60, 0.88 및 1.90 ppm으로 낮게 나타났으며, 6주에서는 9.13 ppm으로 나타났다. 대조구의 암모니아 가스 발생량은 1주에서 5주까지 각각 2.58, 4.63, 16.00, 24.75 및 26.00 ppm으로 증가하였지만, 6주에서는 19.25 ppm으로 감소하였다. KMnO₄ 처리구에서 암모니아 가스 발생량은 1주에서 6주까지 각각 0.78, 1.43, 2.25, 5.50, 8.88 및 12.00 ppm이었지만, 대조구에서 암모니아 가스 발생량은 각 주별(1주~6주)로 2.83, 7.00, 16.00, 23.75, 27.50 및 39.00 ppm으로 높게 나타났다.

Table 3에서는 계사내에서 측정된 화학제제 처리구(AlCl₃ + CaCO₃, KMnO₄)와 각각의 대조구에서 측정된 이산화탄소 발생량을 나타내고 있다. 처리구와 대조구간에 고도의 통계적 유의성이 있었다(P<0.01). AlCl₃ + CaCO₃ 처리구의 이산화탄소 발생량은 각 주별(1주~6주)로 677.50, 912.50, 937.50, 1,212.50, 1,397.50 및 1,400.00 ppm이었다. 그러나 대조구에서 이산화탄소 발생량은 1주와 2주에서 각각 1,112.50,

1,645.00 ppm, 3주에서는 1,525.00 ppm이었다. 4주에서 6주로 진행되면서 2,412.50, 2,975.00, 3,375.00 ppm으로 증가하였다. KMnO₄ 처리구에 대한 이산화탄소 발생량은 1주와 2주에서 각각 805.00, 802.50 ppm으로 비슷한 발생량을 보였지만, 3주에서 6주에서는 950.00, 1,050.00, 1,175.00 및 1,312.50 ppm으로 증가하였다. 이 때 대조구의 이산화탄소 발생량은 각 주별(1주~6주)로 1,237.50, 1,350.00, 1,587.50, 1,960.00, 3,025.00 및 3,725.00 ppm으로 고도의 통계적 유의성이 인정되었다(P<0.01).

고 찰

기존의 보고서들(Moore Jr et al., 1999, 2000)에 의하면 화학제제는 사육환경을 개선시켜서 육계 생산성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. Huff et al.(1984)은 ferrous sulfate를 깔짚에 처리했을 때 사료요구율에는 영향을 주지 않지만 체

증은 증가시킨다고 보고하였다. Moore Jr et al.(1999)은 화학제재를 처리할 경우 성장률과 사료효율이 동시에 향상된다고 하였다. Table 2에서 보면 대조구와 처리구 간에 통계적 유의성은 인정되지 않았지만 사료섭취량은 처리구에서 높은 경향이며 증체량은 FeSO₄와 KMnO₄ 처리구에서 높은 편이다. 사료효율은 FeSO₄와 KMnO₄ 처리구가 좋은 편이다. AlCl₃ + CaCO₃ 처리구에서는 체중증가와 사료효율면에서 약간 나쁜 경향이 있다. 통계적 유의성이 없기에 처리구와 대조구 간의 차이를 단정적으로 이야기하기는 무리이지만 Huff et al.(1984)와 Moore Jr et al.(1999, 2000) 등이 보고한 내용과 일치하는 것으로 보인다.

육계 생산성에 영향을 주는 가장 큰 요인은 계사에서 발생하는 암모니아 가스와 이산화탄소 가스이다(Al Homidan et al., 2003). Quarles and Kling(1974)의 보고에 의하면 8주령 육계에서 암모니아 가스에 0과 25 ppm에 노출된 육계의 증체량은 각각 1.94와 1.90 kg이었지만, 50 ppm에서는 1.84 kg으로 증체량이 감소된다고 하였다. Caveny and Quarles(1978)는 4주령 육계가 50 ppm의 암모니아 가스에 노출될 때 사료효율의 감소가 있었다고 하였다. Reece and Lott(1980)는 암모니아 가스 농도가 25 ppm일 때 체중 감소가 최소이지만, 50 ppm에서 10%, 200 ppm에서는 25%의 체중 감소가 있다고 하였다. Donham et al.(1982)과 Busse(1993)는 이산화탄소 발생량이 3,000 ppm 이상일 경우 육계 생산성에 영향을 준다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 대조구의 암모니아 가스와 이산화탄소 가스 발생량이 4주나 5주 이상에서 25 ppm과 3,000 ppm 이상 되는데 이는 화학제재를 처리한 구보다 암모니아 가스와 이산화탄소 가스가 많이 발생되고 있어서 이것이 육계 생산성에 영향을 주고 있다는 Table 2의 결과를 뒷받침하여 주고 있다 하겠다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 화학제재 처리구의 암모니아 가스 발생량은 5주에서 6주로 진행되면서 증가하는 경향이 있었지만 그 생성량은 20 ppm 이하였다(Fig. A, B 및 C). 대조구의 암모니아 가스 발생량은 1주에서 3주까지는 25 ppm 이하였지만 4주에서 6주까지로 가면서 25 ppm 이상이였다(Fig. A, B 및 C). FeSO₄와 KMnO₄ 처리구의 암모니아 발생량도 대조구와 비교하여 볼 때 6주에서 각각 91%와 69% 감소되었다(Fig. A와 C).

AlCl₃ + CaCO₃를 처리하지 않은 대조구(Fig. B)에서 암모니아 발생량이 5주에서 6주로 가면서 낮아지고 있다. 이는 측정하는 대조구와 처리구 사이에 있는 문이 열려져 실험상의 오차를 유발한 것으로 판단되는데 6주에서 대조구보다는 53% 감소되는 것으로 나타났다. 이산화탄소 발생량은 두 대

조구에서 5주에서 6주로 가면서 3,000 ppm 수준으로 높았는데, AlCl₃ + CaCO₃와 KMnO₄ 처리구가 대조구와 비교할 때 이산화탄소 발생량이 6주에서 각각 58.52%와 64.76% 감소되는 경향이었다(Table 3). Lee et al.(2000)은 첨가제를 처리하지 않을 경우 처음 3주 후 암모니아 발생량이 급격히 증가한다고 보고하였다. Moore Jr et al.(1995)이 화학제재(Alum)를 깔짚에 처리할 경우 처음 4주까지는 암모니아 가스 발생량이 감소된다고 하였다. 그리고 Faith(1964)와 Cole et al.(1976)은 보고서에서 KMnO₄를 첨가하거나 분무하였을 때 냄새를 감소시킨다고 보고한 바 있어 본 연구 결과(Fig. 1과 Table 3)와 비슷한 경향이었다.

일반적으로 사료내 단백질과 아미노산 성분 등은 가축 체내에서 분해되면서 발생된 암모니아와 이산화탄소는 미생물 활성·호흡 작용에서 호기성·혐기성 상태를 거쳐서 요소나 요산으로 전환되어 축분이나 깔짚에 축적되는 것으로 알려져 있다(Wrong et al., 1981; Kim et al., 2001). 본 연구의 화학제재 처리구에서는 Fe, Al, Ca 및 Mn을 포함한 화학제재가 깔짚내 미생물 활성을 중화내지 억제함으로써 암모니아와 이산화탄소 발생량이 감소된 것으로 생각된다(Carlile, 1984).

본 연구 결과를 종합하면 깔짚에 화학제재(FeSO₄, AlCl₃ + CaCO₃ 및 KMnO₄)를 처리한 후 육계를 사육할 경우 육계 생산성에 대한 유의성은 없는 것으로 나타났으나, FeSO₄나 KMnO₄를 처리할 경우에는 생산성이 개선되는 경향을 보였다. 그러나 계사내에서 측정된 암모니아와 이산화탄소 발생량은 화학제재 처리구에서 현저하게 감소되었다.

적 요

본 시험은 깔짚에 3가지 화학제재(FeSO₄, AlCl₃ + CaCO₃ 및 KMnO₄)를 처리하였을 때 육계 생산성에 대한 영향과 계사내 암모니아, 이산화탄소 발생량에 대한 6주 동안의 변화와 저감 효과를 규명하기 위해서 수행하였다. 사양시험은 육계 초생추 총 96수(6처리×4반복×4수)를 공시하여 42일 동안 실시하였다. 화학제재는 깔짚 kg당 FeSO₄ · 7H₂O 200 g, AlCl₃ · 6H₂O 200 g + CaCO₃ 50 g 및 KMnO₄ 20 g 비율로 top dressing 하였으며 대조구는 화학제재를 첨가하지 않았다.

육계 생산성은 화학제재 처리구와 대조구 간에 유의차가 없었다. 그러나 대조구와 비교한 FeSO₄와 AlCl₃ + CaCO₃ 처리구의 암모니아 발생량은 6주째에서 각각 91%와 53%가 감소되었고(P<0.05), KMnO₄ 처리구의 암모니아 발생량은 대조

구보다 6주째에서 69% 감소되어 통계적 유의차를 보였다 ($P < 0.05$). 깔짚에서 생성된 이산화탄소 발생량은 $AlCl_3 + CaCO_3$ 와 $KMnO_4$ 처리구가 대조구와 비교할 때 6주째에서 각각 59%와 65% 감소되었다($P < 0.01$). 결론적으로 깔짚에 화학제재를 처리했을 경우 암모니아와 이산화탄소 가스 발생량은 현저하게 감소되며, 육계생산성에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

(색인어: 육계 생산성, 암모니아, 이산화탄소, $FeSO_4$, 깔짚)

인용문헌

- 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 1964 The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease virus. *Avian Dis* 8:369-379.
- ApSimon HM, Kruse M, Bell JNB 1987 Ammonia emission and their role in acid deposition. *Atmospheric Environ* 21:1939-1945.
- 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.
- 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 eds), pp 904-908. Fourth International Symposium, University of Warwick, Coventry, England. ASAE St Joseph MI.
- 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.
- 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.
- 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.
- Donham KJ, Knapp LW, Monson R, Gustafan K 1982 Acute toxic exposure to gases from manure. *J Occupational Medicine* 24:142-145.
- Faith, WS 1964 Odor control in cattle feed yards. *J Air Pollut Control Assoc* 14(11):459.
- Huff WE, Malone GW, Chaloupka GW 1984 Effect of litter treatment on broiler performance and certain litter quality parameters. *Poultry Sci* 63:2167-2171.
- Johnston NL, Quarles CL, Faberberg DJ, Caveny DD 1981 Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression. *Poultry Sci* 60:2289-2292.
- Kim JH, Kim YM, Kim SC, Ha, HM, Ko YD, Kim CH 2001 Effect of dietary supplementation of probiotics on the performance of broiler chicks and noxious gas reduction in a broiler house. *Korea J Anim Sci & Technol* 43(3): 349-360.
- Line JE 1998 Aluminum sulfate treatment of poultry litter to reduce *Salmonella* and *Campylobacter* populations. *Poultry Sci Abstr.* S364.
- Malone GW 1987 Chemical litter treatments to control ammonia. *Proceeding of the 22nd Meeting on Poultry Health and Condemnations*, Ocean City, MD.
- 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 1999 Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum. *Poultry Sci* 78:692-698.
- 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.
- Nahm KH 2000 A strategy to solve environmental concerns caused by poultry production. *World's Poultry Sci* 54:45-50.
- Lee SJ, Choi SW, Namkung H, Paik IK 2000 Effect of dietary protein and feed additives on ammonia gas emission in broiler house. *Korea J Anim Sci & Technol* 42(3):299-314.
- Ni JQ, Heber AJ, Diehl CA, Lim TT 2000 Ammonia, hydrogen and carbon dioxide release from pig manure in under-floor deep pits. *J Agric Engng Res* 77(1):53-66.
- O'Connor JM, Mcquitty JM, Clark PC 1987 Air quality and contaminant loads in three commercial broiler breeder barns. *Canadian Agriculture Engineers*: pp.273-276.
- Quarles CL, Kling HF 1974 Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poultry Sci* 53:1592-1596.
- Reece FN, Bates BJ, Lott BD 1979 Ammonia control in broiler houses. *Poultry Sci* 58:754-755.
- Reece FN, Lott BD 1980 The effect of ammonia and carbon dioxide during brooding on the performance of broiler chickens. *Poultry Sci* 59:486-488.
- SAS 1996 SAS User's Guide. Release 6.12 ed., SAS Institute. Inc., Cary, NC.
- Scantling M, Waldroup A, Marcy J, Moore P 1995 Microbiological effects of treating poultry litter with aluminum sulfate. *Poultry Sci* 74(Suppl. 1):216.
- Sharpe RR, Harper LA 1997 Ammonia and nitrous oxide emissions from sprinkler irrigation applications of swine effluent. *J Environ Qual* 26:1703-1706.
- Slanina S 1994 Forest dieback and ammonia - a typical Dutch problem. *Chemistry International* 16:2-3.
- Smith DR, Moore JrPA, Griffis CL, Edwards DR, Daniel TC, Boothe DL 2001 Effects of alum and aluminum chloride on phosphorus runoff from swine manure. *J Environ Qual* 30:992-998.
- 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.
- Wrong OM, Edmonds CJ, Chadwick VS 1981 *The large intestine: Its role in mammalian nutrition and homeostasis*. MTP Press, Lancaster, UK.