

## Aluminum Sulfate 처리가 6주령 육계생산 능력 및 깔짚 내의 질소 함량에 미치는 영향

최인학·남기홍<sup>†</sup>

대구대학교 자연자원대학 가축사료영양학 연구실

### Effects of Aluminum Sulfate Addition on Six-Week-Old Broiler Performance and Nitrogen Contents in Litter at the Sixth Week

I. H. Choi and K. H. Nahm<sup>†</sup>

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

**ABSTRACT** : This study was conducted to determine the effect of aluminum sulfate [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ], commonly referred to as ALUM, addition to broiler litter on 3 and 6 week old broiler performance and the nitrogen content of the litter at 6 weeks of age. The two treatment groups were fed identical diets with the same protein levels, but one group ( $T_1$ ) had ALUM added as a top dressing to the litter at a rate of 200 g ALUM / kg of rice bran, while  $T_2$  did not have ALUM added to the litter. Feed consumption for  $T_1$  was higher in the 22 to 42 day-old and 0 to 42 day-old periods ( $P < 0.05$ ). Body weight in  $T_1$  was also higher in the 0 to 42 day -old period ( $P < 0.01$ ). There was no difference, however, in the feed : gain ratio between  $T_1$  and  $T_2$ . During the first 5 weeks,  $T_1$  had significantly less ( $P < 0.05$  or 0.01) ammonia emission from the litter than  $T_2$ , but at 6 weeks there was no difference in ammonia concentration between the two groups. At 6 weeks,  $T_1$  had a lower litter pH than  $T_2$  ( $P < 0.05$ ) and total Kjeldahl nitrogen (TKN) was higher for  $T_1$  than  $T_2$  ( $P < 0.05$ ). However,  $T_1$  did not show any difference from  $T_2$  in the content of  $NH_4-N$  and  $NO_3-N$ .

In summary, the addition of ALUM to broiler litter improved broiler performance at 6 weeks, while increasing nitrogen content from the litter used as the nitrogen fertilizer although ammonia emission was increased in  $T_1$  at 6 weeks.

(Key words: ALUM, litter, ammonia, pH,  $NH_4-N$ ,  $NO_3-N$ )

## 서 론

육계 생산시 바닥에 깔렸던 깔짚은 좋은 거름의 자원이 되고 있다. 그러나 이는 암모니아의 휘발과 질소(N)성분의 낭비로 N 비료로서의 가치를 크게 감소하고 있다(Nahm, 2002). 이러한 현상을 막고자 하는 연구가 계속되고 있는데 예를 들면 사료중의 영양소수준을 조절하여 N 손실을 줄여 보고자 하는 시도(Ferguson et al., 1998), 환기와 깔짚의 과학적인 관리(Hartung and Phillips, 1994), Yucca saponin 과 같은 화학약품의 처리(Johnson et al., 1981), 항생제 처리(Kitai and Arakawa, 1979) 등 그 연구의 종류와 방향은 다양하다.

화학약품을 처리함으로써 깔짚내의 암모니아농도( $NH_3$ )가 중화되어서 휘발을 막을 수 있고 깔짚내에 형성되는 나쁜 기생물의 서식을 막는 보고(Carlile, 1984)가 있는가 하면 화

학약품의 사용은 또 다른 가격상승의 요인이 됨도 지적되고 있다(Ferguson et al., 1998). 현재 시판되고 있는 화학제제들은 sodium silicate, ethylene glycol, sodium bisulfate, yucca plant extracts, Ca/Fe silicate, phosphoric acid 등 다양하지만 이들은 모두가 가격 상승의 요인이 된다고 보고하고 있다(Moore, Jr. et al., 1995). 이들 연구자들은 aluminum sulfate [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ](ALUM)의 사용으로 가격상승의 요인을 제거할 수 있다고 하였다. Moore, Jr.(1995)는 육계 사육농가의 깔짚에 직접 ALUM을 처리하여 1년 동안 육계성장 및 사료효율 그리고 가격상승 여부를 보고하였다. 이 실험 결과에 따르면 육계의 성장이나 사료효율은 현저한 이익이 되었으며 가격요인 역시 거의 무시해도 될 만큼 낮았다고 하였다. 그러나 ALUM의 효과는 첫 4주 동안에 그친다는 연구보고(Carlile, 1984)와 이에 따른 육계의 성장형태 그리고 이때

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : NahmKH@Daegu.ac.kr

ALUM 처리를 하여 이용되었던 깔짚 내의 N 함량은 4주가 지난 후에 어떻게 변화되는지에 대한 연구보고는 아직 없다.

본 연구에서는 깔짚(왕겨)에 ALUM 처리를 한 후 6주째 육계의 성장 결과는 어떠한지 그리고 깔짚 내의 N 함량은 6주째 어떻게 변화되었는지를 보고저 하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 배치 및 관리

시판하는 Arbor Acre 계 1일령 육계 총 60수(2개 처리 3반복, 반복당 10수)를 창문이 있는 반 개방식 계사의 케이지에 10마리씩 배치하였다. 24시간 점등을 해 주었으며 온도는 자동조절 되도록 하였고 물과 사료는 언제든지 먹을 수 있도록 하였다.

본 실험에서는 2개의 처리구(T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>)에서 같은 수준의 단백질 함량을 유지시켰으며 T<sub>1</sub>구에서는 aluminum sulfate [Al<sub>2</sub>

**Table 1.** Composition and calculated nutrient content of experimental diet

	Diet 3 (20.4% protein)	Diet 4 (18.0% protein)	Diet 5 (19.3% protein)	Diet 6 (17.0% protein)
	.....(%).....			
Corn	55.48	65.65	58.53	66.80
Soybean meal, dehulled	36.62	26.65	31.57	24.20
Meat and bone meal		2.30	2.10	2.40
Animal fat	4.00	2.00	5.00	3.50
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40
Limestone	2.00	1.50	1.50	1.50
Mono-Calcium phosphate	0.50			
DL-Methionine	0.30	0.40	0.40	0.30
L-Lysine	0.20	0.40	0.10	0.30
Threonine	0.10	0.30	0.10	0.20
Tryptophan	0.10	0.10		0.10
Vitamin-mineral premix <sup>1</sup>	0.30	0.30	0.30	0.30
Calculated analysis <sup>2</sup>	3,072.00	3,072.00	3,168.00	3,168.00
Energy, Mcal/kg				
Protein	20.40	18.00	19.30	17.00
Total K. Nitrogen <sup>3</sup>	3.50	2.91	3.41	2.70
Lysine	1.20	1.20	1.05	1.05
Methionine	0.56	0.68	0.60	0.64
Methionine + Cystine	0.92	0.92	0.83	0.83
Tryptophan	0.23	0.23	0.23	0.20
Threonine	0.77	0.77	0.70	0.70
Arginine	1.32	1.13	1.28	1.07
Isoleucine	0.97	0.80	0.90	0.76
Calcium	1.10	1.10	1.10	1.10
Available phosphorus	0.50	0.50	0.45	0.45

<sup>1</sup> The vitamin and mineral premix provide the following quantities per kilogram of diet : vitamin A, 10,000 IU (all-trans-retinol); cholecalciferol, 2,500 IU; vitamin E, 10 IU; menadione, 2 mg; riboflavin, 5 mg; niacine, 35 mg; D-calcium pantothenic acid, 10 mg; choline chloride, 250 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 12 mg; folic acid, 0.75 mg; biotin, 22 mg; pyrodoxine, 18 mg; thiamine, 15 mg; manganese, 70 mg; zinc, 50 mg; iron, 30 mg; copper, 10 mg; iodine, 1.5 mg; cobalt, 0.15 mg; selenium, 0.10 mg; mold inhibitor, 7 mg; antioxidant, 10 mg

<sup>2</sup> Based on NRC(199A), USA.

<sup>3</sup> Total K. Nitrogen means total Kjeldahl nitrogen.

( $\text{SO}_4$ )<sub>3</sub> · 14H<sub>2</sub>O(ALUM)을 왕겨(갈짚) kg 당 200 g (Moore, Jr. and Miller, 1994)씩 첨가하였으며 T<sub>2</sub>구에서는 왕겨만 케이지 내에 깔아 주었다. 왕겨의 깊이는 10 cm 정도였다(Johnston et al., 1981). ALUM 처리는 왕겨 위에 top dressing 하였으며 ALUM이 왕겨 위내 0.6 cm 정도 내에서 머물 수 있도록 손 갈퀴로 가볍게 왕겨 위를 전반적으로 갈퀴질해 주었다 (Reece et al., 1979). 본 실험은 2001년 5월 31일부터 2001년 7월 11일까지 42일간 본 대학교 육추실에서 실시되었다.

## 2. 실험사료

본 실험에서 이용된 사료와 그 배합비 및 영양소 함량은 Table 1과 같다. 0~21일령 병아리에게는 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>공히 Diet 1을 급여하였으며 22~42일령 병아리에게는 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>공히 Diet 2를 급여시켰다. Table 1의 모든 배합비는 NRC(1994)의 영양소 요구량을 충족시키도록 배합하였다. 24시간 점등을 해주었으며 온도는 자동조절되도록 하였고 물과 사료는 언제든지 먹을 수 있도록 하였다.

## 3. 사양시험 및 화학분석

매주 케이지 별로 체중과 사료섭취량을 측정하였다. 왕겨는 42일령 병아리를 케이지에서 들어낸 다음 각 케이지마다 왕겨를 10군데에서 임의로 한 주먹씩 들어내서 잘 섞은 다음 100 g 정도(약 50 g 건물)를 플라스틱백에 넣은 후 분석시까지 냉동실에 보관하였다(Moore, Jr., 1995). pH 측정은 왕겨 1에 대해서 증류수 10의 비율로 섞은 후 실온에서 30분간 두었다가 pH meter<sup>1)</sup>로 측정하였다(Velso et al., 1974). 왕겨내에 들어 있는 total Kjeldahl nitrogen(TKN)함량과 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N 함량은 Nahm(1992, 2001)의 분석방법을 따랐다. 암

모니아 가스(NH<sub>3</sub>)측정은 케이지 중간지점에서 왕겨로부터 위로 1~2cm 정도 떨어진 곳에 가스 포집기(Gastec, Gv-100s, Japan)로 가스를 흡입하여 1분 동안 머문 후에 검지관을 읽어서 NH<sub>3</sub>의 함량을 측정하였다(Johnston et al., 1981).

## 4. 통계처리

각 Table에서 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>의 비교는 t-test에 의하여 평균치를 비교하였으며 유의성은 평균치간에 5% 이상의 차이만을 택하였다.

## 결 과

Table 2에서는 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>에 대한 0~21령, 22~42령 그리고 0~42령에서 육계에 대한 사료섭취량과 체중 증가량 그리고 사료효율을 나타내고 있다. 사료섭취량은 22~42일령과 0~42일령에서 공히 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 높았다(P<0.05). 체중증가는 0~42일령에서 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 높았다(P<0.01). 그러나 사료효율에는 2 구간에 차이가 없었다. Table 3에서는 매주(2주부터 6주까지) 각 케이지로부터 측정된 암모니아 가스의 양이다. 2주부터 5주까지는 암모니아 가스 발생량이 T<sub>1</sub>구에서 T<sub>2</sub>구보다 유의하게(P<0.05) 낮았다. 그러나 6주에서는 2 구간에 차이가 없었다. Table 4에서는 6주령인 병아리를 다른 케이지에 옮긴 후 왕겨내에 형성된 pH와 각종 N함량을 측정 한 결과 T<sub>1</sub>의 pH는 T<sub>2</sub> pH보다 유의하게(P<0.05) 낮았으며 TKN은 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 유의하게(P<0.05) 높았다. 그러나 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N의 함량은 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>에서는 차이가 없었다.

**Table 2.** Effect of Alum on 0 to 21d, 22 to 42d, and 0 to 42d average feed intake, weight gain and feed : gain

	Feed intake			Weight gain			Feed : gain		
	Days 0 to 21	Days 22 to 42	Days 0 to 42	Days 0 to 21	Days 22 to 42	Days 0 to 42	Days 0 to 21	Days 22 to 42	Days 0 to 42
	.....(g).....(g : g).....								
T1	1,072	4,238	5,310	767	1,814	2,581	1.40	2.34	2.06
T2	1,043	4,097	5,140	738	1,765	2,503	1.41	2.32	2.05
t-test	NS <sup>1</sup>	*	*	NS	NS	**	NS	NS	NS

<sup>1</sup> NS : Not significant.

\* P<0.05.

\*\* P<0.01.

<sup>1</sup> Metrohm, 620 pH-meter, Swiss

고 찰

본 연구에서 보면(Table 2) 체중증가나 사료섭취 면에서 T<sub>1</sub>구는 T<sub>2</sub>구보다 높았다. 이는 분명 Table 3에서 제시된 바와 같이 처음 5주 동안에는 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 암모니아의 생성량이 적었기 때문에 그러한 현상이 생긴 것으로 생각된다. Carlile(1984)와 Reece et al.(1981)은 육계성장 첫 4주 동안 암모니아 발생량은 ALUM 처리구가 처리하지 않는 구보다 현저히 낮다고 보고하였다. Moore, Jr. et al.(1995, 1996, 2000)도 이와 비슷한(첫 3주에서 4주)결과를 보고하였다. 한편 Scantling et al.(1995)은 육계 깔짚에 ALUM을 처리하였을 때 *E. coli* 숫치가 현저히 감소되었다고 보고하였다. Line (1998)은 육계의 깔짚에 ALUM을 처리하였을 경우 *Salmonella* 숫치와 *Campylobacter* 숫치가 현저히 감소되었다고 하였다. 계사내에서 암모니아 발생량이 높아지면 육계의 성장이 저하되고(Charles and Payne, 1966; Quarles and King, 1974), 기관지염을 일으키는 계균이 많아지며(Nagaraja et al., 1983), 뉴켓슬에 감염되는 율도 높아진다(Andreson et al., 1964)는 보고들은 본 연구의 결과를 뒷받침해 주고 있다. 즉 5주 후에 나타난 깔짚의 분석 항목은 그 결과가 다르게 나타났다(Table 4). T<sub>1</sub>구의 pH는 T<sub>2</sub>구의 pH보다 유의하게(P<0.05) 낮았다. 어떤 논문에서는 ALUM을 처리하지 않을 경우 처음 3주 후부터 pH가 급상승하여 암모니아 발생을 촉진한다(Lee et al., 2000)고 보고하였는가 하면 다른 논문에서는 ALUM을 깔짚에 처리하면 처음 3~4주까지는 pH가 산쪽으로 향하고 암모니아 휘발은 감소하여 깔짚내의 N 함량은 높아진다고 하였다(Moore, Jr., 1995). 또 Table 4에서 보면 6주령에서 깔짚의 TKN값 역시 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 유의하게(P<0.05) 높게 나타나 있다. 이 결과에서 보면 T<sub>1</sub>구는 T<sub>2</sub>구보다 6주령부터 깔짚내의 암모니아 생성량은 증가하지만(Table

Table 4. Mean(±SEM) values of pH and nitrogen excretion in broiler litter at 42days

	pH	TKN <sup>2</sup>	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
T1	8.01±0.01	2.41±0.02	0.83±0.02	0.065±0.007
T2	8.58±0.04	2.29±0.01	0.73±0.01	0.040±0.003
t-test	*	*	NS <sup>1</sup>	NS

<sup>1</sup> NS : Not signifilcant.

<sup>2</sup> TKN: total Kjeldahl nitrogen.

\* P<0.05.

3) 깔짚내에 함유된 N의 함량은 아직도 높다는 것을(Table 4) 알 수 있다. 이는 N가 암모니아로 변화되는 대신 NH<sub>4</sub>-N가 NO<sub>3</sub>-N으로 변화되고(Table 4) 있음을 알 수 있다.

Table 4에서 보면 NH<sub>4</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N 함량은 T<sub>1</sub>구와 T<sub>2</sub>구간에 차이가 없다. NH<sub>4</sub>-N와 NO<sub>3</sub>-N은 Inorganic nitrogen(IN)이다. 따라서 토양중의 식물이 계분을 N 비료로서 이용할 때는 이 IN을 이용한다. 그러나 계분 중의 40~90%를 차지하고 있는 Organic N(ON)는 천천히 식물에 이용되지만 이 역시 IN으로 변화 후 가능하다(MAFF, 1994; Chadwick et al., 2000).

본 실험의 결과를 다시 정리하면 깔짚에 ALUM을 처리하여 육계를 사육할 경우 6주령에서 육계의 체중증가와 사료섭취량 증가를 기대할 수 있다. 그리고 6주령 부터는 깔짚에서 발생되는 암모니아 발생량은 늘어나지만 깔짚 내의 N 함량은 아직도 현저히 높기 때문에 질소비료로서의 가치가 있음을 알 수 있다.

적 요

본 연구에서는 ALUM을 처리한 영향이 3주령과 6주령 병

Table 3. Mean(±SEM) values of ammonia gas concentration from broiler litter at each week of broiler age

	Ammonia gas concentration at each week of broiler age				
	2	3	4	5	6
	.....(ppm).....				
T1	0.17±0.16	11.00±1.03	9.00±2.00	14.67± 3.76	21.67±2.33
T2	2.00±0.76	33.00±7.17	13.67±4.18	49.33±13.68	23.33±7.26
t-test	*	**	*	*	NS <sup>1</sup>

\* P<0.05

\*\* P<0.01.

<sup>1</sup> NS : Not signifilcant.

카리 성장과 6주후 깔짚 중의 질소(N)함량이 어떻게 영향을 미치는지 비교시험을 하였다. 비교를 한 2개 처리 구는 전부 잔백질 수준을 같게 하고 한 처리구에서는 깔짚에 ALUM을 처리하고(T<sub>1</sub>) 다른 처리구에는 깔짚에 ALUM을 처리하지 않았다(T<sub>2</sub>). 이때 깔짚은 왕겨로 하였으며, ALUM 처리는 왕겨 g당 200 g을 topdressing 하였다.

사료섭취량은 22~42일령과 0~42일령에서 공히 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 높았다(P<0.05). 그리고 체중증가량은 0~42일령에서 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 훨씬 높았으나(P<0.01) 사료효율에는 차이가 없었다. 왕겨로부터 발생하는 암모니아 농도는 처음 6주 동안은 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 유의하게(P<0.05 나 P<0.01) 낮았으나 6주부터는 T<sub>1</sub>구와 T<sub>2</sub>구 간에는 차이가 없었다. 또 6주령에서 측정된 왕겨내의 pH는 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 낮았으며 P<0.05), 켈달 질소 함량(TKN)은 T<sub>1</sub>구가 T<sub>2</sub>구보다 높았다 P<0.05). 그러나 왕겨내의 NH<sub>4</sub>-N 및 NO<sub>3</sub>-N의 함량은 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>에서는 차이가 없었다.

본 연구 결과를 다시 정리하면 깔짚에 ALUM을 처리할 경우 6주령에서 육계의 생산성은 기대되며 암모니아 생성량의 감소는 기대하지 못하지만 깔짚은 질소비료로서의 성분은 유효함을 알 수 있다.

(색인어: ALUM, 깔짚, 암모니아, pH, NH<sub>4</sub>-N)

## 사 사

본 실험을 위하여 시험사료를 뒷받침해준 경북축산 주식회사에 감사 드립니다. 본 논문은 2002년 3월부터 동년 8월까지 실시된 대구대학교 교원 휴직년제 지원으로 이루어졌습니다. 대구대학교 지원에 감사합니다.

## 인용문헌

- Anderson DP, Chems TC, Hanson RP 1964 Studies on measuring the environment of turkeys raised in confinement. *Poult Sci* 43:305-318.
- Carlisle FS 1984 Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poult Sci J* 40:99-113.
- Chadwick DR, John F, Pain BF, Chambers BF, Williams J 2000 Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *J Agric Sci* 134:159-168.
- Charles DR, Payne CG 1966 The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. *Br Poult Sci* 7:177-187.
- 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 for gaseous emissions from livestock buildings and manure storages. *J Agri Res* 57:173-189.
- Johnston NA, Quarles CL, Faberberg DJ, Caveny DD 1981 Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression. *Poultry Sci* 60:2289-2292.
- Kitai K, Arakawa A 1979. Effects of antibiotics and caprylohydrozamic acid on ammonia gas from chicken excreta. *Br Poult Sci* 20:55-62.
- Lee SJ, Choi SW, Namkung H, Paik IK 2000 Effect of Dietary Protein and Feed Additives on Ammonia Gas Emission in Broiler House. *J Anim Sci & Technol(Kor)* 42(3):299-314.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1994 Fertilizer Recommendation. MAFF Reference Book 209. 6th Edition London: HMSO.
- Line JE 1998 Aluminum Sulfate treatment of poultry litter to reduce Salmonella and Campylobacter populations. *Poult Sci Abstr S* 364.
- Moore Jr. PA, Miller DM 1994 Decreasing phosphorus solubility in poultry litter with aluminium, Calcium and Iron Amendments. *J Environ Qual* 23:325-330.
- Moore Jr. PA 1995 Reducing ammonia volatilization from poultry litter with aluminium sulfate. In: *Processing of the meeting Arkansas Nutrition Conference, Clariminn Fayetteville Ar USA Sept 12-14 pp* 104-119.
- Moore Jr. PA, Daniel TC, Edwards DR, Miller DM 1995 f Effects of chemical amendments on reduce ammonia volatilization from poultry litter. *J Environ Qual* 24:293-300.
- Moore Jr. PA, Daniel TC, Edwards DR, Miller DM 1996 Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. *Poult Sci* 75:315-320.
- Moore Jr. PA, Daniel TC, Edwards DR 2000 Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. *J Environ Qual* 29:37-49.

- Nagaraja KV, Emery DA, Jordan KA, Sivanandan V, Newman JA, Pomeroy BS 1983 Scanning electron microscopic studies of adverse effects of ammonia on tracheal tissues of turkeys. *Am J Vet Res* 44:1530-1536.
- Nahm KH 1992 Practical Guide to Feed, Forage and Water Analysis(English Edition). Yoo Han Pub Co, Seoul South Korea.
- Nahm KH 2001 Evaluation the nitrogen content in animal manure with the conventional Kjeldahl method. *The Journal of Science and Technology, Taegu University* Vol 8 pp: 41-52.
- Nahm KH 2002 Efficient feed nutrient utilization to reduce pollutants in poultry and swine manure. *Crit Rev Environ Sci and Tech* 32(1):1-16.
- National Research Council 1994 Nutrient requirement of poultry. 9th rev ed. National Academy Press, Washington DC USA.
- Quarles CL, Kling MF 1974 Evaluation of ammonia and infectious bronchitis vaccination stress on broiler performance and carcass quality. *Poult Sci* 53:1592-1596.
- Reece RN, Bates BJ, Lott BD 1979 Ammonia control in broiler houses. *Poultry Sci* 58:754-755.
- Reece FN, Lott BD, Deaton JW 1981 Low concentration of ammonia during brooding decreases broiler weight. *Poult Sci* 60:937-940.
- Scantling MA, Waldroup A, May J, Moore P 1995 Microbiological effects of treating poultry litter with aluminum sulfate. *Poult Sci* 74(Suppl. 1):216.
- 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.