

# Al과 Ca을 함유한 화학제재의 첨가가 깔짚내 휘발성 지방산과 질소 함량에 미치는 영향

최인학 · 최정훈\*

대구대학교, \*한양대학교

(2007년 11월 28일 접수; 2008년 1월 22일 채택)

## Effects of Chemical Additives Containing Al and Ca on Volatile Fatty Acids and Nitrogen Contents of Litter

In Hag Choi and Jung Hoon Choi\*

*Probiotic Korea. Inc., Daegu University, Gyeongbuk 712-714, Korea*

*\*Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea*

(Manuscript received 28 November, 2007; accepted 22 January, 2008)

### Abstract

The objectives of this study were conducted to determine the effects of two chemical amendments on volatile fatty acids (VFA) and nitrogen contents in poultry litter after broiler chicks were raised in poultry houses for 6 weeks. Two different additives were applied as a top dressing to the litter at a rate of  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (200 g)+ $\text{CaCO}_3$  (50 g) or Alum (200 g)+ $\text{CaCO}_3$  (50 g)/kg of rice bran; untreated litter served as controls. Application of  $\text{AlCl}_3+\text{CaCO}_3$  and Alum+ $\text{CaCO}_3$  reduced total VFA contents by 67% and 51% at 6 weeks, respectively, compared to the control groups. The decrease in litter pH with two chemical treatments results in decreased proportion of VFA and increased nitrogen contents of the litter. These results indicate that treating  $\text{AlCl}_3+\text{CaCO}_3$  and Alum+ $\text{CaCO}_3$  to poultry litter offers the potential for reducing an environmental impact.

**Key Words :** Litter, pH, Volatile fatty acid, Total nitrogen, Aluminum chloride, Aluminum sulfate, Calcium carbonate

## 1. 서 론

축사에서 발생하는 축분은 적절하게 발효·부숙하여 경작지에 환원하고 자정능력을 이용함으로써 환경문제가 해결되었지만, 축산의 기업·전업화로 인한 가축 사육두수가 증가됨에 축분이나 사육자체가 환경 오염 요인으로 인식하게 되었다<sup>1-3)</sup>. 계분과 깔

짚은 적절하게 발효하거나 적절한 비율로 토양에 시비될 때 질소(N)와 인(P)을 공급하는 작물의 영양소 원과 농가에서 필요로 하는 유기질 비료로서의 가치가 있는 것으로 알려져 있다.

깔짚 및 축분과 관련된 환경오염 문제의 주요인은 암모니아( $\text{NH}_3$ )와 악취(odor)로서, 암모니아( $\text{NH}_3$ )는 계사내에서 방출되어 생산자와 가금에게 피해를 주며<sup>4)</sup>, 대기오염을 일으켜 산성비의 원인으로 보고되어 있다<sup>5)</sup>. 악취는 축사에 쌓여 있는 축분과 깔짚이 박테리아에 의한 불완전한 혐기성 발효에 의해

일차적으로 발생한다<sup>6)</sup>. 악취를 구성하는 화합물은 휘발성 지방산(VFA), 방향족 화합물과 아민을 포함하고 있다<sup>7,8)</sup>. 휘발성 지방산과 방향족 화합물의 낮은 농도는 가축의 호흡기 질병 원인이 되며<sup>9)</sup>, 악취와 밀접한 상관 관계가 있는 것으로 밝혀지고 있다<sup>10-12)</sup>.

우리나라에서는 효소제와 미생물제제를 사료에 첨가하는 방법과 축산시설 및 기구 등을 이용하여 가축분뇨에서 생기는 환경오염을 방지하려는 연구에 초점이 맞추어졌지만<sup>13,14)</sup>, 화학제제를 이용한 방법은 아직까지 미흡한 실정이다. 대부분 학자들은 organic acid, lactic acid, aluminum sulfate 그리고 aluminum chloride 같은 화학제제나 첨가제 등을 축분뇨에 첨가하는 것이 악취와 환경오염을 예방하고 감소시키는 데 가장 효과적이었다고 보고하였다<sup>15-19)</sup>.

중요한 관점은 깔짚을 퇴비로 이용하거나 토양에 시비하였을 때 작물이 어느 정도의 질소를 필요로 하는지에 대한 예측이 필요하기 때문에 현재까지 만족할 만한 방법은 제시되지 않고 있다. 최근에는 깔짚과 축분에 함유된 질소 함량을 분석하여 질소 이용성 방정식 평가 방법이 제시되고 있다<sup>18,20)</sup>. 지금까지도 화학제제 효능에 대한 연구가 진행되고 있지만, 화학제제를 깔짚에 첨가하여 질소 이용성에 대한 방법과 휘발성 지방산 관련된 이전의 보고가 없었기에 이에 대한 선행 연구가 가능할 것으로 기대된다.

본 연구는 두 화학제제를 깔짚에 처리한 구와 대조구를 비교하여 방정식을 이용한 질소 평가 방법과 깔짚내 함유된 휘발성 지방산, 질소 함량에 어떠한 변화가 있는지를 구명하기 위해 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 사양관리와 시험설계

본 시험은 암수구별 없이 육계병아리(Arbor Acres)를 42일 동안(2002년) 대구대학교 사육실이 위치한 계사에서 두 처리구와 두 대조구를 두어 실시하였다. 창문이 있는 반 개방식 계사로 실내온도는 성장함에 따라 자동 조절되게 하였다. 사료와 물은 자유급식을 시켰으며 점등은 전 시험기간 동안 종야 점등으로 실시하였다. 본 시험에 이용된 시험사료는 전후기 구별하여 0-21일령에는 단백질 21%, 22-42일령에는 단백질 19% 사료를 급여하였다.

### 2.2. 시료채취

42일 동안 사양실험이 끝난 다음 육계를 다른 빈 케이지로 옮겨 깔짚 시료를 채취하였다. 케이지내 깔짚은 반복하여 섞은 후 각 케이지마다 깔짚 100 g을 채취하여 플라스틱 백에 넣은 후 공기를 차단하여 다음 분석시까지 냉장고에서 보관하였다<sup>17)</sup>.

### 2.3. 화학제제 첨가방법

화학제제 첨가는 사양시험이 시작되기 이틀전에 실시하였다. 계사내에 설치된 케이지(0.3125 m<sup>2</sup>/bird)를 이용하여 깔짚은 10 cm 깊이 정도로 되게 하여 두 대조구에는 화학제제를 첨가하지 않고 왕겨만 케이지 바닥에 깔았다. 두 처리구는 화학제제를 top dressing 하였다<sup>21)</sup>.

두 대조구와 두 처리구의 화학제제를 첨가비율은 아래와 같다.

- 1) 대조구와 화학제제 처리구[AlCl<sub>3</sub>·7H<sub>2</sub>O (200 g) + CaCO<sub>3</sub>(50 g)/kg rice hull]
- 2) 대조구와 화학제제 처리구[(Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·14H<sub>2</sub>O (Alum),(200 g)+CaCO<sub>3</sub>(50 g)/kg rice hull]

### 2.4. 조사항목

#### 2.4.1. 일반분석

pH는 Veloso 등<sup>22)</sup> 방법에 준하여 동시에 전기전도도(Electronic conductivity, EC)와 함께 시료와 증류수를 1:5비율로 가하여 실온에서 30분간 둔 후 pH meter(Mettler Delta 350, CH-8902 Urdorf, Switzerland)와 EC meter(Electronic conductivity, Mate 90, Science products Division Corning NY 14831, USA)를 이용하여 측정하였다. 수분 함량은 깔짚 내의 유기물 함량의 변화를 막기 위하여 건조오븐에서 63℃에서 72시간 동안 둔 후 무게 차이로 계산하였다<sup>23)</sup>. 총 탄소(Total carbon, TC) 함량은 농업진흥청 방법<sup>24)</sup>에 의거 건조시료를 회화시켜 무게차이로 계산하였다.

#### 2.4.2. 휘발성 지방산 함량 분석

시료 20 g에 증류수 200 mL를 가한 후 6,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 추출액을 휘발성 지방산 측정에 이용하였다. 총 휘발성 지방산은 Kim<sup>25)</sup>, Fenner와 Elliot 증류법<sup>26)</sup>에 준하여 추출액 25 mL, 300 mL 증류수와 농축된 1 mL 황산을 Kjeldahl 플라스크에 넣고 수증기 증류장치를 이용하여 증류액을

200 mL 포집하였다. 포집한 샘플에 Phenolphthalein을 3~5방울 넣어 주고 0.1N NaOH로 적정하여 계산하였다. 개별 휘발성 지방산 함량을 측정하기 위해서는 Erwin 등<sup>27)</sup>의 방법에 의하여 GC(M680D, YOUNG-IN, Korea)를 이용하여 각 휘발성 지방산 비율이 나오면 이것을 총 휘발성 지방산에 적용하여 계산하였다.

#### 2.4.3. 질소(N) 함량 분석

총 켈달 질소(Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)의 분석은 Nahm의 방법<sup>28)</sup>에 따라 5 g 시료에 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하여 Kjeldahl 분해 증류 장치에서 분해 증류한 후 증류액을 1/14 N HCl 용액으로 적정하여 계산하였다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 는 SDSU-AES의 방법<sup>29)</sup>에 의거 2 g 시료에 2 g MgO와 15 mL 2 M KCl을 첨가하여 Kjeldahl 분해 증류 장치에서 증류한 다음 증류액을 0.005N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  용액으로 적정하여 계산하였다.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 5 g 시료를 5 mL lead acetate 용액과 100 mL 증류수에 첨가하여 진탕기에서 4시간 정도 흔든 다음 여과액을 취하여 다시 100 mL 증류수와 10 mL 45% NaOH를 첨가하여 Kjeldahl 분해 증류 장치에서 100 mL를 포집하였다. 포집한 용액을 3 g Devarda's alloy를 첨가하여 증류하였다. 다시 증류액을 1/14 N HCl 용액으로 적정하여 계산하였다<sup>28)</sup>.

TN, IN, ON, AN 및 PAN 함량은 위에서 분석하여 얻어진 질소함량(TKN,  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$ )을 아래의 공식에 적용하여 계산하였다.

$$\text{TN} = \text{TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)} + \text{NO}_3\text{-N}^{30)}$$

$$\text{IN} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}^{31)}$$

$$\text{ON} = \text{TN} - \text{IN}^{32)}$$

$$\text{AN} = \text{IN} + 0.4 \times \text{ON}^{33)}$$

$$\text{PAN} = 80\% \text{ IN} + 60\% \text{ ON}^{32)}$$

#### 2.5. 통계처리

본 실험에서 얻어진 자료들의 통계 분석은 t-test에 의하여 평균치를 비교하여<sup>34)</sup> 5%와 1% 수준에서 검정하였다.

### 3. 결 과

Table 1에서는 42일 후에 채취한 깔짚을 분석한 두 화학제재( $\text{AlCl}_3 + \text{CaCO}_3$ 와 Alum+ $\text{CaCO}_3$ )와 두 대조구의 총 VFA와 개별 VFA 함량을 나타낸 결과이다.  $\text{AlCl}_3 + \text{CaCO}_3$  처리구와 대조구간에는 iso-valeric acid 함량을 제외하고 T-VFA, acetic acid, propionic acid, butyric acid, n-valeric acid 및 caproic acid 함량에서 통계적 유의성이 인정되었다( $P < 0.05$ 와  $0.01$ ). Alum+ $\text{CaCO}_3$  처리구와 대조구의 결과에서 propionic acid, n-valeric acid 및 caproic acid 함량은 유의성이 없었지만, T-VFA, acetic acid, butyric acid 및 iso-valeric acid는 고도의 유의성이 인정되었다( $P < 0.05$ 와  $0.01$ ).

두 화학제재( $\text{AlCl}_3 + \text{CaCO}_3$ 와 Alum+ $\text{CaCO}_3$ )와 대조구의 다양한 질소 함량을 Table 2와 3에서 나타내고 있다.  $\text{AlCl}_3 + \text{CaCO}_3$  처리구와 대조구의 결과에서 TC, pH,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  및 IN 함량에서 통계적 차이

**Table 1.** Means( $\pm$  SEM) values of total VFA contents and proportion of VFA contents in broiler litter treated aluminum chloride+calcium carbonate and aluminum sulfate+calcium carbonate after 42 days

Items	Control	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + $\text{CaCO}_3$	Significance <sup>1</sup>	Alum <sup>2</sup> + $\text{CaCO}_3$		Significance
				Control		
Total VFA(mmole/100 g)	0.67 $\pm$ 0.09	0.22 $\pm$ 0.03	**	0.70 $\pm$ 0.08	0.34 $\pm$ 0.03	**
Acetic acid(mmole/100 g)	0.24 $\pm$ 0.03	0.11 $\pm$ 0.02	*	0.31 $\pm$ 0.05	0.14 $\pm$ 0.02	*
Propionic acid(mmole/100 g)	0.05 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	*	0.04 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.01	NS
Butyric acid(mmole/100 g)	0.19 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01	**	0.11 $\pm$ 0.01	0.05 $\pm$ 0.01	*
Iso-valeric acid(mmole/100 g)	0.13 $\pm$ 0.03	0.06 $\pm$ 0.01	NS <sup>3</sup>	0.20 $\pm$ 0.02	0.10 $\pm$ 0.02	**
n-valeric acid(mmole/100 g)	0.05 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	*	0.03 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	NS
Caproic acid(mmole/100 g)	0.01 $\pm$ 0.00	0.01 $\pm$ 0.01	*	0.01 $\pm$ 0.01	0.01 $\pm$ 0.01	NS

<sup>1</sup>t-test.

<sup>2</sup>Alum =  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>3</sup>NS = not significant.

\*  $P < 0.05$ .

\*\*  $P < 0.01$ .

**Table 2.** Mean( $\pm$  SEM) values of nitrogen contents and available nitrogen contents in broiler litter treated aluminum chloride+calcium carbonate after 42 days

Items	Control	AlCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O + CaCO <sub>3</sub>	Significance <sup>1</sup>	Reference
EC(mS cm <sup>-1</sup> )	9.72 $\pm$ 0.63	14.34 $\pm$ 0.49	**	
TC <sup>2</sup> (%)	47.25 $\pm$ 0.90	47.46 $\pm$ 0.38	NS <sup>9</sup>	
pH	8.23 $\pm$ 0.07	7.54 $\pm$ 0.10	NS	
TN <sup>3</sup> (mg/g)	21.80 $\pm$ 0.02	30.90 $\pm$ 0.11	**	Douglas and Magdoff(1991) TN=TKN+NO <sub>3</sub> -N
NH <sub>4</sub> -N (mg/g)	6.40 $\pm$ 0.02	6.20 $\pm$ 0.01	NS	
NO <sub>3</sub> -N (mg/g)	0.40 $\pm$ 0.01	0.30 $\pm$ 0.01	NS	
ON <sup>4</sup> (mg/g)	15.00 $\pm$ 0.05	24.40 $\pm$ 0.10	**	Bitzer and Sims(1988) ON=TN-IN
IN <sup>5</sup> (mg/g)	6.80 $\pm$ 0.02	6.50 $\pm$ 0.02	NS	Chawick et al.(2000) IN=NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N
AN <sup>6</sup> (mg/g)	12.80 $\pm$ 0.01	16.30 $\pm$ 0.06	**	Knezek and Miller(1976) AN=IN+0.4*ON
PAN <sup>7</sup> (mg/g)	14.44 $\pm$ 0.01	19.84 $\pm$ 0.07	**	Bitzer and Sims(1988) PAN=80% IN+60% ON
C : N <sup>8</sup>	21.67 $\pm$ 0.26	15.36 $\pm$ 0.46	**	

<sup>1</sup>t-test.<sup>2</sup>TC = total carbon; <sup>3</sup>TN = total nitrogen; <sup>4</sup>ON = organic nitrogen; <sup>5</sup>IN = inorganic nitrogen; <sup>6</sup>AN = available nitrogen;<sup>7</sup>PAN = predicted available nitrogen; <sup>8</sup>C : N = total carbon : total nitrogen.<sup>9</sup>NS = not significant.

\*\* P&lt;0.01.

**Table 3.** Mean( $\pm$  SEM) values of nitrogen contents and available nitrogen contents in broiler litter treated aluminum sulfate+calcium carbonate after 42 days

Items	Control	Alum <sup>2</sup> + CaCO <sub>3</sub>	Significance <sup>1</sup>	Reference
EC(mS cm <sup>-1</sup> )	11.07 $\pm$ 0.39	13.73 $\pm$ 0.98	*	
TC <sup>3</sup> (%)	46.72 $\pm$ 0.55	44.58 $\pm$ 0.43	*	
pH	7.98 $\pm$ 0.08	7.62 $\pm$ 0.45	NS <sup>10</sup>	
TN <sup>4</sup> (mg/g)	25.20 $\pm$ 0.09	29.80 $\pm$ 0.27	NS	Douglas and Magdoff(1991) TN=TKN+NO <sub>3</sub> -N
NH <sub>4</sub> -N (mg/g)	7.40 $\pm$ 0.03	9.50 $\pm$ 0.07	*	
NO <sub>3</sub> -N (mg/g)	0.40 $\pm$ 0.01	0.60 $\pm$ 0.01	NS	
ON <sup>5</sup> (mg/g)	17.40 $\pm$ 0.11	19.70 $\pm$ 0.29	NS	Bitzer and Sims(1988) ON=TN-IN
IN <sup>6</sup> (mg/g)	7.80 $\pm$ 0.03	10.10 $\pm$ 0.07	*	Chawick et al.(2000) IN=NH <sub>4</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N
AN <sup>7</sup> (mg/g)	14.76 $\pm$ 0.04	17.98 $\pm$ 0.11	*	Knezek and Miller(1976) AN=IN+0.4*ON
PAN <sup>8</sup> (mg/g)	16.68 $\pm$ 0.06	19.90 $\pm$ 0.16	NS	Bitzer and Sims(1988) PAN=80% IN+60% ON
C : N <sup>9</sup>	18.54 $\pm$ 0.51	14.96 $\pm$ 1.29	NS	

<sup>1</sup>t-test.<sup>2</sup>Alum = Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 14H<sub>2</sub>O.<sup>3</sup>TC = total carbon; <sup>4</sup>TN = total nitrogen; <sup>5</sup>ON = organic nitrogen; <sup>6</sup>IN = inorganic nitrogen; <sup>7</sup>AN = available nitrogen;<sup>8</sup>PAN = predicted available nitrogen; <sup>9</sup>C : N = total carbon : total nitrogen.<sup>10</sup>NS = not significant.

\*P&lt;0.05.

는 없었지만, EC, TN, ON, AN, PAN 및 C:N은 고도의 통계적 유의성이 인정되었다( $P < 0.01$ ). Alum+CaCO<sub>3</sub> 처리구와 대조구는 EC, TC, NH<sub>4</sub>-N, IN 및 AN 함량에서 통계적 유의성이 인정되었지만( $P < 0.05$ ), pH, TN, NO<sub>3</sub>-N, ON, PAN 및 C:N은 통계적 유의성이 인정되지 않았다.

## 4. 고 찰

### 4.1. pH와 휘발성 지방산 함량에 대한 영향

두 화학제제(AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>와 Alum+CaCO<sub>3</sub>)의 총 VFA 함량은 각 대조구와 비교할 때 67%와 51% 감소되었으며, 개별 VFA 함량에서도 acetic acid 함량이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

특히, VFA 생성은 온도, 수분, pH, 미생물 호흡과 활성이 가장 중요한 역할을 하며<sup>35,36</sup>, 축분의 불안정한 분해에 의해 휘발성 지방산(short-chain fatty acid)이 형성되어 악취가 생성된다고 보고되어 있다<sup>6</sup>. Zahn 등<sup>10</sup>은 공기질(air quality)을 악화시키는 주된 요인이 휘발성 지방산(C<sub>2</sub>~C<sub>9</sub>)이라고 보고한 바 있다.

산 형성 화합물(acid-forming compound)인 화학제제는 깔짚내 미생물 활성을 억제하는 것으로 알려져 있으며<sup>4,37</sup>, 이러한 이유로 깔짚내 pH(Table 2와 3)를 낮추어 두 화학제제 처리구의 총 VFA와 개별 VFA 함량이 각 대조구와 비교할 때 현저하게 감소되는 것으로 사료된다. Varel과 Miller<sup>38</sup>은 식물성 기름(plant oil)의 일종인 eugenol을 축분에 첨가할 경우 미생물 활성을 억제하여 우분과 돈분에서 발생하는 휘발성 지방산 함량이 각각 70%, 50% 감소된다고 보고하였다. 이 연구는 휘발성 지방산이 감소되는 주요인이 축분내 낮아진 pH와 관련이 있음을 증명하였다.

본 연구는 두 화학제제가 깔짚내 pH를 낮추어 휘발성 지방산을 생성하는 미생물 활성을 억제하는 것은 분명하지만 그 정확한 기전은 알려져 있지 않다.

### 4.2. 질소 함량에 대한 영향

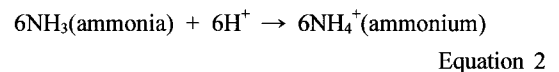
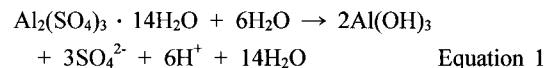
본 연구에서 EC는 두 화학제제 처리구가 두 대조구보다 높은 경향을 보였다. 이러한 결과는 첨가된 화학제제의 결합력, 분자의 이온화 정도 및 농도 등에 영향을 받기 때문인 것으로 사료된다. Moore 등<sup>39</sup>

은 화학제제인 Alum을 깔짚에 처리했을 경우 EC가 높다고 보고한 바 있다(10.833 mS/cm vs. 6.611 mS/cm).

TC 수준을 보면 두 화학제제 처리구와 각 대조구의 TC 함량면에서는 차이가 없는 것으로 보이지만 통계적인 측면에서는 서로 다른 결과를 나타내었다. Choi와 Nahm<sup>18</sup>은 화학제제(FeSO<sub>4</sub>와 Alum)를 처리한 구와 대조구의 TC 수준에 따라 통계적 차이의 유무가 있다고 보고하였다. Hwangbo 등<sup>40</sup>은 깔짚, 계분을 포함한 축분속의 유기물이 발효가 진행됨에 따라 미생물 호흡을 통해 대기 중에 CO<sub>2</sub>로 배출이 되어 TC 함량의 감소된다고 보고하였다. 본 연구에서도 이러한 차이가 깔짚내 미생물 활성과 화학제제 특성에 기인된 것인지는 알 수 없었다.

pH는 두 대조구보다 두 화학제제 처리구가 낮아져 총 질소(TN) 함량과 다른 질소 함량이 높게 나타났다. 깔짚에 alum + CaCO<sub>3</sub> 또는 alum을 처리했을 때도 깔짚내 암모니아 휘발을 감소시켜 총 질소 함량이 높다는 Moore 등<sup>17</sup>의 보고와 일치하였다. Witter와 Kirchman<sup>41</sup>은 계분에 Ca 염을 첨가할 경우 호기성 상태에서 계분이 분해되는 동안 암모니아 휘발이 감소된다고 보고하였다. Elliott와 Collins<sup>42</sup>는 계분의 암모니아와 같은 질소형성에 영향을 주는 가장 중요한 순서는 pH > 온도 > 수분함량 순이라고 보고한 바 있어 본 연구 결과를 뒷받침해주고 있다.

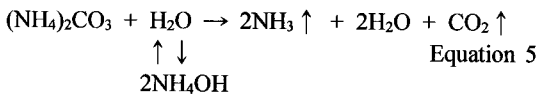
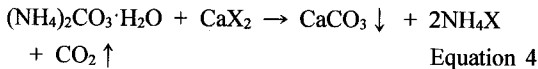
Moore 등<sup>43,44</sup>은 alum을 깔짚에 첨가했을 때 암모니아 휘발 감소와 pH가 낮아지는 대사과정을 다음과 같이 기술하고 있다.



이 대사과정은 alum이 해리되어 양성자 6 mole을 형성하고, NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub> 평형이 휘발되지 않는 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(ammonium)으로 변화되어 이 과정에서 pH가 낮아져 암모니아 휘발이 감소된다고 설명하고 있다<sup>43,44</sup>.

Fenn 등<sup>45</sup>, Fenn과 Kissel<sup>46</sup>이 보고한 soluble Ca 첨가는 암모니아 휘발이 감소된다고 하였다. 이 반응과정은 토양에서 요소가 가수분해 되는 동안 CaCO<sub>3</sub>를 형성하여 CO<sub>2</sub>가 침전하게 된다. CaCO<sub>3</sub>침

전은 암모니아(NH<sub>3</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 및 물에 쉽게 분해되어 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 농도를 낮추기 때문에 암모니아 휘발이 감소된다(Equation 3, 4 and 5)



TN 함량이 높게 되면 NH<sub>4</sub>와 NO<sub>3</sub> 함량이 증가하는 것으로 보고되어 있지만<sup>47)</sup>, AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>처리구의 NH<sub>4</sub>와 NO<sub>3</sub> 함량(Table 2)은 상반된 결과를 보였다. 이는 깔짚내 Alum과 CaCO<sub>3</sub>반응과는 달리 Al, Cl 및 Ca이온들이 깔짚내 질소와 반응하는 과정에서 발생하는 결합력 차이에 의한 것으로 사료된다.

AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub> 처리구와 대조구의 TN함량을 기준으로 하여 ON 함량 비율은 각각 79.0%와 68.8%였으며 Alum+CaCO<sub>3</sub>처리구와 대조구에서의 ON 함량 비율은 각각 66.1%와 69.0%로 나타났다. TN 함량을 기준으로 하여 각 대조구(Table 2와 3)의 IN 함량 비율은 각각 31.2%와 31.0%, AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>와 Alum+CaCO<sub>3</sub> 처리구의 IN 비율은 각각 21.0%와 33.9%였다.

몇몇 연구에 의하면 계분에 함유된 TN 함량 중에 IN함량은 15~20%<sup>48)</sup>, 20~40%<sup>49,50)</sup>, 깔짚을 포함한 다양한 축분에 함유된 TN 함량 중에 ON 비율이 14~99%<sup>31)</sup>라고 보고 되어 있다. Table 2와 3의 결과를 보게 되면 두 화학제재 처리구와 각 대조구의 TN 함량에 의해 ON과 IN 비율이 결정되며 그 범위도 Sims<sup>49,50)</sup>와 Chadwick 등<sup>31)</sup>의 보고와 비슷한 경향이였다. Choi와 Nahm<sup>18)</sup> 은 깔짚에 FeSO<sub>4</sub>와 Alum을 처리하여 대조구와 비교한 연구에서 ON과 IN 함량이 높다고 하였다. 축분을 시비할 경우 축분에 함유된 유기 형태(ON)에서 무기 형태(IN)로 전이되는 질소 광물질화 작용은 실질적으로 작물이 이용하는 부분이며<sup>31)</sup>, 분에 함유된 ON의 광물질화는 분중에 함유된 IN 함량과 결합될 때 빨리 일어난다고 하였다<sup>32)</sup>.

AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>와 Alum+CaCO<sub>3</sub> 처리구의 AN과 PAN 함량은 두 대조구와 비교시 높게 나타났다. Choi와

Nahm<sup>18)</sup> 은 두 화학제재(FeSO<sub>4</sub>와 Alum)를 깔짚에 첨가하였을 때 AN과 PAN함량이 높았다고 보고한 바 있다. 이는 화학제재가 깔짚에 함유된 TN함량을 높여 IN 함량 증가되어<sup>17,18,51,52)</sup>, ON, AN 및 PAN 함량이 증가되는 것을 의미한다. AN과 PAN 함량은 토양에 시비하여 작물이 성장하기 위한 질소 함량을 결정하는 평가 방법으로 계절, 온도에 따라 변화되는 것으로 알려져 있다<sup>30,32,49)</sup>. 따라서 축분을 이용한 AN과 PAN 함량 결정에 관한 연구는 잘 알려져 있지 않아 추후에 연구 접근방법에 있어 다양성을 필요로 하는 부분이기도 하다.

C:N은 (AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>와 Alum+CaCO<sub>3</sub>) 처리구가 두 대조구보다 낮게 나타났으며, 화학제재를 첨가한 깔짚의 질소 함량이 높았기 때문이다. FeSO<sub>4</sub>와 Alum을 깔짚에 첨가하여 비교한 Choi와 Nahm<sup>18)</sup>의 연구에서의 C:N수준은 본 연구와 비슷한 경향이였다. 질소 광물질화는 축분과 액상 분뇨 형태에 따라 다양하여 계분 > 돈분 > 우분 순으로 C:N에 영향을 주는 것으로 알려져 있다<sup>31)</sup>. 깔짚을 포함한 계분은 다른 축분과는 달리 질소함량이 높고 C:N 이 낮아 질소 광물질화가 잘되는 특성을 가지고 있다<sup>53)</sup>. 일부 연구에 의하면 C:N비율은 15<sup>54,55)</sup>, 14~25<sup>51)</sup>로 다양하게 보고 되어 있다.

## 5. 결 론

깔짚에 두 화학제재(AlCl<sub>3</sub>+CaCO<sub>3</sub>와 Alum+CaCO<sub>3</sub>) 첨가는 총 휘발성 지방산 함량이 각 대조구보다 각각 67%와 51% 감소되었다(P<0.01). 깔짚내 낮은 pH 때문에 두 화학제재 처리구의 개별 휘발성 지방산 함량이 감소되었고 질소 함량은 높게 나타났다. 화학제재의 이용은 냄새 요인인 휘발성 지방산 함량을 줄이고 깔짚내 질소함량을 높여 유기질 비료원으로서 환경문제 해결 가능성을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

- 1) Kirchmann H., 1985, Losses, Plant Uptake, Utilization of Manure Nitrogen during a Production Cycle, Acta Agriculture Scandinavica, 24, 1-77.
- 2) Sutton A. L., Nichols S. R., Jones D. D., Kelly D. T., Scheidt A. B., 1987, Survey of seasonal atmos-

- phre changes in confinement farrowing houses. In proceedings of the 2<sup>nd</sup> seminar technical selection CIGR. on Latest Developments in Livestock Housing; Auburn University, AL, USA, 106-107pp.
- 3) Nahm K. H., 2003a, Bioavailability of phosphorus in Poultry Manure, Avian and Poultry Biology Reviews, Vol. 14(2), 53-62.
  - 4) Wilson M. G., 2000, Technologies for ammonia control in poultry facilities, Pages 241-247 In (Blake, J.P., Havenstein, G.B. Eds) Proceeding of 2000 National Poultry Waste Management Symposium.
  - 5) ApSimon H. M., Kruse M., Bell J. N. B., 1987, Ammonia emissions and their role in acid decomposition, Atoms. Environ, 21, 1939-1946.
  - 6) Mackie R. I., Stroot P. G., Varel V. H., 1998, Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste; J. Anim. Sci, 76, 1331-1342.
  - 7) O'Neil D. H., Philips V. R., 1992, A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3. Properties of odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them, J. Agri. Eng. Res, 52, 23-50.
  - 8) Hartung J., Philips V. R., 1994, Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores, J. Agri. Eng. Res, 57, 173-189.
  - 9) Schiffman S. S., Walker J. M., Dalton P., Lorig T. H., Raymer J. H., Shusterman D., Williams C. M., 2000, Potential health effects of odor from animal operations, waste water treatment, and recycling of by products, J. Agromed, 7, 7-81.
  - 10) Zahn J. A., Hatfield J. L., Do Y. S., DiSpirito A. A., Laird D. A., Pfeiffer R. L., 1997, Characterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility, J. Environ. Qual, 26, 1687-1696.
  - 11) Zahn J. A., DiSpirito A. A., Do Y. S., Brooks D. E., Cooper E. E., Hatfield J. L., 2001, Correlation of human olfactory responses to airborne concentrations of malodorous volatile organic compounds emitted from swine effluent, J. Environ. Qual, 30, 624-634.
  - 12) Zhu J., Bundy D. S., Li X., Rashid N., 1997, Controlling odor and volatile substances in liquid hog manure by amendment, J. Environ. Qual, 26, 740-743.
  - 13) 김태일, 2000, 퇴비부숙추진 및 악취 저감 미생물제 개발. 가축분뇨 자원화 및 이용 기술 심포지엄, 53-74pp.
  - 14) 오인환, 2000, 액비의 이용체계 및 살포기술 개발가 축분뇨 자원화 및 이용 기술 심포지엄, 119- 137pp.
  - 15) Berg W., Hornig G., 1997, Emission reduction by acidification of slurry-investigations and assessment. In *Proceeding of the International Symposium of Ammonia and Odour Control from Animal Facilities* ed. Voermans, J. A. M. and Monteny, G. J. pp. 459-466. The Netherland: Vinkeloord.
  - 16) Hendriks J. G. L., Vrieling M. G. M., 1997 Reducing ammonia emissions from pig houses by adding or producing organic acids in pig slurry. In *Proceeding of the International Symposium of Ammonia and Odour Control from Animal Facilities* ed. Voermans, J.A.M. and Monteny, G. J. pp. 493-501. The Netherland: Vinkeloord.
  - 17) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M., 1995, Effects of chemical amendments on reduce ammonia volatilization from poultry litter. J. Environ. Qual. 24:293-300.
  - 18) Choi I. H., Nahm K. H., 2004, Effects of applying two chemical additives to the litter on nitrogen and soluble reactive phosphorus contents of litter in broiler houses, Korean J. Poultry Sci, 31(4), 221-228.
  - 19) Smith D. R., Moore P. A. Jr., Haggard B. E., Maxwell C. V., Daniel T. C., Van Devander K., Davis M. E., 2004, Effects of aluminum chloride and dietary phytase on relative ammonia losses from swine manure, J. Animal Science, 81, 2131- 2138.
  - 20) Nahm K. H., 2003b, Evaluation of the nitrogen in poultry manure, World's Poultry Science Journal, 59, 77-88.
  - 21) Reece F. N., Bates B. J., Lott B. D., 1979, Ammonia control in broiler houses, Poultry Sci, 58, 754-760.
  - 22) Veloso J. R., Hamilton P. B., Parkhurst C. R., 1974, The use of formaldehyde flakes as an antimicrobial agent in built-up poultry litter, Poultry Sci, 53, 78-83.
  - 23) Kithome M., Paul J. W., Bomke A. A., 1999, Reducing N losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments, J. Environ. Qual, 25, 194-201.
  - 24) 농촌진흥청, 1999, 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용.
  - 25) Kim S. C., 2003, The study of feed development with wormwood (*Artemisia Montana Pampan*) Silage, Ph.D. thesis. Kyung Sang National University, South Korea.
  - 26) Fenner H., Elliot J. M., 1963, Quantitative method for determining the steam volatile fatty acid in the rumen fluid by gas chromatography, J. Dairy Sci, 22, 624-627.
  - 27) Erwin E. S., Marco J., Emery E. M., 1961, Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography, J. Dairy Sci, 44, 1768-1771.
  - 28) Nahm K. H., 1992, Practical Guide to Feed, Forage and Water Analysis(English Edition), Yoo Han Pub. Co, Seoul, South Korea.
  - 29) South Dakota State University Agricultural Experiment Station, 1995, SOIL TESTING PROCEDURES, Plant Science Pamphlet No. 81, 60-61.
  - 30) Douglas B. F., Magdoff F. R., 1991, An evaluation

- of nitrogen mineralization indices for organic residues, *J. Environ. Qual*, 20, 368-372.
- 31) Chadwick D. R., John F., Pain B. F., Chambers B. F., Williams J., 2000, Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment, *J. Agric Sci*, 134, 159-168.
  - 32) Bitzer C. C., Sims J. T., 1988, Estimating the availability of nitrogen in nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies, *J. Environ Qual*, 17, 47-54.
  - 33) Knezek B. D., Miller R. H., 1976, Application of sludges and waste waters on agricultural land, Research Bulletin 1090. Ohio Agriculture Research and Development Center, Wooster, OH, USA. pp 1.1-1.2.
  - 34) Snedecor G. W., Cochran W. G., 1969, Statistical Methods, 6th Ed., Iowa State University Press Ames IA USA.
  - 35) Parkhurst C. R., Hamilton P. B., Baughman G. R., 1974, The use of volatile fatty acids for the control of microorganism in pine sawdust litter, *Poultry Sci*, 53, 801-806.
  - 36) Miller D. N., Varel V. H., 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.
  - 37) Carlile F. S., 1984, Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Sci. J*, 40, 99-113.
  - 38) Varel V. H., Miller D. L., 2004, Eugenol stimulates lactate accumulation yet inhibits volatile fatty acid production and eliminates coliform bacteria in cattle and swine waste, *J. Applied Microbiology*, 97, 1001-1005.
  - 39) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., 2000, Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia losses from poultry manure with aluminum sulfate, *J. Environ. Qual*, 29, 37-49.
  - 40) Hwangbo S., Jo I. H., Park C. I., Son J. H., 2002, The effect of mixture ratio of sawdust and swine manure on survival of earthworm, Taegu University Life Science Institute, Taegu, South Korea, 1(2), 207-216.
  - 41) Witter E., Kirchmann H., 1989, Effects of addition of calcium and magnesium salts on ammonia volatilization during manure decomposition, *Plant and Soil*, 115, 53-58.
  - 42) Elliott H. A., Collins N. E., 1982, Factors affecting ammonia release in broiler litter, *Trans. ASAE*, 39(3), 1135-1144.
  - 43) Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., 1999, Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum, *Poultry Sci*, 78, 692-698.
  - 44) Moore P. A. Jr., 2003, Reducing ammonia emissions and phosphorus runoff from animal manure with aluminum compounds. Proc. Taegu University Life Science Institute, Taegu, South Korea, 15- 27pp.
  - 45) Fenn L. B., Taylor R. M., Matocha J. E., 1981, Ammonia losses from surface applied nitrogen fertilizer as controlled by soluble calcium and magnesium, General theory, *Soil Sci. Soc. Am. J*, 45, 777-781.
  - 46) Fenn L. B., Kissel D. E., 1973, Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soils, General theory, *Soil Sci. Soc. Am. Proc*, 37, 855-859.
  - 47) Hadas A., Bar-Yosef B., Davidov S., Sofer M., 1993, Effects of pelleting, temperature and soil type on normal nitrogen release from poultry and daily manures, *Soil. Sci. Am. J*, 47:1129-1133.
  - 48) Sistani K. R., Rowe D. E., McGowen S. L., Brink G. E., Miles D. M., 2001, Impact of drying method, rearing temperature and dietary phosphorus level on broiler manure nutrient composition. In *Addressing Animal Production and Environmental Issues*, Oct. 3-5, Sheraton Imperial, Research Triangle Park, NC, USA.
  - 49) Sims J. T., 1986, Nitrogen transformations in a poultry manure amended soil: Temperature and moisture effects, *J. Environ. Qual*, 15, 59-63.
  - 50) Sims J. T., 1987, Agronomic evaluation of poultry manure as a nitrogen source for conventional and no-tillage corn, *Agron. J*, 79, 563-570.
  - 51) Kulling D. R., Menzi H., Krober T. F., Neftel A., Sutter F., Lischer P., Kreuzer M., 2001, Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from different types of dairy manure during storage as affected by dietary protein content, *J. Agric. Sci*, 137, 235-250.
  - 52) Shreve B. R., Moore P. A. Jr., Daniel T. C., Edwards D. R., Miller D. M., 1995, Reduction of phosphorus in runoff from field-applied poultry litter using chemical amendments, *J Environ Qual*, 24, 106-111.
  - 53) Serna M. D., Pomares F., 1991, Comparison of biological and chemical methods to predict, *Biological and Fertilized Soils*, 12, 89-94.
  - 54) Honeycutt C. W., Potaro L. J., 1990, Field evaluation of heat nits for predicting crop residue carbon and nitrogen mineralization, *Plant and Soil*, 125, 213-220.
  - 55) Van Kessel J. S., Reeves J. B. III., Meising J. J., 2000, Nitrogen and carbon mineralization of potential manure components, *J. Environ. Qual*, 29, 1669-1677.