

두 가지의 화학제재 첨가가 육계 깔짚내 질소와 수용성 인의 함량에 미치는 영향

최인학[†] · 남기홍

대구대학교 자연자원대학 가축사료영양학 연구실

Effects of Applying Two Chemical Additives to the Litter on Nitrogen and Soluble Reactive Phosphorus Contents of Litter in Broiler House

I. H. Choi[†] and K. H. Nahm

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 effects of two chemical additives on nitrogen (N) and soluble reactive phosphorus (SRP) contents in litter (rice hull) after broiler chicks were raised for 42 days. Two different additives were applied as a top dressing to the litter at a rate of 200 g ferrous sulfate (FeSO_4) or 200 g aluminum sulfate [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, Alum] per kg litter, while the control group did not have the two chemicals added to the litter. A total of 64 broiler chicks (4 treatments \times 4 replicates \times 4 birds) were fed the experimental diets for 6 weeks. There was no difference in pH between the two chemical treatments and control group, but SRP content was significantly affected on it ($P<0.01$). SRP contents from ferrous sulfate and alum treated litter at 6 weeks were reduced by 79% and 60%, respectively, as the two chemical treatments decreased the pH compared to the control group. In the ferrous sulfate treated litter, EC, TC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, and IN contents did not show any difference between FeSO_4 treatment and control. However, the differences between FeSO_4 treatment and control were found in moisture, TN, ON, AN, PAN, C:N, and C:ON contents ($P<0.01$). As seen in the alum treated litter, there were differences in moisture, TC, TN, $\text{NH}_4\text{-N}$, IN, AN, PAN, and C:N contents between alum treatment and control ($P<0.05$ and 0.01) but no differences in EC, $\text{NO}_3\text{-N}$, ON, and C:ON. In conclusion, the results of this research show that ferrous sulfate and alum-treatment of poultry litter has the potential to increase N and reduce SRP content by lowering litter pH and moisture content.

(Key words: litter, ferrous sulfate, aluminum sulfate, nitrogen, soluble reactive phosphorus)

서론

가축분뇨나 깔짚 등에서 발생하는 축산 부산물은 부적절한 관리로 인하여 토양, 수질 및 대기오염을 가속화시키고 있어 이에 대한 규제가 강화되고 있다(MAFF, 1991; 농촌진흥청, 2002). 특히 양계장에서 계사의 바닥재로 이용되는 깔짚은 적절하게 이용하지 않으면 질소(N)와 인(P) 성분의 손실로 환경문제를 야기시키고 있다. 그러나 깔짚은 질소(N), 인(P) 및 칼리(K)를 포함한 작물의 영양소원으로 중요한 역할을 하며 유기질비료로 대체할 수 있는 것으로 보고되어 있다(Edwards and Daniel, 1992; Sims and Wolf, 1994).

일반적으로 깔짚의 특성은 매우 다양한 것으로 알려져 있

다(Edwards and Daniel, 1993). 그러나 우리나라에서 생산되는 깔짚은 환경적 영향에 대한 깔짚의 처리 효과와 특성에 대한 연구 보고가 많지 않아 양계 생산자에게 올바르게 전달하지 못하고 있다. 또한 깔짚에서 발생하는 과잉의 질소와 인의 배출은 일차적인 요인이 섭취한 사료에서 기인되고 있고(Choi and Nahm, 2003), 품종, 사육수수, 깔짚의 형태와 양 및 깔짚에 함유된 수분 함량도 질소와 인의 배출에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Perkin et al., 1964).

깔짚과 계분 중에 함유된 질소와 인의 양을 줄이기 위해 외국에서는 화학제재 첨가 방법이 많이 연구되고 있다. Shreve et al.(1995)은 ferrous sulfate와 aluminum sulfate를 깔짚에 첨가한 연구에서 수질오염의 원인이 되는 수용성 인

[†] To whom correspondence should be addressed : tdf3582@icqmail.com

(soluble reactive phosphorus, SRP) 함량을 각각 77%, 87% 감소된다고 보고한 바 있다. Moore Jr et al.(1995)은 육계의 깔짚에 aluminum sulfate [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$](Alum)을 첨가하여 연구를 수행한 결과, 질소 손실이 줄어 들었으며 발생하는 휘발 암모니아는 99%까지 감소된다고 보고하였다. 그리고 화학제제(Alum)를 첨가하는 것이 경제적인 측면에서도 가격 상승 요인을 제거할 수 있는 확실한 방법이라고 하였다 (Moore Jr, 1995).

양계장에서 생산되는 깔짚을 퇴비로 이용하거나 토양에 살포하기 위하여 작물이 필요로 하는 질소 이용성 평가에 대한 방법을 연구한 결과 연구자들은 다음과 같은 방정식을 제시하였다. C:N(Castellanos and Pratt, 1981)과 C:ON(Chadwick et al., 2000)등에 의한 방정식, 총 질소(total nitrogen, TN) 함량은 TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)+ NO_3-N (Douglas and Magdoff, 1991), 무기 질소(inorganic nitrogen, IN) 함량은 NH_4-N+NO_3-N (Chadwick et al., 2000), 유기 질소(organic nitrogen, ON) 함량은 TN-IN(Bitzer and Sims, 1988), 이용할 수 있는 질소(available nitrogen, AN) 함량은 $IN+0.4 \times ON$ (Knezek and Miller, 1976), 예측하여 이용할 수 있는 질소(predicted available nitrogen, PAN) 함량은 $PAN = 80\% IN + 60\% ON$ (Bitzer and Sims, 1988)으로 하였다. 본 연구는 화학제제를 깔짚에 처리한 구와 화학제제를 처리하지 않는 각 대조구를 비교하여 질소 이용성 평가와 깔짚내 질소와 수용성 인 함량을 분석하여 성분 변화의 가능성을 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물, 사양관리 및 시험설계

본 시험은 2002년 10월 31일부터 2002년 12월 11일까지 갓 부화된 병아리(Arbor Acres)를 총 42일 동안 대구대학교 동물 사육실에서 실시하였다. 시험축의 배치는 2개의 계사에 각각 처리구와 대조구를 두어 각각 32수씩(2처리×4반복×4수) 총 64수를 배치하였다. 시험계사는 창문이 있는 반 개 방식 계사로서 실내온도는 성장함에 따라 자동 조절되게 하였다. 사료와 물은 자유급식을 시켰으며 점등은 전 시험기간 동안 종야점등으로 실시하였다.

2. 시험사료

본 시험에 이용된 시험사료의 배합비 및 영양소 함량은 Table 1과 같다. 시험사료는 2개의 처리구로 나누었으며

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; rivoftavin, 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 · 후기 구별하여 0~21일령에는 Diet 1을 22~42일령에는 Diet 2를 급여하였다.

3. 화학제제 첨가방법

케이지 면적은 약 0.3125 m²/bird로, 깔짚으로 이용된 왕겨의 깊이는 10 cm 정도 되게 각 케이지 바닥에 깔았다 (Johnston et al., 1981). 화학제제 첨가는 각 사양시험이 시작

되기 3일 전에 두 처리구를 화학제제로 top dressing 하였다. Top dressing을 한 후 손 갈퀴로 가볍게 왕겨 위를 전반적으로 갈퀴질해 주었다(Reece et al., 1979). 대조구는 화학제제를 첨가하지 않은 채 같은 방법으로 갈짚만 케이지 바닥에 깔았다. 각 시험구는 아래의 화학제제를 왕겨 kg당 200 g씩 첨가하였다.

- 1) 대조구와 화학제제 처리구[FeSO₄ · 7H₂O (200 g)/kg rice bran]
- 2) 대조구와 화학제제 처리구[(Al₂(SO₄)₃ · 14H₂O(Alum), (200 g)/kg rice bran)]

4. 시료채취

실험이 끝난 후 42일령 병아리를 다른 빈 케이지로 옮긴 후 갈짚은 철저히 다시 섞은 후 각 케이지마다 100~150 g씩 갈짚을 채취하여 플라스틱 백에 넣은 후 공기를 차단하여 냉장고(4℃ 유지)에서 다음 분석까지 보관하였다(Moore Jr., 1995).

5. 갈짚의 성분 분석방법

1) 일반분석

pH는 10 g 시료에 50 mL 증류수를 가한 후 실온에서 30분간 둔 후에 pH meter(Mettler Delta 350, CH-8902 Urdorf, Switzerland)로 측정하였다(Veloso et al., 1974). 전기전도도(Electronic conductivity, EC)는 pH 측정 후 그 시료를 그대로 EC meter(Mate 90, Science Products Division Corning NY 14831, USA)를 이용하여 측정하였다. 수분 함량은 갈짚 내의 질소량의 변화와 유기물 함량의 변화를 막기 위하여 건조오븐을 이용하여 63℃에서 72시간 동안 둔 후 무게 차이로 계산하였다(Kithome et al., 1999). 총 탄소(total carbon, TC) 함량은 건조된 시료를 전열판에서 연기가 나지 않을 때까지 태운 후 550℃ 회화로에서 2시간 30분 정도 회화시켜 Dessicator에 옮겨 식힌 후 (30분간) 함량을 정량하였다(순수 무기물만 남음). 그런 후에 계산하였다(농촌진흥청, 1999).

2) 질소(N) 함량 분석

총 켈달 질소(Total Kjeldahl Nitrogen, TKN)의 분석은 5 g 시료에 20 mL Na₂S₂O₃ · 5H₂O, 40 mL H₂SO₄ 및 분해 촉매제(K₂SO₄와 CuSO₄ 10:1의 비율로 혼합)를 첨가하였다. 그런 후 Kjeldahl 분해 증류 장치에서 5시간 정도 분해 증류한 후 증류액을 1/14 N HCl 용액으로 적정하여 TKN을 계산식에 의

하여 계산하였다(Nahm, 1992). NH₄-N는 2 g 시료에 2 g MgO 과 15 mL 2M KCl을 첨가하여 이것들을 증류한 다음 그 증류액을 0.005 N H₂SO₄ 적정치로 적정한 후 이것을 NH₄-N의 계산식을 이용하여 계산하였다(South Dakota State University Agricultural Experiment Station, 1995). NO₃-N은 5 g 시료를 5 mL lead acetate 용액과 100 mL 증류수로 추출한 다음 여과액을 취하여 다시 100 mL 증류수와 10 mL 45% NaOH를 첨가하여 Kjeldahl 분해 증류 장치에서 100 mL를 포집하였다. 포집한 액을 3 g Devarda's alloy를 첨가하여 증류하였으며 증류액을 1/14 N HCl 적정치로 적정하여 NO₃-N을 계산하였다(Nahm, 1992). TN, IN, ON, AN 및 PAN의 함량은 다음 공식에 의하여 계산하였다.

TN = TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)+NO₃-N (Douglas and Magdoff, 1991)

IN = NH₄-N+NO₃-N (Chadwick et al., 2000)

ON = TN-IN (Bitzer and Sims, 1988)

AN = IN+0.4×ON (Knezek and Miller, 1976)

PAN = 80% IN+60% ON (Bitzer and Sims, 1988).

3) 수용성 인(P) 함량 분석

수용성 인(soluble reactive phosphorus, SRP)의 분석은 시료 20 g에 증류수 200 mL를 가한 후 추출하여 실온에서 2시간 정도 둔 후 6,000 rpm에서 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리한 추출액은 영김현상을 방지하기 위해서 HCl로 pH를 2에 맞춘 다음 0.45 μm membrane filter를 이용하여 여과시켰다. 여과액은 일정 비율로 희석한 후 ascorbic acid 분석방법을 이용하여 발색제로 발색시킨 후 Spectrophotometer [UV-24DI(PC) 5, SHIMADZU, Australia]를 이용하여 880 nm로 흡광도를 고정한 후 그 수치를 측정하여 SRP 함량에 이용하였다(American Public Health Association, 1992; Moore Jr et al., 2000).

6. 통계처리

본 연구에서 얻어진 수치들은 t-test에 의하여 평균치를 비교하였다(Snedecor and Cochran, 1969). 유의성 검정은 평균치간에 5%와 1% 수준에서 검정하였다.

결 과

Table 2에서는 6주 후에 갈짚내에서 형성된 두 화학제제

(FeSO₄와 Alum)와 그들 각각에 대한 대조구의 pH와 수용성 인 함량을 나타내고 있다. FeSO₄와 Alum 처리구에 대한 각각의 대조구에서 pH는 유의성이 없었지만, SRP 함량은 고도의 유의성이 인정되었다(P<0.01). Table 3과 4에서는 42일령 병아리를 다른 케이지에 옮긴 후 깔짚을 분석·계산한 두 화학제제의 처리구(FeSO₄와 Alum)와 그들 각각에 대한 대조구들에 대한 각종 질소 함량을 나타내고 있다. FeSO₄ 처리구와 대조구의 결과에서 EC, TC, NH₄-N, NO₃-N 및 IN 함량은 유의성이 없었지만, 수분, TN, ON, AN, PAN C:N 및 C:ON은

고도의 유의성이 인정되었다(P<0.01). 그리고 Alum 처리구와 대조구의 결과는 EC, NO₃-N, ON 및 C:ON을 제외한 수분, TC, TN, NH₄-N, IN, AN, PAN 및 C:N은 통계적 유의성이 인정되었다(P<0.05와 0.01).

고 찰

1. pH와 수용성 인(SRP) 함량 변화

FeSO₄와 Alum은 각각 깔짚에 첨가하였을 때 깔짚내의 pH는 낮았으며 수용성 인 함량은 감소된다고 보고되어 있는데 (Moore Jr et al., 1999, 2000), 본 실험의 결과와 일치하였다. 즉 Table 2에서 보면 pH값은 FeSO₄·7H₂O 첨가구는 비록 통계적 차이는 없었지만 낮았으며 SRP값은 유의하게 낮았다. 또 Alum을 깔짚내에 처리한 구도 FeSO₄·7H₂O를 처리한 구와 마찬가지로 결과를 보였다. 몇 년 동안 수행한 Field-Scale 연구에서 Moore Jr et al.(1999, 2000)은 정상적인 깔짚보다 Alum을 처리한 깔짚을 시비한 목초에서 유거수(runoff) 인을 73~78%까지 낮추었다고 보고하였다. 본 연구의 결과에 의하면 두 화학제제 처리구(FeSO₄와 Alum)의 SRP 함량은 두 대조구와 비교할 때 각각 79%와 50%씩 감소되었다.

Ripley(1974)는 Alum과 Fe 침전 반응을 다음과 같이 기술

Table 2. Mean(±SEM) values of pH and SRP contents in ferrous sulfate and aluminum sulfate treated broiler litter after 42 days

Treatments	pH	SRP ³ (mg/kg)
Control	7.30±0.32	1686.49±195.73
FeSO ₄ ·7H ₂ O	6.58±0.81	346.14± 91.05
Significance ¹	NS ²	**
Control	7.71±0.38	1874.63±176.29
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14H ₂ O	7.17±0.05	950.35± 30.53
Significance	NS	**

¹ t-test., ² NS=Not significant.

³ SRP=Soluble reactive phosphorus., **P<0.01.

Table 3. Mean(±SEM) values of nitrogen contents and available nitrogen contents in broiler litter treated with ferrous sulfate after 42 days of age

Items	Control	FeSO ₄ ·7H ₂ O	Significance ¹	Reference
Moisture (%)	55.07±0.92	21.06±3.46	**	
EC(ms cm ⁻¹) ²	10.79±0.44	10.95±1.18	NS ¹²	
TC ³ (%)	47.42±0.17	48.15±0.38	NS	
TN ⁴ (mg/g)	26.20±0.02	41.20±0.21	**	Douglas and Magdoff(1991), TN=TKN ¹¹ +NO ₃ -N
NH ₄ -N(mg/g)	7.30±0.03	8.80±0.17	NS	
NO ₃ -N(mg/g)	0.60±0.01	0.70±0.01	NS	
ON ⁵ (mg/g)	18.30±0.04	31.70±0.36	**	Bitzer and Sims(1988), ON=TN-IN
IN ⁶ (mg/g)	7.90±0.04	9.50±0.18	NS	Chawick et al.(2000), IN=NH ₄ -N+NO ₃ -N
AN ⁷ (mg/g)	15.22±0.02	22.18±0.08	**	Knezek and Miller(1996), AN=IN+0.4×ON
PAN ⁸ (mg/g)	17.30±0.02	26.62±0.11	**	Bitzer and Sims(1988), PAN=80%IN+60%ON
C : N ⁹	18.10±0.18	11.68±0.58	**	
C : ON ¹⁰	25.91±0.65	13.49±1.43	**	

¹ t-test., ² EC=Electronic conductivity; ³ TC=Total carbon; ⁴ TN=Total nitrogen.

⁵ ON=Organic nitrogen; ⁶ IN=Inorganic nitrogen., ⁷ AN=Available nitrogen; ⁸ PAN=Predicted available nitrogen.

⁹ C : N=Total carbon : total nitrogen., ¹⁰ C : ON=Total carbon : organic nitrogen; ¹¹ TKN=Total Kjeldahl nitrogen.

¹² NS=not significant. ** P<0.01.

Table 4. Mean(\pm SEM) values of nitrogen contents and available nitrogen contents in broiler litter treated with alum after 42 days of age

Items	Control	Alum ¹²	Significance ¹	Reference
Moisture (%)	49.73 \pm 1.32	43.24 \pm 0.57	*	
EC(ms cm ⁻¹) ²	10.80 \pm 0.43	15.65 \pm 0.28	NS ¹³	
TC ³ (%)	46.81 \pm 0.32	45.62 \pm 0.20	*	
TN ⁴ (mg/g)	26.40 \pm 0.09	29.50 \pm 0.50	*	Douglas and Magdoff(1991), TN=TKN ¹¹ +NO ₃ -N
NH ₄ -N(mg/g)	8.20 \pm 0.04	10.50 \pm 0.05	*	
NO ₃ -N(mg/g)	0.60 \pm 0.01	0.70 \pm 0.01	NS	
ON ⁵ (mg/g)	17.60 \pm 0.09	18.30 \pm 0.10	NS	Bitzer and Sims(1988), ON=TN-IN
IN ⁶ (mg/g)	8.80 \pm 0.05	11.20 \pm 0.05	*	Chawick et al.(2000), IN=NH ₄ -N+NO ₃ -N
AN ⁷ (mg/g)	15.84 \pm 0.05	18.52 \pm 0.01	**	Knezek and Miller(1996), AN=IN+0.4 \times ON
PAN ⁸ (mg/g)	17.60 \pm 0.06	19.94 \pm 0.02	*	Bitzer and Sims(1988), PAN=80%IN+60%ON
C : N ⁹	17.73 \pm 0.55	15.41 \pm 0.22	*	
C : ON ¹⁰	26.60 \pm 1.35	24.53 \pm 1.25	NS	

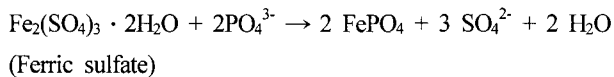
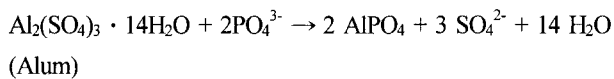
¹ t-test, ²EC=Electronic conductivity; ³ TC=Total carbon; ⁴ TN=Total nitrogen, ⁵ ON=Organic nitrogen; ⁶ IN=Inorganic nitrogen.

⁷ AN=Available nitrogen; ⁸ PAN=Predicted available nitrogen., ⁹ C : N=Total carbon : total nitrogen.

¹⁰ C : ON=Total carbon : organic nitrogen; ¹¹ TKN=Total kjeldahl nitrogen., ¹² Alum=Al₂(SO₄)₃ · 14H₂O.

¹³ NS=Not significant., *P<0.05; **P<0.01.

하고 있다.



이들 반응을 보면 Al과 Fe 등 산 화합물이 인과 결합하여 안정화되도록 하여 SRP 함량을 감소시키는 역할을 하고 있다는 것을 알 수 있다(Ripley, 1974).

2. 질소(N) 함량의 변화

본 연구에서 보면(Table 2, 3 및 4) 두 화학제제 처리구는 각각의 대조구보다 pH와 수분 함량이 낮았으며 질소 함량은 높다는 결과를 보여 주었다. 이는 Carlile(1984)와 Moore Jr et al.(1995, 2000)이 FeSO₄, Alum을 깔짚에 첨가하면 질소 손실이 감소되며, pH와 미생물 활성에 의해서 발생하는 수분 함량이 낮아진다는 보고와 본 연구는 일치하였다. 깔짚에서 발생하는 질소 손실은 일차적으로 pH와 수분에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Reddy et al., 1979; Elliott and Collins, 1982; Nahm, 2003). 또 Moore Jr et al.(1995)은 Alum을 깔짚에 처리하면 pH가 산쪽으로 향하여 질소 손실은 감소된다고 하였다. 그러나 Burgess et al.(1998)은 깔짚에 Alum (small-

10 g, large-100 g)을 처리한 결과, pH는 낮추지만 수분 함량에는 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

본 연구에서는 TC 수준이 FeSO₄ · 7H₂O 처리구와 대조구 사이에서 차이가 없는 것으로 Table 3에서 보여주고 있다. 그러나 Table 4에서는 Alum을 깔짚에 처리했을 때 대조구와 비교하여 그 수준은 유의하게 차이를 보였다. 깔짚이 분해되는 과정에서 미생물 활성에 의한 기질 변화, lignin 같은 난분해성 물질의 증가 등은 TC 수준에 영향을 주는 것으로 보고되어 있다(Mindermann, 1968; Chadwick et al., 2000). 그러나 이에 대한 연구는 많지 않기 때문에 본 연구 결과를 이야기하기에는 어렵지만 이에 대한 연구가 앞으로 많이 이루어져야 함은 자명한 이치이다.

Table 3과 4에서 분석된 TN 함량은 두 화학제제를 처리한 구에서 높게 나타나 있는데 Alum과 FeSO₄ 등의 화학제제를 깔짚에 첨가하면 TN 함량이 높다는 여러 학자들의 보고(Moore Jr et al., 1995; Shreve et al., 1996; Kulling et al., 2001)와 일치하였다. TN 함량이 높아지면 NH₄-N와 NO₃-N 함량이 높아지게 된다(Hadas et al., 1993). 본 연구결과는 FeSO₄ · 7H₂O를 처리할 경우 유의성은 인정되지 않았지만 NH₄-N와 NO₃-N에서 공히 대조구보다 높게 나타나 있으며, Alum 처리구는 NH₄-N가 대조구에 비교하여 유의하게 높았으나 (P<0.05), NO₃-N의 경우 대조구에 비교하여 차이는 적지만 높게 나타나는 경향이였다. 이는 대조구와 화학제제를 첨가

한 깔짚에서 그 특성과 결합력 상태 및 분석된 값의 오차 등이 영향을 미치는 것으로 생각된다.

TN 함량을 기준으로 할 때 FeSO_4 와 Alum 처리구는 ON 비율이 각각 77%와 62%였지만, 두 대조구의 ON 비율은 각각 70%와 67%였다. TN 함량을 기준으로 할 때 각 대조구의 IN 비율은 각각 30%와 33%, FeSO_4 와 Alum 처리구의 IN 비율은 각각 23%와 38%였다. ON과 IN 수준은 Table 3에서는 ON의 함량에서 처리구가 대조구보다 유의하게 높게 나타나 있으나 Table 4에서는 IN 함량에서 Alum 처리구가 대조구보다 유의하게 높게 나타나 있다. 그러나 한 가지 사실은 Table 3과 4에서 ON이나 IN 공히 처리구가 대조구보다 높다는 것이다. Chadwick et al.(2000)은 깔짚과 축분에서 함유된 TN 함량 중에 ON이 14~99%이었으며 깔짚과 축분의 특성에 따라 차이를 나타낸다고 하였다. Moore Jr et al.(1995)과 Kithome et al.(1999)은 깔짚에 Alum을 첨가한 연구에서 깔짚 내 N 함량이 두 배로 증가한다고 하였으며 또 그들의 연구 결과에 따르면 TN 함량은 20~40%가 무기형태의 질소(IN)라고 보고한 바 있다. 특히 $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 계분과 깔짚내에 함유된 IN의 주요 형태이다(Douglas and Magdoff, 1991). 식물이 흡수하는 과정은 ON에서 IN으로 전환되는 광물질화 작용을 이용한다(MAFF, 1994; Chadwick et al., 2000).

본 연구에서 AN과 PAN 함량은 두 대조구보다 두 처리구에서 유의하게 높았다. Table 3과 4에서 보면 AN과 PAN 함량 차이는 TN, ON 및 IN 함량에 의해 결정되는 것으로 생각되며, 깔짚에 화학제제를 첨가했을 때 TN과 IN 함량이 높다는 보고는(Moore Jr et al., 1995; Kulling et al., 2001) 본 연구 결과를 뒷받침해 주고 있다. 유기 잔존물은 성장하는 작물이 이용할 수 있는 질소(AN, PAN)의 분포를 기준으로 하여 그 비율을 토양에 적용한다(Douglas and Magdoff, 1991). 그리고 토양과 작물이 이용할 수 있는 질소(AN, PAN)의 양은 토양의 특성, 온도, 수분, 기후 등을 포함하여 잔존물의 특성에 영향을 준다(Sims, 1986; Douglas and Magdoff, 1991). 따라서 깔짚은 TN, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량을 반드시 분석한 뒤 본 연구에서 이용한 질소 평가방법을 이용하여 화학제제를 처리한 깔짚을 토양에 시비할 경우 작물에 필요한 질소 함량(IN, ON, AN, PAN)을 계산해 내는데 도움이 될 것이다(Mathers and Goss, 1979). 그러나 토양과 작물이 이용할 수 있는 AN과 PAN에 관련된 결과를 얻었다 하더라도 여러 가지 요인 등에 의해서 일치되지 않는 경우도 있다(Chescheir et al., 1986; Sims, 1986; Bitzer and Sims, 1988; Douglas and Magdoff, 1991).

Table 3과 4에서 보면 C:N과 C:ON은 두 대조구보다 두 화

학제제 처리구가 낮았다. 계분과 깔짚의 C:N과 C:ON은 다양해서 그 비율을 보면 각각 1~27, 1~40으로 보고되고 있어서(Bitzer and Sims, 1988; Chadwick et al., 2000; Nahm, 2002; 농촌진흥청, 1999), 본 연구를 뒷받침하고 있다. 퇴비화 과정에서 질소의 광물질화가 잘 되는 것은 C:N이 낮은 것을 의미한다(Mary and Recous, 1994). Kirchmann(1985)은 C:ON이 15이상일 때 질소가 고정되지만, 15이하일 때는 광물질화 작용이 크다고 하였다.

적 요

본 연구에서는 두 화학제제(FeSO_4 와 Alum)를 처리한 영향이 깔짚 위에서 육계를 42일간 사육한 후 깔짚내 질소와 수용성 인 함량에 어떤 차이가 있는지 대조구와 비교시험을 하였다. 2가지 실험은 처리구에서 깔짚 kg당 화학제제를 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 200 g이나 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ 200 g을 top dressing 한 후 그 각각을 대조구와 비교하였다. 사양시험에서는 총 64수(4처리×4반복×4수)의 육계를 배치하였다.

두 화학제제 처리구(FeSO_4 와 Alum)는 두 대조구와 비교할 때 pH는 통계적 유의성이 없었지만, 수용성 인 함량은 고도의 유의성이 인정되었다($P < 0.01$). 두 화학제제 처리구(FeSO_4 와 Alum)의 SRP 함량은 대조구 각각보다 79%와 60%의 감소를 보였다. FeSO_4 처리구와 대조구간에는 EC, TC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 IN 함량은 유의성이 없었지만, 수분, TN, ON, AN, PAN C:N 및 C:ON은 통계적 유의성이 인정되었다($P < 0.01$). Alum 처리구와 대조구의 결과는 EC, $\text{NO}_3\text{-N}$, ON 및 C:ON을 제외한 수분, TC, TN, $\text{NH}_4\text{-N}$, IN, AN, PAN 및 C:N은 통계적 유의성이 인정되었다($P < 0.05$ 와 0.01). 본 연구 결과를 다시 종합하면 깔짚에 두 화학제제를 각각 처리할 경우 깔짚내의 질소 함량은 높았으며 SRP 함량을 감소시켰다.

(색인어: 깔짚, FeSO_4 , Alum, 질소, 수용성 인)

인용문헌

- American Public Health Association 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. A. E. Greenberg, L. S. Clesceri, and A. D. Eaton, ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Bitzer CC, Sims JT 1988 Estimating the availability of

- nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J Environ Qual* 17:47-54.
- Burgess RP, Carey JB, Shafer DJ 1998 The impact of pH nitrogen retention in laboratory of broiler litter. *Poultry Sci* 77:1620-1622.
- Carlile FS 1984 Ammonia in poultry houses: A literature review. *World's Poultry Sci J* 40:99-113.
- Castellanos JZ, Pratt PF 1981 Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indices. *Soil Sci Soc Am J* 44:354-357.
- Chadwick DR, John F, Pain B F, 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.
- Chescheir GM, Westerman III PW, Safley Jr LM 1986 Laboratory methods for estimating available nitrogen in manures and sludges. *Agri Wastes* 18:175-195.
- 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.
- Douglas BF, Magdoff FR 1991 An evaluation of nitrogen mineralization indices for organic residues. *J Environ Qual* 20:368-372.
- Edwards DR, Daniel TC 1992 Environmental Impacts of On-Farm Poultry Waste Disposal. *Bioresource Technology* 41:9-33.
- Edwards DR, Daniel TC 1993 Effects of poultry litter application rate and rainfall intensity on quality of runoff from fescue grass plots. *J Environ Qual* 22:361-365.
- Elliott HA, Collins NE 1982 Factors affecting ammonia release in broiler litter. *Trans ASAE* 39(3):1135-1144.
- Hadas A, Bar-Yosef B, Davidov S, Sofer M 1993 Effect of pelleting, temperature and soil type on normal nitrogen release from poultry and dairy manures. *Soil Sci Am J* 47:1129-1133.
- Johnston NL, Quarles CL, Faberberg DJ, Caveny DD 1981 Evaluation of yucca saponin on broiler performance and ammonia suppression. *Poultry Sci* 60:2289-2292.
- Kirchmann H 1985 Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. *Acta Agr Scan* 24(Supple) 75.
- 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.
- Knezek, BD, Miller RH 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.
- Kulling DR, Menzi H, Krober TF, Nefel 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.
- MAFF 1991 Code of good agricultural practice for the protection of water. London:HMSO, London pp.79.
- MAFF 1994 Fertilizer Recommendations. Reference Book 209. 6th Edition. London: HMSO.
- Mary B, Recous S 1994 Measurement of nitrogen mineralization and immobilization fluxes in soil as a means of predicting net mineralization. *European J Agri* 3:1-10.
- Mathers AC, Goss DW 1979 Estimating animal waste applications to supply crop nitrogen requirements. *Soil Sci Am Proc* 43:364-366.
- Mindermann G 1968 Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *J Ecology* 56:355-362.
- Moore Jr PA 1995 Reducing ammonia volatilization from poultry litter with aluminum sulfate. In: Proceeding of the Meeting Arkansas Nutrition Conference, Clarion Inn Fayetteville Ar USA pp:104-119.
- 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 1992 Practical Guide to Feed, Forage and Water Analysis(English Edition). Yoo Han Pub. Co.; Seoul, South Korea.
- 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.
- Nahm KH 2003 Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. *World's Poultry Sci* 59:77-88.
- Perkin HF, Parker MB, Walker ML 1964 Chicken manure-its production, composition, and use as a fertilizer. *Bull. NS 123*, Georgia Agriculture Experiment Station, Athens, GA.
- Reddy KR, Khaleel R, Overcash MR, Westerman PW 1979 A nonpoint source model for land areas receiving animal wastes: II. ammonia volatilization. *Trans. ASAE* 22:1398-1405.
- Reece FN, Bates BJ, Lott BD 1979 Ammonia control in broiler houses. *Poultry Sci* 58:754-755.
- Ripley PG 1974 Nutrient removal-an American experience. *J Water Pollut Control Fed* 46:406-416.
- Sims JT 1986 Nitrogen transformations in a poultry manure amended soil: temperature and moisture effects. *J Environ Qual* 15:59-63.
- Sims JT, Wolf DC 1994 Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Adv Agron* 52: 1-83.
- Shreve BR, Moore, Jr PA, Daniel TC, Edwards DR, Miller DM 1995 Reduction of phosphorus in runoff from field-applied poultry litter using chemical amendments. *J Environ Qual* 24:106-111.
- Shreve BR, Moore Jr PA, Miller DM, Daniel TC, Edwards DR 1996 Long-Term Phosphorus Solubility in Soils Receiving Poultry Litter Treated with Aluminum, Calcium, and Iron amendments. *Commun Soil Sci Plant Anal* 27(11&12): 2493-2510.
- Snedecor GW, Cochran WG 1969 *Statistical Methods*, 6th Ed., Iowa State University Press Ames IA USA.
- South Dakota State University Agricultural Experiment Station 1995 SOIL TESTING PROCEDURES. *Plant Science Pamphlet* 81:60-61.
- 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.
- 농촌진흥청 1999 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용.
- 농촌진흥청 2002 비료관리 법령.