

육계의 성장 촉진을 위한 사료 첨가제로서의 희토(稀土)

함숙경 · 송태화 · 장광천 · 허삼남 · 박홍석[†]

전북대학교 동물자원과학과, 희토생물응용연구소

Rare Earth as a Feed Additive for Broiler Growth

S. K. Ham, T. H. Song, G. Q. Zhang, S. N. Hur and H. S. Park[†]

Dept. of Ani. Resources and Biotech., The Institute of Rare Earth for Biological Application, Chonbuk National Univ., Chonju, Korea 561-756

ABSTRACT In order to study the effect of feeding rare earth(RE) on growth of broiler chicks, feed conversion ratio, and probable harmfulness of feeding high levels of RE, two feeding trials with broiler chicks were conducted; one using a commercial broiler compound feed and the other using a self mixed feed excluding any growth stimulating feed additives.

The the first trial used three hundred sixty of one day old Cobb broiler chicks for six levels of dietary supplementation of RE ; 0, 100, 200, 400, 800 and 1,600 mg/kg. There were significant effect of RE stimulating broiler chick growth and improving feed conversion ratio, The dietary supplementation of RE at a level of 100 mg/kg was the best of all and increased body weight gain by 8.9% ($p<0.05$). Chicks fed RE at a level of 1,600 mg/kg grew as good as chicks fed feeds without RE and did not show any abnormalities.

The second feeding trial was conducted in the same manner as the first trial using Ross broiler chicks and self-mixed experimental diets supplemented with RE at levels of 0, 50, 100 and 150 mg/kg. Differently from Results of the first trial, body weight gain and feed conversion ratio of were the best at the level of 50 mg/kg RE supplementation($p<0.05$). In this trial all the birds fed RE showed significantly lower ratio of abdominal fat against live weight than those of the control group birds. Overall, it can be said that dietary supplementation of RE will improve broiler growth and feed conversion ratio and the proper dietary level would be 50~100 mg/kg. These results suggested that the proper level of RE for broiler chicks would be 50 to 100 mg/kg and its effectiveness is varied depending upon RE mixture. There appears abdominal fat of broiler chicks is decreased by feeding RE but further investigation is in need.

(Key words: rare earth, broiler growth)

서 론

희토(稀土, rare earth)란 란탄족 원소 La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, 그리고 이들과 화학적 성질이 비슷한 Sc과 Y을 합친 총 17개 원소를 총칭하는 용어이다. 희귀한 흙이라는 데서 비롯된 이름이나 지극히 희귀한 원소들은 아니며, 지각의 일부 제한된 지역에 농축되어 존재하곤 한다. 희토 원소들은 첨단 산업 소재로 광범위하게 활용되고 있으며, 의학 분야에서도 다양하게 연구 응용되고 있다(Deveci 등, 2000; Evans, 1990; Hirano와 Suzuki, 1996; Kim 등, 1984; Yang 등, 1984). 희토 원소를 동물에게 급여하려는 시도는 우연하게도 중국의 한 보건연구소(Jiang-Xi Hu-

man Health Research Institute)에서 희토 원소의 만성적 독성 연구를 진행하던 중 토끼의 성장 촉진 현상이 관찰되면서 비롯되었다. 희토 자원이 풍부한 중국에서는 일찍이 희토에 대한 개발 연구를 국가적 차원에서 진행하여 왔으며, 그 결과 지난 20여년에 걸쳐 닭이나 오리, 돼지, 비육우, 그리고 기타 실험동물 등 여러 동물의 성장 촉진 효과에 대한 연구 결과가 보고되었다(Zhang, 1988; Shen 등, 1991; He와 Xia, 1998; Yang 등, 2000). 나아가 젖소의 산유량 증가와 산란계의 난생산 증가도 보고되었다(Yang 등, 1994; Lei 등, 2001).

한편으로는 희토 원소들이 생체에서 작용하는 기전을 밝히려는 노력도 꾸준히 진행되어 왔다. 체내 효소의 활성을 높여주는 조효소로서 희토의 영양소적 역할(Yang 등, 1992:

[†] To whom correspondence should be addressed : bigtinpark@yahoo.co.kr

He 등, 2003), 성장 호르몬 분비를 촉진하고 갑상선 호르몬 분비를 억제하여 스트레스를 감소시키고 성장을 촉진하는 내분비적 기능(Nie, 1994; Wang과 Xu, 2003), 면역력 향상 등 여러 생물학적 기능이 보고되었다. Chen(1991)은 장내 해로운 박테리아의 성장을 억제함으로써 어린 동물의 폐사를 감소시킬 수 있다고 하였다. 희토의 미생물에 대한 작용은 Ln^{3+} 의 경우, 농도 10^{-4} 내지 10^{-2} 에서 박테리아나 곰팡이 그리고 효모의 성장을 억제하는 반면, 낮은 농도 10^{-5} 에서는 박테리아의 증식을 촉진하는 양면적 작용을 하는 것으로 보고된 바 있으며(Muroma, 1958), 최근 Liu 등(2004)은 nano 기법을 이용하여 Ln^{3+} 이 *E. coli*의 세포 보호막을 파괴하여 병원성 세균을 괴멸시킬 수 있다는 사실을 증명하고 있다.

일반적으로 희토의 사료 첨가 효과는 원소의 종류, 화학적 형태, 첨가 수준 등에 따라 변화하며, 성장 촉진 효과는 동물들의 성장이 지니고 있는 유전적 능력에 미치지 못할수록 크게 나타나는 것으로 알려지고 있다(Shang과 Liu, 1997; He 등, 2003). Shen 등(1991)은 질산희토 200~400 mg/kg이 Starbro 육계에게, Yang 등(1990)은 산화 희토 198 mg/kg이 Hybro 육계에게 적합한 농도임을 보고하였고, Xie 등(1991)은 Arbor Acres 육계를 이용한 시험에서 유기태 희토가 무기태 희토에 비해 효과가 더 좋으며, 20~30 mg/kg 수준이 적절하다고 하였다. 이외에도 육계의 생존율 증가(Wang과 Niu, 1990)나 carcass quality 개선(Wang, 1989; Yang 등, 1990; Wang과 Niu, 1990) 등 효과가 보고되었으며, Zeng 등(1990)은 희토의 급여는 육계 도체의 외모와 색깔, 근섬유 구조, 그리고 meat soup의 질과 향미가 개선한다고 하였다.

이러한 결과들은 모두 오랜 기간에 걸쳐 주로 중국에서 이루어진 연구에서 밝혀진 것들이고, 오늘날 매우 개량된 육계 품종이나 보다 우수해진 사료 품질에서도 이러한 사실들이 그대로 나타날 수 있을지는 알 수 없는 일이다. 따라서 본 연구는 국내에서도 육계에 희토 급여가 성장에 미치는 영향, 적정 사료 첨가 수준을 알아보기 위하여 2회의 사양 시험을 실시하였으며, 증체량과 사료 요구율, 복강내 지방 함량 변화를 검사하였다.

재료 및 방법

1. 시험 1

희토의 사료 첨가 효과, 적정 첨가 수준, 그리고 과다 첨가 영향 등을 알아보기 위한 예비적 시험으로, 1일령 Cobb 육계 병아리 360수를 체중이 비슷하도록 6개 처리구에, 처리

구당 4반복, 반복 당 15수씩 배치하여 시판 배합 사료를 시험 사료로 이용하였다.

시험에 사용한 희토는 중국 내몽고 포두시 '金稀土生物應用有限會社'에서 구입한 순도 99.9% 이상 되는 LaCl_3 28.29%, CeCl_3 40.08%, PrCl_3 13.27% 그리고 기타 희토 원소 18.36%로 구성된 분말 형태의 염화 희토(RECl_3) 혼합물이었다. 첨가 수준은 큰 광범위하게 0, 100, 200, 400, 800 그리고 1,600 mg/kg으로 하였고, 희토가 사료에 골고루 섞이도록 희토를 증류수에 먼저 용해시킨 다음 시판 배합 사료에 spray하였다.

시험 사료는 옥수수과 대두박을 위주로 하여 제조된 크립블 배합 사료이었고, 사육전기(0~3주)와 후기(4~5주) 사료의 조단백질 함량은 각각 20%와 19%이었고, 에너지 수준은 3,100 kcal/kg과 3,000 kcal/kg이었다.

시험 계사는 콘크리트 바닥으로 된 평사이었고, 시험 사료와 신선한 물은 자유채식 하도록 하였다. 시험 계사는 24 시간 점등하여 주었고, 사육기간은 2002년 6월 8일부터 7월 12일까지 5주간이었다.

시험 개시 체중은 1일령 병아리를 펜별로 총 체중을 측정하여 펜별 병아리수로 나누어 평균 개시 체중으로 하였고, 사육 후 중간 체중과 종료 체중은 개체별로 측정하였다. 사료 섭취량은 펜별로 사육 전기와 후기를 구분하여 그룹 측정하였고, 펜별 개체수로 나누어 개체별 사료 섭취량으로 하였다.

실험 종료 시에는 처리별로 체중이 비슷한 육계를 펜 당 2마리씩 선발하여 도살한 다음, 복강 내 지방을 꺼내어 무게를 측정하였다.

본 시험에서 얻어진 모든 데이터는 SPSS Program(1999)의 analysis of variance를 이용하여 분산 분석하였고, Duncan's multiple-range test를 이용하여 처리 구간의 유의차 검정을 하였다.

2. 시험 2

시험 2는 시험 1을 완료하고 결과 분석을 한 다음 그 결과에 따라 좀더 세밀한 희토의 적정 사료 첨가 수준을 알아보고자 실시하였다. 시험 2에서는 영양 성분 이외의 성장 촉진용 사료 첨가제를 배제하기 위하여 시험 사료를 자가 배합하여 사용하였으며, 시험 1을 실시한 곳과 같은 전북대학교 부속 농장에서 2003년 3월 17일부터 4월 20일까지 5주간에 걸쳐 실시하였다. 시험 동물로는 1일령 Ross 품종 육계 병아리 360수를 공시하여, 4처리 6반복으로 처리구의 펜별 평균 체중이 비슷하도록 15수씩 나누어 배치하였다. 희토는 시험 1에서 사용한 것과 같은 염화희토 혼합물(RECl_3)을 사용하였으며, illite를 부용제로 하여 희토를 9:1로 먼저 premix한

다음 시험 사료에 배합하였다. 첨가 수준은 시험 1의 결과를 분석한 결과, 100 mg/kg을 전후로 해서 걱정이 될 것으로 판명됨에 따라 0, 50, 100, 그리고 150 mg/kg 수준을 택하였다. 시험 사료는 옥수수과 대두박을 위주로, 사육 전기(0~3주령)와 후기(4~5주령)사료의 조단백질 함량이 각각 21.5%와 19%가 되도록 하였고, 에너지 수준은 전후기 모두 3,100 kcal/kg이 함유되도록 하였다. 단백질과 에너지를 제외한 기타 모든 영양소 요구량은 NRC (1994) 사양표준에 준하여 배합하였다(Table 1).

결과 및 고찰

1. 시판 배합 사료의 회토 첨가 효과(시험 1)

회토를 0(대조구)에서 1,600 mg/kg에 이르기까지 시판 배합 사료에 첨가하여 사육한 5주 동안 육계의 성장 성과와 그 동안의 사료 이용률을 Table 2와 Table 3에 각각 제시하였다.

회토를 급여하지 않은 대조구와 회토 첨가 수준을 달리한 처리구의 전기 3주 동안 증체량을 보면은 100 mg/kg 수준으로 급여한 육계의 증체량이 가장 좋았고 대조구와도 상당한 차이를 보였다. 그러나 통계적 유의성은 없었다. 회토 급여 수준이 더 높아짐에 따라 소폭씩이나마 증체량은 작아졌고, 400 mg/kg 수준부터는 대조구보다도 낮아졌다. 회토 급여 수준이 가장 높은 1,600 mg/kg에서는 회토 과다 급여에 의한 상당한 스트레스를 염려하였는데, 그렇지는 않은 것 같았다. 후기 2주간의 성장은 전기와 아주 다른 양상을 나타내었다. 회토 급여 400 mg/kg 수준까지 모두 대조구보다 월등히 좋은 성장을 보여 주었다($p < 0.05$). 이외에도 가장 높은 수준인 1,600 mg/kg 급여구도 유의성은 없었지만 대조구보다 약간 더 높은 증체를 보였다. 전 시험기간에도 증체량은 100 mg/kg 수준으로 급여구에서 가장 높았으며 대조구에 비해 약 8.9%가 증가하였다(1669.9 vs. 1533.8 g/chick). 회토 급여 수준이 높아짐에 따라 증체량의 비율은 상대적으로 낮아졌으며, 200 mg/kg 급여는 100 mg/kg 수준과 대등하였고, 그 이상 수준에서는 대조구와 유사한 증체량을 보였다. 회토를 1,600 mg/kg 수준으로 매우 높게 급여해도 육계 성장에 미치는 영향은 없었으므로 회토는 육계에게 독성이 없다고 할 수 있겠다.

Table 3의 사료 요구율을 보면, 마치 육계들의 성장과 반 비례하여 를 보여주는 모습이다. 본 논문에서 제시하지는 않았지만, 회토를 급여한 육계들의 수당 사료섭취량은 그 수준에 상관없이 대조구와 차이가 없었다. 사료 요구율은 증체량

이 가장 많았던 100 mg/kg 회토 급여에서 가장 낮았고 그 이후에는 사료 회토 수준이 높아짐에 따라 사료 요구율이 점점 높아지는 경향을 나타내었다. 그러나 이러한 사료 요구율 변화는 후기 2주 동안에만 통계적 유의성을 나타내었을 뿐 ($p < 0.05$), 전기 또는 전체기간 동안에는 유의성이 나타나지 않았다. 대조구와 100 mg/kg 또는 200 mg/kg 회토 급여구와의 사료 요구율이 상당히 큰 차이임에도 통계적 유의성이 나타

Table 1. Basal diet formula and composition for broiler chicks (Exp. 2)

| Ingredients | 0~3 weeks | 4~5weeks |
|-----------------------------------|----------------|----------|
| | ------(%)----- | |
| Corn | 67.59 | 65.01 |
| Soybean meal | 37.62 | 28.09 |
| Corn gluten meal | 7.46 | 7.41 |
| Soybean oil | 3.11 | 1.74 |
| TCP | 2.08 | 1.10 |
| Salt | 0.50 | 0.40 |
| Lysine | 0.01 | - |
| DL-methonine | 0.26 | 0.14 |
| Vitamin premix ¹ | 0.12 | 0.10 |
| Mineral premix ² | 0.12 | 0.10 |
| Chemical composition ³ | | |
| ME(kcal/kg) | 3,100 | 3,100 |
| CP(%) | 22.00 | 19.00 |
| Methonine(%) | 0.55 | 0.38 |
| Lysine(%) | 1.10 | 1.00 |
| Ca(%) | 1.00 | 0.90 |
| P(%) | 0.45 | 0.53 |

¹ Provided per kilogram of diet: vit. A, 5,500IU; vit. D₃, 1,100IU; vit. E, 11IU; vit. B₁₂ 0.0066 mg; riboflavin, 4.4 mg; niacin, 44 mg; pantothenic acid, 11 mg(Ca-pantothenate, 11.96 mg); choline, 190.96 mg (choline chloride 220 mg); menadione, 1.1 mg menadione sodium bisulfite complex, 3.3 mg); folic acid, 0.55 mg; pyridoxine, 2.2 mg (pyridoxine hydrochloride, 2.67 mg); biotin, 0.11 mg; thiamin, 2.2 mg (thiamine mononitrate, 2.40 mg); ethoxyquin, 125 mg.

² Provided the mg per kilogram of diet; Mn, 120; Zn, 100; Fe, 60; Cu, 10; I, 0.46; Ca, min :150.

³ Calculated value.

Table 2. Effect of dietary supplementation of RE on weight gain of broiler chicks(Exp. 1)

| Treatments (mg/kg) | 0~3 weeks | 4~5 weeks | 0~5 weeks |
|--------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 765.46±12.25 | 768.30±17.78 ^b | 1533.76±19.69 ^b |
| 100 | 791.28±20.06 | 878.64±22.42 ^a | 1669.92±20.88 ^a |
| 200 | 782.43±23.43 | 879.28±27.16 ^a | 1661.71±44.59 ^a |
| 400 | 742.64±22.13 | 828.97±16.29 ^a | 1571.61±28.22 ^b |
| 800 | 755.27±25.71 | 810.96±18.97 ^b | 1566.23±41.58 ^b |
| 1,600 | 752.06±14.78 | 777.90±11.44 ^b | 1529.96±20.64 ^b |

Values are means±SE.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^{a,b} Values with no common letters are significantly different between RE supplemental level($p<0.05$).

Table 3. Effect of dietary supplementation of RE on feed conversion ratio by broiler chicks(Exp. 1)

| Treatments (mg/kg) | 0~3 weeks | 4~5 weeks | 0~5 weeks |
|--------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 0 | 1.7014±0.079 | 1.7869±0.096 ^{ab} | 1.8171±0.075 |
| 100 | 1.5961±0.073 | 1.6231±0.028 ^c | 1.6205±0.024 |
| 200 | 1.6744±0.048 | 1.6409±0.111 ^{bc} | 1.6371±0.077 |
| 400 | 1.7601±0.059 | 1.6466±0.032 ^{bc} | 1.7651±0.035 |
| 800 | 1.7755±0.031 | 1.7425±0.100 ^{abc} | 1.7184±0.034 |
| 1,600 | 1.7282±0.042 | 1.7278±0.116 ^{abc} | 1.7918±0.059 |

Values are means±SE.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^{a,c} Values with no common letters are significantly different between RE supplemental level($p<0.05$).

나지 않은 것은 아마도 사료 섭취량을 펜별로 측정하여 관측 수가 작았기 때문으로 사료된다.

본 시험 결과 육계에서 증체량과 사료 요구율을 고려하면 적정 희토 첨가 수준은 약 100 mg/kg 내외일 것으로 예측되었다.

2. 자가 배합 사료의 희토 첨가 효과(시험 2)

Table 4는 육계 성장을 위한 영양소의 육계 병아리 성장 촉진을 위한 아무런 사료 첨가제도 사용하지 않는 자가 배합 사료에 서로 다른 수준의 희토를 첨가한 사양 시험 결과

Table 4. Effect of dietary supplementation of RE on weight gain of broiler chicks(Exp. 2)

| Treatments (mg/kg) | 0~3 weeks | 4~5 weeks | 0~5 weeks |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 | 585.90± 9.66 ^b | 855.69±14.82 ^b | 1441.60±19.95 ^b |
| 50 | 718.10± 8.01 ^a | 932.59±11.99 ^a | 1650.69±16.60 ^a |
| 100 | 575.73± 7.44 ^b | 853.32±11.67 ^b | 1429.08±12.64 ^b |
| 150 | 567.07±10.57 ^b | 841.66±17.70 ^b | 1408.72±27.94 ^b |

Values are means±SE.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^{a,b} Values with no common letters are significantly different between RE supplemental level($p<0.05$).

를 보여주고 있다. 시험 1에서와는 달리 희토를 50 mg/kg 수준으로 급여한 병아리들의 성장이 대조구나 다른 수준의 희토 급여 병아리들보다 월등히 증체량이 많았으며($p<0.05$), 앞의 시험 1에서 증체 성적이 제일 좋았던 100 mg/kg이나 약간 높은 150 mg/kg 수준의 희토 급여는 대조구와 같아, 병아리들의 증체에 아무런 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 즉, 희토 50 mg/kg 급여만 증체율이 10% 정도 증가하였다. 희토 100 mg/kg이나 150 mg/kg 수준 급여가 희토를 급여하지 않는 대조구와 같은 증체를 보인 것은 의외이었다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때 육계 병아리를 위한 적정 희토 첨가 수준은 50~100 mg/kg 정도일 것 같다.

Table 5는 사료 요구율(FCR)을 보여주고 있는데, 전체적으로 시판 배합 사료(시험 1)에 비해 본 시험에 사용한 자가 배합 사료의 사료 요구율이 높게 나타났다. 이는 항생제나 기타 사료 첨가제를 사용하지 않은 점, 그리고 가루 사료와 크럼블 사료의 차이에서 비롯되었는지는 알 수 없는 일이다. 희토 50 mg/kg 급여구 병아리들의 사료 요구율이 대조구나 희토 100 mg/kg 또는 150 mg/kg 급여구 병아리들에 비해 월등히 낮았다($p<0.05$). 시험 1에서 시험 후기 2주 동안의 사료 요구율은 처리간 통계적 유의차가 있었으나 전기 3주 동안이나 전체 기간 동안 유의성이 없었던 것과는 달리(Table 2), 시험 2에서는 후기 2주 동안에 유의차가 없었고 전기 3주 동안 사료 요구율에 유의차가 있어, 이것이 전 기간 동안의 사료 요구율에 유의차가 나타나도록 반영된 것으로 보인다(Table 5).

3. 희토의 사료 첨가와 복강 지방

일반적으로 희토의 급여는 가축의 지방 함량을 감소시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Wang 등, 1989). Table 6

Table 5. Effect of dietary supplementation of RE on FCR by broiler chicks.(Exp. 2)

| Treatments (mg/kg) | 0~3 weeks | 4~5 weeks | 0~5 weeks |
|--------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| 0 | 1.747±0.052 ^b | 2.089±0.015 | 1.950±0.028 ^b |
| 50 | 1.462±0.024 ^c | 2.054±0.036 | 1.796±0.024 ^c |
| 100 | 1.803±0.042 ^{ab} | 2.217±0.077 | 2.051±0.059 ^{ab} |
| 150 | 1.924±0.060 ^a | 2.256±0.085 | 2.122±0.070 ^a |

Values are means±SE.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^{a,b} Values with no common letters are significantly different between RE supplemental level($p<0.05$).

Table 6. Effect of dietary supplementation of RE on the ratio of abdominal fat to body weight(%)

| Treatments(mg/kg) | Abdominal fat (%) | |
|-------------------|-------------------|--------------------------|
| | Experiment 1 | Experiment 2 |
| 0 | 1.521±0.109 | 1.445±0.075 ^a |
| 50 | - | 0.712±0.096 ^c |
| 100 | 1.526±0.096 | 1.112±0.108 ^b |
| 150 | - | 1.115±0.069 ^b |
| 200 | 1.535±0.097 | - |
| 400 | 1.573±0.136 | - |
| 800 | 1.569±0.105 | - |
| 1,600 | 1.533±0.045 | - |

Values are means±SE.

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

^{a~c} Values with no common letters are significantly different between RE supplemental level($p<0.05$).

은 사양 시험 종료 후 측정된 육계의 복강 내 지방을 생체중에 대한 비율로 계산하여 시험 1과 시험 2, 두 개의 사양 시험 결과를 요약하여 놓은 것이다. 시험 1에서는 희토의 급여가 육계의 복강 내 지방 축적에 아무런 차이가 나타나지 않았으나, 시험 2에서는 희토 급여로 육계의 복강 지방 비율이 현저하게 낮아지는 것으로 나타났다. 특히, 희토 50 mg/kg 급여는 생체중에 대한 복강 지방 비율이 대조구에 비해 절반으로 감소되었으며(1.45 vs. 0.71%), 다른 희토 급여 육계들도 복강 내 지방 비율이 크게 감소되었다($p<0.05$) 비록 두 개의 사양시험 중 하나에서만 복강 지방이 감소한 것으로

나타났지만, 이는 육계 사육에서 경제적으로 매우 중요한 사항으로 재확인할 가치가 있는 것으로 생각된다.

본 실험 결과 육계에서 희토의 사료 첨가 효과는 일관성은 없었지만 희토의 급여로 육계의 생산성 향상, 복강지방이 감소될 수 있음을 시사하였으며, 적정 사료 첨가 수준은 50~100 mg/kg 으로 예측되었다. 그러나 적정수준보다 높은 희토의 사료 첨가하면 그 효과가 상대적으로 낮아지므로 유의해야 할 것 같다.

적 요

Lanthanum을 비롯한 17가지 특수 원소를 일컬어 희토(rare earth)라 한다. 본 연구에서는 육계사료에 희토의 첨가 효과를 알아보기 위하여 2회의 사양 시험을 실시하였다. 시험에 이용한 희토는 순도 99% 이상의 염화 희토 혼합물(RECl₃)로 LaCl₃ 36.52%, CeCl₃ 28.14%, PrCl₃ 11.24%, 그리고 기타 희토 원소 24.11%로 구성된 흰색 분말 형태이었다. 희토 급여 사육 기간은 5주간이었으며, 본 연구의 주요 목적은 희토 급여가 육계의 성장을 촉진할 수 있는지, 유해성은 없는지, 그리고 적정 사료 첨가 수준을 구명하였다. 육계의 복강 지방 축적에 대해서도 알아보았다.

첫 번째 사양 시험에서는 시판 배합 사료에 대한 희토 첨가 효과를 검토하였다. Cobb 육계 1일령 병아리 360수를 사용하였으며, 사료에 희토를 0, 100, 200, 400, 800, 그리고 1,600 mg/kg 수준으로 첨가하였다. 육계의 성장은 희토 100 mg/kg 첨가 수준에서 가장 우수하였으며, 증체량은 대조구에 비해 8.9%가 증가하였고(1,669.9 vs. 1,533.8 g/chick), 사료 요구율도 낮았다($p<0.05$). 희토는 1,600 mg/kg 수준으로 매우 높게 급여할지라도 성장이 저해되지 않았으며, 대조구와 같은 증체와 사료 요구율을 보였으므로, 과다 급여에 의한 중독증은 없을 것으로 사료되었다.

두 번째 사양 시험은 실험 1의 결과에서는 육계사료에서 성장능력의 극대화를 위한 희토의 적정 첨가 수준이 100~200 mg/kg으로 예측되었으므로 좀더 근접한 적정 수준을 알아보고자 희토를 0, 50, 100, 150 mg/kg 수준으로 첨가하였다. 시험 사료는 시판 사료에 있을 수 있는 항생제나 기타 성장 촉진용 사료 첨가제를 첨가하기 위하여 자가 배합하였으며, Ross 육계 1일령 병아리 360수를 이용하였다. 시험 결과 희토 50 mg/kg의 첨가가 증체량과 사료 요구율에서 대조구나 다른 처리구들에 비해 월등히 좋은 결과를 나타내었다($p<0.05$). 이 시험에서는 첫 번째 시험에서 보이지 않았던,

생체중에 대한 복강 지방 비율이 현저하게 감소한 것으로 나타났다($p < 0.05$).

본 실험 결과 육계사료에 희토의 첨가는 육계의 성장을 촉진하였으며, 사료 요구율을 개선하였다. 이외에도 복강지방이 낮아지는 경향을 보였지만 일관성이 없었으므로 추후의 연구가 필요하다.

인용문헌

- Chen, YT 1991 Effect of feeding rare earths on the performance of market pigeons. Poultry Husbandry and Disease Control 5:8-9, 40.
- Deveci M, Eski M, Sengezer M, Kissa U 2000 Effects of Cerium nitrate bathing and prompt burn wound excision on IL-6 and TNF-alpha levels in burned rats. Burns 26:41-45.
- Evans CH 1990 Biochemistry of the Lanthanides. Plenum Press, New York and London.
- He M, Wang YZ, Xu ZR, Chen ML, Rambeck WA 2003 Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats. J Anim Physiol & Anim Nutr 87: 229-235.
- He R, Xia Z 1998 Effects of rare earth elements on growing and fattening of pigs. Guangxi Agri Sci (Chinese) 5:243-245.
- Hirano S, Suzuki KT 1996 Environ. Health Perspect. 104(suppl 1):85-95.
- Kim HR, Rho HW, Park JW 1984 Antidiabetic effect of lanthanum Chloride. Bulletin of Medical School, Chonbuk National University. Vol. 8(2):331-337.
- Lei Y, Zao WB, Ma LM, Pan JS 2001 Studies on the layers performance by adding rare earth. Chinese Poultry(in Chinese) 8:46-47.
- Liu P, Liu Y, Lu Z, Zu J, Zhu J, Dong J, Pang D, Shen P 2004 Study on biological effect of La^{3+} on *Escherichia coli* by atomic force microscopy. J Inorganic Biochemistry 98:68-72.
- Muroma A 1958 Ann Med Exp Biol Fenn 36(suppl. 6):1-5.
- Nie YX 1994 Studies on the biological effects of rare earths elements and compounds. National Rare Earths Symposium Papers, Beijing, China.
- Shang L, Liu XY 1997 A new kind of feed additive - rare earths. Feedstuffs.
- Shen QY, Zhang WJ, Wang CQ 1991 Effects of rare earths additives in diets of domestic animals including poultry. Feed Industry 12:20-22.
- SPSS, 1999. SPSS 10.0 for Windows. SPSS® Inc.
- Wang MQ, Xu ZR 2003 Effect of supplemental Lanthanum on the growth performance of pigs. Asian-Aust J Anim Sci 16(9):1360-1363.
- Wang QY 1989 Effects of adding rare earths to broiler diets. nan Agricultural Science 1:28.
- Wang QY, Niu SY 1990 Report of adding rare earths to broiler diets. Feed Industry 11:9-10.
- Xie HG, Zhang GE, JNG T 1991 A study of the effects of adding rare earths compounds to layer diets. Feed Industry 12:23-25.
- Yang BC, Kim KS, Park JW, Kim HR 1984 Effect of lanthanum chloride on the metabolism of cholesterol in rabbits. Bulletin of Medical School, Chonbuk National University. Vol. 11(3):169-174.
- Yang WL, Qi BH, Kang J 2000 A study on the influence rare earth to the growth performance of the domestic rabbit. J Biol(in Chinese) 3:30-31.
- Yang YC, Tang ZC, Li SC, Guo ZZ 1994 A study on milk production of dairy cattle with supplementation of rare earth. Heilongjiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine 8:20-21.
- Yang ZQ, DONG MX, MAO SY, ZHANG KR, Zhang PC 1992 A study of effects of rare earths on activity of glutathione peroxidase (GSH0px) in broilers. Gansu Animal Husbandry and Veterinary Medicine 5:8-9.
- Yang ZQ, Dong MX, Mao SY, Sun HW 1990 Effects of feeding rare earth on the performance of broilers. Feed Industry 12:23-25.
- Zhang YH 1988 Recent advances in studies of rare earths and titanium (Ti) as feed additives. Feed Research 6:29-31.
- Zheng YG, Se MD, Yuan QL 1990 Effects of rare earths elements on the main nutrient components and residual radio activity of broiler meat. J of Nei Monggol Agricultural and Anim. Husbandry College 11:142-145.