

장석의 첨가가 산란계의 생산성 및 난 성분에 미치는 영향

고재우 · 우간바야르 · 오동환 · 배인휴 · 조성균 · 공일근 · 양철주[†]

순천대학교 동물자원과학과

Effects of Dietary Feldspar on Productivity and Composition of Eggs in Laying Hens

J. W. Ko, D. Uuganbayar, D. H. Oh, I. H. Bae, S. K. Cho, I. G. Kong and C. J. Yang[†]

Department of Animal Resource & Science, Sunchon National University

ABSTRACT This study was carried out to investigate the effect of feldspar on laying performance and egg quality in hens. A total of 96 "Tetra Brown" layers were assigned to 4 treatments in a completely randomized design. Each treatment consisted 4 replicates accommodating 6 layers per replication. Experiment diets were a control diet without feldspar and supplemented 0.5, 1.0 and 1.5% feldspar. The egg production rate was significantly increased in layers fed diets supplemented 0.5 and 1.0% feldspar compared to that of control ($P<0.05$). Egg weight, egg mass, feed intake, feed conversion ratio, egg shell strength and egg yolk color were not significantly different among the treatments ($P>0.05$). The haugh unit and blood spot of the eggs were significantly increased in 1.5% feldspar diets compared to that of control ($P<0.05$). However, the albumen index and meat spot in the eggs were not statistically different among treatments ($P>0.05$). Sensory evaluation traits were not significantly differed in terms of appearance, color, texture flavor and overall acceptability of eggs ($P>0.05$). The juiciness of boiled eggs was significantly increased in eggs of birds fed 1.0% feldspar diets ($P>0.05$).

(Key words: feldspar, egg production, feed conversion ratio, egg shell thickness)

서론

경영비의 대부분을 차지하는 사료비를 절감하는 방법은 국내 부존자원을 최대한 개발하는데 있다. 우리나라는 광상 학상 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토 광물 역시 다양한 종류가 있다(엄명호 등, 1993). 점토 광물 들에 대한 축산 분야에서의 연구는 국내외적으로 미약한 상태이다. 점토 광물에 관한 연구는 축산 분야 내에서는 극히 적어서 오래 전인 1970년대에 Zeolite에 대한 영양학적 연구가 돼지와 닭에 국한되어 실시된 바 있으며(Mumpton과 Fishman, 1977; 이택원, 1975; 한인규 등, 1975), Bentonite의 경우에는 닭에 대한 급여 효과가 연구(Day 등, 1970)되었으며, Sodium bentonite의 경우에는 미국에서 중점적으로 연구(Erwin 등, 1957)된 바 있다. 축산 분야에서 점토 광물의 이용은 점토 광물이 가지고 있는 pH, buffering capacity, particle density 및 미량 무기물 등을 이용하여 가축의 생산성 향상에

이용되어 왔다(Martin 등, 1969; Jacques 등, 1986; 손용석 등, 1998; 송동영 등, 1998; 조원모 등, 2000; 이원백 등, 2003b). 현재 규산염계 광물 중 Zeolite가 사료 첨가용으로 일부의 배합사료회사에서 펠릿화를 위한 결합제의 용도로 사용하여 왔으며, 원료 사료의 종류에 따라서 영양적, 경제성을 이유로 이용 정도가 매우 미미하다. 국내에서 생산되는 점토 광물을 사료 자원으로 활용할 방안을 강구해야 할 것이다.

장석의 화학성분은 K, Na, Ca, Ba, Al 및 Si 등으로 구성되어 있다. 천연으로 산출되는 장석은 대부분, 칼륨 장석($KAlSi_3O_8$), 나트륨 장석($NaAlSi_3O_8$), 칼슘 장석($CaAl_2Si_2O_8$)의 세 가지 단성분(端成分)의 계열에 속한다. 칼륨 장석과 칼슘 장석은 거의 고용체를 이루지 않지만, 칼륨 장석과 나트륨 장석 및 나트륨 장석과 칼슘 장석은 연속 고용체(連續固溶體)를 이루며, 각각의 계열을 알칼리 장석 및 사장석(斜長石)이라 총칭한다. 알칼리 장석은 미사 장석(微斜長石 : 삼사정계)·정장석(正長石 : 단사정계)으로 대표되며, 산성 화성암의 주

[†] To whom correspondence should be addressed : yangcj@sunchon.ac.kr

성분 광물이다. 이론적인 미사 장석의 화학 성분비는 SiO_2 64.79%, Al_2O_3 18.43% 및 KO_2 16.90% 이며 Na_2O 가 소량 함유되기도 한다 (축산기술연구소, 2002).

게르마늄은 회백색의 반금속 원소로서 원적외선이 방출되어 면역력 강화, 인터페론 생성·자극으로 암세포를 방어하는 기능을 하며, 독성물질, 바이러스 등으로부터 생체를 보호하는 것으로 알려져 있다. 따라서 점토광물의 일종인 게르마늄 장석을 산란계 사료에 첨가하여 산란율, 난중, 사료 섭취량, 사료 요구율, 난각 두께, 난각 강도, 난황색도, 난백 높이, 난각색, 혈반, 육반, 하우유니트(Haugh unit) 및 관능검사를 실시하는데 연구의 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 공시동물

공시동물은 22주령 갈색 테트라 산란계 96수를 공시하였다. 공시된 산란계는 2수용 3단 철제 cage에서 사육하였으며, 시험 사료 및 물은 자유 채식토록 하였고 점등 및 기타 사양 관리는 일반 관행을 따랐다.

2. 시험 설계 및 시험사료

시험 기간은 2주간 예비실험을 거쳐 본 실험은 6주간에 걸쳐 사양시험을 실시하였다. 처리구는 0.5, 1.0 및 1.5%의 장석을 첨가하였으며 처리구당 4반복 반복 당 6수씩 개체별로 사육하였다.

시험 사료는 Table 1과 같이 NRC(1994)의 산란계 영양소 요구량을 참고하여 대조구 사료를 배합하였다. 장석은 대조구 사료의 밀기울을 대체하여 각각 0.5, 1.0, 1.5%씩 첨가하여 배합하였다.

3. 조사항목 및 조사방법

1) 산란율

산란율은 시험기간 중 생산된 총 산란수를 공시수로 나누어 백분율로 환산하였다.

2) 난중

난중은 매일 4시에 집란 후 칭량, 반복별로 총 난중을 총 산란수로 나누어 평균 난중을 구하였다.

3) 산란량

산란량은 산란율에 난중을 곱하여 계산하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of experiment diet

Ingredients	Control	Feldspar (%)		
		0.5%	1.0%	1.5%
Corn grain	65.59	65.59	65.59	65.59
Wheat brain	6.50	6.00	5.50	5.00
Soybean meal-45	16.00	16.00	16.00	16.00
Corn gluten meal-60	2.60	2.60	2.60	2.60
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit-min. Mix ¹⁾	0.30	0.30	0.30	0.30
L-Lysine, HCl	0.04	0.04	0.04	0.04
Methionine	0.07	0.07	0.07	0.07
Limestone	7.73	7.73	7.73	7.73
Tricalcium phosphate	0.87	0.87	0.87	0.87
Feldspar	0.00	0.50	1.00	1.50
Chemical composition				
ME (kal/kg)	2750.85	2743.55	2736.25	2728.95
C. protein (%)	15.01	14.94	14.87	14.79
Lysine (%)	0.69	0.69	0.68	0.68
Methionine (%)	0.30	0.30	0.30	0.30
Ca (%)	3.25	3.25	3.25	3.25
Avail. P (%)	0.25	0.25	0.25	0.24
Na (%)	0.15	0.15	0.15	0.15

¹⁾ Vit-min. mix. provided following nutrients per kg of diet : Vitamin A, 9,000,000 IU; Vitamin D₃, 2,100,000 IU; Vitamin E, 15,000 IU; Vitamin K, 2,000mg; Vitamin B₁, 1,500mg; Vitamin B₂, 4,000mg; Vitamin B₆, 3,000mg; Vitamin B₁₂, 15mg.; Pan-Acid-Ca, 8500mg; Niacin, 20,000mg; Biotin, 110mg; Folic acid, 600mg; Fe, 40,000mg; Co, 300mg; Cu, 3,500mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 40,000mg; I, 600mg; Se, 130mg.

²⁾ Calculated values.

4) 사료 섭취량 및 사료 요구율

시험기간중 매 1주 간격으로 사료 섭취량을 칭량하여 1일 1수당 사료 섭취량을 계산하였으며, 시험기간중 총 사료 섭취량을 총 산란량으로 나누어 사료 요구율을 계산하였다.

5) 난각의 두께와 난각 강도

난각의 두께는 시험기간 중 1주 간격으로 집란, 난의 세 지점을 측정하여 그 평균치를 사용하였다. 난각 강도는 난각 강

도계(OZAKI MFG. Co. Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다.

6) 난황 색도

난황의 표면을 Chroma meter(Minolta, CR-210, Japan)를 사용하여 백색도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였다. 이때의 표준색은 L값이 97.10, a값이 -0.17, b값이 1.99인 백색 표준판을 사용하였다.

7) 난백 높이, 난각색, 혈반, 잔반(육반), 하우 유니트 (Haugh unit)

TSS(Technical services and supplies)로 측정하였다. 주로 난의 옆 부분 중 색이 고른 부분에서 측정을 하는데, 난백 높이는 난황의 끝으로부터 대략 1cm밖의 난백이 수평인 부분을 다리가 세 개인 난백측정기를 가지고 가볍게 눌러서 바닥에 닿으면 컴퓨터로 연결된 센서가 난백높이와 HU까지 기록을 하여 측정하였다.

8) 관능검사

관능검사는 광해수(1992)의 방법에 의해서 실시하였으며, 시료는 6주의 계란으로 끓은 물에 20분간 삶았고, 관능검사의 대상은 순천대학교 동물자원과학과 학생 23명으로 이루어져 1에서 5점까지의 점수(1: 매우 나쁘다, 2: 나쁘다, 3: 보통이다, 4: 좋다, 5: 매우 좋다)인 5점 척도법 (Stone 등, 1974)으로 외형, 색깔, 다즙성, 연도, 향과 종합적인 평가를 검사하였다.

9) 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Statical Package Program(SAS, 1995)에 의하여 분산분석을 실시했으며, 처리 평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중 검정법을 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율, 난중, 산란량, 사료섭취량 및 사료요구율

장식의 첨가에 따른 산란율은 Table 2와 같이 나타났다. 평균 산란율은 장식 첨가가 대조구에 비해서 높은 경향을 보였으며, 장식 첨가 수준이 증가할수록 평균 산란율은 감소하였다. 장식 0.5% 첨가가 평균 산란율 95.93%로 가장 높게 나타났으며, 대조구가 93.36%로 가장 낮은 산란율을 보

Table 2. Effect of dietary feldspar on egg production, egg weight, egg mass, feed intake and feed conversion in the layer

Traits	Control	Feldspar (%)			Average
		0.5%	1.0%	1.5%	
Egg production (%)	93.36 ^b	95.93 ^a	94.48 ^{ab}	94.15 ^{ab}	94.48
Egg weight (g)	62.35	63.07	63.66	62.11	62.80
Egg mass	58.22	60.53	60.17	58.46	59.34
Feed intake (g)	58.22	60.53	60.17	58.46	59.34
Feed conversion	2.45	2.35	2.33	2.50	2.40

^{ab} Mean with different superscripts in the same column and rows are significantly different ($P<0.05$).

였다($P<0.05$). 이는 Spandorf 등(1973)이 2.5%와 5.5%의 Kaolinite를 산란계사료에 섞어 급여하였더니 산란율이 유의적으로 증가하였다는 보고와 유사한 결과이다. 주령별 산란율은 5주까지 점차 감소하는 경향을 보였다($P>0.05$).

주령별 난중을 보면 주령이 지나감에 따라 전체적으로 5주까지 증가하는 것으로 나타났다. 전 기간의 결과를 보면 장식 1.5% 첨가가 62.11 g으로 가장 낮은 난중을 보였고, 장식 1.0%가 63.66 g으로 가장 높았으나 통계적인 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 난중은 대조구보다 장식 첨가구들의 높은 경향을 보였으나 통계적인 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 이러한 결과는 이택원(1975)이 산란계에 zeolite를 3% 이하 첨가시 산란율은 증가하나 난중이 감소하였다는 보고와 상이한 결과를 보였으며 또 산란계에 게르마늄 혹은 모를 급여 시 난중이 감소하였다는 이원백 등(2003a)의 보고와도 상이한 결과를 보였다.

산란량은 대조구보다 장식 첨가구들이 높은 경향을 보였으며, 특히 장식 0.5% 첨가가 60.53 g으로 가장 높은 산란량을 보여주었으나 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 주별 산란량을 살펴보면 1주부터 5주까지는 난중과 같이 점차 산란량이 증가하였으나 6주에는 다시 감소하는 경향을 보여 통계적인 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 손용석 (1997)의 가축의 사료에 점토 광물을 혼합하여 급여하면 생산능력 면에서 긍정적인 효과가 있다는 보고와는 달리 산란량에 있어 통계적으로 유의성을 보이지 않았다($P>0.05$).

사료 섭취량은 장식 1.5% 첨가가 144.78 g으로 대조구 142.52 g에 비해 사료 섭취량이 높은 경향을 보였으며, 장식 1.0% 첨가가 가장 낮은 사료 섭취량을 보였지만 유의차는 없었다($P>0.05$). 주령별 평균 사료 섭취량을 보면 전체적으

로 증가하는 경향을 보였으며, 6주령에 147.44 g으로 가장 높은 사료 섭취량을 보여 통계적인 유의차를 보였다 ($P<0.05$). 이는 문윤영과 백인기(1989)의 육계사료에 zeolite를 첨가하여 급여하였더니 사료섭취량이 증가된다는 보고와 유사한 것으로 나타났다.

사료 요구율은 장석 0.5%와 1.0% 첨가구는 2.35와 2.33으로 대조구 2.46보다 낮게 나타났으며 장석 1.5% 첨가구는 2.50으로 가장 높은 사료 요구율을 보였으나 첨가구간에 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 사료 요구율은 사료 섭취량과 마찬가지로 2주부터 4주까지는 감소하다가 5주부터 다시 사료 요구율이 증가하는 경향을 보였다.

2. 난각 두께 및 난각 강도

장석 첨가에 따른 난각의 두께는 Table 3에 나타나 있다. 난각 두께는 대조구보다 장석 첨가구들이 높은 경향을 보였다. 난각 두께는 대조구와 장석 0.5% 첨가구가 각각 385.70 μm 및 384.17 μm , 장석 1.0% 첨가구와 1.5% 첨가구가 각각 391.67 μm 와 394.31 μm 로 장석 첨가 수준이 증가함에 따라 두꺼워지는 경향을 보였으나 대조구와 첨가구간에 유의차는 없었다 ($P>0.05$). 이는 sodium zeolite를 급여한 산란계의 경우 난각질 개선과 골격 길이의 증가를 가져온다는 보고 (Roland 등, 1985; Miles 등, 1986; Frey 등, 1992)와 유사한 결과를 나타낸 것이다.

난각 강도는 대조구가 4,815 kg/cm^2 로 가장 약하였고 장석 1% 첨가구가 5,167 kg/cm^2 으로 강도가 가장 강하였다. 장석 1.5% 첨가구는 장석 1.0% 첨가구보다 낮았으나 장석 첨가구들이 대조구보다 강도가 강한 경향을 보였지만, 통계적 유의차는 없었다($P>0.05$). 홍종욱 등(2001)의 Fermkito 첨가가 난각 강도에 영향을 미치지 않는다는 보고와는 일치하지 않았지만, Frey 등(1992)의 결과와는 유사한 경향을 보인 것이다.

3. 난황 색도

Table 3. Effect of dietary feldspar on egg shell thickness and resistance of shell in the eggs (μm)

Traits	Control	Feldspar(%)		
		0.5	1.0	1.5
Egg shell thickness (μm)	385.70	384.17	391.67	394.31
Resistance of shell (kg/cm^2)	4,815	4,925	5,167	5,114

장석 첨가에 따른 난황 색도는 Table 4에 나타나 있다. 색도 측정은 6주째에 채취한 계란으로 백색도 (L), 적색도 (a), 황색도 (b)를 측정하였다. 백색도는 대조구가 51.13으로 가장 낮은 수치를 보였으며, 장석 0.5%, 1.0% 및 1.5% 첨가구가 각각 51.50, 51.95 및 51.55로 장석 첨가 수준이 증가할수록 높아지는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 없었다 ($P>0.05$). 적색도는 대조구가 -0.16으로 가장 낮은 수치를 보였고 장석 첨가 수준이 증가할수록 높아지는 경향을 보여 장석 1.5% 첨가구가 0.91로 가장 높은 수치를 보였으며, 통계적으로 유의차를 보였다 ($P<0.05$). 황색도는 대조구 55.76에 비해 장석 0.5% 첨가구가 56.76이며 1.0% 및 1.5% 첨가구가 각각 58.67과 59.16으로 높은 경향을 보였으나 첨가구간 통계적 유의성은 없었다 ($P>0.05$).

4. 난백 높이, 난각색, 혈반, 잔반 (육반) 및 하우 유니트 (Haugh unit)

장석 첨가에 따른 난백 높이, 난각색, 혈반 및 잔반 (육반)은 Table 5에 나타나 있다. 난백 높이와 난각색 모두 대조구보다 장석 첨가구들의 수치가 높았으며, 장석 첨가 수준이 증가할수록 수치가 높아지는 경향을 보였으나 유의성은 없었다 ($P>0.05$). 혈반은 장석 0.5% 첨가구에서는 전혀 나타나지 않았으며, 장석 첨가 1.0% 첨가구까지 대조구보다 낮은 수치를 보였다 ($P<0.05$). 잔반은 대조구보다 장석 첨가구들이 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의차가 없었다 ($P>0.05$). 하우 유니트는 장석 1.5% 첨가구의 수치가 71.88로 가장 높았으며, 장석 첨가 수준이 증가할수록 하우 유니트는 증가해 통계적인 유의차를 보였다 ($P<0.05$).

5. 관능검사

관능검사에 대한 결과는 Table 6에 나타나 있다. 관능검사 결과 외형, 색은 대조구보다 장석 첨가구들이 낮은 경향을 보였고, 다즙성과 연도는 대조구보다 장석 첨가구들이 높은

Table 4. Egg yolk color changes of layers fed with feldspar diet

Traits	Control	Feldspar(%)		
		0.5	1.0	1.5
L	51.13 \pm 1.12	51.50 \pm 0.84	51.95 \pm 1.20	51.55 \pm 0.62
a	-0.16 ^b \pm 0.59	0.61 ^{ab} \pm 0.49	0.69 ^a \pm 0.37	0.91 ^a \pm 0.95
b	55.76 \pm 2.76	56.76 \pm 3.08	58.67 \pm 2.22	59.16 \pm 1.02

^{ab} Mean with different superscripts in the same column and rows are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Effects of feldspar on albumen index, eggshell color, blood spot, meat spot and haugh unit in the eggs

Traits	Control	Feldspar(%)		
		0.5	1.0	1.5
Albumen index	4.39 ±0.64	4.59 ±0.92	4.64 ±0.81	5.31 ±2.15
Eggshell color	19.00 ±2.88	19.88 ±4.32	20.25 ±2.67	20.06 ±3.36
Blood spot	0.13 ^{ab} ±0.34	0.00 ^b ±0.00	0.06 ^b ±0.25	0.31 ^a ±0.48
Meat spot	0.25 ±0.45	0.31 ±0.48	0.31 ±0.48	0.25 ±0.45
Haugh unit	58.15 ^b ±5.23	65.83 ^{ab} ±8.32	66.23 ^{ab} ±2.90	71.88 ^a ±15.39

^{a,b} Mean with different superscripts in the same column and rows are significantly different ($P<0.05$).

Table 6. Effect of dietary feldspar on sensuous evaluation in the egg

Traits	Control	Feldspar(%)		
		0.5	1.0	1.5
Appearance	3.57 ±0.90	3.39 ±0.66	3.48 ±0.99	3.13 ±0.87
Color	3.30 ±0.70	3.13 ±0.81	3.22 ±0.90	3.39 ±0.58
Juiciness	2.78 ^b ±0.80	3.00 ^{ab} ±0.95	3.57 ^a ±1.24	3.22 ^{ab} ±0.60
Texture	3.22 ±0.85	3.35 ±1.03	3.39 ±0.99	3.30 ±0.70
Flavor	3.35 ±1.03	3.30 ±0.82	3.52 ±0.95	3.17 ±0.72
Overall acceptability	3.48 ±0.85	3.26 ±0.81	3.70 ±0.82	3.22 ±0.60

^{a,b} Mean with different superscripts in the same column and rows are significantly different ($P<0.05$).

경향을 보여 주었다. 다즙성은 대조구가 2.78로 가장 낮았으며, 장식 1.0% 첨가구가 3.57로 가장 높았고 통계적 유의성이 있었다($P<0.05$). 향미도는 장식 1.0% 첨가구가 가장 높은 수치를 보였으며 장식 1.5% 첨가구가 가장 낮은 수치를 보였다. 종합적인 기호도는 장식 1.0% 첨가구가 3.70으로 가장 높은 기호도를 보였으며, 장식 1.5% 첨가구가 3.22로 가장 낮은 기호도를 보여주었으나 통계적 유의성을 보이지 않았다 ($P>0.05$).

적 요

본 연구는 산란계에서 장식의 첨가가 난 생산과 난 성분 에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다. 공시동물은 갈색테트라 산란계 96수를 4처리 4반복으로 반복당 6수씩 3 단 철제 cage에서 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 대조구를 기초사료로 이용하였으며, 장식을 수준별로 0.5%, 1.0% 및 1.5%로 첨가하여 배합하였다. 산란율은 대조구와 비교하

여 장식 0.5%와 1.0% 첨가구에서 증가하였으며, 통계적인 유의차를 보였다($P<0.05$). 장식 0.5, 1.0 및 1.5% 첨가구에서 산란계의 난중, 산란량, 사료섭취량, 사료요구율, 난각강도 및 난황색은 대조구에 비해 유의차가 없었다($P>0.05$). 계란의 하우 유니트와 혈반은 장식 1.5% 첨가구에서 유의적으로 증가하였으며($P<0.05$), 난백 높이와 잔반은 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 관능검사 결과 다즙성은 대조구가 2.78로 가장 낮았고, 장식 1.0% 첨가구가 3.57로 가장 높아 통계적 유의차를 보였다 ($P<0.05$). 종합적인 기호도에서 장식 1.0% 첨가구가 3.70으로 가장 높은 기호도를 보였다.

인용문헌

- Day EJ, Bushong Jr RD, Dilworth BC 1970 Silicates in broiler diets. Poultry Sci 49:198-202.
Erwin ES, Elam CJ, Dyer IA 1957 The influence of sodium

- bentonite *in vitro* and in the ration of steers. J Anim Sci 16:858.
- Frey KS, Potter GD, Odom TW, Senor DM, Reagan VD, Weir VH, Esland J, Webb SP, Morris EL, Smith WB, Weigand KE 1992 Plasma silicon and radio graphic bone density in weanling quarter horses fed sodium zeolite. A Equine Vet Sci 12:292-295.
- Jacques KA, Axe DE, Harrues TR, Harmon DL 1986 Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion, solid and liquid flow, and ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage-based diets fed to steers. J Anim Sci 63:923.
- Martin LC, Clifford AJ, Tillman AD 1969 Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. J Anim Sci 45:396.
- Miles RD, Laurent SM, Harms RH 1986 Influence of sodium zeolite A on laying hen performance. Poultry Sci 65:185.
- Mumpton FA, Fishman PH 1977 The application of natural zeolites in animal sciences and aquaculture. J Animal Sci 45:1188-1203.
- NRC 1994 Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington DC.
- Roland DA, Sr Laurnet SM, Orloft HD 1985 Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. Poultry Sci 64:1177-1187.
- SAS 1995 SAS User's Guide Statistics. Statisticcal Analysis System. Inst.
- Spandorf AH 1973 Effect of kaolin levels and nutrient on chick growth response. Poultry 52:2087.
- Stone H, Sidel J, Oliver S, Woolsey A, Singleron RC 1974 Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. Food Technol 28:24-29.
- 곽혜수 1992 관능검사와 유제품. 한국유가공연구회지 10(1):1-16.
- 문윤영 백인기 1989 Zeolite 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. 한국가금학회지 16(3):149-156.
- 손용석 1997 국내산 점토광물의 사료화 및 환경친화효과에 관한 연구. 중간보고서.
- 손용석 김수홍 홍성호 이성호 1998 벤토나이트와 맥반석의 급여가 반추위내 오나충능력과 발효 양상에 미치는 효과, 한국낙농학회지 20:21-32.
- 송동영 한구석 이남배 김동중 주재섭 1998 한우 거세우 황토급여가 발육 및 육질에 미치는 영향. 대산논총 제 6집 651.
- 엄명호 정필균 엄기태 임형식 1993 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의 특성. 한국토양비료학회지. 26:1.
- 이원백 김인호 홍종욱 권오석 이상환 민병준 장연권 2003a 산란계 사료에 게르마늄 흑운모의 첨가가 난각특징 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지 30:61-66.
- 이원백 김인호 홍종욱 권오석 민병준 손경승 정연권 2003b 육계에 있어 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국가금학회지 30:67-72.
- 이택원 1975 영계사육에 있어서 Bentonite와 Zeolite의 사료적 가치에 관한 연구. 한축지 17:625-628.
- 조원모 최성복 백봉현 안병석 김준식 강우성 이수기 송만강 2000 점토광물질 첨가가 한우 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지 42(6):871-880.
- 축산기술연구소 2002 알카리 장석 일라이트가 가축의 생산성에 미치는 영향. 연구보고서.
- 한인규 하종규 김춘수 1975 Zeolite의 사료화에 관한 연구. 1. 육성돈에 대한 Zeolite 급여 효과에 관한 연구. 한축지 17(5):595-79.
- 홍종욱 김인호 문태현 권오석 이상환 2001 산란계에 있어 Fermkito 50의 첨가가 혈청 및 난황 내 콜레스테롤 함량과 계란 품질에 미치는 영향. 한국가금학회지 28(1):10.