

돼지에 있어 원적외선 방사물질의 첨가가 면역반응 및 분중 미생물의 변화에 미치는 영향

권기범 · 김인호 · 홍종욱 · 문태현* · 최상열* · 석호봉

단국대학교 동물자원과학과

*이지 바이오 시스템

(2000년 11월 29일 게재승인)

Effects of far infrared radiological materials on immune response and changes of fecal microorganism in pigs

Ki-bum Kwon, In-ho Kim, Jong-wook Hong, Tea-hyun Moon*
Sang-yul Choi*, Ho-bong Seok

Department of Animal Resource and Science, Dankook University

*Easy Bio System

(Accepted by November 29, 2000)

Abstract : This research was conducted to investigate the effects of far infrared radiological materials on growth performance, immune response and changes of microbial flora in feces for growing pigs. Twelve growing pigs(Duroc×Yorkshire×Landrace, average initial body weight of 15.6±0.5 kg) were used in a 40 day growth assay. Treatments were control(saline injection with diet: S); saline injection with Bio-Plus in diet(SBP); and vaccination with Bio-Plus in diet(VBP) in a randomized complete block design with initial BW as the blocking criterion. Serum concentrations of IgG of SBP and VBP were higher than those of S at day 10(p<0.05), 20(p<0.05), 30(p<0.05) and 40(p<0.05). Pigs fed with treatment diets had increased lymphocyte level compared to S at day 20(p<0.05) and 40(p<0.05). Cortisol was lower in treatments than in S at day 30(p<0.05). At day 20, there was no significant difference in *E. coli* among the treatments. However, it was observed that *E. coli* of the treatments was decreased compared to S at day 40(p<0.01). *Lactobacillus* of SBP was significantly higher(p<0.05) than that of S at day 40. In conclusion, the results of the experiment suggest that far infrared radiological materials could be a very beneficial immune response for growing pigs in health aspects.

Key words : Pig, infrared radiological materials, immune response, microorganism

서 론

현재 양돈산업은 사육양상이 과거와는 달리 집단화 및 다두 사육화로 전환되고, 교통수단의 발달로 가축의 이동이 빈번해짐에 따라 질병의 전파속도가 빨라지고 있다. 물론 질병의 발생도 상대적으로 높아지고 있으므로 질병으로 인한 양돈장의 경제적인 손실이 대형화되고 있다. 질병예방차원에서 사료내 사용하는 항생제는

생산되어진 육류에 잔류될 수 있으므로 사람이 섭취할 식품으로서 위험할 수 있다. 이러한 항생제에 대한 잔류와 내성균 문제는 오래전부터 제기되어 왔다^{1,3}. 항생제의 사용문제가 제기되면서 여러 국가에서 항생제에 대한 규제 및 항생제 대체를 위한 많은 연구가 이루어졌다. 최근까지 항생제의 대체방안으로 효소제, 효모, 생균제 등의 비항생제적 생리활성 물질의 첨가에 의한 연구들이 이루어졌다^{4,8}.

이 논문은 Easy Bio System의 연구비에 의하여 수행되었음

Address reprint request to Dr. In-ho Kim, Department of Animal Resource & Science, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea.

또한, 돼지가 허약체질, 백신접종, 축사내 환기불량, 장거리 수송 및 기상급변 등 스트레스에 노출될 경우 질병의 저항력이 약화되어, 세균에 의해 비후두 점막에서 증식하여 2차 감염원으로서 급성패혈증 또는 기관지 폐염을 일으킨다^{9,12}. 이러한 환경속에서 사육되는 돼지에게 면역성을 높여 줄 수 있는 기능성 물질들을 이용하여 건강하고 신선한 돈육생산이 필요한 시기이다.

한편, 국내 양돈 생산비 중 사료비가 차지하는 비중은 65% 이상이며 육수수나 대두박을 비롯한 주요 사료 원료의 대부분을 수입에 의존함에 따라 사료효율의 증대는 양돈산업의 최종 목표가 될 것이다. 따라서 기존 사료 중 일반 미생물 및 곰팡이의 오염을 최소화 할 수 있는 천연항균 및 면역증강 물질의 사용은 사료효율의 개선은 물론 일당중체량과 질병발생율의 감소를 통해 주요한 생산지표와 분뇨의 환경오염까지 줄일 수 있는 등 다양한 효과를 거둘 수 있다. 따라서 양돈산업에서의 고부가가치 창출을 위한 사료첨가물질들의 특성 평가 및 응용범위 등이 체계적으로 구명되어야 할 것이다.

본 시험에서 사용된 원적외선 방사물질은 아직까지 밝혀지지 않은 기능들이 많아 보다 많은 연구들이 필요하다. 백신을 한 육성돈에게 사료내 원적외선 방사물질의 첨가가 면역 반응(IgG, lymphocyte, cortisol) 및 항균 능력(*E. coli*, *lactobacillus*)에 미치는 영향을 평가하기 위해 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험동물

평균체중 15.6±0.5 kg 인 3원교잡종(Duroc×Landrace×Yorkshire) 돼지 12두(암수 6마리씩)를 공시하였다. 공시한 육성돈에게 AR 백신(Ingelvac AR-4, Boehringer Ingelheim)을 하거나 백신대신 생리식염수를 근육주사하였다.

시험설계

처리구로는 1) 백신대신 생리식염수를 주사하고 육성돈 기초사료를 급여한 대조구(Control; S), 2) 백신대신 생리식염수를 주사하고 육성돈 기초사료에 원적외선 방사물질(Bio-Plus)을 50 ppm 첨가 급여한 처리구(Saline Bio-Plus; SBP) 그리고 3) 백신을 하고 육성돈 기초사료에 원적외선 방사물질(Bio-Plus)을 50 ppm 첨가 급여한 처리구(Vaccine Bio-Plus; VBP)로 구성되어 있다. 육성돈은 혈액성상 및 분변 미생물 분석을 위해 처리당 개별 케이지에 1마리씩 완전임의 배치하였고 각 펜 당 암

수 구별하여 사육하였다.

시험사료

본 시험사료는 항생제를 배제한 육성돈 사료를 기초로 하였다. 대조구의 기초사료는 Table 1에서 보는 바와 같이 3,450 kcal metabolizable energy/kg, 16.5% crude protein, 0.94% lysine, 0.8% calcium 그리고 0.6% phosphorus를 함유하였다. 기타 영양소 수준은 NRC¹³ 사양표준의 권장 요구량을 맞추거나 충족시킬 수 있도록 배합하였다. 시험사료는 원적외선 방사물질을 각각 대조구에 첨가 배합하였다.

사양관리

사양시험돈방의 크기(사료통 제외)는 65 cm×155 cm 이고 바닥은 철제로서 시험전 철저한 소독을 하였다. 사

Table 1. Formula and chemical composition of the diets (as-fed basis)

| Ingredients | % |
|---|--------|
| Corn | 52.34 |
| Soybean meal | 18.00 |
| Wheat | 10.00 |
| Tallow | 5.40 |
| Molasses | 3.50 |
| Wheat bran | 3.00 |
| Rape seed meal | 3.00 |
| Fish meal | 1.00 |
| Monocalcium phosphate | 1.00 |
| Seassam oil meal | 1.00 |
| Vitamin and mineral premix ^a | 0.65 |
| Limestone | 0.60 |
| Salt | 0.30 |
| lysine | 0.11 |
| Enzyme | 0.10 |
| Total | 100.00 |
| Chemical composition ^b | |
| Metabolizable energy(kcal/kg) | 3,450 |
| Crude protein(%) | 16.50 |
| Lysine(%) | 0.94 |
| Calcium(%) | 0.80 |
| Phosphorus(%) | 0.60 |

^aSupplied per kg diet: 7,000 IU vitamin A, 1,400 IU vitamin D₃, 8 mg vitamin E, 3.2 mg vitamin K₃, 4 mg vitamin B₂, 0.8 mg vitamin B₆, 5.2 mg Pantothenic acid, 6 mg niacin, 3.69 mg Choline, 0.01 mg Vitamin B₁₂, 77 mg Mn, 10 mg Cu, 62 mg Fe, 66 mg Zn, 0.3 mg I, 0.5 mg BHT, 1 mg Co, 43 mg Mg.

^bCalculated value

료와 물은 자유급식을 하였고 신선한 사료를 급여하기 위해 부족함 없이 하루에 2회 이상 주었다.

혈중 IgG 및 lymphocyte 및 호르몬 농도의 변화

채혈은 시험개시일부터 매 10일 간격으로 하였고 혈청으로 분석하는 IgG 그리고 cortisol은 일반 vacuum tube(Becton Dickison/vacutaine system, Rutherford, NJ)을 이용하여 경정맥에서 혈액을 6 cc 채취하였다. 진혈을 가지고 분석하는 lymphocytes는 EDTA를 함유한 vacuum tube(Becton Dickison/vacutaine system, Rutherford, NJ)을 이용하여 경정맥에서 혈액을 2 cc 채취하였다.

IgG는 nephelometry 방법으로 nephelometer(Behring, Germany) 분석기계를 사용하여 분석하였다. Lymphocyte는 C.B.C Test로서 STKS coulter(U.K) 분석기계를 사용하여 분석하였다. Cortisol은 competitive radioimmunoassay 방법으로 γ -counter COB5010 Quantum(Packar, USA) 분석기계를 사용하여 분석하였다.

분 중 세균총수

분은 시험개시일부터 매 20일 간격으로 분을 항문 마사지 법으로 채취하여 대장균군과 젖산균을 측정하였다. 채취한 분 5 g을 45 ml의 회석액(0.1% bacto-peptone)과 함께 균질화 시킨 후, 균질화된 시료를 연속회석하였다. 회석액으로는 Tween 80(Difco, USA)을 첨가한 0.1% bacto-peptone(Difco) 용액을 사용하였다. 대장균군의 농도를 측정하기 위해서 MacConkey agar(Acumedica™, USA)를 이용하여 37°C에서 24시간동안 배양한 후 집락수를 측정하였다. 또한, 젖산균의 농도를 조사하기 위해서 Lactobacilli MRS agar(Acumedica™, USA)를 이용하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후 집락의 수를 측정하여 CFU/g으로 표시하였다.

통계

처리구간의 평균성적에 대한 유의성은 SAS¹⁴ general linear model을 이용하여 Orthogonal contrast로 비교하였다. Orthogonal contrast는 1) S 대 다른 처리구(SBP, VBP), 2) S 대 SBP, 3) SBP 대 VBP 이었다.

결 과

혈청내 IgG 농도의 변화

Fig 1은 시험일로 부터 0, 10, 20, 30, 40일 후에 조사한 각 처리구별 혈액 중 Ig G 농도의 증감을 보여 주고 있다. 즉, 10일 경우 대조구에 비해 처리구에서 Ig G 농도가 증가하였음을 보여주고 있었다($p<0.05$). 또한 이 경향은 20($p<0.05$), 30($p<0.05$), 40($p<0.05$)일의 경우에도

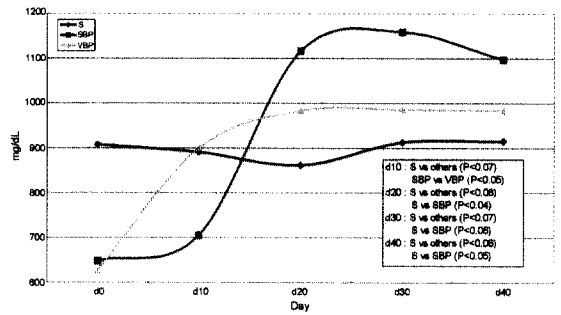


Fig 1. Effect of far infrared radiological materials on the concentration of IgG in sera of pigs.

계속하여서 나타나고 있었다.

10일의 경우, SBP 처리구보다 VBP 처리구에서 IgG 농도가 증가함을 보여주고 있었다($p<0.05$). 20일의 경우, 대조구와 비교하여서 SBP 구에서 IgG 농도가 훨씬 증가되는 것을 알 수 있었다($p<0.01$). 이러한 경향은 30($p<0.05$), 40($p<0.05$)일의 경우에도 계속되었으며 원격외선 방사물질이 IgG 농도의 증가에 작용함을 알 수 있었다.

백혈구내 lymphocyte 의 변화

Fig 2는 시험일로 부터 0, 10, 20, 30, 40일 후에 조사한 각 처리구별 혈액 중 lymphocyte 농도의 증감을 보여주고 있다. 10일까지 처리별 lymphocyte의 차이는 볼 수 없었지만, 20일의 경우 대조구에 비해 처리구에서 lymphocyte 농도가 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 역시, 대조구보다 SBP 구에서 lymphocyte 농도가 훨씬 증가하는 경향을 보였다($p<0.01$). 이러한 경향은 40일 경우에도 나타났는데, 대조구에 비해 처리구에서 lymphocyte 농도가 증가하는 경향이 나타났었다($p<0.05$). 또한 대조구에 비해 SBP 구에서 lymphocyte 농도가 증

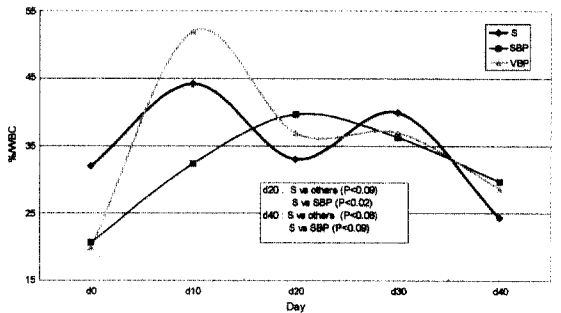


Fig 2. Effect of far infrared radiological materials on the concentration on number of lymphocyte in blood of pigs.

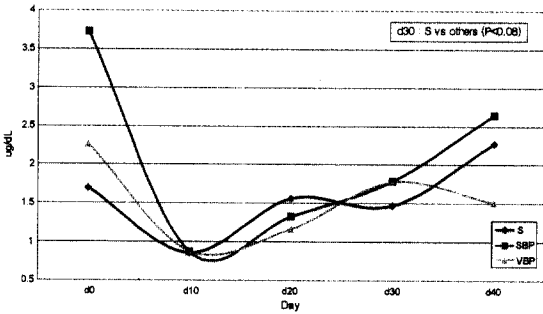


Fig 3. Effect of far infrared radiological materials on the concentration of cortisol in sera of pigs.

가하였다($p < 0.05$).

혈청내 cortisol의 변화

Fig 3은 시험 시작일로 부터 각 10일 간격으로 조사한 각 처리구별 혈액 중 cortisol 농도의 증감을 보여주고 있다. 30일의 경우, 대조구에 비해 처리구에서 cortisol의 농도가 감소함을 보여주고 있다($p < 0.05$).

분 중 대장균군의 변화

Fig 4는 20, 40일 후에 조사한 각 처리구별 분내 대장균군이 증감을 보여주고 있다. 20일의 경우, 각 처리구별 차이는 뚜렷이 나타나지 않았으며, 40일의 경우, 대조구의 경우 대장균군이 급격히 증가하였지만 그와 반면 다른 처리구에서는 대장균군에 변화가 나타나지 않고 있었다($p < 0.01$). 또한 대조구에 비하여 SBP 구에서 대장균군을 억제시키며 설사 유발의 빈도수를 줄이는 효과가 나타나고 있었다($p < 0.04$).

분 중 젖산균의 변화

Fig 5는 시험일로 부터 20, 40일 후에 조사한 각 처리

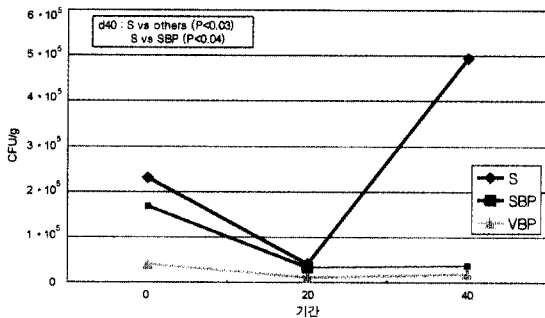


Fig 4. Effect of far infrared radiological materials on *E. coli* colony in feces of pigs.

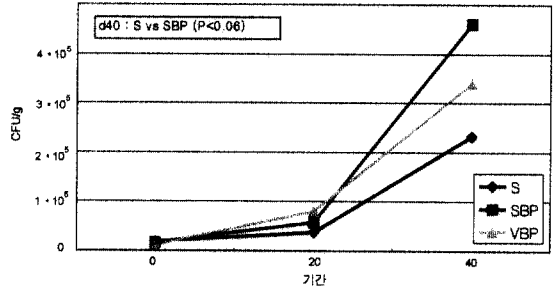


Fig 5. Effect of far infrared radiological materials on *Lactobacillus* colony in feces of pigs.

구별로 분 중 젖산균수의 변화를 보여주고 있다. 20일의 경우, 대조구와 처리구별 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나 40일의 경우, 대조구와 각 처리구와 비교하여서 큰 차이는 없었으나, 대조구와 SBP 구 사이에서 뚜렷한 차이가 있었다($p < 0.05$).

고 찰

일반적으로 IgG는 병원성 미생물로부터 질병의 감염을 수동적으로 억제하는 항체를 제공하는 고분자 당단백질로서¹⁵ 세균, 바이러스 등의 항원에 대한 면역반응이 비교적 활발하다고 하였다^{15,16}. 이는 첨가한 원적외선 방사물질이 돼지의 혈액 중에서 면역기능을 증가시키는데 작용함을 알 수 있었다. 이 증가한 IgG의 농도는 인위적인 백신에 의한 그 항원에 의한 농도 변화를 의미한 것이었다.

또한, 생리식염수 대신 백신을 하므로서 원적외선 방사물질의 효과가 나타난 것으로 보아 백신을 주사하였을 경우 항원의 침입으로 원적외선 방사물질이 항체 생성에 보조 역할을 하여 혈액내 면역반응을 상승시켰다고 사료되며 이에 따라 IgG 농도가 증가되는 것을 알 수 있었다. 이러한 IgG의 농도변화는 질병발생 여부 및 그 상태를 예시하여 주는 중요한 척도로 항원을 주입한 VBP 처리구에서 IgG 농도의 증가는 병원성 세균에 대한 면역능력을 증가시키고 질병에 대한 저항력이 높아질 수 있는 것으로 사료된다.

Lymphocyte는 면역반응에 관여하는 백혈구로서, 림프구는 항체합성 및 중앙세포 및 이종세포의 파괴 등 체액 및 세포면역 전반에 걸쳐 중요한 역할을 한다¹⁷⁻¹⁹. 이러한 것으로 보아 원적외선 방사물질의 첨가 급여가 돼지의 혈액 중에서 면역반응의 상승으로 lymphocyte 농도가 증가하였다고 사료는 되나 보다 심도 깊은 연구가 필요하다고 본다.

호르몬의 변화를 조사한 cortisol은 스트레스에 대응하

는 가장 중요한 호르몬으로 당생성 촉진과 지질대사 조절 등에 관여하게 된다^{20,23}. Baybutt와 Holsboer²⁴의 결과에 의하면 cortisol의 증가로 B 세포의 항체생성이나 탐식세포의 기능까지 저하시킨다고 하였다. 결국 이는 기능성 원적외선 물질을 급여할 경우 cortisol의 분비를 억제하여 탐식세포나 탐식기능의 저하를 방지하며, 림프구의 감소를 막으므로 면역기능의 저하를 방지하는 효과가 나타난 것으로 보이며, 또한 스트레스에 대한 저항력과 이에 의한 질병의 저항력이 약화되는 것을 막을 수 있을 것으로 사료된다.

본 시험의 결과를 보면 대장균군의 수를 억제시키며 설사유발의 빈도수를 줄이는 효과가 나타나고 있었다. 이러한 *E. coli*에 의한 장독성 소화기 질병으로 인한 양돈가들의 경제적 손실은 실제로 막대하다^{25,26}. 결국 원적외선 방사물질의 첨가로 대장균 수를 줄이는 효과가 있음을 확인된 바 자돈의 대장균 설사를 예방하기 위한 일부 항생제 대체물질로 사용 가능하리라 사료된다. 또한 대장균의 증식을 억제함으로써 양돈에서 설사로 인한 손실을 극소화 할 수 있으며, 질병발생을 막을 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 본 시험에 사용한 돼지는 육성 단계로 항생제 대체시험으로는 자돈을 이용하는 것이 바람직하며 자돈에서의 보다 정확한 분 중 미생물의 변화를 평가되어야 할 것이다.

젖산균은 사람이나 동물의 장내에서 성공적으로 증식할 경우 각종 유해균 증식을 억제하고 숙주의 면역능력을 증강시킨다. 본 연구에 의하면 원적외선 방사물질을 첨가함으로써 분 중 젖산균수는 대조구에 비해 증가함을 보이는 것으로 보아 장내 세균총의 개선 및 유당소화의 촉진으로 장내 소화기능을 활성화시키는 기능^{27,28}을 가진 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 육성돈에 있어 원적외선 방사물질(Bio-Plus)을 사료내 첨가하였을 때 면역 및 장내 미생물 변화에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다. 처리구로는 1) 백신대신 생리식염수를 주사하고 육성돈 기초사료를 급여한 대조구 (Control; S), 2) 백신대신 생리식염수를 주사하고 육성돈 기초사료에 원적외선 방사물질(Bio-Plus)을 50 ppm 첨가 급여한 처리구(Saline Bio-Plus; SBP) 그리고 3) 백신을 하고 육성돈 기초사료에 원적외선 방사물질(Bio-Plus)을 50 ppm 첨가 급여한 처리구(Vaccine Bio-Plus; VBP)로 구성되어 있다. 10일($p<0.05$), 20일($p<0.05$), 30일($p<0.05$), 40일($p<0.05$) 경우, IgG의 농도는 대조구에 비해 처리구에서 증가함을 보였다. Lymphocyte의 농도는 20일($p<0.05$)과 40일($p<0.05$)에 대

조구에 비해 처리구에서 증가하였다. Cortisol은 처리간에 효과를 보이지 않았지만 30일이 지나 대조구에 비해 처리구에서 농도의 감소를 보여주었다($p<0.05$). *E. coli*는 40일째 대조구보다 처리구에서 감소되는 효과가 나타났다($p<0.01$), 대조구에 비해 SBP 구에서도 그 효과가 나타났다($p<0.01$). 젖산균은 40일 경우 대조구에 비해 SBP 구 사이에서 차이가 나타났다($p<0.05$). 결론적으로 원적외선 방사물질의 사료내 첨가는 돼지의 건강측면을 고려한다면 면역에 도움을 줄 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

1. Mitsubashi S, Harada K, Kameda M. On the drug resistance of Enteric bacteria. *Jap J Microbiol*, 31:119, 1961.
2. Edwards CC. New animal drug (21 CFR Part 135). *Fed Reg*, 37:2444, 1972.
3. Smith HW. Persistence of tetracycline resistance in pig *E. coli*. *Nature*, 258:628, 1975.
4. Waldroup PW, Hillard CM, Mitchell RJ. The nutritive value of yeast grown on hydrocarbon fraction for broiler chicks. *Poult Sci*, 50:1022-1028, 1982.
5. Lindemann MD, Cornelius SG, Kandelgy ME, et al. Effect of age weaning and diet on digestive Enzyme levels in the piglet. *J Anim Sci*, 62:1298, 1986.
6. 남궁환, 백인기. 곰팡이 쓴 옥수수를 사용할 때 Amminia 처리와 BHT, CTC, Probiotics의 첨가가 육계에 미치는 영향. *한국가금학회지*, 13(2):221-226, 1986.
7. 노선호, 이찬호, 최윤재, 한인규. 항생제, 효소제, 효모제, 생균제 및 β -agonist가 육계의 성장과 영양소 이용율에 미치는 효과. *한축지*, 36(6):630-638, 1994.
8. 박형룡, 한인규, 허기남. Yeast culture의 첨가가 육계의 성장성과 장내 yeast colony에 미치는 영향. *한영사지*, 18(5):346-354, 1994.
9. Waldman RH, Henney C. Cell-mediated immunity and antibody responses in the respiratory tract after local and systemic immunization. *J Exp Med*, 134:482, 1971.
10. Bentley OE, Farrington DO. Evaluation of an induced *Pasteurella multocida* swine pneumonia model. *Am J Vet Res*, 41:1870-1873, 1980.
11. Collins FM. Growth of *Pasteurella multocida* in vaccinated and normal mice. *Infected Immun*, 8:868-875, 1985.
12. 김종렬, 박정문, 김오남. 돈 유래 *Pasteurella multocida*의 면역원성에 관한 연구. *농시논문집(가축, 가위)*, 28:77-93, 1986.
13. NRC. Nutrient requirements of swine. National Research Council. National Academic Press, Washington, DC, 1998.
14. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 6.03 Ed.). SAS Inst. Inc., Cary, NC, 1988.

15. Butler JE. Synthesis and distribution of immunoglobulines. *J Am Vet Med Assoc*, 163:795, 1973.
16. Klaus GC, Bennet HA, Jones EW. A quantitative study of the transfer of colostral immunoglobuline to the newborn calf. *Immunology*, 16:293, 1969.
17. Paape MJ, Wergin WP. The leukocyte as a defense mechanism. *J Am Vet Med Assoc*, 170:1214-1223, 1977.
18. Densen P, Mandell GL. Phagocyte strategy vs. microbial tactics. *Rev Infect Dis*, 2(5):817-838, 1980.
19. Hahn H, Kaufmann SH. The role of cell-mediated immunity in bacterial infections. *Rev Infect Dis*, 3(6):1221-1250, 1981.
20. Benjamins C, Asscheman H, Scuur AH. Increased salivary cortisol in severe anxiety. *Psychophysiology*, 29(3):302-305, 1992.
21. Greenwood PL, Shutt DA. Salivary and plasma cortisol as an index of stress in goats. *Aust Vet J*, 69(7):161-163, 1992.
22. Brown-Borg HM, Klemcke HG, Blecha F. Lymphocyte proliferative responses in neonatal pigs with high or low plasma cortisol concentration after stress induced by restraint. *Am J Vet Res*, 54(12):2015-2020, 1993.
23. Willemsse T, Vroom MW, Mol JA, et al. Changes in plasma cortisol, corticotropin, and alpha-melanocyte-stimulating hormone concentrations in cats before and after physical restraint and intradermal testing. *Am J Vet Res*, 54(1):69-72, 1993.
24. Baybutt HN, Holsboer F. Inhibition of macrophage differentiation and function by cortisol. *Endo*, 127(1):476-480, 1990.
25. 김봉환, 김동성, 이창구. 자돈의 병원성 대장균에 관한 연구. 1. 양돈농가 실태 및 설사 자돈에서 분리한 대장균의 정상조사. *대한수의학회지*, 21(2):81-86, 1981.
26. 김광재, 윤교복, 최봉출. 설사자돈에서 분리된 병원성 대장균에 관한 연구. *한가위지*, 20(4):359-370, 1997.
27. Kilara A, Shahani KM. Lactase activity of cultured and acidified dairy products. *J Dairy Sci*, 59:2031-2035, 1975.
28. Gilliland SE, Nelson CR, Maxwell C. Assimilation of Cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Environ Microbiol*, 49:337-342, 1985.