

사료 내 이탈리아 라이그라스 펠릿의 첨가급여가 임신모돈의 번식성적에 미치는 영향

김기현¹ · 김광식¹ · 김조은¹ · 정현정² · 이성대³ · 사수진¹ · 홍준기¹ · 박준철¹ · 김영화^{1,†}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²농촌진흥청 기술협력국, ³농촌진흥청 연구정책국

Effects of the Dietary Supplementation of Pelletted-Italian Ryegrass on Reproductive Performance in Pregnant Sows

Ki Hyun Kim¹, Kwang Sik Kim¹, Jo Eun Kim¹, Hyun Jung Jung², Sung Dae Lee³,
Soo Jin Sa¹, Joon Ki Hong¹, Jun Cheol Park¹ and Young Hwa Kim^{1,†}

¹National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Cheonan 331-801, Korea

²Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

³Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of dietary supplementation of pelleted-Italian Ryegrass (IRG) as a source of fiber on reproduction performance in pregnant sows. A total of 24 pregnant sows were randomly assigned to four dietary treatments, which was given a corn-soybean diet with 0%, 10%, 20%, and 30% pelleted-IRG from 105 days prepartum to 7 days postpartum. During experimental period, the sows fed the IRG supplemented diet showed the lower feed intake than the sows fed the control diet ($p < 0.05$). The changes of body weight in sows from initial to pre- and/or post-partum was significantly smaller in sows fed the IRG supplemented diet than control group. It is thought that the lower weight gain in IRG supplemented groups is caused by low feed intake. Although there was no significant difference, sows fed the IRG supplemented diet tended to increase the litter size and birth weight in piglets compared with sows fed the control diet. This result suggests that the dietary supplementation of IRG has the positive effects to improve the reproductive performance in sows. But, the excessive feeding of IRG to sows might cause to retard the days of return to estrus, and decrease the contents of solid, milk protein, and milk fat in colostrum. Thus, the addition of about 10% IRG is desirable to increase the reproductive performance. Meanwhile, the feeding energy diet is better effective than feeding the fiber diets to improve overall productivity in sows after postpartum.

(Key words : Italian ryegrass, Fiber diet, Reproductive, Litter size, Swine)

서 론

후보돈의 도입체중인 100~110kg까지의 육성은 후기의 산자수 생산에 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다. 후보돈의 사양관리에 있어서 영양소가 높은 사료의 급여는 후보돈의 성장을 촉진한다. 지나치게 빠른 성장은 골격의 발달을 저해하기 때문에 지체를 약하게 하고 모돈의 경제수명을 단축시키는 요인으로 작용한다. 또한, 에너지공급 과잉에 의한 후보돈의 과비는 번식성적에 영향을 미

치며, 연산성을 저하시킨다(Christian과 Nofziger, 1952; Frobish 등, 1966). Gossett와 Sorensen (1959)은 높은 에너지의 섭취가 배아 사망률을 증가시키는 것으로 보고하였다. 이와 같이 높은 에너지 섭취에 의해 야기되는 번식성적 저하를 방지하기 위해 개체별 체평점 관리로 사료 급여량을 제한해 주고 있는데, 이러한 제한급여는 후보돈에 있어서 허기로 인한 스트레스를 야기한다(King, 1989). 임신돈에 있어서 섬유질 사료의 급여는 포만감을 형성하기 때문에 허기 스트레스를 최소화하는 데에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Zoiopoulos 등, 1982; Zoiopou-

* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ009410)의 지원에 의해 이루어진 것임.

† Corresponding author : Phone: +82-41-580-3446, E-mail: : yhkims@korea.kr

los 등, 1983).

돼지는 다태동물이기 때문에 장 늘림에 의한 변비 발생이 심하여 장내 환경이 악화되어 연산성이 떨어지고, 산자수가 감소하는 등 번식성적이 낮아지는 문제가 발생한다. 또한, 임신돈은 분만 전후 변비가 심하게 나타나는데, 이는 무유증과 결부될 수 있기 때문에 충분한 물 섭취와 고섬유질 사료의 급여가 필요하다. 사료 내 섬유질 사료의 첨가는 대장의 운동을 촉진시켜 변이 소화관을 통과하는 시간을 단축시키고, 원활한 배변활동으로 배변량을 증가시켜 변비 해소(Davidson과 McDonald, 1998; Mroz 등, 1986) 및 장내 환경을 개선시킨다(Sakata와 Iganaki, 2001). 또한, 많은 연구자들에 의해서 섬유질 사료의 급여는 산자수 증가 및 이유두수를 증가시켜, 모돈의 번식성적을 향상시키는 것으로 보고되고 있다(Darroch 등, 2008; Ewan 등, 1996; Grieshop 등, 2001; Cromwell 등, 1989).

동일한 섬유소라도 섬유소원의 lignifications 정도와 화학적인 변이 차이(Larsen과 Oldfield, 1961), 사료 내 에너지 및 영양소 수준(Baird 등, 1970) 등에 따라서 그 이용성은 다르게 나타난다. 따라서, 본 연구에서는 현재까지 돼지에 있어서 섬유질원으로써 이용되고 있지 않은 Italian Ryegrass(IRG)를 농가에서 급여가 용이하도록 펠렛 형태로 가공하여 임신돈사료 내 첨가 급여하였을 때 임신돈의 분만성적에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시동물 및 시험설계

본 시험은 평균 체중이 208.7 kg인 F₁ 임신모돈(Landrace×Yorkshire) 24두를 공시하여, 충남 천안시 소재 국립축산과학원에서 실시하였다. 시험설계는 옥수수과 대두박 위주의 임신돈 기초사료에 IRG 펠렛사료의 첨가수준(0, 10, 20, 30%)에 따라 4처리를 두고, 각 처리당 6반복으로 반복당 1두씩 총 24두를 이용하였다. 시험사료의 영양적 조성은 Table 1에 나타내었다.

공시재료

본 연구에 이용된 IRG 펠렛사료는 전문제조 업체에 위탁하여 제조하였으며, 그 제조 공정은 다음과 같다. IRG를 수분 14% 이하로 예건한 다음 길이를 4~5 cm로 절단하였다. 그 후, Hammer를 이용하여 잘게 부순 후 경화유지를 혼합하여 6 mm 크기로 성형하여 얻은 펠렛을 공시재료로 시험에 이용하였다.

사양관리

본 연구에 사용된 공시동물의 기본적인 사양관리는 실험동물 복지 및 관리 기준에 의거하여 실시하였다(National Institute of Animal Science, Animal Care Committee of Korea). 시험돈은 시험개시(분만예정 107일 전)부터 분만예정 10일전까지 21±4℃가 유지되는 임신돈사에서 개체별로 사육되었으며, 분만 예정 10일전부터는 자동

Table 1. Ingredients and chemical compositions of the experimental diets

Item	Control	IRG-10	IRG-20	IRG-30
Ingredients (%)				
Corn	64.59	57.81	51.05	44.28
Soybean meal	13.15	11.84	10.52	9.21
Soybean oil	2.55	2.30	2.04	1.79
Molasses	0.30	0.27	0.24	0.21
Beet pulp	9.32	8.39	7.46	6.52
Wheat bran	7.00	6.30	5.60	4.90
Lysine	0.10	0.10	0.10	0.10
Mix-vitamin+mineral ¹⁾	0.70	0.70	0.70	0.70
Limestone	1.00	1.00	1.00	1.00
Calcium phosphate	1.19	1.19	1.19	1.19
Salt	0.10	0.10	0.10	0.10
IRG pellet	0.00	10.00	20.00	30.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ²⁾				
Dry matter (%)	87.6	87.8	88.11	88.49
Crude protein (%)	12.8	12.8	13.4	13.3
Crude fat (%)	5.11	4.80	4.57	4.39
Crude fiber (%)	5.17	6.66	7.91	9.08
Crude ash (%)	3.96	4.10	4.73	4.96
Calcium (%)	0.97	0.80	0.92	0.92
Phosphorus (%)	0.60	0.55	0.59	0.57
Total lysine (%)	0.89	0.84	0.88	0.87

¹⁾ Supplied per kg diet : vit A 5,000,000 IU, vit D₃ 1,000,000 IU, vit E 1,000 mg, vit B₁ 150 mg, vit B₂ 300 mg, vit B₁₂ 1,500 mg, Niacin amide 1,500 mg, DL-calcium phatathenate 1,000 mg, folic acid 200 mg, vit H 10 mg, Choline chloride 2,000 mg, Mn 3,800 mg, Zn 1,500 mg, Fe 4,000 mg, Cu 500 mg, I 250 mg, Co 100 mg, Mg 200 mg.

²⁾ Values were analyzed.

환경제어 시스템이 갖추어진 분만사로 옮겨져 사육되었다. 사료와 음수는 자유채식을 실시하였다.

조사항목 및 조사방법

체중 및 분만성적

모돈의 체중을 시험개시, 분만 전, 분만 후에 측정하여 시험기간동안 체중변화를 관찰하였다. 분만 후에는 총 산자수, 자돈 생시체중을 측정하였으며, 모돈의 발정재귀일을 관찰하였다.

초유 성분분석

모돈으로부터 분만 직후 초유 채취하여, 유성분 자동분석기(Delta Inst., Drachten, Netherlands)를 이용하여 고

형분, 유단백, 유지방, 유당함량을 측정하였다.

통계분석

본 시험 결과의 통계 분석은 통계분석 프로그램 SPSS (17.0)의 GLM을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 유의수준 0.05 이하에서 처리구 간의 차이는 SPSS(17.0)의 Duncan (1995)법을 이용하여 사후검정을 실시하였다.

결 과

시험사료 분석

본 사양시험에서 사용된 사료를 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 시험 설계에서 CP의 함량을 12.5%로 설정하였으나, 사료배합 후 측정값에서는 대조구와 IRG-10 처리구에서 12.8%, IRG-20과 IRG-30 처리구에서는 각각 13.4%와 13.3%로 다소 높았다. 또한, 조섬유 및 조회분 함량은 대조구에 비하여 IRG 첨가수준이 증가할수록 높아지는 경향을 보였으나, 이와 반대로 IRG 첨가수준이 증가할수록 조지방의 함량은 낮아지는 것으로 나타났다.

모든의 사료섭취량 및 체중변화

시험 개시 후 16주 동안의 평균 사료섭취량 및 모든 체중변화는 Table 2에 나타내었다. 사료섭취량은 대조구 2.58 kg에 비해 IRG 첨가구에서 낮아지는 경향을 보였으며, IRG-30 처리구에서는 1.96 kg으로 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 시험개시부터 분만 7일 전까지의 모든 체중변화는 대조구가 58.6 kg으로 가장 높았고, IRG-10 처리구, IRG-20 처리구, IRG-30 처리구에서 각각 37.3 kg, 34.9 kg, 40.3 kg이었다($p<0.05$). 분만 7일 전부터 분만 1일 후까지의 모든 체중변화는 유의적인 차이는 관찰되지 않았으나, IRG-20 처리구에서 -13.3 kg으로 가장 많은 체중 감소가 나타났다. 시험개시부터 분만 1일 후까지의 모든 체중변화는 대조구가 45.8 kg으로 가장 높았고, IRG-10, IRG-30, IRG-20 처리구 순으로 각각 28.4 kg, 27.7 kg, 21.7 kg이었다($p<0.05$).

모든의 분만성적

IRG 펠릿사료의 급여가 모돈에 있어서 총 산자수, 발정재귀일 및 자돈 생시체중에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 총 산자수는 대조구가 10.8두인데 비해, IRG-10 처리구와 IRG-30 처리구가 각각 11.8두, IRG-20 처리

Table 2. Effects of the feeding of pelleted-IRG on growth performance during experimental period in sows

Item	Control	IRG-10	IRG-20	IRG-30	SEM ¹⁾
Feed intake (kg/day)	2.58 ^a	2.35 ^a	2.42 ^a	1.96 ^b	0.07
Body weight (kg)					
Initial (A)	194.6	211.4	216.1	212.8	3.62
Pre-partum (B)	253.2	248.7	251.0	253.1	4.15
Post-partum (C)	240.4	239.7	237.8	240.5	4.44
Changes of body weight (kg)					
(B)-(A)	58.6 ^a	37.3 ^{ab}	34.9 ^b	40.3 ^{ab}	3.90
(C)-(B)	-12.8	-9.0	-13.3	-12.6	1.79
(C)-(A)	45.8 ^a	28.4 ^{ab}	21.7 ^b	27.7 ^{ab}	3.72

Values are means.

¹⁾ SEM, Standard error mean.

^{a,b} Means with different superscripts within same rows are different ($p<0.05$).

Table 3. Effects of the feeding of pelleted-IRG on feed intake and farrowing performance in sows

Item	Control	IRG-10	IRG-20	IRG-30	SEM ¹⁾
Litter size (head)	10.8	11.8	11.6	11.8	0.63
Days of return of estrus (days)	5.8 ^{ab}	5.5 ^b	5.8 ^{ab}	6.7 ^a	0.18
Birth weight in piglet (kg)	1.39	1.45	1.51	1.54	0.03

Values are means.

¹⁾ SEM, Standard error mean.

^{a,b} Means with different superscripts within same rows are different ($p<0.05$).

Table 4. Effects of the feeding of pelleted-IRG on colostrum components in sows

Item	Control	IRG-10	IRG-20	IRG-30	SEM ¹⁾
Total solid (%)	30.6 ^a	24.2 ^{ab}	18.6 ^c	27.3 ^{ab}	1.34
Milk protein (%)	20.5 ^a	17.2 ^a	11.3 ^b	18.0 ^a	1.11
Milk fat (%)	8.97 ^a	4.19 ^b	4.45 ^b	5.70 ^b	0.53
Lactose (%)	2.52	2.79	2.96	3.02	0.20

Values are means.

¹⁾ SEM, Standard error mean.

^{ab} Means with different superscripts within same rows are different ($p < 0.05$).

구는 11.6두로 나타나, IRG 펠릿사료 첨가에 의해 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 산자수가 높아지는 경향이 나타났다.

발정재귀일은 대조구 5.8일에 비해 IRG-10, IRG-20에서 각각 5.5일과 5.8일로 차이를 보이지 않았으나, IRG-30 처리구의 경우 6.7일로 유의적으로 발정재귀일이 지연되는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

자돈 생시체중은 대조구가 1.39 kg이었던 반면, IRG-10, IRG-20, IRG-30 처리구에서 각각 1.45 kg, 1.51 kg, 1.54 kg 순으로 나타나, IRG의 첨가수준이 증가함에 따라서 생시체중이 증가하는 것으로 나타났으나, 처리간에 유의성은 인정되지 않았다.

초유 유성분분석

IRG 펠릿사료를 급여한 모든의 초유성분을 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 총 고형분 및 유단백질 함량은 IRG-20 처리구에서 각각 18.6% 및 11.3%로 대조구(30.6%와 20.5%)에 비해 유의적으로 낮게 나타났으나($p < 0.05$), IRG-10 처리구와 IRG-30 처리구에서는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 초유 내 유지지방함량은 대조구(8.97%)에 비해 모든 IRG 첨가구에서 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$).

고 찰

본 실험은 임신돈에게 섬유질 사료 공급원으로써 IRG를 이용하여 제조한 펠릿사료의 급여가 임신돈의 분만성적에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

본 연구 결과에서 임신돈에게 IRG 첨가사료를 급여할 경우, 임신돈의 사료섭취량이 감소하는 것으로 나타났다. Pollmann 등 (1980)의 연구에서는 알팔파를 첨가하여 섬유소함량을 높인 사료를 임신돈에 급여하였을 때, 사료섭취량이 감소하고, 증체가 저하되는 결과를 보고하여, 본 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 한편, Holt 등 (2006)의 연구에서는 대두피를 이용하여 섬유소 함량을 높인 사료의 급여가 사료섭취량을 증가시키는 결과를 보고하여 본 연구와 상반되는 결과를 나타내었다. Pond 등 (1985)은 높은 섬유소의 급여는 낮은 소화율 때문에 에너

지 요구량을 충족시키기 위하여 사료섭취량을 증가시킨다고 주장하였으나, 우리의 연구에서 사료섭취량이 감소한 것은 IRG 첨가 수준이 높아짐에 따라 포만감이 높아졌기 때문인 것으로 사료된다. 본 연구에서 시험기간 동안 IRG 첨가급여에 의해 모든의 체중 변화가 유의적으로 낮아지는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과는 IRG 첨가에 의해 감소된 사료섭취량으로부터 야기된 것으로 사료된다.

많은 연구자들은 에너지 공급 과잉이 배아 사망률을 증가시켜 번식성적을 저하시킨다고 보고하였으며(Robertson 등, 1951; Self 등, 1960; Hafez, 1958; McGillivray 등, 1962), Dean과 Tribble (1959) 및 Pickett와 Beeson (1962)는 임신기간 중 제한된 에너지의 섭취가 산자수를 증가시키는 것으로 보고하였다. Veum 등(2009)의 연구에서 모돈에 밀짚을 급여하였을 때 3산차까지 평균 두당 0.51두의 산자수가 증가하고, 자돈의 생시체중 및 이유시 체중 또한 밀짚 급여에 의해 증가하는 것으로 보고하였으며, Reese (1997)의 연구에서도 동일한 결과를 보고하였다. 본 연구결과에서도 IRG 펠릿사료의 첨가 급여는 유의적인 영향은 아니지만, 0.8~1두의 산자수가 높아지는 경향을 나타내어(Table 3), 이들의 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 이것은 IRG 펠릿사료를 첨가함에 따라 모돈 체중 변화량이 낮아 체평점 관리가 잘 되었기 때문인 것으로 생각된다. 한편, Darroch 등(2008)의 연구에서는 옥수수-대두박 위주 대조구사료에 섬유소를 높이기 위해 대두피를 20% 첨가한 구 간에 산자수는 차이가 없었다는 연구와는 상반되는 결과이다. 모돈에 있어서 섬유질 사료의 급여가 산자수에 미치는 영향은 섬유질 사료 급여원에 따라 상이한 결과가 보고되고 있는데, 그 원인으로는 섬유질 내 NDF의 함량이 산자수에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Reese, 1997). 한편, 자돈의 생시체중은 IRG 펠릿사료의 첨가수준이 증가함에 따라 증가되는 경향을 나타내었으나, 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. Renaudeau 등(2003)의 연구에서도 임신돈에게 조섬유 함량이 대조구보다 6% 높은 사료를 급여하였을 때 자돈의 생시체중은 차이가 없는 것으로 관찰하여, 본 연구와 일치하는 결과를 보고하였다.

발정재귀일에 있어서는 IRG 첨가급여구와 대조구 사이에서 유의적인 차이는 발견되지 않았지만, IRG-30 처리구가 IRG-10 처리구보다 재귀발정일이 유의하게 1.2일 지

연되었다. 섬유소 원으로써 임신돈 사료 내 밀짚을 첨가하여 급여한 연구에서 1산차, 2산차, 3산차의 모돈에 있어서 밀짚의 급여는 발정재귀일에 영향을 미치지 않는 결과가 보고되었다(Veum 등, 2009). 본 연구에서도 동일한 결과가 관찰되어 섬유질 사료의 급여는 발정재귀일에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

분만 후 초유의 성분검사를 실시한 결과에서 대조구에 비해 IRG 첨가구에서 유의적으로 총 고형분, 유단백, 유지방 함량이 감소하는 것으로 나타났다. Zoiopoulos 등 (1982)은 포유모돈에 있어서 귀리와 밀짚의 급여가 유량과 유성분에 영향을 미치지 않는 것으로 보고하여 본 연구와 상반되는 결과를 나타내었지만, 이들의 연구에서는 대조구에 비하여 섬유질 사료급여구에서 사료섭취량이 높은 것으로 나타났다. 모돈의 유생산은 에너지 섭취와 밀접한 관계가 있으며, 포유 중인 모돈은 충분한 유성분 합성과 생산을 위하여 영양소 요구율이 높아지는 데(Schoenherr 등, 1989), 낮은 에너지 수준의 섬유질 사료의 급여는 유성분 합성에 필요한 영양소를 충족시켜 주지 못하여 유지방 및 유단백 함량이 감소되는 것으로 사료된다. 따라서, 분만 후에는 포유모돈에게 섬유질 사료 급여보다는 에너지 위주의 사료로 교체하여 급여할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터, 펠렛화 가공을 거친 IRG 사료의 급여는 모돈에 있어서 과비를 억제하고, 상대적인 포만감으로 인하여 제한급여에서 발생할 수 있는 허기에 대한 스트레스를 해소할 수 있어, 모돈의 분만성적을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. 다만, 30% 이상의 IRG 첨가는 재귀발정일을 지연시킬 수 있기 때문에, IRG 첨가수준은 10% 내외로 설정하고, 분만 후에는 정상적인 포유능력을 갖도록 하기 위하여 모돈의 영양소 요구량을 충족시켜줄 수 있는 사료로 교체 급여하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

인용문헌

- Baird DM, McCampbell HC, Allison JR (1975): Effects of levels of crude fiber, protein and bulk in diet for finishing hogs. *J Anim Sci* 41:1039-1047.
- Christian RE, Nofziger JC (1952): Puberty and other reproductive phenomena in gilts as affected by plane of nutrition. *J Anim Sci* 11:789. (Abstr.).
- Cromwell GL, Hall DD, Combs GE, Hale OM, Handlin DL, Hitchcock JP, Knabe DA, Kornegay ET, Lindemann MD, Maxwell CV, Prince TJ (1989): Effects of dietary salt level during gestation and lactation on reproductive performance of sows: A cooperative study. *J Anim Sci* 67:374-385.
- Darroch CS, Dove CR, Maxwell CV, Johnson ZB, Southern LL (2008): A regional evaluation of the effect of fiber type in gestation diets on sow reproductive performance. *J Anim Sci* 86:1573-1578.
- Davidson MH, McDonald A (1998): Fiber: Forms and function. *Nutr Res* 18:617-626.
- Dean BT, Tribble LF (1959): The effect of level of feeding during gestation on sow performance. *Mo Ann Swine Day Rpt* 3:12.
- Ewan RC, Crenshaw JD, Crenshaw TD, Cromwell GL, Easter RA, Nelssen JL, Miller ER, Pettigrew JE, Veum TL (1996): Effect of addition of fiber to gestation diets on reproductive performance of sows. *J Anim Sci* 74(Suppl.1):190. (Abstr.).
- Frobish LT, Speer VC, Hays VW (1966): Effect of protein and energy intake on reproductive performance in swine. *J Anim Sci* 25:729-733.
- Gossett JW, Sorensen AM (1959): The effects of two levels of energy and seasons on reproductive phenomena of gilts. *J Anim Sci* 18:40-47.
- Grieshop M, Reese DE, Fahey GC (2001): Nonstarch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: Lewis AJ, Southern LL (eds). *Swine Nutrition*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, USA. pp 107-130.
- Hafez ESE (1958): Reproduction, placentation and prenatal development in swine as affected by nutritional environment. *J Anim Sci* 17:1212. (Abstr.).
- Holt JP, Johnston LJ, Baidoo SK, Shurson GC (2006): Effects of a high-fiber diet and frequency of feeding on behavior, reproductive performance, and nutrient digestibility in gestating sows. *J Anim Sci* 84: 946-955.
- King RH (1989): Effects of live weight and body composition of gilt at 24 week of age on subsequent reproductive efficiency. *Anim Prod* 49:109-115.
- Larsen LM, Oldfield JE (1961): Improvement of barley rations for swine. III. Effects of fiber from barley hulls and purified cellulose in barley and corn rations. *J Anim Sci* 29:11-15.
- McGillivray JJ, Nalbandov AV, Jensen AH, Norton HW, Becker DE (1962): Reproductive performance in gilts starved or fed different levels of energy. *J Anim Sci*. 21:1005. (Abstr.).
- Mroz Z, Partridge G, Mitchell G, Keal HD (1986): The effects of oat hulls added to the basal ration for pregnant sows on reproductive performance, apparent digestibility, rate of passage and plasma parameters. *J Sci Food Agric* 37:239-247.
- Pickett RA, Beeson WM (1962): Effect of energy intake, haylage and free-choice supplement on the reproductive performance of gilts. *Purdue Univ. Res Prog Rpt*. pp 36.
- Pollmann DS, Danielson DM, Crenshaw MA, Peo ER Jr (1980): Long-term effects of dietary additions of alfalfa and tallow on sow reproductive performance. *J Anim Sci* 51:294-299.
- Pond WG, Yen JT, Varel VH (1985): Effects of level and source of dietary fiber in gestation on repro-

- ductive performance and nutrient digestibility in gilts. *Nutr Rep Int* 32:505-514.
20. Reese DE (1997): Dietary fiber in sow gestation diets-A review. *Nebra Swi Rpt.* pp 229.
 21. Renaudeau D, Anais C, Noblet J (2003): Effects of dietary fiber on performance of multiparous lactating sow in a tropical climate. *J Anim Sci* 81:717-725.
 22. Robertson GT, Casida LE, Grummer RH, Chapman AB (1951): Some feeding and management factors affecting age at puberty and related phenomena in Chester White and Poland China gilts. *J Anim Sci* 10:841-866.
 23. Sakata T, Inagaki A (2001): Organic acid production in the large intestine: Implication for epithelial cell proliferation and cell death. In: Piva A, Bach Kundsen KE, Linberg JE (eds) *Gut Environment of Pig*. 1st ed. Nottingham Univ Press, Nottingham, UK. pp 85.
 24. Schoenherr WD, Stahly TS, Cromwell GL (1989): The effects of dietary fat or fiber addition on yield and composition of milk from sows housed in a warm or hot environment. *J Anim Sci* 67:482-495.
 25. Self HL, Grummer RH, Hays OE, Spies HG (1960): Influence of three different feeding levels during growth and gestation on reproduction, weight gains and carcass quality in swine. *J Anim Sci* 19:274-282.
 26. Veum TL, Crenshaw JD, Crenshaw TD, Cromwell GL, Easter RA, Ewan RC, Nelssen JL, Miller ER, Pettigrew JE, Ellersieck MR (2009): The addition of ground wheat straw as a fiber source in the gestation diet of sows and the effect on sow and litter performance for three successive parities. *J Anim Sci* 87:1003-1012.
 27. Zoiopoulos PE, English PR, Topps JH (1982): High-fibre diets for *ad libitum* feeding of sows during lactation. *Anim Prod* 35:25-33.
 28. Zoiopoulos PE, English PR, Topps JH (1983): A note on intake and digestibility of fibrous diet self fed to primiparous sows. *Anim Prod* 37:153-156.
- (Received: 6 September 2013/ Accepted: 11 September 2013)