

사료 내 이탈리아인 라이그라스 첨가가 포유모돈의 번식성적, 혈액특성, 분변 냄새에 미치는 영향

정용대, 김조은, 민예진, 최요한, 박현주, 정학재, 전다연, 사수진, 진현주*
농촌진흥청 국립축산과학원 양돈과

Effects of IRG Supplementation on Reproductive Performance, Blood Characteristics and Fecal Odor in Lactating Sows

Yong Dae Jeong, Jo-Eun Kim, Ye-Jin Min, Yo-Han Choi, Hyun-Ju Park,
Hak-Jae Chung, Da-Yeon Jeon, Soo-Jin Sa, Hyun Ju Jin*
Swine Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 최근 돼지사료 가격이 증가하여 양돈생산비가 상승되고 있는 추세이므로 상대적으로 저렴한 신규 사료자원 발굴이 필요하다. 따라서, 본 연구는 이탈리아인 라이그라스(Italian ryegrass, IRG)의 포유모돈 사료 내 수준별 첨가가 번식성적, 혈액특성, 분변 유해가스 및 초유성분에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다. 사료 내 IRG의 첨가수준은 3처리(0, 5, 10%)로 설정하였으며 총 21두의 공시돈(임신 108일령)은 임의로 배치하였다. 사양시험은 분만 전 1주 및 분만 후 4주를 포함하여 총 5주간 수행하였다. 공시축의 종료체중은 대조구 대비 IRG5 및 10% 처리구에서 감소하였고(C, 214.3 kg vs. IRG5% 및 10%, 각각 192.1 kg, 194.4 kg; $p < 0.05$). 체중손실량은 IRG 첨가수준 높을수록 증가하였다(C, 34.7 kg vs. IRG5% 및 10%, 각각 52.5 kg, 52.2 kg; $p < 0.05$). 또한 사료섭취량은 IRG 5%, 10% 처리구에서 대조구에 비해 감소하였다(IRG5% 및 10%, 3.3 kg, 3.4 kg vs. C, 4.0 kg; $p < 0.05$). 번식성적 중 실산자수는 대조구에서 IRG 5% 및 10% 처리구보다 증가하였다(C, 11.5 vs. IRG 5% 및 10%, 각각 7.8, 10.2 두). 그러나, 초유성분, 혈중 내 대사산물은 대조구 및 처리구간 차이가 없었다. 분변 내 황화수소 및 총메캅탄 농도는 IRG의 첨가수준이 높을수록 수치적으로 감소하였다($p > 0.05$). 이러한 결과들은 IRG의 첨가는 체내 대사지표에는 영향을 미치지 않았고 반면에 분변의 유해가스 저감에 약한 효과를 나타냈다. 따라서, 포유모돈 사료 내 IRG는 소량 사용 또는 제한적인 활용이 가능할 것이다.

Abstract Increasing production costs due to higher diet prices have resulted in the requirement to find alternate feed ingredients in the swine industry. This study investigates the effects of dietary Italian ryegrass (IRG) supplementation on reproductive performance, blood characteristics, colostrum components, and fecal odor in lactating sows. Twenty-one gestating sows (Landrace, 108 days pregnant) were randomly assigned into three treatment groups: 0, 5, and 10% IRG supplementation. All animals were housed in experimental farrowing crates for five weeks. The feed intake was decreased by increasing the dietary IRG levels (C, 4.0 kg vs. IRG5%, 3.3 kg vs. IRG10%, 3.4 kg; $p < 0.05$). At the end of the experimental period, increased body weight (BW) was observed in the control group as compared to the IRG treatment groups (C, 214.3 kg; IRG5 and 10%, 192.1 and 194.4 kg, respectively; $p < 0.05$). The overall loss in BW for the trial period was lesser in controls than in the IRG treatment groups (C, 34.7 kg; IRG5 and 10%, 52.5 and 52.2 kg, respectively; $p < 0.05$). Fecal hydrogen sulfide and total mercaptan levels were decreased in both IRG treatment groups compared to the control ($p > 0.05$). These results indicate that IRG supplementation slightly affects the reduction of noxious gases but imparts no differences in metabolic indices. In conclusion, we propose feeding minimal or restricted amounts of IRG to lactating sows.

Keywords : IRG, Reproductive Performance, Fecal Odor, Colostrum, Sows

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ014968) 및 2022년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Hyun Ju Jin(National Institute of Animal Science)

email: genezoo@korea.kr

Received October 28, 2022

Revised November 18, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

1. 서론

이탈리안 라이그라스(Italian ryegrass, IRG)는 화분과 사료작물에 속하며 빠른 생육 및 생산성이 높다[1]. 또한, 국내에서 생산되는 사료작물 중 단일품종으로는 재배면적이 가장 넓으며 가축의 기호성도 우수하다[2]. 최근에 지구온난화로 인해 재배 한계선이 북상함에 따라 중북부지방 내 IRG 재배가능성에 대한 연구가 수행되고 있다[2]. 그러나 IRG는 수확시기가 늦을수록 섬유화로 인해 사료 가치가 감소하므로 적정 시기에 수확하는 것이 중요하다[1,2].

국내 소비자들의 육류소비량은 점점 증가하고 있는 추세이다. 2021년 기준 돼지고기의 소비량은 32.3 kg/년이다. 그러나 최근 인건비 및 사료비 상승으로 인해 양농농가의 경제적 수익은 악화되고 있다. 또한 양돈용 배합사료에 이용되는 원료사료의 대부분은 수입에 의존하고 있는 실정이다. 양돈사료의 주요 원료사료인 곡류 및 박류 대비 섬유소가 풍부한 원료사료는 저렴한 비용으로 이용할 수 있다[3]. 기존 주요 원료사료와 비교 시 IRG의 영양학적 가치는 곡류 및 박류 대비 낮지만 강피류 대비 비슷하며 기존 이용 원료사료보다 섬유소 함량이 높다[4]. 단위동물인 돼지는 섬유소를 분해할 수 있는 소화효소의 결핍으로 IRG의 직접적인 소화흡수는 어렵지만 장내 미생물 발효를 통한 간접적인 이용은 가능하다[5]. 이러한 발효는 소화기관의 발달에 영향을 받는다. 소화기관 발달이 완료되지 않은 자돈 또는 육성돈 단계의 어린 돼지사료 내 높은 섬유소 함량은 생산성에 부정적인 영향을 미친다[5-7]. 반면에 번식모돈에서는 섬유소의 공급원 종류, 급여 수준 등은 모돈의 번식성적 및 모유성분을 개선시키는 것으로 알려져 있다[8-10]. 그리고 고섬유소 사료는 분변 유래 유해가스 저감에 긍정적인 효과를 가진다[3,11].

따라서, 본 연구는 포유모돈 사료 내 IRG의 수준별 첨가가 번식성적, 혈액특성, 모유성분 그리고 분변 냄새에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험준비 및 설계

2.1.1 공시동물 관리

시험동물은 9개월령 요크셔(Yorkshire)를 준비하였다. 25두의 공시돈군의 발정동기화를 위해 레큐메이트

(Regumate Porcine, MSD Animal Health, Belgium)를 18일동안 5 ml/d씩 급여하였다. 발정이 확인된 모돈은 동일 품종의 정액을 이용해 인공수정을 수행하였다. 인공수정 후 28일령에 초음파검사를 통해 수태유무를 확인하였고 공시동물로서 21두의 임신돈을 최종 선발하였다. 공시돈은 국립축산과학원 실험동물 관리지침에 따라 사양관리하였다. 사료는 임신단계에 맞추어 임신전기에 2.4 kg 임신후기에 2.8 kg 씩 제한하였고 포유기에는 자유급여하였으며 물은 시험기간동안 무제한 공급하였다.

2.1.2 시험설계

사료 내 IRG 첨가수준은 0, 5, 10%이며 공시돈(임신 108일령)은 처리구당 7반복, 반복당 1두씩 임의로 시험분만사에 배치하였다. 시험사료는 IRG 첨가수준에 따라 기초시험사료에서 제하고 IRG를 첨가 후 균일하게 혼합해 준비하였다. 사양시험은 분만 전 1주와 포유기간 4주를 포함하여 5주간 실시하였다.

2.2 조사항목

2.2.1 IRG 및 시험사료의 화학적 조성

IRG 펠렛과 시험사료들 내 영양학적 가치는 AOAC [12,13]의 방법에 준하여 분석하였다. 수분함량은 105°C의 오븐에서 24시간동안 가열하여 건조 전후의 시료무게의 손실량을 이용해 산출하였다. 총에너지는 열량계(Model C2000, IKA, Germany)에서 1 g의 시료에서 발생하는 열량을 이용하여 측정하였다. 조단백질 함량은 습식방법인 켈달법(Kjeldahl method)를 이용하여 질소를 정량하였고 단백질계수 6.25를 곱하여 구하였다. 조지방 함량은 ether를 이용한 속슬레법(Soxhlet's method)으로 확인하였다. 조섬유, 조회분, ADF는 각각 method 978.10, 942.05 및 973.18을 통해 분석하였다. NDF는 Holst [14]의 분석법을 이용해 NDF 함량을 구하였다. 칼슘 및 인 함량은 원자흡수분광광도계(Perkin Elmer 3300, PerkinElmer, USA)를 활용해 확인하였다. 펠수아미노산인 라이신은 DAD 및 FLD가 장착된 액체크로마토그래피(Ultimate 3000, Thermo Scientific Inc., USA)를 이용해 수준을 확인하였다.

2.2.2 체형 및 번식성적

사양시험 시작 및 종료일에 시험동물 개체별 체중 및 등지방두께를 측정하였다. 종료일의 체중 및 등지방두께에서 개시일의 체중 및 등지방두께의 각각의 잔차를 체

중 및 등지방두께의 손실량으로 나타내었다. 사료섭취량은 시험 개시일과 종료일간 사료급여량을 측정한 후 사육기간으로 나누어 일당사료섭취량을 계산하였다. 번식 성적은 분만 시 총산자수, 실산자수, 사산수, 생시체중 확인하였고 이유시 이유자돈수, 이유자돈체중을 기록하였다.

2.2.3 초유분석

초유 내 성분분석은 분만 시작 후 약 20분 뒤에 초유를 50 ml 튜브에 수집하였고 분석 전까지 -70℃에 보관하였다. 냉동된 시료는 37℃ 진탕기에서 해동 후 37℃ 생리식염수와 1:1로 희석하였고 시료는 유성분분석기(CombiFoss™ 7, FOSS, Korea)를 이용하여 단백질, 지방, 락토우즈, 고형물 농도를 측정하였다.

2.2.4 혈액분석

사양시험 종료일에 처리구당 7두씩 모든 공시축의 경정맥에서 혈액을 혈청용 튜브에 수집하였다. 채취된 혈액은 3,000 rpm, 20분, 4℃에서 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 단백질, 지방, 사이토카인 관련 생화학지표들은 자동생화학분석기(7180, Hitachi, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2.2.5 분변 냄새

사양시험 종료일에 처리구당 4두씩 총 12두의 시험동물에서 직장자극법을 이용하여 직장 내 분을 약 250 g 수집하였다. 유해가스배출량은 Cho et al. [15]의 방법을 일부 수정하여 실시하였다. 수집된 200 g의 분시료는 2.5L용량의 밀폐용기에 담아 38℃에서 30시간동안 배양한 뒤 유해가스측정기(GV-110S, Gastec, UK)를 이용하여 황화수소와 총메탄을 측정하였다. 나머지 분시료들은 분내 pH 및 수분함량 분석에 이용하였다. 수분함량은 AOAC(2000)법에 준하여 분석하였다. pH는 3 g의 분에 27ml의 증류수를 첨가 및 균질화 후 pH측정기로 3회 측정하였고 평균값을 분석치로 이용하였다.

2.2.6 통계분석

수집된 모든 결과들은 통계프로그램(SPSS 20.0, Chicago, IL, USA)를 이용해 분산분석을 실시하였다. 처리구간 유의성 검정은 Turkey's 방법으로 확인하였고 p 값이 0.05 미만일 때 인정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 IRG 및 시험사료의 영양성분 분석

본 연구에서 사용된 IRG 및 시험사료의 영양학적 조성은 Table 1과 같다. 분석된 수분함량, 총에너지, 조단백질 및 조지방은 각각 10.91%, 4,499 kcal/kg, 12.12% 및 3.57%로 측정되었다. 조섬유, NDF 및 ADF는 각각 22.27%, 48.70% 및 26.13%로 확인되었다. 무기질인 조회분, 칼슘 및 인 함량은 각각 6.47%, 0.39% 및 0.23%를 나타냈다. 필수 아미노산인 라이신 함량은 0.3%로 분석되었다. 선행연구[1]에 따르면 IRG 내 단백질, NDF 및 ADF 함량은 각각 8.5-9.1%, 54.2-57.9% 및 32.2-35.5%로 보고되었다. 본 연구에서 사용된 시험사료들의 조섬유, NDF 및 ADF 함량은 IRG의 첨가 함량이 높을수록 증가하지만 섬유질 함량을 제외한 영양소들은 감소하였다. 그러나 시험사료들 내 영양소 함량은 NRC[4]의 포유모돈의 영양소요구량 대비 큰 차이는 없었다.

Table 1. Nutritional compositions analyzed of the IRG and experimental diets

Items ¹ , %	IRG	Dietary IRG levels, %		
		0	5	10
Moisture	10.91	14.26	14.09	13.93
GE, Kcal/kg	4,499	3,929	3,958	3,986
Crude protein	12.12	19.94	14.80	14.66
Crude fat	3.57	4.32	4.28	4.25
Crude fiber	22.27	3.27	4.22	5.17
Crude ash	6.47	4.68	4.77	4.86
Lysine	0.30	0.91	0.88	0.85
Calcium	0.39	0.86	0.84	0.81
Phosphorus	0.23	0.45	0.44	0.43
NDF	48.70	12.20	14.03	15.85
ADF	26.13	5.58	6.61	7.64

¹IRG, italian ryegrass; GE, gross energy; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber.

3.2 체형변화

사양시험 개시 시 체중은 약 245 kg으로 처리구간 차이가 없으나 종료 시 체중은 대조구에 비해 IRG 첨가구에서 감소하였다(Control, 214.3 kg vs. IRG5% and IRG10%, 192.1 and 194.4 kg, respectively; $p=0.001$; Table 2). 또한 공시돈의 포유기간동안 체중 손실량은 IRG 첨가구들(IRG 5%, 52.5 kg; IRG 10%, 52.2 kg)에서 대조구(control, 34.7 kg)에 비해 통계적으로 감소하

였다($p < 0.001$). 그러나 등지방두께는 사양시험 개시 및 사양시험동안 등지방두께의 손실량은 대조구 및 처리구 간 차이를 보이지 않지만 사양시험 종료 시 등지방두께는 IRG 첨가구에서 감소하는 경향이 있었다(control, 13.7 mm vs. IRG5%, 11.0 mm and IRG10%, 12.3 mm; $p = 0.102$). 또한 사료섭취량은 대조구보다 IRG 첨가구들에서 감소하였다(control, 4.03 kg/d vs. IRG 5%, 3.31 kg/d and IRG 10%, 3.37 kg/d; $p < 0.01$).

Table 2. Effects of IRG supplementation on body weight, backfat thickness and feed intake in lactating sows

Items*	Dietary IRG levels, %			p-values
	0	5	10	
BW, kg				
Initial	244.76±3.22	244.80±4.54	246.60±4.35	0.936
Ending	214.33±3.79 ^a	192.13±16.74 ^b	194.42±9.20 ^b	0.001
Loss	34.67±3.18 ^a	52.53±21.36 ^b	52.18±11.75 ^b	<.001
BF, mm				
Initial	25.00±1.53	21.67±3.67	24.67±0.06	0.567
Ending	13.67±0.88	11.00±0.58	12.33±0.67	0.102
Loss	11.33±1.45	10.67±4.18	12.33±0.67	0.901
FI, kg/d	4.03±0.16 ^a	3.31±0.18 ^b	3.37±0.08 ^b	0.001

^{ab}Values with different superscripts of the row significantly differ ($p < 0.05$).

*IRG, Italian ryegrass; BW, body weight; BF, backfat thickness; FI, feed intake.

본 연구에 이용된 IRG 처리구의 시험사료 내 조섬유, NDF 및 ADF 함량은 대조구보다 높게 나타났다(Table 1). 이러한 섬유질 함량이 높을수록 영양소 이용율을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 돼지에게 비트펄프를 수준(0-55%)별로 급여한 결과 건물, 단백질 및 에너지 소화율은 선형적으로 감소한다[7]. 특히 사육일령이 낮은 돼지에서 사료섭취량 및 영양소 소화율에 부정적인 영향을 미쳐 그 결과 성장이 감소된다[5,6]. 그러나 돼지와 같은 단위동물에서 사료 내 섬유소는 장 내 발효로 인해 에너지 공급원으로 활용될 수 있다[5]. 본 연구에서 사용된 공시돈과 같은 성돈들은 어린 돼지 대비 소화기관이 더 발달되어 장 내 발효가 원활하며 난소화성 영양소인 섬유소 급여 시 포만감을 지속시킨다[3]. 포유모돈 사료에 섬유소 공급원으로 비트펄프 10% 및 소맥피 15%를 이용하면 섬유소 공급된 처리구에서 사료섭취량(C, 4.8 kg vs. 비트펄프10%, 5.5 kg vs. 소맥피15%, 5.2 kg)이 증가하며[16] 임신돈 사료 내 다양한 조섬유(2.9-6.6%) 수준은 사양시험 개시 후 30일(14.1-15.7 mm), 60일(15.4-16.6 mm), 90일(16.3-17.6 mm)과 분만일

(16.8-17.8 mm)의 등지방두께에 영향을 미치지 않았다[8]. 또한, 사료 내 섬유소(셀룰로즈 18.16%, 이눌린 2.26%) 첨가는 모돈의 임신기간동안 사료섭취량을 증가시켜(C, 2.6 kg vs. High fiber, 3.2 kg) 실제 영양소 섭취량과 차이가 나지 않았고[17] 그 결과 분만일 및 이유일의 체중은 섬유소 첨가에 영향을 받지 않았다[17]. 언급된 선행연구의 결과들은 고섬유소 사료의 급여시 사료 섭취량을 증가시켜 등지방두께 및 체중에 영향을 주지 않았다. 반면에 본 연구에서 IRG 첨가수준이 높을수록 사료섭취량이 저하(C, 4.0 kg vs. IRG5% 3.3 kg vs. IRG10%, 3.4 kg)되었고 포유기간동안 체중이 감소하였다. 따라서, 본 연구와 선행연구들간 체형성적은 상이한 결과를 보였다. 단위동물에서 IRG와 같은 조사료들은 곡물 및 박류사료 대비 기호성이 저하되는 것으로 알려져 있다. 돼지에서 사료작물인 알파파를 수준별 (6.5, 13, 100%) 급여 시 사료의 선호도는 각각 47.2, 22.6 및 26.2%로 확인된 반면에 박류인 케롭콩펄프(Carob bean pulp)는 선호도에서 차이가 없었다[10]. 따라서, 사료작물인 IRG의 기호성이 낮아서 시험돈의 사료섭취량이 감소해 실제 영양소의 섭취량이 요구량보다 적게 되었고 그 결과, 이유 시 모돈의 체중 및 등지방두께가 감소된 것으로 사료된다.

3.3 번식성적

총산자수는 IRG 첨가구들에서 대조구 대비 감소하였으나 통계적인 차이는 없었다(Table 3). 실산자수는 대조구에서 IRG 첨가구보다 유의하게 증가하였다(C, 11.5 heads vs. IRG5% and IRG10%, 7.8 and 10.2 heads, respectively; $p < 0.05$). 반대로 사산수는 IRG 첨가구에서 증가하는 수치가 확인되었으나 통계적인 차이는 없었다. 이유자돈수는 대조구 및 IRG 첨가구간 차이가 없다. 또한 생시 및 이유체중에서도 대조구 및 처리구간 유의한 차이가 관찰되지 않았지만 IRG 첨가구에서 약간 높은 수치를 나타냈다.

자돈생산 및 포유관리를 위해 모돈은 임신, 분만, 포유 및 이유의 일련의 과정을 반복적으로 겪게 된다. 이러한 번식주기동안 모돈에게 알맞은 영양소를 공급하여 최적의 체형을 갖게 하는 것이 중요하다. 체형 지표 중 등지방두께는 번식성적에 지대한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 3산차 모돈의 등지방두께(임신 109일령)는 15.5 mm 미만 시 사산수가 증가하고 또한 등지방두께 1 mm 당 유생산량은 271 g/d만큼 증가하며 포유기간 동안 등지방 손실량 1 mm 당 403 g의 모유가 생산된다

고 보고되었다[18]. 모유의 생산량은 자돈 육성율과 양의 상관관계를 가지며 모돈의 유지를 위한 약 2 kg의 사료와 유생산을 위해 1.5 kg의 사료가 필요하다[19]. 그러나 본 연구에서 IRG 첨가구의 사료섭취량은 약 3.3 kg으로 포유모돈의 권장 사료섭취량보다 낮아 번식성적에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예측하였으나 IRG 첨가에 따른 처리구간 차이는 없었다. 이러한 원인은 IRG 첨가에 따른 사료 내 섬유소 함량의 증가로 생각된다. 사료 내 높은 섬유소는 산자수, 생시자돈 체중, 이유자돈 체중, 이유자돈 육성율을 개선시킨다[8]. 따라서, IRG 첨가로 사료섭취량이 감소했으나 번식성적에서 차이가 없는 것은 IRG 첨가로 인해 섬유소 함량의 증가가 원인으로 판단된다.

Table 3. Effects of IRG supplementation on reproductive performance in lactating sows

Items	Dietary IRG ^a levels, %			p-values
	0	5	10	
No. of piglets				
Total born	13.00±1.08	10.80±2.27	11.00±1.64	0.674
Born alive	11.50±0.50 ^a	7.80±2.06 ^b	10.20±1.69 ^b	0.033
Born dead	1.50±0.65	3.00±0.95	3.20±2.22	0.723
Weaned alive	10.25±0.25	8.50±1.34	9.80±1.69	0.684
Piglet weight, kg				
Birth	1.12±0.08	1.42±0.22	1.45±0.17	0.409
Weaning	5.87±0.50	6.07±0.67	6.15±0.45	0.938

^{ab}Values with different superscripts of the row significantly differ ($p<0.05$).

^aIRG, Italian ryegrass

3.4 초유성분

사료 내 IRG 첨가가 모유성분에 미치는 영향은 Table 4에 나타났다. 모유 내 단백질은 대조구에서 16.85%, IRG 5% 첨가구에서 15.62% 그리고 IRG 10% 첨가구에서 17.49%로 분석되었으며 처리구간 유의한 차이를 보이지 않았다. 지방수준은 대조구의 3.49%에 비해 IRG 첨가구들에서 높은 값(IRG5%, 4.53%; IRG10%, 4.76)을 보이지만 통계적인 차이는 없었다. 락토우즈와 고형물 비율은 IRG 첨가수준에 영향을 받지 않았다.

신생자돈의 경우 사료를 통한 영양소 섭취가 원활하지 않기 때문에 자돈에서 모유는 영양소를 섭취할 수 있는 유일한 수단이다. 번식돈의 유선(mammary gland)은 임신 및 포유기간동안 활성화되며 모유를 생산하는 조직이다[20]. 충분한 모유생산을 위해장에서 흡수한 영양소는 혈관을 통해 유선에 전달되어 모유를 합성한다. 따라

서, 사료 내 영양소 함량은 모유의 성분 및 생산에 영향을 미치는 요인 중 하나이다[20]. 섬유질이 높은 사료를 급여하면 장 내 미생물발효로 인해 단쇄지방산(short chain fatty acids)이 생성되고 이 지방산은 유선으로 전달되어 모유 내 지방함량을 증가시킨다[8,21]. 또한, 양돈사료 내 IRG 1.5% 수준은 분변 내 지방산함량을 증가시킨다[11]. 따라서, 모유성분은 번식돈의 사료 또는 사료 내 영양소의 섭취량에 영향을 받는다[22]. 그러므로 포유모돈 사료 내 IRG 첨가는 모유성분을 개선시킬 수도 있다.

Table 4. Effects of IRG supplementation on colostrum composition in lactating sows

Items, %	Dietary IRG ^a levels, %			p-values
	0	5	10	
Protein	16.85±0.43	15.62±0.34	17.49±0.12	0.168
Fat	3.49±0.18	4.53±0.49	4.76±0.49	0.533
Lactose	3.16±0.05	3.10±0.07	2.89±0.04	0.224
Solids	24.50±0.46	24.20±0.35	25.92±0.42	0.336

^aIRG, Italian ryegrass

3.5 혈액특성

사료 내 IRG 수준에 따른 혈액특성은 Table 5와 같다. 혈중 총단백질(TP, total protein) 및 알부민(Alb, albumin)은 IRG의 첨가수준이 높을수록 약간 증가되는 것이 확인되었으나 처리구간 통계적인 차이가 없다. 혈중 요소질소(BUN, blood urea nitrogen)는 체내 단백질 대사의 최종산물로 질소의 정상적인 소화흡수과정에서 대량으로 사용될 수 있다. 측정된 BUN은 자동 생화학분석기 제조사에서 제공하는 reference range 및 선행연구 결과[23]와 유사하며 IRG 첨가구들과 대조구간 차이가 없다. 글루코스(Glu, glucose), 총콜레스테롤(TCH, total cholesterol), 중성지방(TG, triglyceride)은 체내 지방대사 관련 인자로 활용되고 있으나 처리구간 차이를 나타내지 않았다. 또한, 칼슘, 마그네슘, 인과 같은 광물질들도 처리구간 차이가 없다. 체내 영양소공급 상태에 대한 간접지표로 활용되는 LDH 및 NEFA는 대조구에 비해 IRG 첨가구들에서 감소하는 패턴이 관찰되었다. NEFA는 지방조직에서 분비되는 adipokine의 일종이며 영양소섭취량이 불량하면 수준이 증가한다[24]. 그러나, 현재 연구의 처리구간 유의한 변화가 관찰되지 않았다. 간은 체내 대사에서 중요한 기능을 수행하는 주요 장기중 하나로 간 기능 지표인 GGT, AST와 ALT는 사료 내 IRG 첨가수준에 영향을 받지 않았다.

Table 5. Effects of IRG supplementation on blood characteristics in lactating sows

Items*, %	Dietary IRG levels, %			p-values
	0	5	10	
TP, g/dl	8.83±0.37	9.07±0.26	9.18±0.15	0.604
Alb, g/dl	4.00±0.20	4.07±0.20	4.26±0.07	0.416
BUN, mg/dl	12.10±0.90	11.87±1.83	14.02±0.94	0.393
Glu, mg/dl	97.33±1.67	92.33±5.90	95.60±3.56	0.730
TCH, mg/dl	79.33±4.67	98.33±8.41	98.20±3.69	0.072
TG, IU/l	85.33±63.33	31.00±6.43	37.80±3.85	0.443
Ca, mg/dl	12.93±0.07	12.40±0.67	13.10±0.34	0.502
Mg, mg/dl	2.03±0.17	2.17±0.18	2.06±0.08	0.780
P, mg/dl	7.70±0.10	7.67±0.44	7.82±0.36	0.947
NEFA, mM/l	82.00±33.00	49.33±4.33	54.80±2.99	0.371
LDH, IU/l	635.33±97.33	597.67±72.72	703.60±46.74	0.529
GGT, IU/l	64.67±6.67	59.00±10.41	64.80±8.84	0.892
AST, IU/l	32.67±9.67	32.33±4.81	43.00±9.10	0.618
ALT, IU/l	35.67±0.67	49.67±5.67	43.80±2.20	0.060

^{ab}Values with different superscripts of the row significantly differ (p<0.05).

*TP, total protein; Alb, albumin; BUN, blood urea nitrogen; Glu, glucose; TCH, total cholesterol; TG, triglyceride; Ca, calcium; Mg, magnesium; P, phosphorus; NEFA, non esterified fatty acids; LDH, lactate dehydrogenase; GGT, gamma-glutamyl transpeptidase; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; IRG, Italian ryegrass.

3.6 분변 특성

Table 6은 사료 내 IRG 첨가수준에 따른 분변특성을 나타내었다. 수분함량은 대조구와 IRG 첨가구간 차이가 없다. IRG 첨가한 공시돈의 분변 내 pH는 대조구에 비해 증가했지만 통계적인 유의성은 없었다. 분변 내 황화수소 및 총메캡탄의 농도는 IRG 수준이 높을수록 감소하였지만 처리구간 유의한 변화는 없었다.

사료 내 섬유소 공급원 종류 또는 섬유소 수준은 돼지의 분변 특성과 분변 내 가스발생에 영향을 미친다[9]. 육성돈 사료 내 IRG 수준(0-1.5%)이 높을수록 돼지 분뇨(manure) 내 냄새유발화합물인 크레졸(143.3 mg/l → 95.4 mg/l), 페놀류(153.5 mg/l → 103.9 mg/l), 스키타롤(2.2 mg/l → 1.3 mg/l), 인톨(6.8 mg/l → 4.5 mg/l) 농도는 감소하였다[11]. Trabue et al. [9]의 연구에 따르면 저섬유소 사료 대비 고섬유소 사료를 급여 시 분변 내 메탄발생량의 감소를 보고하였다. In Vitro 시험결과에서 섬유소 함량이 높은 타피오카 및 비트펄프는 인톨과 스키타롤이 검출되지 않았다[25]. 또한 섬유질 사료는 장내 유익 미생물의 우점에 긍정적으로 영향을 미쳐 황화수소, 메르캡탄(mercaptan) 감소에 효과적이다[26]. 따라서, 사료 내 IRG 수준에 의한 높은 섬유소 수준이 분변 유래 냄새 물질 저감에 긍정적인 영향을 미침을 시사한다.

Table 6. Effects of IRG supplementation on fecal characteristics in lactating sows

Items, ppm	Dietary IRG ^a levels, %			p-values
	0	5	10	
H ₂ S	13.33±6.67	10.00±8.16	7.67±6.23	0.846
Total mercaptans	2.67±1.33	2.00±1.63	1.67±1.20	0.872
Moisture, %	69.05±1.81	73.80±2.47	71.25±2.90	0.436
pH	7.56±0.15	7.78±0.05	7.78±0.11	0.403

^aIRG, Italian ryegrass

4. 결론

포유모돈에서 IRG의 사료 내 첨가효과를 구명하기 위해 본 연구를 실시하였다. 사양시험기간동안 체중 및 등지방의 손실량은 IRG 첨가구에서 증가한 반면에 사료섭취량은 감소하였다. 실산자수는 대조구 대비 IRG 첨가구에서 감소하였고 나머지 번식성적 지표들은 IRG 첨가에 영향을 받지 않았다. 모유성분과 혈액특성은 대조구와 IRG 첨가구간 차이가 없었다. 분변 내 황화수소와 총 메캡탄은 처리에 따른 유의한 차이는 없지만 대조구에 비해 수치적으로 감소하였다. 이러한 본 연구결과들은 사료 내 IRG의 첨가는 체내 대사지표에는 영향을 미치지 않으며 분변 내 유해가스에 긍정적인 효과를 가지는 것으로 보인다. 또한, 사료섭취량 감소로 인해 모돈의 체중 및 등지방두께에는 부정적인 영향을 미치므로 포유모돈 사료 내 IRG는 소량 사용 또는 기호성 향상을 전제로 한 제한적인 활용이 가능할 것이다.

References

- [1] M. Oh, B. R. Choi, S. Y. Lee, J. S. Jung, H. S. Park, B. H. Lee, K. Y. Kim, "Study on the forage cropping system of italian ryegrass and summer forage crops at paddy field in middle region of Korea", *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, Vol.41, No.2, pp.141-146, 2021. DOI: <http://doi.org/10.5333/KGFS.2021.41.2.141>
- [2] H. J. Lee, J. E. Byeon, S. G. Hwang, J. W. Ryoo, "Change of dry matter yield and feed values according to different growth stages of Italian ryegrass and triticale cultivated in the Central Northern region", *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, Vol.40, No.1, pp.50-56, 2020. DOI: <http://doi.org/10.5333/KGFS.2020.40.1.50>
- [3] H. Jørgensen, A. Serena, M. S. Hedemann, K. E. B.

- Knudsen, "The fermentative capacity of growing pigs and adult sows fed diets with contrasting type and level of dietary fibre", *Livestock Science*, Vol.109, No.1-3, pp.111-114, 2007.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.01.102>
- [4] NRC. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press; 2012.
- [5] R. Jha, J. M. Fouhse, U. P. Tiwari, L. Li, B. P. Willing, "Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals", *Frontiers in Veterinary Science*, Vol.6, pp.48, 2019.
DOI: <http://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- [6] I. Kyriazakis, G. C. Emmans, "The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk", *British Journal of Nutrition*, Vol.73, No.2, pp.191-207, 1995.
DOI: <http://doi.org/10.1079/BJN19950023>
- [7] W. Zhang, D. Li, L. Liu, J. Zang, Q. Duan, W. Yang, L. Zhang, "The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs", *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Vol.4, No.1, pp.1-7, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.1186/2049-1891-4-17>
- [8] Y. Zhuo, B. Feng, Y. Xuan, L. Che, Z. Fang, Y. Lin, S. Xu, J. Li, B. Feng, D. Wu, "Inclusion of purified dietary fiber during gestation improved the reproductive performance of sows", *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Vol.11, No.1, pp.1-17, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.1186/s40104-020-00450-5>
- [9] S. L. Trabue, B. J. Kerr, K. D. Scoggin, D. S. Andersen, M. van Weelden, "Swine diets: Impact of carbohydrate sources on manure characteristics and gas emissions", *Science of The Total Environment*, Vol.825, pp.153911, 2022.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153911>
- [10] D. Sola-Oriol, E. Roura, D. Torrallardona, "Feed preference in pigs: Effect of selected protein, fat, and fiber sources at different inclusion rates", *Journal of Animal Science*, Vol.89, No.10, pp.3219-3227, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.2527/jas.2011-3885>
- [11] S. Park, S. Cho, O. Hwang, "Effects of Italian Ryegrass (IRG) Supplementation on Animal Performance, Gut Microbial Compositions and Odor Emission from Manure in Growing Pigs", *Agronomy*, Vol.10, No.5, pp.647, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.3390/agronomy10050647>
- [12] AOAC. Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists Publishers, 2000.
- [13] AOAC. Official methods of analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists Publishers, 2005.
- [14] D. O. Holst, "Holst filtration apparatus for Van Soest detergent fiber analysis", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, Vol.56, pp.1352-1356, 1973.
DOI: <http://doi.org/10.1093/jaoac/56.6.1352>
- [15] J. H. Cho, Z. F. Zhang, I. H. Kim, "Effects of fermented grains as raw cereal substitutes on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in growing pigs", *Livestock Science*, Vol.154, No.1-3, pp.131-136, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.03.011>
- [16] Q. Shang, H. Liu, S. Liu, T. He, X. Piao, "Effects of dietary fiber sources during late gestation and lactation on sow performance, milk quality, and intestinal health in piglets", *Journal of Animal Science*, Vol.97, No.12, pp.4922-4933, 2019.
DOI: <http://doi.org/10.1093/jas/skz278>
- [17] Y. Li, J. He, L. Zhang, H. Liu, M. Cao, Y. Lin, S. Xu, Z. Fang, L. Che, B. Feng, "Effects of dietary fiber supplementation in gestation diets on sow performance, physiology and milk composition for successive three parities", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.276, pp.114945, 2021.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114945>
- [18] S. Thongkhuy, S. H. B. Chuaychu, P. Burarnrak, P. Ruangjoy, P. Juthamane, M. Nuntapaitoon, P. Tummaruk, "Effect of backfat thickness during late gestation on farrowing duration, piglet birth weight, colostrum yield, milk yield and reproductive performance of sows", *Livestock Science*, Vol.234, pp.103983, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103983>
- [19] T. Feyera, S. J. Skovmose, S. E. Nielsen, D. Vodolazska, T. S. Bruun, P. K. Theil, "Optimal feed level during the transition period to achieve faster farrowing and high colostrum yield in sows", *Journal of Animal Science*, Vol.99, No.2, pp.1-11, 2021.
DOI: <http://doi.org/10.1093/jas/skab040>
- [20] M. Tian, J. Chen, J. Liu, F. Chen, W. Guan, S. Zhang, "Dietary fiber and microbiota interaction regulates sow metabolism and reproductive performance", *Animal Nutrition*, Vol.6, No.4, pp.397-403, 2020.
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.10.001>
- [21] T. Feyera, P. Zhou, M. Nuntapaitoon, K. U. Sørensen, U. Krogh, T. S. Bruun, S. Purup, H. Jørgensen, H. D. Poulsen, P. K. Theil, "Mammary metabolism and colostrumogenesis in sows during late gestation and the colostrum period", *Journal of Animal Science*, Vol.97, No.1, pp.231-245, 2018.
DOI: <http://doi.org/10.1093/jas/sky395>
- [22] P. K. Theil, C. Flummer, W. L. Hurley, N. B. Kristensen, R. L. Labouriau, M. T. Sørensen, "Mechanistic model to predict colostrum intake based on deuterium oxide dilution technique data and impact of gestation and preparturition diets on piglet intake and sow yield of colostrum", *Journal of Animal Science*, Vol.92, No.12, pp.5507-5519, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.2527/jas.2014-7841>
- [23] T. B. Klem, E. Bleken, H. Morberg, S. I. Thoresen, T. Framstad, "Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs", *Veterinary Clinical Pathology*, Vol.39, No.2, pp.221-226, 2010.

DOI: <http://doi.org/10.1111/i.1939-165X.2009.00199.x>

- [24] K. Konigsson, G. Savoini, N. Govoni, G. Invernizzi, A. Prandi, H. Kindahl, M. C. Veronesi, "Energy balance, leptin, NEFA and IGF-I plasma concentrations and resumption of post partum ovarian activity in swedish red and white breed cows", *Acta Veterinaria Scandinavica*, Vol.50, No.1, pp.3, 2008.
DOI: <http://doi.org/10.1186/1751-0147-50-3>
- [25] S. B. Cho, C. H. Kim, O. H. Hwang, J. C. Park, D. W. Kim, H. G. Sung, S. H. Yang, K. H. Park, D. Y. Choi, Y. H. Yoo, "The effect of fermented diet with whole crop barley silage on fecal shape and odorous compound concentration from feces in pregnant sows", *Journal of Animal Environmental Science*, Vol.17, No.3, pp.145-154, 2011.
- [26] S. M. Devi, J. Y. Cheong, I. H. Kim, "Effects of dietary fiber and benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, reduction of harmful gases, and lipid profiles in growing pigs", *Annals of Animal Science*, Vol.15, No.2, pp.463, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.2478/aoas-2014-0089>

정 용 대(Yong-Dae Jeong) [정회원]



- 2008년 2월 : 전북대학교 축산학 기금영양생리전공 (농학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학 양돈영양생리 (농학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

〈관심분야〉
동물영양생리, 마이크로바이옴

김 조 은(Jo-Eun Kim) [정회원]



- 2016년 8월 : 경상대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 농업생명과학대학 축산학과(농학박사수료)
- 2012년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉
동물영양, 미생물체

민 예 진(Ye-Jin Min) [정회원]



- 2019년 8월 : 충남대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학석사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 농업생명과학대학 축산학과 (농학박사수료)
- 2016년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉
동물영양, 동물복지

최 요 한(Yo-Han Choi) [정회원]



- 2015년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 2월 : 강원대학교 동물생명과학전공 (농학박사)
- 2019년 4월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

〈관심분야〉
동물영양 및 사양, 동물복지

박 현 주(Hyun-Ju Park) [정회원]



- 2019년 8월 : 단국대학교 동물자원학과 (농학학사)
- 2022년 2월 : 단국대학교 동물자원학과 양돈영양학 (농학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

〈관심분야〉
동물영양생리, 단위동물사양

정 학 재(Hak-Jae Chung)

[정회원]



- 1993년 3월 : 일본 Nagoya University 농생명연구과 동물생명공학전공 (농학석사)
- 1999년 8월 : 일본 Nagoya University 농생명연구과 동물생명공학전공 (농학박사)

- 2000년 5월 ~ 2002년 9월 : University of Pennsylvania (미국) 박사후 연구원
- 2003년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물발생 내분비, 생명공학

진 현 주(Hyun-Ju Jin)

[정회원]



- 2002년 8월 : 강원대학교 축산학과 (축산학박사)
- 1988년 ~ 1991년 12월 : 포항시·경주시 농업기술센터
- 1992년 1월 ~ 2021년 5월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

- 2021년 6월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

스마트축산, 동물유전자원

전 다 연(Da-Yeon Jeon)

[정회원]



- 2016년 2월 : 건국대학교 동물생명대학 동물자원과학과 (농학학사)
- 2019년 8월 : 충남대학교 대학원 축산학과 (농학석사)
- 2016년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축번식, 가축육종

사 수 진(Soo-Jin Sa)

[정회원]



- 2002년 2월 : 강원대학교 축산대학 축산학과 (농학석사)
- 2006년 2월 : 강원대학교 축산대학 축산학과 (농학박사)
- 2007년 2월 ~ 2009년 1월 : University of Nottingham (영국) 박사후연구원

- 2009년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물번식, 생명공학