

돼지발정유도제가 후보돈의 생산성적에 미치는 영향

송훈^{1,2} · 조현웅³ · 손정현³ · 김법균^{1,3*}

¹건국대학교 농축대학원 축산학과, ²충청북도 음성 동화농산
³건국대학교 동물자원과학과

Effects of exogenous gonadotropins on reproductive performance of gilts

Hoon Song^{1,2}, Hyunwoong Jo³, Jeonghyeon Son³
and Beob Gyun Kim^{1,3*}

¹Department of Animal Science, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

²Dong Hwa Nong San Co., Ltd., Eumseong 27640, Korea

³Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Korea



Received: Jun 2, 2023
Accepted: Jun 23, 2023

*Corresponding author

Beob Gyun Kim
Department of Animal Science and
Technology, Konkuk University,
Seoul 05029, Korea
Tel: +82-2-2049-6255
E-mail: bgkim@konkuk.ac.kr

Copyright © 2023 Korean Society of
Animal Science and Technology.
This is an Open Access article
distributed under the terms of the
Creative Commons Attribution
Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)
which permits unrestricted
non-commercial use, distribution,
and reproduction in any medium,
provided the original work is properly
cited.

ORCID

Hoon Song
<https://orcid.org/0009-0009-7707-8184>
Hyunwoong Jo
<https://orcid.org/0000-0002-3837-6041>
Jeonghyeon Son
<https://orcid.org/0000-0002-5144-9815>
Beob Gyun Kim
<https://orcid.org/0000-0003-2097-717X>

Abstract

Gonadotropin products are available for inducing estrus of gilts. A concern is a potential negative effect of the estrus inducer on the farrowing performance. This study aimed to evaluate the effects of an estrus-inducing agent on gilt productivity at a commercial farm. A total of 60 gilts that had not shown estrus for more than 14 days were treated with an estrus inducer. Among these gilts, 51 exhibited estrus and underwent artificial insemination. Additionally, 64 gilts naturally went into estrus and were also artificially inseminated during the same period. The pregnancy rates for the natural estrus group and the estrus inducer treatment group were 93.7% and 92.2%, respectively, showing no difference. Furthermore, there were no significant differences observed in farrowing performance between the two groups, including total litter size (11.5 vs. 11.4), stillbirths (0.38 vs. 0.42), fostering piglets (11.1 vs. 11.1), and the number of weaned piglets (10.9 vs. 10.7). Wean-to-estrus interval also did not differ between the two groups. Taken together, we failed to find any detrimental effects of estrus inducers on the reproductive performance of gilts.

Keywords: Exogenous gonadotropin, Gilts, Reproductive performance

서론

양돈 농가의 생산성을 향상시키기 위해서는 전체 돈군의 생산 단계별 이동 흐름을 원활하게 조율하여 번식돈군의 성적을 향상시켜야 하는데, 이는 번식돈군의 성적이 양돈장의 생산효율 및 수익성에 직결되기 때문이다[1]. 분만복수는 생산계획 수립 시 시설 이용률을 고려하여 최대 화해야 한다. 분만복수는 분만율을 고려하여 주간 교배두수 목표를 달성해야 하는데, 주간 교배 두수는 이유 후 1주 내 재귀발정 경산모돈과 후보돈의 교배두수, 이 두 가지 요소에 의해 결정된

Competing interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Funding sources

Not applicable.

Acknowledgements

Not applicable.

Availability of data and material

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authors' contributions

Conceptualization: Kim BG.
 Data curation: Jo H, Son J.
 Formal analysis: Jo H.
 Methodology: Song H, Jo H.
 Validation: Son J.
 Investigation: Song H.
 Writing - original draft: Song H.
 Writing - review & editing: Song H, Jo H, Son J, Kim BG.

Ethics approval and consent to participate

This article does not require IACUC approval because the data was acquired from general information in a commercial farm.

다. 돈군이 크면 경산모돈의 교배두수는 일반적으로 변하지 않으므로 후보돈의 교배두수가 더 중요한 역할을 한다[2]. 따라서 후보돈의 교배두수를 안정적으로 유지하기 위해 돼지 발정유도제(PG600, Merck & Co., Rahway, NJ, USA)를 사용하여 후보돈의 균일한 발정을 유도하고 주간 교배두수를 달성할 수 있다면 일정한 주간 분만복수를 유지할 수 있을 것이다. 하지만, 발정유도제의 사용이 발정 이후 후보돈의 생산 및 번식성적에 미치는 영향에 대한 결과는 상이하게 보고되었다[3,4]. 따라서 본 연구의 목적은 일관된 사육환경에서 돼지발정유도제가 후보돈의 생산성에 미치는 영향을 확인하는 것이다.

재료 및 방법

후보돈 사양관리

본 실험에서 사용된 후보돈(가야육종)은 150일령(약 90 kg)에 농장으로 전입되었고, 후보사에서 90일간 관리되었다. 전입 후 60일간 외부 후보사에서 백신접종, 위축사돈 및 사료를 활용한 순치를 하며, 점심시간 1시간 전 및 퇴근 1시간 전에 관리하여 차단 방역에 중점을 두었다.

후보돈은 돼지생식기호흡기증후군 음성 돈군(가야육종)을 구입하였으며, 전입 시 후보검정과 채혈을 통해 돈군 관리 및 질병 모니터링을 실시하였다. 후보검정 시 후보돈 선발 체크리스트를 활용하여 체형, 지제, 유두모양, 유두개수 및 외음부 등을 평가하여 기준 미달 시 탈락 조치를 취하여 후보 관리를 진행하였다. 전입 30일 이후에는 내부 후보사로 이동하여 교배 전 성성숙과 체성숙을 위한 집중관리 및 백신프로그램을 실시하였으며, 최초교배 240일령 및 체중 140 kg를 목표로 사양관리 하였다. 교배사로 이동한 후 1개월 이내에 교배를 진행하는 것을 목표로 하였으며, 사료는 하루에 1.5 내지 2.0 kg의 포유모돈 사료로 제한 급여하였다. 군사방 한 칸(5.5 m × 5 m)에 최대 12두씩 사육하였으며, 용돈을 매일 2회 후보돈방에 넣어 발정을 체크하였다. 교배사로 이동한 후 14일 이상 발정이 오지 않는 경우 발정유도제를 접종하여 발정을 유도하였다.

임신돈 사양관리

후보돈 교배 후 4주차 및 5주차 총 2회에 걸쳐 임신진단을 진행하였다. 임신 1일령에서 30일령의 후보돈은 24℃ 내지 25℃, 31일령부터 107일령의 온도는 23℃로 관리하였다. 임신돈 백신 프로그램은 농장 사양관리에 따랐으며, 사료 급이는 Table 1과 같이 실시하였다.

분만사 사양관리

분만 7일 전 입식하여 평균 약 3주 동안 포유를 진행하였으며, 양자 관리는 자료수집을 위해 대조구와 처리구 내에서만 실시하였다. 포유모돈의 보온 등에 의한 스트레스를 최소화하기 위해 포유사돈의 보온 구역을 별도 위치로 설정하였다. 또한, 분만사에서 모돈과 포유사돈의 백신 및 주사는 프로그램에 따라 정확히 실시되었다. 간호 분만을 위해 유도분만제를 사용하여 주간

Table 1. Feed allowance in gestating period of gilts

Day of gestating	Feed allowance (kg/d)
1-3	1.6
4-30	2.2-2.4
31-113	2.4-2.6
Before farrowing	Glucose 100 g/d

분만을 유도하였고, 필요시 분할 포유를 통해 충분한 초유 섭취를 우선시하였다. 입질사료는 mamma급이기에 급이하였다. 입질사료의 급여량은 7일령부터 이유 전까지 점진적으로 증가시켰으며, 소화 작용을 돕기 위해 15일령 이후에는 코팅 유기산을 첨가하였다.

발정체크 및 인공수정

발정체크

발정 체크는 용돈을 교체하면서 오전 9시와 오후 4시에 총 2회 실시하였다. 발정 체크 시 용돈을 후보돈방에 넣어 충분한 밀착 접촉을 유지하고, 관리자는 후보돈 등 위에 올라타거나 락카로 옆구리를 긁는 등의 자극을 주어 승가를 유도하였다. 발정 징후가 있는 개체는 군사방 한 칸에 최대 12두씩 관리되었으며, 충분한 사료 섭취를 할 수 있도록 관리하였다. 교배사로 이동한 후 14일 이상 발정이 오지 않는 경우 발정유도제를 접종하여 군사방에서 최대 12두씩 관리하였다. 발정유도제 처리 후 2일 동안은 용돈과의 접촉을 허용하지 않았으며, 3일 차부터 용돈과의 접촉을 통해 발정을 유도하였다. 용돈은 요크셔 3두, 듀록 3두 및 자체 선발한 용돈 2두를 보유하고 있어 후보돈의 발정 징후가 보여도 승가를 받지 않은 경우에는, 용돈칸에 넣어 강한 발정을 유도하였으며, 승가가 허용되면 자연 교배를 실시하였다.

인공수정

인공수정은 승가 허용 후 1시간 이내에 실시하였고, 약 12시간 간격으로 총 3회 중부하였다. 중부 과정으로는 먼저 물로 외음부를 닦아 깨끗한 상태에서 초산돈용 일반주입기에 중부젤을 발라 음부에 상처를 방지하였으며, 정액(듀록, 다비육종)을 후보돈이 자연스레 흡입하는 것에 중점을 두었다. 자연교배한 경우 자연교배 후 12시간 간격으로 2회 인공수정 하였다.

조사항목

돼지발정유도제가 후보돈에 미치는 영향을 확인하기 위해 분만율, 총산, 사산, 미이라, 포유개시두수, 이유두수 및 재귀발정율을 조사하였다. 재귀발정은 이유 후 7일까지 중부한 경우를 기준으로 삼았고 그 후에 발정이 온 경우는 체류로 지정하였으며, 총산에는 사산과 미이사를 포함하여 데이터를 수집하였다. 실험은 2022년 10월 3, 4, 5주차, 11월 3, 4주차 각 주 금요일 교배사에 이동 후 14일 이상 발정이 오지 않은 후보돈 12두씩 5주간 총 60두의 후보돈에게 발정유도제 처리를 한 후, 발정이 관찰되는 후보돈 51두에게 인공수정을 하였고, 같은 기간 자연발정이 온 후보돈 총 64두에 인공수정을 하였다.

통계분석

Excel을 이용하여 수태율에 대하여 카이 제곱 검정을 수행하였다. 카이제곱 검정과정에서 자유도가 1인 경우 야트 보정을 적용하여 분석하였다. SAS(SAS Institute, Cary, NC, USA)의 PROC GLM을 이용하여 수태율 데이터를 제외한 생산성적 데이터를 분석하였다. 통계모델에는 발정유도제 처리를 독립변수로, 후보돈의 생산성적을 종속변수로 설정하였다. 첫 번째 발정이 관찰되지 않은 모돈에 대해서는 재귀발정일을 26일로 일괄 설정하여 분석하였다. 생산성적에 대한 최소자승평균값을 평가하고 실험 단위는 모돈 한 마리였다. 모든 분석에 대해 $p < 0.05$ 일 때, 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과 및 고찰

양돈산업은 지속적으로 규모화 및 대형화가 되어가는 반면 농장 성적의 양극화는 심화되고 있다. 중하위권에 속한 농가들의 경우 생산성의 향상이 필요한 실정이다[1]. 양돈 경영의 목적은 안정적이며 높은 수익을 지속적으로 유지하는 것인데, 이를 위해서는 각 생산단계에 대한 분석 및 생산성의 극대화가 필수적이다[5].

농장 생산성을 효율적으로 증가시키기 위해서는 생산 계획을 수립하고 이를 체계적으로 이행해야 한다[6]. 생산 계획 수립 시 시설 이용률을 최대한 고려하여 번식돈군의 성적을 최대화하는 것이 중요하다. 번식성적은 생산 효율과 수익성에 큰 영향을 미치는데, 분만복수를 최대한 시설 이용률에 맞게 유지하는 것이 필요하다. 분만율을 고려하여 주간 교배두수를 설정해야 분만복수를 달성할 수 있으며, 주간 교배두수는 이유 후 1주 내의 재귀발정 경산모돈과 후보돈의 교배두수에 의해 결정된다. 돈군이 커지면 경산모돈의 교배두수는 일반적으로 변하지 않기 때문에 후보돈의 교배두수가 더욱 중요한 역할을 한다. 후보돈은 모돈 갱신과 밀접한 관계를 가지며 양돈장의 생산성 향상을 위해서는 정기적으로 일정한 두수의 후보돈을 도입하여 돈군의 능력을 개량해 나가는 것이 매우 중요하다. 또한, 농장에서는 계획적인 번식 흐름과 돈군의 산차 구성을 비교하며 돈군의 도태 및 갱신 계획을 실시해야 한다.

효율적인 농장 운영을 위해서는 후보돈의 교배일령과 체중에 대한 기준을 설정하고 계획적으로 운영해야 한다[1]. 그러나 현실적으로 많은 농장들은 관리자의 판단에 따라 첫 교배 기준을 변경하거나 농장 상황에 따라 조정하는 경우가 많다. 이러한 농장들은 대부분 모돈의 체중점의 편차가 크거나 생산력에 부정적인 영향을 미치는 요소들이 증가하는 경향이 있다. 이로 인해 생시 체중의 감소, 포유 중 저체중돈 비율의 증가, 포유능력 저하와 관련된 이유 체중의 감소 등이 발생하며, 이는 농장의 생산성에 막대한 영향을 끼친다[7]. 이러한 문제는 모돈의 번식 성적에도 직결되기 때문에 농장의 피해는 그 이상으로 커질 수 있다.

효율적인 번식 관리를 위해 생후 280일 정도까지 발정이 오지 않는 후보돈은 결단적으로 도태하는 것이 바람직하다[1]. 후보돈이 발정이 오지 않고 지속적으로 미발정 상태를 유지한다면, 양돈농가에 심각한 경제적 손실을 초래하게 된다. 후보돈을 고가에 구입했다고 하더라도 발정이 오지 않으면 사료비용과 교배두수 부족 등으로 인해 많은 손실이 발생할 수 있다[8]. 또한, 270일령까지 발정이 오지 않거나 300일령까지 임신하지 못한 후보돈은 농장의 수익을 감소시키는 요소로 전락하게 된다[9]. 따라서 목표 교배와 분만복수를 확보하기 위한 발정동기화제의 사용은 농장 생산성 향상을 위해 반드시 필요한 도구이다. 특히 규모가 크고 번식성적이 우수한 농장일수록 발정동기화제의 사용빈도가 높다. 번식성적이 우수한 농장은 문제돈의 빠른 도태와 후보돈의 신속한 도입으로 번식관리를 체계적으로 수행한다. 이는 결국 후보돈의 발정을 자유자재로 통제할 수 있어야 가능하며, 이를 통해 농장의 번식 관리가 원활하게 이루어질 수 있다. 효율적인 번식 관리를 위해 돼지발정유도제를 적재적소에 사용하여 성숙유도 및 성숙 지연을 예방하고 번식성적 향상을 도모해야 한다[10]. 본 실험에서 사용된 발정 유도제인 PG600은 Chorionic Gonadotrophin 200 IU 및 Serum Gonadotrophin 400 IU가 함유된 건조약제와 5 mL 희석액으로 구성되어 있다. PG600은 후보돈에게 발정을 유도하는 데 효과적으로 사용될 수 있음이 입증되었으며[11], 번식목표 달성을 위해 돼지발정유도제를 필요에 따라 사용해야 하는 것으로 알려져 있다[12]. 또한, 발정체크 시 PG600 처리된 후보돈이 웅돈과 밀접한 접촉을 받을 때 발정이 촉진되거나 발정 주기가 개선되는 것을 확인하였으며[13], PG600은 무발정 후보돈에게 규칙적인 발정 주기를 유발하고 두 번째 발정기에 높은 번식 성능을 유발함을 입증하여 발정유도를 위한

호르몬제 사용을 최적화할 경우 후보돈의 도입을 촉진할 수 있다[14]. 그러나 인위적인 발정은 수태율이 불확실하고 불수태 시에는 재발정이 반복되지 않는 문제점이 있기 때문에 선택 시에는 신중해야 하며[15], 발정이 오지 않은 후보돈에게는 외부 자극을 통한 방법 또는 호르몬 처리를 실시해야 한다[8]. 미발정 시 하위농가들은 절식을 통해 스트레스를 주는 방법을 주로 사용하며 [16,17], 상위농가들은 프로게스테론 유도제 투약을 선택하는 경향이 크게 나타났다[18].

자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹의 수태율은 각각 93.8% 및 92.2%로 차이가 없었다 (Fig. 1). 성선자극호르몬 투여에 의한 발정동기화 시험에서 수태율은 발정동기화 처리를 하지 않고 인공수정한 대조구가 88.5%로 PG600 처리구의 90.0%와 유사하였다[19]. 분만성적에서 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹의 총 산자수는 각각 11.5 및 11.4두로 차이가 없었으며, 사산 개체수 또한 그룹 간 차이가 없었다(Fig. 2). 이러한 결과는 자연발정 처리구와 PG600 처리

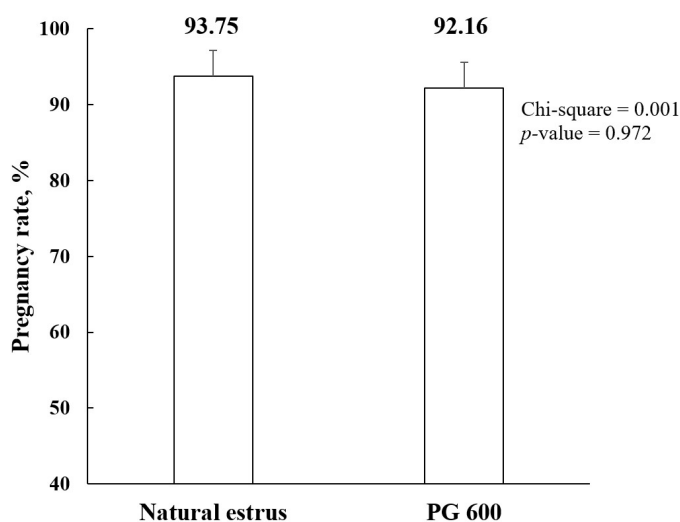


Fig. 1. Effect of exogenous gonadotropins on pregnancy rate of gilts.

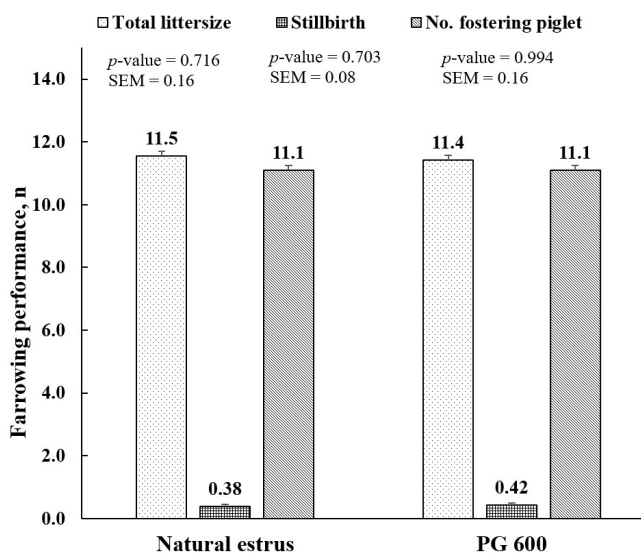


Fig. 2. Effect of exogenous gonadotropins on farrowing performance of gilts.

구의 총 산자수가 13.6두로 동일한 결과를 얻은 Patterson et al.[20]의 연구와 일치한다. 포유개시두수는 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹 모두 11.1두로 차이가 없었다. 마찬가지로 이 유두수는 각각 10.9 및 10.7두로 차이가 없었다(Fig. 3). 또한, 재귀발정일의 경우 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹 각각 6.9일 및 7.5일로 차이가 없었다(Fig. 4). PG600은 후보돈의 초기 발정을 유도하는데 효과적인 도구이며, 분만율과 산자수에는 유의한 차이가 없다는 결과가 보고된 바 있다[21]. 결론적으로 후보돈의 생산성적에 있어 발정유도제의 사용은 자연발정 개체와 비교 시 유의미한 차이가 없으므로 목표 교배두수 달성을 위해 발정유도제 사용이 가능한 것으로 판단된다.

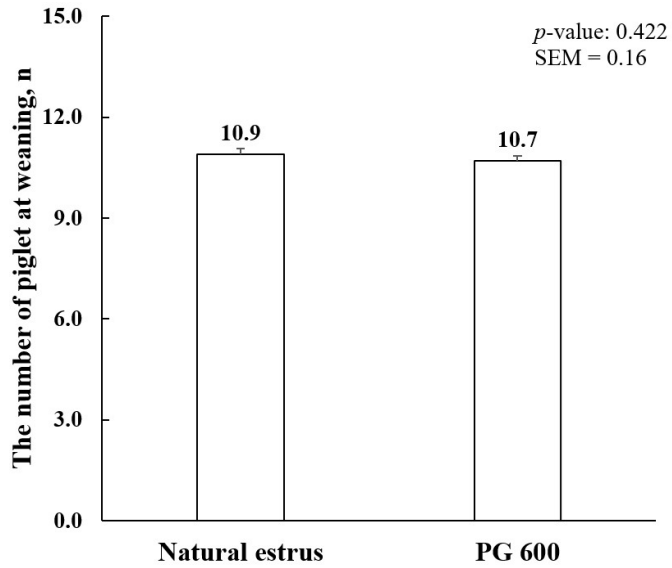


Fig. 3. Effect of exogenous gonadotropins on the number of weaning piglets.

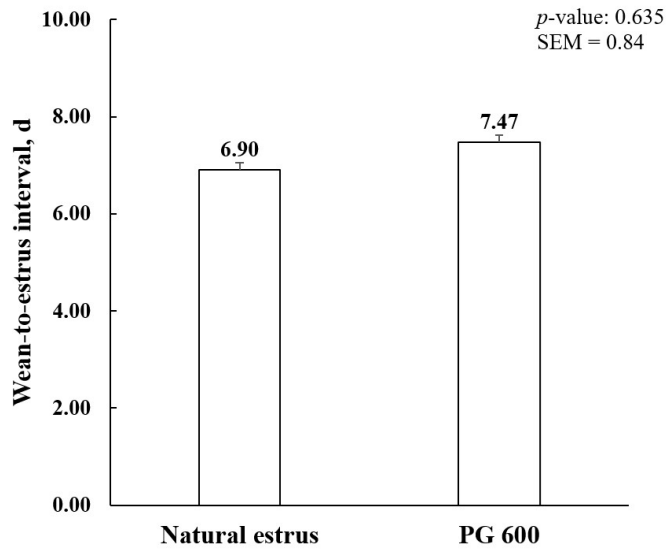


Fig. 4. Effect of exogenous gonadotropins on the wean-to-estrus interval of sows.

결론

일관사육농장의 분만복수는 생산 시설 이용률을 최대로 유지하기 위해 중요한 항목이다. 분만복수는 분만율을 고려하여 주간 목표 교배두수를 달성하는 것이 중요한데, 이를 위해 발정유도제가 일관사육농장에서 널리 활용된다. 그러나 일부 연구에서는 후보돈에게 발정유도제를 사용할 경우 생산성에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 결과를 보고해 일관사육농장의 발정유도제 사용이 제한되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 일관사육농장 환경에서 돼지발정유도제가 후보돈의 생산성에 미치는 영향을 확인하는 것이다. 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹의 수태율은 각각 93.7% 및 92.2%로 차이가 없었다. 분만성적에서 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹의 총 산자수는 각각 11.5두 및 11.4두로 차이가 없었으며, 사산 개체 수 또한 그룹 간 차이가 없었다. 포유개시두수는 자연발정 그룹과 발정유도제 처리 그룹 모두 11.1두로 차이가 없었다. 마찬가지로 이유두수는 각각 10.9두 및 10.7두로 차이가 없었으며, 이유 후 재귀발정일도 처리 간 유의미한 차이가 없었다. 결론적으로 후보돈의 생산성적에 있어 발정유도제의 사용은 자연발정 개체와 비교 시 유의미한 차이가 없으므로 목표 교배두수 달성을 위해 발정유도제 사용이 가능한 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Kraeling RR, Weibel SK. Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *J Anim Sci Biotechnol*. 2015;6:3. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3>
2. Luque AT, Fontana C, Pasteris SE, Bassi D, Cocconcelli PS, Otero MC. Vaginal bacterial diversity from healthy gilts and pregnant sows subjected to natural mating or artificial insemination. *Res Vet Sci*. 2021;140:26-37. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.07.023>
3. Britt JH, Day BN, Weibel SK, Brauer MA. Induction of fertile estrus in prepuberal gilts by treatment with a combination of pregnant mare's serum gonadotropin and human chorionic gonadotropin. *J Anim Sci*. 1989;67:1148-53. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6751148x>
4. Blitek A, Waclawik A, Kaczmarek MM, Kiewisz J, Ziecik AJ. Effect of estrus induction on prostaglandin content and prostaglandin synthesis enzyme expression in the uterus of early pregnant pigs. *Theriogenology*. 2010;73:1244-56. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.12.004>
5. Park HS, Min B, Oh SH. Research trends in outdoor pig production: a review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2017;30:1207-14. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0330>
6. Oude Lansink A, van den Berg M, Huirne R. Analysis of strategic planning of Dutch pig farmers using a multivariate probit model. *Agric Syst*. 2003;78:73-84. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00034-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00034-9)
7. Maes DGD, Janssens GPJ, Delputte P, Lammertyn A, de Kruif A. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. *Livest Prod Sci*. 2004;91:57-67. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.06.015>
8. Yang JH. Method for inducing forced estrus of non-estrous pigs. Icheon: Korea Pork Producers Association; 2000.

9. Lee JC. Management from introduction of gilts to breeding. Icheon: Korea Pork Producers Association; 2002.
10. Małopolska MM, Tuz R, Lambert BD, Nowicki J, Schwarz T. The replacement gilt: current strategies for improvement of the breeding herd. *J Swine Health Prod.* 2018;26:208-14.
11. Iwamura S, Sone, Kawarasaki T, Ryu S, Ogasa A. Precocious estrus and reproductive ability induced by PG 600 in prepuberal gilts. *J Vet Med Sci.* 1999;61:7-11. <https://doi.org/10.1292/jvms.61.7>
12. Manjarin R, Cassar G, Sprecher DJ, Friendship RM, Dominguez JC, Kirkwood RN. Effect of eCG or eCG plus hCG on oestrus expression and ovulation in prepubertal gilts. *Reprod Domest Anim.* 2009;44:411-3. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01089.x>
13. Bartlett A, Pain SJ, Hughes PE, Stott P, van Wettere WHEJ. The effects of PG600 and boar exposure on oestrus detection and potential litter size following mating at either the induced (pubertal) or second oestrus. *Anim Reprod Sci.* 2009;114:219-27. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.08.020>
14. Martinat-Botté F, Venturi É, Royer É, Elleboudt F, Furstoss V, Ridremont B, et al. Selection of impubertal gilts by ultrasonography optimizes their oestrus, ovulatory and fertility responses following puberty induction by PG600. *Anim Reprod Sci.* 2011;124:132-7. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.018>
15. Park HG. Induction of estrus by forced breeding stimulation of non-estrus gilts. Icheon: Korea Pork Producers Association; 1995.
16. Peltoniemi OAT, Love RJ, Klupiec C, Evans G. Effect of feed restriction and season on LH and prolactin secretion, adrenal response, insulin and FFA in group housed pregnant gilts. *Anim Reprod Sci.* 1997;49:179-90. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(97\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(97)00062-6)
17. Peltoniemi OAT, Tast A, Love RJ. Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Anim Reprod Sci.* 2000;60-61:173-84. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00092-0)
18. Do YS. A study on pig productivity analysis according to the management type of pig farming [M.S. thesis]. Seoul: Konkuk University; 2021.
19. Breen SM, Rodriguez-Zas SL, Knox RV. Effect of altering dose of PG600 on reproductive performance responses in prepubertal gilts and weaned sows. *Anim Reprod Sci.* 2006;95:316-23. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.12.007>
20. Patterson J, Triemert E, Gustafson B, Werner T, Holden N, Pinilla JC, et al. Validation of the use of exogenous gonadotropins (PG600) to increase the efficiency of gilt development programs without affecting lifetime productivity in the breeding herd. *J Anim Sci.* 2016;94:805-15. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9705>
21. Hidalgo DM, Friendship RM, Greiner L, Manjarín R, Amezcua MR, Domínguez JC, et al. Influence of gonadotrophin-induced first oestrus on gilt fertility. *Reprod Domest Anim.* 2014;49:899-902. <https://doi.org/10.1111/rda.12390>