



우리나라 육종체계하의 농장의 종돈개량

도창희^{1*}, 송치은², 윤우식¹, 이준현¹

¹충남대학교 동물자원과학부, ²한국종축개량협회

Swine Improvement of Farm under Korean Swine Breeding Program

ChangHee Do^{1*}, ChiEun Song², Woo Sik Yun¹, Jun Heon Lee¹

¹Division of Animal and Dairy Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea, ²Korea Animal Improvement Association, Seoul 06668, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the outcome of Pig Improvement Network (PIN) in the pig breeding unit, to find out the results and problems of the project, and to introduce the improvement system of the pig breeding unit. A total of 54,051 pedigree data and 34,252 test data were used from 2014 to 2019 for a Korean pig breeder participating in PIN. In the evaluation of the results of the sharing of genetic resources of PIN, the paternal breed, Duroc, obviously showed better performance in the growing traits. On the other hand, the maternal breeds of Landrace and Yorkshire showed lower grades in the reproduction traits than in the existing breeding system, through the sharing of semen. In sharing of Yorkshire genetic resource, the yearly fluctuations in the performance are also severe, causing problems with uniformity. Even though the performance of the paternal breed is well accomplished according to the planned intention of PIN, in maternal breeds, there is a problem in the selection method of boars. The selection of maternal breed boars should be focused on growth traits as well as on reproduction traits. Including the pedigree index for the number of born alive in the selection criteria may be an option. As the PIN project is the basis for Korean breeders, it is expected that Korean brand breeds such as Denmark's Danbred will be obtained after all.

Keywords: Pig improvement network project, Genetic tie, Selection, Line breeding, Breeding value

I. 서론

덴마크의 육종체계는 국가적인 개량체계에 의해서 전국의 종돈이 하나의 집단처럼 관리되고 개량한다. 덴마크의 GGP와 GP는 덴마크 양돈조합(Danish Pig Production)에서 지정하며, 매년 검정성적과 위생상태 등 여러 가지 요건에 부합하는 정도에 따라 종돈장의 지위가 GGP, GP 및 일반양돈장(CS: commercial stock)으로 결정된다. 핵군의 유전자교류 및 일반양돈장의 정액을 공급하고 인공수정을 담당하는 인공수정소(AI center)도 조합에서 관리한다. 여기에서 정액을 생산하는 종모돈의 경우 엄격한 선발과정을 거쳐 입식하고, 사용하도록 한다. 반면에 미국의 경우는 두 가지로 분류되는데 하나는 육류유통회사가 종돈장을 보유하고 폐쇄적으로 종돈장을 운영하며 계약농가에 정액을 공급하고 돼지고기를 생산하여 외부에서는 종돈의 개량과정 및 방

***Corresponding author:** ChangHee Do, Chungnam National University, Dahak-ro 99, Yuseong, Daejeon 34134, Korea. Tel: +82-42-821-5784, E-mail: ivando@cnu.ac.kr

Received: 17 September, 2019, Revised: 30 December, 2019, Accepted: 31 December, 2019



© Journal of Animal Breeding and Genomics 2018. 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.

법을 알 수 없다. 또 다른 한 부류의 종돈장들은 육류유통회사 운영의 종돈장보다 규모가 작으며 미국의 공적인 기관들의 도움을 받아 개량하고 개개의 종돈장들의 독립적 영업활동에 의해 종돈을 분양한다. 그러한 공적기관으로는 종돈의 등록을 담당하는 NSR(National Swine Registry)과 유전능력평가체계의 STAGES(Swine Testing and Genetic Evaluation System)를 운영하고 있는 Purdue 대학이 있다. 미국은 다국적 유통회사와 일반 독립종돈장이 혼재되어 있는 자본주의적 운영체계라 한다면, 덴마크는 사회주의적인 국가시스템이라 할 수 있다.

초기에 한국의 종돈개량은 한국종축개량협회의 종돈등록과 능력검정에 의해서 지속되어왔다. 1992년 최초로 전국단위의 유전능력평가가 이루어졌다. 당시 종돈의 유전적 연결(genetic tie)이 문제가 되었다. 우리나라의 경우는 등록협회인 한국종축개량협회의 등록 및 농장검정시스템을 이용하면서 종돈장 자체의 개량노력으로 종돈이 개량되어왔다고 볼 수 있다. 그러나 매년 종돈의 수입이 반복되고 비육농가로부터 한국형 종돈에 대한 요구가 이어지자, 돼지개량네트워크(Pig Improvement Network) 시스템을 도입하였다.

초기에 두록으로 시작하여 이제 모든 계통인 랜드레이스와 요크셔 품종으로 확대 시행하고 있다. 이 프로그램의 주요내용은 농장단위의 평가와 선발만 가능한 농장검정시스템에서 국가단위의 평가로 종돈을 선발하여 종돈장들이 유전자원을 공유하기 위해 핵군 AI center를 이용 유전적 연결고리(genetic tie)를 만들어 connectedness를 개선하고자 하였다. 평가를 위한 선행모형에서 connectedness는 불균형 된 자료에서 추정가능성(estimability)을 위해 필요하다고 보고하였다(Chakrabarti, 1963). BLUP의 육종가는 평균과 분산을 가진 임의효과로 추정되므로 계수행렬 (coefficient matrix)에서 연결성이 없어도 항상 estimability를 갖지만(Fernando 등, 1983), 임의효과의 추정에서 connectedness가 낮으면 예측치에서 편의(bias)가 초래되고(Hanocq 등, 1996; Lewis 등, 1999; Kuehn 등, 2008), 예측오차분산 (prediction error variance)이 커지고, 정확도가 낮아진다(Foulley 등, 1992). Connectedness가 없는 축군 간에 대한 평가에서 축군 간의 유전적 분산만큼 높은 차이가 생길 수 있어(Lewis 등, 1999), 연결성이 없는 축군 간의 유전능력평가와 이를 토대로 한 평가개체의 순위(rank)는 신뢰도가 낮아진다. 1992년부터 이러한 connectedness의 문제가 농장검정 자료를 활용한 전국단위의 평가에서 제기되어 다양한 방법의 농장간 genetic tie를 위한 사업을 시도하였지만 일시적이었고, 효과적이지 못하였다.

그리하여 정부에서 2008년에 돼지개량네트워크 사업을 시작하였다. 그동안 이사업에 대한 평가는 국가차원에서는 매년 사업 보고의 형태와 서 등(2011)이 수행하였지만, 개별 종돈장내의 변화에 대해서는 분석된 바 없다. 이 연구에서는 돼지개량 네트워크에 포함된 한 종돈장의 자료를 분석해봄으로서 우리의 종돈개량체계를 평가해보고, 발전시키기 위한 기초자료로 활용을 기대하며 수행하였다. 다만 이 연구 자료는 1개 종돈장의 개량을 위하여 누적된 자료라서 종돈의 표현형 성적과 같이 종돈장의 사업과 관련된 자료는 도표화 수치화 하지 않았음을 미리 밝혀둔다. 그러나 종돈장의 선발과 교배방법 그리고 계통조성 등에 대한 일반적 기술을 함으로서 우리나라의 다른 종돈장들이 개별적인 개량프로그램을 구축하는데 도움을 주는 것도 이 연구의 목적중의 하나이다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구에는 돼지개량 네트워크에 참여하는 국내 한 종돈장의 2014년부터 2019년까지 총 54,051건의 혈통 자료와 34,252건의 검정자료를 이용하였으며, 번식기록은 모든 3,100두의 9,489복의 기록을 이용하였다. 사용된 혈통 자료의 분포는 Table 1과 같다. 조사에 이용된 형질은 등지방두께, 그리고 보정되어진 90 kg 도달일령과 일평균증체량이다. 등지방 두께는 초음파측정기(Piglog 105 : Caro- metec A/S, Copenhagen, Denmark)를 사용하여 제 4늑골의 어깨 부위 (Shoulder fat), 최후 늑골의 등 부위 (Back fat), 최후 척추의 허리 부위 (Waist fat)의 3개 부위에서 측정하였다. 등지방 두께는 검정종료체중 측정 시에 조사되었으나 90 kg으로 보정하여 사용하였다.

일평균 증체량 (Dgain)은 검정기간의 1일 평균 증체량으로 다음 식과 같이 계산되었다.

$$D_{\text{gain}} = (\text{종료 체중} - \text{검정개시 체중}) / (\text{종료일령} - \text{개시일령})$$

90 kg 도달일령 (D90kg)은 검정 종료 시 일령과 종료체중을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$D90\text{kg} = \text{Age} + \frac{(90 \text{ kg} - \text{종료체중}) \times (\text{Age} - 38)}{\text{종료체중}} \quad \text{식에서 Age는 종료체중 측정 시 일령이다.}$$

Table 1. Number of animals according to breed, maternal parity and sex

Breed	No	Maternal parity	No	Sex	No
Duroc	7489	1	17938	Female	42612
Landrace	11127	2	12909	Male	11439
Duroc	35435	3	8632		
		4	6819		
		5	4576		
		6+	3177		

2. 분석방법

검정자료에 대한 기초 분석은 SAS 통계패키지 및 Excel (Micro Software Inc.)을 이용하였고, 종돈의 이동, 혈통의 연계 추적을 위해서 데이터베이스 SQL anywhere (SyBase Inc.)를 이용하였으며 유전능력평가를 위해서 Wombat 프로그램을 이용하였다 (Meyer, 2015). 유전자원 교류 효과를 조사하기 위한 종돈의 다형질 유전능력 평가는 다음의 선형식을 이용하였다.

$$y_i = Xb_i + Za_i + Zp_i + e_i$$

식에서,

y_i : i^{th} 형질의 관측치 vector

X와 Z: 각각의 효과와 기록과 연관된 incidence matrices

b_i : 출생년월, 분만년월, 성, 어미의 산차 등을 포함하는 동기군 그룹의 고정효과 vector

a_i : i^{th} 형질에 대한 개체의 유전효과 vector

p_i : i^{th} 형질에 대한 개체의 영구 환경효과 vector

e_i : i^{th} 형질에 대한 임의의 잔차 vector

모든 형질은 정규분포의 연속변량 형질로 간주하였으며, 적정평가모형 선정을 위해 분산분석 결과에서 유의성이 인정된 주요 환경효과로 고려하였다(Table 2). 반복되는 번식형질의 경우 영구 환경효과(p_i)를 포함한다. 각 기록의 평균은 Xb_i 이며, 모수 a_i , p_i 와 e_i 평균은 0이고, 각각 효과 행렬의 분산은 아래와 같다.

산육형질과 번식형질의 모델은 고정효과에서 다른 요인들을 포함하고 있지만 다형질 분석을 통하여 동시에 수행하여, 유전모수 추정에서 산육형질과 번식형질 간의 유전상관을 추정되도록 하였다.

$$\text{var} \begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G & 0 & 0 \\ 0 & I \otimes P & 0 \\ 0 & 0 & I \otimes R \end{bmatrix}$$

품종별로 유전적 특이성이 다르고 품종 간의 혈연적 연결성이 없다는 점을 고려했을 때, 순수 품종을 육종하기 위해서는 품종별로 독립적인 선발방법을 시행하는 것이 바람직하므로 본 연구에서는 고려된 경제형질에 대한 유전분석을 독립적으로 실시하

는 것이 합당할 것이다. 하지만 형질간의 유전적 상관의 크기는 품종간의 상이점이 적을 것으로 가정하여 두록, 랜드레이스와 요크셔를 동시에 분석하였다.

Table 2. The effects included in the multi-trait model according to traits

Trait	Bym	Fym	Sex	Dam parity	Sow parity	Pe
Back fat (mm)	○		○	○		
Days to 90 kg	○		○	○		
Daily gain (g)	○		○	○		
Total litter size		○			○	○
Pigs born alive		○			○	○

Note Bym: birth year month, Fym: farrowing year month, Pe: permanent environment.

III. 결과 및 고찰

1. 우리나라 돼지개량체계

돼지의 개량은 한국종축개량협회의 품종등록과 농장검정에 의해서 이루어져왔다. GGP 모돈 1000두 이상의 몇 개의 대규모 종돈장을 제외하고는 계통조성이나 전문적인 육종프로그램이 없는 실정이다. 정부에서는 1990년대에 전문종돈장 육성을 위하여 종돈생산의 전문계열화를 지원하였으나 이 또한 자금지원 위주의 하드웨어 지원으로 육종기술 및 소프트웨어가 필요한 종돈장의 실정에 맞지 않아 정부의 정책의 효과가 크지 않았다. 모돈 500두 정도의 중규모 종돈장이 대부분인 상황에서 한국종축개량협회의 등록 및 검정에 의존한 종돈의 수입 및 증식판매가 우리나라의 종돈개량 상황이었다. 한편 농장간의 유전적 연결고리(genetic tie)가 없는 검정 종돈의 유전능력평가는 농장간의 유전능력의 비교가 무의미하여 종돈시장에서 종돈의 가치는 표현형가에 의존하였다. 돼지개량네트워크(Pig Improvement Network)를 도입하고, 우선 부계인 두록품종을 시작으로 모계인 랜드레이스와 요크셔 품종까지 확대되어 실시하고 있다. PIN은 참여종돈장과 협력종돈장 그리고 핵군 AI 센터 3축의 민간 사업자들로 구성되어 있고, 참여종돈장에서 엄격하게 선발된 우수한 종모돈은 핵군 AI 센터로 보내져 정액을 생산하고 이 정액은 참여 및 협력 종돈장에서 사용할 수 있도록 하였다. 이사업으로 돼지개량에서 목표한 것은 첫째로 genetic tie를 우리나라의 모든 종돈이 갖도록 하여 국가적 유전능력평가(nationwide genetic evaluation)를 가능하게 하는 것이다. 국가적 평가에 따라 종돈장간의 돼지의 유전능력을 알 수 있도록 하여 종돈의 능력에 기초한 종돈 거래의 활성화와 종돈장의 자율적인 종돈개량 참여를 촉진하는 데에 있다. 둘째로는 종돈의 선발을 위한 집단의 크기를 늘리는 것이다. 종돈의 선발이 다수의 대규모 참여 종돈장에서 이루어지므로 선발 모집단의 크기가 확대되는 효과를 가져와 선발강도와 선발차를 제고하게 된다. Figure 1은 돼지개량네트워크의 업무와 유전자원의 흐름을 보여주고 있다.

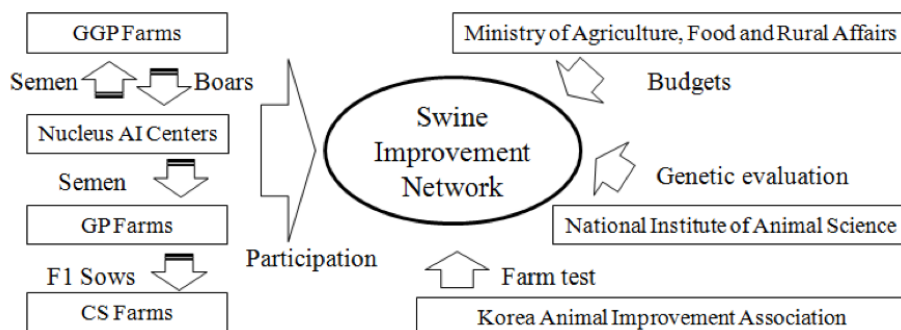


Figure 1. Work and genetic flow of Pig Improvement Network in Korea (GGP: great grand parent, GP: grand parent, CS: commercial stock).

2. 선발과 교배

우리나라 일반 종돈장의 선발과 교배는 규모에 따라 두 가지 형태로 나타난다. 소규모 종돈장은 한국종축개량협회의 등록과 검정을 실시하고, 유전능력을 평가하여 그 자료를 이용하여 선발하는 방법이다. 모돈과 웅돈으로 선발된 개체들은 모돈 관리자의 직관에 의해서 교배하는 경우가 많다. 유전능력의 평가는 협회에 등록된 개체들을 중심으로 하기 때문에 모든 개체가 평가에 참여하지는 않는다고 추론할 수 있다. 선발은 유전능력이 참조는 되겠지만, 그보다도 농장의 교배주기에 필요한 모돈 두수, 정액생산을 위한 웅돈 돈사의 규모에 더 크게 지배를 받게 된다. 이런 것들은 유전능력에 의한 선발을 어렵게 하여 선발의 효율성을 떨어뜨릴 수 있는 요소들이다. 일반적으로 규모가 적다보니 근친의 관리 면에 있어서도 교배를 직관적으로 실시하기 때문에 의도된 범위 내에 관리가 어려울 것으로 생각된다. 웅돈 보유 두수가 작으면 근친은 급격하게 증대된다. 돼지개량네트워크의 협력 종돈장으로 가입된 경우에 핵군 AI 센터에서 생산되는 정액을 사용할 수 있어 웅돈의 선발에서 선택의 범위가 넓어져 근친을 피하는 데에 PIN의 큰 수혜를 받을 것으로 생각된다.

반면에 대규모 또는 기업화된 종돈장은 자체의 종돈관리 소프트웨어와 전문 육종인력을 보유하고 유전능력평가 및 선발을 실시하고, 자체의 소프트웨어를 이용하여 교배를 수행한다. 이 규모의 종돈장들은 PIN project의 참여 및 협력 종돈장으로서 활동하고 있다. 모돈의 규모는 품종에 따라 다르지만 일반적으로 두록의 모돈을 가장 적은 규모를 유지하고, 모계인 랜드레이스와 요크셔의 두수를 많이 보유하여 GP(증식농장)에 공급할 F1 생산용 모돈을 공급한다.

본 연구의 수행 농장의 웅돈과 모돈 규모 그리고 2019년 상반기에 선발 및 도태된 두수가 Table 3에 제시되어 있다. 농장의 선발은 전문 돼지육종프로그램 씨저스(Caesars; 충남대학교 개발, 2014)를 사용하였다. 선발은 매주 자체적으로 유전능력을 평가하고 필요한 웅돈과 모돈을 부계와 모계선발지수에 의해서 주 단위로 실시하였다. 부계와 모계 선발 지수는 다음과 같다.

$$PSI = 200 - 4.58 \times \text{등지방 육종가} + 0.25 \times \text{일당증체량 육종가}$$

$$MSI = 200 - 4.58 \times \text{등지방 육종가} + 0.25 \times \text{일당증체량 육종가} + 58.7 \times \text{생존산자수 육종가}$$

유전능력의 평가는 앞에서 기술한 통계모형에 따라 산육형질과 번식형질에 대해서 수행한다.

Table 3. Numbers of pigs on selection during the first half period in 2019

Breed	Line	Boar			Sow		
		Selected	Culled	Hold	Selected	Culled	Hold
Duroc	1	1		1	17	11	28
	N1	4	3	7	39	33	107
	N2		3	0	1	3	13
	Subtotal	5	6	8	57	47	148
Landrace	1				8	32	27
	2	4	9	7	23	25	98
	3	2	8	5	19	23	123
	4	2		2	22	2	32
	N1				5	6	7
	Subtotal	8	17	14	55	88	287
Yorkshire	1	2	5		20	107	158
	2	15	11	22	160	150	829
	3		4	2	40	32	182
	4	1		1	14	2	37
	N1	1		1	13	5	39
	Subtotal	18	20	26	247	296	1245
Total		31	43	48	359	431	1680

3개 품종에 웅돈과 모돈에는 각각 4, 5, 5개의 계통이 있다. 앞 글자 N으로 표시된 계통들은 돼지 개량네트워크에 의해서 생성된 계통들로 두록의 2계통, 랜드레이스와 요크셔 각 1계통이 조성되고 있다. 한편 두록에서는 도입원종돈 하나만을 유지하고, 요크셔와 랜드레이스에서는 원종돈과 이에 의해 조성된 계통들이 상당히 높은 비율의 두수가 유지됨을 알 수 있다.

일반적으로 부계 품종인 두록의 경우 시장에서 웅돈의 성적에 의해 거래되고 웅돈의 균일성은 크게 문제되고 있지 않다. 그러나 모계 품종의 경우 시장에서 여러 마리의 모돈들이 같이 거래되어 소비자의 측에서 모돈의 균일성(uniformness)을 중요하게 생각한다. 이런 점에서 네트워크에서 제공한 정액을 이용한 자손들과 그동안 종돈장에서 보유한 계통들과의 차이는 지속적으로 종돈을 공급받는 GP농장에서는 구매 기피사유가 될 수 있다. 이러한 점은 모계품종에서 돼지개량 네트워크 사업이 극복해야 할 대상이다. 장기적으로 덴마크와 같이 여러 계통이 혼합된 국가단위 계통 즉 Danbred 하나만 존재하는 것이 우리나라도 지향해야 할 목표인 것이다. 즉 한국형 종돈의 생성이다. Table 3의 2019년 계통조성 현황에서 두록의 경우 네트워크 유전자원에 의해 조성된 계통이 다수(major line)의 위치를 차지하고 있지만, 랜드레이스와 요크셔에서는 아직도 소수 계통(minor line)의 위치를 벗어나지 못하고 있다.

계통조성과정과 유지방법은 연구 종돈장의 사업영역에 속하여 밝힐 수는 없지만 육종관리 프로그램에 의해서 엄격한 규칙 하에 조성 유지되고 있다. 일반적으로 설명하면 원종 모돈과 네트워크사업의 정액을 사용한 계통들의 유전능력 및 표현형 성적을 평가하고, 유지여부를 결정한다. 성적에 따라 사라지는 계통과 새로 조성되는 계통이 생기는 것이다. Table 3에서 보면 돼지개량 네트워크에 의해서 생성되는 계통이 두록 2계통, 랜드레이스와 요크셔 각각 1계통이 있음을 알 수 있다.

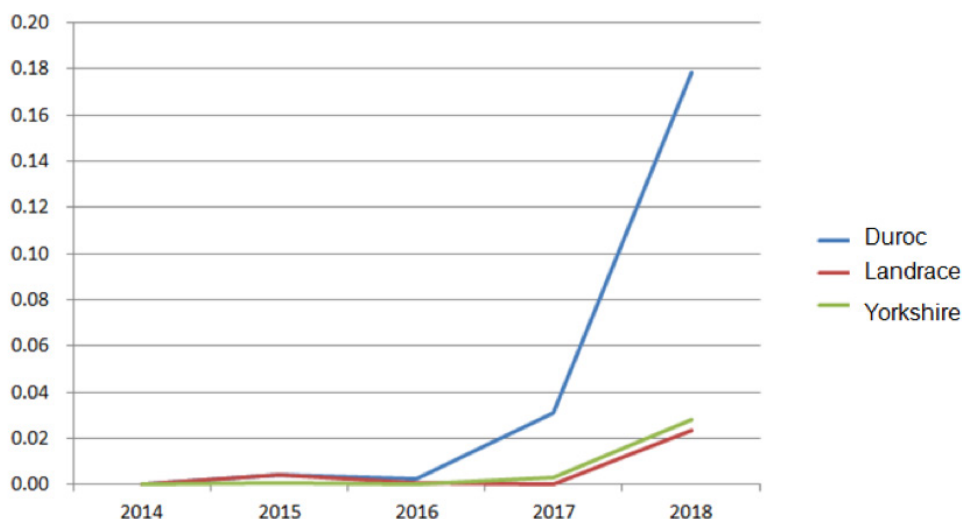


Figure 2. Average inbreeding coefficients according to breeds.

교배는 사용가능한 웅돈으로 주간 두록, 랜드레이스와 요크셔 3품종의 약 28두 모돈을 교배하게 되는데 프로그램에 의해서 근교계수를 제어할 수 있다. 계통조성을 위해서 필요한 곳에 제한적으로 근친을 허용하고, 그 외에는 근친교배를 허용하지 않는다. Figure 2는 품종별 평균 근친도를 보여주고 있다. 어느 품종도 0.2% 넘지 않아 완전하게 근친을 조절하고 있음을 보여준다. 두록의 근친도 다른 품종보다 높은 근친도를 보이는 것은 Table 3의 웅돈과 모돈의 두수에 제시한 바와 같이 규모가 다른 품종에 비해서 작음을 알 수 있다. 종돈의 기초 축군이 2014년 도입된 이 농장에서 근친을 이렇게 조절하고 있다는 것은 다음의 세 가지 요인에 의해서 가능한 것으로 생각한다. 첫째 전산으로 육종관리를 함으로써 가능하고, 둘째로 웅돈의 규모를 농장사정이 허용하는 범위 내에서 최대로 가져가는 것이고, 셋째로 웅돈의 순환을 빠르게 하는 것이다. 웅돈의 규모는 모돈 대비 웅돈의 두수를 말하는데 Table 2에 제시한 바와 같이 49:1691로서 약 3%로서 그렇게 높은 수치는 아니다. 그러나 웅돈을 빠르게 순환시켜 개별 웅돈의 자손 수를 제한함으로써 많은 수의 가계를 유지할 수 있도록 하여 돈군내 근친을 억제하고 있다. Figure 3에서 보여주는 바

와 같이 종모돈의 연령이 16개월 이내로 빠르게 순환시키고 있다는 것을 알 수 있다. GGP의 경우 신규 종돈의 도입 없이 계통조성과 개량을 위해 웅돈의 규모는 5% 이상을 유지하는 것이 바람직하다고 생각한다.

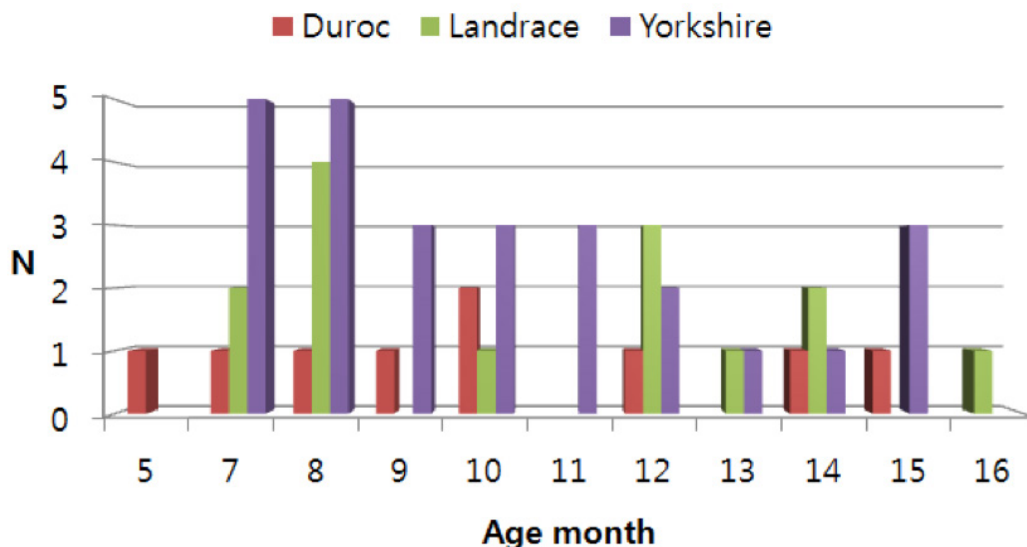


Figure 3. Age of boars according to breeds in 2019.

3. 유전적 개량

돼지개량 네트워크의 성과를 알 수 있는 또 하나의 지표는 유전적 개량량을 평가하는 것이다. 개량량에 대한 평가는 앞에서 기술한 통계모형에 의해 한국종축개량협회의 농장검정 자료와 농가에서 수집한 번식자료를 이용 평가하고, 개체들의 유전능력 평균에 의해서 추정하였다.

Table 4. Numbers of production and farm test in 2018

Breed	Litter	NBA	On farm test		
			Gilt	Boar	% of test
Duroc	184	1220	594	581	96.3
Landrace	314	3545	1246	552	50.7
Yorkshire	1080	12564	3723	1147	38.8

NBA: number of born alive

Table 4에 2018년 생산복수, 총 생존산자수, 암수별 농장검정두수를 제시하였다. 연간 생산두수, 검정두수로 볼 때 농장의 단위의 자료가 축적되고 있음을 보여준다. 이종돈장의 돼지개량 네트워크 참여는 Table 3의 모돈과 웅돈의 계통조성 내용으로 볼 때 두록은 참여기간이 다른 품종보다 길어 네트워크 정액에 의한 새로운 계통조성이 상당한 진척이 되어 있음을 알 수 있고, 랜드레이스와 요크셔는 계통조성의 시작단계임을 알 수 있다. 특히 번식능력의 경우는 유전적 개량치를 측정하는 데 산육능력보다 더 많은 시간이 필요하다. 네트워크 정액에 의해 태어난 암돼지들의 능력을 보기까지 시간이 더 소요되기 때문이다. 검정비율도 두록이 다른 품종보다 훨씬 높아 거의 전 두수 검정하고 있다. 확실하게 보고된바는 아직 없지만 일반적으로 종돈장의 검정 비율이 15% 내외라고 알려져 있다. 그에 비하면 이 종돈장의 검정 비율은 상당히 높은 것을 알 수 있다.

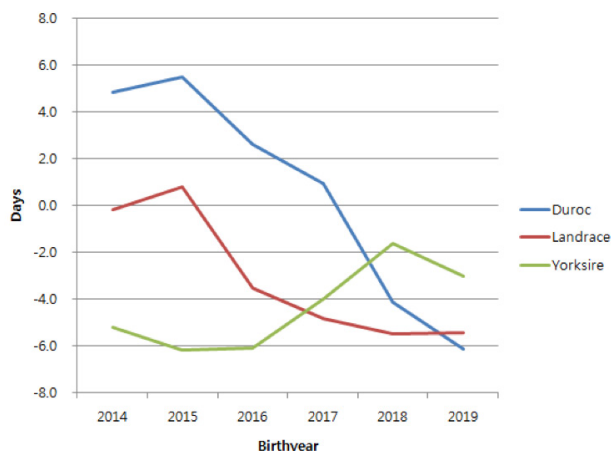


Figure 4. The genetic trends of days to 90 kg according to the breeds.

90kg 도달일령과 일당증체량은 산육능력을 대표하는 형질이다. 두록 품종의 경우 Figure 4에서 보여주는 바와 같이 빠른 개량량을 보여주고 있다. 90kg 도달일령에서 5년간 유전능력을 약 10일 정도 단축하였다. Table 4에서 보는바와 대부분의 모돈과 웅돈이 돼지개량네트워크의 유전자원을 활용한 계통조성 돼지임을 감안하면 이 사업의 성과를 확실하게 보여준다 할 수 있다. 모계 품종인 랜드레이스와 요크셔에서는 서로 엇갈리는 결과가 나타나고 있다. 랜드레이스의 경우는 약 6일 정도를 단축하였는데, 요크셔의 경우는 5일 정도 오히려 늘어났다.

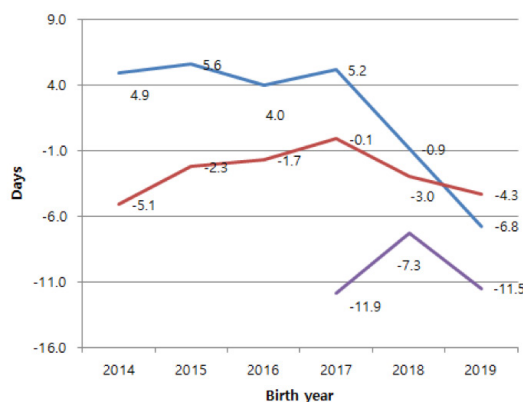


Figure 5. The genetic trends of days to 90 kg according to the lines of Duroc.

두록의 경우 계통별 유전능력이 Figure 5에 제시되었는데 네트워크 유전자원을 활용한 N-1, N-2 및 N-3의 성적이 원종돈 계통의 성적보다 훨씬 좋게 분석 되었다. Figure 4에서 두록 품종의 급격한 개량의 진전은 강한 선발 강도로 2017년도 출생돈부터 두수를 원종돈인 1계통에서 줄이고, 네트워크정액을 이용하여 조성하는 세 계통에서 좋은 성적이 결합되어 나타났던 데에 기인한다.

각각 계통의 성적을 보면 계통조성 초기에 성적이 계통간 교배의 잡종강세의 효과에 의해서 좋게 나타나고, 계통내 교배가 이루어져 잡종강세가 사라지면 성적이 나빠졌다가, 다시 계통내 선발이 이루어지면 선발 효과에 의한 성적향상이 이루어지는 것으로 생각된다. N1에서 그런 형태를 잘 보여주고, N2는 계통조성 초기의 모습을 잘 보여준다.

BLUP에서 잡종강세의 정확한 추정치는 dominance를 추정할 수 있도록 동시에 한 쌍의 유전자가 후대에 전달되는 혈통을 가진 개체들에 대해서 잡종강세효과의 해(solution)의 벡터(vector)를 육종가의 벡터에 추가하여야 한다. 그러나 돼지의 계통간의

교배에는 그러한 혈연관계가 없으므로 계통간의 일반조합능력(*general combining ability*)과 특정조합능력(*specific combining ability*) 추정방법으로 계통간의 잡종강세를 분석해야 한다. BLUP에서 잡종강세의 해를 설정하지 않고 육종가를 추정하면 잡종강세의 효과는 육종가에 포함된다. 육종가는 상가적효과의 합이라고 정의하지만, 여러 계통을 동시에 추정한 유전능력평가에서 계통내 교배나 계통간 교배에서 출생한 모든 개체들이 같이 동기그룹을 형성하고 그룹의 편차로부터 유전능력이 추정되기 때문에 잡종강세는 육종가에 포함될 수밖에 없다. 개체의 육종가는 부모의 효과와 멘델리안 표본에 의한 기여(*mendelian sampling contribution*)로 나눌 수 있는데, BLUP animal model을 이용한 분석에서 잡종강세는 *mendelian sampling contribution*에 포함된다. 당연히 이 부분은 후대에 전달되지 않고, N1에서와 같이 2014년 출생 돼지에 나타났던 잡종강세는 2015-2017년에 태어난 돼지들에서 사라지고, 2018-2019년 출생돼지는 계통내 선발에서 의해서 다시 개량되는 모습을 보여주고 있다.

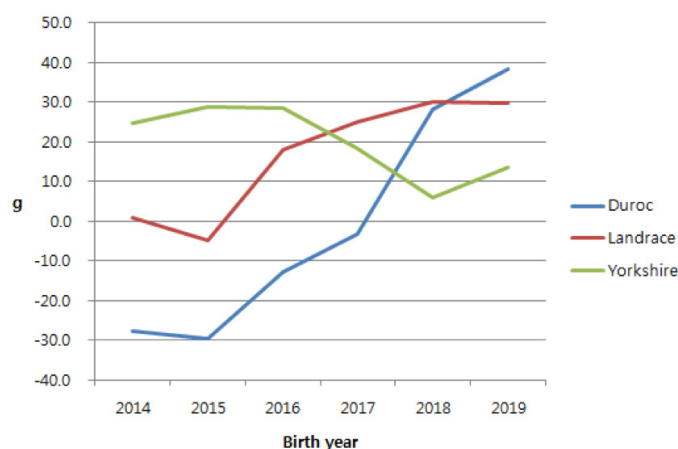


Figure 6. The genetic trends of average daily gain according to the breeds.

일당증체량은 90kg 도달일령과 아주 높은 유전상관을 가진 형질이다. 그래서 유전적 개량량은 유사한 추세로 나오는 것이 당연하다. 종돈 시장에서 이 두 형질을 모두 사용하기 때문에 종돈장에서는 두 형질 모두에 대하여 유전능력 평가를 실시한다. 그러나 선발 지수 계산 시에는 이 중한 형질만을 선택하여 지수에 포함시킨다. Figure 5에서 두록과 랜드레이스가 5년간 각각 약 30, 60g의 개량성과를 보인 반면 요크셔는 약 -20g 정도로 후퇴하였음을 보여준다. 두록의 개량량은 매년 20g의 개량을 보이며, 한국종축개량협회의 농장검정 대상 농가들의 성적평가에서 상위에 많은 두수가 위치하여, 이는 돼지개량네트워크의 효과를 보여준다고 생각된다.

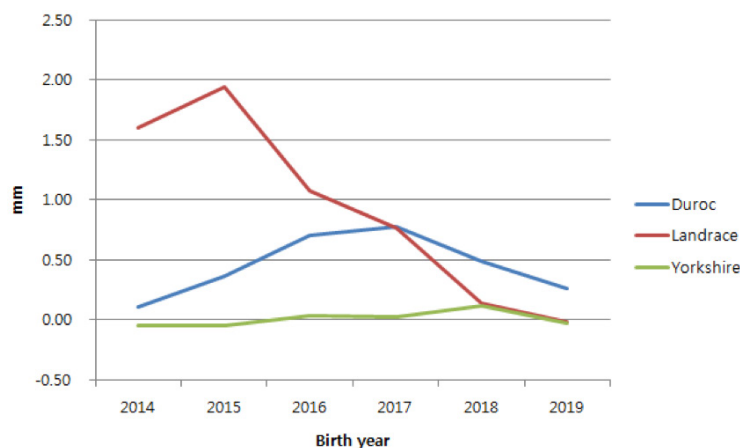


Figure 7. The genetic trends of back fat thickness according to the breeds.

등지방 두께의 경우 우리나라 대부분 종돈장의 경우 개량형질로서 크게 관심을 갖지 않는 추세이다. 주요 3품종에서 등지방 두께에 의한 도체 수율에 경제적 손실이 크게 발생하는 경우가 없기 때문이다. 도체경매장에서 대부분의 거래가 박피 보다는 탕박의 형태로 거래됨에도 불구하고 등지방 두께에 의한 경매가의 차이가 없다. Figure 7에 제시된바와 같이 요크셔와 두록은 등지방 두께에 대한 변동이 없음을 보인다. 반면에 랜드레이스에서는 2mm 정도 얇아졌다. 등지방 두께와 번식능력의 연관성에 대해서 Whittemore(1996)는 초산의 첫 종부시 14~25mm의 등지방 두께는 번식형질에 가장 좋은 영향을 미친다고 보고했으며, 초발정일령, 유량, 재발정 횟수 등에도 영향할 수 있다고 보고했다. 한편 Rozeboom 등(1996), Newton and Mahan(1993), Young 등(1990)은 gilt의 등지방 두께를 포함한 body composition이 모돈의 생산성에 영향하지 않는다고 보고하였다. 일반적으로 종부후 임신기간 동안 체중과 등지방이 증가하며, 분만 후와 포유기간 동안에는 체중과 등지방이 급격히 감소한다. Rozeboom 등(1996)은 산차가 지나갈수록 체중은 계속 증대하지만 등지방은 산차가 지나 갈수록 점점 감소한다고 보고했다. 손 등(2003)은 첫 수정시 등지방 두께가 얇을수록 초발정일령 및 초종부일령이 지연되었으며, 등지방 두께가 두꺼울수록 산자수가 많다고 보고하였고, 도(2007)는 등지방 두께와 총산자수, 생존산자수의 유전상관이 각각 0.21와 0.24라고 보고하였다. 모계품종에서 등지방의 두께를 낮추기 위한 선발에 부계품종보다는 관심이 낮다.

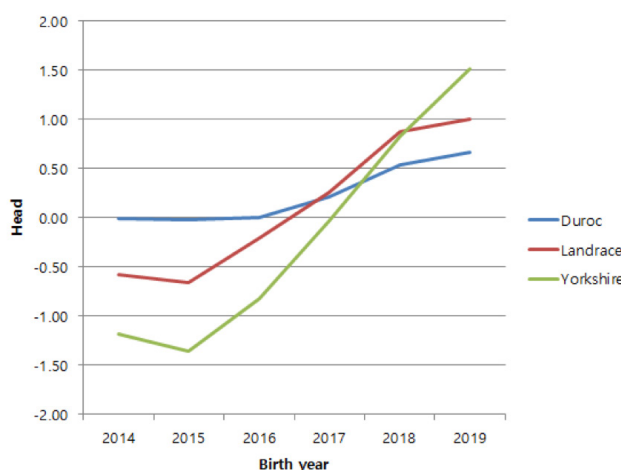


Figure 8. The genetic trends of total litter size according to the breeds.

번식형질은 총산자수와 생존산자수에 대하여 평가하였다. 총산자수의 경우 모계품종에서 일정한 개량 추세를 유지하고 있다. 그러나 돼지개량 네트워크의 영향을 가장 많이 받은 두록의 경우 총산자수의 개량은 없다고 볼 수 있다. 이 종돈장의 경우 두록의 선발은 산자수의 능력이 포함되지 않은 부계지수에 의해 선발하여 개량량이 없는 것은 당연한 결과이다. 랜드레이스와 요크셔는 약 1.5~2.5두의 개량량을 보이고 있다. 그러나 Table 3의 네트워크 관련 계통의 모든 수가 크지 않아 이 종돈장의 개량은 유전자원 공유에 의한 개량의 효과라고 말할 수 없다. 생존산자수와 총산자수는 서로 관련된 형질이다. 정의상 생존산자수는 총산자수를 넘을 수 없다. 총산자수 내에 존재하는 생존산자수는 태아와 출산시 사고의 위험을 반영한 형질이다. 따라서 두 형질의 유전상관은 높다. 생존산자수의 개량 추세는 Figure 8의 개량추세 그래프와 유형이 유사하고 개량량의 크기도 비슷하여 제시하지 않았다. 대신 랜드레이스와 요크셔의 계통별 성적을 Figure 9와 10에 제시하였다.

랜드레이스에서 돼지개량 네트워크 유전자원을 공유한 N1은 성적을 보면 자체적으로 조성된 1 계통보다 좋은 성적이지만, 2, 3과 4 계통의 성적보다는 낮게 나타난다. N1 계통은 여러 종돈장으로부터 선발된 웅돈의 정액을 이용하다보니 출생년도 별로 성적의 변동이 심하게 나타난다. 돼지개량네트워크 웅돈의 선발이 산육능력중심으로 선발하여 번식능력이 떨어지는 것을 막을 수 없었던 것 같다.

Figure 10의 요크셔에서는 4계통보다는 우수하지만 1, 2 및 3 계통보다 좋지 않은 성적으로 뚜렷한 계통별 차이를 보여주고 있다. 네트워크 유전자원의 공유로 모계품종인 랜드레이스와 요크셔에서 번식능력의 대표적 지표형질인 생존산자수에서 낮게 나

타나는 중요한 문제이다. 즉 돼지개량 네트워크 사업이 모계품종에서는 효율적인 개량의 성과를 보여주지 못하고 있다고 해석할 수 있다.

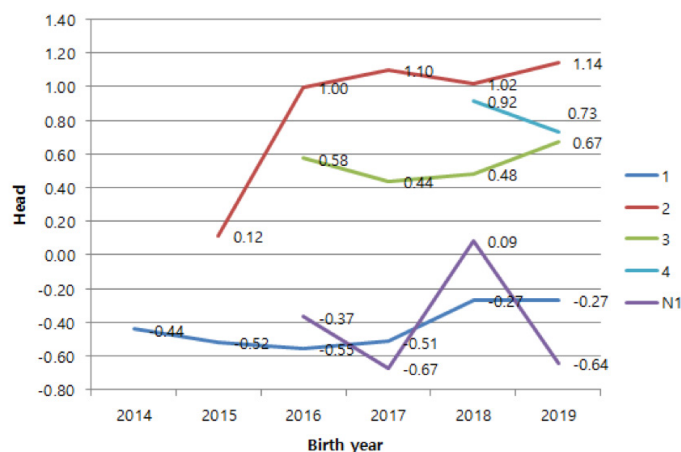


Figure 9. The genetic trends of number of born alive according to the lines of Landrace.

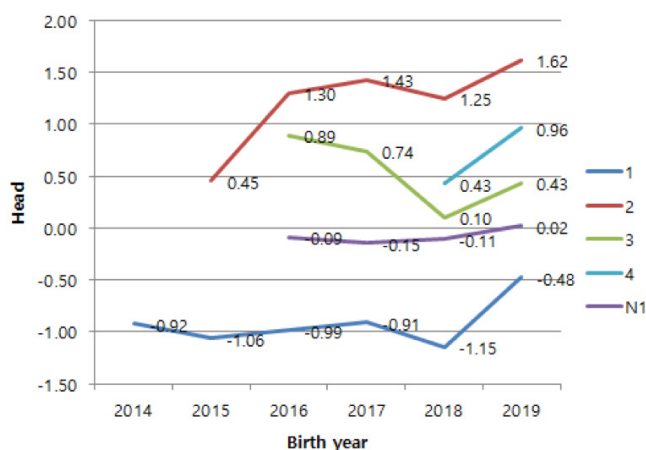


Figure 10. The genetic trends of number of born alive according to the lines of Yorkshire.

부계품종인 두록에서 산육성적 중심으로 선발하여 종돈장 단위의 개량성과를 가져왔지만, 랜드레이스와 요크셔에서는 같은 방법으로 선발하였을 때 모계품종에서 중요한 산자능력이 종돈장 단위에서 떨어지는 결과를 초래하였다. 모계품종에서도 웅돈을 선발할 때 산자능력의 기준을 엄격히 적용하여야 할 것으로 생각된다. 한성유전형질인 돼지의 산자능력은 암컷에서 발현하지만, 수컷도 산자의 유전적 능력이 있다. 젖소의 산유능력개량을 위해서 종모우의 평가와 선발을 이용하는 것이 그 예이다. 요크셔와 랜드레이스의 웅돈선발을 젖소 개량체계처럼 후대검정을 통하여 할 수는 없지만, 최소한 웅돈의 산자능력의 혈통지수(pedigree index)로 제한을 하여 선발하여야 할 것이다. 이미 종돈장내에서는 모계품종인 웅돈에 대해서도 모계선발지수를 이용하여 선발함으로써 웅돈의 산자능력 혈통지수를 이용하고 있다. 계통별 성적을 보면 종돈장이 자체적으로 조성하고 있는 모든 계통에서 우상향 방향으로 개량되고 있다. 다만 계통조성 초기에 잡종강세와 모돈 수를 늘리는 과정으로 인한 굴곡이 나타나고 있다.

IV. 요약

본 연구에서는 종돈장 단위에서 돼지개량 네트워크 사업(PIN project)의 평가를 함으로써 그동안 성과와 문제점을 밝혀내고,

종돈장 단위의 개량시스템을 소개함으로써 돼지개량네트워크를 개선 발전시키기 위한 기초자료로 활용을 기대하며 수행하였다. 본 연구에는 돼지개량 네트워크에 참여하는 국내 한 종돈장의 2014년부터 2019년까지 총 54,051건의 혈통 자료와 34,252건의 검정자료를 이용하였으며, 번식기록은 모든 3,100두의 9,489복의 기록을 이용하였다. 돼지개량네트워크의 유전자원의 공유로 인한 성적의 평가에서 부계 품종인 두록은 공유로 인한 성과가 산육능력에서 명확하게 나타났다. 반면에 모계품종인 랜드레이스와 요크셔에서는 번식성적에서 대체적으로 기존의 보유종인 계통보다 정액의 공유를 통해 조성된 계통의 성적이 낮게 나타났다. 또한 요크셔에서는 조성된 계통의 성적의 연도별 변동이 심하여 균일성의 문제도 나타나고 있다. 부계품종의 성과는 돼지개량 네트워크의 기획된 의도대로 잘 이루어지고 있지만, 모계품종에서는 웅돈의 선발 방법에 문제점이 있는 것으로 생각된다. 모계 웅돈의 선발은 산육뿐만 아니라 번식능력에 중점을 두어야한다고 사료된다. 웅돈의 산자수에 대한 혈통지수를 선발기준에 포함시키는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 돼지개량 네트워크 사업이 한국형 종돈의 기반이 되어 결국 덴마크의 덴브레드와 같은 우리나라 브랜드의 종돈이 얻어질 것으로 예측된다.

V. 인용문헌

- Chakrabarti C. 1963. On the C matrix in design for experiments. *J. Indian Stat. Assoc.* 1, 8-23.
- Fernando RL, Gianola D and Grossman M. 1983. Identifying all connected subsets in a two - way classification without interaction. *J. Dairy Sci.* 66:1399-1402.
- Foulley JL, Hanocq E and Boichard D. 1992. A criterion for measuring the degree of connectedness in linear models of genetic evaluation. *Genet. Sel. Evol.* 24: 315-330.
- Hanocq E, Boichard D and Foulley JL. 1996. A simulation study of the effect of Connectedness on genetic trend. *Genet. Sel. Evol.* 28:67-82.
- Kuehn LA, Notter DR, Nieuwhof GJ and Lewis RM. 2008. Changes in connectedness over time in alternative sheep sire referencing schemes. *J. Anim. Sci.* 86:536-544.
- Lewis RM, Crump RE, Simm G and Thompson R. 1999. Assessing connectedness in across - flock genetic evaluations. Page 121 in *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.*, Scarborough, UK.
- Meyer K. 2015. WOMBAT: A program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. <http://didgeridoo.une.edu.au/km/homepage.php> Accessed September 10, 2019.
- Newton EA and Mahan DC. 1993. Effect of initial breeding weight and management system using a high-producing sow genotype on resulting reproductive performance over three parities. *J. Anim. Sci.* 71:1177.
- Rozeboom DW, Pettigrew JE, Moser RL, Cornelius SG and El Kandelgy SM. 1996. Influence of gilt age and body composition at first breeding on sow reproductive performance and longevity. *J. Anim. Sci.* 74:138-150.
- Whittemore CT. 1996. Nutrition reproduction interactions in primiparous sows. *Livest. Prod. Sci.* 46:65.83.
- Young LG, King GJ, Walton JS, Mc Millan I and Klevorick M. 1990. Age, weight, backfat and time of mating effects on performance of gilts. *Can. J. Anim. Sci.* 70:469-481.
- 도창희. 2007. 돼지에서 산육형질과 번식형질간의 관계. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49(3):1-6.
- 서재호, 신지섭, 노재광, 송치은, 도창희. 2011. 국내 두록의 종돈장간의 교류현황과 유전능력평가에 미치는 효과. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 53(5):397-408.
- 손동수, 이장희, 최선호, 연성흙, 류일선, 서국현, 허태영, 박성재, 조규호, 유충현, 김남철, 박창식. 2003. 번식효율 증진을 위한 후보종빈돈의 조기선발에 관한 연구. (I . 후보 종빈돈의 첫발정 일령과 산자수). 축산기술연구소 연구보고서.