

Research Article

전북지역 한우 혈통의 계대(pedigree depth)에 따른 유전능력평가 시스템을 통한 분석 효율성 연구

김도현, 오재돈, 이학교*

전북대학교 동물생명공학과

A study on analysis efficiency through the breeding value evaluation system according to the pedigree depth of Hanwoo in Jeonbuk region

Do Hyun Kim, Jae Don Oh, and Hak Kyo Lee*

Dept of Animal Biotechnology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Corresponding Author: Hak Kyo Lee, Dept of Animal Biotechnology, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea. Tel : , Fax : , E-mail :

ABSTRACT

Although the Hanwoo industry has been systematically improved at the national level, recently, the improvement of Hanwoo cows at the farm level is insufficient, acting as a factor to increase the dependence on KPN(Korea Proven Bull's Number) . In this study, the breeding value and accuracy estimated according to the pedigree depth were evaluated in order to present basic data for the evaluation of the genetic ability of Hanwoo and the utilization of Hanwoo farm information through the establishment of an efficient regional Hanwoo cow improvement system using Hanwoo farm information. To establish a reference group, a database was established by collecting information on slaughtered Hanwoo and shipped from Jeollabuk-do for 5 to 10 years, as well as information on breeding Hanwoo cows in the area subject to breeding value evaluation. According to the pedigree depth, the evaluated groups were classified into three groups: 1 group 1-2 generations, 2 groups 2-3 generations, and 3 groups 3 generations or more. Looking at the analysis results by group, Carcass weight (CWT), Eye muscle area (EMA), Backfat thickness (BFT), Marbling score (MSC) were 12.676 kg, 3.932 cm², 0.113 mm, 0.605 points for group 1, and 14.632 kg, 4.643 cm², 0.110 mm, 0.758 points for group 2 , in the case of group 3, 15.892 kg, 4.909 cm², 0.171 mm, 0.824 points were indicated. It was found that as the pedigree depth increased, the average of the breeding value also increased. As a result of analysis accuracy, CWT, EMA, BFT, MSC were 0.428, 0.419, 0.425, 0.430 for group 1, 0.471, 0.463, 0.468, 0.472 for group 2, and 0.476, 0.469, 0.474, 0.478 were shown. When looking at the difference between groups by pedigree depth, it was found that the difference in accuracy between group 1 and group 2 was about 0.05, while the difference in accuracy between group 2 and group 3 was about 0.005. This is because the increase in accuracy is stagnant as the pedigree depth goes to 3 or more generations. It is considered that it can be used as basic data for farm information management.

Key words:

INTRODUCTION

우리나라 한우의 개량은 1980년대 농협 한우개량 사업소는 씨수소를 선발 보급하는 것을 기점으로 한우개량의 형식적인 틀이 마련이 되었고, 현재는 우수한 씨수소공급을 통한 한우의 개량을 위해 능력검정(당대검정, 후대검정)을 통해 매년 30두 가량 선발하여, 인공수정용 냉동 정액을 생산, 공급하고 있다. 1992년부터 시작된 소 등급판정제도, 1998년부터 시작된 소고기 생산 이력제는 기존에 한국종축개량협회에 등록된 개체들만을 대상으로 개량사업을 전개하던 것을 일반 농가의 축군도 개량이 가능하도록 해주었으며, 씨수소 선발을 위해 2005년 10개 농가를 시작으로 현재는 102개 농가의 육종농가 사업으로 좀 더 폭넓은 종축을 선발 보급할 수 있는 기회가 만들어지면서 검정소에서 생산 보급하던 씨수소 뿐 아니라 선정된 육종 농가의 축군에서도 씨수소를 선발 보급함으로써 일반 농장에서 사육하는 개체들까지 개량대상으로 볼 수 있는 기반이 조성되었다. 하지만 현재 전국 한우 사육 두수는 약 360만두로, 전국 가임암소는 약 162만 두로, 실제 농가에 공급되는 한우 씨수소는 연간 100 두 가량으로 좀 더 다양한 유전자원을 공유하고자 하는 요구와 함께 2012년부터 번식 농가를 대상으로 개량에 참여시켜 우량 송아지 생산 기반의 암소 생산을 위한 한우암소검정사업이 시행이 되고는 있지만 가축의 개량에 있어 100여 두 미만의 종축을 이용하는 것은 유전적 다양성을 감소시킬 수 있는 요인으로 작용한다. 그럼에도 불구하고 현장에서는 특정 씨수소의 KPN 정액을 선호하는 편중현상이 나타나 유전적 다양성 문제를 가속화시키고 있다. 그러나 현재 시행되는 한우암소검정사업 또는 한국종축개량사업소 등의 암소 유전능력평가는 씨수소의 혈통능력에 의존하여 산술적으로 평가하기 때문에 아버지가 동일하면 같은 육종가를 갖게 되는 등의 오류로 인해 잘못 평가되는 개체들은 육종가의 정확도가 현저히 떨어지며, 낮은 정확도의 육종가를 선발에 이용하기 때문에 변별력이 낮다. 이러한 사정으로 현장에서 씨수소 혈통능력에 의존한 육종가 사용을 통해 우수한 개체로 선발이 되어도 인정받기 힘들어 축군의 기반을 조성하기에 어려움이 있다. 이와 같은 이유로 선발된 우수 암소의 송아지와 일반 송아지를 비교하였을 때 가격 경쟁력을 제고하기 어려운 실정이며, 우수한 암소의 가치가 저평가되어 대다수의 농가들이 암소 축군을 지속적인 번식으로 활용하기보다 조기출하(2~3산)를 통한 농장경영이 이루어 지고 있으며, 결과적으로는 우수 암소 출하 시 우수한 유전자원이 소실됨으로써 개량이 단절되어 유전능력에 대한 평가가 무의미하다. 이는 사육중인 개체들에 대한 선발의 기준이 없기 때문에 그나마 정확한 육종가로 선발이 된 씨수소에 대한 의존도를 높이는 요인으로 작용하여 저 효율적인 개량의 악순환이 반복될 것으로 사료된다. 이처럼 암소 개량의 경우 우수 암소의 집단 구축이 현실적으로 어렵기 때문에 지역단위 생산자단체 및 기관의 주도하에 개량 효율을 극대화하기 위한 암소의 유전능력평가 시스템이 필요하다고 사료된다. 효율성 있는 지역단위 암소 개량 시스템을 갖추기 위해서는 우군의 혈통 정보 및 개체 기록 관리의 정확도가 중요하며, 농가 규모 이상의 정보 수집이 필요하다.

따라서 본 연구는 지역단위에서 한우의 개량 관련 정보의 데이터화 및 혈통 연계를 통해 현재 사육 단계의 한우 암소의 유전능력평가를 위한 시스템을 제시하고자 수행하였고 혈통의 계대(pedigree depth)에 따라 추정된 육종가와 정확도를 비교 분석하였다.

MATERIALS & METHODS

1. 공시 재료

본 연구에서는 전라북도 고능력 암소축군 사업을 통해 구축된 참조축군의 거세우 188,808두의 도축정보, 거세우와 암소 211,810두의 혈통자료, 축산과학원에서 매년 제공되는 1489두의 종모우 혈통 자료를 이용하였다.

2. 분석 방법

(1) 육종가 추정

유전모수 추정은 REMLF90 (ver1.82) program을 이용해 추정해주었으며, 육종가의 추정은 BLUPF90 program을 이용하였다. 총 4개 형질에 대한 유전모수 추정을 위하여 각 형질별 단형질 분석을 하였고, 각 형질 간 유전 및 환경분산을 추정된 후 총 4개 형질에 대한 다형질 분석을 실시하였다. 각 형질에 대한 상가적 유전효과의 유전모수 추정을 위한 선형모형을 행렬식으로 표기하면 다음과 같다.

$$Y = Xb + Z\mu + e$$

$$\text{Var}\left(\begin{matrix} \mu \\ e \end{matrix}\right) = \begin{pmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{pmatrix}$$

Y : 각 형질의 관측치

X : 고정효과

Z : 상가적 유전효과의 계수행렬

b : 알려지지 않은 고정효과에 대한 추정치

μ : 상가적 유전효과

e : 임의의 환경효과

A : 개체혈연계수 행렬

I : 대각성분이 1인 단위행렬

여기서 Y 는 도체형질 관측치, X 는 고정효과에 대한 계수행렬이고, σ_a^2 와 σ_e^2 는 각각 상가적 유전분산 및 임의의 환경 분산이다

(2) 유전력 추정

BLUP방법으로 육종가 추정을 실시하였으며, 추정 육종가의 유전력은 모두 동일한 방법으로 추정하였다. 유전력 추정을 위하여 사용된 유전모수의 값은 BLUPF90 program 분석 결과에서 제공되는 REMLF90 (ver1.82) program 값을 이용하여 아래와 같은 공식에 따라 추정하였다.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

σ_a^2 : 유전분산성분

σ_e^2 : 환경분산성분

유전력은 전체분산 $\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_e^2$ 에서 유전분산이 차지하는 비율로 추정하였다.

(3) 정확도 추정

BLUP방법으로 추천된 육종가의 정확도 값은 모두 동일한 방법으로 추정하였으며, BLUPF90 program 분석 결과 추정되는 육종가의 결과 값 중 육종가의 예측오차분산(prediction error variance, PEV)과 형질별 상가적 유전분산을 활용하여 추정하였다.

$$(EBV)_{Acc} = \sqrt{1 - \left(\frac{PEV}{\sigma_A^2}\right)}$$

$(EBV)_{Acc}$: 추정된 육종가의 정확도

PEV: 추정된 육종가의 예측오차 분산

σ_A^2 : 상가적 유전분산

3. 전북지역 혈통의 계대(pedigree depth)별 참조축군 구축 및 집단 분류

참조축군 구축을 위해 전북지역에서 5~10년간 출하된 거세우 및 암소 도축개체 정보와 유전능력 평가대상인 지역 내 사육 암소의 정보를 수집하여 데이터베이스를 구축하였다. 지역 내 도축된 개체에서 평가대상 암소집단에 대한 혈연 연계 모식도를 나타내었다. 참조축군과 평가 거세우의 혈통 완성도평가를 위해 Angelpedigree v1.0 program을 이용하여 혈통완성도를 나타내었으며(Figure 1), 혈통의 계대(pedigree depth)에 따라 평가 축군을 1그룹 1-2계대, 2그룹 2-3계대, 3그룹 3계대이상 으로 3가지 축군으로 분류하여 나타내었다(Table 1).

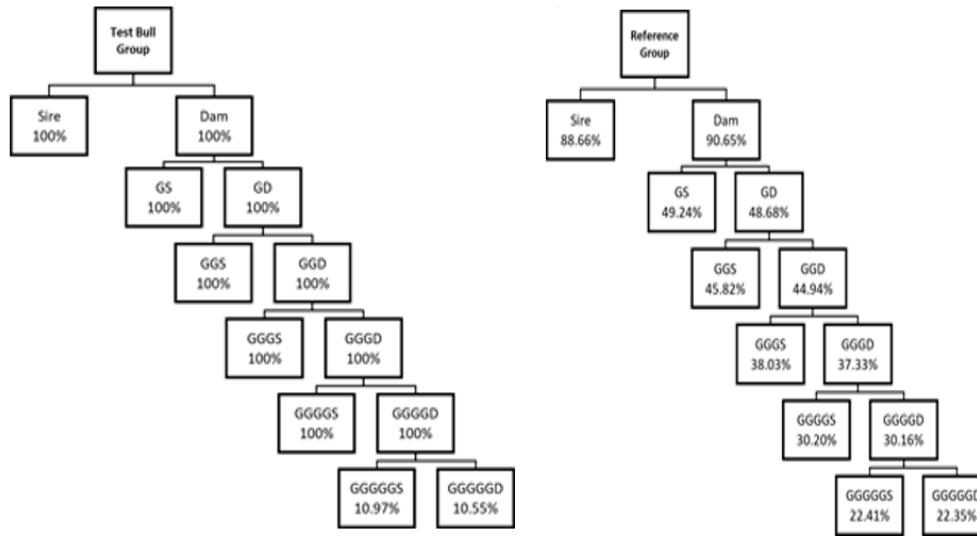


Figure 1. Feather categories of Indigenous chickens in Rwanda (Source: Habimana et al., 2021)

Table 1. BLUP method according reference population of pedigree depth

Analysis method	Population	Pedigree Depth
BLUP	Population1	1-2
	Population2	2-3
	Population3	3+

RESULTS AND DISCUSSION

1. 참조축군 기초 통계량 분석

전북지역 참조축군의 표현형의 분포는 Figure 2와 같으며, 분석방법에 사용된 참조축군의 기초통계량을 분석하였다(Table 2). 참조축군의 거세우 표현형은 188,808두이며, 표현형정보의 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 평균값과 표준편차는 각각 434.94 ± 53.11 kg, 93.48 ± 12.23 cm², 13.71 ± 5.47 mm, 5.91 ± 1.99 점으로 분석되었다.

본 연구에 사용된 참조집단의 기초통계량과 선행연구 결과를 비교해보면 2008년 Hwang (Hwang et al. 2008)등은 23 ~ 40차 검정기록을 가진 후대검정우의 도체성적 결과로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도가 321.01 ± 41.89 kg, 82.35 ± 8.30 cm², 7.99 ± 3.08 mm, 2.91 ± 1.63 점으로 보고하였으며, 2013년 Lee 등은 45 ~ 50차 검정기록을 가진 후대검정우의 도체성적 결과로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도가 361.35 ± 38.84 kg, 83.90 ± 8.52 cm², 8.29 ± 3.36 mm, 3.19 ± 1.47 점으로 선행연구가 본 연구에서 사용된 전

북지역 참조축군의 기초통계량보다 낮게 보고되었음을 볼 수 있었다. 이는 검정우의 경우 평균 24개월령에 도축이 됨에 따른 사육 기간의 차이에서 나타난 결과로 사료되며, 2013년 이 등은 평창지역의 거세우의 도체성적 결과로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도가 423.91 ± 44.9 kg, 91 ± 10.11 cm², 13.63 ± 5.6 mm, 5.6 ± 1.83 점으로 보고되었으며, 2018년 축산물등급평가원 에서 보고한 통계연보의 사육기간별 도체성적은 29개월령 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 450.2 kg, 93.3 cm², 13.7 mm, 5.8점이며, 31개월령 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 449.4 kg, 94.4 cm², 14.2 mm, 5.9점으로 보고하였다. 선행연구의 산업축군의 도체성적과 본 연구에 사용된 전북지역 참조축군의 기초통계량은 유사한 수치를 보였으며, 이는 산업축군의 경우 평균 28-32개월령으로 사육 후 출하함에 따른 결과라고 사료된다. 본 연구에 사용된 전북지역 참조축군은 24개월령의 검정집단이 아닌 28-32개월령의 산업축군을 대상으로 유전능력평가에 활용하기에 적합하다고 사료된다.

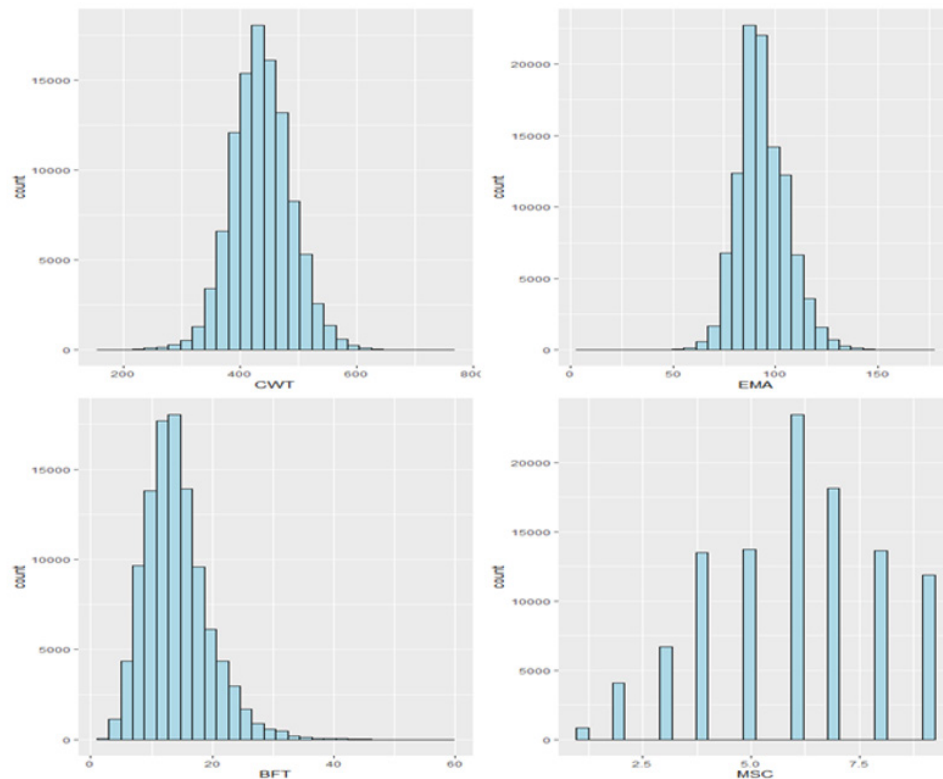


Figure 2. Indigenous male chicken (left) and indigenous female chicken (right) Source: Hirwa et al., 2019

Table 2. Reference population statistics according to analysis method

Analysis method	Reference population size (has data)	Sex	Trait	Mean	Min.	Max	S.D. ⁵
BLUP	188,808 (pedigree, phenotype)	Male	CWT ¹	434.94	160	760	53.11
			EMA ²	93.48	3	172	12.23
			BFT ³	13.71	1	58	5.47
			MSC ⁴	5.91	1	9	1.99
	156,593 (pedigree, phenotype)	Female	CWT ¹	343.45	105	690	50.83
			EMA ²	82.59	5	195	12.06
			BFT ³	12.87	1	78	5.69
			MSC ⁴	4.13	1	9	1.96

¹Carcass weight; ²Eye muscle area; ³Backfat thickness; ⁴Marbling score; ⁵Standard deviation

1. 혈통의 계대(pedigree depth)에 따른 축군별 유전력 분석

추정된 유전모수 값을 바탕으로 유전분산(Genetic variance), 잔차분산(Residual variance), 유전력(Heritability)을 구하였다(Table 3). 추정 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전분산은 1,416.00, 55.56, 14.81, 2.31이며, 잔차분산은 1206.00, 83.30, 15.64, 1.75로 나타났다. 유전력을 계산한 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도의 유전력은 0.54, 0.40, 0.49, 0.57로 추정되었다. 유전력에 관한 선행연구에서는 Utrera and Van Vleck (2006)의 보고에 따르면 1962년에서 2004년까지 육우의 유전력에 관한 논문을 조사하였고, 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도의 유전력의 평균은 0.40, 0.36, 0.40, 0.37로 추정되었다. 노 등(2004)이 한우를 대상으로 유전력에 관한 연구 결과를 살펴보면, 후대검정우를 대상으로 분석한 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도의 유전력이 0.29, 0.40, 0.42, 0.54로 보고 하였다. 선 등(2010)은 경남지역의 도축된 한우를 분석한 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도의 유전력은 0.39, 0.30, 0.33, 0.62로 보고하였으며, 신 등(2018)은 산업 축군인 한우 농가에서 사육 중인 암소를 대상으로 분석한 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도의 유전력은 0.36, 0.44, 0.48, 0.58으로 보고하였다. 대부분의 선행연구에서 유전력을 추정한 4대 경제형질의 분포는 도체중 0.29-0.40, 등심단면적 0.30-0.44, 등지방두께 0.33-0.49, 근내 지방도 0.37-0.62로 근내 지방도에서 가장 유전력이 높게 나타났으며, 본 연구결과 또한 비슷한 범위 내에서 유전력이 추정됨을 확인 하였다.

Table 3. Heritability and Variance to BLUP method of test population

Analysis method	Type	Trait			
		CWT ¹	EMA ²	BFT ³	MSC ⁴
BLUP	Genetic variance	1,416.00	55.56	14.81	2.31
	Residual variance	1,206.00	83.30	15.64	1.75
	Heritability	0.54	0.40	0.49	0.57

¹Carcass weight; ²Eye muscle area; ³Backfat thickness; ⁴Marbling score

2. 혈통의 계대(pedigree depth)에 따른 추정 육종가(EBV)의 정확도 비교분석

혈통의 계대(pedigree depth)에 따른 집단의 육종가 및 정확도를 비교 분석하였으며(Table 4), 각 집단에 따른 육종가와 정확도의 변화 양상을 비교하였다.

Table 4. BLUP method according reference population of pedigree depth

Analysis method	Pedigree Depth Population	CWT ¹		EMA ²		BFT ³		MSC ⁴	
		BV ⁵ (kg)	Acc ⁶	BV (cm ²)	Acc	BV (mm)	Acc	BV (Score)	Acc
BLUP	Population1 (1-2)*	12.676	0.428	3.932	0.419	0.113	0.425	0.605	0.430
	Population2 (2-3)*	14.962	0.471	4.643	0.463	0.110	0.468	0.758	0.472
	Population3 (3+)*	15.892	0.476	4.909	0.469	0.172	0.474	0.824	0.478

¹Carcass weight; ²Eye muscle area; ³Backfat thickness; ⁴Marbling score; ⁵Mean breeding value of population; ⁶Mean accuracy of population

*Pedigree depth range

집단별로 분석결과를 살펴보면 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 1그룹의 경우 12.676 kg, 3.932 cm², 0.113 mm, 0.605 점, 2그룹의 경우 14.632 kg, 4.643 cm², 0.110 mm, 0.758점, 3그룹의 경우 15.892 kg, 4.909 cm², 0.171 mm, 0.824점을 나타내었다. 혈통의 계대(pedigree depth)가 증가 할 수록 육종가의 평균도 올라가는 것을 확인 할 수 있었으며, 다음으로 정확도 결과를 살펴보면 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도는 1그룹의 경우 0.428, 0.419, 0.425, 0.430이며, 2그룹의 경우 0.471, 0.463, 0.468, 0.472이며, 3그룹의 경우 0.476, 0.469, 0.474, 0.478을 나타내었다. 정확도에 대한 선행연구를 보았을 때 이 등(2013)은 45-50차 점정기록의 후대검정우를 대상으로 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도의 정확도가 0.605, 0.765, 0.675, 0.736이며, 신 등(2018)은 산업축군인 일반 한우 농가를 대상으로 사육중인 암소에 대한 분석 결과 0.438, 0.454, 0.460, 0.467을 나타내었다고 보고하였다. 후대검정우의 경우 정

확한 혈통관리와 산차가 오래된 우량 암소들의 개체들이 참조축군을 구축하기 때문에 높은 정확도를 보였다고 생각되며, 산업축군의 경우는 혈통관리나 경영상 높은 산차 보다는 대부분의 암소들이 3산차 이내의 후대를 구축하기 때문에 혈통과 표현형을 통한 분석은 한계가 있다고 사료된다. 하지만 산업축군의 정확도와 비교하였을 경우 본 연구의 결과에 대한 정확도가 높게 나타나는 부분은 전북지역의 약 10년 이상의 도축 성적과 높은 친자확인율을 바탕으로 혈통관리가 잘 되어 있는 참조축군을 구축한 결과라고 사료된다.

그룹간의 상관관계를 보기 위해 Figure 3에 나타내었다. 상관관계 분석 결과 2그룹과 3그룹의 상관관계가 1그룹과 2그룹, 3그룹과의 관계에 비해 상당히 높음을 확인 할 수 있었으며, 혈통의 수에 따른 그룹간의 정확도 및 상관관계 분석 결과 혈통의 수가 1대부터 3대까지의 경우 3대이상의 참조집단을 통해 분석한 결과보다 정확도가 높게 증가함을 확인 할 수 있었으며, 혈통의 수가 3대 이상일 경우 1대에서 3대까지의 경우보다 정확도의 증가 추이가 낮아짐을 확인 할 수 있었다.

혈통의 계대(pedigree depth)별 그룹의 차이를 보았을 때, 1그룹에서 2그룹의 정확도 차이는 약 0.05정도의 차이를 보이는 반면 2그룹과 3그룹의 정확도 차이는 0.005정도의 차이를 보내는 것을 확인하였으며, 이는 혈통의 계대(pedigree depth)가 3계대이상으로 갈수록 정확도의 증가가 정체됨을 확인 하였다.

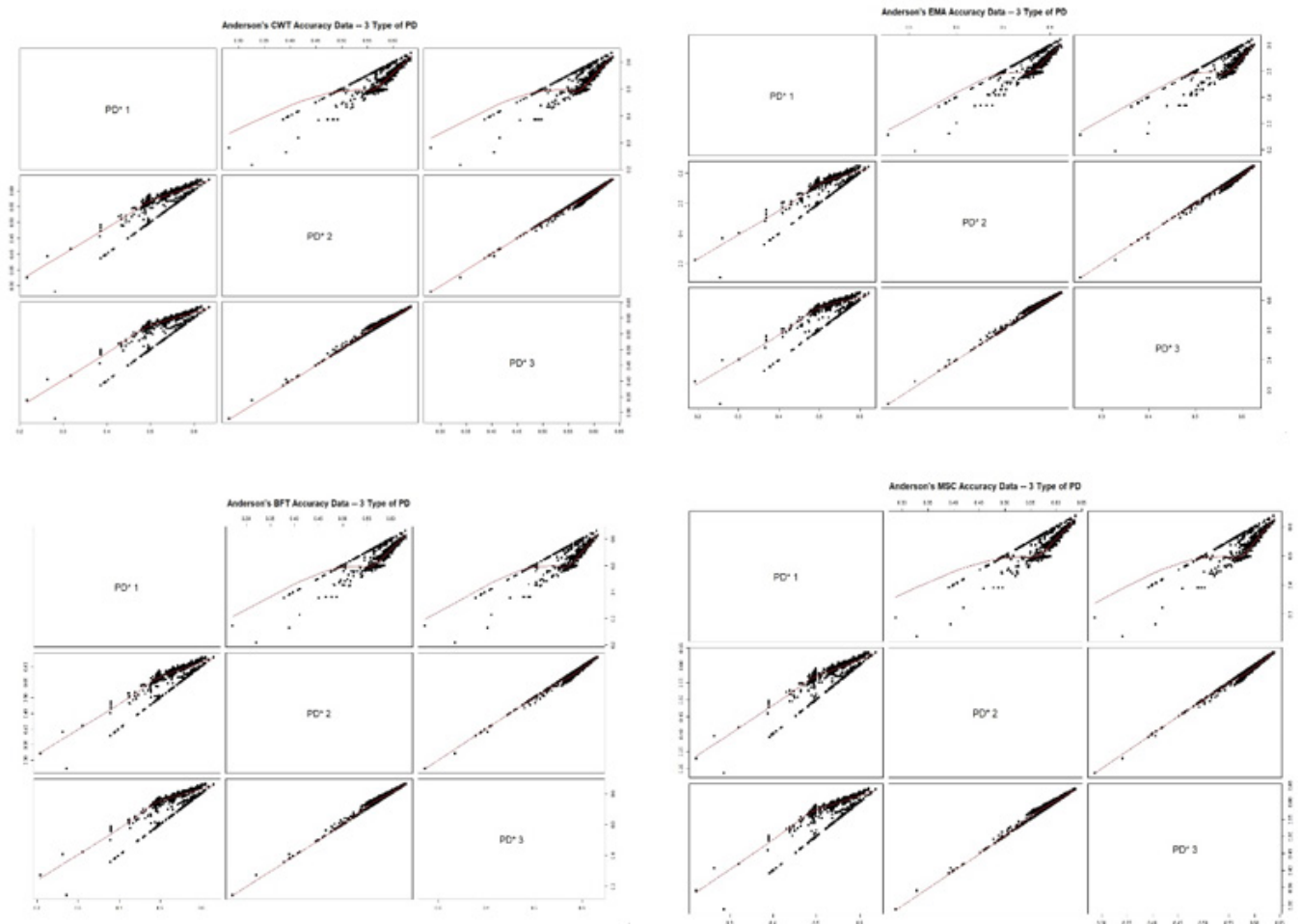


Figure 3. Correlation scatter plot of accuracy by trait of each pedigree depth population

CONCLUSIONS

한우 산업은 국가 단위의 체계적인 개량이 이루어지고 있지만, 최근 농가 단위에서 암소에 대한 개량이 미흡하여 씨수소에 대한 의존도를 높이는 요인으로 작용하고 있다. 본 연구는 농가단위 정보를 활용한 효율성 있는 지역단위 암소 개량 시스템 구축을 통해 한우 암소의 유전능력평가와 농가정보활용의 기초자료를 제시하고자 혈통의 계대(pedigree depth)에 따라 추정된 육종가와 정확도를 비교 분석을 수행하였다. 참조축군 구축을 위해 전북지역에서 5~10년간 출하된 거세우 및 암소 도축개체 정보와 유전능력 평가대상인 지역 내 사육 암소의 정보를 수집하여 데이터베이스를 구축하였으며, 혈통의 계대(pedigree depth)에 따라 평가 축군을 1그룹 1~2계대, 2그룹 2~3계대, 3그룹 3계대이상으로 3가지 축군으로 분류하였다. 집단별로 분석결과를 살펴보면 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내지방도는 1그룹의 경우 12.676 kg, 3.932 cm², 0.113 mm, 0.605점, 2그룹의 경우 14.632 kg, 4.643 cm², 0.110 mm, 0.758점, 3그룹의 경우 15.892 kg, 4.909 cm², 0.171 mm, 0.824점을 나타내었다. 혈통의 계대(pedigree depth)가 증가할수록 육종가의 평균도 올라가는 것을 확인 할 수 있었으며, 분석정확도 결과 도체중, 등심단면적, 등지방두께, 근내 지방도는 1그룹의 경우 0.428, 0.419, 0.425, 0.430이며, 2그룹의 경우 0.471, 0.463, 0.468, 0.472이며, 3그룹의 경우 0.476, 0.469, 0.474, 0.478을 나타내었다. 혈통의 계대(pedigree depth)별 그룹의 차이를 보았을 때, 1그룹에서 2그룹의 정확도 차이는 약 0.05정도의 차이를 보이는 반면 2그룹과 3그룹의 정확도 차이는 0.005정도의 차이를 보내는 것을 확인하였으며, 이는 혈통의 계대(pedigree depth)가 3계대이상으로 갈수록 정확도의 증가가 정체됨을 통해 농가에서 지역단위 암소 평가 시스템을 위해 3계대 이상의 혈통관리가 필요하며, 농가정보 관리를 위한 기초자료로서 활용이 가능하다고 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 논문은 농촌진흥청(PJ01621803)의 지원에 의해 이루어 졌으며, 전라북도에서 시행하는 전라북도 고능력 암소축군사업의 일환으로 수행 되었다.

REFERENCES

- Hwang, J. M., Kim, S. D., Choy, Y. H., Baek, Y. H. and Park, C. J. 2008. Genetic parameter estimation of carcass traits of hanwoo steers. *J. Anim. Sci. & Technol.* 50(5): 613-620.
- Lee, S. S., Lee, S. H., Choi, T. J., Choy, Y. H., Cho, K. H., Choi, Y. L., . . . Lee, J. J. (2013). Estimation of the Accuracy of Genomic Breeding Value in Hanwoo (Korean Cattle). *Journal of Animal Science and Technology*, 55(1), 13-18.
- Roh, S. H., Kim, B. W., Kim, H. S., Min, H. S., Yoon, H. B., Lee, D. H., Jeon, J. T. and Lee, J. G. 2004. Comparison between REML and Bayesian via gibbs sampling algorithm with a mixed animal model to estimate genetic parameters for carcass traits in hanwoo(Korean native cattle). *J. Anim. Sci. & Technol.* 46(5): 719-728.
- Sun, D. W., Kim, B. W., Moon, W. G., Park, J. C., Park, C. H., Koo, Y. M., Jeoung, Y. H., Lee, J. Y., Jang, H. G., Jeon, J. J. and Lee, J. G. 2010. The estimation of environmental effect and genetic parameters on carcass traits in hanwoo. *J. Agri. Life. Sci.*, 44(6): 83-83.
- Shin, E. G., Lee, S. H., Yoon, D. H. 2018. Accuracy of genomic estimated breeding value with hanwoo cow in the commercial farms. *J. Agri. Life. Sci.*, 52(2): 91-98.
- Utrera, A. R. and Van, Vleck L. D. 2006. Heritability estimates for carcass traits of cattle: a review. *Genet. Mol. Res.*, 3(3): 380-394.
- 이병철. 2013. 한우 성장 및 도체형질에 대한 유전모수 추정 연구. 전남대학교 박사학위 논문.
- 이승수. 2013. 유전체 정보의 한우 육종 모델 적용에 관한 연구. 충북대학교 박사학위 논문.
- 축산물품질평가원. 2019. 2018 축산물등급판정통계연보. 축산물품질평가.