

국내 홀스타인 젖소의 비유지속성 평가에 대한 고찰

조광현¹ · 윤호백¹ · 조충일¹ · 민홍립² · 이준호³ · 공홍식³ · 이학교³ · 박경도^{3*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²농협중앙회 젖소개량사업소, ³국립환경대학교 유전정보연구소

A Consideration on the Lactation Persistency Evaluation in Korean Holstein Dairy Cattle

Kwang-Hyun Cho¹, Ho-Baek Yoon¹, Chung-Il Cho¹, Hong-Ryp Min², Joon-Ho Lee³, Hong-Sik Kong³, Hak-Kyo Lee³
and Kyung-Do Park³

¹National Institute of Animal Science, R.D.A., Chungnam, 330-801, Korea, ²Dairy Cattle Improvement Center, N.A.C.F., Gyeonggi-do, 412-030, Korea, ³Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Gyeonggi-do, 456-749, Korea

ABSTRACT

The characteristics of lactation persistency was investigated for new evaluation trait using 4,366,900 milk yield records from 436,690 heads of Korean Holstein dairy cattle. The average lactation persistencies of first parity, second parity and over third parity were 97.5%, 95.1% and 94.6%, respectively and there was a trend that after the peak yield, lactation persistency decreased collectively. The average days of peak milk yields after calving was about 50 days, but only 33.2% of cows reached peak yields at 36~66 days (second test day). Also, there was a difference between the milk yield of cows which reached peak yields at first test day by lactation days and that of cows which reached peak yields at second to fourth test day. The estimates of heritability and repeatability for mean lactation persistency were 0.16 and 0.35, respectively. The genetic correlation between cumulative lactation persistency from third to tenth test day and that from third to seventh test day was 0.91 and while it increased in later test day, it decreased sharply in earlier test day. The breeding value correlations of Data II and III for Data I were 0.80 and 0.72, respectively, while the rank correlations were 0.78 and 0.71, respectively. Based on the results, the breeding value and rank correlations decreased when more data were added.

(Key words : Genetic correlation, Heritability, Holstein, Lactation persistency)

서 론

현재 국내 젖소개량시스템은 유량, 유지방량, 유단백질량 등의 생산성을 극대화하는데 초점을 맞추어 개량이 진행되어 왔으며, 305일로 보정된 1산차 산유형질들에 대한 단형질 개체모형을 이용한 유전능력평가를 실시하여 우수 종축을 선발함으로써 이러한 형질들의 개량이 이루어졌다(Cho 등, 2013). 그러나 최근 젖소 국제 유전능력평가사업에 참여하면서 산차간 산유능력형질의 차이를 고려하기 위하여 1산차부터 5산차까지의 자료를 모두 이용한 다형질 개체모형을 개발하여 국제유전평가의 검증을 통과하였다. 그러나 305일 보정 산유형질에 대한 평가는 개체 고유의 유전적 비유지속성에 대한 효과를 고려하지 않음으로서 분석의 정확도를 저하시킬 수 있는 오류가 발생할 가능성이 높다(Dekkers 등, 1998; Lee 등, 2003).

따라서 외국에서는 산유량 증가에 영향을 미치는 요인으로 비유지속성을 포함한 임의회귀 검정일 모형에 관한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다(Jamrozik와 Schaeffer, 1998; Jakobsen 등, 2002; Geetha 등, 2006; Cobuci 등, 2007; Cole와 Null, 2009; Khorshidie 등, 2012). 일반적으로 젖소는 6~8주령에 최고 비유량에 도달한 후, 그 후부터 서서히 감소하는 비유곡선의 특성을 가진다. 비유지속성이란 분만 후 최고 유량에 도달한 이후 유량이 감소되는 비율로 정의할 수 있으며, 의료비, 번식능력, 사료비 등 경제성과 매우 밀접한 관계를 나타내고 있는 중요한 형질이다(Dekkers 등, 1998; Togashi와 Lin, 2009). 따라서 본 연구의 목적은 농가로 하여금 종모우의 선정에 도움을 줄 수 있도록 비유지속성에 대한 특성과 새로운 평가형질로서의 가능성을 조사하는데 있다.

* Corresponding author : Kyung-Do Park, Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Anseong-si, Gyeonggi-do, 456-749, Korea. Tel: +82-31-670-5656, Fax: +82-31-670-5657, E-mail: doobalo@hknu.ac.kr

재료 및 방법

산차 이상의 자료에서 감소폭이 더 크게 나타났다(Fig. 2).

1. 공시재료

본 연구는 2013년 2월까지 측정된 436,690두의 검정일 유량기록 총 4,366,900개를 농협중앙회 젖소개량사업소로부터 수집하여, 5산차 이상의 기록 및 그래프 분석 등을 통하여 표본오류로 여겨지는 자료들은 모두 삭제한 후, 누적 착유일수가 305일 이상이고 검정회수가 10회 이상인 자료를 산출하였으며, 최종적으로 분석에 이용된 자료는 237,189두의 젖소 검정일 유량기록 총 2,371,890개였다. 산차 및 검정차수별 유량과 비유지속성에 대한 평균값은 Table 1에 제시하였다. 1산차, 2산차와 3산차 이상의 기록들에 대한 빈도(백분율)는 각각 770,300개(32.5%), 702,470(29.6%)와 899,120개(37.9%)로 나타났으며, 분만 후 평균 최고 유량은 모든 산차에서 2차 검정 시기인 36~65일 사이에 나타났다(Fig. 1). 1산차, 2산차와 3산차 이상의 평균 비유지속성은 각각 97.5%, 95.1%와 94.6%로 조사되었으며, 전체적으로 최고 유량 도달 이후 비유지속성이 일괄적으로 감소하는 추세를 나타냈으나 1산차에 비해 2

2. 통계적 방법

(1) 비유지속성

검정간격이 정확히 30일이라 가정하면, 검정차별 비유지속성(%) = [(MILK KG earlier test - MILK KG Later test) × 100] 공식으로 간단하게 표기할 수 있으나 현실적으로 검정간격을 30일로 맞추기는 어렵기 때문에 현재 진행되고 있는 국내 젖소의 비유지속성(%) 산출 공식은 다음과 같다.

$$1 - \frac{(MILK KG earlier test - \frac{30 \text{ days}}{\text{days between tests}} \times MILK KG Later test)}{MILK KG earlier test} \times 100$$

또한 일반적으로 분만 후 36~65일 사이의 2차 검정시기에 최고 유량에 도달한다고 가정하면, 3차 검정시점을 기준으로 비유지속성이 산출되어지며, 따라서 개체별 평균 비유지속성(%)은 아래 공식을 이용하였다.

Table 1. Means of milk yields and lactation persistency (P) by test day and parity

| Test day | DIM ¹⁾ | 1st lactation | | 2nd lactation | | 3rd and over | |
|----------|-------------------|---------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|
| | | Milk (kg) | P (%) | Milk (kg) | P (%) | Milk (kg) | P (%) |
| 1 | 5~ 35 | 27.9 | - | 36.7 | - | 38.0 | - |
| 2 | 36~ 65 | 31.5 | 114.1 | 39.7 | 109.4 | 41.7 | 111.0 |
| 3 | 66~ 95 | 31.0 | 98.8 | 38.0 | 96.3 | 40.2 | 97.0 |
| 4 | 96~125 | 30.3 | 98.3 | 36.0 | 95.6 | 38.0 | 95.3 |
| 5 | 126~155 | 29.5 | 98.0 | 34.1 | 95.4 | 35.9 | 95.0 |
| 6 | 156~185 | 28.8 | 98.0 | 32.4 | 95.5 | 33.8 | 94.9 |
| 7 | 186~215 | 27.9 | 97.7 | 30.7 | 95.5 | 31.8 | 94.8 |
| 8 | 216~245 | 27.1 | 97.5 | 28.9 | 95.0 | 29.7 | 94.3 |
| 9 | 246~275 | 26.1 | 96.9 | 27.2 | 94.5 | 27.7 | 93.7 |
| 10 | 276~305 | 24.5 | 94.7 | 25.1 | 92.9 | 25.3 | 92.0 |
| Overall | - | - | 97.5 | - | 95.1 | - | 94.6 |

¹⁾ Days in milk.

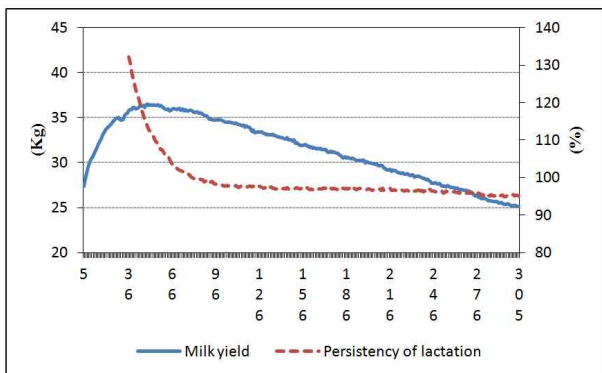


Fig. 1. Trends on milk yields (kg) and Lactation persistency (%) by days in milk.

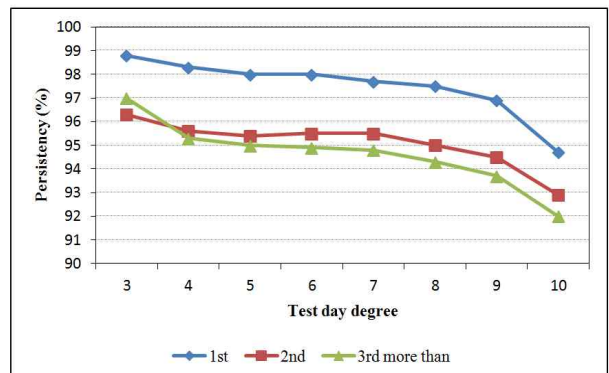


Fig. 2. Trends on lactation persistency (%) by parity.

Average persistency (%) = $(\sum_{i=3}^n p_i) / (i-2)$, 여기서 I=검정차수이다.

(2) 분석모형

분석에 이용된 통계적 모형은 다음과 같다.

$$y_{ijklm} = \mu + hys_i + m_j + l_k + a_l + p_l + e_{ijklm}$$

위에서, y_{ijklm} = 비유지속성 대한 관측치, μ = 전체 평균, $hys_i = i$ 번째 농가-분만년도-분만계절의 고정효과, $m_j = j$ 번째 분만월령의 고정효과, $l_k = k$ 번째 산차의 고정효과, $a_l = l$ 번째 개체의 상가적 유전효과, $p_l = l$ 번째 개체의 영구환경효과, e_{ijklm} = 임의 오차이다. $Var(a) = A \otimes \sigma_a^2$, $Var(e) = I \otimes \sigma_e^2$ 이며, 여기서 A = 혈연계수행렬, I = 단위행렬이다. 기초 통계처리는 SAS 9.2 (2008)를 이용하였고 비유지속성에 대한 유전모수와 육종가는 각각 VCE 6.0과 PEST 프로그램을 이용하여 추정하였다 (Groeneveld, 1990, 2008).

결과 및 고찰

1. 자료의 설명

총 4,366,900개의 자료에서 비유일수에 대한 일일 착유량의 점도표를 보면 일일 착유량이 약 60~70 kg 이상부터 빈도수가 줄어들기 시작하며, 이상치 자료들은 주 분석데이터에서 확인이 구분되어 졌다. 그리고 비유일수가 340일 이상인 자료는 빈도수가 점차 감소하는 것으로 나타났고 분만 후 약 50일에 일일 착유량이 가장 높았으며, 비유일수가 진행될수록 서서히 감소하는 추세를 나타내고 있었다 (Fig. 3). 또한 검정차수별 비유지속성의 점도표를 보면 이상치 자료들에 의해 야기된 비유지속성의 수치는 주 분석데이터에서 확연히 구분되었다 (Fig. 4).

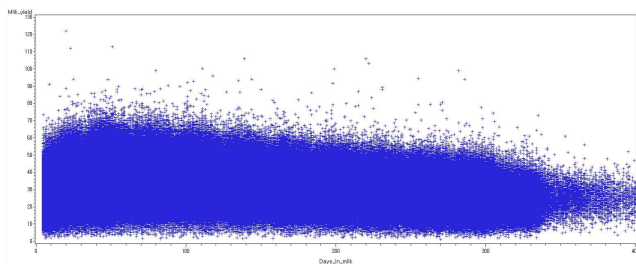


Fig. 3. Trend on milk yields (kg) by days in milk.

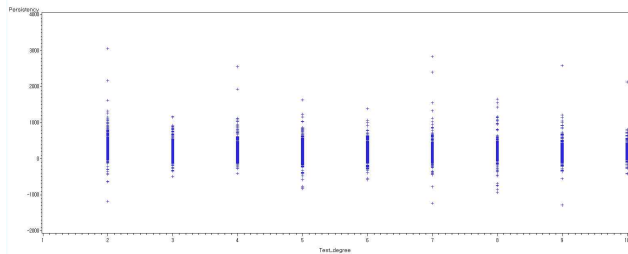


Fig. 4. Changes of lactation persistency by test day.

비유지속성에 대한 정확한 평가가 이루어지기 위해서는 정확한 자료의 수집이 우선되어야 한다. 예로, 검정 시 잘못된 자료 (Fig. 5)의 측정이나 전 검정시기에 비해 급격한 유량감소로 인해 평균 비유지속성이 133%인 자료 (Fig. 6) 등 잘못된 기록들은 젖소의 유전능력 평가 시 심각한 오류를 야기한다. 이러한 잘못된 자료들은 기계적 결함, 즉 착유기의 유압이 낮아 라이너가 빠지거나 유방염 및 대사성 질병 등 다양한 원인에 의해 야기될 수 있다 (Cole와 VanRaden, 2006).

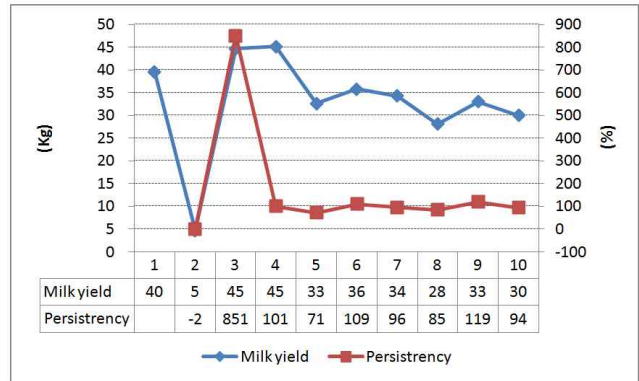


Fig. 5. Incorrect data observed at the second test day.

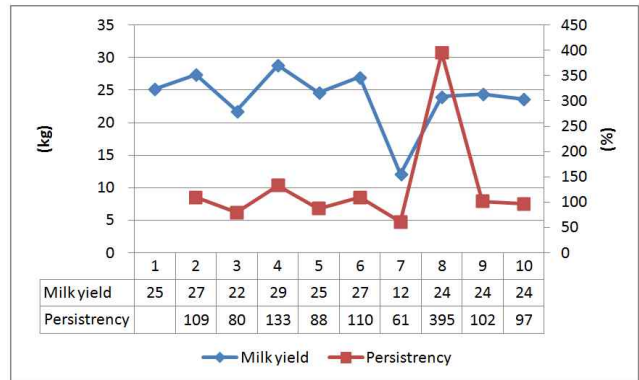


Fig. 6. Incorrect data calculated as persistency is 133%.

앞서 언급한 바와 같이 젖소는 일반적으로 분만 후 최고 유량에 도달한 이후 유량이 점차적으로 감소하며, 유량이 유지되는 정도를 비유지속성이라 할 수 있다 (Togashi와 Lin, 2004). 비유초기 및 건유기 관리 불량으로 인하여 비유지속성이 저하되며, 비유량 증가 시 유방염 및 대사성질병으로 인하여 최고 유량도달 후 급격한 유량 감소를 보이게 된다. 따라서 젖소의 수익성은 최고 유량이 아니라 비유지속성과 질병 등으로 인한 경제적 손실을 예방함으로써 수익을 증대하는 것이 바람직하다 (Dekkers 등, 1998). 이상적인 비유지속성을 지닌 개체가 관리에 유리하나 (Fig. 7) 모든 젖소에게 최적의 사양관리를 하는 것은 현실적으로 어려우며, 많은 변수가 존재함으로 대부분의 젖소는 일관성 있는 비유지속성을 나타내기가 어렵다 (Fig. 8).

또한 비유량이 급증하는 비유초기에 에너지 부족으로 인한 번식

효율 저하와 발정장애로 인한 문제를 야기할 수 있다. 비유 초기 젖소의 영양소 섭취능력에 비해 요구량 증가가 높아 젖소의 체중 감소를 수반하게 되고 이로 인한 번식기관의 만성 기능 장애 즉 난소 위축과 같은 문제를 야기하게 된다. 따라서 농가는 최고 유량 도달일자를 의도적으로 늦추는 일도 가능하다.

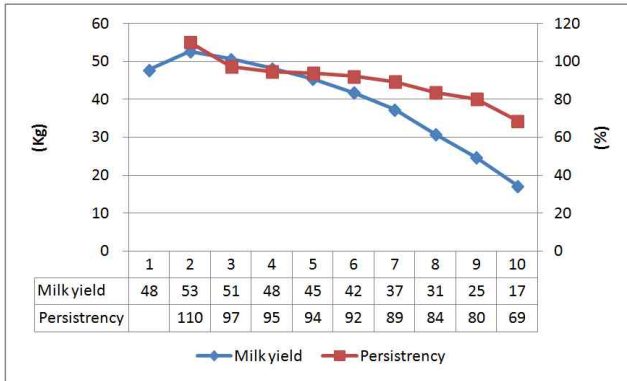


Fig. 7. Ideal type of lactation persistency.

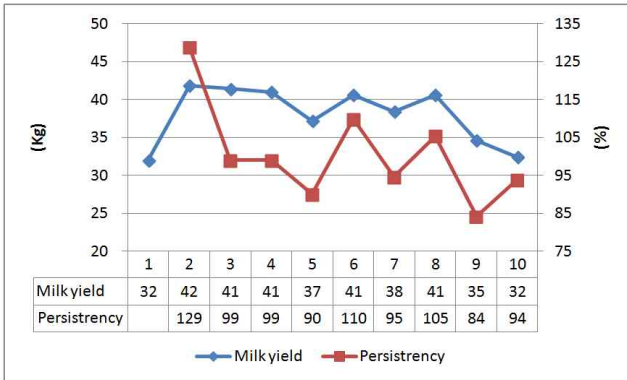


Fig. 8. Most type of lactation persistency.

Fig. 9에서와 같이 분만 후 최고유량에 도달하는 비유일수는 2차 검정(36~66일)시에 가장 높은 빈도를 나타내었지만 전체 자료의 33.2%에 불과하였다. 1차 검정(5~35일), 3차(66~95일)과 4차 검정(96~125일)시에 최고 유량에 도달하는 자료는 각각 전체의 15.4%, 20.1%와 11.6%를 차지하였다. 결과적으로 비유지속성을 평가하는데 있어 3차 또는 4차 검정에서 최고 유량을 나타내는 개체의 기록을 포함할 것인가에 대한 논의가 이루어져야 한다고 생각된다. 한편, 1차 검정시에 최고 유량에 도달한 개체들의 비유일수에 따른 유생산량 변화는 2~4차 검정에서 최고유량을 나타내는 개체들의 변화와는 많은 차이를 나타내었다(Fig. 10). 따라서 1차 검정시에 최고 유량을 나타내는 개체들의 자료에 대한 면밀한 환경적 또는 유전적 요인분석이 필요하다고 생각된다.

2. 유전모수

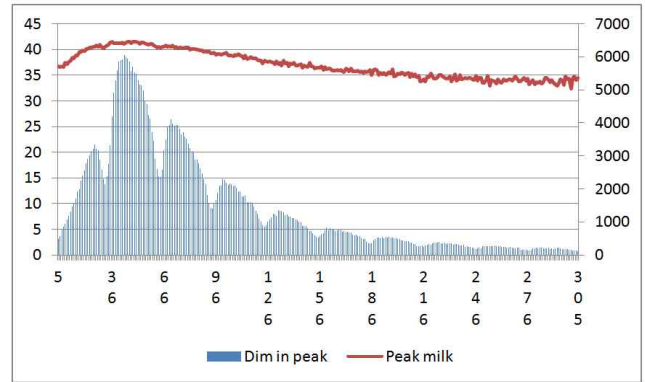


Fig. 9. Frequency of day in milk at peak milk yield.

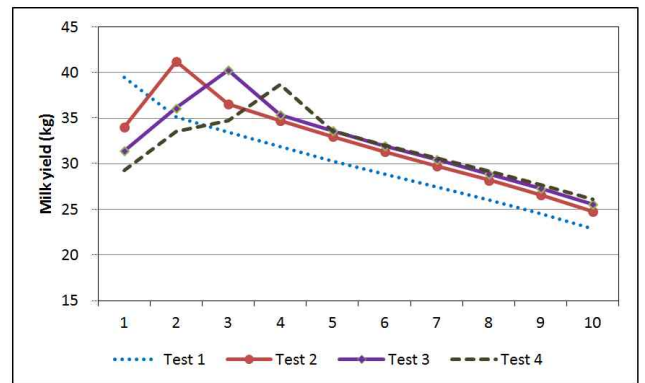


Fig. 10. Trends on milk yield by point of peak milk yield.

비유지속성에 대한 유전모수는 분만 후 2차 검정시 최고 유량에 도달한 기록들을 추출하여, 이 중 농가-분만년도-분만계절의 빈도가 3개 이상인 자료 39,545개를 이용하여 추정하였다. 2차 검정시 최고유량에 도달한 이후 3차 검정에서 측정되어지는 첫 번째 비유지속성에 대한 유전력은 0.01로 매우 낮았으며, 비유일수가 늘어날수록 누적되는 평균 비유지속성에 대한 유전력과 반복력은 일괄적으로 증가하였다(Table 2와 3).

10차검정(276~305일)이 끝나는 시점의 평균 비유지속성에 대한 유전력과 반복력은 각각 0.16과 0.35로 추정되었으며, Cole과 VanRaden(2006)이 보고한 유전력과 반복력, 0.10과 0.18 보다는 다소 높게 추정되었다. 10차 검정시 평균 비유지속성에 대한 검정차별 유전상관을 보면 7차 검정시 이상일 때 유전상관이 0.91 이상이었으며, 검정차수가 줄어들수록 유전상관은 급격히 감소하였다. 따라서 평균 비유지속성은 적어도 7차검정(186~215일) 이후의 자료가 이용되어야 될 것으로 판단되었다.

3. 육종가

육종가 추정을 위해 2차 검정시 최고 유량에 도달한 자료(data I), 3차 검정시 최고 유량에 도달한 기록을 포함한 자료(data II)

Table 2. Heritabilities, phenotypic and genetic correlations for lactation persistency in cows with peak milk yield at the second test day (n = 39,545)

| Cumulative Persistency | Cumulative persistency (P) from third to tenth test day | | | | | | | |
|------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | P3 | P3~P4 | P3~P5 | P3~P6 | P3~P7 | P3~P8 | P3~P9 | P3~P10 |
| P3 | (0.01±0.00) | 0.23 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.06 |
| P3~P4 | 0.78 | (0.02±0.00) | 0.42 | 0.34 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 |
| P3~P5 | 0.45 | 0.85 | (0.03±0.00) | 0.53 | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.33 |
| P3~P6 | 0.35 | 0.66 | 0.90 | (0.07±0.00) | 0.62 | 0.54 | 0.50 | 0.46 |
| P3~P7 | 0.23 | 0.49 | 0.72 | 0.91 | (0.10±0.00) | 0.68 | 0.61 | 0.56 |
| P3~P8 | 0.17 | 0.41 | 0.65 | 0.86 | 0.10 | (0.12±0.01) | 0.73 | 0.66 |
| P3~P9 | 0.17 | 0.39 | 0.63 | 0.84 | 0.98 | 0.98 | (0.14±0.01) | 0.77 |
| P3~P10 | 0.11 | 0.33 | 0.55 | 0.75 | 0.91 | 0.96 | 0.99 | (0.16±0.01) |

Diagonal : (heritability ± standard error), upper triangle : phenotypic correlation, lower triangle : genetic correlation.

Table 3. Repeatabilities, permanent environmental and residual correlations for lactation persistency in cows with peak milk yield at the second test day (n = 39,545)

| Cumulative persistency | Cumulative persistency from third to tenth test day | | | | | | | |
|------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | P3 | P3~P4 | P3~P5 | P3~P6 | P3~P7 | P3~P8 | P3~P9 | P3~P10 |
| P3 | (0.06) | 0.38 | 0.35 | 0.31 | 0.16 | 0.16 | 0.19 | 0.04 |
| P3~P4 | 0.21 | (0.08) | 0.73 | 0.62 | 0.47 | 0.39 | 0.40 | 0.39 |
| P3~P5 | 0.13 | 0.38 | (0.13) | 0.86 | 0.68 | 0.64 | 0.61 | 0.57 |
| P3~P6 | 0.10 | 0.30 | 0.47 | (0.18) | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.72 |
| P3~P7 | 0.09 | 0.27 | 0.41 | 0.55 | (0.22) | 0.93 | 0.90 | 0.86 |
| P3~P8 | 0.08 | 0.25 | 0.36 | 0.46 | 0.59 | (0.28) | 0.94 | 0.93 |
| P3~P9 | 0.05 | 0.22 | 0.32 | 0.40 | 0.50 | 0.63 | (0.35) | 0.96 |
| P3~P10 | 0.06 | 0.19 | 0.28 | 0.37 | 0.44 | 0.54 | 0.66 | (0.35) |

Diagonal : (repeatability), upper triangle : permanent environmental correlation, lower triangle : residual correlation.

Table 4. No. of sires, means, standard deviations (STD), minimums (Min), Maximums (Max) of breeding values for lactation persistency and correlations among dataset

| Data | Sire's breeding value | | | | Correlation | | |
|--------------|-----------------------|------|-------|------|-------------|------|------|
| | Mean | STD | Min | Max | (1) | (2) | (3) |
| Data I (1) | 0.04 | 0.53 | -1.92 | 1.46 | | 0.80 | 0.72 |
| Data II (2) | 0.11 | 0.61 | -1.87 | 1.56 | 0.78 | | 0.92 |
| Data III (3) | 0.13 | 0.62 | -2.01 | 1.56 | 0.71 | 0.92 | |

Upper triangle : breeding value correlation, lower triangle : rank correlation.

와 3차 또는 4차 검정 시 최고 유량에 도달한 기록을 포함한 자료 (data III)로 구분하여 이용하였으며, 자료의 수는 각각 39,545개 87,594개 115,581였다. 농가-분만년도-분만계절의 최소빈도를 3개로 제한하였기 때문에 자료가 추가될수록 동기군내 기록수가 늘어나 제거되는 기록의 수는 줄어든다. Data I에는 총 종모우의 수는 982두였으나 자손의 기록이 10두미만인 종모우 597두 (60.8%)를 제외하고 육종가 및 순위 상관을 추정하였다. Data I에 대한 Data II와 III의 육종가 상관은 각각 0.80과 0.72, 순위

상관은 각각 0.78과 0.71로 나타났다. 결과적으로 자료가 추가될수록 육종가 및 순위 상관은 낮게 나타났다. 2차 검정시 최고 유량에 도달한 자료만을 이용할 때 종모우 평가의 정확도가 감소할 것으로 생각된다.

현재 비유 지속성은 젖소의 육종에 있어서 새로운 형질로 제시되고 있다. 그러나 비유지속성을 측정하는 것은 젖소들의 다양한 비유 곡선을 일관되게 적용할 수 없으며, 이러한 작업을 통한 결과를 기술하기도 어렵고, 비유량의 함수이므로 다소 부적당하다고 볼 수

있으나 비유지속성과 총 비유량 사이에는 정의 상관관계가 존재한다(Geetha 등, 2006; Cole과 Null, 2009). 결론적으로, 본 논문에서의 분석결과를 통해 제시된 비유지속성의 특성은 정확한 종모우의 유전능력 추정을 위한 모형개발과 이 형질에 대한 더 나은 통찰을 가능하게 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 홀스타인 젖소, 436,690두의 검정일 유량기록 총 4,366,900개를 이용하여 비유지속성에 대한 특성과 새로운 평가형질로서의 가능성을 조사하는데 있다. 1산차, 2산차와 3산차 이상의 평균 비유지속성은 각각 97.5%, 95.1%와 94.6%였으며, 최고 유량 도달 이후 비유지속성이 일괄적으로 감소하는 추세를 나타내었다. 분만 후 최고유량에 도달하는 평균 비유일수는 약 50일로 조사되었으나 실제로 2차 검정(36~66일)시에 최고 유량에 도달하는 개체의 기록은 전체 자료의 33.2%에 불과하였다. 또한 1차 검정시에 최고 유량에 도달한 개체들의 비유일수에 따른 유생산량 변화는 2~4차 검정에서 최고유량을 나타내는 개체들의 변화와는 많은 차이를 나타내었다. 평균 비유지속성에 대한 유전력과 반복력은 각각 0.16과 0.35로 추정되었으며, 10차 검정시 평균 비유지속성에 대한 검정차별 유전상관을 보면 7차 검정시 이상일 때 0.91이상이었으며, 검정차수가 줄어들수록 유전상관은 급격히 감소하였다. Data I에 대한 Data II와 III의 육종가 상관은 각각 0.80과 0.72, 순위 상관은 각각 0.78과 0.71로 나타났다. 결과적으로 자료가 추가될수록 육종가 및 순위 상관은 낮게 나타났다
(주제어: 유전상관, 유전력, 홀스타인, 비유지속성)

사 사

이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907160)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- Cho, K. H., Park, B. H., Choi, J. K., Choi, T. J., Choy, Y. H., Lee, S. S. and Cho, C. I. 2013. Development of International Genetic Evaluation Models for Dairy Cattle. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 55(1):1-10.
- Cobuci, J. A., Euclides, R. F., Costa, C. N., Torres, R. A., Lopes, P. S. and Ferreira, C. S. 2007. Genetic evaluation for persistency of lactation in Holstein cows using a random regression model. *Genet. Mol. Biol.* 30:349-355.
- Cole, J. B. and VanRaden, P. M. 2006. Genetic evaluation and best prediction of lactation persistency. *J. Dairy Sci.* 89:2722-2728.
- Cole, J. B. and Null, D. J. 2009. Genetic evaluation of lactation persistency for five breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92:2248-2258.
- Dijkers, J. C. M., Ten Hag, J. H. and Weersink, A. 1998. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 53:237-252.
- Geetha, E. Chakravarty and Vinaya Kumar, K. 2006. Genetic persistency of first lactation milk yield estimated using random regression model for Indian Murrah Buffaloes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19(12):1696-1701.
- Groeneveld, E. 1990. PEST User's Manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre (FAL), Germany.
- Groeneveld, E., M. Kovac and N. Mielenz. 2008. VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetics, Friedrich Loeffler Institute (FLI), Germany.
- Jakobsen, J. H., Madsen, P., Jensen, J., Pedersen, J., Christensen, L. G and Sorensen, D. A. 2002. Genetic Parameters for Milk Production and Persistency for Danish Holsteins Estimated in Random Regression Models using REML. *J. Dairy Sci.* 85: 1607-1616.
- Jamrozik, J. and Schaeffer, L. R. 1998. Analysis of persistency of lactation calculated from a random regression test day model. *Interbull Bull.* 16:43-47.
- Khorshidie, R., Shadparvar, A. A., Ghavi Hossein-Zadeh, N. and Joezy Shakalgarabi, S. 2012. Genetic trends for 305-day milk yield and persistency in Iranian Holsteins. *Livest. Sci.* 144:211-217.
- Lee, D. H., Jo, J. H. and Han, K. G. 2003. Genetic parameters for milk production and somatic cell score of first lactation in Holstein cattle with random regression test-day models. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)*. 45(5):739-748.
- SAS Institute Inc. (2008). SAS/STAT 9.2 user's guide, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Togashi, K. and Lin, C. Y. 2004. Efficiency of different selection criteria for persistency and lactation milk yield. *J. Dairy Sci.* 87:1528-1535.
- Togashi, K. and Lin, C. Y. 2009. Economic weights for genetic improvement of lactation persistency and milk yield. *J. Dairy Sci.* 92:2915-2921.

(Received May 21, 2013; Revised Jun. 25, 2013; Accepted Jun. 28, 2013)