Journal of the Korean Data & Information Science Society
2013, **24**(3), 487–493

http://dx.doi.org/10.7465/jkdi.2013.24.3.487
한국데이터정보과학회지

홀스타인 젖소의 비유속도형질에 대한 유전모수 추정[†]

조광현[1] · 이학교[2] · 이준호[3] · 박경도[4]

[1]농촌진흥청 국립축산과학원 · [2]국립한경대학교 생명공학과 · [34]국립한경대학교 유전정보연구소

접수 2013년 3월 27일, 수정 2013년 4월 8일, 게재확정 2013년 4월 24일

요 약

본 연구의 목적은 비유속도형질들에 대한 유전모수를 추정함으로서 개량형질로서의 가능성을 분석하여 젖소개량목표 설정 시 기초자료를 제공하는데 있다. 착유개시 3분 이내 평균 착유량 (3MG)은 8.97kg으로 총 착유량의 57%가 3분 이내에 비유되는 것으로 나타났으나 권장수치 70%에 비하여 낮게 나타났으며, 순간최고유속 (HMF), 주착유시평균유속 (DMHG)의 평균치는 각각 3.66kg/min와 2.43kg/min으로 각각의 권장수치 4.0∼5.0kg/min과 3.0∼4.0kg/min보다 낮게 나타남으로서 국내 젖소의 비유속도는 외국에 비해 느린 것으로 나타났다. 순간최고유속(HMF), 분당최고유속 (HMG)과 주착유시간 분당평균유속 (DMHG)의 유전력은 각각 0.35, 0.31과 0.29로서 중도의 유전력을 지닌 개량에 적합한 형질로 판단되었다. 그리고 총착유량 (MGG)과 주착유시간 분당평균유속 (DMHG)의 유전상관은 0.591이었으며, 비유속도 관련형질 (HMF, HMG, DMHG)간의 유전상관은 0.889 0.997의 범위를 나타내었다.

주요용어: 반복력, 비유속도, 유전력, 유전상관.

1. 머리말

외국의 경우 비유속도에 관한 연구가 활발하여 젖소개량사업에 활용되고 있는 반면 국내에서는 이에 대한 연구가 극히 일부에서 수행되었으며, 산발적으로 일부 농가에서 자료를 수집하여 분석하고 있는 실정이다. 특히, 외국의 경우 착유실의 작업효율에 영향을 미치는 비유지속시간, 비유속도 등에 대한 연구가 그 동안 진행되어 종모우 평가에 비유속도를 포함시키고 있다 (Blöttner 등, 2011; Gray 등, 2011; Wiggans 등, 2007; Zwald 등, 2005). 젖소 관리에 필요한 시간은 두당 연간 50 80시간 정도이며, 이 중 대부분이 착유시간에 소요된다 (Schmidt 등, 1988). 그리고 비유속도와 비유지속시간은 착유실의 작업시간과 작업의 흐름 등에 영향을 미치고 유질에도 영향을 미친다고 보고되었다 (Blöttner 등, 2011, Zwald 등, 2005). 또한 Ahn 등 (2005)은 국내 비유시간과 비유속도, 비유량 및 작업효율은 밀접한 관계가 있으며, 젖소의 경제수명과 농가 소득에 커다란 영향을 미치고 있다고 보고하였다.

2011년 기준 국내 젖소사육두수, 403,689두에 대한 호당 사육두수는 66.5두 (DCIC, 2011)로 매년 꾸준히 증가하고 있는 점을 고려해 보면 비유속도의 중요성은 더욱 증가할 것이다. 그럼에도 불구하고 국내 젖소 검정체계에서는 비유속도 측정은 포함되어 있지 않으며, 젖소유전능력 평가 시 비유속도나 비유지속시간 등 비유속도형질은 고려되지 않고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 비유속도형질에 대한 유전모수를 추정함으로서 개량형질로서의 가능성을 분석하고 젖소개량목표 설정 시 기초자료를 제공하는데 있다.

[†] 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ907160)의 지원에 의해 이루어진 것임.
[1] (331-801) 충남 천안시 서북구 성환읍 신방1길 114, 농촌진흥청 국립축산과학원, 연구사.
[2] (456-749) 경기도 안성시 중앙로 327, 국립한경대학교 생명공학과, 교수.
[3] (456-749) 경기도 안성시 중앙로 327, 국립한경대학교 유전정보연구소, 전임연구원.
[4] 교신저자: (456-749) 경기도 안성시 중앙로 327, 국립한경대학교 유전정보연구소, 연구교수.
E-mail: doobalo@hknu.ac.kr

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구는 전라남도 나주시 일대 13개 검정농가에서 검정요원 입회하에 전자식유량계 (Lacto-Corder)를 이용하여 2011년 7월부터 2012년 12월까지 비유속도 자료를 수집하였으며, 각각의 젖소는 매달 1회 아침, 저녁 측정을 원칙으로 하였다. 수집된 자료중에서 표준편차x3.5 이상 또는 이하인 자료는 오류자료로 판단하여 원자료에서 제거하였다. 따라서 실제로 이용된 자료는 종모우 50두에 대한 280두의 젖소 기록 총 3,204개였으며, 젖소의 평균 나이는 48개월령이었다. 분석에 이용된 형질은 총착유량 (MGG), 착유개시 2분간 착유량 (2MG), 착유개시 3분간 착유량 (3MG), 순간최고유속 (HMF), 분당최고유속 (HMG), 주착유시간 분당평균유속 (DMHG)과 총착유시간 (tMGG)이었다. 그러나 총착유시간은 권장수치에 대한 단순비교를 위해 이용하였으며, 유전모수 추정 형질에는 포함시키지 않았다. 분석형질들에 대한 평균과 표준편차 및 용어설명은 Table 2.1에 제시하였다.

Table 2.1 Means, standard deviations (STD) and commentary for traits

Traits	Mean	STD	Commentary
MGG (kg)	15.80	4.97	Total amount milk
2MG (kg)	5.91	1.95	Amount of milk within the first two minute
3MG (kg)	8.97	2.73	Amount of milk within the first three minute
HMF (kg/min)	3.66	1.06	Highest milk flow(within 22 second)
HMG (kg/min)	3.57	1.04	Maximum milk flow in one minute
DMHG (kg/min)	2.43	0.72	Average milk flow in the main milking phase
tMGG (min)	8.14	2.71	Time of the total milking

2.2. 통계적 방법

비유속도형질들에 대한 분산성분을 추정하기 위한 통계적 모형은 다음과 같다.

$$y_{ijklmn} = \mu + hys_i + t_j + l_k + m_l + a_m + p_m + e_{ijklmn}$$

위에서, y_{ijklmn} = 비유속도형질들에 대한 관측치 (3,204개), μ = 전체 평균, hys_i = i번째 농가-분만연도-분만계절의 고정효과 (i =1, 2, $\cdots$, 106), t_j = j번째 착유시간대의 고정효과 (1=아침, 2=저녁), l_k = k번째 분만 후 30일 간격 비유일수의 고정효과 (k = 1, 2, $\cdots$, 12), m_l = l번째 월령군의 고정효과 (l = 1, 2, $\cdots$, 12), a_m = m번째 개체의 상가적 유전효과 (k = 1, 2, $\cdots$, 483), p_m = m번째 개체의 영구 환경효과 (k = 1, 2, $\cdots$, 280), e_{ijklmn} = 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 version 9.2 (SAS Institute Inc., 2008 참조)를 이용하였으며, 분산성분은 다형질 제한최대우도함수 (REML; restricted maximum likelihood)에 기반을 둔 VCE 6.0 프로그램 (Groeneveld 등, 2008)을 이용하여 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 비유속도 측정 및 권장수치 비교

비유속도는 전자식유량계의 시작버튼을 누름과 동시에 측정되며, 시작시의 유속은 우유의 흐름에 따라 측정이 시작된다. 3번의 연속적인 기록 간격 (3*2.8초)에 분당 200g의 유속이 초과되는 즉시 이전의 30초의 측정이 저장되고, 리코딩은 계속되며, 동시에 유속 디스플레이 상태로 바뀐다. 측정 시작시

점부터 유속이 분당 0.50g의 임계값에 도달하는 시점까지의 시간 (ts500), 증가단계시간 (tA), 증가단계의 정점부터 감소단계 정점까지의 안정단계시간 (tPL), 감소단계시간 (tAB), 주착유시간과 후착유시간사이의 과착유시간 (tMBG), 후착유시간 (tMNG)과 후착유단계와 마지막 측정시점까지의 과착유시간 (tMBG2)을 거쳐 총 착유시간이 측정된다. 이러한 시간 측정치와 유량을 이용하여 우유중 거품함량 (SPL), 순간최고유속 (HMF), 분당최고유속 (HMG)과 주착유시간 분당평균유속 (DMHG) 등이 산출되며, 자료의 측정 흐름에 대한 설명은 Figure 3.1에 나타내었다.

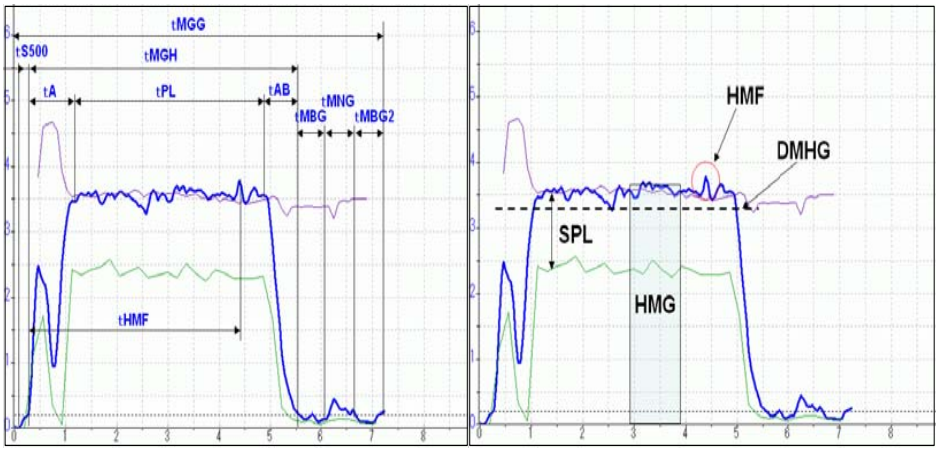

Figure 3.1 Data reading time (min) and calculating milk flow (kg/min)

국내 젖소 비유속도에 대한 평균치와 권장수치 (Lee 등, 2013)를 비교하여 Table 3.1에 제시하였다. 착유개시 2분이내의 평균 착유량 (2MG)은 5.91kg으로서 총 착유량 대비 37%였으며, 착유개시 3분 이내 평균 착유량 (3MG)은 8.97kg으로 총 착유량의 57%가 3분 이내에 비유되는 것으로 나타났다. 그러나 이들 각각의 권장수치 50%와 70%에 비하여 낮게 나타나 초반 착유개시 유량은 적은 것으로 조사되었다. 순간최고유속 (HMF), 주착유시평균유속 (DMHG)의 평균치는 각각 3.66kg/min, 2.43kg/min으로 나타났으며, 두 형질 모두 각각의 권장수치 4.0~5.0kg/min, 3.0~4.0kg/min보다 낮게 나타남으로써 두 형질의 비유속도는 대체로 느린 것으로 조사되었다. 또한 총 착유시간 (tMGG)의 평균은 8.14분으로 권장수치 6~7분에 비해 높게 나타남으로서 국내 젖소농가의 착유시간은 상대적으로 긴 것으로 조사되었다. 이러한 원인은 국내 젖소개량의 목표가 유량 및 유지방 등 생산형질에 중점을 두고 개량되어 온 반면, 유속형질의 개량은 상대적으로 미흡하였기 때문이라 생각된다. 반면 분당최고유속 (HMG)은 평균 3.57kg/min으로 나타나 권장수치에 적합한 것으로 조사되었다.

Table 3.1 Comparison of domestic data to recommended value

Traits	Recommended value	Domestic data	Comments
MGG (kg)	-	15.80kg	-
2MG (kg)	over 50% of total yields	5.91kg (37%)	Low
3MG (kg)	over 70% of total yields	8.97kg (57%)	Low
HMF (kg/min)	4.0 5.0kg/min	3.66kg/min	Low
HMG (kg/min)	3.5 4.5kg/min	3.57kg/min	Fit
DMHG (kg/min)	3.0 4.0kg/min	2.43kg/min	Low
tMGG (min)	6 7min	8.14min	High

3.2. 유전모수, 유전 및 표현형 상관

착유량 및 비유속도형질들에 대한 분산성분 및 유전모수를 추정하여 Table 3.2에 제시하였다. 착유량 관련 형질들의 유전력은 0.23∼0.38, 반복력은 0.55∼0.71의 범위를 나타내었다. 총착유량 (MGG)에 대한 유전력과 반복력은 각각 0.38과 0.55로 추정되었으며, Ahn 등 (2006)이 보고한 유전력 0.36과는 일치한 반면, Meyer와 Burnside (1987)이 보고한 유전력과 반복력 0.21과 0.42에 비해 약간 높게 추정되었으며, 이러한 결과는 분석모형 및 자료의 수에 따라 차이가 나타난 것으로 생각된다. 착유개시 2분간 착유량 (2MG)의 유전력은 0.26으로 Williams 등 (1984)이 보고한 0.25와 거의 일치하였으며, 착유개시 3분간 착유량 (3MG)의 유전력은 0.23으로 추정되었다.

비유속도 관련 형질들의 유전력은 중도 이상인 0.29∼0.35의 범위를 나타냄으로서 개량형질로의 가능성이 존재하였으며, 반복력의 범위도 0.66∼0.78로서 매우 높게 나타났다. 순간최고유속 (HMF)과 주착유시간 분당평균유속 (DMHG)의 유전력은 각각 0.35와 0.29였으며, Ahn 등 (2006)이 보고한 각각의 유전력 0.70과 0.58보다는 낮게 추정되었다. 이러한 원인은 분석모형의 차이로 나타날 수도 있지만 본 연구에서는 가장 최근에 개발된 전자식유량계를 이용하여 정확한 유속형질들을 측정하였기 때문에 분석자료에서 더 많은 차이가 야기된 것으로 생각된다. 한편, Gray 등 (2011)이 보고한 분당평균유속(DMHG)의 유전력 0.27과는 거의 일치하였으며, 분당최고유속 (HMG)의 유전력은 0.31로 추정되었다.

Table 3.2 Additive (σ_a^2), permanent environmental (σ_{pe}^2), residual (σ_e^2) variance components, genetic & phenotypic correlations, heritabilities (h^2) and repeatabilities (r) for milk yield and milk flow traits

Traits	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	$h^2 \pm SE$	r
MGG (kg)	11.2905	4.8157	13.3675	0.38 ± 0.12	0.55
2MG (kg)	1.0003	1.7745	1.1234	0.26 ± 0.09	0.71
3MG (kg)	1.8385	3.7696	2.4068	0.23 ± 0.06	0.70
HMF (kg/min)	0.3838	0.4821	0.2405	0.35 ± 0.09	0.78
HMG (kg/min)	0.3375	0.4914	0.2538	0.31 ± 0.08	0.77
DMHG (kg/min)	0.1595	0.1995	0.1857	0.29 ± 0.11	0.66

형질들간 유전 및 표현형상관은 모두 정의 상관을 나타내었으며, 이러한 결과는 국내외 보고와 일치하였다 (Ahn 등, 2006; Gray 등, 2011). 총착유량 (MGG)에 대한 유전 및 표현형 상관은 착유개시 2분간 착유량 (2MG)보다는 착유개시 3분간 착유량 (3MG)이 각각 0.574와 0.449로 더 높게 나타났다. 그리고 총착유량과 (MGG)과 주착유시간 분당평균유속 (DMHG)의 유전상관이 0.591로 가장 높았으며, 비유속도 관련 형질들 (HMF, HMG, DMHG)간의 유전상관은 0.889∼0.997로 매우 높게 나타났다.

Table 3.3 Genetic and phenotypic correlations among traits

Traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) MGG (kg)		0.318	0.449	0.286	0.316	0.454
(2) 2MG (kg)	0.280		0.958	0.936	0.944	0.843
(3) 3MG (kg)	0.574	0.919		0.911	0.931	0.884
(4) HMF (kg/min)	0.301	0.991	0.914		0.995	0.838
(5) HMG (kg/min)	0.352	0.993	0.941	0.997		0.854
(6) DMHG (kg/min)	0.591	0.882	0.989	0.889	0.917	

Upper triangle : phenotypic correlation, lower triangle : genetic correlation

4. 결론 및 토의

매년 젖소 농가의 평균 사육두수가 꾸준히 증가함에 따라서 착유관리에 소요되는 시간도 함께 증가되고 있기 때문에 작업효율은 매우 중요한 경제적 요소가 되고 있다. 또한 젖소 관리에 필요한 시간 중 대부분이 착유시간에 소요되고 있고 노동력, 전기료 및 장시간 사용에 따른 장비의 노후화를 고려하면 그 중요성은 더욱 증가할 것으로 생각된다. 따라서 착유실의 작업효율에 영향을 미치는 비유지속시간, 비유속도 등과 같은 유속형질들을 개량한다면 농가의 수익증대를 기대할 수 있다. 그러나 국내 젖소개량 시스템은 유량 및 유지방 등 생산형질에 중점을 두고 개량되어 온 반면, 유속형질에 대한 개량은 상대적으로 미흡하여 대부분의 유속형질들은 권장수치 보다 낮게 나타남으로서 국내 젖소의 비유속도는 외국에 비해 느린 것으로 조사되었다. 과거 유속형질을 측정하기 위해서 이를 측정할 수 있는 착유시설이나 착유기의 구비가 선행되어야 하는 어려움이 있었으나 국제 공인된 전자식유량계를 이용하면 착유시 배출되는 비유속도의 측정이 가능하다. 현재 국가사업으로 추진중인 유우군능력 검정사업에 비유속도를 측정할 수 있는 장비를 지원하는 방안이 마련되어야 하며 비유속도, 비유지속 등 기능형질들이 수집될 수 있는 시스템마련을 위한 제도적 뒷받침이 따라야 할 것으로 보인다. 본 연구 결과 비유속도에 대한 유전력이 0.29~0.35로 개량에 적합한 형질로 조사된 만큼 국내 국가단위 젖소유전능력평가 시 유속형질을 포함하고 이에 대한 개량지표를 설정하여 씨수소 선발에 활용해야 할 것으로 판단된다. 또한 국제유전평가에도 비유속도형질을 추가하여 한국형씨수소의 평가가 정확하게 이루어지도록 선발모형개발이 병행되어야 할 것으로 생각된다.

References

Ahn, B. S., Jeon, B. S., Baek, K. S., Park, S. J., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, S. B., Park, S. B., Kim, H. S., Ju, J. C. and Khan, M. A. (2005). The effects of various factors on milk yield and variation in milk yield between milking, milk components, milking duration, and milking flow rate in Holstein dairy cattle. *Korean Journal of Animal Science and Technology*, **47**, 919-924.

Ahn, B. S., Ju, J. C., Jeon, B. S., Park, S. J., Baek, K. S. and Park, S. B. (2006). Genetic parameters for milking duration, milk flow and milk yield per milking in Holstein dairy cattle. *Korean Journal of Animal Science and Technology*, **48**, 487-492.

Blöttner, S., Heins, B. J., Wensch-Dorendorf, M., Hansen, L. B. and Swalve, H. H. (2011). A comparison between purebred Holstein and Brown Swiss × Holstein cows for milk production, somatic cell score, milking speed, and udder measurements in the first 3 lactations. *Journal of Dairy Science*, **94**, 5212-5216.

DCIC. (2011). *Annual report of the performance test for Korean dairy cattle*, National Agricultural Cooperative Federation, Korea.

Gray, K. A., Vacirca, F., Bagnato, A., Samoré, A. B., Rossoni, A. and Maltecca, C. (2011). Genetic evaluations for measures of the milk-flow curve in the Italian Brown Swiss population. *Journal of Dairy Science*, **94**, 960-970.

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, Germany.

Meyer, K. and Burnside, E. B. (1987). Scope for a subjective assessment of milking speed. *Journal of Dairy Science*, **70**, 1061-1068.

Lee, J. H., Park, K. D, Lee, H. K. Lee, D. H., Choi, K. H. Yoon, H. B., Choy, Y. H. and Choi, T. J. (2013). *Application of the LactoCorder for performance test in dairy cattle*, 1st Ed., Hyundai P&D, Seoul.

SAS Institute Inc. (2008). *SAS/STAT 9.2 user's guide*, SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sewalem, A. Miglior, F. and Kistemaker, G. J. (2011). Genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science*, **94**, 512-516.

Schmidt, G. H., Van Vleck, L. D. and Hutjens, M. F. (1988). *Principles of dairy science*, 2nd Ed., W.H. Freeman.

Wiggans, G. R., Thornton, L. L. M., Neitzel, R. R. and Gengler, N. (2007). Genetic evaluation of milking speed for Brown Swiss dairy cattle in the United States. *Journal of Dairy Science*, **90**, 1021-1023.

Williams, C. B., Burnside, E. B. and Schaeffer, K. R. (1984). Genetic and environmental parameters of two field measures of milking speed. *Journal of Dairy Science*, **67**, 1273-1280.

Zwald, N. R., Weigel, K. A., Chang, Y. M., Welper, R. D. and Clay, J. S. (2005). Genetic evaluation of dairy sires for milking duration using electronically recorded milking times of their daughters. *Journal of Dairy Science*, **88**, 1192-1198.

Journal of the Korean Data & Information Science Society
2013, **24**(3), 487–493

http://dx.doi.org/10.7465/jkdi.2013.24.3.487
한국데이터정보과학회지

Estimation of genetic parameters for milk flow traits in Holstein dairy cattle[†]

Kwang-Hyun Cho[1] · Hak-Kyo Lee[2] · Joon-Ho Lee[3] · Kyung-Do Park[4]

[1]National Institute of Animal Science, RDA
[2]Biotechnology, Hankyong National University
[34]Genomic Informatics Center, Hankyong National University

Received 27 March 2013, revised 8 April 2013, accepted 24 April 2013

Abstract

This experiment was conducted to investigate the possibility that milking speed traits can be improved by estimating their genetic parameters and to provide basic information when the goals for dairy cattle improvement are established. The amount of milk within the first three minutes (3MG) was 8.97 Kg and 57% of total milk was produced within 3 minutes, but it was lower than that of the recommended level (70%). The highest milk flow (HMF) and average milk flow (DMHG) in the main milking phase were 3.66kg/min and 2.43kg/min, respectively, which were lower than those of the recommended levels (4.0 5.0kg/min and 3.0 4.0kg/min), suggesting slower milking speed of domestic dairy cattle compared to that of foreign dairy cattle. The heritability estimates on the highest milk flow (HMF), maximum milk flow (HMG) in one minute and average milk flow (DMHG) in the main milking phase were 0.35, 0.31 and 0.29, respectively, which are suitable for the improvement of traits with medium heritability. The genetic correlation between total milk yields (MGG) and average milk flow (DMHG) in the main milking phase was 0.591, while the genetic correlations among milking speed traits including the highest milk flow (HMF), maximum milk flow (HMG) in one minute and average milk flow (DMHG) in the main milking phase were in the range of 0.889 0.997.

Keywords: Genetic correlation, heritability, milk flow, repeatability.

[†] This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ907160)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

[1] Junior researcher, National Institute of Animal Science, RDA, Chungnam 330-801, Korea.
[2] Professor, Biotechnology, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea.
[3] Researcher, Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea.
[4] Corresponding author: Research professor, Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea. E-mail: doobalo@hknu.ac.kr