

고온스트레스 및 다양한 환경효과에 따른 지역별 국내 홀스타인 젖소의 유량 및 유성분 변화 추이 연구

장승호^{1,3}, 성필남², 여준모³, 김동욱⁴, 조광현^{3*}

¹전북대학교 대학원 축산학과, ²국립축산과학원 축산생명환경부 영양생리팀,
³국립한국농수산대학교 낙농학과, ⁴국립한국농수산대학교 가금학과

A Study on Changes in Lactating Performance of Korean Holstein Cows by Region on Heat-stress and Various Environmental Effects

Seungho Jang^{1,3}, Pilnam Seong², Joon-Mo Yeo³, Dong-Wook Kim⁴, Kwanghyun Cho^{3*}

¹Department of Animal Science, Jeonbuk National University

²Animal Nutrition & Physiology Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

³Department of Dairy Science, Korea National University of Agriculture & Fisheries

⁴Department of Poultry Science, Korea National University of Agriculture & Fisheries

요약 본 연구는 2016년부터 2020년까지 수집된 국내 홀스타인 젖소의 검정자료 및 종관 기상관측 장비(ASOS, Automated Synoptic Observing System)의 자료를 수집하였으며, 이상치를 제외한, 5,197,666두를 분석에 이용하였다. 자료분석은 Statistical Analysis System (SAS) 9.4 software를 사용하였고, 유량 및 유성분과 산차, 고온스트레스, 비유단계, 검정계절, 검정연도 및 지역의 효과를 추정하였다. 유량 및 유성분에 대한 분산분석을 실시한 결과 환경요인들과 유의적인 차이를 보였다($p < 0.0001$). 고온스트레스로 인해 유량의 저하가 나타났고, 지역별로 온습도지수(THI, Temperature Humidity Index)가 달랐으며, 이에 따른 유량 및 유성분의 변화가 나타났다. 적온기와 고온기의 유량 및 유성분 차이가 나타났다. 특히, 경남과 경북 지역이 고온스트레스의 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며, 충청 지역이 상대적으로 고온스트레스의 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 본 연구 결과로 미루어 볼 때, 지역에 따른 고온스트레스의 영향은 다르며, 고온스트레스에 의한 젖소의 영향을 최소화하고, 이들의 기초연구와 함께 유전적 특성을 구명하는 등 더 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

Abstract This study examines the test data of Holstein cows and ASOS (Automated Synoptic Observing System) collected from 2016 to 2020. Totally, 5,197,666 cows (excluding outliers) were included in the analysis. The Statistical Analysis System (SAS) 9.4 software was used for data analysis, and the effects of lactating performance, parity, heat-stress, lactation stage, test season, test year, and region were evaluated. As determined by ANOVA, a significant difference was observed for lactating performance with environmental factors ($p < 0.0001$). Decreased milk yield was obtained due to heat-stress. Moreover, the THI (Temperature Humidity Index) varied for each region, and accordingly, there was a change in the lactating performance. A difference in lactating performance was obtained between the right thermal-neutral period and high-temperature periods. In particular, the Gyeongnam and Gyeongbuk regions were found to be highly affected by heat-stress, whereas the Chungcheong regions were relatively less affected. The results of this study indicate that the effects of heat-stress depend on the region. More studies are required to help minimize the impact of heat-stress on Holstein cows, and investigate genetic characteristics along with basic studies.

Keywords : Climate Change, Heat-Stress, Holstein Dairy Cow, Korea, Milk Yield, Temperature Humidity Index

본 연구는 농촌진흥청 연구사업 (세부과제번호: PJ01494504)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Kwanghyun Cho(Department of Dairy Science, Korea National University of Agriculture & Fisheries)
email: ckh1219@korea.kr

Received November 4, 2022

Revised December 1, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

1. 서론

현대 사회는 과학기술의 발달로 눈부신 변화를 이뤄냈다. 하지만 그 결과 온실가스의 축적, 사막화, 미세플라스틱 오염 등 지구의 환경을 파괴하고 있다. 특히 온실가스 축적으로 인해 지난 2021년 지구의 연평균 기온은 산업혁명 이전(1850 ~ 1900년)의 평균보다 1.11 ± 0.13 °C 더 높았다[1]. 국내 기후 역시 온난화의 가속화가 진행되고 있으며, 지난 100년간 평균기온이 1.8 °C 이상 상승하였다[2]. 2021년 우리나라의 연평균 기온은 13.3 °C로 평년대비 0.8 °C 높았고, 1973년 이후 두 번째(1위, 2016년 13.6 °C)로 높았던 것으로 나타났다. 이렇듯 지구의 기온은 수백년간 가장 큰 폭으로 상승하고 있는 추세이며, 기후변화가 진행됨에 따라 고온스트레스로 인한 국내 낙농산업 발전에 부정적인 영향이 나타날 것으로 전망된다.

젖소의 생산성은 스트레스를 받지 않고 정상적인 생리 활동을 했을 때, 최대로 발휘할 수 있다. 스트레스란 한 개체가 직면하는 문제들을 해결할 수 없을 때 생기는 일종의 불쾌한 신체 반응으로 정의 할 수 있다[3]. 스트레스는 크게 3가지로 분류할 수 있으며, 감염에 의한 생물학적 스트레스, 만성 생활스트레스 및 극저온이나 고온 노출에 의한 급성의 지속적 스트레스가 있다[4]. 젖소는 주변온도, 습도, 바람 및 일조량 등으로 인해 생산성이 민감하게 변화한다[5,6]. 특히 우리나라에서 사육되는 대부분의 젖소는 홀스타인종으로 추위에는 비교적 강한 반면 더위에는 취약한 특성을 가지고 있어, 고온스트레스에 의한 영향을 많이 받는다[7]. 고온스트레스로 인해 젖소에 나타나는 문제점으로 사료섭취량 저하, 수태율, 산유량 및 유질의 감소가 있으며, 결과적으로 생산비의 증가와 수입이 감소하게 된다. 그러나 고온스트레스는 온도에 의해서만 발생하는 것이 아닌 상대습도, 일조량, 풍속, 강우량 등 복합적인 환경요소들의 상호작용에 의해 발생된다[8-11]. 이러한 이유로 젖소가 받게 될 스트레스의 정도를 예측하고 기후조건에 의한 스트레스 정도를 수치화하여 나타내는 방법으로 온습도지수(THI, Temperature Humidity Index 이하 THI)를 사용하며, 이를 이용해 젖소의 고온스트레스를 추정하기 위해서 THI가 사용되고 있다[12,13]. 국내의 경우 기후변화에 따른 온난화가 진행되고 있음에도 불구하고 지역별 젖소 생산성에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 기후변화에 따른 국내 지역별 젖소의 생산성 변화를 조사하여, 우리나라 젖소 의 기초연구에 활용하고

자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

분석자료는 농협 젖소개량사업소로부터 2016년부터 2020년까지의 6,011,160개의 검정자료를 사용하였다. 기상 자료는 기압, 기온, 풍속 및 상대습도 등 14개의 요소를 측정할 수 있는 종관기상관측 장비(ASOS, Automated Synoptic Observing System)의 자료를 사용하였으며, 전국 70개 시, 군 농가의 자료를 활용하였으며, 해당농가의 검정 일자와 맞춘 최고온도 및 습도자료를 THI로 변환하여 분석을 실시하였다. 젖소의 개체별 검정자료는 검정년도와 검정월을 이용하여 분석하였고, 검정일 유량이 5 kg 이하이며 120 kg 이상인 개체는 삭제하였으며, 산차와 누 적유량이 미상인 개체와 10산차 초과인 개체 및 누적 착유일수가 400일을 초과하는 개체는 제외하고 분석을 진행하였다. 검정년도별 자료의 구성은 2016년 11.6 %, 2017년 22.1 %, 2018년 23.1 %, 2019년 22.4 %, 2020년 20.8 %의 빈도로 구성되어 있으며, 검정월별로는 5 % ~ 9 %의 빈도로 구성되어 있는 자료를 이용하였다. 최종적으로 최고습도와 병합되는 5,197,666개의 자료를 이용하였으며, 기초통계량은 Table 1과 같다. 스트레스 지수는 쾌적(THI 71 이하), 경증(THI 72 ~ 79), 중등도(THI 80 ~ 89) 및 중증(THI 90 이상)의 4단계로 구분하여 스트레스 지수를 그룹화 하였다[14]. 계절 및 년도는 검정 당시의 계절과 년도를 그룹화 하였으며, 비

Table 1. Basic statistics for the traits in Holstein dairy cow

Traits	Mean \pm SD N = 5,197,666
Parity	2.42 \pm 1.52
Milk day	178.75 \pm 106.68
Milk (kg/day)	32.96 \pm 9.11
Fat (%)	4.01 \pm 0.85
Protein (%)	3.30 \pm 0.36
SNFP (%)	8.88 \pm 0.49
Average temperature	13.45 \pm 10.13
Maximum temperature	19.30 \pm 10.08
Humidity	69.45 \pm 15.10
Average THI	57.26 \pm 14.91
Maximum THI	65.89 \pm 15.03

유단계는 초기(70일 이하), 중기(70 ~ 140일), 후기(140 ~ 305일) 및 말기(305일 초과)를 그룹화하였다.

THI는 NRC (1971)[15]의 가축 온습도지수 예측 모형을 이용하였으며, 그 식은 Eq. (1)과 같다.

$$THI = \frac{(1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times H) \times (1.8 \times T - 26.8)]}{(1.8 \times T - 26.8)} \quad (1)$$

Where, T denotes temperature, H denotes humidity

여기서, THI는 온습도지수, T는 해당 지역의 검정일 최고온도(°C), H는 해당지역의 검정일의 평균 상대습도(%)이다.

2.2 통계분석

모형식을 설정하기에 앞서 자료를 비교하기 위해 일원 분산 분석(ANOVA)을 수행하였다. 그룹 간의 비교를 위해 Duncan의 다중 비교 방법을 통하여 분석하였다. 각 환경효과에 따른 일일 유량, 유단백(%) 및 유지방(%)의 차이를 추정하기 위해 다음과 같은 통계모형을 설정하여 각각 분석하였으며, 그 식은 Eq. (2)와 Eq. (3)과 같다.

$$H_0 : LSM(i) = LSM(j) \quad (2)$$

여기에서, $LSM(i(j))$: $i(j)$ 번째 효과의 최소자승평균치($i \neq j$)이다.

$$Y_{ijklmn} = H_i + Y_j + P_k + ST_l + S_m + LS_n + e_{ijklmn} \quad (3)$$

여기에서,

Y_{ijkl} = 비유기내 검정일로 수집된 각각 유량 및유성분

H_i = i 번째 지역의 효과($i = 1 \sim 13$)

Y_j = j 번째 검정년도의 효과($j = 1 \sim 5$)

P_k = k 번째 산차의 효과($k = 1 \sim 10$)

ST_l = l 번째 스트레스 수준의 효과($l = 1 \sim 4$)

S_m = m 번째 검정계절의 효과($m = 1 \sim 4$)

LS_n = n 번째 비유단계의 효과($n = 1 \sim 4$)

e_{ijklmn} = 각 측정치의 임의의 오차

통계분석은 Statistical Analysis System (SAS) 9.4 software (SAS, Cary, USA)를 이용하였으며, PROC GLM 절차에서 제공되는 4가지 제곱합 중 TYPE III 제곱합을 이용하였다. 최소자승평균치[16] 간의 유의성을 검정을 위해 다음과 같은 귀무가설을 유의수준 5%로 각 형질에 대한 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기초 기상자료 분석

우리나라의 2016년도 및 2020년도의 고온기(6월 ~ 8월) 평균 일일유량의 변화는 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 분석결과 2016년도는 평균 일일유량이 29 ~ 33 kg, 2020년도는 평균 일일유량이 37 ~ 41 kg으로 약 8 kg 정도 높아졌다. 우리나라의 평균 일일유량은 7월에서 8월로 갈수록 평균 일일유량이 약 4 kg 정도 감소하였으며, 2016년도와 2020년도 여름의 평균 일일유량의 변화 추세는 비슷하였다. 특히 경기 및 경북 일부 지역에서 평균 일일유량이 감소한 것으로 나타났으며, 두 지역이 다른 지역에 비해 여름철 기온이 높았기 때문에 일일유량이 감소한 것으로 사료된다. 위 결과로 보아 국내 젖소는 고온기에 고온스트레스에 노출이 많이 되는 것으로 판단된다.

1산차와 3산차의 계절에 따른 THI 변화 추이는 Fig. 3과 같다. 젖소 홀스타인종의 유량과 유단백율은 1산차에서는 낮은 반면, 유지율은 1산차에서 높으며, 2산차 이후 산차는 유량은 증가하나, 유지율은 낮은 것으로 보고되고 있다[17]. 이러한 이유로 Fig. 3에서는 유량이 적은 시기인 1산차와 유량이 많은 시기인 3산차를 비교하였다. 1산차와 3산차에서 유량이 최고치에 도달한 후, 비유일수가 지날수록 유량이 떨어지는 것으로 나타났으며, 1산차가 3산차에 비해 평균 유량이 전체적으로 적은 것으로 나타났다. 1산차와 3산차 모두 계절에 따라서 THI가 비슷한 양상을 나타냈다. 두 산차 모두 고온기인 여름에 THI가 80 ~ 90으로 스트레스가 중증도 수준으로 나타났다. 적온기인 봄과 가을에는 THI가 60 ~ 70으로 쾌적한 것으로 나타났다. 겨울에는 THI가 40 ~ 50으로 낮게 나타났으며, 고온기와 대조되는 것으로 나타났다.

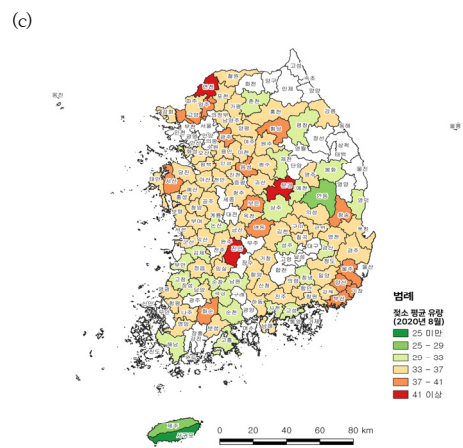
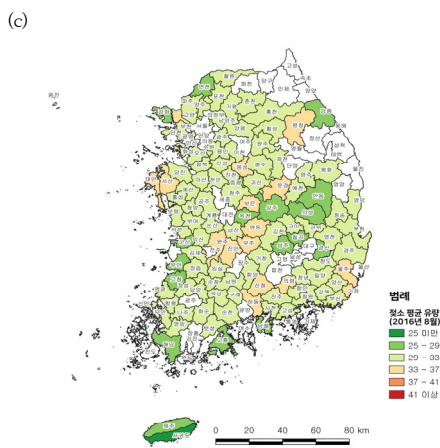
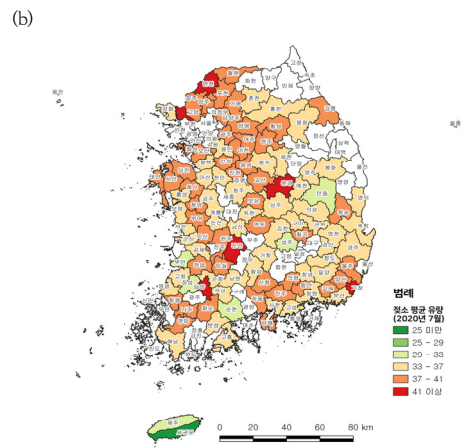
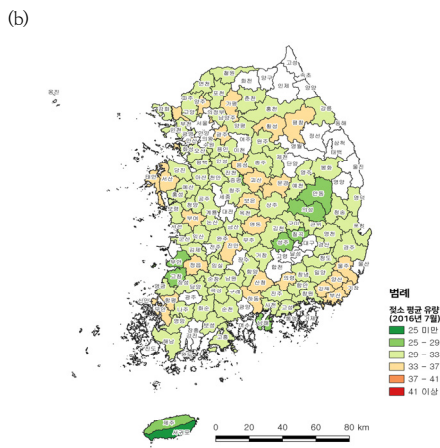
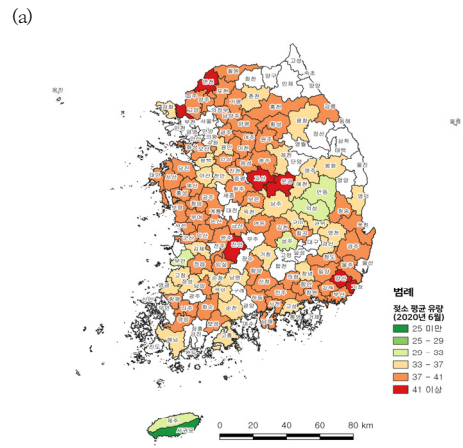
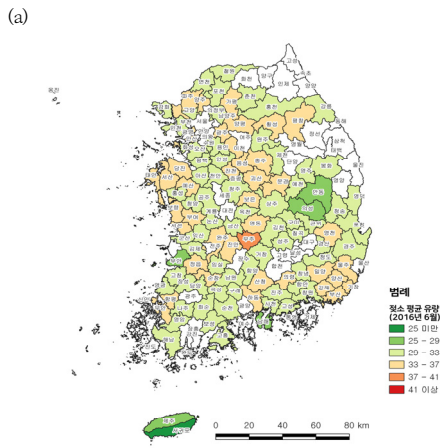


Fig. 1. Changes in milk average by region in summer in Korea in 2016.
 (a) Jun. (b) Jul. (c) Aug.

Fig. 2. Changes in milk average by region in summer in Korea in 2020.
 (a) Jun. (b) Jul. (c) Aug.

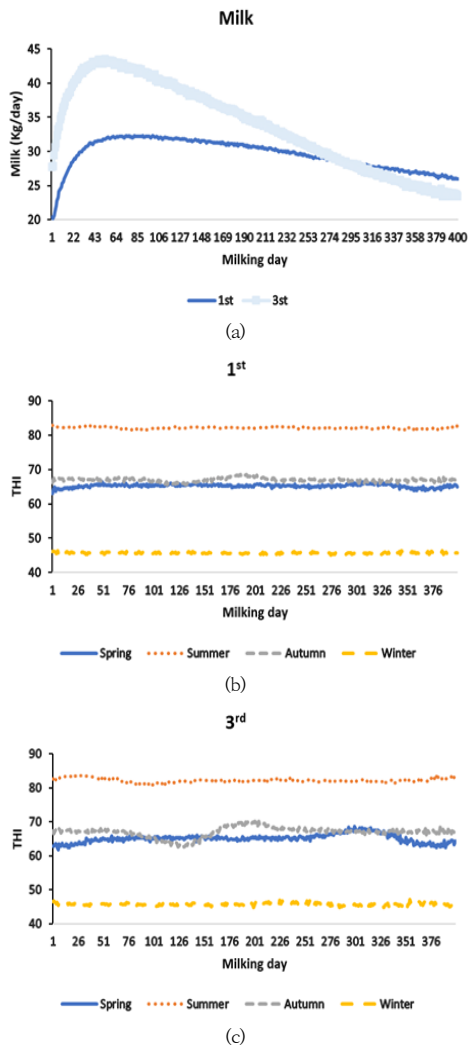


Fig. 3. Comparison of 1st and 3rd parity traits on the number of milking days. (a) Comparison of milk between the 1st and 3rd parity on the number of milking days. (b) Comparison of THI by season on the number of milking days in 1st parity. (c) Comparison of THI by season on the number of milking days in 3rd parity.

3.2 고온스트레스 및 다양한 환경요인에 따른 유량 및 유성분 변화

본 연구에서 조사된 산차, 스트레스 지수, 계절, 비유 단계, 검정연도 및 지역의 효과가 유성분에 미치는 영향을 알아보기 위해 분석한 최소자승평균 및 표준오차는 Table 2와 같다. 모든 환경요인들은 유성분과 유의적인 차이($p < 0.001$)를 나타냈다.

스트레스 정도에 따른 일일유량의 최소자승평균을 분석한 결과(Fig. 4), 스트레스 정도가 증가할수록 유량이 감소하는 추세를 나타냈다. 이는 THI가 증가함에 따라 산유량 및 유성분이 모두 감소하는 선행연구 결과와 일치하였다[11,18,19].

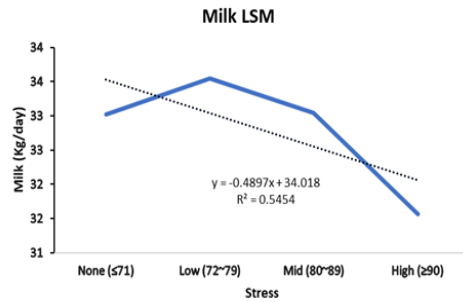


Fig. 4. Milk changes on stress levels ($p < 0.0001$).

Table 2. Least square means and standard error for milking characteristics and environmental effects

Traits	Lactating performance*			
	Milk (kg/day)	Protein (%)	Fat (%)	
Parity	1 st	29.57±0.01 ^l	3.25±0.00 ^b	3.96±0.00 ^a
	2 nd	33.24±0.01 ^e	3.28±0.00 ^a	3.94±0.00 ^b
	3 rd	34.60±0.01 ^c	3.24±0.00 ^c	3.92±0.00 ^c
	4 th	34.99±0.02 ^a	3.21±0.00 ^d	3.90±0.00 ^d
	5 th	34.72±0.02 ^b	3.20±0.00 ^e	3.89±0.00 ^e
	6 th	34.05±0.02 ^d	3.18±0.00 ^f	3.88±0.00 ^e
	7 th	33.23±0.03 ^e	3.17±0.00 ^f	3.87±0.00 ^e
	8 th	32.19±0.05 ^f	3.17±0.00 ^f	3.88±0.01 ^e
	9 th	31.10±0.08 ^g	3.17±0.00 ^g	3.89±0.01 ^{de}
	10 th	30.25±0.14 ^h	3.14±0.01 ^h	3.84±0.01 ^f
Stress	None	33.03±0.02 ^b	3.30±0.00 ^a	4.03±0.00 ^a
	Low	33.55±0.02 ^a	3.20±0.00 ^b	3.88±0.00 ^b
	Mid	33.04±0.02 ^b	3.17±0.00 ^c	3.85±0.00 ^c
	High	31.56±0.03 ^c	3.13±0.00 ^d	3.82±0.00 ^d
Lactation stage	≤ 70	33.39±0.02 ^a	3.15±0.00 ^c	3.85±0.00 ^c
	70 ~ 140	32.96±0.02 ^b	3.14±0.00 ^d	3.81±0.00 ^d
	141 ~ 305	32.35±0.02 ^d	3.24±0.00 ^b	3.92±0.00 ^b
	305 <	32.48±0.02 ^c	3.28±0.00 ^a	4.01±0.00 ^a
Season	Spring	36.47±0.02 ^b	3.02±0.00 ^d	3.85±0.00 ^c
	Summer	37.00±0.02 ^a	3.05±0.00 ^c	3.66±0.00 ^d
	Autumn	31.66±0.02 ^c	3.27±0.00 ^b	3.92±0.00 ^b
	Winter	26.05±0.02 ^d	3.46±0.00 ^a	4.15±0.00 ^a
Test year	2016	32.66±0.02 ^c	3.18±0.00 ^d	3.81±0.00 ^d
	2017	32.78±0.02 ^b	3.20±0.00 ^b	3.90±0.00 ^c
	2018	32.64±0.02 ^c	3.21±0.00 ^a	3.90±0.00 ^c
	2019	32.80±0.02 ^b	3.21±0.00 ^a	3.93±0.00 ^b
	2020	33.08±0.02 ^a	3.20±0.00 ^c	3.95±0.00 ^a

	Gangwon	33.14±0.02 ^e	3.22±0.00 ^a	3.87±0.00 ⁱ
	Gyeonggi	33.32±0.02 ^d	3.21±0.00 ^b	3.88±0.00 ^h
	Gyeongnam	32.79±0.03 ^f	3.20±0.00 ^c	3.92±0.00 ^d
	Gyeongbuk	32.08±0.02 ^h	3.21±0.00 ^b	3.94±0.00 ^c
	Gwangju	32.59±0.03 ^g	3.21±0.00 ^b	3.87±0.00 ⁱ
	Busan	34.86±0.09 ^b	3.22±0.00 ^{ab}	3.78±0.01 ^k
District	Ulsan	35.42±0.07 ^a	3.21±0.00 ^b	3.82±0.01 ^j
	Incheon	33.90±0.03 ^e	3.20±0.00 ^d	3.91±0.00 ^h
	Jeonnam	31.92±0.03 ⁱ	3.21±0.00 ^b	3.92±0.00 ^{ef}
	Jeonbuk	31.77±0.02 ^j	3.21±0.00 ^b	3.92±0.00 ^e
	Jeju	28.58±0.04 ^k	3.14±0.00 ^f	3.97±0.00 ^a
	Chungnam	33.35±0.02 ^d	3.20±0.00 ^d	3.91±0.00 ^{fs}
	Chungbuk	32.60±0.02 ^g	3.18±0.00 ^e	3.95±0.00 ^b

Least square means with different superscripts in the same row are different significantly ($p < 0.0001$).

우리나라 지역별 THI의 최소자승평균 추세는 Fig. 5와 같다. THI는 강원, 인천 및 충남 지역이 약 72로 타지역에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.0001$). 가장 높은 THI를 나타낸 지역은 부산이며, THI는 약 76으로 나타났으며, 부산, 울산, 제주, 경남 및 경북 순으로 THI가 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.0001$). 이를 통해 우리나라의 남부 지역의 THI가 상대적으로 다른 지역에 비해 높은 것으로 나타나 남부 지역의 젖소가 고온스트레스에 노출이 심할 것으로 예상된다. 따라서 우리나라 남부 지역의 농가에서 고온으로 인한 젖소의 생산성 감소로 농가소득의 감소로 이어질 것으로 사료된다.

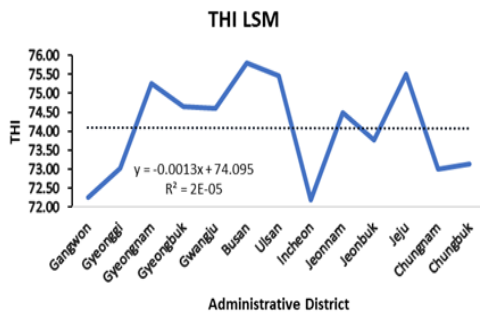


Fig. 5. Changes in THI by region in Korea ($p < 0.0001$).

우리나라 지역별 유량 및 유성분의 최소자승평균 추세는 Fig. 6과 같다. 분석 결과 경남과 경북 지역의 유량이 약 32 kg으로 타지역에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며

($p < 0.0001$), 앞의 우리나라의 지역별 THI 분석 결과와 비교했을 때, 경남과 경북 지역의 THI가 비교적 높은 것으로 보아 THI가 유량 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다[8-11]. 반면에 충남과 충북 지역의 유량은 약 33 kg으로 타지역에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$), 우리나라의 지역별 THI 분석 결과에서 두 지역의 THI가 낮은 것으로 보아 THI의 영향을 적게 받아 유량이 다른 지역에 비해 높게 나타난 것으로 사료된다. 특히, 제주 지역의 유량이 약 29 kg으로 타지역에 비해 유의적으로 낮게 나타났는데($p < 0.0001$), THI의 영향을 받아 유량이 감소함과 더불어 제주 지역의 젖소 개체 수와도 연관이 있을 것으로 예상된다.

유단백의 경우 전북 지역의 유단백이 약 3.22 %로 타지역에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$), 경남과 제주 지역의 유단백이 약 3.15 %로 타지역에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.0001$). 앞의 우리나라의 지역별 THI 분석 결과로 보아, THI의 영향을 받아 유단백이 감소한 것으로 사료된다. 반면에 충남 지역의 유단백은 약 3.20 %로 타지역에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$), 우리나라의 지역별 THI 분석 결과에서 충남 지역의 THI가 낮은 것으로 보아 THI의 영향을 적게 받아 유단백이 다른 지역에 비해 높게 나타난 것으로 판단된다.

유지방의 경우 제주, 충북 및 경북 지역이 약 3.95 %로 타지역에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$), 부산과 울산 지역의 유지방이 약 3.80 %로 타지역에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.0001$). 앞선 우리나라의 지역별 THI 분석 결과에 비교했을 때, 두 지역의 유지방은 THI의 영향을 받아 낮게 나타난 것으로 사료된다.

우리나라 지역에 따른 적온기 및 고온기 유량 및 유성분의 최소자승평균 추세는 Fig. 7과 같다. 적온기는 봄, 고온기는 여름으로 하여 분석을 진행하였다. 분석 결과 유량, 유단백 및 유지방 모두 적온기에 비해 고온기에 모두 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.0001$). 유량의 경우 부산, 울산 및 인천 지역에서 적온기와 고온기 모두 타지역 보다 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$), 유량은 타지역에 비해 2 ~ 3 kg 정도 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.0001$). 반면에 제주 지역의 경우 적온기와 고온기의 유량 차이가 약 3 kg 정도 차이났으며, 타지역에 비해 유량이 가장 적게 나타났다.

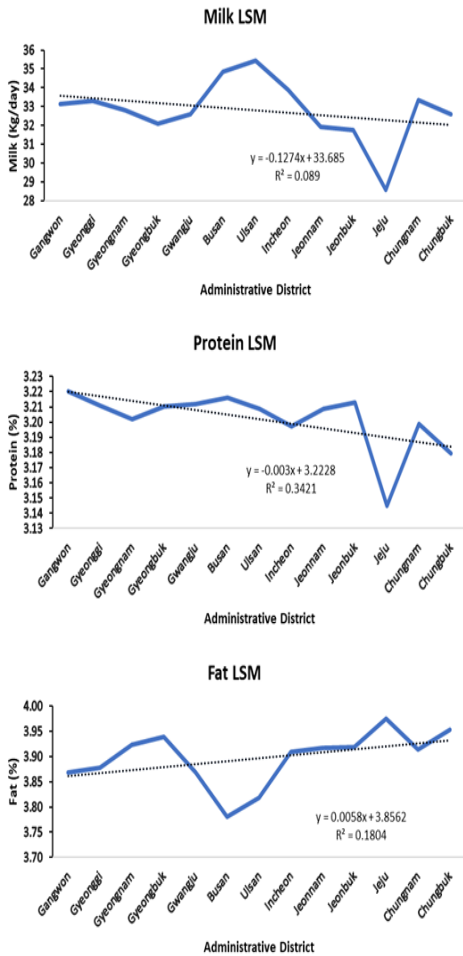


Fig. 6. Changes in milk and milk characteristics by region in Korea ($p < 0.0001$).

유단백의 경우 강원과 경기 지역의 적온기와 고온기의 유단백 차이가 약 0.09 % 정도 차이 났으며, 제주 지역의 경우 적온기와 고온기 모두 유단백이 타지역에 비해 가장 적게 나타났다.

유지방의 경우 제주, 경남 및 경북 지역의 유지방이 약 3.9 %로 타지역보다 높게 나타났다. 광주 지역의 적온기와 고온기의 유지방 차이가 약 0.15 % 정도 차이 났다.

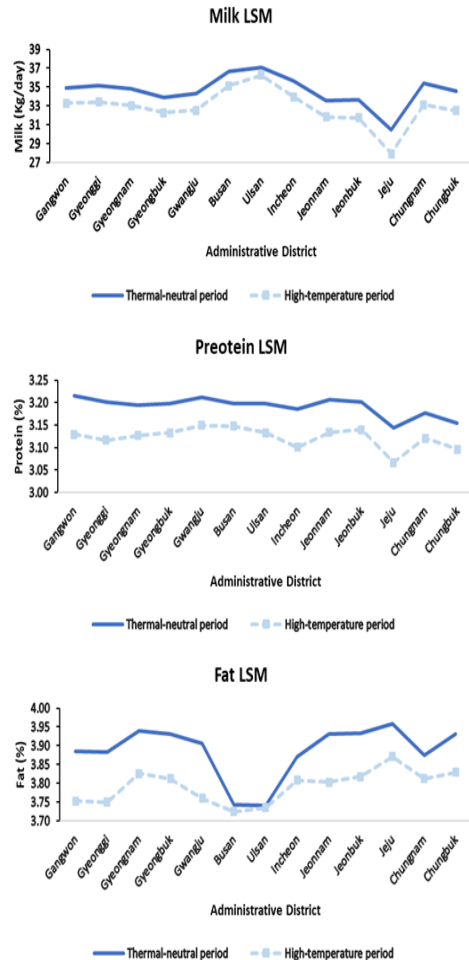


Fig. 7. Changes in lactation performance by region in the thermal neutral period and high temperature period ($p < 0.0001$).

4. 결론

본 연구에서는 고온 스트레스와 다양한 환경효과(산차, 고온스트레스, 비유단계, 검정계절, 검정연도 및 지역)에 대한 지역별 국내 홀스타인 젖소의 유량 및 유성분의 변화를 제시하였다. 현재 국제 사회는 지구 온난화로 인한 기후변화가 문제되고 있다. 따라서 국내 낙농산업에서 젖소의 고온스트레스는 부정적인 영향을 미칠 것으로 전망된다. 이런 문제를 해결하고자 기후변화와 관련된 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 고온스트레스에 대한 우리나라 지역별 국내 연구는 매우 미흡한 실정이다.

다. 이러한 근거로 본 연구는 우리나라의 지역별 홀스타인 젖소의 유량 및 유성분에 영향을 미치는 다양한 환경요인의 최소자승평균 및 기초자료를 제시하였으며, 추후 더 정확한 보정방법 및 농장 내 온습도계 설치 등의 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] R. P. Allan, E. Hawkins, N. Bellouin, B. Collins, "IPCC, 2021: summary for Policymakers", pp.6-7, 2021.
- [2] Korea Meteorological Administration 2020. Korean Climate Change Assessment Report 2020. Korea Meteorological Administration, Sejong, Korea.
- [3] H. J. Cho, S. D. Choi, O. Y. Lee, D. Y. Cho, B. Y. Yu, "Association between body mass index and the BEFSI-K score of the adolescent in an urban area", *Korean Journal of Family Medicine*, Vol.22, No.5, pp.698-707, 2001.
- [4] D. S. Kim, Y. S. Chung, S. K. Park, "Relationship between the stress hormone, salivary cortisol level and stress score by self-report measurement", *Korean Journal of Health Psychology*, Vol.9, No.3, pp.633-645, 2004.
- [5] V. Gantner, P. Mijić, K. Kuterovac, D. Solić, R. Gantner. "Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle", *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, Vol.61, No.1, pp.56-63, 2011.
- [6] T. T. Nguyen, P. J. Bowman, M. Haile-Mariam, J. E. Pryce, B. J. Hayes, "Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle", *Journal of Dairy Science*, Vol.99, No.4, pp.2849-2862, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9685>
- [7] P. Atrian, H. A. Shahryar, "Heat stress in dairy cows (a review)", *Research in Zoology*, Vol.2 No.4, pp.31-37, 2012.
- [8] J. Bohmanova, I. Misztal, J. B. Cole, "Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress", *Journal of Dairy Science*, Vol.90, No.4, pp.1947-1956, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>
- [9] M. Zhou, A. J. A. Aarnink, T. T. T. Huynh, I. D. E. Van Dixhoorn, P. G. Koerkamp, "Effects of increasing air temperature on physiological and productive responses of dairy cows at different relative humidity and air velocity levels", *Journal of Dairy Science*, Vol.105 No.2, pp.1701-1716, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21164>
- [10] O. Ravagnolo, I. Misztal, "Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation", *Journal of Dairy Science*, Vol.83, No.9, pp.2126-2130, 2000. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75095-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75095-8)
- [11] R. Bouraoui, M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali, R. Belyea, "The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate", *Animal Research*, Vol.51, No.6, pp.479-491, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>
- [12] A. Berman, "Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows", *Journal of Animal Science*, Vol.83, No.6, pp.1377-1384, 2005. DOI: <https://doi.org/10.2527/2005.8361377x>
- [13] R. E. McDowell, N. W. Hooven J. K. Camoens, "Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation", *Journal of Dairy Science*, Vol.59, No.5, pp.965-973, 1976. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84305-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84305-6)
- [14] A. Akyuz, S. Boyaci, A. Cayli, "Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index", *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Vol.9, No.13, pp.1824-1827, 2010.
- [15] NRC, Nutrient requirements of swine. 11th Ed. National Academy Press: Washington, DC: 2012.
- [16] W. R. Harvey, Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. 1979, USDA ARS Publishers, pp.20-8.
- [17] M. M. Schutz, L. B. Hansen, R. Steuernagel, K. J. Reneau, A. L. Kuck, "Genetic parameters for somatic cells, protein, and fat in milk of Holsteins", *Journal of Dairy Science*, Vol.3, No.2, pp.494-502, 1990. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78697-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78697-3)
- [18] O. Ravagnolo, I. Misztal, "Studies on genetics of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis", *Journal of Dairy Science*, Vol.85, No.6, pp.1586-1589, 2002. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74228-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74228-8)
- [19] I. J. Yang, K. W. Han, H. B. Yoon, J. H. Lee, W. J. Lee, S. G. Jeon, J. W. Kim, "Effect of meteorological condition and temperature humidity index (THI) on milk quality of Holstein cow", *Journal of Agriculture & Life Science*, Vol.47, No.1, pp.155-166, 2013. DOI: <https://doi.org/10.14397/jals.2013.47.6.155>

장 승 호(Seungho Jang)

[정회원]



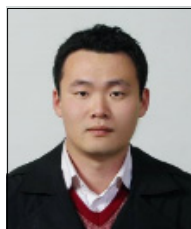
- 2021년 2월 : 전북대학교 대학원 축산학과 (농학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 축산학과 박사과정

<관심분야>

반추동물영양생리, 육종

김 동 욱(Dong-Wook Kim)

[정회원]



- 2005년 8월 : 건국대학교 축산학과 (농학석사)
- 2009년 8월 : 건국대학교 축산학과 (농학박사)
- 2010년 4월 ~ 2018년 7월 : 국립 축산과학원 및 농촌진흥청 농업연구사
- 2018년 8월 ~ 현재 : 국립한국농수산대학교 가금학과 교수

<관심분야>

가금, 사료영양

성 필 남(Pilnam Seong)

[정회원]



- 1995년 2월 : 경상대학교 대학원 축산학과 (농학석사)
- 2009년 2월 : 경상대학교 대학원 축산학과 (농학박사)
- 2002년 10월 ~ 2016년 12월 : 국립축산과학원 농업연구사
- 2017년 1월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

식육과학

조 광 현(Kwanghyun Cho)

[정회원]



- 1995년 2월 : 건국대학교 축산학과 (농학석사)
- 2004년 2월 : 건국대학교 축산학과 (농학박사)
- 2013년 3월 ~ 2017년 7월 : 국립 축산과학원 농업연구사
- 2017년 7월 ~ 현재 : 국립한국농수산대학교 낙농학과 교수

<관심분야>

낙농, 육종

여 준 모(Joon-Mo Yeo)

[정회원]



- 2002년 2월 : University of Glasgow (UK) (농학박사)
- 1997년 3월 : Hannah Research Institute (UK) 연구원
- 2005년 7월 : 축산연구소 낙농과 박사후연구원
- 2005년 7월 ~ 현재 : 국립한국농수산대학교 낙농학과 교수

<관심분야>

반추동물영양생리