

# 코발트 첨가 급여가 홀스타인종 젖소 생리 특성에 미치는 영향

박지후\*, 유경림, 전은정, 김동현, 김연태  
농촌진흥청 국립축산과학원

## Effects of Feeding Extra Co-glucoheptonate on Physiology Characteristics of Holstein Cows

Jihoo Park\*, Gyeong Lim Ryu, Eunjeong Jeon, Dong-hyeon Kim, Euntae Kim  
Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

**요약** 본 연구는 사료 내 코발트 첨가가 홀스타인종 젖소의 생리 특성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다. 시험축으로는 홀스타인종 젖소 암소 10두(2.1±1.1산, 체중 727.2±79.1kg)를 공시하여 실시하였다. 사료에 첨가한 코발트는 Co-glucoheptonate를 활용하였고 처리구는 0.1 mg/kg(대조구, NRC 기준 코발트 권장량), 0.8 mg/kg(시험구)로 각 5두씩 배치하여 급여하였다. 또한 환경온도에 따른 코발트 급여효과를 보고자 적온기(THI 67.2 ± 5.46)와 고온기(THI 79.09 ± 3.85), 즉 2022년 5월과 7월에 각각 2주에 걸쳐 급여를 실시하였다. 연구 결과 고온기에 코발트를 급여할 경우 반추위 내 체온을 낮추는 효과를 보였으며(Control: 39.59°C ± 0.11, Treatment: 39.47°C ± 0.09;  $p \leq 0.001$ ). 고온기와 적온기에 모두 코발트 급여로 인해 직장온도가 낮아지는 효과가 관찰되었다( $p < 0.001$ ). 이러한 연구 결과는 고온기 젖소 스트레스를 개선하기 위한 무기질 공급 방안으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**Abstract** This study was conducted to evaluate the effect of feeding additional cobalt (Co) on the physiologic characteristics of Holstein cows. Ten multiparous, lactating Holstein cows (727.2±79.1kg) were randomly assigned to 1 of 2 experimental groups. Five cows were fed 0.1 mg/kg (control group, essential cobalt requirement based on NRC), and the other five cows were fed 0.8 mg/kg (treatment group). Co-glucoheptonate was used for cobalt supplementation. In addition, to examine the effect of environmental temperature, tests were performed twice under a thermoneutral condition (THI 67.2 ± 5.46) and a high-temperature condition (THI 79.09 ± 3.85) over two weeks in May and July 2022. Feeding extra cobalt in the high-temperature environment lowered ruminal temperature (Control: 39.59°C ± 0.11, Treatment: 39.47°C ± 0.09;  $p \leq 0.001$ ). Furthermore, under both temperature conditions, the control group had a higher rectal temperature than the treatment group ( $p < 0.001$ ). These results could be used as management guides to improve dairy cow stress in high-temperature environments.

**Keywords** : Dairy Cow, Holstein, Cobalt, Physiology Characteristic, Heat Stress

### 1. 서론

무기질(mineral)은 동물의 체내 조직에 함유되어 있는 무기영양소로서 생체 내에서 뼈와 치아의 구성, 체내 삼투압 유지, 효소 활성화 등 중요한 역할을 한다. 젖소

가 필요로 하는 무기질은 총 15종으로 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg) 등 체내에 다량으로 존재하고 필요량이 많은 다량 무기질(macrominerals)과 철(Fe), 구리(Cu), 코발트(Co) 등 사료 및 체내 함량이 적은 미량 무기질(microminerals)이 있다. 이러한 무기질은 상대적으로

본 논문은 농촌진흥청 국립축산과학원 연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Jihoo Park(Rural Development Administration)

email: jihook@korea.kr

Received September 18, 2023

Revised October 13, 2023

Accepted November 3, 2023

Published November 30, 2023

적은 양이 필요하지만, 올바른 영양 상태와 건강을 유지하는데 필수적이다. 특히 아연(Zn), 망간(Mn), 구리(Cu) 및 코발트(Co)와 같은 미량 무기질은 구조 단백질, 효소, 조효소 및 세포 단백질에 필요하며 반추위의 효소 처리 과정에 참여하여[1] 반추위 내 VFA 생산, 섬유소 소화 및 사료 소화 영향을 미친다. 축우에서는 이러한 미네랄 급여를 달리할 경우 번식 성적에도 영향이 있음을 보고하였다[2,3].

미량 무기질 중 코발트(Co)의 경우 비탄소 화합물인 비타민 B<sub>12</sub>(cobalamin)의 구성 요소로서 역할을 하는데[4], 비타민 B<sub>12</sub>는 체내에서 여러 기능을 수행하는데 필수적인 비타민이다. 비타민 B<sub>12</sub>의 대표적인 기능은 탄수화물, 지방 및 단백질의 대사를 조절하여 에너지 생산과 신진대사에 관여하는 것이다. 반추동물에서 비타민 B<sub>12</sub>는 프로피온산 대사와 메티오닌 합성에 중요한 역할을 하며 반추위미생물이 코발트를 이용하여 비타민 B<sub>12</sub>를 합성하기 때문에 반드시 공급하여야 한다.

NRC(2001)에 의하면 젖소의 코발트 필수 요구량은 0.11mg/kg이다[5]. 선행연구에서는 젖소에게 사료를 통한 코발트 급여를 하지 않을 경우 반추위 내 비타민 생성이 급속하게 저하한다고 보고하였다[6]. 또한 착유우에게 코발트 보충 급여를 할 경우 비유기 동안의 우유 내 비타민 B<sub>12</sub> 함량을 증가시켰으나 산유량에는 영향이 없으므로 보고하였다[7].

25~27℃ 수준의 고온 환경에서 젖소는 사료섭취량이 감소하기 시작하여 40℃에 이를 경우 사료섭취량이 40%까지 감소하고[8] 이는 생산성 감소로 이어진다. 이렇듯 사료섭취량이 저하되는 환경에서는 반추위 내 영양소 흡수량을 개선하는 것이 필수적이다. 선행연구 결과에 의하면 요구량 이상의 충분한 코발트를 급여할 경우 저질 조사료 급여 시에도 반추위 내 섬유소 분해를 촉진시킬 수 있다는 결과가 보고되었다[9]. 코발트 외에도 2가 양이온을 권장 급여량 이상으로 급여하였을 때 셀룰로오스와 건초의 소화율을 높이는 것으로 알려져있다[10]. 또 CoCl<sub>2</sub>를 급여할 경우 반추위 박테리아의 젖산 생성을 향상시켰다는 연구도 밝혀져 있다[11]. 이와 같은 연구는 고온기 젖소 영양대사 개선을 위한 미량광물질 급여의 이점을 시사한다.

이와 같이 미량광물질로서 코발트의 급여가 가축의 소화대사에 미치는 영향에 대한 연구는 다수 있으나 고온기 가축의 생체에 미치는 영향에 대한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 필수 급여량 이상의 코발

트를 급여하였을 때 젖소 착유우의 고온기 생리 특성에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시동물 및 시험사료

본 연구에서는 홀스타인종 착유우 10두(85±20개월령, 체중 727.2±79.0kg)를 공시하여 실시하였다. 급여 사료는 한국가축사양표준(KFSD, 2017)의 영양소 요구량에 따라 국립축산과학원 낙농과에서 제조된 섬유질배합사료(TMR, total mixed ration)를 이용하였으며 TMR 사료의 성분과 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 공시동물에 급여한 사료의 화학성분 분석을 위하여 TMR 시료는 65℃ 송풍건조기에서 48시간 건조시킨 후 입자도가 1 mm가 되도록 분쇄하여 분석용 시료로 이용하였다. 조단백질(crude protein, CP)과 조지방(ether extract, EE)은 A.O.A.C 법에 준하여 Kjeldahl 분석법과 Soxhlet 분석법으로 분석하였으며(AOAC, 1990),

Table 1. Chemical composition of the experimental diet

| Item                                    | Amount |
|---|--------|
| Ingredient composition, % of DM         |        |
| Concentrate                             | 29.3   |
| Grass hay                               | 9.38   |
| Tall fescue                             | 3.04   |
| Alfalfa hay                             | 6.25   |
| Steamed corn silage                     | 37.5   |
| Soybean meal                            | 1.56   |
| Whole cottonseed                        | 6.25   |
| Beet pulp                               | 6.25   |
| Mineral and vitamin premix <sup>1</sup> | 0.47   |
| Chemical composition                    |        |
| DM, %                                   | 64.7   |
| CP, % of DM                             | 9.05   |
| EE, % of DM                             | 4.37   |
| NDF, % of DM                            | 32.2   |
| ADF, % of DM                            | 19.7   |
| Ca, % of DM                             | 0.61   |
| P, % of DM                              | 0.27   |

<sup>1</sup>Minerals were contained 0.40% Mg, 0.20% K, 4.00% S, 0.08% Na, 0.03% Cl, 400 mg of Fe/kg, 60,042 mg of Zn/kg, 16,125 mg of Cu/kg, and 42,375 mg of Mn/kg and vitamins were provided approximately 5000 KIU of vitamin A/kg, 1000 KIU of vitamin D/kg, 33,500 mg of vitamin E/kg, and 2400 mg of vitamin C/kg.

Neutral Detergent Fiber(NDF)와 Acid Detergent Fiber(ADF) 함량은 Ankom 200 fiber analyzer를 이용하여 Van Soest 방법에 준하여 분석하였다[12].

## 2.2 시험설계

본 연구에서는 사료 내 코발트 첨가가 젖소의 생리특성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2022년 5월과 7월에 각각 2주에 걸쳐 코발트의 급여 수준을 달리하여 시험을 수행하였다. 사료에 첨가한 코발트는 선행 연구결과[13]에 따라 글루코헵톤산 코발트(Co-glucoheptonate)를 활용하였고 대조구는 0.1 mg/kg(NRC 기준 코발트 권장량), 처리구는 0.8 mg/kg를 급여하였다. 정량의 코발트 급여를 위하여 매일 1회 오전 9시에 주사기를 이용해 경구투여 하였다.

## 2.3 조사항목 및 분석방법

### 2.3.1 환경 온도 및 습도

온도 및 습도 데이터의 경우 LEMS(에그리로보텍, 한국)를 사용하여 데이터를 취득하였으며 해당 장비는 축사 내 팬 5m 상단부에 2대가 설치되어 환경정보를 1분 단위로 수집하여 총 39,338개의 데이터를 분석에 활용하였다. 수집된 온도와 습도는 아래의 Eq. (1)에 따라 온도습도지수로 환산되었다.

$$\text{Temperature-Humidity Index} = (1.8 \times \text{temperature} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \text{relative humidity}) \times (1.8 \times \text{temperature} - 26.8)] \quad (1)$$

### 2.3.2 호흡 수 및 직장온도

호흡 수 및 직장온도의 측정은 각 실험기간에 걸쳐 실험 시작 후 1일, 4일, 8일, 11일 및 13일 총 5번에 걸쳐 측정하였으며, 측정시간은 하루 중 기온이 가장 높은 13:00~14:00 사이에 이루어졌다. 호흡 수의 측정은 젖소의 뒷갈비와 요각 사이의 움직임에 관찰하여 분당 호흡수를 2회 측정 후 평균값을 이용하였으며 직장온도는 정밀체온계(microlife)로 2회 측정하여 평균값을 이용하였다.

### 2.3.3 반추위 pH 및 온도

반추위 내 pH와 온도 측정을 위하여 젖소의 입을 통해 센서(㈜한국IoT, Korea)를 위 내에 삽입하여 데이터

를 취득하였다. 데이터 수집 단위는 10분 단위로 취득하고 분석에 사용된 데이터는 적온기(THI<72)인 5월 17일 ~ 5월 31일과 고온기(THI≥72)인 7월 28일 ~ 8월 11일까지 총 39,338개의 데이터를 활용하였다.

### 2.3.4 혈액성분 분석

혈액은 각 0일, 7일 및 14일에 시험축의 경정맥으로부터 10mL vacutainer에 채취하였다. 채취한 혈액은 원심분리기를 이용해 혈청을 분리하였다. 생화학 성분은 자동생화학분석기(7180, Hitachi, Japan)을 이용하여 분석하였다.

### 2.3.5 유량 및 유성분 분석

유량은 고온기와 적온기 실험기간에 각각 실험 시작 0일, 7일, 14일을 기준으로 측정하였으며 유성분인 유지방, 유단백질, 유당, 무지고형분 및 총고형물 함량은 Milkoscan(Foss Technology, Denmark)을 이용하여 분석하였다.

### 2.3.6 통계 분석

본 연구에서 산출된 데이터는 SPSS (IBM Corp. Released 2020. Version 27.0. Armonk, NY: IBM Corp)로 분석을 수행하였다. 반추위 온도 데이터를 제외한 모든 데이터의 분석은 반복측정 MIXED 모델을 이용하여 이루어졌으며, 분석모델은 처리구의 고정효과, 시간효과, 처리구와 시간효과를 포함하였다. 결과에 대한 유의성 검정은  $p < 0.05$  수준으로 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 환경 온도 및 습도

적온기 사양실험 기간 동안 평균 THI 지수는  $67.17 \pm 5.46$ 이었으며, 최대값은 78.10, 최소값은 53.78로 분석되었다. 고온기 사양실험 기간 동안 평균 THI 지수는  $79.09 \pm 3.85$ 이었으며, 최대값은 87.47, 최소값은 70.75로 분석되었다. Roenfeldt(1998)의 연구결과[14]에 따라 적온기의 THI 지수는 가축사육을 위한 적정 환경으로 분석됐지만, 고온기의 THI 지수는 THI 78 이상으로 고온 스트레스 상황에서 실험이 진행된 것으로 분석되었다.

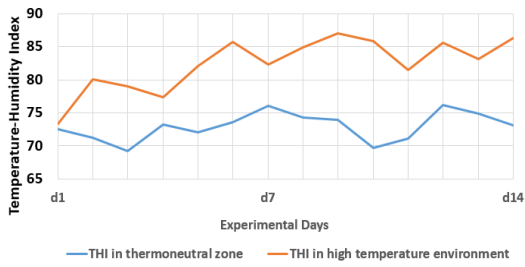


Fig. 1. Comparison of changes in THI<sup>1)</sup> during test period.

1) THI : Temperature-Humidity Index

### 3.2 호흡 수 및 직장온도

코발트 급여에 따른 호흡 수와 직장온도 변화는 Table 2와 같다. 호흡 수의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았지만, 두 그룹 모두 고온기의 호흡수가 적온기의 호흡 수보다 유의적으로 높았다( $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 고온 환경에서 젖소의 호흡 수가 증가한다는 선행 연구결과[15]와 일치한다. 또한 두 그룹 모두 고온기의 평균 직장온도가 적온기의 직장온도보다 유의적으로 높아( $p \leq 0.03$ ) 고온 스트레스 측정 지표로서 직장온도가 활용될 수 있다는 연구결과[16]와 일치하였다. 고온기 직장온도의 경우 코발트 급여로 인해 낮아지는 효과가 관찰되었는데( $p < 0.001$ ), 이를 통해 코발트 급여가 고온 스트레스 완화에 효과가 있음을 확인하였다.

Table 2. Effects of heat stress and cobalt administration on respiration rate, rectal temperature and ruminal pH of lactating Holstein cows.

| Items <sup>1)</sup> | Period <sup>2)</sup> |      |      |      | SEM <sup>3)</sup> | <i>p</i> -values |        |              |
|---------------------|----------------------|------|------|------|-------------------|------------------|--------|--------------|
|                     | OTP                  |      | HTP  |      |                   | treatm ent       | period | intera ction |
|                     | Con                  | Trt  | Con  | Trt  |                   |                  |        |              |
| RR                  | 43.4                 | 43.7 | 77.8 | 71.4 | 18.3              | 0.7              | <.001  | 0.7          |
| RT                  | 38.4                 | 38.0 | 38.8 | 38.4 | 0.6               | <.001            | 0.03   | 0.6          |
| Rp                  | 6.60                 | 6.41 | 6.23 | 6.15 | 0.36              | 0.24             | 0.01   | 0.65         |

1) RR : Respiration rate (no./min); RT : Rectal temperature (°C); Rp : Ruminal pH

2) OTP : optimum temperature period; HTP : high temperature period, Con : Control, Trt : Treatment

3) SEM : Standard error of the mean

### 3.3 반추위 pH 및 온도

Mixed ANOVA model 분석 결과, 반추위 pH에서는 코발트 급여 효과가 관찰되지 않았지만, 처리구와 대조구 모두 고온기의 pH가 적온기의 pH보다 낮게 나타나

(Table 2,  $p \leq 0.01$ ) 고온 스트레스를 받을 경우 반추위 pH가 감소한다는 선행연구 결과[17]와 일치하였다. t-검정 분석 결과, 고온기에 홀스타인 코발트 급여는 반추위 내 온도를 낮추는 효과를 보였다(Fig. 2, Control:  $39.59^\circ\text{C} \pm 0.11$ , Treatment:  $39.47^\circ\text{C} \pm 0.09$ ;  $p \leq 0.001$ ).

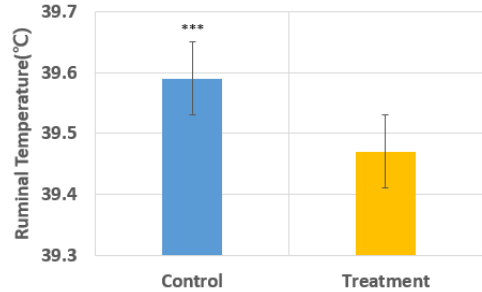


Fig. 2. Average ruminal temperature in high temperature period.

### 3.4 혈액성분 분석

Mixed ANOVA model 분석 결과(Table 3), 혈액 마그네슘의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았지만, 고온기의 혈액 마그네슘 농도가 적온기보다 유의적으로 낮았다( $p < 0.001$ ). 혈액 내 칼슘 농도의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았지만, 두 그룹 모두 고온기가 적온기보다 유의적으로 낮았다( $p \leq 0.02$ ). 혈액 내 콜레스테롤 농도는 두 그룹 모두 적온기와 비교해서 고온기에 유의하게 낮았다( $p \leq 0.03$ ). 두 그룹에서 혈액 내 젖산 탈수소효소 농도는 적온기와 비교해서 고온기에 유의적으로 높았다( $p \leq 0.01$ ).

### 3.5 유량 및 유성분 분석

Mixed ANOVA model 분석 결과, 유량과 유성분의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았다(Table 4). 또한 처리구와 대조구 모두 고온기의 유량이 적온기보다 유의적으로 낮았다( $p < 0.001$ ). 유당의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았지만, 두 그룹에서 고온기의 유당이 적온기보다 낮았다( $p \leq 0.02$ ). 이러한 감소의 원인은 고온 스트레스로 인해 사료섭취량이 감소하였기 때문으로 사료되며, 고온 스트레스가 유당 생산량을 200-400 g/d 감소시킬 수 있다는 선행연구 결과[18,19]와 일치한다. 우유 내 NPN 수치는 두 그룹에서 적온기와 비교해서 고온기에 유의적으로 높았다( $p < 0.001$ ).

Table 3. Effects of heat stress and cobalt administration on blood metabolites in lactating Holstein cows.

| Items <sup>1)</sup> | Period <sup>2)</sup> |           |         |           | SEM <sup>3)</sup> | p-values  |        |             |
|---------------------|----------------------|-----------|---------|-----------|-------------------|-----------|--------|-------------|
|                     | OTP                  |           | HTP     |           |                   | Treatment | Period | Interaction |
|                     | Control              | Treatment | Control | Treatment |                   |           |        |             |
| MG (mg/dl)          | 2.2                  | 2.2       | 0.4     | 0.4       | 0.9               | 0.8       | <0.001 | 0.93        |
| CRE (mg/dl)         | 1.1                  | 1.0       | 1.1     | 1.1       | 0.1               | 0.6       | 0.2    | 0.07        |
| TP (g/dL)           | 7.9                  | 8.2       | 7.8     | 8.0       | 0.4               | 0.4       | 0.1    | 0.52        |
| ALB (g/dl)          | 4.0                  | 4.0       | 4.0     | 4.0       | 0.1               | 0.9       | 0.7    | 0.66        |
| BUN (mg/dL)         | 17.1                 | 17.7      | 16.8    | 18.7      | 2.3               | 0.2       | 0.8    | 0.51        |
| CA (mg/dl)          | 9.8                  | 9.8       | 7.1     | 6.8       | 1.5               | 0.1       | <0.05  | 0.33        |
| TCHOL (mg/dl)       | 232                  | 236       | 183     | 179       | 45.4              | 1.0       | 0.0    | 0.51        |
| GLU (mg/dL)         | 55.6                 | 57.3      | 59.7    | 62.2      | 6.0               | 0.2       | 0.1    | 0.84        |
| AST (U/L)           | 95.6                 | 85.4      | 96.7    | 106       | 23.7              | 1.0       | 0.6    | 0.41        |
| ALT (U/L)           | 36.4                 | 36.3      | 32.7    | 34.5      | 4.8               | 0.6       | 0.9    | 0.73        |
| GGT (U/L)           | 35.9                 | 27.9      | 29.1    | 31.0      | 8.1               | 0.3       | 0.4    | 0.13        |
| LD (U/L)            | 1075                 | 1004      | 1171    | 1315      | 188               | 0.6       | 0.01   | 0.12        |
| TG (mg/dL)          | 8.1                  | 8.5       | 10.2    | 10.9      | 2.6               | 0.2       | 0.1    | 0.93        |
| CK (U/L)            | 150                  | 165       | 215     | 199       | 64.8              | 1.0       | 0.1    | 0.40        |
| IP (mg/dL)          | 4.9                  | 4.9       | 5.9     | 5.4       | 0.8               | 0.6       | 0.1    | 0.71        |
| NEFA (mmol/L)       | 86.7                 | 78.7      | 77.0    | 76.7      | 23.4              | 0.9       | 0.9    | 0.17        |

1) MG : Magnesium; CRE : Creatinine; TP : Total protein; ALB : Albumin; ALP : Alkaline Phosphatase; BUN : Blood urea nitrogen; CA : Calcium; TCHOL : Total cholesterol; GLU : Glucose; AST : Aspartate transferase; ALT : Alanine transaminase; GGT : Gamma-glutamyltransferase; LD : Lactate dehydrogenase; TG : Triglycerides; CK : Creatine Kinase; IP : Inorganic phosphorus; TBIL : Total bilirubin; NEFA : Non-esterified fatty acids.

2) OTP : optimum temperature period; HTP : high temperature period

3) SEM : Standard error of the mean

Table 4. Effects of heat stress and cobalt administration on milk yield and composition in lactating Holstein cows.

| Items               | Period <sup>1)</sup> |           |         |           | SEM <sup>2)</sup> | p value   |        |             |
|---------------------|----------------------|-----------|---------|-----------|-------------------|-----------|--------|-------------|
|                     | OTP                  |           | HTP     |           |                   | Treatment | Period | Interaction |
|                     | Control              | Treatment | Control | Treatment |                   |           |        |             |
| Milk yield (kg)     | 35.5                 | 34.0      | 24.8    | 26.2      | 7.67              | 0.5       | <0.001 | 0.1         |
| Milk fat (%m/m)     | 3.1                  | 3.4       | 3.3     | 3.6       | 0.55              | 0.1       | 0.20   | 0.6         |
| Milk protein (%m/m) | 3.2                  | 3.3       | 3.1     | 3.2       | 0.23              | 0.4       | 0.19   | 1.0         |
| Lactose (%m/m)      | 4.8                  | 4.9       | 4.7     | 4.8       | 0.17              | 0.1       | 0.02   | 0.9         |
| Citric acid (mg/kg) | 1546                 | 1575      | 1393    | 1499      | 237               | 0.4       | 0.05   | 0.5         |
| Cells (kcells/ml)   | 18.1                 | 12.6      | 26.7    | 20.9      | 12.79             | 0.4       | 0.11   | 0.9         |
| Solids (%m/m)       | 11.9                 | 12.3      | 11.7    | 12.1      | 0.79              | 0.3       | 0.13   | 0.8         |
| NPN/CU (mg/100g)    | 8.9                  | 8.4       | 10.4    | 10.2      | 1.92              | 0.5       | <0.001 | 0.5         |

1) Period : OTP: optimum temperature period; HTP: high temperature period

2) SEM : Standard error of the mean

#### 4. 결론

본 연구는 사료 내 코발트 첨가가 홀스타인종 젖소의 생리 특성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 급여한 코발트의 양과 환경 온·습도 조건을 달리하여 실험을 실시하였다.

연구 결과, 반추위 pH와 유생산성의 경우 코발트 급여 효과는 관찰되지 않았지만, 두 그룹 모두 고온기의 값이 적온기보다 유의하게 낮게 나타나 선행 연구결과와 일치하였다. 호흡 수, 혈액 성분 및 유생산성의 경우 코발트의 급여 효과는 관찰되지 않았다. 그러나 고온기에 젖소에게 코발트를 증량 급여한 경우 대조구 대비 반추위 내 체온과 직장온도가 낮게 나타나 고온 스트레스 완화 가능성을 확인하였다. 이러한 연구 결과는 고온기 젖소 스트레스를 개선하기 위한 무기질 공급 방안으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### References

- [1] Durand Michelle and R. Kawashima, "Influence of minerals in rumen microbial digestion", *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants: Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminant Physiology*, Dordrecht: Springer Netherlands, Clermont—Ferrand, 375-408, September, 1979.
- [2] Hemmingway, R.G., "The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep", *Veterinary Research Communications*, 27, 159-174. 2003.
- [3] Black, D.H. and N.P. French, "Effects of three types of trace element supplementation on the fertility of three commercial dairy herds", *Veterinary Record*, 154, 652-658. 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/vr.154.21.652>
- [4] McDowell, L. R., *Vitamins in Animal and Human Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed., 816, Iowa State University Press, Ames., 2000, 816.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470376911>
- [5] National Research Council, *Nutrient requirements of dairy cattle: 2001*, 482, National Academies Press, 2001, 482.  
DOI: <https://doi.org/10.17226/9825>
- [6] E. J. Underwood, *The Mineral Nutrition of Livestock* 2nd Edition Commonwealth, 119, Agricultural Bureaux, 1981, 119.
- [7] M. S. Akins, S. J. Bertics, M. T. Socha, R. D. Shaver, "Effects of cobalt supplementation and vitamin B12 injections on lactation performance and metabolism of Holstein dairy cows", *Journal of Dairy Science*, 96, 3, 1755-1768, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5979>
- [8] National Research Council, *Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*, 168, National Academies Press, 1981, 168.
- [9] Lopez-Guisa, Jesus M., Larry D. Satter, "Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfalfa silage or corn crop residues", *Journal of Dairy Science*, 75, 1, 247-256, 1992.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77759-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77759-5)
- [10] Saxena, K. K., and S. K. Ranjhan, "Note on the effect of cobalt and copper supplementation on in vivo cellulose digestion by nylon-bag technique in Haryana calves", *Indian Journal of Animal Sciences*, 1978.
- [11] Somers, G. Fred, "The affinity of onion cell walls for calcium ions", *American Journal of Botany*, 60, 10, 987-990, 1973.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/j.1537-2197.1973.tb05999.x>
- [12] Van Soest, P. J., J. B. Robertson, B. A. Lewis, "Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition", *Journal of Dairy Science*, 74, 1, 3583-3597, 1991.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- [13] Batistel, F., Osorio, J. S., Ferrari, A., Trevisi, E., Socha, M. T., & Loores, J. J., "Immunometabolic status during the peripartum period is enhanced with supplemental Zn, Mn, and Cu from amino acid complexes and Co from Co glucoheptonate", *PLoS One*, 11, 5, e0155804, 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0155804>
- [14] S. Roenfeldt, "You can't afford to ignore heat stress", *Dairy Management*, 35, 5, 6-12, 1998.
- [15] JB Gaughan, S Holt, GL Hahn, TL Mader, R Eigenberg, "Respiration rate: Is it a good measure of heat stress in cattle?" *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13, Supplement Vol C, 329-332, 2000.
- [16] G Yan, K Liu, Z Hao, Z Shi, H Li, "The effects of cow-related factors on rectal temperature, respiration rate, and temperature-humidity index thresholds for lactating cows exposed to heat stress" *Journal of Thermal Biology*, 100, 103041, 2021.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.itherbio.2021.103041>
- [17] S Zhao, L Min, N Zheng, J Wang, "Effect of heat stress on bacterial composition and metabolism in the rumen of lactating dairy cows", *Animals*, 9, 11, 925, 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ani9110925>
- [18] Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, L. H. Baumgard, "Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism and aspects of circulating somatotropin", *Journal of Dairy Science*, 92, 1, 1986-1997, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1641>

- [19] Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, S. R. Sanders, L. H. Baumgard, "Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows", *Journal of Dairy Science*, 93, 1, 644-655, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2295>

박 지 후(Jihoo Park)

[정회원]



- 2015년 2월 : 건국대학교 동물자원과학과 (농학사)
- 2020년 2월 : 공주대학교 특수동물학과 (이학석사)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

젖소사양, 행동

김 동 현(Dong-hyeon Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 응용생명과학전공 (이학석사)
- 2016년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 응용생명과학전공 (이학박사)

- 2016년 2월 ~ 2019년 2월 : University of Florida 박사 후 연구원
- 2019년 2월 ~ 2022년 1월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 박사 후 연구원
- 2022년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추영양생리, 사일리지

유 경 림(Gyeonglim Ryu)

[정회원]



- 2019년 2월 : 건국대학교 동물자원과학과 (농학사)
- 2021년 2월 : 건국대학교 동물자원과학과 (농학석사)
- 2022년 7월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

젖소 번식

김 언 태(Euntae Kim)

[정회원]



- 2007년 2월 : 서울대학교 농생명공학부 (농학석사)
- 2012년 8월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학박사)
- 2014년 2월 ~ 2019년 1월 : 국립축산과학원 박사 후 연구원
- 2014년 2월 ~ 현재 : 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

반추영양, 젖소 장내 미생물

전 은 정(Eunjeong Jeon)

[정회원]



- 2019년 2월 : 전북대학교 축산학과 (농학석사)
- 2022년 2월 : 전북대학교 축산학과 (농학박사)
- 2022년 1월 ~ 2023년 10월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과 전문연구원

<관심분야>

정밀축산, 빅데이터, 가축생체정보